

# 粮食安全和营养问题高级别专家组报告之九

## 水资源与粮食安全和营养

粮食安全和营养高级别专家组 2015 年 7 月 报告



## 高专组报告系列

- #1 《价格波动与粮食安全》（2011）
- #2 《土地权属与国际农业投资》（2011）
- #3 《粮食安全与气候变化》（2012）
- #4 《社会保护促进粮食安全》（2012）
- #5 《生物燃料与粮食安全》（2013）
- #6 《投资小农农业，促进粮食安全》（2013）
- #7 《发展可持续渔业和水产养殖业，促进粮食安全和营养》（2014）
- #8 《可持续粮食系统背景下粮食损失与浪费》（2014）
- #9 《水资源与粮食安全和营养》（2015）

所有高专组报告均可通过以下网址查阅：[www.fao.org/cfs/cfs-hlpe](http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe)

## 高专组指导委员会成员（2015年5月）

Per Pinstrup-Andersen（主席）

Maryam Rahmanian（副主席）

Amadou Allahoury

Marion Guillou

Sheryl Hendriks

Joanna Hewitt

Masa Iwanaga

Carol Kalafatic

Bernardo Kliksberg

Renato Maluf

Sophia Murphy

Ruth Oniang'o

Michel Pimbert

Magdalena Sepúlveda

唐华俊

## 高专组项目组成员

Lyla Mehta（组长）

Oscar Cordeiro-Netto

Theib Oweis

Claudia Ringler

Barbara Schreiner

Shiney Varghese

## 高专组协调员

Vincent Gitz

粮食安全和营养问题高级别专家组（以下简称高专组）的本报告已由高专组指导委员会批准。

本报告提出的观点不一定代表世界粮食安全委员会、其成员、与会代表或其秘书处的官方观点。

本报告向公众发布，欢迎复制和传播。非商业用途将根据申请予以免费授权。为转售或其他商业用途（包括教育目的）的复制行为可能需要付费。复制或传播本报告的申请，应发送电子邮件至[copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)，同时抄送至[cfs-hlpe@fao.org](mailto:cfs-hlpe@fao.org)。

本报告检索信息：

高专组，2015。水资源与粮食安全和营养。世界粮食安全委员会粮食安全和营养问题高级别专家组报告，罗马，2015年。



# 目录

前言 .....	9
概要和建议 .....	11
主要发现 .....	11
建议 21 .....	
引言 .....	27
<b>1 水资源与粮食安全和营养：从全球到地方的挑战 .....</b>	<b>29</b>
1.1 各种关联性概述 .....	29
1.2 全球和区域水资源可供量 .....	31
1.3 粮食安全和营养相关水资源的稳定性 .....	34
1.3.1 随着时间而发生的水资源固有变化与气候引发的差异 .....	35
1.3.1 气候变化及其引发的水资源变化 .....	37
1.3.2 蓄水和地下水资源的重要性不断提高 .....	37
1.4 粮食安全和营养相关水资源的质量 .....	39
1.4.1 安全饮用水、环境卫生和个人卫生 .....	39
1.4.2 粮食生产和转化用水的质量 .....	42
1.4.3 水污染 .....	43
1.5 水资源的获取：加剧和改变对资源的竞争，及其对粮食安全和营养的影响 .....	43
1.5.1 粮食生产用水 .....	45
1.5.2 能源业用水和水资源耗能：对粮食安全和营养的影响 .....	46
1.5.3 企业行为方对水资源的竞争加剧 .....	47
1.5.4 竞争加剧对粮食安全和营养的影响 .....	49
1.5.5 蓄水和水力发电问题 .....	49
1.6 粮食安全和营养相关水资源：水资源的四个维度与粮食安全的四个维度 .....	51
<b>2 应对农业和粮食系统水资源短缺，改进粮食和营养安全状况 .....</b>	<b>53</b>
2.1 管理水资源和水系统，从生态系统到农业粮食系统 .....	53
2.1.1 生态系统和景观对于可持续开发水资源的作用 .....	53
2.1.2 水资源管理的生态系统方法 .....	54
2.2 改善雨育农业生态系统 .....	55
2.2.1 雨育农业生态系统 .....	56
2.2.2 提升雨育农业 .....	57
2.2.3 畜牧业和渔业的作用 .....	61
2.2.4 植物和牲畜育种 .....	63
2.2.5 投资建设农业生态 .....	64
2.3 改进灌溉农业生态系统的水资源管理 .....	65
2.3.1 地下水用于灌溉 .....	67
2.3.2 加强灌溉管理 .....	69
2.3.3 低质水的使用和管理 .....	72
2.3.4 淡化脱盐 .....	73
2.4 改进食品加工过程的水资源管理 .....	73
2.5 贸易在管理/应对缺水/水量充沛方面的作用 .....	75

2.6	水资源管理指标 .....	77
2.6.1	水资源效率 .....	77
2.6.2	水资源生产率 .....	77
2.6.3	水足迹 .....	78
2.6.4	生命周期分析 .....	79
2.6.5	虚拟水和虚拟水贸易 .....	80
2.6.6	不同工具、不同目的、不同用户 .....	81
2.7	粮食安全和营养相关水资源的研究和知识 .....	82
2.8	前进道路 .....	83
<b>3</b>	<b>粮食安全和营养相关水资源治理问题 .....</b>	<b>85</b>
3.1	不断变化背景下的机构和行为方 .....	87
3.1.1	国家层面的多种机构 .....	87
3.1.2	国际层面的机构和举措 .....	90
3.1.3	权力相互冲突的各类行为方 .....	92
3.1.4	面对变革各机构面临的新挑战：机构能适应新行为方和最新动态吗？ .....	96
3.2	稀缺性和竞争的相关管理工具 .....	102
3.2.1	水资源分配与粮食安全和营养 .....	103
3.2.1	用水授权 .....	105
3.2.2	可买卖用水许可证制度 .....	106
3.2.3	水资源定价 .....	107
3.3	实现完善治理的前行道路 .....	109
3.3.1	应对整合和优先排序相关挑战 .....	109
3.3.2	将水资源与粮食安全和营养关切纳入土地和生态系统治理 .....	112
3.3.3	在应对相关问题时考虑适应性管理和共管 .....	113
3.3.4	强化地方组织及其作用 .....	114
3.4	采用基于人权的方法解决粮食安全和营养相关水资源问题 .....	116
3.4.1	粮食安全相关水资源治理中基于人权的方法 .....	116
3.4.2	食物权与饮用水和卫生设施权之间的潜在关联以及相关挑战 .....	120
3.4.3	域外义务 .....	122
3.5	粮食安全和营养相关水资源综合、包容性治理的前行道路 .....	123
	<b>结语 .....</b>	<b>125</b>
	<b>致谢 .....</b>	<b>127</b>
	<b>参考书目 .....</b>	<b>128</b>
	<b>附录 .....</b>	<b>147</b>
	高专组项目周期 .....	147

## 插图目录

图 1	水资源与粮食安全和营养的多种关联 .....	29
图 2	全球水资源利用（消耗） .....	32
图 3	旱情严重程度，1901—2008 年 .....	36
图 4	埃塞俄比亚的降雨情况、GDP 增长和农业 GDP 增长 .....	36
图 5	蓄水系统 .....	38
图 6	2000 年地下水枯竭情况 .....	38
图 7	饮用水覆盖范围发展趋势（百分比，1990—2012 年） .....	41
图 8	卫生设施覆盖范围发展趋势（百分比，1990—2012 年） .....	42
图 9	耕地面积中灌溉面积占比（2012 年） .....	46
图 10	各区域雨育玉米和小麦单产水平（2004—2006 年平均）（吨/公顷） .....	56
图 11	影响粮食安全和营养相关水资源分配和利用的关键行为方 .....	87
图 12	与粮食安全和营养相关水资源有关的主要国际文书和协定 .....	91
图 13	高专组项目周期 .....	149

## 表格目录

表 1	内部可再生水资源人均占有量（立方米/人/年） .....	32
表 2	地下水灌溉全球调查 .....	67
表 3	食品加工业部分流程的水量和水质要求 .....	74
表 4	农业用水生产率（每立方米用水所获产值） .....	78
表 5	水资源管理和利用测量工具对比 .....	81

## 定义目录

定义 1	水资源治理 .....	85
------	-------------	----

## 插文目录

插文 1	近期发生的旱情 .....	35
插文 2	腹泻：营养不良的主因？ .....	42
插文 3	孟加拉国：水资源丰沛国家的地下水资源之争 .....	44
插文 4	全球能源需求增加以及对水电站抽水的影响 .....	46
插文 5	亚马逊空中河流 .....	54
插文 6	补灌可能会使雨育生产率提高三倍 .....	59
插文 7	中国和非洲雨育系统中地下池的雨水收集 .....	59
插文 8	通过学习和实践联盟与农民共同寻找对策 .....	60
插文 9	埃塞俄比亚北部提格雷地区的景观恢复和小规模灌溉 .....	60
插文 10	灌溉和水资源管理的分性别特性 .....	66
插文 11	盐渍化 .....	66
插文 12	西班牙的灌溉改革 .....	68
插文 13	城市和城郊农业 .....	73
插文 14	越南胡志明市 Vissan 屠宰场案例研究 .....	75
插文 15	生活用水的多种用途 .....	90
插文 16	粮食安全和营养领域的跨界合作 .....	92
插文 17	瓶装水和软饮料产业的责任 .....	94

插文 18	公共部门之间的伙伴关系 .....	95
插文 19	冲突背景下的水资源 .....	96
插文 20	跨界和区域水资源管理框架：欧盟水框架指令 .....	99
插文 21	残疾人和老年人 .....	101
插文 22	非洲水资源管理政策中的重男轻女现象 .....	102
插文 23	马哈拉施特拉邦的水资源管理改革 .....	104
插文 24	水资源行政法：对弱势群体的剥夺和歧视 .....	106
插文 25	澳大利亚的水资源治理体系 .....	108
插文 26	育空河流域的创新型国际监管与治理 .....	110
插文 27	约旦的水资源治理 .....	112
插文 28	优先占有权制度对粮食安全和营养形成的挑战 .....	113
插文 29	巴西农村参与式水资源获取举措 .....	114
插文 30	各层面水资源管理成功案例 .....	115
插文 31	南非的水权 .....	119
插文 32	玻利维亚水资源与粮食安全的关系 .....	120

## 前言

水是人类生命之本，在人类的粮食安全和营养中发挥着关键作用。安全的饮用水和卫生设施是保障所有人营养、健康和尊严的根本要素。据世界卫生组织/联合国儿童基金会的最新估计，2011年世界人口中约有36%，也就是25亿人，缺乏良好的卫生设施，有7.68亿人使用不安全的饮用水源。保质保量供水对农业生产和食物烹制及加工至关重要。农业灌溉用水占全球（地表水和地下水）抽水量的70%。40%的灌溉用水为地下水，其中一部分已无法在人类时间所能延及的期限内得以再生。气候变化将改变降雨的地理和季节分布规律，从而对农业产生影响。

如何才能在水资源短缺问题日益加重（尤其是在部分地区）和对水资源的竞争不断加剧的背景下确保粮食和营养安全？

粮食安全和营养问题高级别专家组的本份政策性报告汇总介绍从全球层面到家庭层面有关水资源与粮食安全和营养之间多重关系的现有实证依据。

报告旨在复杂多样的形势下，帮助所有相关行为方改善水资源管理以及通过改善农业及粮食系统管理来达到改善水资源的目的，同时为确保实现人人都能获得安全饮用水及良好卫生设施的目标而改善水资源治理，使水资源能为现在与将来实现人人享有粮食安全和营养做出最大贡献。

高专组成立于2010年，旨在为世界粮食安全委员会（粮安委）的政策辩论和政策制定工作提供有科学依据的、政策导向型的分析意见。由于具体的政策干预措施应以对实际背景的了解为基础，因此高专组的报告可为所有利益相关方提供与各类实际背景相关的依据和建议，期望为他们因地制宜开展政策干预措施提供有用的指导意见。

高专组就粮安委确定的不同话题开展工作。本报告为高专组系列报告中的第9号。

高专组肩负着一项极为神圣而重要的使命，即编写各类报告，作为具有不同观点、看法以及目标的不同行为方之间在粮安委开展辩论的出发点。我们还希望这些报告能在实地成为决策人员和从业人员的有用工具，借此做出正确决策来改善粮食安全和营养。报告将成为一项公共产品，成为所有各方采取行动时可以利用的工具。

高专组指导委员会由15名成员组成，包括一名主席和一名副主席。此外，高专组中还包括就不同报告开展工作的各类研究人员。我很高兴两年来接任M. S. Swaminathan担任高专组主席。高专组指导委员会将于2015年10月面临改选，我祝愿所有新成员在自己的重要岗位上工作顺利。

我还要向所有参与本报告编写工作的专家表示感谢，尤其是项目组组长Lyla Mehta（奥地利）与项目组成员Oscar Cordeiro-Netto（巴西）、Theib Oweis（约旦）、Claudia Ringler（德国）、Barbara Schreiner（南非）和Shiney Varghese（印度）付出的辛勤劳动。

报告还收到了外部同行评审人员和众多专家与机构的意见和建议，他们就报告的范围及初稿提出了全面的意见。我还要感谢高专组秘书处所做的重要贡献和对我们工作的长期支持。

最后，我要感谢各资源伙伴为高专组工作提供的专门支持。

为地球上每个人的尊严、健康、粮食和营养安全而保障用水权，是目前人类面临的巨大挑战之一。这是可持续发展议程中的一项根本性内容。我们希望本报告能帮助全球范围内粮食、农业、水和所有相关部门的决策人员和各行为方战胜这一挑战。

Per Pinstrup-Andersen



高专组指导委员会主席，2015年5月12日

## 概要和建议

水是实现粮食安全和营养的关键。然而，要想实现包容性增长和可持续发展，从水、土地、土壤、能源和粮食之间错综复杂的广义关系看，水、粮食安全和营养无论现在还是将来都面临众多挑战。

在此背景下，世界粮食安全委员会（粮安委）于 2013 年 10 月要求粮食安全和营养问题高级别专家组（高专组）就水资源和粮食安全编写一份报告，提交 2015 年粮安委第四十二届全体会议。

本报告从家庭到全球层面探讨水资源和粮食安全和营养之间的关系。在各种相互冲突的需求、不断加剧的稀缺性和气候变化的背景下对这些关系开展调研，并寻求办法改善农业和粮食系统中的水资源管理，加强水资源治理，确保人人都能在现在和将来获得更好的粮食安全和营养。本报告刻意注重行动，提出各类范例和方案，供众多利益相关方及相关部门按照区域和地方特点选择采用。

### 主要发现

下文概要介绍本报告的主要观点与发现：

#### 水是粮食安全和营养的核心

1. 水就是生命。水对粮食安全和营养至关重要，是森林、湖泊和湿地等生态系统的生命线，而这些生态系统又是当代人和子孙后代获得粮食安全和营养的基础。保质保量供水是保障饮用水和卫生设施、粮食生产（渔业、种植业和畜牧生产）、食品加工、转化和烹制必不可少的条件。水对能源、工业及其它经济部门而言也同样重要。水道和水体往往是运输（包括投入物、粮食和饲料）的主要途径。总之，水是经济增长和创收的支撑，因此也是获取粮食的经济支撑。
2. 安全饮用水和卫生设施对于民众的营养、健康和尊严而言至关重要。缺乏安全饮用水、卫生设施和个人卫生习惯，会因为水传疾病和慢性肠道感染给人们的营养状况造成破坏。尽管在饮用水和卫生设施的获取方面已取得大幅进展，但据世卫组织和联合国儿基会称，2012 年全球范围内有 4% 的城市人口和 18% 的农村人口（撒哈拉以南非洲地区则有 47% 的农村人口）仍难以享有经过改良的饮用水源<sup>1</sup>，25% 的人口难以获得经过改良的卫生设施或公用卫生设施。<sup>2</sup>
3. 据粮农组织称，2009 年共有 3.11 亿公顷土地配备有灌溉设施，其中 84% 得到实际灌溉，占总耕地面积的 16%，其产量占总作物产量的 44%。可靠的灌溉对于提高和稳定众多小农的收入至关重要，同时还能增强其生计应对能力。灌溉农业

<sup>1</sup> 通过建设或通过积极的干预措施，对水源实施保护，使之免遭外来污染，尤其是粪便类物质的污染。

<sup>2</sup> 此类设施能对人类粪便进行卫生隔离，避免其与人类接触。

是全球最大的水资源用户，2013 年<sup>†</sup>共抽取 2 520 亿立方米地表水和地下水<sup>3</sup>，相当于全球可再生淡水资源总量的 6.5%，占全球人类抽水量的 70%，但这一比例在不同国家之间存在巨大差异：低收入国家为 90%，高收入国家为 43%。

### 粮食安全和营养相关水资源的可供量和稳定性

4. 水资源可供量在不同地理区域之间存在巨大差异，无论是雨水、地表水和地下水都是如此。因此，应在区域、国家、地方层面上考虑水资源的可供量。
5. 地下水是极为稳定的水源，约 40% 的灌溉活动利用地下水。对缺乏其他水源的地区而言，地下水带来了巨大的机遇。但这同时也是未来的一项巨大挑战，因为大部分地下水不可再生，补给速度缓慢的含水层可能很快就会面临枯竭。一些“化石”地下含水层的补给速度是以地质时间计算的，需要几千甚至几百万年。
6. 生态系统和景观维系着水资源。森林在水周期中发挥着重要作用，为人类用水保质保量保稳定。
7. 气候变化大幅增加了很多区域水资源可供量的不确定性。它影响着降雨、径流、水文流量、水质、水温和地下水补给。它会通过降雨方式影响雨育系统，又会通过流域层面的供水量影响灌溉系统。气候变化将改变作物和畜牧生产对水的需求量，并影响水体的流量和水温，从而对渔业产生影响。由于降雨减少和/或蒸腾增加，一些季节和一些地区可能出现干旱加重的情况。气候变化还将对海平面高度产生巨大影响，从而影响沿海地区的淡水资源。

### 对水资源的竞争

8. 在世界多数地方，水资源都面临日益加重的压力。人口增长、收入不断提高、生活方式和饮食结构不断变化以及不同用途对水的需求不断增加，这些都给有限的淡水资源带来了越来越大的压力。农业、能源、工业和城市用水 2013 年<sup>†</sup>的抽水总量占全球内部可再生资源的 9%，其中各区域的比例各不相同，从拉丁美洲及加勒比的 2.2% 到中东及北非的 122%。
9. 水和能源之间有着密切关联：2010 年能源生产用水量占世界总抽水量的 15%，可能与粮食生产用水形成竞争。同时，能源也是为灌溉、食品加工和制备等活动供水以及开展水处理和废水处理时必不可少的要素。
10. 根据经合组织按正常情况做出的预测，全球对水的需求量预计到 2050 年将增加约 55%，全球生活在河流流域地区的人口中有 40% 以上将面临严重缺水压力

---

<sup>†</sup> 世界发展指标（世界银行数据库）根据现有数据得出的 2013 年估计数。

<sup>3</sup> 抽水量（或“用水量”）不一定等于净耗水量，净耗水量指抽水量中最终未能返回原有水源的那部分水（能源部门的耗水率为 11%，而灌溉农业的耗水率为 50%，即有 50% 的水蒸发进入大气或通过植物的叶子蒸腾）。抽取后返回到原有水源的水往往伴有水质改变。

（抽水量是补给量的 40%以上），尤其是在北非和南部非洲以及南亚和中亚。制造业（+400%）、热力发电（+140%）和生活用水（+130%）是导致到 2050 年需求量预计增长的原因，使得增加灌溉用水几乎变得不可能。

## 水资源短缺和水资源获取

11. 界定水资源短缺<sup>4</sup>通常采用特定地区可再生水资源（雨水、地表水和地下水）的供应量和需求量（包括基本需求）之间的差距。然而，对“水资源短缺”的理解多种多样，对水资源可供量和需求量的理解也同样如此。一旦随着不同部门（农业、能源、工业、旅游业和家庭用水）之间对水资源的竞争加剧且缺乏良好管理，导致需求量超标，那么水资源短缺问题也可能出现在水资源丰富的地区。
12. 粮食安全和营养相关水资源的获取和利用涉及到各国内部、各流域地区和地方层面的社会、政治、经济权力关系，同时还涉及基础设施和降雨情况。确保小农、弱势和边缘化群体、女性能获得水资源可能极具挑战性。
13. 水资源获取，或难以获取水资源，对于女性而言尤为重要，因为按照很多发展中国家的文化习俗，取水是妇女和女童的责任，可能每天需要花费几个小时取水，对其健康和营养状况产生影响，同时也会影响用于育儿、生产和教育等活动的时间。此外，女性往往被排斥在与水资源管理或水资源获取技术相关的决策过程之外，同时在正式水资源分配制度中遭到歧视。

## 水资源质量

14. 水的多种潜在用途，从饮用水和卫生用水，到粮食生产、能源、采矿、制造业等，都毫不例外需要一定数量和质量的的水资源，因此需要在水源地或靠近用户处进行具体处理，甚至由最终用户（家庭或企业）自行处理。另外，不同作物对灌溉用水的质量也有不同要求。这就需要在提供水资源服务时在水的专门用途和“多用途”之间做好权衡，为不同目的或用途服务。
15. 水质不良会影响人类健康和生态系统运转。需要针对饮用水质量制定高标准，这对于“水、环境卫生和个人卫生”其它组成部分很重要，对于食品加工和制备也很重要。很多发达国家的饮用水质量过去几十年已得到大幅改善，并得到相关法规和监测工作的支撑。而在发展中国家，水资源质量以及相关的食品安全风险依然对人类和生态系统的健康产生不良影响。

---

<sup>4</sup> 一些作者采用预先确定的阈值来界定“水资源短缺”，如人均每年水资源可供量 1 700 立方米和 1 000 立方米，其中涵盖各类用水，包括农业（灌溉）用水和其它经济部门的用水。还有一些作者使用“水资源经济性短缺”一词，指理论上环境中现有的水资源足以满足需求，但由于各种经济因素，如缺少基础设施、储存、运送系统等，无法将水送至所需地点并达到质量要求。我们还可以用“水资源社会性短缺”来指部分人口无法保质保量获取水资源来满足自身的饮用和卫生需求以及维系自身生计。

16. 水的不同用途所产生的环境影响和回流各不相同，污染治理需求也各不相同，这些都需要特别关注。污染致使很多地区的水资源无法利用，并对生态系统健康造成破坏。不可持续的用水方式和管理方式会削弱土地、渔业、森林和水体的生态系统功能，包括这些系统提供粮食和营养的能力。
17. 废水也是一种资源，缺水国往往会对废水实行再利用，这也有助于防止养分循环中的养分流失，但如果监管不力会给人类健康带来风险。目前被低估价值且未得到充分利用的废水在采取有效安全措施的前提下，就可能变成未来的资源。海水淡化是沿海地区的一种潜在淡水资源，尤其是作为饮用水。

### **管理农业和粮食系统中的水资源短缺问题**

18. 加强农业和粮食系统中的水资源管理，目的是在水资源有限的前提下提高农业和粮食系统的生产率，以保障粮食安全和营养（可供性、获取、稳定性和营养）。实现这一目的要靠雨育和灌溉系统中提高各级用水效率（从生态系统到植物的用水方式）以及提高农业用水的生产率（农业产出与水资源投入之间的比率）。
19. 要改善粮食安全和营养相关水资源的管理，就需要采取各项行动，从合理规划和优化雨育和灌溉系统和粮食链各环节中的资源、投入物和生产资料，到可持续管理生态系统和景观，从而强化、监管和稳定水资源供应。水资源管理将是雨育和灌溉农业系统适应气候变化的关键。
20. 为确保未来粮食安全，土地和水资源管理过程应注重保护生态系统功能，保障资源的未来。对生态系统实施可持续管理以及从地方到大洲层面在水资源管理中采取生态系统方式，是保障粮食安全和营养相关水资源未来数量和质量的關鍵所在。

### **通过管理提高雨育和灌溉系统中水的生产率和农业生产率**

21. 广义农业生态系统方法将雨育和灌溉农业视为整体的一部分，上下游之间存在相互关联，这一方法的目的是优化水资源分配，关注生态系统健康。
22. 从全球看，雨育农业是粮食生产的主要源头。很多地区目前产量的提高空间依然很大，同时还有潜力在没有灌溉条件的前提下提高农业单产和水的生产率。雨水收集和补充灌溉也能大幅改善雨育农业。畜牧用水的生产率也能提高，特别是通过对草地和牧场进行改良管理以及通过对水相关问题具有较好应对能力的畜牧系统来实现。在牧业系统中，家畜饮用水短缺往往限制了草地和牧场的利用率，因此供水可能会起到加强现有生物量可持续利用的作用。
23. 动植物育种、农业生态和保护性农业等一系列手段也能提高雨育和灌溉系统中水的生产率。动植物生产进一步一体化有助于改善养分管理，提高用水效率。与其他蛋白质及养分生产系统相比，水产养殖业（包括综合养殖系统）中水的生产率较高，使其在粮食安全和营养领域发挥着重要作用。

24. 对降雨的依赖性使雨育农业的预期收入波动较大，往往限制了在这一领域的投资，继而影响雨育农业潜在的改善空间。因此，风险管理策略和工具能促进投资，提高生产率。
25. 地下水正越来越多地被用于灌溉，在很多地区已出现过度开采现象。但在另一些地区，地下水仍未得到充分利用，可进一步开发用于粮食生产。可持续利用地下水面临的一个问题是很难监测个体抽水量及其对地下水资源的影响。

### **在各级优化粮食安全和营养相关水资源的利用和再利用**

26. 灌溉领域仍存在巨大潜力，可通过改进和振兴现有系统来提高生产率和可持续性。这要求做好维护工作，而维护工作则需要得到机构、技术能力和可持续融资的支持。此外，可通过调整耕作系统、方式和措施来减少对灌溉水的需求。最后，一些地方可考虑引入新制度和新措施。
27. 目前，由于灌溉不当引起的盐渍化，估计每年失去的灌溉土地在25万到150万公顷左右。<sup>5</sup>目前全球有3 400万公顷土地受到盐渍化困扰，占总灌溉面积的11%。解决次生盐渍化和排涝问题对于保持灌溉土地相关投资的价值至关重要。
28. 合理的水资源定价可以成为改善灌溉项目成本回收的一项工具。此外，水和能源定价也可用于提高效率。高水平能源补贴也可导致用水过量。
29. 在一些地区，通过开发新型基础设施也有助于增加供水量。低质水，包括咸水、污水和废水，也能得到利用，但必须处理好环境、健康和成本方面的相关问题。
30. 在食品加工中，水资源管理相关问题主要涉及加工用水的质量以及相关活动通过排水对水质产生的影响。

### **贸易能对粮食安全和营养相关水资源短缺问题起到补偿作用**

31. 粮食进口是缺水国采用的一种应对策略。世界谷物总产量中约有14%进入国际贸易，其中很大比例进口到面临物理性或经济性缺水的国家。因此，缺水国对国际贸易的依赖性尤为突出，受食品价格波动以及受危机时期实行的出口限制措施的影响也尤为严重。
32. 贸易对于保障粮食安全和营养、应对缺水和最大限度利用丰富水资源实行粮食安全和营养而言，都发挥着关键作用。缺水国的粮食与营养安全有赖于可靠的国际贸易。因此，采取措施提高国际贸易的可靠性，如创建“农产品市场信息系统”，就等于采取措施应对缺水。在水资源丰富的国家，农业用水为全球粮食供应做出了贡献。

---

<sup>5</sup> 每年新增盐渍面积的数据可变，在全球层面加以整合非常困难。问题主要集中在位于半干旱和干旱地区的灌溉土地上。

## 数据和监测

33. 有效的水资源管理必须有合适的工具作为保障，才能对气候风险（洪灾和旱灾）进行监测和评估，这也有助于采用景观方法，如土地恢复、森林和集水区管理、冲积平原合理利用以及储水基础设施建设。
34. 要改善水资源管理，就必须具备合适的数据和工具，如用水情况、用水效率和水生产率相关测量指标。为了改善水资源管理，每个利益相关方都需要不同工具，而要想开发工具，就必须具备合适的数据。很多国家仍缺少基本数据，尤其是有关地下水和水质的数据。收集更多有关非正式用途的数据和更多按性别分类的数据也很有用。另一项挑战是资源状况和利用情况瞬息万变（无论是质量和数量都是如此），同时有必要对相关层级/范围的数据系统进行更新。
35. 人们已提出各种水资源核算方案（如生命周期分析、水足迹等），目的是帮助生产者做出优化用水的生产性选择，并协助提高消费者认识，引导消费者做出选择。但此类工具须慎用，因为它们往往难以考虑到所有背景因素，尤其是地方性短缺和对生态系统的影响。

## 粮食安全和营养相关水资源治理问题

36. 水资源治理<sup>6</sup>必须应对相互竞争的政策、利益以及来自不同部门、政治或经济权力或多或少的行为方。水资源获取、对水资源的掌控或水资源污染会在不同层面带来纠纷和冲突。缺水问题的加剧和多个用户和部门对水的需求的不断增加和相互竞争已使得粮食安全和营养相关水资源的治理成为从地方到地方以上层级面临的一项极为艰巨的任务。
37. 水资源治理涵盖水资源和与水相关的服务。两者的治理在不同情况下要么相互关联，要么相互分离。一旦实现供水现代化，往往会促使对水相关服务采取差别化治理。治理问题不同于资源及服务问题。对资源而言，主要挑战是具有不同经济、政治权力的各种用途和用户之间的竞争、此类竞争的规律、如何考虑粮食安全和营养、与土地的联系。对于服务而言，主要挑战是对公有或私有服务供应商的监管、管控和监测，包括了解如何推动、限制和实施不同用户（尤其是边缘化人口）在物质上和经济上对水资源的获取。

## 整合和优先排序带来的挑战

38. 多种政策都会对水资源产生影响，如环境、能源、贸易、粮食与农业政策，其中包括渔业和森林、工业政策等。各国按照自己的制度背景对政策协调采取了不同的管理方式。国家层面如设有协调机制，通常由某个主管部委负责，或通过多

---

<sup>6</sup> 本报告采用的水资源治理定义为：“水资源治理指一整套政治、社会、经济和行政制度、规则和流程，它们：(i) 决定着如何做出关于水资源管理和利用以及水相关服务交付的决策并加以实施；(ii) 让决策者做出担当。”

部委协调机制负责，或由某个专门机构负责。有时，协调的结果是制定一项综合水资源政策。

39. 很多时候，国家水资源政策并未将粮食安全用水作为优先重点。有些政策虽然对水资源分配优先顺序做了简要规定，突出粮食安全和营养，但政策是否能够得到充分实施仍是一个挑战，其中一个原因是缺乏综合性决策，有关灌溉、工业或发电的决策分别由不同部门负责，基本没有考虑到决策对水资源造成的累计影响。但一些国家已加强了部门间联合决策的做法，这是确保为粮食安全与农业提供充足水资源的关键流程。
40. 粮食安全和营养相关水资源可持续管理往往依赖于对具体生态系统的保护，尤其是湿地和森林，而这些生态系统本身也对当地人口的粮食安全和营养有着贡献。同样，优质水道和水体对于内陆渔业和水产养殖业极为重要。《生物多样性公约》提出的生态系统方法是一个优秀典范，要求建立具体的综合治理机制。
41. 水资源综合管理是依照“都柏林原则”（1992年）提出的理念，目的是将社会、环境和经济目标汇集到一个跨部门水资源管理方法中，让用户、规划人员、科研人员和决策人员共同联手。这一方法已得到普遍使用和推广<sup>7</sup>，但同时也遭到了众多批评意见。虽然对水资源综合管理理念持批评意见者承认这是一个全面框架，具有一定价值，但他们认为这一理念实施起来过于抽象，因此实际可操作性不强，尤其在发展中国家背景下。持批评意见者还指出，这一理念很难识别冲突，很难对各种问题进行合理的优先排序，尤其是对当地人民最为重要的问题，包括粮食安全和营养相关水资源。

## 行为方

42. 水资源利用和管理领域活跃着多个不同行为方，包括公有和私有行为方。关于它们的角色和职能、相互关系、职责分工和如何问责等往往模糊不清，有必要就此明晰相关规则和达成共识。很多情况下，治理、问责和监管机制的包容性并没有得到合理发挥，难以充分保障整个体系的高效、公平运作。
43. 来自能源和工业部门、城市、食品加工和饮料业、大型农业/种植园的企业行为方在水资源治理和管理中已经产生了越来越大的影响。首先，其中一些行为方，如大型灌溉项目或饮用水服务供应商，已经成为水资源管理方。其次，大型企业已加入竞争，与农业和小型用户一起展开对资源分配的竞争。第三，有些情况下，由于干预或投资活动的规模或经济、政治影响，资源本身已经被控制。

---

<sup>7</sup> 水资源综合管理的理念由“全球水事伙伴关系”于2000年提出，其定义为“促进水、土地和相关资源协调发展和管理的一种进程，目的是在不损害重要生态系统可持续性的前提下，以公平的方式使资源所带来的经济和社会福利最大化”。

44. 虽然私有部门在供水方面显然可以发挥一定作用，但很多国家在这一点上都缺乏监管监督。有关水资源服务私有化的以往经验表明，这种做法可能对贫困人口不利，会影响贫困家庭保质保量获得食物制备、健康和个人卫生所需用水的能力。
45. 在很多国家，水资源用户协会能在水资源和水相关服务的管理方面发挥重要作用，尤其是在地方和社区层面，包括在灌溉项目中。然而不同类别的用户之间往往存在差别，有着不同目标，如农民、渔民、城市用户、环保人士、休闲娱乐业用户等。应建立治理机制来协调不同利益，公平解决冲突。

## 机构

46. 水资源相关机构在不同国家、不同背景下种类极为繁多。可以是正式或非正式/习惯性，属于地方或国家行政系统的一部分，也可以是与某个水务部门有着关联（或没有关联）的具体水务机构，可以与某项投资有着关联，可以是公有或私有，也可以在水资源管理中在不同程度上与不同用户相关联。
47. 权力下放型治理有助于更好地考虑用户需求和资源状况，同时促使用户更好地负起自身责任，尤其是通过确权和让用户参与资源管理决策。权力下放型治理往往涉及强化地方组织和/或成立具体机构，如水资源用户协会或流域组织。但即便在这些层面，也应贯彻良好治理原则，以确保公平获取资源，避免将权力较弱的行为方排斥在外，包括水资源非正式用户。

## 相互竞争的各种需求的管理机制

48. 在管理水资源短缺和相互竞争的不同需求时，可利用的机制和工具很多，如：设置抽水量上限的机制；分配工具，包括获取权；许可证和可买卖许可证；执照制度；定价机制；保护资源及其质量的其它工具，如抽水和排水监管、保护区、集水区保护、水质和资源保护法规等。这些工具的选用和使用方式可能会通过影响农业用水量和贫困、弱势、边缘化人群的水资源获取情况，从而给粮食安全和营养带来各种不同影响。工具对粮食安全和营养、人口产生的影响特别取决于人们使用工具时所在的（正式和非正式）社会和立法制度。工具不适用可能会扰乱现有的社区体系。基于市场的工具往往会优先照顾那些用水经济回报最高的部门，却忽略了粮食安全。
49. 水资源治理，尤其是在水资源短缺背景下，离不开分配方案的确立，包括分配工具和规则。在粮食安全和营养背景下，面临的挑战是确保分配制度能充分重视粮食生产用水和贫困、边缘化群体的基本用水需求。
50. 理想状态下，分配机制应在拥有和共享相关水资源的一个特定水文层面运作。做到这一点可能颇具难度，因为体制安排往往与水文结构不相匹配。一个水资源体系可能会跨越不同行政区域，包括跨越不同国家。此外，体制安排也不一定考虑到不同水资源体系之间的相互关联，如地表水和地下水之间的关联。

51. 水的分配和获取不仅由正式机构（在立法支持下）决定，还由习惯法等非正式安排决定。在获取权利日益正式化的背景下，贫困、边缘化群体的权利（通常属于习惯权利）往往被忽略和面临威胁，会对粮食安全和营养产生影响。

### **土地和水资源的关联**

52. 如土地和水资源治理之间缺乏充分关联，那么一旦某一地点出现土地所有权和权属变化，就可能对另一地点的水资源获取造成影响，继而对农业和粮食安全和营养产生影响。反之，失去水资源获取权就会阻碍土地的合理利用。尤其是大型征地行动可能会导致当地或下游水资源出现重新分配，对近处或远处社区的粮食安全和营养造成不良影响。
53. 《国家粮食安全范围内土地、渔业和森林权属负责任治理自愿准则》和《粮食安全和消除贫困背景下保障可持续小规模渔业自愿准则》并未给予水资源多少关注，尽管水资源与土地相关问题有着重要关联，且对渔业资源而言是一项决定性因素。

### **投资**

54. 企业行为方在各类经济活动中的投资，尤其是对能源、工业和大型种植园的相关投资，往往会对水资源产生重要影响。充分利用企业的投资潜力，就能催生发展机遇，从而惠及粮食安全和营养。如果能引导投资进入供水和水相关服务，还能增加供水量。但两者往往也会对当地人口带来严重的负面影响，尤其是最弱势群体、边缘化群体、土著人民和妇女。有必要就投资可能给粮食安全和营养带来的影响进行事先评估，包括对弱势群体的影响，同时针对可能出现的负面影响建立调解和纠纷解决机制。新开发的工具，如粮安委的农业和粮食系统负责任投资原则，可以成为指南，使水资源领域的投资和影响水资源的各项活动的投资能为粮食安全和营养做出最大贡献。

### **国际协定和举措**

55. 263 个跨界湖泊和河流流域拥有淡水总量的约 60%。此外，大约 300 处地下水含水层为跨界性质。110 多个流域签订的近 700 项双边、区域或多边水资源协定涵盖了各类活动和目的，从水资源监管和开发到管理框架的建立。
56. 1997 年的《联合国国际水道非航行使用法公约》是有关共享淡水资源的唯一具有普适性的条约。它提出了公平、合理利用和参与国际资源的利用、开发和保护的相关原则，提出了避免损害他国利益的义务，提出了对已规划措施进行事先通知的原则，还提出了有关纠纷处理和解决的相关规定。

57. 在全球层面，已涌现出多项国际举措，尤其在 1992 年都柏林会议之后。“全球水事伙伴关系”旨在促进水资源综合管理，提供建议，协助开展研发和培训活动。世界水理事会作为一个多利益相关方协会，以其旗舰会议“世界水论坛”著称，旨在增强对水资源的认识，确立政治承诺，激发行动。此外，已设立“联合国水机制”来加强在全球水资源相关领域发挥重要作用的联合国各机构、署和基金之间的协调和统一。

### 安全饮用水和卫生设施相关权利和食物权

58. 联合国大会于 2010 年承认了享有安全洁净饮用水和卫生设施的人权。此项权利给予每个人在不受到歧视的前提下获得充足、安全、可接受、易获得、负担得起的饮用水以及物质上和经济上获得供个人、家庭使用的卫生设施的权利。此项人权已被纳入几个国家的宪法和国家立法。
59. 充足食物权已在联合国大会 1966 年通过的多边条约《经济、社会和文化权利国际公约》中得到承认。2004 年的《支持在国家粮食安全范围内逐步实现充足食物权的自愿准则》中也提出了有关水资源获取和可持续利用的条款。<sup>8</sup>
60. 人类享有安全饮用水和卫生设施的权利与食物权之间有着密切关联，因为安全饮用水和卫生设施对于健康和良好营养状况而言至关重要，还因为水资源的获取对于粮食生产者是不可少的条件，对生产者的食物权也同样必不可少。目前人们正在思考这两项权利给水资源治理带来的后果以及如何才能促进在粮食安全和营养相关水资源治理中采取一种基于人权的方法，这一领域值得进一步探讨和研究。这些想法还引发人们思考各国在自身管辖范围内监管第三方活动的境外义务，以确保不侵犯他国人民的人权。

---

<sup>8</sup> 《支持在国家粮食安全范围内逐步实现充足食物权的自愿准则》（《食物权自愿准则》）强调，实现食物权需要各国采取行动“改善水资源获取，促进水资源可持续利用以及在不同用户之间的分配，期间要合理考虑效率和公平满足人类基本需求，权衡生态系统功能保护或恢复方面的要求和生活、工业、农业用水需求，包括保护饮用水质量”。

## 建议

“粮食安全和营养相关水资源”的概念凸显了水资源对粮食安全和营养四个维度做出的直接和间接贡献，其中涵盖安全饮用水和卫生设施、用于生产、加工和烹制食物的水以及各部门利用水资源对生计及收入以及食物可获性所做的贡献，还涵盖水资源可持续管理和养护以及水资源持续发展所依赖、确保当代人和子孙后代粮食安全和营养所需的生态系统的目标。

### 1. 保障生态系统的可持续管理和养护，以持续确保粮食安全和营养相关水资源的可供量、质量和稳定性

#### 各国应：

- a) 通过对跨生物群系的景观和生态系统实行养护和可持续管理，保障粮食安全和营养相关水资源的持续可供性、质量和稳定性，包括采用《生物多样性公约》提出的生态系统方法。
- b) 保障水资源质量不受影响，尤其是饮用水、食品加工用水、卫生用水和灌溉水的质量。应通过引入监管制度和有针对性的奖惩制度来实现这一目的，包括“谁污染谁付费”原则和其它与所造成的损害挂钩的措施。各方应为自身活动对水质造成的影响有所担当。

#### 各国和其它相关利益相关方应：

- c) 推动采用参与式机制对确保粮食安全和营养相关水资源的可供量、质量和稳定性而言极为重要的生态系统和景观实行可持续管理。其中包括在不同集水区、不同生态系统内部和之间开展集体合作行动，开展创新型能力建设活动，建立治理和管理问责框架，包括权力下放型治理和地方适应性管理的问责。
- d) 考虑采取水资源共管的办法，即由离资源较近的不同利益相关方共同承担或完成管理措施的设计、实施和监测工作，这些相关方包括当地政府、流域组织机构、粮食生产者协会、其它水资源用户协会。

### 2. 确保就水资源与粮食安全和营养相关政策采取一种综合方法

#### 各国应：

- a) 通过所有利益相关方参与的方式，制定出国家水资源综合管理战略，其中包括与粮食生产、食品加工、饮用水和卫生用水的可供量、质量和获取有关的粮食安全和营养相关考虑。该战略必须全面涵盖所有部门，应确保所有人都能公平获取安全的饮用水和卫生设施。它还应该考虑城市和农村人口的具体粮食安全和营养需求以及粮食生产者（自给自足型生产者、小规模生产者和大规模生产者）对粮食安全和营养的贡献。

- b) 将水资源纳入国家粮食安全和营养综合战略，对有关贸易、农村发展和工业化的国家政策进行审查，以确保这些政策有利于推动粮食安全和营养相关水资源发展，同时取消对弱势、边缘化群体不利的各种做法。
- c) 保证各部门之间能协调制定政策，能协调实施水资源和粮食安全和营养相关战略，保证各部门都能为自身对粮食安全和营养相关水资源产生的影响有所担当。
- d) 对各部门对水资源的实际需求及未来需求开展循证评估，并为长期积极管理和利用水资源做好投资、政策和分配方面的相应计划，将粮食安全和营养作为优先用水领域。
- e) 在国家粮食安全信息系统中增加与粮食安全和营养相关水资源有关的可供量、获取、质量和稳定性指标。这将有助于按照国家优先重点实现可持续发展目标。

**各国、各民间社会组织和其它相关利益相关方应：**

- f) 提高家庭和地方组织按照当地环境、社会、文化条件合理采纳节水措施和创新型储水运水、高效、多用途用水和废水处理技术的能力。

**3. 重视最弱势、最边缘化群体，包括将性别问题主流化，满足妇女的具体需求**

**各国和其它利益相关方应：**

- a) 确保政策法规能保障男女平等获取水资源。应特别重视土著人民、小规模经营者和边缘化社区。
- b) 避免在水资源管理改革过程中对城乡贫困、边缘化群体的粮食安全和营养造成任何不良影响。
- c) 采取积极措施确保男女粮食生产者能平等获得土地、投入物、资金、培训、技术、服务（包括气候信息），使他们能够有效利用水资源满足自身的粮食安全和营养需求。
- d) 设计和利用合理的基础设施及技术来改善家庭层面的供水状况，应着重解决取水、排水所涉及的繁重劳动负担以及相关的健康风险，直接改善洁净饮用水、卫生和食品安全所需的相关条件，减少食品传播疾病的机率。
- e) 通过赋权和瞄准型干预措施，满足妇女和女童在粮食安全和营养相关水资源方面的具体需求。期间应考虑女性在生产和生育活动中的作用。
- f) 加强农村妇女在各级水资源治理（水资源用户协会、主管部委和其它国家机构、区域平台等）中的参与度和代表性，确保在决策和改革进程中充分考虑她们的意见和她们在各主要部门中发挥的生产性作用。

**各私营部门、公共部门和公私部门联合举措应：**

- g) 确保与水资源相关的任何行动都不会对弱势、边缘化群体的粮食安全和营养相关水资源供应和获取产生不良影响。

#### **4. 改善农业用水管理，调整农业系统，以便提高整体用水效率、水资源生产率以及对水相关问题的应对能力**

##### **各国及其它利益相关方应：**

- a) 在采取综合方法解决各类水资源（雨水、地表水和地下水）长期供应和波动的基础上，制定和实施适应性水资源和农业战略及行动计划，同时还应考虑气候变化的影响以及农业生态系统的保墒能力。
- b) 通过水资源管理措施减少缺水风险，如水收集和补充灌溉技术、储水设施，包括提高土壤保墒能力。
- c) 设计和利用农业措施（农学措施、农业生态创新、作物品种、家畜品种、多样化）和景观管理来提高农业系统应对水相关问题的能力。
- d) 通过降低风险和对正式和非正式扶持机制（如信贷、社区集体行动）进行调整，使雨育农业系统成为农牧民更可靠的一种选择，提高雨育系统应对水相关问题的能力。
- e) 投资打造一个扶持环境，利用一切工具（从气象预报、信贷到社会保护）建立一个风险管理体系，减少农业生产、社区和家庭的水相关风险。
- f) 在灌溉相关规划和投资过程中考虑水资源的长期可供性，以最大限度实现粮食安全和营养相关长远目标。
- g) 灌溉系统的投资和管理应着眼于提高集水区层面用水效率和尽量避免影响土地和水资源质量（如盐渍化、地下水污染）和下游供水量（如渔民和牧民的粮食安全和营养）。
- h) 通过合理的治理机制，确保对地下水实行可持续管理，期间要考虑更新速度和未来需求，并在必要时考虑设置抽水量上限，并建立制度来监测和监管个体抽水情况。

#### **5. 加大贸易对“粮食安全和营养相关水资源”的贡献**

##### **各国在贸易规则和协议的谈判和实施过程中应：**

- a) 采取行动恢复各方对基于规则、透明、有担当的多边贸易体系的信心，要考虑到那些依赖从国际市场进口粮食来满足自身粮食安全和营养需求的缺水国的关切和脆弱性。
- b) 通过强化粮食出口相关贸易规则，包括限制使用出口限制手段，以保护低收入、缺水粮食净进口国的利益。

##### **各国应：**

- c) 加强“农产品市场信息系统”的能力，以便确保有关主粮价格、产量、库存量和贸易信息的透明度。此项工作包括鼓励各国加入该系统，并保证系统所有成员均能提供全面、最新的数据。

- d) 考虑采取措施确保商业行为方履行自身签订的粮食进口交付合同义务。例如，鼓励合同方在合同执行中利用第三方商业调解。
- e) 将贸易和投资政策纳入国家粮食安全和营养全面计划，期间要考虑粮食安全和营养领域中与水资源相关的风险和脆弱性，尤其是面临危机时。可用的政策工具包括粮食储备、风险保险、社会保护和投资开发农产品企业。

## **6. 设计与粮食安全和营养相关水资源有关的知识、技术和管理强化工具并开展交流共享**

### **各国、各研究方和其它利益相关方应：**

- a) 通过包括当地社区和粮食安全和营养相关水资源研究人员在内的各相关方的充分参与，为制定全球、国家和地方战略性研究议程提供支持。还应确保有关水资源、粮食安全和营养的所有研究都能关注性别问题。
- b) 促进方法和制度创新，以便通过参与式方法共同构建、验证和传播适合各类高风险、复杂性环境的知识，此类环境包括干旱和半干旱地区、湿地、三角洲和山地。
- c) 加大对粮食安全和营养相关水资源研究和创新的投入，给予被忽略领域以应有的关注。急需在以下领域开展研究：
  - 气候变化对径流、含水层补给、水质和植物用水的影响以及解决这些问题的手段。
  - 能源和水资源奖励手段和定价机制，以减少水资源浪费或过度开采。
  - 对可能影响水资源供应量、获取、质量和供应稳定性的大规模征地和外商直接投资行为在不同地理空间和时间尺度上对水资源造成的影响以及对政策、干预措施和制度创新造成的影响进行监测和评价，以便监管其对粮食安全和营养造成的不良影响。
- d) 通过必要的技能开发、专业再培训、组织结构改革，在研究界和当地社区中树立系统方法，以便开发出与粮食安全和营养相关水资源有关的知识，包括就社区签订研究协议书开展能力建设。
- e) 加大力度在国家层面和国际层面收集涉及粮食安全和营养相关水资源的性别分类数据，以便监测进展，改进性别敏感型政策和措施。
- f) 提高气候模型与当地环境的相关性，尤其是易受气候变化影响的国家；开发气候应对能力相关工具，以便在决策中汇总利用从改良后的地方气候和水文建模过程中得到的相关信息。
- g) 建立和管理开放性数据系统，为决策和监测工作提供依据。
- h) 推动就粮食安全和营养相关水资源管理和治理最佳规范开展知识交流。

### **国际研究组织（如国际农业研究磋商组织）应：**

- i) 在致力于调查与粮食安全和营养相关水资源有关的全球性问题的研究和开发举措中发挥牵头作用。

## 7. 促进粮食安全和营养相关水资源的包容性有效治理

### 各国应：

- a) 建立有效的治理机制，以加强各部门之间的政策一致性，为全面的水资源及粮食安全和营养战略提供保障。
- b) 协调好农业、土地和水资源治理进程，确保公共土地、草地、水资源、渔业资源的边缘化、贫困用户群体能够充分、有效参与，其利益能够得到促进，尤其是土著人民以及通过习惯性安排拥有权利的群体。
- c) 确保所有各方都能充分、有效参与粮食安全和营养相关水资源养护和可持续利用相关政策与措施的制定过程，其中包括弱势、边缘化群体，要特别重视那些关注性别平等的进程。
- d) 在不确定性不断加大和快速变革的背景下，确保所有各方，包括弱势、边缘化群体，能充分参与保障粮食安全和营养相关水资源的景观和多样化生态系统的地方适应性管理。
- e) 确保所有投资活动都能尊重享有安全饮用水和卫生设施的权利以及充足食物权，同时应遵循以下准则的指导：《支持在国家粮食安全范围内逐步实现充足食物权的自愿准则》（《食物权自愿准则》）、《国家粮食安全范围内土地、渔业和森林权属负责任治理自愿准则》（《权属自愿准则》）和粮安委的《农业和粮食系统负责任投资原则》，尤其是涉及大规模征地时。
- f) 确保涉及大规模土地（以及相关水资源）投资的所有合同方都能对投资给自然资源可持续利用所带来的影响以及给受影响社区的生计和粮食安全和营养带来的后果有所担当。
- g) 保护弱势、边缘化群体的土地、渔业和水资源使用权和权属权利，尤其是面临大规模基础设施发展时。

### 各国、各政府间组织、民间社会组织及其它利益相关方应：

- h) 支持各社区在相关层面自主承担起水资源规划和管理的工作。
- i) 遵守完善治理原则，如“自由事先知情同意（FPIC）”原则，并就此开展能力建设。

### 各国应：

- j) 就粮食安全和营养相关水资源的养护和可持续利用确认各社区行为方并为他们赋权，以便更大程度上对成果产生影响。
- k) 在粮食安全和营养相关水资源背景下利用《权属自愿准则》，认识到有关集体权利和共有资源的第 8.3 条以及有关土著人民的第 9 节与本领域政策及计划的制定、实施及评估有着特殊关联，尤其是那些会影响粮食安全和营养相关水资源获得的政策及计划。

**粮安委及相关国际水资源平台应：**

- l) 共同组织一次特别会议，邀请所有与粮食安全、营养和水资源相关的各方与会，以便讨论如何协调各项政策及计划，使各方开展的活动都能在粮食安全和营养方面取得进展。

**8. 推动在粮食安全和营养相关水资源治理中采取一种基于权利的方法**

**各国须：**

- a) 遵照国际人权条约和类似协议履行自身义务，包括但不限于《公民权利和政治权利国际公约》和《经济、社会和文化权利国际公约》。

**各国应：**

- b) 确保享有安全饮用水和卫生设施的现有权利能得到充分、认真实施。
- c) 在充分考虑水资源对粮食安全和营养的贡献基础上，确保充足食物权能得到充分、认真的实现，确保《食物权自愿准则》得到充分、认真实施。
- d) 确保在充分、认真实施《权属自愿准则》时能考虑到土地（渔业和森林）与水资源之间不可分割的关系以及相关的权属权利。
- e) 在水资源治理过程中充分考虑《粮食安全和消除贫困背景下保障可持续小规模渔业自愿准则》（《小规模渔业自愿准则》）以及优质水道和水体对内陆渔业和水产养殖业的重要性。
- f) 评估水及土地相关政策、干预措施和投资对安全饮用水和卫生权利以及充足食物权所产生的直接、间接影响。
- g) 实施《联合国土著人民权利宣言》，尤其是在那些影响粮食安全和营养相关水资源的法规和政策背景下。

**粮安委应：**

- h) 以成员国和粮安委成员的经验 and 粮农组织的技术性工作为基础，就如何在实施《权属自愿准则》和《食物权自愿准则》的过程中确保人们能获得粮食安全和营养相关水资源提供指导意见。

**联合国人权理事会及其“特别程序”（尤其是享有安全饮用水和卫生设施的人权、食物权、健康权、土著人民权利问题特别报告员和人权与环境问题独立专家）应：**

- i) 在自身工作中努力推动人们更好地实现享有水和卫生设施的权利，并探讨水与粮食安全和营养之间的关联对人权的实现有着何种含义。
- j) 就《关于经济、社会和文化权利领域国家域外义务的马斯特里赫特原则》对粮食安全和营养相关水资源的相关性及其在该领域的潜在应用提供指导意见。

## 引言

水就是生命，包括象征性水和实际水。水是人类粮食安全与营养不可分割的组成部分，是森林、湖泊和湿地等全体人类赖以生存的生态系统的生命线。<sup>9</sup>保质保量供水是保障农业生产和食品烹制与加工必不可少的条件（农业用水管理综合评估，2007；粮农组织，2012a；Rosegrant *et al*, 2002）。在全球层面，灌溉农业（包括粮食作物和非粮食作物）用水占全球抽水量的 70%，另外 20%用于工业（包括能源生产），10%为生活用水（世界水资源评估计划，2014）。因此，粮食生产用水，尤其是灌溉用水，是最大的淡水资源用户。

安全的饮用水和卫生设施对于民众的营养、健康和尊严而言至关重要（联合国开发计划署，2006）。缺乏安全的饮用水、卫生设施和个人卫生习惯会通过水传疾病和慢性肠道感染给人们的营养状况造成破坏（Humphrey, 2009）。艰苦条件下的取水任务往往由女性和女童承担。

然而，在世界上多数地区，水资源都面临日益加重的压力。人口增长、收入不断提高、生活方式不断变化、畜产品消费量增加以及采矿业、能源生产和制造业等对水的需求不断增加，这些都给有限的淡水资源带来了越来越大的压力。农业和工业造成的污染致使水资源无法利用，并对生态系统健康造成破坏。不可持续的用水方式和管理方式正在削弱土地、渔业、森林和湿地等陆地和水生生态系统的功能，包括这些系统保障粮食和营养的能力。

目前，全世界范围人口不断增长，富裕阶层的动物食品消费量不断增加，这些趋势要求世界粮食和饲料产量在 2005 年和 2050 年间增加 60%（粮农组织，2012a）。这意味着在不同用途对水资源的竞争不断加剧的时代，农业用水将面临更大压力，引发水资源短缺、可供量和获取等相关问题（见 Camdessus, 2004；Fishman, 2012）。如何应对涉及水资源和粮食安全相互关系的各项问题对整个社会而言是一项重大挑战。水资源可供量在不同时间、不同空间分布不均，多少不一，受降雨、温度、风、径流、蒸腾、储存、分配制度和水质等交错复杂因素的制约。

在此背景下，世界粮食安全委员会在第四十届会议上要求粮食安全和营养问题高级别专家组（高专组）就水资源与粮食安全编写一份报告，提交给 2015 年召开的第四十二届会议，因为粮安委已认识到水资源在粮食安全过程中发挥的重要作用，同时还认识到“应在水资源、土壤、能源、粮食安全相互联系这一更宽泛的背景下探讨水资源及其对粮食安全的影响，并将其作为包容性增长和可持续发展的支柱”。

---

<sup>9</sup> 1996 年的世界粮食首脑会议对粮食安全的定义如下：“粮食安全系指所有人在任何时候都能在物质上和经济上获得充足、安全和富有营养的食物，满足其保持积极健康生活所需的膳食需要和食物喜好”（粮农组织，1996a）。该定义的基础是粮食安全四大要素。粮食可供量：通过国内生产或进口保质保量供应粮食。粮食获取：个人能获得充足的资源（权利），从而获取营养膳食所需的食物。利用：通过充足的膳食、清洁的水、卫生设施和医疗服务，满足所有生理需求，达到营养充足的状态。稳定：要想实现粮食安全，某一人口、家庭或个人必须在任何时候都能获取充足的食物。

本报告从家庭到全球不同层面探讨水资源与粮食安全和营养之间的关系，在各种相互冲突的需求、不断加剧的稀缺性和气候变化的背景下对这些关系开展调研，并寻求办法改善农业和粮食系统中的水资源管理，加强水资源治理，确保人人都能在现在和将来获得更好的粮食安全与营养。本报告刻意注重行动。它提出各类范例和方案，供众多利益相关方及相关部门按照区域和地方特点选择采用。

要就这一广义专题编写一份简短报告极具挑战性。它要求从全球到家庭不同层面采用多种视角和方法，涵盖各种不同情形。

水资源的可供量、获取和利用都与具体社会经济、文化和政治因素相关联。缺水会加大各部门内部及相互之间的竞争：受其它部门水资源单位经济回报较高的驱动，农业部门的水资源往往遭到挤占，而规模较小、较贫困的农业用户往往会失去水资源。由于权力不平衡、资源获取不公平、结构性歧视和性别不平等现象的存在，这些问题往往对贫困、边缘化群体造成更大影响。造成水资源获取不平等的其中一个原因是文化、性别以及社会政治观念。即便在水资源丰富的地区，某些群体也可能面临缺水。

虽然在分析水资源短缺问题时往往以人均水资源可供量为基础，但这种视角将全世界人口作为一个整体，容易忽略获取不平等（Sen, 1981）。为此，缺水问题最好被视为一种权利缺失现象，需要通过所有人都认为合法的有效、民主的治理方案来加以解决（Mehta, 2014）。弱势社区满足自身基本营养食物需求的能力取决于能否有效、高效分配和利用水资源，尤其在缺水问题突出的地区。气候变化可能会加剧水资源短缺问题。随着我们的水资源面临日益加重的压力，城市和农村、上游和下游、河流内（水生资源）和河流外（多数为人类）用户之间的冲突可能会不断加剧（农业用水管理综合评估, 2007）。这些现象背后的问题是：如何才能加强农业用水管理，对粮食安全和营养产生更好成效？谁应该在何时通过何种途径获取何种水资源，获取时间多长，用于何种目的？如何在考虑粮食安全和营养的前提下在某个特定流域或国家层面寻求这一问题的答案，是水资源治理面临的主要问题之一。如果某一流域跨越不同行政地区甚至不同国家，情况就会变得更为复杂。

本报告采用的信息来自多个来源。2007年出版的《农业用水管理综合评估》（农业用水管理综合评估, 2007）特别值得一提。该出版物由国际农业研究磋商组织、生物多样性公约秘书处、粮农组织和拉姆萨湿地公约联手完成，农业界、环境界各类专家和组织参与其中。该出版物提供极为重要的数据和分析，其中很多已被用于本报告中。

本报告结构如下。第1章突出介绍水资源与粮食安全和营养之间的多重关系，并概要介绍全球、区域趋势以及目前和将来对粮食安全和营养产生关键影响的新挑战。第2章探讨如何管理农业及粮食系统中的水资源短缺问题，并寻求一系列方法和替代途径来加强水资源管理和保护，以便在不确定因素不断增加的背景下减少风险，改善粮食安全。第3章分析水资源治理的各个维度，并探讨其与粮食安全和营养的关联。

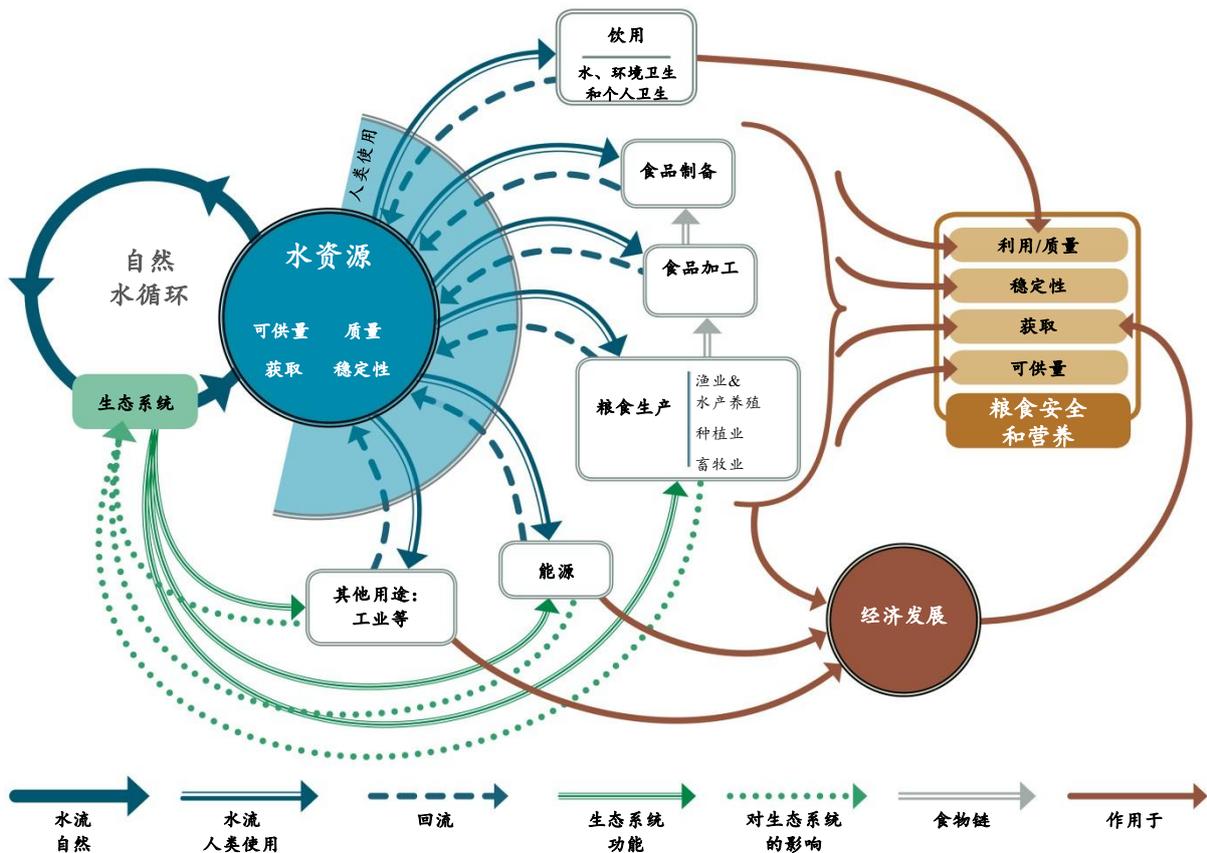
# 1 水资源与粮食安全和营养：从全球到地方的挑战

本节从家庭到全球层面，探索了水资源与粮食安全和营养之间的关系。在各种相互冲突的需求、不断加剧的稀缺性和气候变化的背景下，本节通过水资源的四个方面，即：可供量、稳定性、质量和获取，对上述各种关联性进行研究。

## 1.1 各种关联性概述

水在多个方面决定了粮食安全与良好营养（图 1）。水是森林、湖泊和湿地等生态系统的生命线，而当代人和子孙后代的粮食安全和营养依赖于这些生态系统。水质和水量对于饮用和卫生设施、粮食生产（渔业、作物和畜牧生产），以及食品加工、转化和制备必不可少。饮用水的水质关系到人体对营养物质的吸收情况。水对于能源、工业和其他经济部门也很重要。水道和水体往往是运输（包括投入物、粮食和饲料）的主要途径。总而言之，水是经济增长和创收的支撑，因此也是获取粮食的经济支撑。

图 1 水资源与粮食安全和营养的多种关联



**图左侧内容突出了水作为资源供人类利用时的四个方面：**

1. 可供量：某一特定地区通过降雨、河流和含水层而能实际获得的水。
2. 稳定性：随时间而变化的可供量、获取和水质。这是自然循环的结果，但是人类通过改变回流以及生态系统退化而干扰水循环后，也会影响水资源稳定性。不同的水资源可能在稳定性上存在很大差异。
3. 质量：粮食安全和营养相关水资源的质量会因资源用途不同而产生不同影响；各类作物对灌溉用水的质量有不同要求，食品加工、制备与饮用对于水质的要求较高，水质对于健康与个人卫生很重要。但是，粮食（及非粮产品）生产和加工也可能对水质产生负面影响（污染）。
4. 获取：尽管河流、湖泊和含水层中可能存在足够的水，水资源分配与使用许可，以及在用水地配备必要基础设施（泵、管道、水龙头、水渠等）的问题可能支持或阻碍对粮食安全和营养相关水资源的获取。基础设施也左右着水资源稳定性。获取问题还受社会文化、经济和政治因素的影响。

水资源的这四个维度反映了粮食安全定义中的相关内容（见 Webb and Iskandarani 的类似做法，1998）。水资源与上文介绍的四个维度以及粮食安全和营养间存在多种关联，在个人与家庭等各层面发挥作用。水对于和粮食系统相关的所有“活动、过程和成果”都是必不可少的（见 Ericksen *et al*, 2010）。<sup>10</sup>图 1 的框架显示，可通过多个切入点来考虑水与用水对粮食安全和营养带来的影响。

首先，饮用水是一种食物（食典<sup>11</sup>）。水质与可供量对于饮用水最重要，对于其他家庭用途以及卫生习惯，或是“水、环境卫生和个人卫生”<sup>12</sup>也很重要，这些都是良好营养与健康的决定因素。

第二，粮食生产（渔业、种植业和畜牧生产）、食品加工（从工业到家庭层面）和制备（家庭层面，以及正规和非正规食品商贩）都离不开水。农业（包括非粮作物）占据了绝大部分全球淡水汲取量（约 70%），食品加工和制备所需用水量相对较小。

一般而言，水资源对于工业和经济增长也很关键。非农部门可增加收入并推动食物获取，因此这些部门的用水能促进粮食安全和营养。但是，对水资源的竞争可对粮食生产造成负面影响，尤其会冲击小农户对水的获取及其粮食安全和营养。

---

<sup>10</sup> 高专组对粮食系统的定义如下：粮食系统包括与粮食的生产、加工、流通、制作和消费相关的所有因素（环境、人员、投入物、流程、基础设施、机构等）和活动以及这些活动的产出，包括社会经济和环境影响（高专组，2014a: 29）。粮食安全的复杂性需要一个包含社会、政治和生态问题在内的复杂框架，其中必须包括与食物相关的“活动、过程和成果”（Ericksen *et al*, 2010: 27）。

<sup>11</sup> 在食品法典范围内：食品是指供人类食用的任何加工、半加工或未加工物质，包括饮料、口香糖及用于生产、制作或处理“食品”的物质，但不包括化妆品、烟草，或仅作为药物使用的物质（粮农组织/世卫组织，2011）。

<sup>12</sup> “水、环境卫生和个人卫生”通常被作为一个整体，因为研究显示，要降低儿童死亡率、改善健康和教育成果、促进减贫和可持续发展，就需要在所有三个方面取得进展。

水道和水体通常是运输（包括投入品、粮食和饲料）的主要渠道。比如，南苏丹许多地区的道路因战事和雨季来临而被切断。驳船运输令粮食署能够实现粮食的散装运输，费用低于空运（联合国，2014）。

## 1.2 全球和区域水资源可供量

获取淡水有三种途径：作为所有陆地水来源的雨水（降水，包括降雪）、地表水（包括融雪和融冰），以及地下水。

一定时间范围内有多少水供人类使用？地球陆地部分的年降水量为 110 万亿立方米。其中，40 万亿立方米流入坝区、湖泊、河流、溪流与含水层（通常被称为“蓝水”）供人类和环境利用（世界水资源评估计划，2012；农业用水管理综合评估，2007；Gleick, 1993）。有 13 万亿立方米降水流入地下水含水层（Döll, 2009）。每年陆地降水总量中有近三分之一流入海洋（农业用水管理综合评估，2007）。

没有流失或补给地下水的 70 万亿立方米陆地降水储存在土壤中，最终蒸发或通过植物蒸腾。这部分水被称为“绿水”。

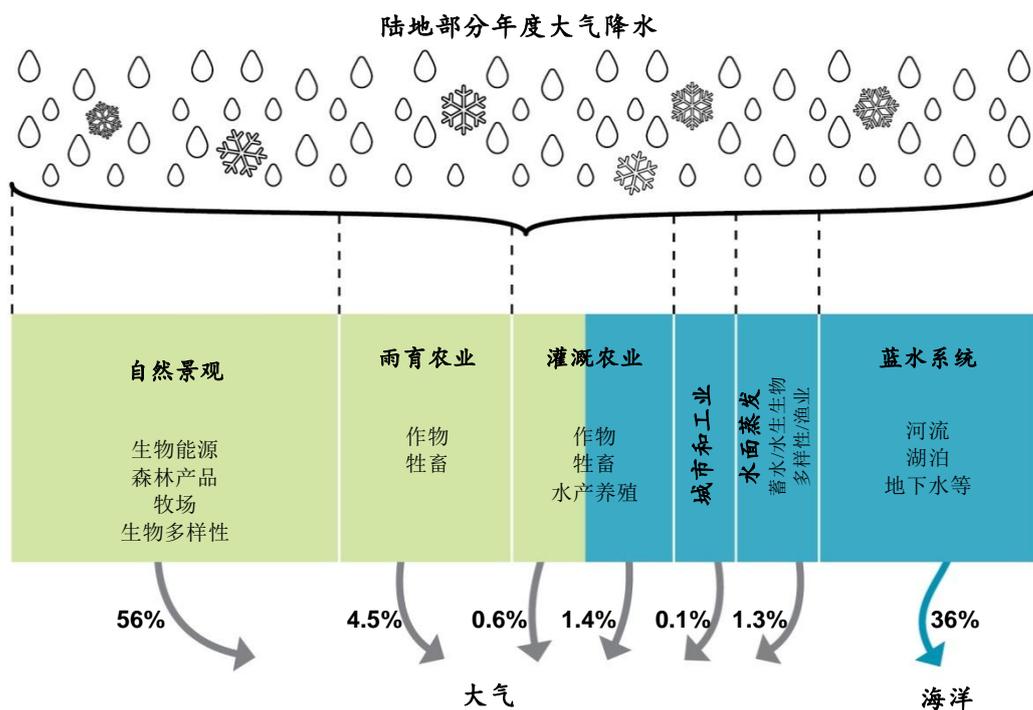
各种形式的可用水对于农业和粮食安全都很重要。约 7.13 万亿立方米的水经农业消耗或蒸腾，其中有 5.56 万亿立方米直接来自降水，1.57 万亿立方米来自灌溉，依据是灌溉抽水量约为 2.644 万亿立方米（农业用水管理综合评估，2007）。

当降雨不足或可靠性不足时，农业需要依靠灌溉来弥补绿水可供量短缺或不规律的问题。径流可在集水区或流域内多次重复利用，而水资源的质量通常会随之降低。在一些情况下，绿水和蓝水均告不足，为了粮食安全和营养会进行海水淡化。但是这一过程成本高昂，淡化后的海水往往用于饮用或供家用。

每年的全球可再生淡水资源量足以满足人类需要，但是这些资源在全球的分布十分不均衡。中东、北非和南亚区域的可再生水资源年人均占有量尤其之低（见表 1）。在区域和国家内部，水的可供量也存在很大差异。不均衡的水资源分布能导致粮食种植能力失衡，从而影响粮食供应和获取。

水库的抽水速度可能高于补给速度，导致水库（湖泊或含水层）枯竭。可再生水资源一词用于描述长期年均河流（地表水）流量和地下水量。以人类的时间尺度衡量，深层地下水含水层的补给速度为负，因而可视作不可再生资源（粮农组织，2006）。

图 2 全球水资源利用（消耗）



此为陆地水循环净使用（消耗）示意图。耗水量系指蒸发到大气中或纳入到产品中的水量。用户（如灌溉用户）所抽取的水量不会被完全消耗，一部分会返回土地、河流等。蓝水系指地表和地下径流系统：河流、湖泊、含水层等。绿水系指不产生径流而是保留在土壤或植被中的水分。

来源：整理自“农业用水管理综合评估”，2007年。

表 1 内部可再生水资源人均占有量（立方米/人/年）

区域	2010	2050
北美洲	13287	10171
拉丁美洲及加勒比	21450	16957
南亚	1325	910
东亚及太平洋	4279	4129
欧洲及中亚	7756	7572
中东及北非	778	506
撒哈拉以南非洲	5492	2645
发达国家	7510	6099
发展中国家	5353	3956
世界	5675	4250

来源：国际粮食政策研究所“国际农业知识与科技促发展评估”IMPACT模型模拟结果，2009年。

在世界许多地区，水资源面临的压力不断加大。人口增长、收入提高、生活方式和膳食转变，以及各类用途不断增加的需求量，都对有限的淡水资源施加了越来越大的压力。在不同区域，水的可供量与其满足需求的能力间存在显著差异。这导致抽水量和可用可再生资源间差距明显。2013 年<sup>13</sup>，农业、能源和工业的抽水总量占全球内部可再生资源的 9%，这一比例在拉丁美洲及加勒比地区为 2.2%，在中东和北非地区则为 122%。

各国或区域水资源面临的压力存在巨大差异。欧洲仅抽取内部资源的 6%，其中只有 29%用于农业。亚洲的集约型农业经济体抽取内部资源的 20%，其中 80%以上用于灌溉。在近东、北非和中亚等多数降水量较少的区域，大多数可开发的水资源已被抽取，其中 80—90%用于农业，因此河流和含水层的枯竭水平已达到不可持续的程度（Frenken and Gillet, 2012）。西亚、中亚和南亚将半数或以上的水资源用于灌溉。在北非，由于地下水利用和循环使用，灌溉用取水量可能超过了可再生资源量。部分或全部使用不可再生地下水灌溉的土地中，有 40%属于中国、印度和美国的粮食主产区（Place *et al.*, 2013）。

随着人口增长，预计内部可再生水资源人均占有量到 2050 年会在 2010 年的水平上下下降 25%，各区域间差异显著（见表 1）。因此，粮食安全和营养相关水资源问题的一项关键要素在于水资源愈发稀缺的概念（粮农组织，2012a；Falkenmark and Lannerstad, 2005）。

根据经合组织“维持现状”的假设（经合组织，2012），到 2050 年在面临严重缺水压力河流流域生活的人口数量将比目前增加 23 亿（总计超过全球人口的 40%）。<sup>14</sup>

界定严重缺水压力和水资源稀缺通常采用某一地区的水资源可供量，即可再生资源水平（雨水、地表水和地下水），与某一用水需求量，包括基本需要间的差距。但是，关于“水资源稀缺”和严重缺水压力存在着多种理解，而关于水资源可供量和需求量的理解同样如此。

在各类水资源压力情况下，需求量可能在某一段时间内或在较差质量限制水资源使用时超过可供量。严重缺水压力导致淡水资源量降低（含水层过度开采、河流干涸等），以及水质退化（富营养化、有机物污染、海水入侵等）；这对于粮食安全和营养相关水资源（饮用水、灌溉用水等）具有短期和长期效应。

---

<sup>13</sup> 世界发展指标（世界银行数据库）根据可用数字得出的 2013 年估算值。

<sup>14</sup> 就经合组织而言，严重缺水压力指取水量超过补给量 40% 的情况，因此严重缺水压力指满足人类和生态用水需求的难度。

一些作者（Falkenmark and Widstrand, 1992）采用预先设定的阈值来界定“水资源稀缺”水平，如人均每年水资源可供量为 1 700 立方米、1 000 立方米或 500 立方米（“绝对稀缺”），其中涵盖了农业（灌溉）和其他经济部门的所有用水。这通常被称为“水资源物理性稀缺”，通过对比特定地区（如表 1）人均每年可再生水可供量和预先设定的阈值，确定面临水资源压力和水资源稀缺的地区。

其他作者采用“水资源经济性稀缺”的概念来定义理论上物理环境中的水资源足以满足需求，但是由于各种经济因素，如缺乏基础设施、蓄水、输水系统等，在需要时未能供应水资源，以及水质无法满足需要的情况（农业用水管理综合评估，2007）。

类似的水资源可供量可能意味着十分不同的稀缺或压力情况，因为水资源稀缺或压力情况不仅由可供量决定，也取决于不同的用水需求。实际上，如果用水需求过量，水量丰富的区域也可能遭遇水资源短缺，这通常伴以农业、能源、工业、旅游业、家庭等各部门间对水资源的竞争加剧与管理失当（农业用水管理综合评估，2007）。

人们可将“水资源社会性稀缺”定义为部分人口无法保质保量获取水资源来满足饮用和卫生需求，以及维系生计。通常为了提供便于比较的数字，水的可供量以人均可供量或每公顷可供量表示，却往往无法体现出资源获取方面的重要不平等状况（见 1.5 节）。更小范围内的可靠数字十分少见。此外，平均数字难以用于充分理解和说明农场和家庭层面的水资源稀缺现实（Mehta, 2005；联合国开发署，2006）。

### 1.3 粮食安全和营养相关水资源的稳定性

水资源稳定性主要受气候左右（见 1.3.1 节），而气候则受到气候变化的影响（1.3.2 节）。稳定性进一步由地球物理、人口和社会经济因素所决定，也受制于抽水用的蓄水（见 1.3.3 节）和基础设施水平。不同用途对于水资源稳定性有不同的要求。比如，饮用和工业用水通常需要稳定和持续的供应，而农业用水的需要则与作物季、作物类型和相关气候因素直接相关。

地表水的可供量和稳定性取决于降水和水文系统的地理特征。水文系统延伸范围很广，直至整个大陆，包括冰川等天然含水层。不同时间的降水量通常变化很大（年内变化与年际变化），因为这是复杂气候循环的结果。从用水者的角度来看，地表水是对不规律雨水供应的缓冲，尤其是在广袤的盆地地区。地下水是一种更为稳定的水源，40%的灌溉活动利用地下水源。特别是对于缺乏其他水源的区域而言，地下水带来了重要机遇。然而，这也是未来的一项主要挑战，因为地下水不可再生，补给速度缓慢的含水层可能迅速枯竭。一些地下水含水层“化石”的补给速度是以地质时间计算的，需要几千甚至数百万年。

### 1.3.1 随着时间而发生的水资源固有变化与气候引发的差异

在气候影响下，水的可供量会随着时间出现显著变化，年内和年际差异集中在更为贫穷的区域（Grey and Sadoff, 2007）。严重差异可表现为洪涝和干旱（低于平均降雨量的时间段），这能对受影响地区的粮食生产及粮食安全和营养造成重要冲击。

干旱导致作物歉收和家畜死亡，尤其是在雨育农业地区。图 3 显示了过去一个世纪内全世界旱情的严重程度，突出了最易受严重干旱影响的地区，这些地区的早期可持续数年之久。插文 1 记录了一些近期发生的旱情。

洪水冲毁村庄、道路，淹没作物、家畜和人，造成巨大破坏，并让受影响的社区丧失居所、服务和食物。洪水可导致供水污染，引起疾病暴发，降低受影响人群的营养安全水平（同样见高专组，2012a）。

气候的显著变化能严重影响受波及地区的粮食和营养安全。

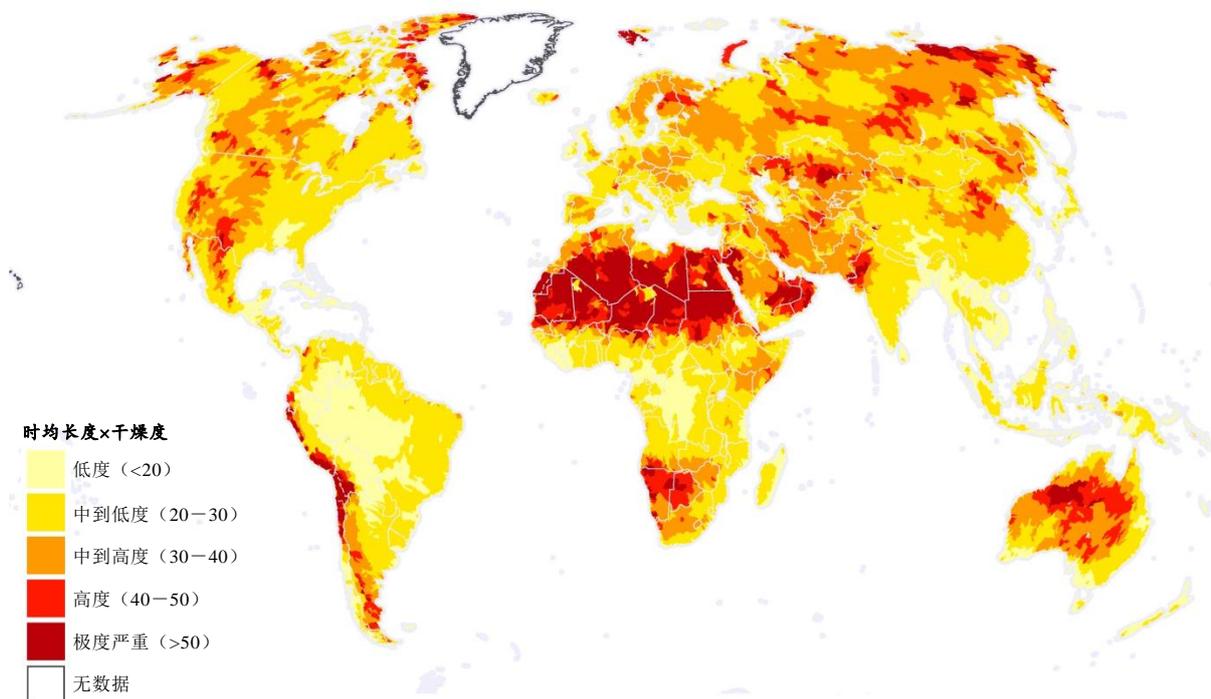
Grey and Sadoff（2007）揭示了在高度依赖雨育农业的国家内，降雨和农业及经济增长间存在的关联性（见图 4 埃塞俄比亚的情况）。在这些区域，早期的作物歉收不仅提高了穷人和农村人口的饥饿发生率，还降低了普通人的购买力（与粮食安全和营养水平），并损害了整体经济情况，因为歉收的作物需要用更为昂贵的粮食来替代。这也削弱了国家的干预能力，因为稀缺的预算资源可能需要从教育和卫生等关键的公共服务部门流出，用于赈灾和进口粮食。

#### 插文 1 近期发生的旱情

根据粮农组织信息，非洲之角事实上在过去 12 年内每年都会遭受旱灾。肯尼亚在 2009—2012 年间经历了严重干旱，该国农业生产在 2009 年受到严重冲击，小麦产量比 2010 年下降 45%。澳大利亚在 2002—2010 年间遭受了连年干旱，2006 年小麦总产量剧降 46%（相比 1960—2010 年的产量趋势水平）。2010 年发生在俄罗斯联邦的旱情是 38 年来最严重的一次，持续时间长、灾情重、波及面积广，并引发了严重的环境、社会和经济影响。2011 年发生在美国的旱情覆盖了南部各州，德克萨斯州、俄克拉荷马州和新墨西哥州受到的不利影响最为严重，旱情还累及亚利桑那州、堪萨斯州、阿肯色州、乔治亚州、佛罗里达州、密西西比州、阿拉巴马州、南卡罗来纳州和北卡罗来纳州的部分地区（来源：粮农组织，土地与水，日期不详）。2014 年，巴西由于降雨反常而经历了大规模干旱。这严重冲击了数个部门的生产能力，包括渔业、农业和工业，并引发了一系列关于水资源的冲突（Watts, 2014）。影响程度十分严重，以至于城市供水不得不实施配给，阻碍了城市边缘化群体获取水资源（Davies, 2014）。

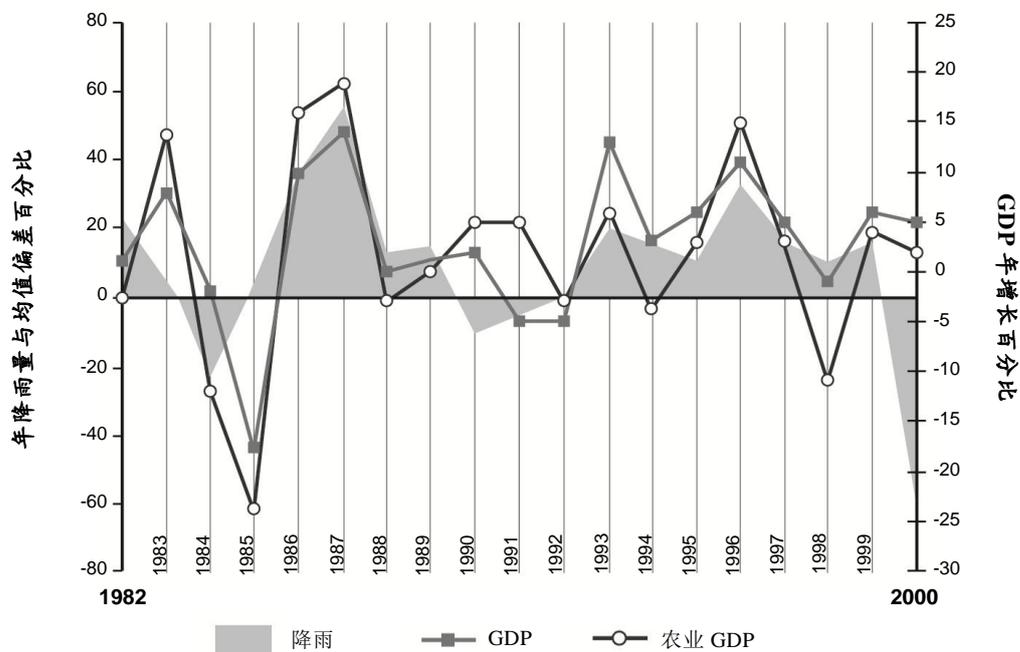
此外，资源的急剧变化和降雨的不确定性与改变会阻碍农民及其他各方对生产进行投资，因为“每年的成果和回报似乎都不确定”（Cooper *et al*, 2008: 26）。

图3 旱情严重程度，1901—2008年



来源：图释来自 Gassert *et al* (2013)，数据来自 Sheffield and Wood (2007)。

图4 埃塞俄比亚的降雨情况、GDP增长和农业GDP增长



来源：改编自 Grey and Sadoff (2007)。

### 1.3.1 气候变化及其引发的水资源变化

全球多个地区气温出现上升，降雨历史规律因为气候变化而改变。气候变化令许多区域的未来水资源可供量面临严重不确定性。政府间气候变化专门委员会（2012）表示，具有“中等信度”的是，“由于降水减少和/或蒸发加剧，在 21 世纪某些季节和地区干旱程度将加剧”，这包括中欧和南欧与地中海区域、北美中部、墨西哥和中美洲、巴西东北部，以及南部非洲。气候变化将影响降水量、径流、水质、水温和地下水补给。在多个区域，降水量变化和冰/雪融化正在改变水文系统。气候变化还将对海平面造成重大影响。

在粮食不安全和不平等情况严重的区域，这些改变尤其将影响更为贫穷的家庭，女性所受影响可能更为显著，因为女性属于弱势群体且对资源的获取有限（政府间气候变化专门委员会，2014）。气候变化尤其将令土著人群面临高风险，因为他们依赖环境及其生物多样性以实现粮食安全和营养。具体而言，受影响的将是生活在山区、太平洋岛屿、沿海和其他低洼地区，以及北极地区的土著人群，因为这些地区预计将遭受气候变化的严重冲击（政府间气候变化专门委员会，2014）。

要估计气候变化对未来水资源可供量的影响会面临几项挑战。首先，有一系列的大气环流模式和全球气候模式可供使用，但是不同模式对降雨变化的预测存在严重差异，尤其是在更小的地理范围内。其次，降雨的变化未必与水资源可供量改变呈线性相关：降雨的持续时间和强度、地表温度和植被等都决定了有多大比例的降雨会转化为地表水流入河流、坝区和湿地，或是成为地下水。气候变化还会导致冰川消退，这往往对河流夏季流量发挥着关键作用。现有模式不能完美反映出这些机制，需要开展更多研究，以更为准确的评估气候变化在国家、区域和地方层面，尤其是在最脆弱地区对水资源造成的影响。

降雨规律改变对水资源质量的影响尚未得到充分研究；强降雨可能增加污染物浓度，这会影响到农业、工业和其他用途，以及饮用水原水的水质，加剧当前的获取和水资源质量问题（政府间气候变化专门委员会，2014；海外发展研究所，2011）。

最后，适应气候变化需要仔细考虑相互冲突的水资源用途，及其对粮食安全和营养的不同影响。能够缓解一类不利影响的措施可能会加剧另一类负面冲击。比如，增加蓄水基础设施以满足灌溉农业因作物需水量增加、蒸腾速度加快以及早期延长或加剧而形成的用水需要，却可能对下游渔业造成不利影响。

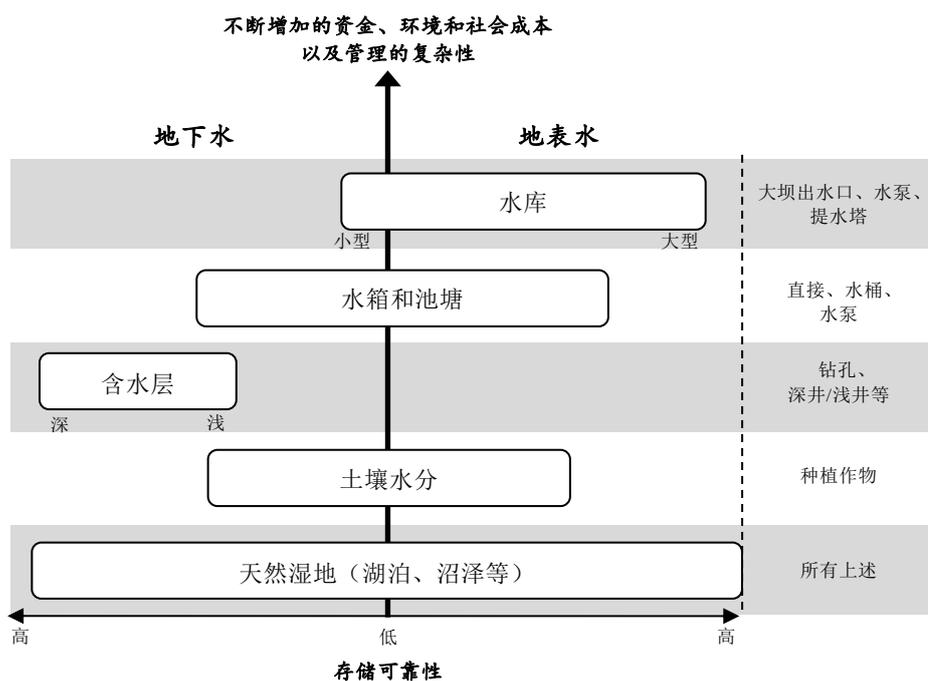
### 1.3.2 蓄水和地下水资源的重要性不断提高

蓄水能提高粮食安全和营养相关水资源，以及其他目的用水的稳定性。各类蓄水途径包括天然蓄水机制，诸如含水层、湖泊、天然湿地和土壤水分，以及人为蓄水，诸如水库、池塘和水罐（图 5）。各类蓄水途径的可靠性、环境和社会成本、管理

复杂性以及可用性各不相同（同样见第二章，第 2.2 节）。在过去 50 年内，利用水库蓄水以及通过抽取地下水利用含水层资源的做法迅速增加，改善了粮食安全和营养相关水资源的稳定性。

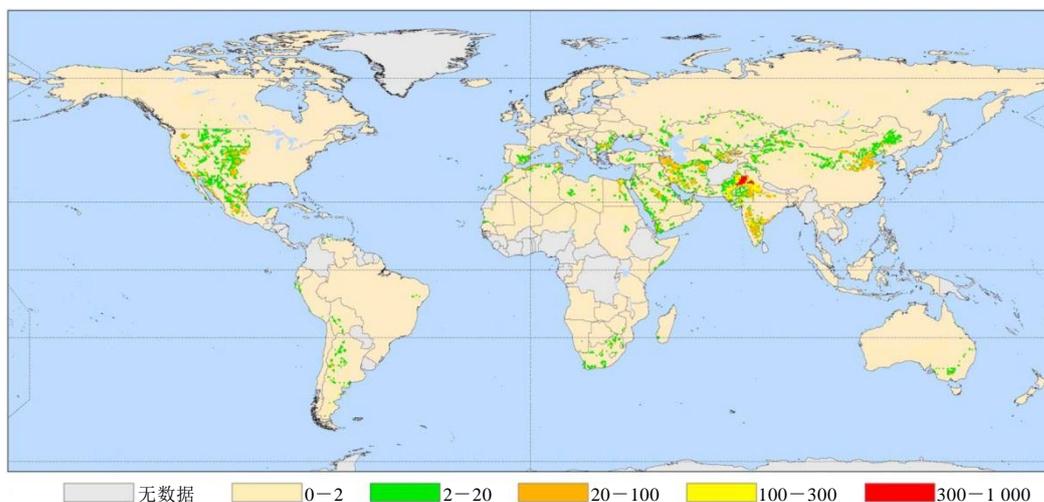
要适应气候变化，就需要为水库的修建和灌溉提供更多投资，据估计 2030 年前实施政府间气候变化专门委员会 A1B 方案的费用总额达 2 250 亿美元（即每年 110 亿）（气专委，2014 年）。

图 5 蓄水系统



来源：整理自McCartney and Smakhtin (2010)。

图 6 2000 年地下水枯竭情况



来源：Wada et al (2010 年)，单位：毫米/年。

相比地表水，许多城市和行业依赖地下水作为更稳定的供水来源。但是如今多数抽取的地下水都用于农业生产，以补充地表水短缺，或取而代之。然而，关于地下水的信息十分少见，因为地下水难以观测，测量工作更为复杂且代价高昂。关于获取和使用共享地下水资源的信息更为稀少。Döll *et al* (2012) 表示，1998—2002 年间抽取的水资源中，有 35% 是地下水，地下水占有所有灌溉用水的 42%，家庭用水的 36%，以及制造业用水总量的 27%。

地下水年抽水量估计从 1960 年的 3 120 亿立方米增至 2000 年的 7 340 亿立方米 (Wada *et al*, 2010)。同期，地下水量每年的枯竭速度从 1 260 亿立方米增至 2 830 亿立方米 (Wada *et al*, 2010)。这导致很多地区出现了地下水超采 (见图 6)，尤其是印度、巴基斯坦、美国和中国，这些国家也是地下水最主要的用水大国。

地下水还面临退化和污染的问题，比如沿海地区海水入侵，或是受到砷或其他有毒化学物的污染。

## 1.4 粮食安全和营养相关水资源的质量

水资源的多种用途，包括饮用和卫生用水、粮食种植、能源、矿产业、制造业等，通常对水资源有着不同的数量和质量要求，因此需要在源头或是靠近用户处进行具体处理，甚至由最终用户 (家庭或企业) 自行处理。此外，不同作物对水的质量也有不同要求。这意味着要在提供水资源服务时在水的专门用途和“多用途”之间做好权衡，为不同目的或用途服务。水资源质量会加剧未来的严重缺水压力。

水质不良会影响人类健康和生态系统运转。饮用水对水质标准要求较高，这对于“水、环境卫生和个人卫生”中的其他组成部分，以及食品加工和制备也很重要。无法获取安全、清洁饮用水和个人卫生用水很早以前就被确认为造成营养不良，尤其是儿童营养不良的深层原因 (联合国儿基会，1990)。在过去几十年间，许多发达国家的饮用水质量都得到改善，并得到相关法规和监测工作的支撑。而在全球南方多个地区，水质及相关食品安全风险依然对人类和生态系统健康产生不利影响。

### 1.4.1 安全饮用水、环境卫生和个人卫生

安全和可靠的供水、环境卫生与个人卫生是确保人类发展，促进人类活动蓬勃兴盛的一项基本需要 (Mehta, 2014)。饮用水还能提供重要的微量营养素，尤其是氟、钙和镁，尽管某些区域面临着氟或砷等有害元素过量的风险 (Olivares and Uauy, 2005; Wenhold and Faber, 2009)。劣质水是引发腹泻的主因 (插文 2)。与水相关的若干种疾病直接导致了粮食和营养不安全：霍乱等水媒疾病、环境性肠道疾病等用水带来的 (粪一口感染) 疾病；水源疾病，如血吸虫病和其他寄生虫病等；以及疟疾等与水相关的病媒传播疾病。易于获取安全和便利的水资源供应对于提高女性和女童的福祉也很关键。

## 饮用水

2012年3月，在“千年发展目标”2015年最终期限即将到来之际，国际社会宣布已于2010年实现了将无法可持续获取安全饮用水人群比例减半的目标。从1990到2012年期间，23亿人对饮用水源的获得得到改良（因其构造性质或借助积极干预，这些水源能免受外部污染，尤其是粪污污染），实现了管道供水、水井也受到保护。全球覆盖率现在达到89%（世卫组织/联合国儿基会联合监测计划，2014）（见图7和8）。

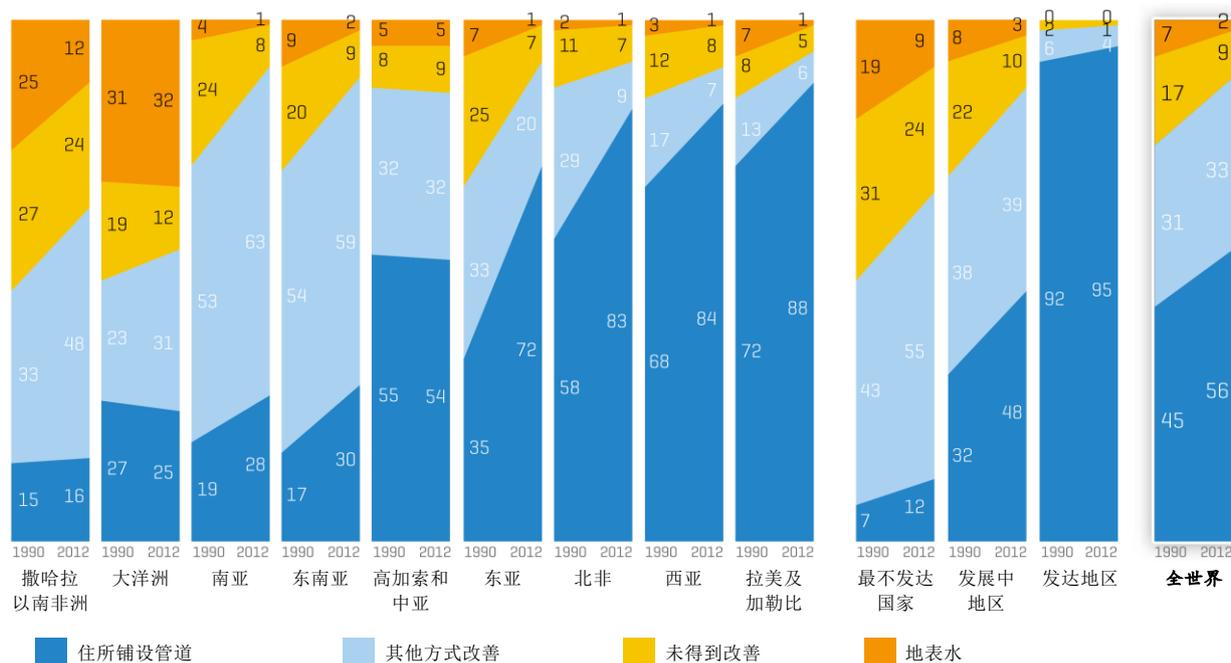
然而，有7.68亿人的饮用水源依然未得到改良；大洋洲和撒哈拉以南非洲地区的安全饮用水覆盖率仅为56%和63%。其他区域的覆盖率为86%或更高（世卫组织/联合国儿基会联合监测计划，2014）。图7显示了世界9个区域内安全饮用水覆盖范围的发展趋势。

对获取改良后水源的评估往往依据的是基础设施配备情况，但是并没有足够信息说明改良后的水源（仍然）在发挥作用，供水质量是否达到了世卫组织标准，或者这些设施是否实际投入使用。比如，南非政府就实现饮用水和环境卫生安全所提供的数据是基于对全国的数据汇集整理而成。各市根据建造的基础设施提供这些数据，未必总能反映基础设施的功能或是所提供服务的可靠性（见插文31，第三章）。此外，现有数据往往无法充分细化分解，以监测家庭间因性别、年龄或残疾因素而在获取方面出现的不平等状况（世卫组织/联合国儿基会联合监测计划，2014）。

城市化增加了对水的需求和污染，令供水面临压力（世界水资源评估计划，2009）。人口密度增加和基础设施不足会导致污水管理不善，城市景观改变会增加污染物流入当地供水。来自联合监测计划的数据显示，尽管城市地区对改良水源的获取优于农村地区，城市地区无法获取改良水源的人数持续增加（世卫组织/联合国儿基会联合监测计划，2014），因为城市人口增速高于供水基础设施和服务支持的增速。

人口结构转变也导致出现了大型非正式定居点，其中的居民无法获取安全饮用水或充足的卫生设施。公共供水服务通常不会延伸至非正式定居点，需要小型独立供应商填补这一空缺。这些小型供应商有时候以具有竞争性的价格供水（Schaub-Jones, 2008）。然而，也有证据显示相比市中心更为富有的家庭，非正式定居点更为贫穷的家庭向独立供水商支付的价格更高，并且由于供水不受监管，这些家庭几乎无力确保供水水质或服务质量的（Kacker and Joshi, 2012）。

图 7 饮用水覆盖范围发展趋势（百分比，1990—2012 年）



来源：世卫组织/联合国儿基会联合监测计划（2014）。

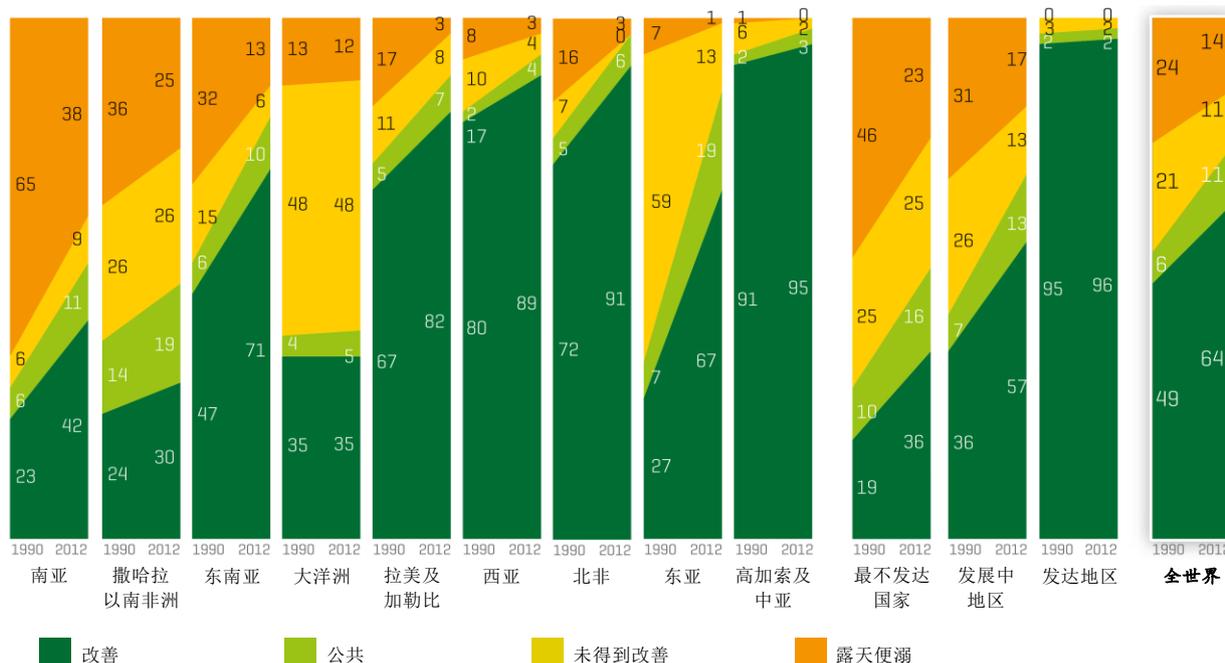
## 环境卫生

在 2012 年，仍有 25 亿人无法获取改良后的环境卫生设施（如确保人类排泄物不与人类接触的卫生设施），其中有 10 亿人或世界 14% 的人口还在露天便溺，其中印度就有 600,000 人（世卫组织/联合国儿基会联合监测计划，2014）。区域间卫生设施供应也存在重要差异，如图 7 所示，农村、城市和近郊地区同样存在此类差距。无法获取卫生设施对于女性而言尤其是一项挑战，这导致许多社会中的女性不得不在夜间便溺。关于缺乏充足卫生设施对女性的影响很少有研究进行评估。一项针对乌干达坎帕拉贫民区的研究显示，“无法获取充足的卫生设施与女性受辱和遭受暴力的经历间存在紧密联系”（Massey, 2011: 3）。还有证据显示，缺乏安全、私密的厕所会阻碍女童接受教育（世卫组织/联合国儿基会联合监测计划，2014）。

未能享受环境卫生设施的人口中绝大部分为生活在农村地区的贫困人口。要改善环境卫生设施时，先受益的是富裕人口，然后才是贫困人口。虽然在全球层面城乡间不平等现象在减轻，但农村的环境卫生还是不如城市（世卫组织/联合国儿基会联合监测计划，2014；Mehta, 2013）。

世卫组织/联合国儿基会联合监测计划（2014）报告承认，尽管在与水资源和环境卫生相关的千年发展目标上取得的进展意味着世界上数十亿人的获取状况取得了重要改观，但是依然还存在着严重的不平等情况，边缘和弱势群体相比其他群体的获取水平低很多。

图 8 卫生设施覆盖范围发展趋势（百分比，1990—2012 年）



来源：世卫组织/联合国儿基会联合监测计划（2014）。

### 插文 2 腹泻：营养不良的主因？

腹泻是世界范围内导致儿童死亡的第二大主要原因，是撒哈拉以南非洲地区儿童死亡的第一大原因，与营养不足互为因果。根据世卫组织（2010）数据，食源性和水源性腹泻估计每年导致 220 万人死亡，多数是发展中国家的儿童。腹泻反复发作令儿童正常的生理和认知发育受阻，而营养不足会削弱免疫系统，导致更频繁的腹泻。其结果是不断加剧的恶性循环。此外，感染会降低食欲，削弱肠道对营养的吸收，从而对营养状况造成不利影响。据估计，提供安全饮用水、充足的环境卫生和个人卫生教育可以每年避免至少 860,000 例儿童死亡（Prüss-Üstün *et al*, 2008），显示对供水/环境卫生进行干预是很重要的营养干预措施。依据联合国儿基会的营养框架实现营养和行为改变与“水、环境卫生和个人卫生”的结合被认为是应对儿童营养不良的有效举措，已纳入数个公共卫生促进战略（如乐施会开展的工作：[oxfamintermon.org/es](http://oxfamintermon.org/es)）。

### 1.4.2 粮食生产和转化用水的质量

水质对于粮食生产和转化至关重要。许多，即便不是大多数食源性疾病都与用于粮食生产和/或采后加工和/或食物制备用水的质量不佳有关。实际上，水可以成为致病菌和化学污染物的载体，令其从环境转移到食物链，从而影响食品安全和公共卫生。这是一项复杂的挑战，对于非正规食物生产部门以及街头商贩来说尤其如此。根据 2007 年的估算结果，有 25 亿人每天从街头商贩处购买至少一餐食物（粮农组织，2007），因此有一个清洁的环境、能够提供清洁的水对于食品安全至关重要。

灌溉也容易受到水质影响。诸如大麦和甜菜等作物相对更能耐受较高的盐度，而多数果树和坚果类树木，以及豆类和胡萝卜等若干种蔬菜则对盐度十分敏感（粮农组织，1985）。无论是在全球北方还是全球南方，将废水处理后用于作物生产都

是常见做法，但是发达国家通常对废水水质以及用于浇灌的作物种类进行监管，以应对健康关切（粮农组织，1985）。然而，在多数全球南方国家，对使用废水进行灌溉的监管较为薄弱，对人类健康存在潜在不利影响。

对优质水资源的需求增加，以及水资源稀缺和污染情况日益严重，要求对水资源的二次使用采取更系统和安全的措施。Jawahar and Ringler（2009）提醒道，尽管膳食多样性改善了全球南方的营养和健康状况，这也在价值链中引发了新的食品安全风险，主要原因在于水资源管理和水质不佳。这尤其会影响新鲜水果、蔬菜、奶制品和其他动物制品的消费。

### 1.4.3 水污染

全球范围内，地表和地下水源水质都在退化，原因在于排放了处理不当或未经处理的污水，矿业、工业和农业废水流入水体（包括经土壤渗入地下水），以及取水量增加导致的稀释能力减弱。

其影响包括：致病生物对水的污染增加；金属和有毒化学物质的含量达到了难以接受的高水平；由于水中营养物含量较高造成了富营养化；水的酸度、温度和盐度发生变化。此外，世界上许多水体受到了动植物外来入侵种的影响（Palaniappan *et al*, 2010）。

在多数工业化国家，传统上水污染控制的重点在于点源管理，但是人们已经认识到，若不对面源进行有力控制，则进一步的点源控制也不会在水质方面带来显著的额外效益（美国环保局，日期不详）。面源污染与地表水和地下水长期污染的关系已充分确立（例证见Dubrovsky *et al*, 2010；Preston *et al*, 2011；Pucket *et al*, 2011）。

农业通常被视为引发面源污染的主因。施于作物的氮、磷肥和杀虫剂，是农业生产产生的关键水污染物。产业化的畜牧和水产养殖生产，会在价值链各环节排放大量废水，对人类和动物卫生，以及环境造成潜在不利影响（Delgado *et al*, 1999；Naylor *et al*, 2000）。有几种解决方案可以从农业投入品的角度减少这类不利影响。这包括：通过改良作物性状或改善肥料管理提高营养素利用效率；逐步取消化肥补贴；采用减轻水土流失的保护性农业措施，使用固氮的肥田作物进行轮作；从废水和污水中提取养分供农业再利用，从而建立养分循环。适当的废水再利用也可降低施肥成本，尤其是施用磷肥和氮肥的成本（Drechsel *et al*, 2010）。

## 1.5 水资源的获取：加剧和改变对资源的竞争，及其对粮食安全和营养的影响

在面临水资源压力和水资源充沛的地区，粮食安全和营养相关水资源的获取都可能受到不均衡的限制。这取决于三个因素：(i) 可供量/水资源稀缺程度（平均水量有多少）；(ii) 现有各行为方和用途间的竞争强度；(iii) 竞争组织的方式，对人口获取水资源的影响。

很多部门对水资源展开竞争：农业、能源、工业、家庭等。这粮食安全和营养形成三个主要方面的影响：

- 有多少水资源供安全饮用和环境卫生，水质如何；
- 有多少水资源（水质如何）用于农业和粮食生产，包括内陆渔业；
- 人群间的分配公平性如何，尤其是对边缘化和弱势群体以及女性做何种考虑。

水资源的可供量或水资源稀缺程度通常由人均占有量进行衡量。但是，这会掩盖水资源获取的实际不平等情况，而后者最终取决于水资源的分配和控制如何发挥作用。

水资源的分配和控制由其管理、定价和监管方式决定（Mehta, 2014；联合国发展署, 2006），也取决于物权、社会和政治体制，以及文化和性别规范。因此，对水资源的获取通常因性别、种姓、种族、职业及其他因素而存在社会性差异。

性别和其他身份标识继续影响着对水资源的获取及其在使用者之间的分配。比如，根深蒂固的传统或历史性不平等状况会限制女性和其他弱势群体获取土地，从而限制其获取农业用水，这会妨碍生计战略并对粮食安全造成不利影响（粮农组织, 2012b；粮农组织, 2001年；关于获取的实例见插文3）。

按照多数全球南方的文化规范，取水是女性和女童的责任，在这项工作上她们每天可能要花费数小时。家庭内部不平等的权力关系，以及女性对家庭财务或开支微乎其微的控制力迫使女性每天都要面临沉重的负担（耗费宝贵的时间），以获取更为廉价或免费而未经处理的水。这可能导致健康问题，并加剧贫困和赤贫现象。这些时间本可用于生计和农事、接受教育，以及改善母婴健康（Mehta, 2014；世卫组织/联合国儿基会联合监测计划（2012）。女性往往被排除在水资源管理项目或自然资源分配的决策进程之外，这使情况进一步恶化（粮农组织, 2012a）。

### 插文 3 孟加拉国：水资源丰沛国家的地下水资源之争

“Jobeda Khatun，是一名年约 40 岁的寡妇，带着三个孩子生活。儿子 20 岁，两个女儿分别 17 和 13 岁。十年前她丈夫仍在世时[...]他们在家中打了一口手泵管井。这口私人所有的井为总共六户人家供水。像村庄里的许多手动管井一样，他们的泵在 2—4 月的干旱月份内无法使用。Jobeda 和她的女儿[...]必须走 500 米路去最近的一口水泵取水。因为她们是成年女性，当地习俗不允许 Jobeda 或她的女儿外出到远在田间的深管井处取水。[...]作为来自没有土地的非农业家庭，她们在获取深管井井水时最得不到照顾。[...]家里的手动管井在旱季由于机械化深管井运行[供灌溉]而打不出水。尽管看似水资源丰沛，但是出于灌溉目的对地下深水位取水技术的使用增多，夺走了供家庭使用的手泵式浅井供水[...]由于关于地下水的权利未得到明确界定，没人知道该如何解决不断出现的问题。”

来源：Sadeque（2000：269—270）。

### 1.5.1 粮食生产用水

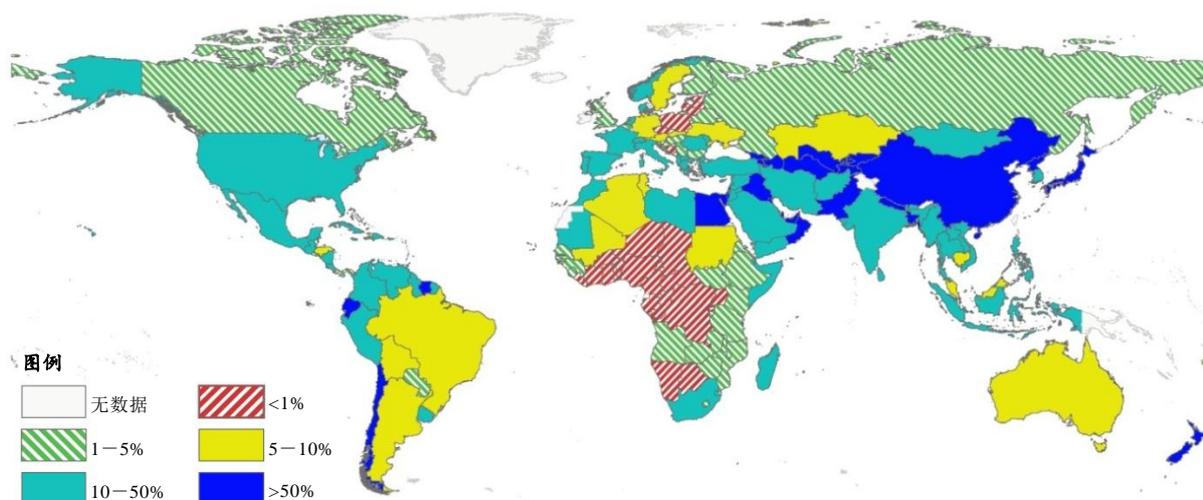
灌溉农业（包括粮食和非粮作物）是全球最大的水资源用户，2013 年使用了约 2 520 亿立方米的水，占全球可再生淡水资源流量的 6.5%，占全球地表水和地下水抽水量的 70%。这一比例在不同国家间存在巨大差异：在低收入国家为 90%，在高收入国家为 43%。粮农组织数据显示，2009 年共有 3.11 亿公顷土地配备有灌溉设施（图 9），其中 84% 得到实际灌溉，占总耕地面积的 16%，其产量占作物总产量的 44%。可靠的灌溉也是增加和稳定收入的关键所在，让广大小农增强了生计应对能力。面积最大的灌区位于印度、中国和美国，同时也分别是世界粮食的主产国。

收入增加和城市化带来了消费结构变化，对畜产品、糖类、水果和蔬菜产品的消费量增多，这些都是水资源利用强度更高的产品（Ringler and Zhu, 2015）。单位营养能量的家禽、猪肉和牛肉，其需水量远高于植物源性食物（Gerbens-Leenes *et al*, 2013）。因此，动物源性食物目前与三分之一的淡水抽取量相关（Mekonnen and Hoekstra, 2012），但是不同动物种类和生产系统间的差异巨大。

关于未来粮食生产对水资源的需求程度目前也没有足够认识。政府间气候变化专门委员会表示，气候变化（包括降水量、气温和辐射的变化）有可能导致灌溉和雨育系统农业用水需求量增加（Jiménez Cisneros *et al*, 2014，同样见第二章）。为满足新增人口的粮食安全和营养需要而扩大农业生产提高了对水资源的需求水平。气候变化则造成了额外的需求量。灌溉需求预计将在多个区域内增加，比如在欧洲、美国和亚洲部分地区增幅将达 40%（Jiménez Cisneros *et al*, 2014）。然而，也有专家认为农业用水需求将在未来几十年内显著下降（经合组织，2012；Konzmann *et al*, 2013），原因在于二氧化碳对植物的有益影响，植物生长期缩短，气候变化引发区域降水量增多，而灌溉面积则保持稳定。因此，对当前和未来水资源需求量的估计值存在很大差距。

一般而言，很少有经济手段可用于管理粮食生产的用水需求，而许多补充政策，如农业投入品和产出价格政策等，都导致粮食生产农业用水遭到不当使用或浪费。比如，用电补贴导致印度国内抽水灌溉量增多，并造成了水资源过度开采（Narula and Lall, 2009）；同样的做法也导致墨西哥地下水过度使用（Scott, 2011）。在印度西部，地下水过度开采，甘蔗等水资源密集型作物种于易受旱灾且配有大型灌溉设备的地区，而耕作于旱地的农民在早期几乎难以满足其基本粮食需要（Mehta, 2005）。最后，在水资源相关领域之外的决策，如涉及能源、贸易、矿业和采掘业，以及农业投入品补贴的决策通常会左右供水和需求，从而影响其他经济或社会部门的相对水资源稀缺程度（同样见粮农组织，2012a；Ringler *et al*, 2010）。

图9 耕地面积中灌溉面积占比（2012年）



本出版物所使用的名称和材料的编排方式，并不意味着联合国粮食及农业组织对任何国家、领土、城市或地区或其当局的法律地位、或对其边界或界线的划分表示任何意见。

来源：AQUASTAT 和 FAOSTAT 数据库。

### 1.5.2 能源业用水和水资源耗能：对粮食安全和营养的影响

能源业预计占全球取水总量的 15%（国际能源机构）。许多能源生产系统的生产过程都需要用水，诸如热力发电（包括太阳能热力发电）、水力发电与核电（见插文 4）。能源业用水的一项主要挑战在于供水必须确保高度稳定。因此，在水资源可供量较低的时候，灌溉的优先性可能会降低，以便持续确保能源生产用水。

为了减少二氧化碳排放，世界范围内增加可再生能源生产的压力不断加大。尽管风力和太阳能光伏发电等可再生能源不会消耗大量的水，其他可再生能源的生产过程，如生物燃料等会使用大量的水资源（高专组，2013a）。

水力发电被视为气候友好型选择方案（Allouche *et al*, 2014），也是增加蓄水基础设施的一种方式（见第二章）。然而，水利发电也会在能源生产用水和农业用水间造成冲突（比如中亚的水坝，见世界水资源评估计划，2014）。水电站大坝泄水在于水力发电，而非满足下游农民或生态系统的需要。这能对灌溉和内陆渔业造成不利影响，进而削弱这些部门对粮食安全和营养的贡献（高专组，2014b）。

#### 插文 4 全球能源需求增加以及对热电站抽水的影响

在全球层面，能源需求预计将在 2035 年之前增加三分之一，电力需求预计将在同期增长 70%（国际能源机构，2013），全球电力生产依然以消耗煤、天然气与核能的热力发电形式为主，其中煤是最大的供能来源。可再生能源，包括水电（最大的可再生能源来源）的占比预计将翻番，到 2035 年占有发电量的 30%（国际能源机构，2013）。由于 90% 的热力发电都属水资源密集型，预计到 2035 年增加的发电量将使得淡水抽取量增加 20%。由于采用冷却系统更为先进、效率更高的发电站（降低抽水量但是会增加水资源消耗），以及生物燃料产量的增加，耗水量将会增长 85%（国际能源机构，2012）。

来源：世界水资源评估计划（2014）。

生物燃料会增加“水资源供应和水质问题”的压力（高专组，2013a），尤其是在需要灌溉的情况下（Lundqvist *et al*, 2008）。尽管区域间差异较大，de Fraiture *et al*（2008）估计生产一升生物燃料平均需要作物蒸腾 2 500 升水（绿水）、抽取 820 升水（蓝水）。粮食用水和生物燃料用水的取舍体现在国家和地方层面。比如，在印度生物燃料用水与谷物和蔬菜等粮食用水就存在直接竞争（Lundqvist *et al*, 2008）。

水力压裂法的使用增加<sup>15</sup>引发了所用化学物质对水资源，尤其是地下水造成污染的关切（Myers, 2012; Ridlington and Rumpler, 2013）。对于在水力压裂中的实际用水量几乎没有量化数据，因为需水量取决于页岩的性质、井深、压裂经过的阶段数，以及地下支管的长度（Nicot and Scanlon, 2012）。作为水力压裂行业的分支，压裂砂采掘也与此相关，但是其对水的影响尚未得到评估。

在水循环过程中，人类需要能源进行抽水、输水、水处理和污水处理及加热，以用于粮食生产、家庭卫生和食物制备。

输水过程需要耗费越来越多的能源。污染程度加剧导致在水处理方面的耗能更多，而对更长距离输水需要的增加也将消耗大量能源。为了进行灌溉，地下水取水量大幅增加，导致抽取地下水的能源消耗成为诸如巴基斯坦等全球南方干旱、半干旱国家最主要的直接能源消耗部门（实例见 Siddiqui and Westcoat, 2013）。因此，各类用水方式促进了能源需求增长。

食品加工需要可靠的供水和供能。对于某些加工业来说，能源和水的闭环系统可以实现，但是需要更高的初期资本投资。有多家公司已开始制定计划以实现碳和水资源中和。

尽管水资源、能源和粮食资源与利用之间存在重要取舍，也存在实现协同增效的重大机遇。比如，越南南部大型灌渠中建设了小型河床式水电站，以利用渠水发电，<sup>16</sup>南非德班也试图将辖区内陡峭山坡上的输水管道用于水力发电。点源废水中含有的磷元素等营养素也可作为肥料在农田中进行再利用。

### 1.5.3 企业行为方对水资源的竞争加剧

企业行为方对于水资源管理和治理的影响日增。首先，企业是水资源管理者，是饮用水服务供应商。其次，企业作为主要水资源用户与农业和小型用户争夺资源分配。第三，在某些情况下，企业干预倾向于使用投资规模、经济权力来获取相当的政治影响力，从而控制资源本身。这类主要水资源用户来自能源和工业部门、城市，也来自食品转化和饮料业，或是大型农业/种植园。

企业行为方对各类经济活动的投资，尤其是对能源、工业和大型种植园的投资经常对水造成重要影响。调动企业的投资潜力可通过提供发展机遇而惠及粮食安全

---

<sup>15</sup> 水力压裂“指将水、砂和化学物质的混合物以高压进行灌注，压裂致密岩层释放出油或气的过程”（食物与水关注组织，2012）。

<sup>16</sup> Nguyen Vu Huy, 个人通讯，2014。

和营养。若投资用于供水和水务服务，也能增加水资源的供应。然而，在这两种情况下投资经常对当地人群带来十分重要的不利影响，尤其是最为弱势、边缘化的群体，以及土著居民和女性。

在过去十年内，企业对于水资源的关注度不断提高，主要原因在于用水竞争加剧和水质下降带来的经营风险。自 2011 年来，全球企业界已在管理、保护或获得水资源方面支出了 840 多亿美元（Clark, 2014）。其原因包括水资源物理性短缺、工业和生产过程需要可靠供水，以及对水质的关切。有些人认为应该欢迎企业提高了对水资源管理的参与度，因为这将带来技术创新（Clark, 2014），并在治理较弱的地区改善对水资源的管理。其他人认为，如果围绕水资源（再）分配的决策仅以其“最高经济价值”为导向，而对本地生计以及水资源与粮食安全和营养造成不利影响的话（Franco *et al*, 2013），就会对当前和未来的水和粮食安全带来风险（Sojamo and Larson, 2012）。近年来，世界范围内快速增加大规模土地交易受到关注（von Braun and Meinzen-Dick, 2009; Borras and Franco, 2010; 世界银行, 2010a; Deininger, 2011; De Schutter, 2011; 高专组, 2011）。此外，一些研究突显出水资源通常是许多国际土地交易背后的驱动因素（高专组, 2013a; Mehta *et al*, 2012），此类交易通常对水资源利用和习惯性用水权造成巨大影响（高专组, 2011、2013a）。《替代水源》期刊的一期特刊讨论了土地交易对当地粮食生产和农业用水造成的影响（Mehta *et al*, 2012）。<sup>17</sup>期刊论文显示，土地收购如何导致重大的水资源重新分配，并使水资源权属关系对基本人权和当地的水资源与粮食安全造成不利影响。在加纳，Williams *et al* (2012) 发现“企业最初大规模租赁土地种植麻风树这一需水量不高的作物，最终却进行多样化种植，且种植的作物需要完全灌溉或补充灌溉才能达到理想产量”（Williams *et al*, 2012: 256）。

Houdret (2012) 记述了在摩洛哥农业投资者打深井的做法可能加剧关于水资源的冲突，并促使小农被边缘化，因为当地社区使用的浅井可能会干涸。Bues and Theesfeld (2012) 记述了在埃塞俄比亚，用水权如何因外资园艺农场的经营而发生直接和间接变化。直接变化包括新的社团更改正式协议，间接变化则包括水资源获取和取水权的改变，这与地权直接相关。资源再分配之所以得以发生，都在于资源匮乏的小农（通常是习惯性或集体用水权权利人）与大型投资者和公司间存在严重的权力不平等（见第三章）。比如，在印度马哈拉施特拉邦，规划好的水渠被放弃，灌溉潜力被大幅削弱，原因在于水资源被导入大公司所有的石化行业和热电站（Wagle *et al*, 2012）。全球南方的一项突出挑战是大型跨国公司与资源不足的政府部门间存在权力失衡，可能造成的结果是水资源事实上由私营部门而非国家进行监管和管理。在上述几项研究中都记录了实力雄厚的大型私营部门水资源用户与小型私人或家庭水资源用户间的竞争。

与此同时，在监管得力的环境中，私营部门与水资源相关的关切可用于支持在公平和可持续的范围内改善水资源管理。此外，在合理的监管环境内，有较大潜力

---

<sup>17</sup> 见：[www.water-alternatives.org/index.php/tp1-2/1881-vol5/213-issue5-2](http://www.water-alternatives.org/index.php/tp1-2/1881-vol5/213-issue5-2)

利用私营部门资本和能力来建设并运营基础设施，以提高水资源利用生产率（关于私营部门和公司作用的进一步讨论见第三章）。需要做更多工作来研究在何种条件下，全球南方的国家政府能够有效利用此类机会。

还需要就投资对弱势群体等各方的粮食安全和营养影响进行事前评估，并在发生不利影响的情况下设立调解机制。粮安委农业和粮食系统负责任投资原则等最近开发的工具可用于指导对水资源部门的投资以及对水资源有影响的活动投资，实现关于粮食安全和营养的最大化成果。

#### 1.5.4 竞争加剧对粮食安全和营养的影响

根据经合组织保持现状的假设，到 2005 年，在现有基础上另有 23 亿人（占全球人口的 40%）生活在面临严重缺水压力的河流流域（抽水量高于补给量的 40%），尤其是在北非、南非、南亚和中亚。尽管对于不同部门在各时间范围内的用水需要存在各种假设和预测，但是由于许多国家关于目前国内和地区部门取水的基准数据匮乏、不同驱动因素导致的用水模式迅速变化，以及技术变革的高度不确定性，实际用水需求会如何发展还难以确定（世界水资源评估计划，2012）。

在过去 100 年间，粮食生产用水持续增加；但是在过去几十年中，家庭用水和工业用水更为迅猛的增速已超过了粮食生产用水（Rosegrant *et al*, 2002）。随着对水资源竞争的加剧，预计农业在水资源利用中所占份额会下降（农业用水管理综合评估，2007）。

预计农业、能源、工业和家庭用水都会增加，但是各部门间存在差异。粮农组织预测，2005/7 至 2050 年间农业抽水体积将增加 6%，而灌溉收获面积将增加 12%（4 000 万公顷）（粮农组织，2012c），主要原因在于缺水更严重的区域努力通过更为集约化的耕作方式增加粮食产量，诸如东亚、南亚和近东/北非。由于水资源稀缺情况加剧以及家庭和工业对水资源的竞争将减少可供农业用水的占比，在近东/北非区域进一步扩大灌溉面积的难度不断增大。在综合评估假设下（农业用水管理综合评估，2007），若对作物的水资源生产率较为乐观，农业抽水量预计将增加 13%。经合组织保持现状的假设则在比较了所有的用途后预测，灌溉用水将在 2000 至 2050 年间下降 14%，而由于制造业（+400%）、热力发电（+140%）和家庭用水（+130%）需求量增加，需水总量会增加 55%。

#### 1.5.5 蓄水和水力发电问题

大型水坝及其在加强水资源和粮食安全方面的作用是一个饱受争议的问题。数十年之前，人们普遍认为大型水坝对水资源和粮食安全至关重要。<sup>18</sup>以往，大型水坝的众多支持者关注的是水力发电和灌溉的益处，却忽视了社会和环境成本问题。<sup>19</sup>居住在坝址周边受到影响的社区，以及学者、科学家和非政府组织都对这样的观点

<sup>18</sup> 世界水坝委员会的研究显示，目前全世界有 80 多万座水坝，其中 4.5 万座为高度在 15 米以上的大型水坝（世界水坝委员会，2000）。

<sup>19</sup> 见国际大型水坝委员会网站 <http://www.icold-cigb.org> 2015 年 2 月 26 日公布的信息。

提出异议，他们都强调了大坝带来的非自愿移居和环境破坏问题，并对与灌溉和粮食安全相关的所谓有利之处提出质疑（见 McCully, 1996）。针对这种争议，并且为了回应为移居人群争取权益的社会运动，世界银行、代表移居人群的社会运动和一些国际非政府组织于 1997 年创立了一个由多个利益相关方参与的机构，即世界水坝委员会。该委员会的职责是研究与水坝相关的问题，包括经济增长、公平、粮食安全、环境保护和参与。报告得出的结论是尽管水坝为人类发展做出了巨大贡献，但在很多情况下造成了无法承受的社会和环境成本。该委员会还指出，对于水资源和能源的需求往往可以通过在公平和环境方面比大型水坝更有优势的替代解决方案得到满足（世界水坝委员会，2000）。

近年来，水坝再次复兴（Molle *et al*, 2009）。世界银行又一次表示，涉及水坝的投资对于经济增长而言是必要的（Calderon and Servén, 2004）。此外，在气候变化的背景下，水力发电因为不会产生大量的温室气体而被视为一种清洁的可再生能源（世界银行，2009）。有一种有力的观点认为，撒哈拉以南非洲地区具有尚待开发的巨大水力发电潜力，以及可以实现有效利用的蓄水潜力，尤其考虑到季节性和年际降雨量的大幅变动、气候冲击以及经常性干旱等因素，特别需要实现这种蓄水潜力。

然而，围绕大型水坝的争论仍在继续。由 Ansar *et al* (2014) 最近开展的一项研究总结了 1934 年至 2007 年期间兴建的 245 座水电站大坝的成本数据。在还未考虑社会和环境成本的情况下，研究发现“大坝的实际建设成本已经高至无法产生正面回报”（Ansar *et al*, 2014: 44）。该研究还发现水电站大坝建设成本比最初的预算平均高出 90% 以上，80% 的大坝出现进度延期，从而严重影响了它们的经济/财务可行性（同上）。所有基础设施项目可能都会存在这些问题，但大坝的进度延期和成本超支问题尤为严重（世界水坝委员会，2000）。

大型水坝的成本和效益非常复杂，尤其是在涉及渔业的情况下，而渔业也是在大型水坝论证过程中经常被忽略的一个方面。目前有很多关于湄公河上水坝激增的研究。这些研究强调，水坝对手工捕捞社区的破坏性影响严重威胁着该区域的粮食安全。如果湄公河流域规划的 88 座水坝全部建成，流域内鱼类种群在 2030 年前将减少 40%（中外对话，2012 年）。鱼类种群的损失将迫使转向产业化畜牧养殖，这与水力发电项目将减少碳排放的说法背道而驰（Eyler, 2013）。

更广泛而言，除了对鱼类种群的负面影响之外，水坝还将影响到以渔业为生的人们。根据一项针对恒河流域渔民和渔民群体进行的调研，他们普遍认为水坝及其对河道流量的影响是造成渔业和鱼类资源减少的主要原因，这种后果对相关社区的生计造成了负面影响（Kelkar, 2014）。虽然大型水坝的影响尤为显著，例如在泥沙通量方面（Gupta *et al*, 2012），但小型水坝同样对社区造成负面影响，尤其是在对社区仅有的水源形成干扰的情况下（Erlewein, 2013）。传统渔业社区普遍被边缘化的状况以及水坝建成后补偿的缺失表明，在对水坝建设进行权衡的过程中，这些社区的担忧可能并未得到充分的关注（Kellar, 2014）。

在全球范围内，大型水坝使得 4 000 万至 8 000 万人背井离乡（世界水坝委员会，

2000年)。在印度，这样的人群中大部分离开了部落社区。被迫移居的人们不仅失去了他们的土地，而且失去了共同的资源，如河流、森林和草原，而这都是重要的营养来源。研究表明，因印度北部特赫里大坝而移居的人们不得不从狩猎和捕捞等食物自给方式转向依赖于经济作物和购买粮食。这导致他们由富含蛋白质的多样化饮食转向低营养、高碳水化合物的饮食，造成营养状况恶化（Bisht, 2009）。而且，有时安置地点的土地质量不高、收成不好，水质也较差。重新安置资料显示，在移居之后健康问题和粮食不安全状况可能增加。在古吉拉特邦，重新安置的村民感到地下水和地表水的质量问题引发了慢性腹泻、痢疾、感冒、恶心等症状，甚至死亡率的升高（Mehta, 2009年）。然而另一方面，大量通常是城市地区的民众却受益匪浅，可以享用利用水坝提供的水资源生产的粮食，以及水力发电系统产生的能源。

因此，正如世界水坝委员会报告中指出的那样，目前的挑战是确保水坝的环境和社会影响最小化，当地社区不用承受不成比例的成本，并且在最低要求下，不能比水坝建成之前的境况更差（世界水坝委员会，2000）。如今，人们对各类蓄水方案的认识不断深入，包括天然湿地、提高土壤水分、地下水含水层和人工补给、池塘、大型或小型水坝/水库<sup>20</sup>（McCartney and Smakhtin, 2010年）。每一种方式都在促进粮食和水资源安全方面发挥着作用。在利用水资源促进粮食安全方面尤为重要是确保与相关社区的女性和男性进行磋商，考虑所有方式，并且通过研究社会和环境成本及效益，制定适当的蓄水计划以支持粮食生产和供水。

## 1.6 粮食安全和营养相关水资源：水资源的四个维度与粮食安全的四个维度

我们在本章详述了水资源（可供量、获取、稳定性和质量）与粮食和营养安全（供给量、获取、利用和稳定性）之间的一些联系。

水资源对粮食安全各个方面的促进作用是通过多种途径实现的，同时也取决于上文所列明的水资源各个方面。我们建议确定四种主要途径：

1. 水资源促进营养物质和食物的利用：安全的饮用水和食物制备（包括城市地区，质量问题等），对食物吸收的关键作用等。
2. 水资源决定粮食的供给量：水资源促进粮食生产和转化（考虑到气候变化的影响，从全球到地方层面，市场的作用等）。
3. 水资源促进食物的获取：水资源是一项关键的生计要素，尤其是对于小农、最贫困人口、弱势群体和饥饿人群。
4. 以上述三方面的作用为条件，包括水资源供给的稳定性、获取、权利等问题的水资源的稳定性促进粮食安全的稳定性。

我们建议利用“粮食安全和营养相关水资源”的概念明确水资源在四个维度对粮食安全和营养的直接和间接贡献。该概念涵盖安全饮用水与卫生，用于生产、转化

---

<sup>20</sup> 见柬埔寨农民协会联合会（CFAP 柬埔寨，日期不详）就改进多用途池塘以提高产量所提出的建议（可下列网址获取：[www.fao.org/fsnforum/cfs-hlpe/sites/cfs-hlpe/files/resources/Folder%20CFAP%20\(1\).pdf](http://www.fao.org/fsnforum/cfs-hlpe/sites/cfs-hlpe/files/resources/Folder%20CFAP%20(1).pdf)）。

和制备食物的水资源，以及所有经济领域的水资源利用对生计和收入、粮食可获取性的贡献。同时还涵盖水资源和生态系统的可持续管理和保护这一目标，其中生态系统是支撑水资源的基础，对于确保当代人和子孙后代的粮食安全和营养十分必要。

我们能够衡量水资源对粮食安全和营养的促进作用吗？这种促进作用必然是多方面的。评估水资源对粮食安全和营养所发挥作用的多种途径意味着可能有多种指标用于衡量各个方面的效应，并进行不同的归因。同时还意味着需要“扩大范围”，既包含有关水资源和粮食的生物物理数据，也包含以人为本、性别敏感的方式。仅仅了解水资源平均可供量是不够的：还有必要了解水资源的分布，以及人们如何“面对”水资源的现实状况（Mehta and Movik, 2014）。

要了解“粮食安全和营养相关水资源”的复杂性，仅靠单一指标并不充分。首先，指标本身不是相互关联的（例如，所有人对安全饮用水的获取与水资源丰沛程度不一定是相互关联的）。因此有必要获得有关所有途径的综合性数据，以及在必要程度下充分细分的数据。政策辩论可能错误地集中于“可供”指标（通常为可供量指标）。无论从方法论观点而言，还是从政治观点而言，对水资源可获取性的衡量都更加困难（尤其是在非正规系统中）。

例如，城市周边和贫民区的饮用水获取情况更加难以衡量（世界卫生组织/联合国儿基会联合监测计划，2012）。另外，在性别指标方面的国际可比数据甚少，大多数机构缺少性别细分数据，因此无法监测进展或制定性别敏感政策。<sup>21</sup>举例而言，大多数官方指标不会调查妇女和女童取水所花费的时间。对缺少正式土地和水资源权利的女性或资源使用者所生产的粮食总量也没有充分的数据或了解。

最后，明确全球、区域、甚至国家层面的状况仍然无法充分考虑到具体情况。例如，有关国家层面水资源可供量的图表掩盖了国内差异，社会团体之间的区别，以及性别差异。同样地，年际平均值可以掩盖气候变化的极端值。气候多变的地区可能连续数年降雨量处于平均值以下，从而对粮食生产造成重大影响，尤其是在依赖雨育农业的地区。

在尽力了解全世界极为不同的水资源具体状况及其对粮食安全和营养的意义的同时，需要牢记这些问题。评估粮食安全和营养相关水资源意味着重视当地的视角和背景情况，当地女性和男性可以通过多种方式建立弹性制度应对不断加剧的不确定性。后面的章节将探讨面对不断增加的不确定性以及治理挑战，如何管理粮食安全和营养相关水资源。考虑到区域和地方层面的水资源可供量、日益增长的水资源需求、获取安全饮用水和卫生设施以及确保粮食安全和营养相关水资源其他用途的必要性，改善所有层面农业和粮食系统中的水资源管理是十分必要的。粮食安全和营养相关水资源的获取和利用受到国家内部、流域和地方层面的社会、政治和经济实力关系，以及基础设施和降雨量的影响，因此改善水资源治理、促进粮食安全和营养是非常必要的。

---

<sup>21</sup> 然而最近情况有所改善。世界卫生组织/联合国儿基会联合监测计划在 2015 年之后的磋商强调了公平、平等和非歧视（END）问题，这样可以克服上述部分问题。例如，建议通过年龄、性别、健康状况、残疾状况等方面的细分数据反映家庭内部的不平等问题。这些问题在 2015 年后的议程中如何处理仍然需要拭目以待，但它们确实意味着在预期方向下取得的进展。见世界卫生组织/联合国儿基会联合监测计划，2012，以及 Mehta, 2013。

## 2 应对农业和粮食系统水资源短缺，改进粮食和营养安全状况

如第一章所述，地方层面的水资源可供量/稀缺性由物理性和经济性可供量以及相互竞争的用水需求决定，这需要我们更好地使用现有水资源，提高水资源的生产率。我们的目标是用较低的单位用水社会和环境成本来创造较多的粮食、收入、生计和生态效益，而水资源使用可以帮助达成目标或阻碍目标的实现。提高生产率是农业水资源管理的重要内容，目的是满足不断增长人口的粮食安全和营养需求（Molden *et al*, 2007）。

提高水资源生产率的优先重点包括贫困程度高、用水效率低的地区，如撒哈拉以南非洲地区，以及南亚和拉美的部分地区—水资源用途竞争激烈的地区，如印度河流域和黄河，以及生态系统功能受到农业用水不利影响的地区（Molden *et al*, 2007）。

本章讨论了改进农业和整个食物链水资源管理的可能途径，以期改进粮食安全和营养。

提高粮食和农业领域的水资源生产率需要双管齐下：首先，改进水资源管理；其次，通过改进农业和粮食系统中所有其他投入品和参数的管理提高生产率。这些措施将会带来不同程度的系统变革。水资源管理以及粮食和农业系统管理都要通盘考虑。

本章分析了各个方面粮食安全和营养面临的管理挑战，从农业（雨育和灌溉系统）到食品加工和制备行业用水，以及贸易的作用。最后，文章梳理了水资源核算工具和方法，作为衡量水资源生产率和效率的一种途径，并确定了进展和管理决策的方向，包括消费选择。

### 2.1 管理水资源和水系统，从生态系统到农业粮食系统

#### 2.1.1 生态系统和景观对于可持续开发水资源的作用

地方层面水资源可供量由生态系统中更高层面的水资源可供量决定。

流域可以规模庞大，某些情况甚至是大陆性的。另外，生态系统与水循环的互动可在洲际规模实现，也就是说某些情况下生态系统管理可能会对水资源可供量产生远程效应，如亚马逊流域土地用途改变的范例所示（见插文 5）。

## 插文 5 亚马逊空中河流

在近期一项针对亚马逊河及其与巴西气候和降雨关系科学论文的综合评述中，Noble (2014) 提出，区域内砍伐森林对巴西人口最密集区的水资源短缺产生影响。植被覆盖遭到破坏会干扰土壤水分进入大气。生物群落中树木数量的减少阻碍了水分在南北部之间的流动。缺少降雨主要集中在东南部，这是亚马逊流域砍伐森林的间接结果。从上世纪 70 年代初到 2013 年，伐木和逐步的森林砍伐破坏了 762 979 平方公里的森林生物群落，相当于两个德国的面积。规模比亚马逊河还大且负责整个东南拉美淡水供给的“空中河流”受到严重威胁。“空中河流” (Marengo *et al*, 2004) 是指由风带动的低层水流 (水汽通量)，从亚马逊区域漂移至安第斯山脉东部，受山脉阻断，到达巴西东南部和南部以及阿根廷北部。这条河流每天都流经巴西，释放出 200 亿吨淡水，占南美国家生产总值的 70%。作为全球最大的水源地，亚马逊河每天将 170 亿吨淡水输送到大西洋。根据这些研究的经验，作者指出，如果亚马逊区域当前的“发展”模式继续下去，缺水问题将更为凸显，而不仅仅是每年状况的波动。第二个经验教训是全球变暖导致“自然”气候波动加剧。与历史标准相比，这种加剧带来了更多的严重极端事件，更加频繁的干旱和洪水。亚马逊区域干旱和洪水极端事件的增加已经有目共睹。

来源：Noble (2014) 和 Marengo *et al* (2004)。

### 2.1.2 水资源管理的生态系统方法

水资源管理方法，以及相应的技术和制度选择，至少在一定程度上要取决于被管理地区的规模。如第三章中详细讨论的一样，当前的全球论调倾向于权力下放方法，以 1992 年联合国环境与发展会议《21 世纪议程》提出的辅助性原则为基础。在水资源管理方面的这种方法是生态系统方法，即对土地、水和生活资源进行综合管理。生态系统方法承认人是生态系统的有机构成 (《生物多样性公约》，1992)，呼吁利益相关方切实参与—包括有意参与决策或可能受到决策影响的各方；另外也承认自然资源管理应下放到最低的适当层面。不论是较为传统的水资源管理方法，还是诸如生态系统方法这样的新方法，围绕水资源管理采取共同行动的最大潜力都是在地方层面。尽管《生物多样性公约》缔约方大会采纳了生态系统方法，但正如 2011 年的一项研究 (Roy *et al*, 2011) 所述，在多数流域该方法的实施仍处于起步阶段。该研究指出，“更加关注生态系统方法会带来新的惠益，如生物多样性惠益，以及面临洪水和干旱等极端气候事件的抵御能力增强，可以补充水电和航行等较为传统的惠益”。

多尺度的生态系统方法有助于应对水文和社会复杂性，同时考虑本地用户的需要和视角，这样才能最终保持水资源管理实践的可持续发展。地方共同管理以及地方所有权非常重要。如摩洛哥和埃塞案例所示 (见第三章插文 30)，技术创新本身不足以改善水资源和粮食安全。相反，一方面要提高水资源和土地效率，另一方面还要推行制度变革，增强地方所有权，改善监管和政策环境。水资源管理措施不可避免地涉及各种社会、权力和性别关系，以及各种规模政策和决策相关的宏观问题，这些都决定着实际的结果。该问题是第三章讨论的重点。

## 2.2 改善雨育农业生态系统

农业生态系统从完全雨育到完全灌溉不一而同，中间有各种组合，如运用补充灌溉改进雨育生产系统。在雨育农业生态系统中，土壤中储存的降雨（或称绿水）直接用于支持作物生产，而灌溉系统则使用地表水或地下水（或称蓝水）来补充降雨。雨育系统的主要挑战是管理降雨量波动的风险，特别是在干燥地区（而在气候变化的背景下尤为如此）。

全球范围内，小农户的生产满足了 70% 以上的全球粮食需求（Wolfenson, 2013）。在亚洲和撒哈拉以南非洲地区，小农户产量占粮食消费量约 80%（高专组, 2013b），对很多国家的就业发挥重要作用。由于自然资源面临的局限日益增多，当前的挑战不仅仅是实施创造就业、增加收入的项目来提高土地和水的生产率，而且还要保护和恢复生物多样性及自然资源，应对气候变化带来的挑战（Parmentier, 2014）。在印度，《圣雄甘地农村就业保障法》助力应对粮食安全和营养相关水资源面临的挑战，至少部分如此。该法案通过推行水土保持措施来创造就业，从而提供保障性收入（每个家庭每年 100 天）。近期出台的《粮食安全法》也提供了很好的契机，将这一计划与保障粮食安全和营养联系起来（见 Swaminathan, 2009）。

如第一章所述，气候变化正在改变温度和降雨格局，据测算可能会导致 10—20% 生产面积减产（Fischer *et al*, 2002）。Hilhost and Muchena（2000）的测算结果表明，撒哈拉以南非洲地区的耕种潜力会下降 12%，特别是在苏达诺—萨赫勒地区。另外，气候风险会加剧作物产量的波动，抑制土壤肥力和农业技术方面的投资，包括改良品种和其他能够提高单产的投入品（Boucher *et al*, 2009; Barrett *et al*, 2007; Vargas, Hill and Viceisza, 2011; Binswanger-Mkhize, 2010; Barnett *et al*, 2008）。气候变化的潜在影响必须置于系统内加以理解，这些影响不仅仅是叠加（在问题清单上增加一项），而是乘数性增长，一个地区的变化可能会消弭或放大其他地区的变化。

雨育农业生态系统将在三个方面受到气候变化的影响（Wreford *et al*, 2010）：

1. 温度和二氧化碳浓度的升高将加剧蒸腾，降低土壤含水量，对于干燥生态系统中的植物产生胁迫，缩短作物生长期，降低作物产量。在湿润凉爽的生态系统中，同样的变化可能会拉长作物生长期，提高短期作物单产。
2. 很多干旱和湿润地区的降雨模式可能也会发生变化，但变化的预测缺乏准确度。降雨强度的提高，特别是在退化坡地，将增加径流量，带来更多水土侵蚀，减少土壤渗透，从而给植物带来更多水分胁迫，减少地下水的补给。降雨量增多可能会提高地表水可供性，增加雨水收集的可能，但也可能导致洪水多发。强度更大和/或时间更长的干旱将让作物面临水分胁迫，降低雨育收成和质量。
3. 气候变化还会通过影响疾病和有害生物等生物因素对农业产生影响。这些影响可能较为显著，但没有足够的信息表明不同环境下究竟会出现什么状况，因此该领域需要开展更多研究。

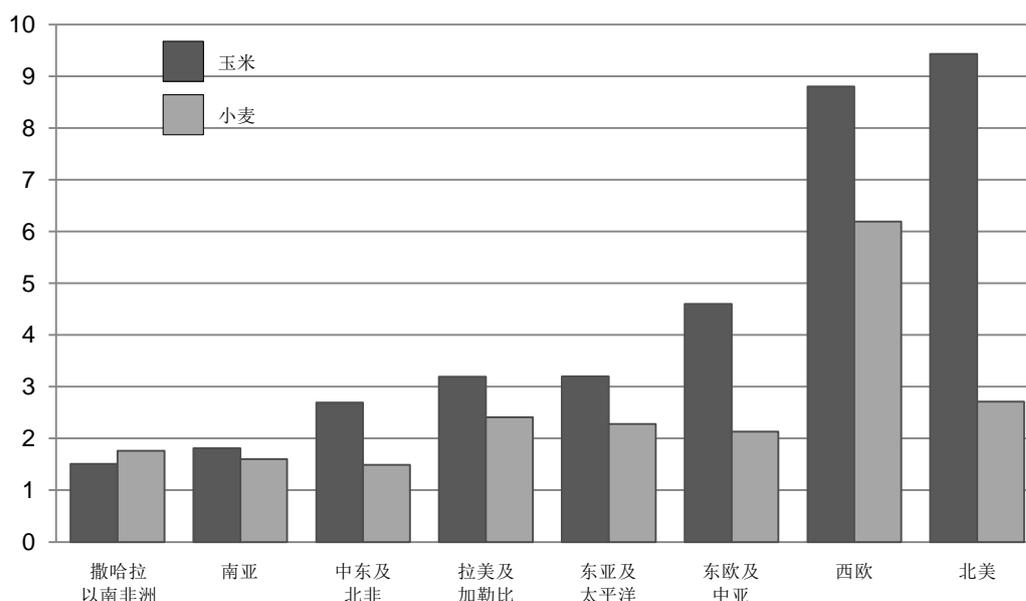
灌溉农业生态系统也将在三个方面受到气候变化的影响（Wreford *et al*, 2010; 政府间气候变化专门委员会, 2014）：

1. 温度升高将加剧蒸腾，灌溉需要更多用水。但浓度提高的二氧化碳却可成为作物的肥料，提高蒸发效率，改进水资源生产率。这方面也要开展进一步研究，了解气候变化在作物用水方面的总体影响。
2. 蓝色地表水供给在某些区域可能更多一些，因为降雨强度增大会增加径流量，但由于水分入渗机会减少，因此可供使用的地下水较少。对蓝色水资源的总体影响难以预测，特别是考虑到各个地区的差异、农业需求变化所带来的上下游影响，以及改进绿色水资源使用方面的投资。该领域需要更多细化的模型工作。
3. 冰川融化加速可能会增加地表水，因此需要新的储存设施。但从长远来看，冰川消融会减少部分大型河流的水量。

### 2.2.1 雨育农业生态系统

雨育农业是全球粮食生产的主要来源。撒哈拉以南非洲地区几乎所有土地（93%）、拉美四分之三的农田、中东和北非三分之二的农田以及亚洲一半以上的农田都是雨育生产（粮农组织, 2002a）。各地雨育农业产量差异显著（见图 10），但平均而言全球雨育农业的生产率（吨/公顷）不及灌溉农业的一半（Rockström *et al*, 2010）。雨育农业最高产量是在温带为主的区域，降雨量较为稳定，土壤生产率高，特别是在欧洲和北美。但即便在热带区域，商业雨育农业的单产也可超过 5—6 吨/公顷（农业用水管理综合评估, 2007）。干燥的半湿润地区和半干旱地区单产最低，单位土地面积的产量提高最慢。

图 10 各区域雨育玉米和小麦单产水平（2004—2006 年平均）（吨/公顷）



来源：国际粮食政策研究所 Sadoff *et al* 使用的影响模拟（2015 年）<sup>22</sup>

<sup>22</sup> 西欧小麦单产较高是因为气候凉爽的种植季节较长，以及密集使用大量投入品。

提高雨育系统的生产率面临着各种局限，每个地区的情况都不尽相同。在干旱地区，可用水资源的绝对数量是主要限制因素。在半干旱和干燥的半湿润热带地区，季节性降雨总体充足，最大的挑战是管理降雨量在不同时间和空间的大幅波动。在较为湿润的半干旱地区以及干燥的半湿润地区，降雨量往往多于作物的需水量，主要挑战是应对降雨量的极端波动，即降雨次数少，暴雨强度大，以及干旱和洪水频发。但农民单产和可实现单产之间的较大差异不能仅用降雨量的差异来解释，而是水、土壤和作物管理各种差异的综合结果（Wani *et al*, 2007）。土壤肥力是很多地区的一个限制因素，特别是在旱地系统和撒哈拉以南非洲地区。贫瘠的土壤往往保墒能力较差。土壤保墒和小气候管理均为重要策略，可在不同条件下为农民提供帮助。在雨育农业系统中，农业生态方法尤为适于培育具有更高保墒能力的健康土壤，能够提高各类农业系统的作物生产率（Kremen and Miles, 2012; Hepperly *et al*, 2007; Pimentel *et al*, 2005）。

水相关单产损失的高风险会对农民的投资决策造成不利影响，包括劳动力、良种和肥料方面的投资。加之产量起伏不定，半干旱地区的资源匮乏人群很难有效把握新兴市场、贸易和全球化带来的机遇。因此，管理方案首先是支持农民采用能够减少降雨诱发风险的做法。在这方面，农业生态做法尤为重要，农业生态做法有助于建设气候适应型农田；另外，由于农民掌控多种生产要素，这种做法也会帮助农民做出风险较低的投资决策（Holt-Giménez, 2002; Fraser *et al*, 2011）。

农村女性是全球主粮的“重要生产者”（粮农组织，2011），但在全球许多地区女性却遭受严重的歧视。如，印度、尼泊尔和泰国拥有土地的女性不到 10%；而在研究的 5 个非洲国家，女性获得的信贷还不及男性小农户的 10%。<sup>23</sup>这些数字并未得到普遍认同，Doss（2011）表示，由于劳动力数据（男性和女性）很难细分，因此无法准确衡量女性对粮食生产的贡献。缺乏性别分列数据，而且没有形成适当统计资料结构可用于着手处理性别问题，这是一大挑战，其后果是对于性别不平等往往没有适当量化记载（Doss *et al*, 2013）。抛开性别分列数据问题及其对循证决策的影响不谈，承认女性在农业中的关键作用非常重要，且技术、信贷、土地和其他资源获得的不平等会严重制约女性的贡献。

### 2.2.2 提升雨育农业

Rockstrom *et al*（2010）称，应重点关注通过更好的水资源管理加强雨育产出。尽管通过水土和作物管理措施、补充灌溉和集水在升级雨育农业方面取得了成功，但这些成功都是孤立的。采纳率低有 4 个方面的原因：利润率低，这往往是价格波动以及国内和国际市场失灵所致；农产品倾销；缺乏本地加工设施；以及存储或市场可及性差。较高的劳动力成本和高风险也可能有一定的影响（农业用水管理综合评估，2007）。

---

<sup>23</sup> 见 <http://www.fao.org/gender>

更好地管理雨水、土壤水分和补充灌溉非常重要，可减少旱季单产损失从而帮助最大数量的贫困人群，为农村在肥料和高产品种等投入品方面的投资提供风险保障，并支持农民种植蔬菜或水果等高值作物。

补充灌溉（补灌）是释放雨育农业单产潜力和提高水资源生产率的重要策略，但利用仍然不足。补灌可在旱季利用有限的水资源减缓土壤缺水状况，从而大幅提高雨育农业产量，降低作物歉收的风险。每个季节进行 50—200 毫米的补灌就足以让雨育农业单产翻番，甚至达到两倍以上。这种少量的水资源可利用本地泉水、浅层地下水、集水或传统的水资源项目进行收集。补灌可以调整作物的生长周期，能够抵御气候极端事件，适应气候变化。补灌可以减少风险，为其他生产要素的投资提供必要的激励，如作物良种、肥料、劳动力和耕种技术，也能刺激多元化生产方面的投资（Oweis, 2014）。

除了提高雨育作物单产和水资源生产率外，补灌也有利于稳定农民的产量和收入。为达到最大效益，补灌应配合一整套土壤和作物管理措施。在使用地下水的地区，应制定政策通过鼓励差额补灌来减少抽水，保证蓄水层持续发挥作用（世界银行，2006a）。补灌也支持适应气候变化（政府间气候变化专门委员会，2014；Sommer *et al*, 2011）。这并不是说补灌没有外部影响。在传统雨育地区的上游使用蓝水可能会减少下游灌溉地区的流量，降低水质（Hessari *et al*, 2012）。在上游综合使用蓝水和绿水与下游实行完全灌溉地区的方案要进行权衡取舍。

雨水收集能够回收雨育系统可能损失的水资源，为基于社区的水资源管理提供机遇。在干旱环境中，由于缺乏适当的管理和可持续生态系统管理，每年通过径流流入盐池以及由裸露土壤地表蒸发的雨水就有数百亿立方米。通过集水，径流水资源得以收集和储存留作他用，可储存在地表储水区、土壤剖面或补给蓄水层。如储存在地表或地下储存设施，储存的水资源之后就可以用作供养人类、动物或用以进行补灌，或由土壤中的作物立即使用。雨水收集行动往往会抑制土壤侵蚀，提高土壤肥力，特别是在使用小型汇水区类型时。地表池塘或蓄水层储存的水资源通常用作补灌来源。

集水在适应气候变化和增强农业抵御能力方面发挥重要作用。通过减缓或抑制降雨强度增大而带来的径流增多，雨水收集可以实现更多的入渗，加强水土保持，更好地补给地下水。由于集水效率取决于径流量，因而增大降雨强度的气候变化实际上可能带来的是机遇而非不利（Oweis *et al*, 2012）。

### **管理风险，减缓脆弱性**

扩大雨育农业投资目的是减少风险脆弱性和提高生产率，确保公平和可持续发展。在雨育地区实施开发现成的技术往往比灌溉地区更加经济便捷，投资回报快，能够支持农民提高收入。但部分做法，如集水和补灌，需要基础设施和设备，给小规模贫困农民造成了阻力，特别是难以获得资金的女性（农业用水管理综合评估，2007）。

减缓个体农民面临的风险、强化雨育农业水资源管理目的是扩大粮食产量、减少贫困同时保持生态系统效益，这方面可采取的行动包括（Rockström *et al*, 2010）：

- 在最需要的时候把雨水用于作物，如通过储存降水；
- 加强雨育系统水资源规划者、政策制定者、推广人员和社区机构的能力；
- 采用综合方法，既要考虑农田管理，也要考虑上游汇水区的雨水管理；
- 利用学习和实践联盟推广技术和实践（见插文 8）。

### 插文 6 补灌可能会使雨育生产率提高三倍

研究表明，通过综合利用和及时使用仅 100 到 200 毫米的灌溉水，小麦单产就能从 2 吨/公顷提高到超过 5 吨/公顷。尽管可用水资源数量有限，无法支撑完全灌溉的作物，但用来补充雨水却可以显著提高生产率。补灌系统的水资源生产率远高于完全灌溉（Oweis and Hachum, 2003）。

阿拉伯叙利亚共和国北部和西部地区利用补充灌溉的小麦种植面积从 74,000 公顷（1980 年）扩大至 418,000 公顷（2000 年）。据测算，从雨育转向补灌使小麦每公顷平均净利润增加 300 美元。差额补灌（即在水资源不足时有效管理植物用水紧张）使得西北部地区的生产率从每立方米水生产 0.84 公斤粮食提高到 2.14 公斤（Oweis and Hachum, 2003）。

“布基纳法索和肯尼亚的研究表明，补灌 60 到 80 毫米就会使粮食单产翻倍或增长三倍，从传统的 0.5—1 吨/公顷（高粱和玉米）提高到 1.5—2.5 吨/公顷。但补灌要结合土壤肥力管理才能达到最佳效果。非洲补灌的主要局限是农民建立径流储存系统的技术和财务能力”（Rockström *et al*, 2003，引自世界银行，2006：210）。

### 插文 7 中国和非洲雨育系统中地下池的雨水收集

中国甘肃省大范围推广使用小型地下储水池，收集小型汇水区的地表径流。这些储水池旨在缓解甘肃省部分县雨育小麦在干旱季节的缺水压力。对储水池开展的研究（Li *et al*, 2000）表明，水资源生产率提高了 20%，从雨育小麦的 8.7 公斤/毫米/公顷增长到补灌小麦的 10.3 公斤/毫米/公顷。水资源生产率增量从 17 到 30 公斤/毫米/公顷不等，表明补灌具有较大的相对增值作用。玉米研究也取得了同样的结果，补灌使单产增加 20% 到 88% 不等，水资源使用效率增量从 15 到 62 公斤/毫米/公顷不等（Li *et al*, 2000）。

借鉴中国建设储水池的经验，肯尼亚和埃塞俄比亚正在开发推广类似的系统。在肯尼亚（Machakos 区），这些储水池被用于浇灌厨房花园，让农民拓展农业以外的收入来源。微灌正与市场上可以买到的低压滴灌系统一起推广。廉价的滴灌工具包（如 Chapin 水桶工具包）省水省力，被越来越多的农民采纳，如在肯尼亚。将集水与滴灌结合可大幅提升水资源生产率（Rockström *et al*, 2001）。

## 插文 8 通过学习和实践联盟与农民共同寻找对策

在东非，雨育农业面临很高的风险（Rockström *et al*, 2003; Wani *et al*, 2009）。如面临长期或短期降雨量小，则作物就会绝收，或长期保持较低产量。雨水来的时候也可能破坏性很强，导致土壤压实和大量的地表径流。因此，小农户在有效收集、储存和使用水资源方面面临着实际挑战，无法支持作物生产，满足自身的粮食安全或更大范围的粮食和经济作物市场需求。

通过学习和实践联盟，国际救助贫困组织与埃塞俄比亚、坦桑尼亚和乌干达的小农户、地方推广人员和研究人员一道合作，共同开发并推广能够加强小规模农业有效管理和使用水资源的技术和做法。这种“水智能型农业”（国际农业研究磋商组织，2014）可支持农民在很多方面做出知情选择，包括改进地表径流的收集和储存，获得和可持续利用现有地下水，更为重要的是，最有效率地使用降雨，或称“绿水”，重点是加强作物根系周边的土壤保墒能力。

本研究在“全球水倡议东非计划”（国际救助贫困组织，2013）框架之下，具体着眼于通过赋权女性农民提高农民生产率和抵御能力。女性在很多国家中都是农民的主力，但女性获得投资和投入品开展农业活动的机会较小（联合国环境规划署，2013a），勉强在农业中“毕业”，即每年产量有所节余。现有很多技术和做法简单易行、成本低廉，包括乌干达北部的旱季雨水收集池，坦桑尼亚乞力马扎罗山区的山坡梯田以及旨在打破板结土壤的“双挖”措施，以及埃塞俄比亚阿姆哈拉地区建立小规模灌溉来补充雨育作物生产。国际救助贫困组织强调共同学习和同行展示，以期推广成功技术和时间，监督不同季节和不同年份的影响，同时也要鼓励农民成为创新的投资主体。

欲了解更多情况，见国际救助贫困组织（2013）和 Rockström *et al*（2003）。

## 插文 9 埃塞俄比亚北部提格雷地区的景观恢复和小规模灌溉

提格雷地区测算人口约为 450 万，土地面积共计 80 000 平方公里，是埃塞俄比亚粮食最不安全、干旱频发的地区。提格雷农业农村发展局（TBoARD）表示（2013），2006 年 1 453 707 人参加了“生产性安全网计划”（PSNP）。过去二十年中，为扭转环境退化趋势，确保家庭层面的粮食安全，各个组织和社区实施了多种干预措施（自然资源管理和集水）。水土保持项目覆盖了约 960,000 公顷土地（提格雷农业农村发展局，2014）。据 Woldearegay *et al*（2014）称，这些干预措施包括：建设了数千条深渠、渗流池和淤地坝；数百座导流堰；约 130 座小规模水坝和其他保水/集水方法；植树造林计划和禁渔措施；以及集水和管理。由于采用了景观方法，提格雷创造了新的水资源（地下水、泉水、河流、水库水等等）。在该地区 120 万公顷的耕地上，灌溉水平从 1994 年的不到 50 公顷（Woldearegay *et al*, 2006）提高到 2014 年超过 240,000 公顷（提格雷农业农村发展局，2014）。

2013 年，“生产性安全网计划”的参加人数减少至 1 238 677 人，至少有部分原因是其他两个计划着眼于提高家庭层面的粮食安全：集约集水区计划以及近期实施的推动小规模灌溉计划。该区域少有现代化的灌溉做法，但近年来在提高雨育和灌溉农业生产率方面成效显著：雨育农业单产从 1994/1995 年的 4 公担/公顷提高到 2013/2014 年的 24 公担/公顷。另外，为了控制道路径流的不利影响（形成冲沟、洪水、积水等），提格雷地区正在辖内各区（地方层面的行政单位）推行利用不同技术的道路集水项目。这些措施可以提高土壤含水量，补给浅层地下水系统，从而提高生产率。尽管区域内降雨波动很大，但在过去几年中通过景观恢复以及采用适当的集水和保水集水，雨育农业和灌溉农业的生产率均得到提高，避免了气候相关的灾害事件。

### 2.2.3 畜牧业和渔业的作用

畜牧业和/或水产养殖业是农业生产系统和农业生态方法的重要组成，能够提供奶、肉、蛋、鱼、现金收入、农场电力和粪肥，提高土壤肥力，同时往往也可由干草和其他作物秸秆提供营养。畜产品营养价值高，对粮食和营养安全具有重要意义。牲畜还具有重要的文化价值，是穷人积累财富的手段，也能帮助穷人建立起对干旱和其他严苛环境的抵御能力。在干旱和半干旱地区尤为重要。

牲畜消耗水资源占农业用水的 20% 左右 (de Fraiture *et al*, 2007)，随着畜产品消费的快速增长，这部分用水在未来可能还会继续扩大。畜牧业在将饲料转化成动物产品方面效率不一，而这会极大影响用水量。总体而言，畜产品的水资源生产率远低于作物。生产 1 公斤肉平均需要约 15 400 升的水（不包括加工用水需求），羔羊肉、山羊肉和鸡肉的耗水量分别是 10 400、5 500 和 4 300 升。牲畜年用水量约为 2 422 Gm<sup>3</sup>，其中三分之一用于生产牛肉，五分之一用于生产奶类。约 98% 的用水用于生产动物饲料，其余用作饮用水和食品加工 (Mekonnen and Hoekstra, 2010)。

在很多地区，集中动物饲喂会对水质产生很大的局部不利影响 (Mekonnen and Hoekstra, 2010)。集中动物饲喂会产生过量营养物，导致地表水富营养化，如由于水华现象在内陆和海洋水体中产生“死水区”，造成大量鱼类死亡和生物多样性的降低 (Mekonnen and Hoekstra, 2010)。

可采取多种方式从实际和经济的角度提高畜牧业水生产率，如完善饲料外包，加强动物生产，改进动物卫生，采用适度放牧做法，减缓牧场退化 (Peden *et al*, 2007)。从农田到集水区的各个层面，更好地整合植物与畜牧生产能够改进营养管理，提高用水效率。在动物饲料中使用农作物秸秆以及实行开放放牧可在多个方面提高畜牧业的水生产率；在灌溉和雨育系统进一步整合畜牧业，以及家庭用水和小规模工业用水使用灌溉水，都能提高水生产率。

在很多干旱与半干旱地区，畜牧业是重要的生计来源，很多时候是唯一的来源。在这些地区，牧场占土地使用的 85% 以上 (MA, 2005)。游牧系统对于可持续利用稀缺的生物物质资源尤为有效。在“艰难”季节，游牧非常依赖水资源，包括从公路到草场以及草场内部的水源。在这些地点/阶段缺水会危机整个游牧系统。所有这些都需认真管理的投资、实践和制度。在肯尼亚，依水定居常常完全改变了水资源获得规则 (Huggins, 2000)。定居人群往往会拒绝牧民的用水权，使很多游牧路线面临威胁，从而降低了开发某些草场的可能。同时，在水源地周边过度放牧常常会造成土地退化。很多地区把养殖业拓展到旱季用于放牧的土地上，也给利用其它草场的能力造成了威胁 (Steinfeld *et al*, 2010)。因此，在某个地点或时间点缺乏用水权可能会造成远距离的生物物质利用损失，对粮食生产和生计产生不利影响。一项针对埃塞俄比亚 Awash 河谷灌溉机会成本的分析 (Behnke and Kerven, 2013) 表明，放牧的利润总是高于大规模棉花和甘蔗灌溉生产，这是因为牧民在旱季能够使用水资源和草场，从而可以利用原本生产率很低的土地。利用天然牧场、加强节水型畜牧生产有利于减少饲料生产用水压力。如，禽类的水生产率很高，在全球南方很多

国家禽肉正在逐步取代牛肉和羊肉。还要进一步开展研究，评价畜牧业的水生产率以及如何提高水生产率。研究内容可包括：对整个畜产品价值链的水生产率开展进一步评价，改进/改变饲料资源减少用水，调整用水效率低的动物膳食，特别是牛肉（这将推动气候变化减缓），改进用水效率低型动物的遗传。如，巴西农业研究公司（Embrapa）着眼于农业相关的产品、流程和服务，在扩大本国农产品和畜产品产量方面开展了大量研究<sup>24</sup>。

在农村畜牧业为主的经济中，女性往往从事低收入工作，特别是针对小牲畜生产（禽类、绵羊、山羊），挤奶和牛奶加工（粮农组织，2011）。尽管如此，女性在畜牧业支持计划中常常被忽视，与男性相比在获得土地和水资源、推广和金融服务以及进入市场方面面临更大的局限。这些因素限制了女性实现有效畜牧生产的能力（粮农组织，2012c）。小牲畜生产常常是贫困女性（有时也包括男性）的资产基础，是非正规经济中的一个保障。

鱼和渔产品对于粮食安全和营养的作用在高级别专家组《发展可持续渔业和水产养殖业，促进粮食安全和营养》报告中有很多论述（高专组，2014b）。与其他蛋白质和营养物来源相比，渔业和水产养殖业水资源生产率高：网箱渔业每立方米水可最多生产 100 公斤鱼（Dugan *et al*，2006），但由于固体有机废弃物、抗生素、农药和其他化学品的使用，这种生产方法会给下游带来不利影响，也会影响该地区的小规模捕捞渔业和其他的小规模生产性活动。水产养殖业的用水主要在两个方面：生产饲料用水和养殖本身用水。视使用系统的强度/广度，每公斤产品的需水量为 0.5 到 45 立方米（Verdegem *et al*，2006）。将渔业和水产养殖业更好地纳入水资源管理系统也能提高水生产率。鱼类通常能够纳入水资源管理系统，只需增加少量用水或无需增加用水（Prein，2002）。除渔业之外，水生生态系统还可提供很多其他服务和效益，如生物多样性。仅考虑每单位水资源生产的渔品价值会低估这些系统的水生产率（Dugan *et al*，2006）。

通常由小规模渔民从事的水产养殖以及内陆渔业对于本地的粮食安全和营养非常重要，也会创造就业和生计机会，从而具有重要的社会和性别维度（高专组，2014b）。渔业领域之外的人不了解这种重要性，往往在流域水资源管理和投资计划中未包含或未考虑渔业（高专组，2014b）。捕捞渔业和水产养殖业在满足贫困农村社区营养需求方面发挥重要作用，在水资源政策和实践中应予以考虑，在很多地方如此，在全球范围也是一样。

随着水资源竞争加剧，如水资源配置重点倾向其他领域，则鱼、内陆捕捞渔业和水产养殖首当其冲受到影响。如，近年来加州的干旱就导致鲑鱼同农民争水（Bland，2004）。部分淡水鱼类受到严重威胁，主要是由于水质差和生境破坏等环境压力。

提高用水效率和水生产率是确保有效利用水资源推动实现粮食安全和营养的关键。如农业不能节水，全球就要大幅提高抽水量才能生产出更多的粮食。但这并非

---

<sup>24</sup> <https://www.embrapa.br/en/quem-somos>（2015年2月28日登录）。

是必由之路，全球粮食需求可以通过现有的水和土地资源得到满足：通过升级雨育和灌溉系统提高水和土地生产率；基于考虑环境成本和自然资源可持续利用的比较优势优化各国之间的虚拟水流量（贸易）；调整膳食结构，提高食品加工和配送效率，降低食品需求（农业用水管理综合评估，2007）。节约水资源推动实现粮食安全和营养还有很多其他选择，下文介绍了其中的一部分。

## 2.2.4 植物和牲畜育种

植物育种法有利于减少作物耗水，将成为应对未来水资源和其他生物及非生物胁迫的重要工具。Passioura（1977）以及 Passioura and Angus（2010）提出了4种能够改善作物单产与用水之间关系的途径：增加供水；增加蒸腾部分供水；促进蒸腾水与CO<sub>2</sub>更加有效地交换，产生生物质（蒸腾效率）；以及提高收获指数，即将更多的植物生物质转化成粮食。

后三项密切相关，但通过育种可在这三方面分别推进。为增加蒸腾部分供水，品种选育已经可以做到在季节早期、中期或晚期播种，减少无益蒸发，并通过育种达到最优的植冠和根系发展。当缺水限制正常生长时，蒸腾效率在小麦等C3作物中<sup>25</sup>有所提高，同时能够提高空气中的CO<sub>2</sub>水平，单产得以增加（Wall *et al*，2006）。这种生长响应在玉米和高粱等C4作物中并未见到（Long *et al*，2006）。这里的选育更加侧重具有较高蒸腾效率的品种。提高收获指数方面取得了很大进步，特别是通过培育部分栽培作物的半矮秆品种（Richards *et al*，2002）。其他选育工作主要是持续保护植物的繁殖性能不受重大环境问题影响（如抗逆选育部分提出的热、霜、缺水），并将茎中的光和产物转到粮食中。

具体的抗逆选育是改进植物-水关系的另一种方式，特别是在不利的生长环境下，如干旱（雨育）、盐渍（灌溉）以及冷热胁迫（雨育和灌溉），以及在变化的生物胁迫环境下，如菌类和昆虫。另外，选育具有更高营养物利用效率的作物对于改善水质非常重要。选育抗逆品种非常复杂，但新的基因组技术可以更加深入地了解内在过程并识别相关基因，从而在抗逆选育方面取得进展（Witcombe *et al*，2010）。

Barnabas *et al*（2008）建议实施三种玉米抗旱策略，具体包括逃离，即在严重胁迫发生前成功繁殖，可通过缩短作物周期和快速生长实现；避免，即在干旱发生时保持组织中的较高含水量，或通过调节根系生长或作物结构来加强水分吸收；以及直接耐受，即通过内部渗透调节或其他的结构变化，允许植物在缺水状况下发挥功能，并在缺水状况缓解后恢复功能。

缺水和全球变暖状况下粮食的营养品质可能会有所下滑，因而选育具有更高营养品质的作物愈加重要。加强所谓孤生作物和利用不足植物品种（如藜麦和苋属植物）的选育工作也非常重要，因为很多此类品种抗旱能力更强或营养品质更高。

---

<sup>25</sup> C3、C4作物系根据叶子吸收二氧化碳方式分类。

低水平降水是限制全球作物生产的一个主要因素。各方均承认，针对缺水环境的选育工作非常困难；实际上，缺水地区育种对单产的贡献率只有降雨较多地区种植作物的一半（Turner, 2004）。与拥有较高稳定降雨的地区比较而言，干旱地区目标环境的种群同质性较低。种质资源与干旱抗性之间关系的一个重要方面是异质性的缓冲能力。这或可解释为什么在缺水环境下种植雨育作物的地区，具有遗传统一性的现代品种一直都很难以在单产上胜出本地品种。降雨较少地区的复杂性更大，需要更加多样的品种（Bellon, 2006）。叙利亚的大麦案例以及其他地区的其他作物都记录了具有遗传异质性的本地品种作为耐旱品质来源具有重要价值。在探索这些尚未充分开发的领域时，越来越多的资金开始投向参与式植物育种法，农民和科学家共同合作，取长补短（Ceccarelli *et al*, 2007）。

在不断变化的环境中，遗传资源对于满足粮食安全和营养需求发挥着重要作用。更为重要的是，在生产系统遭遇气候变化影响时，遗传多样性能让生产系统更具可持续性、抵御能力更强、适应性更强（高专组, 2012；世界水资源评估计划, 2015a）。植物育种中遗传多样性的保护和利用可通过参与式育种实现。进化式植物育种是增加遗传多样性、适应不同时间和不同地点动态变化的一个途径。在进化式植物育种中，具有较高水平遗传多样性的作物种群接受自然选择。在年复一年植物种群播种和复播的循环过程中，适应主要生长环境的植物比适应性差的植物将给下一代贡献出更多的种子。因此，不断进化的作物种群有能力适应其生长的环境。这种抵御能力被视作全球气候变化威胁下的一个主要优势（Döring *et al*, 2011）。

耐热是热带缺水环境中提高畜牧业生产率的一个主要局限。热胁迫会降低生产率和繁殖率，增加死亡率。因此，选育工作重在保持生产率的同时增强耐热能力，或在保持耐热耐旱能力的同时提高生产率。其他的选育途径侧重于根据植物育种部分提出的策略改良草料品种，以及选育能够减少环境影响、增强抗病能力的品种（Thornton, 2010），这些品种都与水量过多或过少直接相关。

### 2.2.5 投资建设农业生态

农业生态是把农业区域视作生态系统的一种农业方法，关注农业活动的生态影响。因此，农业生态法关注的是具体社会经济背景下的整个农业生态系统（而非单个的植物、动物或人类）（国际农业科技评估, 2009；Altieri *et al*, 2012a）。农业生态法也强调人们有界定自身粮食和农业系统的权利，允许生产者在创新方面发挥引领作用，将粮食生产者、分销者和消费者置于粮食系统和政策决策的核心。该方法具有多重益处：通过保持土壤的宏量和微量营养物实现膳食多样性和营养安全；通过较少使用人工投入品保护自然资源；通过多元农耕系统推动建设农业抵御能力；让小农户牵头，为实现粮食安全建设可持续、可推广的路径。在易发干旱和临界环境中，运用本地技术和采用多种方法的水土管理措施效果喜人，包括集水、微灌、地膜覆盖，以及建设山坡梯田并种上灌木和树木，加强土壤吸收和储存水分的能力。

农业生态措施可通过多种方式对粮食安全和营养相关的水资源产生重要影响，

包括保护性耕作、免耕，以及支持水分入渗的土壤肥力综合管理，通过覆土减少蒸发，增加土壤有机质，扩大根系生长，从而增强土壤的保水能力。使用较少投入品的耕种方法能够避免水源因化肥和农药出现退化（Altieri *et al*, 2012a）；农业生态法可基于本地知识建立因地制宜的土壤、水和生物多样性管理制度，从而使可用资源的生产率达到最高（Altieri *et al*, 2012b）。农业生态重在保持作物多样性，同时支持农民适度利用可用的水资源（Altieri *et al*, 2012b）。阿根廷的一项研究比较了传统农业实践与新型实践，结果表明传统生态法能够更好地保护现有水资源（Abbona *et al*, 2007），而坦桑尼亚体验过保护性农业的农民表示，水资源管理的农业生态法可提高作物生产率（Altieri *et al*, 2012b）。

很多这些传统和现代的节水和水资源管理措施，包括补充灌溉和 SRI（稻米/根系集约系统），都是农业生态法的一部分。农业生态法根植于传统农耕系统的逻辑中，农业生态转型过程包括农民与研究人员之间的创新性合作形式，主要基于生态系统的功能以及将这些与有效利用现代农业生态科学相结合（另见 Parmentier, 2014）。这种合作的一个范例是在斯威士兰，当地政府与国际农业发展基金（农发基金）共同主办“下乌苏杜河小农灌溉项目”，将节水技术与适当的土地管理措施（如少耕、保护性农业、牧场管理和植树造林）相结合，减轻当前和未来的水资源匮乏胁迫。这项倡议也促进了参与项目的小农的健康、生计和粮食安全（农发基金，2013）。另外，通过选育适应农业气候生态的作物时（如印度的耐旱小米），农业生态法还要嵌入气候抵御能力，确保经济有效，贫困社区负担得起（Holt-Giménez, 2002; Varghese, 2011）。

但其他专家和研究表示，零外部投入品的耕种方式将让全球粮食供给面临风险，耗竭土壤，导致全球现存的热带森林被滥砍滥伐。近期开展的两项综合分析表明，平均而言有机农业的单产比传统农业低 20—25%，但具体差异较大（de Ponti *et al*, 2012; Seufert *et al*, 2012）。

还值得一提的是“生态卫生”方法作为整套农业生态方法中的一个部分，此类方法在营养周期最后使用人类粪便改善土壤营养物，提高粮食产量（Esrey *et al*, 2001），但又不用水施粪肥，以减少对水体的污染。尽管在农业中使用人类粪便应遵循卫生准则（见世卫组织，2006），但尿和粪都是优质综合肥料，施用得当就会提高作物产量（Jönsson *et al*, 2004）。营养物循环的闭合加之其他的土壤管理措施可以推动提高水资源生产率，提升作物营养品质。2009 年基于人类粪便中可用磷的测算表明，粪便可提供的磷占全球磷需求总量的 22%，在土壤严重退化的地区可以成为特别重要的土壤营养物来源（Mihelcic *et al*, 2011）。

### 2.3 改进灌溉农业生态系统的水资源管理

过去 30 年中，灌溉对于实现生产率提高和降低粮食价格发挥了重要作用，但并非所有人都从中公平受益。灌溉也可产生非常明显的乘数效应，如提供淡季就业，

通过家庭花园、牲畜养殖、水产养殖和手工艺以及健康和营养效益拓展生计机遇（Meinzen-Dick, 1997; Lipton *et al*, 2003; Domenech and Ringler, 2013; Rosegrant *et al*, 2009a）。

#### 插文 10 灌溉和水资源管理的分性别特性

从全球来看，女性拥有的土地远少于男性。有一种说法是，女性仅拥有 2% 的土地（城市研究所）。但由于缺乏分性别数据，很难得出经实证证明的准确数字，而且现有知识没有反映出国家间或国家内土地所有权的变异，没有确认土地所有制的差异，也没有表明同一背景下男性可比较所有权（Doss *et al*, 2013）—如评价土地所有权时在多大程度上承认非洲的一些母系做法仍不清楚。

另外，所有权问题没有充分考虑不拥有土地的男性和女性的水相关活动。即便女性独立拥有土地或与家庭共有土地，女性往往也被排除在决策之外，这进一步加剧了灌溉的男性偏倚。男性和男性工程师在灌溉领域以及水和卫生项目的实施中占据主导地位（Zwarteveen, 2008）。即便实施机构要求女性参与，往往也是象征性的，或女性和女童要义务劳动，对决策没有明确影响，也未开发出特殊的技能。

例如，鉴于女性传统上就负责家庭和本地社区的清洁，因此项目规定男性接受培训管理水井、水泵和卫生设施，女性负责维护和清洁。女性参与决策受到文化障碍和传统性别角色影响。不论是在国内还是国际上，相关部委和国际机构或组织都鲜有女性代表（Zwarteveen, 2008）。

研究表明，如女性参与灌溉项目的设计和实施，项目效果更好，更可持续（粮农组织, 2012b）。各国有很多通过社区和机构领导实现女性赋权的范例，包括澳大利亚、孟加拉、印度、尼泊尔、美国西南部和越南（见 Lahiri-Dutt, 2011）。其中一位领导者 Stella Mendoza 成为南加州帝王灌区首位女性当选董事，后在与美国政府就科罗拉多河为加州灌溉农业供水的复杂诉讼中出任董事会主席。

#### 插文 11 盐渍化

由于自然地理原因，盐可存于农业土地；但干旱和半干旱地区大片灌溉面积面临的土壤生产率下降的问题是次生土壤盐渍化的结果。例如，由于管理不善或缺少排水设施，在过去 20 年中伊拉克有 50% 的肥沃土地遭遇盐渍化（Wu *et al*, 2014）；在中亚，由于排水系统未得到适当维护，灌溉土地也面临着严重盐渍化的问题。

由于灌溉水不断带来更多的盐，或由于地下水位升高（积水）通过毛细上升将盐带到地表，盐在灌溉土壤中不断累积。每年有数十万公顷的高产灌溉田面临不同程度的盐渍化威胁，以土地为生的社区生计受到影响。

应对次生盐渍化可以选用两种策略：(a) “与盐渍化共存”，即允许土地盐渍化，然后培育耐盐作物和盐生植物，辅以特别管理；(b) 通过渗滤“控制盐渍化”，保持土地高产特性。据测算，40—60% 的灌溉面积需要排水，以期避免土壤盐渍化（Tanji 和 Kielen, 2002）。控制盐渍化是灌溉地区的推荐策略，需要投资建设排水设施，并通过适当的制度和政策对灌溉进行管理。

在过去 20 年间，全球很多地区的大规模灌溉公共投资锐减；只有撒哈拉以南非洲地区的投资呈现强劲增长态势，但该地区投资基数很小（Rosegrant *et al*, 2009b）。正如“农业用水管理综合评估”（2007：30）所言，“大规模公共灌溉农业快速扩增的时代已经结束：多数地区的新任务是调整过去的灌溉系统，使其适应未来的需求”。大规模灌溉系统衰败的原因包括绩效差强人意导致捐赠方兴趣下降，对不利社会和环境影响的担心，其他部门对水资源竞争加剧，以及谷物价格下滑。这些因素减缓了灌溉投资的紧迫性，降低了灌溉投资的回报（Ofoso, 2011）。

另外，私营灌溉系统的发展，特别是地下水灌溉系统，也减轻了开发大型系统的压力，但很多地下水灌溉系统依赖于表现欠佳的地表系统，渗漏严重（见第 2.3.2 节）。其他系统包括：农民出资和管理的灌溉，主要由电机泵支持，地表系统更加智能；谨慎投资于部分与水库相连的大型系统，通常服务于多重目的；改革水资源管理制度，转向保持系统的生态完整性，提高生产率和利润率（粮农组织，2006；Rosegrant *et al*, 2009a；Wichelns, 2014；Faurès *et al*, 2007）。盐渍化是一个重要问题，会造成已经具备灌溉条件的土地退化（见插文 11）。据粮农组织测算，全球范围内有 3 400 万公顷土地现受到盐渍化影响，占总灌溉面积的 11%（粮农组织，2011a）。本世纪灌溉农业的挑战是针对现有和新建灌溉系统提高公平性、减少环境损害、加强生态系统功能，提高水资源和土地生产率。

### 2.3.1 地下水用于灌溉

得益于新的钻探技术和价格更加低廉的水泵，自上世纪七十年代起就出现了一场静默的地下水革命（见 Custodio, 2010；Margat and van der Gun, 2013），数百万亚洲的农牧民因此改善了生计和粮食安全。南亚恒河平原和华北平原的地下水开发速度尤胜，两个地区汇集了大量贫困农民。海湾国家几乎是完全依赖地下水，通过脱盐生产淡水的产量也在不断扩大。撒哈拉以南非洲地区并未出现这场革命，在这片大陆上“释放地下水潜力”应避免南亚和其他地区的错误<sup>26</sup>。

表 2 地下水灌溉全球调查

区域	地下水灌溉		地下水使用量	
	百万公顷	占总灌溉面积比例	立方千米/年	占总灌溉量比例
全球总量	112.9	38%	545	43%
南亚	48.3	57%	262	57%
东亚	19.3	29%	57	34%
东南亚	1.0	5%	3	6%
中东及北非	12.9	43%	87	44%
拉美	2.5	18%	8	19%
撒哈拉以南非洲	0.4	6%	2	7%

来源：GWP（2012 年），摘自 Siebert *et al*（2010 年）。

<sup>26</sup> 登陆 [www.upgro.org](http://www.upgro.org) 了解英国跨理事会研究计划的具体内容，该计划旨在释放非洲的地下水潜力，为穷人谋福利。

## 插文 12 西班牙的灌溉改革

近年来，西班牙推行了水资源管理改革，主要是为满足《欧盟水资源框架指令》的要求，但改革的推行却给灌溉带来了不利影响。2006年启动的《灌溉冲击计划》旨在节约用水，与欧盟的水资源政策法规保持一致（农渔业和食品部，以及环境部，日期不详）。西班牙更新了约130万公顷灌溉土地，加之农民从重力灌溉转向滴灌，节约水资源方面产生了积极效果。但从水渠转为压力输水管网和滴灌需要更多的能源（Hardy *et al*, 2012）。从1970年到2007年，农田灌溉用水减少了21%，而能耗成本提高了657%（Corominas, 2010, Stambouli *et al*, 2014 引用）。这些变革意味着西班牙水相关活动40%的电力都用在了灌溉农业上（Hardy *et al*, 2012）。同时，西班牙的能源结构也发生了变化，新增了更多通过提高能源价格补贴的可再生能源来源（利用强制入网规定），并提高面向所有西班牙用户的电价。对于农民而言，这两项政策的结果有好有坏：农民的资本和基础设施显著改善，但在获得这些利益的同时，电力成本也大幅提高。这一点，以及政府仅仅负担一部分的投资财务成本，是这项重大政策改革的主要缺陷。尽管如此，耗水少、水和土地生产率高、更加有效的水资源控制和监督以及更高水平的农民生计都是无可置疑的利好（Garrido, 个人通信）。

测算结果表明，地下水灌溉占总灌溉面积的38%，占总灌溉水量的43%（Siebert *et al*, 2010）。南亚地下水使用迅速扩增有部分直接原因是公共地表灌溉系统渗漏，导致地下水水位升高（恒河平原），而在其他地区，使用地下水主要是因为缺少可用的地表系统（如越南中央高地的咖啡种植）。在其他地区，蓄水层容易开采也造成了地下水的过度利用（如美国的奥加拉拉；以及孟加拉的地下水抽取）。

有人提出地下水灌溉“与大型地表灌溉相比，能够推动更高水平的人际、性别间、阶层间以及空间公平性”（农业用水管理综合评估，2007：32），分析南亚非正规地下水市场的研究人员表示，获取地下水通常与信贷和补贴电力的获得挂钩，因此更有利于大农户，而资源耗尽的成本却由资源匮乏型农民承担（Dubash, 2007；Sarkar, 2011）。

能源—地下水的联系产生了一种吊诡的政治经济悖论：能源价格飞涨会减少抽水，有利于保护蓄水层，在能源价格没有（高额）补贴的地区以及在地下水生计系统受到过度汲取威胁的地区可以减少对地下水的过度提取。但近年来经济型太阳能泵的开发可能会极大地改变能源与地下水的关系。依靠较高的能源成本限制取水率无法有效确保地下水的可持续利用。

在蓄水层和补给状况较好但贫困率较高的地区，如东部恒河平原，可进一步发掘地下水的潜力（见 Mukherji *et al*, 2012）。地下水灌溉仍是一项重要的发展战略，特别是在地下水利用不足的国家，如在部分中亚地区（Rakhmatullaev *et al*, 2010, Karimov *et al*, 2013）以及撒哈拉以南非洲的很多地区（MacDonald *et al*, 2012）。

与地表水相比，地下水不可见，管理起来挑战性更大；地下水的连接和流向通常不得而知，地表水和地下水的互动也不甚清楚。另外，水井所有人通常较为分散，可能拥有多座水井，还常常把地下水视作个人财产。一方取水对其他方的影响也并

不直接明了。与地表水管理相比，地下水利用管理时间较短，管理的规范和法规尚不成熟。这会导致“逐底竞争”，只有拥有最深水井的人会存活下来，直到资源耗尽（Bruns, 2014）。基于对取水进行许可和规范来对地下水利用推行自上而下的正式规范通常效果欠佳（Shah, 2009），部分原因是数量太大，无法管理。正式的地下水管理也不无成功范例，如加州南部某些地区（Blomquist, 1992），但管理不一定能够阻止水资源消耗。

安得拉邦农民管理地下水系统项目（APFAMGS）是为数不多的地下水自愿治理系统的成功案例，农民收入提高，节水效果显现（世界银行, 2010b; Das and Burke, 2013）。社区直接牵头对本地的降雨和地下水水平开展水文监测和测量，然后将信息公之于众。另外，社区共同制定了作物—水预算，了解了其他作物和耕种方法的信息（Garduño *et al*, 2009）。为什么利润率提高的同时没有出现灌溉扩张和进一步的损耗？Bruns（2014）表示，形成统一的认识和制定共同战略限制了水资源使用，达成了供需平衡。

地下水可持续管理需要达成供（取决于补给）需平衡，供方和需方都要采取有效的干预措施。供方措施可以包括人工补给，含水层恢复或开发其他地表水水源，需方措施通常围绕用水权和许可、集体管理、水资源定价、法律和监管控制，以及节水作物和适当的技术（农业用水管理综合评估, 2007）（见插文 12）。由于当地社会经济和政治因素，供方措施可能比需方措施更易实施（见 Dubash (2007) 印度案例）。将含水层系统保持在可接受水平的唯一途径是控制灌溉面积扩增，改进农业实践，以及种植节水作物（Shah, 2007; Rakhmatullaev *et al*, 2010）。

### 2.3.2 加强灌溉管理

尽管仍有必要，但灌溉领域的政府支持或公共投资必须更具战略性，确保灌溉开发考虑到所有的社会、经济和环境成本及效益。采用的灌溉模式可从一众方案中选择，从农民管理的小型系统到基于水库的大型系统（Wichelns, 2014; 农业用水管理综合评估, 2007; Faurès *et al*, 2007）。同时，现有系统的恢复也开始显露端倪，主要是通过灌溉管理改革进行恢复。综合利用地表水和地下水系统（如南亚部分地区的做法）效果优于仅适用地表水的系统，实现了更高的生产率和效率。在其他系统中，灌溉水的多重用途带来了灌溉以外的其他效益（农业用水管理综合评估, 2007; Meinzen-Dick, 1997）。

有记录说明，女性在技术、推广和咨询服务方面可及性较差，而这些服务对于确保现代化进程的成功非常重要（粮农组织, 2011）。随着灌溉系统不断开发和恢复，必须要考虑到女性在农业领域的不同需求、能力和优先重点。除非能为所有利益相关方所用，否则技术本身并不足以提高灌溉效率。

在气候变化的背景下，灌溉系统可更好地控制水资源，补偿更为随机的降雨，当然这种做法也有成本，因为很多基础设施正在老化（农业用水管理综合评估，2007）。扩增灌溉系统的呼声受到不断加剧的水资源短缺和各种用途竞争的挑战。如果现有灌溉系统不能实现节水，则全球大部分地区都很难实现实质性的扩增。部分节水措施在下文具体讨论。

### **重振大型地表水灌溉系统**

大部分大型灌溉系统（一般称之为水渠灌溉）都是建于上世纪后半叶，在增加粮食生产方面发挥了重要作用。但这些系统的效率和效果不断退化，需要重整系统。出现退化主要是由于运行维护投资不足，以及管理不善。投资建设系统的政府大都无法建立用户接受的水资源定价制度，运营维护费不足以让系统保持高效运行（Malik *et al*, 2014）。另一个因素是缺乏适当的水资源测量方法，特别是在农场层面。重振灌溉系统需要在自动化和测量方面进行投入，另外还要提高供水的可靠性，升级相关技术。维护现有排水系统和建设新系统方面需要得到更大的重视和投资。因此，水资源使用者协会参与制定水资源配置规则以及管理灌溉系统非常必要—收取适当的使用费，将配置限制到实际需要的水平。

### **提高灌溉效率**

灌溉效率的问题经常充满争议，令人误解。在常见的灌溉系统中，从某个来源获取的水资源中只有 30—50%是由作物蒸腾，所以很多人认为通过提高灌溉施用效率可以极大增加水量。但正如 Seckler *et al*（2003）所言，灌溉系统层面的效率提高对整个流域的节水贡献不大，流域范围内水资源会多次回收利用；另外，水资源效率的概念取决于地点、规模和目的（Lankford, 2006）。因此，在建议投资提高用水效率之前了解整个集水区或流域的水文状况非常重要。

通过转向现代系统减少单产损失会提高单产，节约用水，但不会带来水资源的显著增加。在埃及，尼罗河沿岸和整个三角洲的地表水灌溉系统用水平均有 55%的水量损失在径流和深层入渗中（施用效率为 45%）。但损失的水量通过排水系统和地下水抽取不断回收利用。埃及境内尼罗河段只有 10—15%的河水流入大海，因此系统的总体效率为 85%左右。所以，对地表水灌溉系统损失的认识要放在规模背景下，评价整个系统的实际和纸面损失（Molden *et al*, 1998; Oweis, 2014; Seckler, 1996）。某些情况下，这些损失的水量可能进入盐池或储存在无法触及的地区，因而无法回收。农场层面损失对农民而言非常重要，因为水和抽水都要发生成本，但这些并不是较大规模的总体损失（Oweis, 2014）。

设计灌溉效率提高方案时需要考虑的其他问题包括灌溉设施、运行和管理，获得的公平性，节能，以及积水程度以及盐渍化（Bos *et al*, 2005; Faurès *et al*, 2007）。

## 灌溉系统现代化

现代灌溉系统能够提高作物生产率，但并非是通过减少深层渗漏和径流等系统损失来实现，而是通过更好的控制、更高水平的灌溉一致性、更加频繁地灌溉（将供水与作物用水需求联系起来）、更加合理的施肥（加肥灌溉）以及其他因素实现的。在滴灌等部分现代系统中，实际节水可通过限制土壤表层湿润面积来减少蒸发损失，另外还可通过地膜进一步减少蒸发量。但土地生产率提高也来之不易—更多的资本、更高的能耗以及更多的维护需求。成功转化需要有发达的产业，熟练的工程师、技术人员和农民，还要定期维护（Oweis, 2012）。

现代系统本应效率较高；但是，只有得到适当管理才能保障效率；很多情况下，由于管理不善，现代系统并不比传统的地表水灌溉系统效率更高。全球绝大多数灌溉系统都是地表水灌溉；这种状况在近期不可能改变（粮农组织，1997）。选择适当的灌溉系统可能不完全取决于使用效率，还要考虑本地的其他实际和社会经济状况（Keller and Keller, 2003）。

在水源稀缺并价格高昂的地区，现代系统最为成功；农民可通过减少灌溉损失和提高生产率来收回系统成本。如果水量充足且价格低廉，农民没有动力转向现代系统，特别是在南半球。实际上，对于南半球的大部分农民来说，通过土地平整和更好的控制改进地表水灌溉系统可能比灌溉系统现代化更加适合。

## 管理需求

在多数国家，用水大户，如能源生产商、采掘业和饮料公司，对其业务中使用的水资源付费极少。很多国家的农业灌溉用水受到补贴。农民没有动力节约用水，或投资引进新技术，以期改进现有水资源的使用。大家都认同适当的水资源定价可以提高效率，加强灌溉项目的成本回收，但定价的理念面临着巨大的实际、社会和政治挑战，包括难以测量用水量、监督农民用水，以及来自补贴投入品的压力。另外，人们还担心，水一旦成为市场商品，价格就将由市场决定，穷人就无力负担，甚至连家庭用水需求都无法满足。下游沿岸各国担心上游国家会在用水权谈判中把国际水资源作为一种市场商品对待（Altinbilek, 2014）。水资源定价可能会减少农业用水需求，或将需求转向高价值或奢侈作物，对提高农业产量保障粮食安全和营养及/或改善贫困农民的生计可能于事无补，对改善粮食安全和营养影响甚小（Perry *et al*, 1997）。另一方面，如果没有用水权，对灌溉用水不予付费，那么在水资源调配到其他价值更高的城市或工业用途或在干旱时不可供应时，农民将无水可用。

这些非常现实的关切不容忽视。因此，需要提出创新性的解决方案，为水资源赋予真正价值以期提高效率，同时还要认同文化习俗，确保人们有充足的水资源满足基本需求。可面向水资源以外的其他投入品为农民提供针对性更强的补贴，避免水资源浪费。各国还要改进灌溉供水系统的成本回收。

### 2.3.3 低质水的使用和管理

近年来，低质水逐步成为一个重要来源，特别是在缺水的干旱和半干旱地区，以及城周农业开发活动中（见插文 13）。低质水来源包括咸水、农业污水和经处理的废水。在很多地区，穷人在农业中除了低质水别无他选，但这也带来了诸多管理方面的关切，涉及到对人和环境的不利影响。联合国针对这些关切提出 4 项战略：污染预防措施；处理达到优质标准；安全使用废水；以及恢复和保护生态系统。只有对低质水的使用密切监督，并建立起适当的制度和政策环境，才能确保这一重要的水源得到高效使用，而不会造成生态系统退化或影响人们健康。

很多地区咸水储量很大，但咸度不一，主要来自于地下水蓄水层。受地下水采掘和海水倒灌影响，很多淡水蓄水层已经变成咸水，而还有很多其他的蓄水层本身就是咸水。如咸度不高，咸水可直接用于耐盐作物，或经淡化处理后用于人类使用、工业或一般农业用途。咸水淡化的成本低于海水，很多国家（如中东）的农民在田间进行淡化处理，用作农业用途。咸水用于农业用途有利于粮食生产和环境，但需要专门管理，以避免土地盐化、生态系统退化，另外也要开发或选育具有一定耐盐性的作物。目前，海水被创新性地用于生产风味和口感独特的高价值产品（Byczynski, 2010）。咸水过渡采掘也会提高咸度。

过去几十年间，围绕农业中循环使用废水及其对环境的影响开展了大量研究。由于过量灌溉，废水水质对大部分作物来说仍然适合，农民在淡水稀缺的水渠末端会使用废水进行灌溉。在埃及，农业废水由大面积的废水管网收集，与淡水下游水资源混合后回收利用，直到咸度过高无法有效使用为止。目前，埃及每年循环使用的废水量约为 55 亿立方米，预计到 2017 年将扩大到 100 亿立方米（Abdel-Shafy and Mansour, 2013）。

经处理的污水也越来越多地成为灌溉用水的替代来源。总体而言，约 70% 的生活用水可经处理循环用于农业和环境用途。约旦人均年供水资源量约为 130 立方米，1/3 以上的农业用水来自于处理后的污水。南半球城市和城周地区数百万小农使用住宅、商业和工业来源的污水进行灌溉，通常未经任何处理（见插文 13）。某些地区仍有潜力在此基础上进一步扩大灌溉面积，其他地区的挑战则是进一步提高现有基础设施的生产效率。尽管如此，仍有很多因素制约废水回收的发展，包括成本、社会阻力、技术障碍，以及制度和政治局限。使用处理后的污水非常必要，特别是在缺水地区，但需要制定适当控制质量的政策和做法，并在实地进行处理（联合国开发计划署，2013）。由于废水回收有着较大的潜在健康风险，“农业用水管理综合评估”（2007）提出三种方法应对低质水：减少废水生产量；应对农业中使用废水的风险；改进经废水灌溉食品的处理。废水处理要满足世卫组织和其他联合国组织针对不同用途设定的标准和准则。另外，各国应就可用处理后废水种植作物的种类制定各自的准则。总的来说，处理后废水最好用于灌溉观赏花卉、不可食作物或非新鲜食用作物。

### 插文 13 城市和城郊农业

城市农业可直接和间接推动实现粮食安全，前者是通过生产出营养丰富的食品，后者是通过生产市场所需食品为城市贫困人群提供生计（Zeza and Tasciotti, 2010）。参与城市农业需要获得土地和投入品，因此与财富和土地持有状况密切相关（Frayne *et al*, 2014），制约了解决真正穷人粮食安全问题的潜力。但在肯尼亚首都内罗毕的 Kibera 贫民区，可在有限空间操作的口袋园艺越来越常见（Gallaher *et al*, 2013）。口袋花园对家庭粮食安全和粮食安全意识产生了积极影响，但这种影响受到投入品获得的限制，包括水资源。城市地区可供灌溉的水资源有限，如果使用被污染的水就会带来不利的健康影响——这是城市和城周农业面临的一个普遍问题（Cofie and Drechsel, 2007）。

一份近期关于伦敦城市农业的报告鼓励在城市内开展农业活动，以期改进粮食安全状况，满足对本地生产食品的需求（伦敦议会，2010）。报告建议使用城市废水灌溉农田，用以抵消城市供水需求不断扩大的影响。

在很多城郊地区，特别是在南亚和东南亚（Holm *et al*, 2010），废水用来灌溉在城郊和城中心出售的食品。废水中可用的植物营养物更多，因此利用废水进行灌溉能够为缺水地区提供水源，有效处置垃圾，减少对肥料等其他投入品的需求（Ghosh *et al*, 2012）。但利用废水进行灌溉也会导致农产品（尤其是蔬菜）和土壤中金属含量更高。食用重金属污染的食品会消耗身体内的营养物质，带来营养不良等健康问题。对越南、柬埔寨和印度废水生产食品污染水平开展的研究表明健康风险有限，但研究也表示，某些食品（如菠菜）毒性物质含量较高（Holm *et al*, 2010; Ghosh *et al*, 2012）。

### 2.3.4 淡化脱盐

海水淡化是一个潜在的淡水来源，特别是在沿海地区。用水需求扩大，加之技术进步带来的生产成本下降，推动了该领域的快速发展。全球淡化水 40% 以上都集中在海湾合作理事会的 6 个国家。目前，这些国家的产量约为 3 000 万立方米/日，预计到 2025 年将扩大至超过 5 000 万立方米/日（Fath *et al*, 2013）。这是因为该地区淡水资源极度短缺，而用于淡化脱盐的能源资源却储备丰富。Ghaffour *et al*（2013）提出，缺水国的脱盐能力迅速提高，用水需求已经超出稳定供给，部分地区的脱盐成本已经降至 0.50 美元/立方米。但这种较低成本往往是因为能源补贴，而忽视了环境成本。随着新技术的推出，成本可能最终会下降到一定水平，足以支撑在农业中使用淡化水而仍能带来利润，可以使用天然气或太阳能作为能源来源。但这种生产模式对农业而言还是成本过高。另外考虑到能源需求很大且可能对沿海地区产生环境影响（海洋环境的浓缩物和化学排放以及空气污染物的排放），淡化水在近期可能不会成为粮食生产的主要水源。

## 2.4 改进食品加工过程的水资源管理

食品加工用水的数据往往不能直接获得。此类数据通常是工业制造数据的一部分，用水量也是工业用水量的一部分，其中能源所占比例最大。如美国地理调查（USGS）

所述，“工业用水包括产品制造、加工、清洗、稀释、冷却或运输等用途的用水；或制造单位内部的卫生用水”（美国地理调查，2014）。这包括食品加工用水。美国地理调查发现，用水量最大的“行业”是食品生产、造纸、化工、炼油或原料金属等行业（Kenny *et al*, 2009）。2005年，美国工业用水量（包括加工业用水）据测算为7 000万立方米/天，其中82%都是由地表水供给，其余为地下水。

食品加工耗水量远低于初级生产。在欧洲，食品制造用水量平均为4.9立方米/人，从马耳他的1.7立方米/人到荷兰的15.8立方米/人不等（Förster, 2014）。但某些产品的耗水量很大。据联合国工业发展组织（日期不详）称，桃子和梨加工耗水量从14 000升/吨产品到18 000升/吨产品不等，绿色豆类加工则高出很多，每吨产品耗水量为45 000到64 000升不等。据测算，生产1吨面包的耗水量为1 800升到3 600升，乳制品为9 000升到18 000升。

需要指出的是，食品加工用水包括食品中添加水，以及清洁用水（表3）。如第一章所述，水是食源性疾病的一个主要成因。因此，水质对于确保最终产品的质量和食品安全非常重要。足质足量适当水源的可供性可以成为某些地区食品转化的局限。因此，一些食品转化的用水大户越来越希望通过控制资源来保障供给（见第一章）。

正如某些领域近期实现的用水削减一样，减少用水强度（每公斤产品用水升数）面临很多机会。据 Kirby *et al*（2003）测算，文化变革（如教育和监督计划）以及运营模式的变化（如自来水系统安装自动关闭系统）最多可将耗水量减少30%。进一步的改进要通过循环和回收利用实现，但这需要更多的资本投资以及强有力的食品安全保障机制。

**表3 食品加工业部分流程的水量和水质要求**

流程	相对水量	水质
直接制备产品	低	高；适于饮用
瓶装水	高	高；适于饮用
冷却水	高	中—高
产品清洗	中—高	中—高
水槽水（输送和洗涤原料产品） <sup>27</sup>	高	中—高
生产冰、热水和蒸汽	？	中—高
空调和湿度控制	？	中—高
启动、清洗和清洁加工设备	高	高
清洁和消毒加工设施	高	中等
消毒用水	？	？
锅炉进水和灭火	高	中等

来源：根据 Kirby *et al*（2003）整理；数据来自于食品法典委员会（2000）。

<sup>27</sup> 输送及清洗未制备原材料的水槽（如甜菜、西红柿及其他未制备水果、蔬菜）。

食品加工企业会排放污水，也会产生固体废弃物，可能会对环境造成不利影响。食品加工企业污水排放量较少，但如不加处理可能会带来严重污染，因此需要进行分析。食品加工污水往往富含营养物质，具有富营养化的潜在风险。果蔬加工污水可能富集农药和悬浮物。果皮、果核和其他原材料需要储存或堆肥。肉、禽和海鲜加工产生的废弃物最难处理和控制在血液和其他副产品的废弃物中生物化学耗氧量（BOD）很高，可能会携带致病菌。

环境保护和减少水质污染的最佳方法是减少、循环、回收和处理食品加工污水。减量包括在从加工企业排放之前就要限制污水量。循环包括将废弃产品用作动物饲料，用于能源生产，或通过堆肥用作土壤添加剂，是指能够减少废弃物、循环使用重要营养物的方法。污水可进行深度处理，包括视需要进行臭氧或加氯消毒（如肉类副产品）（联合国工业发展组织，日期不详）。（见插文 14 中的例证）。

上文仅对食品链/价值链上的食品加工、分销和零售环节描述了部分情况。在工业化水平更高的食品体系中，食品供应链非常复杂且地域分布很广，上文提供的用水量很可能远远低估了实际情况。更好的测量方法应给予系统性的生命周期分析。食品在加工、分销和零售过程涉及的所有阶段（以及随后的废弃物管理阶段）都要进行评估—确保分析涵盖食品生产和配送所有过程的用水，包括食品加工和分销过程制造机械和工具用水，食品加工能源用水，以及添加剂和其他化学物生产用水。这种综合性方法能够更加准确地测算出水足迹、间接用水或其他用水指标（见第 2.5 节）。

#### **插文 14 越南胡志明市 Vissan 屠宰场案例研究**

1999 年，越南肉类工业有限公司（VISSAN）是胡志明市最大的现代综合性屠宰和肉类加工单位，主要加工牛和猪。当时，几乎所有的屠宰过程副产品和废弃物都直接排入当地水体，包括血、皮、内脏、胃内残留物和粪便、污水和毛发，造成很高的有机污染负荷。一个由瑞典国际开发署（SIDA）和联合国工业发展组织（UNIDO）资助的清洁生产团队分析了垃圾产生的原因，并提出了一系列解决方案。该团队提出的解决方案包括回收血液制成鱼粉出售，并回收清理内脏产生的固体垃圾作为粪肥出售；这些方案产生了立竿见影的效果，包括卫生、用水减量、减少排水管道堵塞以及通过销售回收产品增加收入。另外，更换输水管线和安装闭环式冷却系统在节水和卫生方面产生了更大的效益。由于很多国家并未实施“谁污染谁付费”的原则，建立激励机制、引入双赢方法在管理全球范围内快速增长的加工企业方面仍将发挥重要作用，这些方法包括在改善企业盈利状况的同时减少过度抽水或污染给自然资源带来的不利影响。

来源：瑞典国际开发署/联合国工业发展组织/DOSTE（1999）。

## **2.5 贸易在管理/应对缺水/水量充沛方面的作用**

如高专组分析的大多数问题一样，贸易在粮食安全和营养相关水资源方面发挥着重要但复杂的作用。从水资源角度来看，贸易是缺水国支持稳定食品供给的重要战略。而在水量充沛的国家，贸易也能提供来自于农业出口创收（虚拟水资源贸易）的生计机遇和收入利益；而这些出口创收如能得到可持续管理，就不会危及保障粮食安全和营养所需的自然资源资产。

但如 2011 年高专组关于粮价波动的报告所述，农产品市场的扭曲会让缺水国的粮食安全和营养状况更加脆弱，因为它们依赖进口。2007—2008 年粮价危机发生时，贸易限制和禁令成为了一种重要手段，特别是在稻米价格大起大落的时候，小麦和大豆也见证了这些措施的使用（高专组，2011）。出口禁令和限制会刺激价格上涨，加剧食品进口国在获得供给方面面临的不确定性（Sharma，2011）。俄罗斯联邦、阿根廷和印度等出口国使用的出口限制措施向进口国传达出有力的信号，即出口方仍以本国利益为主，缺水的粮食进口国在危机发生时面对粮食安全和营养风险十分脆弱。另外，私营粮食贸易商违反合同，买断自身的义务，将粮食出售给价格更高的地区，一些低收入进口国因无力承担而被踢出市场。

对于粮食供给进口受到贸易干扰的国家，他们的反应是寻找可以减少暴露于价格波动的途径，调整粮食储备政策，投资实施风险管理战略（如面向生产者的气候保险），增加国内农业生产和粮食加工企业方面的投资。部分富裕的缺水国把目光转向境外，寻找可以种植粮食的土地。在 2007—2008 年粮价危机后第一波大规模土地投资浪潮中，以中东石油国为主的国家开始在海外寻找拥有稳定水源的可耕地，租用土地生产粮食以满足国内需求（Cotula，2009）。总的来说，2008 年以后土地投资激增反映出投资者对于拥有良好农业生产潜力的土地的新兴趣，其中水资源必不可少。

捐赠方和各国政府支持实施了多项举措，旨在帮助低收入粮食净进口国提高市场透明度，加强国内粮食生产。2011 年，二十国集团在粮安委的支持下也同意建立农产品市场信息系统，希望通过公开储备信息提高国际市场透明度；但世贸组织成员国未能就建立减少贸易限制的约束性规定达成一致。对于缺少水源和/或经常性遭受洪涝灾害的低收入净进口国来说形势尤为紧迫，这些国家都在一定程度上依赖国际市场保障国内市场的稳定。对价格波动原因的评估表明，30 年前发展中国家粮食进口价格的波动主要是因为国内产量起伏；价格变化中仅有 25% 是因为国际价格变动。但到 2012 年，发展中国家粮食进口费用的增长中大部分是因为国际价格的变动，某些国家则完全是因为受到国际价格波动影响（Valdés and Foster，2012：13）。

这个观点与全球化预测结果大相径庭；预测结果提出，由于参与供需数量调整的消费者和生产者数量增多，因此加强国际市场一体化会抑制各地的价格波动。在一定程度上，这可能是因为经济一体化远未完成，特别是在农业和粮食市场上。市场一体化程度及国内价格体系与全球市场和国际价格的关联（及相关稳定政策）取决于具体国家（经合组织，2009；Yang *et al*，2008；高专组，2011）。

需求快速扩增（包括耗水型动物源食品）与新兴经济体收入提高有关，但也给可能会因为无力负担而被本地市场关在门外的低收入消费者带来压力。目前亟需制定国家政策，保护贫困和相对边缘化的社区，使其能够获得可负担的营养食品。一种方法是推行现金转移等社会保护政策（高专组，2012b）。其他方法包括，面对国内外粮食、饲料和生物燃料作物需求增长强劲而产生的价格影响，支持低收入生产者持续获得拥有良好水源的可耕地。水资源在这些状况下可能并不显眼，至少对政

策制定者如此，但水资源却是一个重要的推动因素，需要在国家粮食安全战略中给予特别重视。

## 2.6 水资源管理指标

描述和评估水资源利用有很多指标，其中有些与粮食安全和营养领域的水资源尤为相关。这方面面临很多挑战，包括水资源核算方法、核算结果可比性、以及用于决策的方式。在核算中首先要区分“消耗的”水资源（即蒸腾部分）和提取水资源，因为部分水资源会立即回到生态系统中，但可能会发生质量改变（见图 2）。部分方法包括了绿色水资源，这对农业尤为重要。另一个主要问题是如何核算质量问题，有人称之为“灰色水资源”。本地角度尤为重要，因为其能反映本地稀缺状况，包括实际和社会/经济，以及相对于需求的稀缺状况；另外还可以了解抽取出但未“消耗”的水资源情况（蒸腾或包含在产品中）。为充分反映出实际情况，这些参数都要采用非常精确的方法，以大量数据为基础，但分析结果常常很难比较，解释起来也不容易。下文简要介绍了部分主要指标，这些指标测量的内容，以及指标使用的注意事项。

### 2.6.1 水资源效率

水资源效率的概念来自生物学、工程学和生态学，反映出某个进程——不论是生物、工程（如灌溉）——怎样利用水资源提供服务，即有多少水进入系统、多少水出去以及怎样进出（植物生长、灌溉水、生态系统服务）。水资源效率是一个以过程为中心的概念，通常（但并非总是）是一个无量纲变量（如“出水/进水”）。

作物生理学家对用水效率的定义是每蒸发单位被吸收的碳和作物产量（Viets, 1962），以及每蒸腾单位的产量。从这个角度来看，该指标也用于评估陆地生态系统的用水效率（见 Beer *et al*, 2009; Tang *et al*, 2014）。

灌溉专家使用“用水效率”这个概念来评估为植物提供水源的效率，以及提供过程中浪费的水量。但这个概念可能会让人产生误解，因为灌溉系统“损失”的水量通常仍会成为有用的流量，可在下游加以回收利用（见 2.3.2 节）。灌溉过程损失的水量往往会通过其他用途补偿（Seckler *et al*, 2003）。

### 2.6.2 水资源生产率

水资源生产率的概念来自于农艺学和经济学，反映出水资源投入的产出（通过农艺或经济过程）。因此，水资源生产率是一个“围绕产出”的概念（每单位投入水量的产出）。

水资源生产率的定义是每单位消耗水量的产出，从农艺和物理来看就是单位用水的作物产量，从经济来看就是单位用水价值。此概念还可用于评估营养性水资源生产率，每单位耗水量的卡路里或蛋白卡路里数量（Molden *et al*, 2010）。表 4 选择样本作物和产品列出了多个水资源生产率的平均值，包含从管理不善到管理改进的各种状况。

表 4 农业用水生产率（每立方米用水所获产值）

产品	用水生产率			
	每立方米 千克	每立方米 美元	每立方米 蛋白克	每立方米 千卡
<b>谷物</b>				
小麦（\$0.2/千克）	0.2–1.2	0.04–0.30	50–150	660–4 000
稻米（\$0.31/千克）	0.15–1.6	0.05–0.18	12–50	500–2 000
玉米（\$0.11/千克）	0.30–2.00	0.03–0.22	30–200	1000–7 000
<b>豆类</b>				
小扁豆（\$0.3/千克）	0.6 (0.3–1.0)	0.09–0.30	90–150	2 120
蚕豆（\$0.3/千克）	0.6 (0.3–0.8)	0.09–0.24	100–150	2 520
花生（\$0.8/千克）	0.3 (0.1–0.4)	0.08–0.32	30–120	2 382
<b>蔬菜</b>				
马铃薯（\$0.1/千克）	3–7	0.3–0.7	50–120	3 000–7 000
番茄（\$0.15/千克）	5–20	0.75–3.0	50–200	1 000–4 000
洋葱（\$0.1/千克）	3–10	0.3–1.0	20–67	1 200–4 000
<b>水果</b>				
苹果（\$0.8/千克）	1.0–5.0	0.8–4.0	忽略不计	520–2 600
橄榄（\$1.0/千克）	1.0–3.0	1.0–3.0	10–30	1 150–3 450
椰枣（\$2.0/千克）	0.4–0.8	0.8–1.6	25	1 120–2 240
<b>其他</b>				
牛肉（\$3.0/千克）	0.03–0.1	0.09–0.3	10–30	60–120
鱼类（水产养殖 <sup>a</sup> ）	0.1–2.0			

a. 包括粗放式系统，无需向超集约化系统投放营养物质。

来源：农业用水管理综合评估，2007 年，数据摘自 Muir，1993 年；Verdegem *et al*，2006 年；Renault 和 Wallender，2000 年；Oweis 和 Hachum，2003 年；Zwart 和 Bastiaanssen，2004 年。

因此，水资源生产率可以更加宽泛地定义为单位用水产生的效益，可作为分析水资源管理的总体概念（Molden *et al*，2010）。水资源生产率可用于评估各个领域不同规模的水资源回报（如核算水资源的多种用途），并将水资源生产率与粮食安全状况改进和减贫联系起来（Molden *et al*，2010）。这一概念在流域层面也正在得到越来越多地应用。随着水资源生产率的概念不断发展，文献资料对其价值和实用性也提出了批评。厘清概念、将其与农业生产率联系起来在重要问题之列。还需开展进一步的研究，特别是要更好地考虑到水资源回收利用率较高的多用途系统（Lautze *et al*，2014）。

### 2.6.3 水足迹

Hoekstra *et al*（2011：46）提出：“一种产品的水足迹定义为生产产品直接或间接耗用的淡水总量。这是基于虚拟水概念（2.6.5 节）。水足迹的测算要考虑生产链上所有步骤的水资源消耗和污染。”这里面包含 3 种水资源：绿色水资源，即以土壤水分形式保存的雨水；蓝色水资源，即地表水和地下水；以及灰色水资源，即吸收污染物以满足周边水质要求所需的淡水量（Hoekstra，2009）。对于某种特定的产

品，水足迹可以是生产所需用水总量指标，这种用水可以通过雨水（绿水资源）或灌溉（蓝水资源）提供；以及用于稀释生产过程产生污染物的水量（灰水资源），包括从粮食生产到消费的 3 种主要影响类别。

水足迹是 2000 年初推动的多个环境足迹之一，目的是评价水资源消耗对自然资源的影响。这些措施旨在应对不断加剧的自然资源短缺状况、资源治理不善的问题，以及补充对产品和服务生产所需的相对碳/水以及其他自然资源的有限知识。通过这些工具可以计算个人或国家消费产品和服务的影响。水足迹概念的主要创新和挑战是准确计量生产过程中各个步骤的耗水量，在今天全球化价值链的背景下尤为困难。

水足迹在提高人们的认识方面发挥重要作用，让人们意识到水资源对于产品和服务生产的重要性，以及消费粮食和其他产品也会间接地消耗水资源。例如，牛排和软饮等部分食品的水足迹经常会被提及，灌溉方式生产的纤维，如棉花，也经常被举为例证。例如，Ercin *et al* (2011) 测算表示，0.5 升的软饮料（含糖量为 50 克）每瓶会消耗 169—309 升水，具体取决于糖的来源。针对该产品，几乎 100% 的水足迹都发生在供应链，而非实际的直接产品（瓶中的 0.5 升水）。其他经常引证的例子包括 1 件棉质 T 恤（2,720 升水）和一条棉质牛仔裤（10,850 升水）（Chapagain *et al*, 2006），或 1 公斤牛肉（15,415 升水）（Mekonnen and Hoekstra, 2010）。正如部分批评者所言，这里面使用的通常为均值，加上水足迹包含三个内容（绿色、蓝色和灰色），因而无法准确反映出任何实际产品的环境影响。

水足迹以及所有指标提供信息的可靠性很大程度上取决于数据及其报告方式的精确性。如上文举例所示，很多情况下采用的是全球平均数，无法区分雨量充沛地区绿色水资源和缺水地区用水灌溉的影响。部分作者（Antonelli and Greco, 2013）提及将非可再生来源或来自缺水地区的水资源区分开来；但就将稀缺性纳入水足迹的方法尚未达成一致（Perry, 2014）。另一个局限是尽管一种作物的实际水足迹可能视农田的农业气候状况以及生产中使用的耕作方式而发生变化，但作物的水足迹通常都是运用宏观层面数据计算，无法反映出生产方法和农田条件导致的差异。

部分作者还提到了灰色水资源概念的局限性，因为下游用途所需的水质在很大程度上取决于使用类型，而在这方面的水质标准没有共识（Perry, 2014）。

因此，尽管虚拟水足迹可以提供特定产品用水情况的一般性视角，但在做出适当的水资源管理决策前还是要开展更加具体的分析。

#### 2.6.4 生命周期分析

生命周期分析是一种分析工具，用于评价产品的生产、使用、废弃，即“从摇篮到坟墓”整个生命周期中，具体来说从原材料的获取到材料加工、产品制造、运输、使用、维修、废弃或回收利用整个过程中，对资源使用和对环境产生的影响。

长期以来，生命周期分析中往往忽略水资源消耗。原因很多（Berger and Finkbeiner, 2012）：

- 第一，最初开展生命周期分析是为了优化工业流程和相关产品，而在此流程中净耗水量一般不是主要媒介或投入成本项目，也不是主要环境影响；
- 第二，在最初进行生命周期分析的国家，耗水量并非环境方面主要关注事项；
- 第三，如上所述，水有着具体方式方法上的困难。

然而，尤其对于农业和粮食产品生命周期分析而言，不能忽视耗水量，否则可能无法对环境影响进行全面分析。

最近开展了多项举措，如环境规划署/国际环境毒理与环境化学学会的生命周期举措和为制定一项国际标准化组织标准而开展的工作等，努力确定了共同原则和方法，有利于将耗水量评估纳入生命周期分析。这些工作导致制定综合方法用于对水资源使用调查和影响评估进行水资源核算（Jefferies *et al*, 2012; Berger et Finkbeiner, 2010），促成 2014 年公布国际标准化组织的一项标准（ISO 14046）。

水足迹方法和生命周期分析方法的目的是为了评价耗水量的环境影响，使从业人员了解这方面情况，为评估和提高环境绩效提供手段。然而，这两种方法有很大不同之处（Boulay *et al*, 2013, Pfister and Ridout, 2013），如包括或不包括绿水（水足迹方法包括绿水，而生命周期分析方法则不包括），水污染核算方法等。

### 2.6.5 虚拟水和虚拟水贸易

虚拟水概念用于测量产品中所“体现”的水，即生产某个产品所必需的水。此概念的提出是为了说明贸易可支持一国进口需要大量用水生产的产品，从而弥补一国的水资源稀缺状况（Allan, 1996）。这导致提出“虚拟水贸易”（Allan, 1993, 1996, 2003）。

虚拟水概念反映出农业用水、水资源稀缺和全球经济的重要联系，以及如何通过粮食进口至少部分地减轻当前水资源短缺的压力（Allan, 2011）；另外也能说明出口型农业对本地水资源可供性的潜在影响。在缺水地区，各国可借助虚拟水概念评估作物本地生产所需用水，对本地生产与进口加以比较。这一概念现已广泛用于描述缺水国如何从水源充足国家进口粮食而实现粮食安全（Wichelns, 2010）。部分作者提出，大部分虚拟水资源是绿色而非蓝色水资源（Chapagain *et al*, 2006）。另外，研究表明国际谷物贸易减少了全球用水量，特别是灌溉用水（de Fraiture *et al*, 2004）。

进口虚拟水资源符合逻辑且效率较高，但进口国也会面临某些风险，如国际市场上的潜在短缺（如 2007/08 年和 2011 年粮价危机发生时的状况），或出口国采取政治惩罚措施。进口粮食配置到贫困地区也面临挑战；从粮食安全和营养的角度来看，应尽可能支持本地生产，以此建立本地粮食系统，发展农村社区。将面临不同

机遇、环境成本各异的产品用水量值加总合计会扭曲分析提出的政策建议（Gawel and Bernsen, 2011）。这一概念的片面性使其无法确定水资源短缺相对于其他因素的影响，如劳动力和资本，以及经济增长和社会福利（Wichelns, 2001）。最后，水资源拥有量在全球贸易关系中的重要性可能会进一步提高；目前该指标尚无法很好滴解释虚拟水资源净进口的情况（Wichelns, 2010），但在分析特定缺水地区进口粮食时可作为一个因素加以考虑。

### 2.6.6 不同工具、不同目的、不同用户

关于水资源使用和管理的影响评估工具和方法，开展了大量讨论。如上所述，想要适当阐明水资源使用的所有影响，则需要大量数据，产生难以沟通的信息。方法越精确，相应的数据要求就越难满足。因此，采用的方法是结合可得数据权衡取舍技术/科学准确性与结果的可沟通性（Berger and Finkbeiner, 2010）。因此，这些方法都会受到批判，而事实也的确如此。但重要的是，不要忘了其用途，不要超过其原定用途。这些工具和方法主要为描述性；不应视为普遍适用的决策工具，无论涉及什么问题、什么目的、哪个行为方。

表 5 水资源管理和利用测量工具对比

工具	描述	目的	主要用户	优势	局限性
水资源效率	水资源作为一种投入品在某个系统加以利用的指标。	测量系统（如灌溉系统）供水能力的效率，以便对比不同选项，从而对系统加以改进。	工程师 从业人员 农民	简单易用，很好地适应于特定公众	具体指标必须非常明确（管道水位、水库水位等）。与产出或与粮食安全和营养间接相关
水资源生产率	在水资源作为一种投入品的某个系统的产出指标（物理、经济、社会等）	测量某个系统中每升水所提供收益，以比较各项方案，改进该系统。	工程师 从业人员 农民 （酌情包括其他决策者）	着重关注产出，显然有利于粮食安全和营养。	该方法的概念不一致，尤其是如何对待多维度问题。重要数据需求。
水足迹	直接或间接用于生产一个产品的淡水总量指标	测量一个国家或个人直接或间接耗水总量（鉴于其消耗量）。广义来说，评价某个产品消耗的影响。	消费者	所提供信息简单明了。概念与其他足迹指标一致 普遍受欢迎	没有适当表明当地具体影响 数据非常密集
生命周期中的水资源分析	产品的生产、使用、废弃即“从摇篮到坟墓”整个生命周期中的资源使用和环境 影响指标。	测量一个进程的资源使用效率（经济效率）和/或影响（一般指环境影响）。	企业	方法全面而详细 方法描述清楚	数据非常密集 结果在向非专家传播过程中往往面临挑战。
虚拟水资源	测量产品中“所包含”水。	通过贸易、进出口量说明各国间接水消耗量。	分析人员	简单、普遍受欢迎	没有适当考虑当地具体影响。

实际上，上面所简要介绍的大多数工具和方法是为了确切用途而制定的，并考虑到使用者的具体类别（见表 5）。工程师所制定方法用于评估其行动效益，现已日益转向评估完全生产力。这些方法应确切、准确，但鉴于其公共性，可能相当复杂，尤其是用于指导地方层面做出技术决定时。虚拟水概念是一个非常有用的工具，可表明一些国家如何实际依靠贸易来弥补水资源短缺，当然还有许多因素说明和决定贸易流量。

水足迹概念过去在很大程度上从虚拟水概念得出，现在是提高对于产品“所体现”水间接消耗的认识的一个极其有力的工具。最初计算产品水足迹是为了建立一个消费者的完整足迹。

水足迹主要为了评估国家、地区、个人的水消耗足迹，无法考虑到生产地区用水的所有当地具体影响，那需要对生产到消费进行全程追溯。而生命周期分析则十分注重产品，或十分注重生产过程，最初是生产者用于评估其环境影响和确定热点的一个工具，以改进其生产过程，减少环境影响。为此，生命周期分析需要尽可能精确评估每个变量的地方具体影响。在许多情况下，生命周期分析应当针对一般环境问题，但在此案例中，需要针对多个方面（如水、碳、氮、能源等）制定方法、进行计算。

因此，所有上述工具都有适合其最初用途和用户的优势及局限性，特别就精确度而言。近几年来，与其中每种方法相联系的各社区之间所进行讨论和交流，逐渐增进了对方式方法问题的了解，使观点和方法逐步趋同（Boulayi, 2013, Pfister and Ridout, 2013）。换言之，工具和方法由于其用户不同而仍有所不同，但是可能依据逐步趋同的原则。

## 2.7 粮食安全和营养相关水资源的研究和知识

公共和私营部门资助的研发活动在粮食安全和营养相关水资源领域发挥重要作用，可支持循证的政策改进，实施考虑间接环境外部性的综合适应性管理系统，以及支撑粮食生产和食品加工用水的技术和管理改进。同样重要的是，研究成果能在粮食安全和营养相关水资源的实施过程中转化为行动，这就需要研究产出切合终端用户的需要，并具有可及性，不论是政府、水资源管理者、大型私营企业还是小农，特别是在南半球。这就需要承认研发活动的重要性，也要在研发领域投入公共资金。

水资源与粮食安全和营养领域有很多重要的全球性研究机构，至少有农业研究磋商组织下面的 15 个中心以及相关的跨中心研究计划。其中，国际水资源管理研究所完全着眼于水资源，主要是水和农业。食用水研究所在水资源和粮食全球治理方面也很活跃。国际农业研究磋商组织的其他研究计划也涉及水和食品问题。

另外还有全球水资源研究联盟，成员汇集了全球范围内多个水资源研究机构。但是，尽管食用水和能源的关系是全球关注焦点，农业用水和粮食安全却并非优先考虑的问题。加强南半球大学和知识中心的研究能力非常重要，使他们开展的研究

能够反映各自面对的挑战和局限（即高校资金紧张，公共投入少，数据和信息获得不公平）。最后，还有一些问题通常不是由传统研究进行资助的，需要进一步关注。这些问题包括：非正规水经济和习惯安排；水与粮食安全和营养的人权方法；本地粮食生产与贸易的营养平衡及其对儿童和女性的影响；气候变化对粮食安全和营养相关水资源的本地影响；水计量研究，以及水计量是否考虑粮食安全和营养/生计问题。

## 2.8 前进道路

本章着眼于整个食品链，讨论在各类农业生态系统中如何改进水资源管理。文中还分析了保护水资源以及改进食品加工和制备用水的多种方法和途径。由于本章主要关注农业系统，我们就如何改进农业用水提出了一些建议，然后介绍了整合各种规模不同方法的想法。De Fraiture and Wichelns（2010）梳理了确保生产出足够粮食同时又能保护环境、减少贫困的多个路径。他们提出，如果内在风险能够得到有效管理，投资开发雨育农业会有很大潜力，撒哈拉以南非洲地区和东南亚灌溉扩增也有很大潜力；他们强调了贸易对驱动食品从水源丰沛地区转向缺水地区的重要作用，有时甚至是在一国之内。将雨育和灌溉农业投资与战略性贸易决策相结合有利于减少可持续满足 2050 年粮食需求所需的额外用水量。他们认为，如农业用水管理得以显著改善，则满足 2050 年的全球粮食需求就会有足够的土地和水资源。

根本性转变当前的农业用水方式必不可少。多种策略需要共同实施，要承认食品生产者的智慧，如渔民、牧民和其他小规模生产者。撒哈拉以南非洲地区需要投资建设基础设施，而亚洲很多地区需要提高生产率（Poteete *et al*, 2010），重新配置供给和恢复生态系统。

但有效提高水资源生产率不能仅仅依靠技术进步。支持人和机构应对所需变革非常重要（农业用水管理综合评估，2007），包括建立有利环境、推动性别平等和女性赋权相关的变革。这还需要扶持性政策以及健康的制度环境，理顺使用者的激励，鼓励采用新技术，以及进行权衡取舍（农业用水管理综合评估，2007）。这在很大程度上取决于治理机制的改进。



### 3 粮食安全和营养相关水资源治理问题

由于水资源涉及多个行为方，因此要解决不同用户之间的竞争、水资源获取不平等、保障和提高水资源（包括所有维度：可供量、获取、质量和稳定性）对粮食安全和营养（包括所有维度）的贡献等问题，就必须加强治理。本章审视“粮食安全和营养相关水资源”各方面的治理问题，并探讨解决问题的手段。

鉴于水资源可供量面临各种障碍，包括数量、质量、季节性或可靠性等方面的障碍，因此有必要建立有效机制来确定谁能在何处、何时、出于何种目的利用多少水资源，同时通过有关回流的规定保护水质。粮食安全相关水资源面临的一项挑战是，越来越多的人认为随着对水资源的竞争日益加剧，农业作为水资源的最大用户，在其它部门用水量增加的情况下必须减少自身的用水量。农业用水往往被视为低价值、低效率、高补贴。这些问题促使各方从更广的角度重新审视农业用水和水资源分配所产生的经济、社会影响以及对粮食安全和营养的影响。

我们面临的另外一些问题包括相互竞争的政策、利益和来自不同部门、政治或经济权力或多或少的行为方。水资源的获取、对水资源的掌控或水资源污染都会在不同层面带来纠纷和冲突。缺水问题的加剧和多个用户和部门对水的需求不断增加和相互竞争已使得粮食安全和营养相关水资源的治理成为从地方到地方以上层级面临的一项极为艰巨的任务。

已有多个组织提出了有关水资源治理的工作定义。在本报告中，高专组采用的是在“全球水伙伴”提出的定义基础上经过调整的、为经合组织（2011）、世界银行和很多其它机构所采用的以下定义。

#### 定义 1 水资源治理

**水资源治理**指一整套政治、社会、经济和行政制度、规则和流程，它们：  
(i) 决定着各行为方如何做出关于水资源管理和利用以及水相关服务交付的决策并加以实施；(ii) 让决策者做出担当。

水资源治理涵盖水资源和与水相关的服务。两者的治理在不同情况下要么相互关联，要么相互分离。一旦实现供水现代化，往往会促使对水相关服务采取差别化治理。治理问题不同于资源及服务问题。对资源而言，主要挑战是具有不同经济、政治权力的各种用途和用户之间的竞争、此类竞争的规律、如何考虑粮食安全和营养、与土地的联系等。对服务而言，主要挑战是对公有或私有服务供应商的监管、管控和监测，包括了解如何推动、限制和实施不同用户（尤其是边缘化人口）在物质上和经济上对水资源的获取。

水资源治理包括水资源分配与服务过程中的公平和效率问题以及水相关政策、法规和制度的制定、确立和实施问题。水资源治理为所有涉及水资源管理和利用的行为方制定规则，确定获取权利，开发经济工具，建立问责机制，它要确定以下几点：水资源如何在不同部门、区域、国家之间进行分配；就基础设施和水资源开发、回流、生态系统再生以及水、能源、粮食、贸易和广义环保政策（如森林、生物多样性）之间的协调统一等问题（未）做出哪些决策。

水资源治理制度是行政和立法结构中的组成部分，并根植于往往相互重叠的非正式和正式机构中，可能导致权利和规则相互之间界限模糊、矛盾冲突（Mehta *et al.*, 2012; Cleaver, 2012）。政治、经济、文化甚至道德大背景以及正式、非正式权力规则等，都会对水资源治理制度产生影响和制约（见水治理基金，2012；Groenfeldt and Schmidt, 2013）。

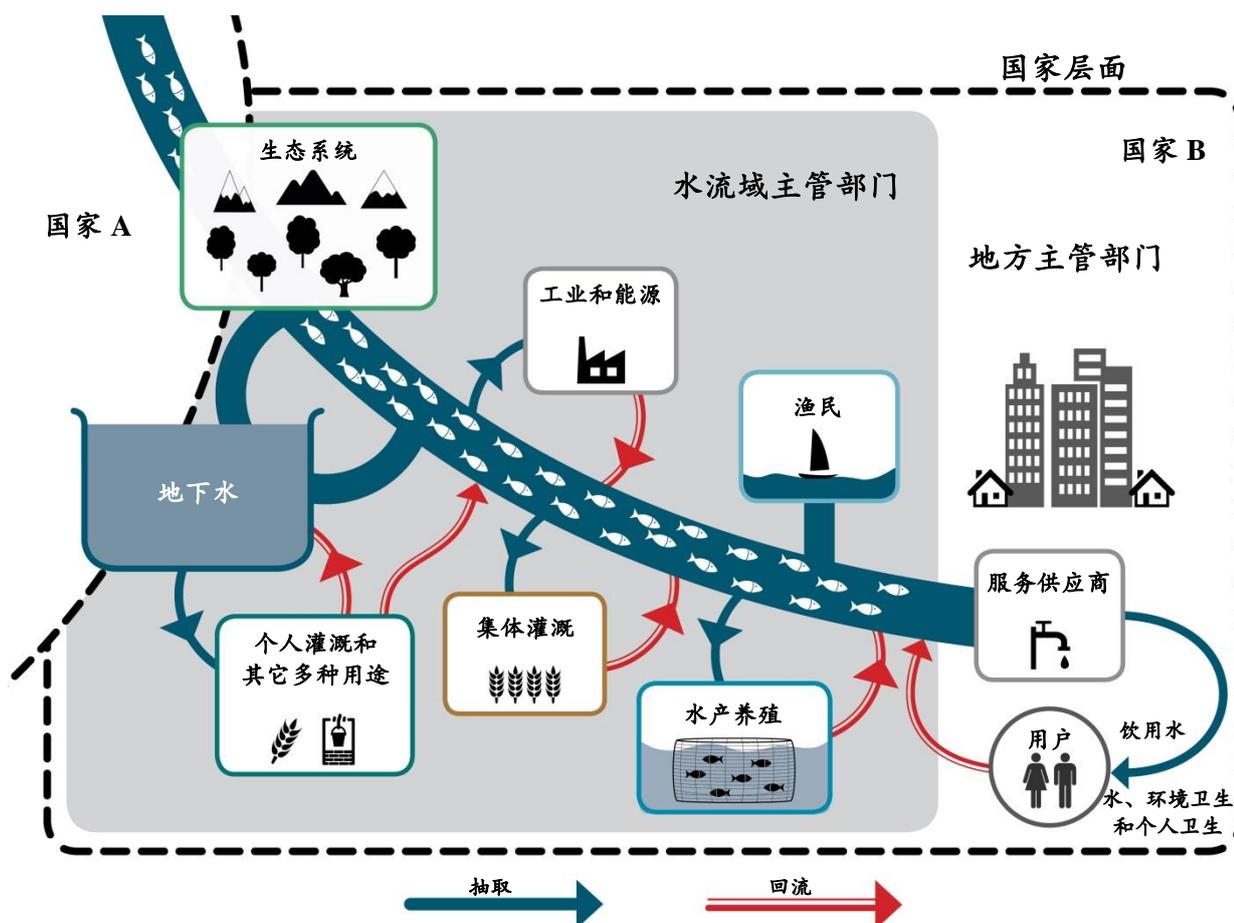
本章从粮食安全和营养视角入手探讨水资源治理，从而寻求改善水资源治理的手段，以便进一步加强粮食安全和营养，这意味着水资源治理能公正地确保所有人，包括更弱势、更边缘化群体，能公平、稳定地获取粮食安全和营养相关水资源。

目前有关有效水资源治理的关键问题包括：

- (1) 什么决定着粮食安全和营养相关水资源的获取，如何才能进一步保障包括粮食安全不安全人群在内的弱势、处境不利群体的获取权？
- (2) 为保障粮食安全和营养相关水资源而采用的各种不同分配制度（包括定价工具）有何优缺点？
- (3) 围绕粮食安全和营养相关水资源有哪些权衡考虑和相互竞争的目标（包括当地粮食安全和营养动态变化、投资）？
- (4) 对粮食安全和营养相关水资源产生影响的有哪些行为方、权力和范例，政治经济大环境如何影响水相关决策和投资？私有部门同时作为水资源用户和服务供应商发挥着何种作用？
- (5) 各国政府如何将水资源相关问题作为粮食安全相关关切的核心，反过来又如何？
- (6) 治理制度（政策、机构、工具等）如何能够更好地应对水相关冲突，或如何能够更好地适应权力失衡的冲突情景？
- (7) 水务部门内外出现的变化如何影响水资源相关机构和治理，对粮食安全和营养产生何种影响？

本章通过分析不断变化背景下各种机构和行为方、稀缺性和竞争相关管理工具、改善治理的前行方向（包括土地和水之间的关系）以及基于权利的粮食安全和营养相关水资源方法，力求回答以上问题。

图 11 影响粮食安全和营养相关水资源分配和利用的关键行为方



图形象地展示与水治理相关的主要行为方和机构，他们在不同地理范围内将水用于不同用途，对水循环产生影响。这种关系加上各种复杂的地方背景，决定着各行为方之间极为复杂的关系。

### 3.1 不断变化背景下的机构和行为方

#### 3.1.1 国家层面的多种机构

水资源相关机构在不同国家、不同背景下种类极为繁多。它们可以是正式或非正式/习惯性，属于地方或国家行政系统的一部分，也可以是与某个水务部门有着关联（或没有关联）的具体水务机构，可以与某项投资有着关联，可以是公有或私有，也可以在水资源管理中在不同程度上与不同用户相关联。水资源治理通常为多层级。经合组织（2011）将多层级治理界定为在不同行政、地域层级明确或隐性共同承担决策权、责任、政策制定和实施工作。它可能存在于：中央层级不同部委之间（高层横向）；地方、区域、省/州、国家和国家以上不同政府层级之间（纵向）；国家以下层级不同行为方之间（低层横向）。通常为以上各种情况的混合。

如图 11 所示，水资源治理往往主要按不同用途和服务安排，可单独或多个合一，如用于集体灌溉或饮用水和卫生设施，或围绕某一具体资源开展共享利用，如某条河流，其多种用途包括从渔业用水到水道，或针对对水资源保护极为重要的某个生态系统（如湿地）提供保护。从更大范围看，水流域主管部门在管理或监控资源与服务方面发挥着各种作用。国家负责制定总规则，并往往对各机构和行为方，包括服务供应商起着总体监控作用。有些水资源为跨界性质，由各类国际组织负责一部分监管事项。

在实践中，水资源管理并不限于正式机构（有立法支持），它往往还包括非正式安排，如有关公共资源的非正式安排（Ostrom, 1990）以及有关谈判的非正式安排，各利益相关方可通过这些谈判捍卫、增加和影响自身对水资源的获取权（Meinzen-Dick and Bruns, 1999; Spiertz, 1999; Roth *et al*, 2005）。在地方层面，习惯法和习惯做法、亲属关系网、性别、等级制度和资助关系等都可能占据主导地位或与正式体系平行存在（Cleaver, 2000; Mosse, 2003; Movik, 2012; Mehta, 2005）。此外，土地权属、利用和管理制度也会以不同方式影响水资源的获取（见 Hodgson *et al*, 2004a）。

有关水资源获取的非正式安排往往为相对较弱势的用户提供低成本的生活用水、农业用水（灌溉、雨育生产和家庭菜园）、牲畜用水、鱼及其它水生资源栖息地以及乡村企业供水（van Koppen *et al*, 2014a; von Benda-Beckmann, 1981; Chimhowu and Woodhouse, 2006; Meinzen-Dick and Pradhan, 2001）。女性尤为依赖这些非正式制度获得自身大部分用水权。这些非正式安排往往被规划人员和决策者所低估和忽略（见 Cleaver, 2012）。引入正式的用水分配制度和/或专属土地权可能会阻碍习惯用户对水及水生资源的获取。新的商业化用户对水的获取可能会对非登记在册的用户造成影响，因为后者在确立正式用水权的过程中可能被忽略（Van Eeden, 2014）。对各类习惯权利和权利所有人的承认和保护非常重要，它对家庭自给自足型粮食生产和面向市场的粮食生产十分重要，对支持贫困农村社区的粮食安全和营养也十分重要。

国家正发挥着中心作用，因为它承担着提供公共产品、保障水资源获取、利用水资源管理实现减贫以及保护生态系统服务（因为生态系统服务对贫困人口的生计十分重要）的职责（农业用水管理综合评估, 2007）。因此，国家应制定资源分配规则、基层治理规则、水资源相关服务的治理和管理规则以及资源和生态系统保护规则，并通过规则的实施来保护水质。国家最终还要确定冲突解决规则。国家以何种方式发挥这些不同作用会对粮食安全产生巨大影响。

### **从中央集权到权力下放**

权力下放型治理有助于更好地考虑用户需求和资源状况，同时促使用户更好地负起自身责任，尤其是通过确权和让用户参与资源管理决策。权力下放型治理往往涉及强化地方组织和/或成立具体机构，如水资源用户协会或江河流域组织。但即便在这些层面，也应贯彻良好治理原则，以确保公平获取资源，避免将权力较弱的行为方排斥在外，包括水资源非正式用户。

在水资源综合管理框架的支持下（见第 3.1.3 节），很多区域开展的水资源改革已促使水资源管理实现权力下放，其中包括对水资源治理结构进行重新调整，从行政单位（区域、省、区）下放至按水文界限划分的区域，如水域、集水区或流域。这有利于更好地解决用水方面的问题（污染、下游水量减少或高峰流量、控制好用水高峰和放水高峰时间）。这还有助于更好地管理上游土地利用和相关活动对下游供水量和水质造成的影响。

权力下放政策和措施往往包括设立水资源用户协会、集水区管理平台和/或江河流域组织（Molle, 2008）。它们将在改善水资源管理措施、生态系统及其功能方面发挥关键作用，并促使在粮食安全和营养相关水资源流域取得更好成效，尤其对贫困人口而言。

## 水资源的集体管理

在很多国家，水资源用户协会能在水资源和水相关服务的管理方面发挥重要作用，尤其是在地方和社区层面，包括在灌溉项目中。然而，不同类别的用户之间往往存在差别，有着不同目标，如农民、渔民、城市用户、环保人士、娱乐业用户等。应建立治理机制来协调不同利益，公平解决冲突。

水资源用户协会能在灌溉项目和项目以下层面水资源管理方面发挥中心作用。这些机构有些已大获成功，为改善水相关服务做出了贡献。例如，在菲律宾，水资源用户协会管理的水资源占总供水量 30% 以上，是私有化的一种替代方式（Dargantes and Dargantes, 2007）。这些由社区管理的制度往往出现在主流服务部门无法到达或无法提供令人满意的服务的地区，而且与政府运作的系统相比，它们往往有费用低、效率高的特征（世界银行，2006b）。它们还为参与式决策和技术规划提供了新的机遇，如米沙鄢公共灌溉项目中对灌溉渠的规划（粮农组织，2001）。但也有一些协会并不成功，一部分原因是社区管理灌溉系统的能力不足，另一部分原因是政策部门未将管理权授予水资源用户协会（Metawie, 2002）。但无论如何，在地方层面开展水资源管理是改善水资源管理的一个关键要素。

经过对几个灌溉管理权转移项目的分析结果表明，目前有关改善灌溉水管理缺乏蓝图，应因地制宜选择具体方法（Garces-Restrepo *et al*, 2007; Merrey *et al*, 2007）。水资源用户协会在大型地表水灌溉系统的改革中能发挥关键作用，但需要首先向水资源用户赋权，尤其是妇女，应确立解决当地冲突的机制，进一步改善有利于妇女参与用户协会运作的机制（见插文 10）。如果将此类制度建立在水资源集体所有制或共享的传统安排基础上，它们就能更好地发挥作用，正如印度和巴基斯坦采用的水资源分配轮换制，但即便在此类情况下，等级制度造成的不平等现象也可能继续存在（Bandaragoda and Firdousi 1992）。

## 多用途方针

如上文所示，水资源治理往往由不同机构分工负责，但在很多社区中，家庭用水既包括生活用水，也包括粮食生产用水。

对多用户服务的研究表明，当社区投资建设基础设施时，它们会建设具备较高成本效益的多用途基础设施，以满足各类用户的多种需求，而所有这些均（直接或间接）有助于实现粮食安全（见 van Koppen *et al*, 2014a）。多数社区对多种水源进行高效利用和再利用，并对其实施集中管理，从而减少水资源的波动性（Shah 2007; van Koppen *et al*, 2009）。

相反，公共水务主管部门的规定往往自上而下通过不同层级、部、处、计划层面运作，集中于单个用途，如生活用水和卫生用水，或灌溉用水，或渔业用水等。虽然水资源服务部门在努力为所有人提供安全的生活用水，但侧重生产用水的部门却往往会忽略直接为保障基本粮食安全做出贡献的小规模生产者的用水需求。总产量数字无法反映出哪些人面临粮食不安全问题，因而无法作为依据来敦促政府部门负起责任，通过水资源开发来实现家庭层面的食物权（van Koppen *et al*, 2014a）。

### 插文 15 生活用水的多种用途

在很多地方，生活用水包括家庭自给自足型种植和养畜用水，对保障粮食安全十分关键（见 Langford，收录于 Woodhouse and Langford，2009）。按照津巴布韦 1999 年的《水法》，如超出生活用水量，将水合理用于饲养家畜（非商业化）和制砖供自用等目的，则无需获得许可。在哥伦比亚、肯尼亚和塞内加尔，71—75%的家庭将生活用水用于生产活动，如种植食物类作物，54—61%的家庭在此类生产活动中使用管道供水（Hall *et al*，2013）。在塞内加尔和肯尼亚，这种情况确有发生，虽然家庭人均日均用水中位数分别仅为 23 和 31 升（20 升被视为全球人均日均生活用水最低标准；参见有关人权的第 3.4 节）。满足此类需求的一个方法是确保人均供水 50—100 升，作为家庭生产活动和生活用水。据 Renwick *et al*（2007）称，增加供水所需的投资将在半年到三年时间内因收入增加而实现成本回收。此类范例表明有必要采用综合措施。

### 3.1.2 国际层面的机构和举措

水资源治理通常在国家和国家以下层级开展。然而，该领域也存在一些国际性问题，尤其涉及跨界资源（图 12）。

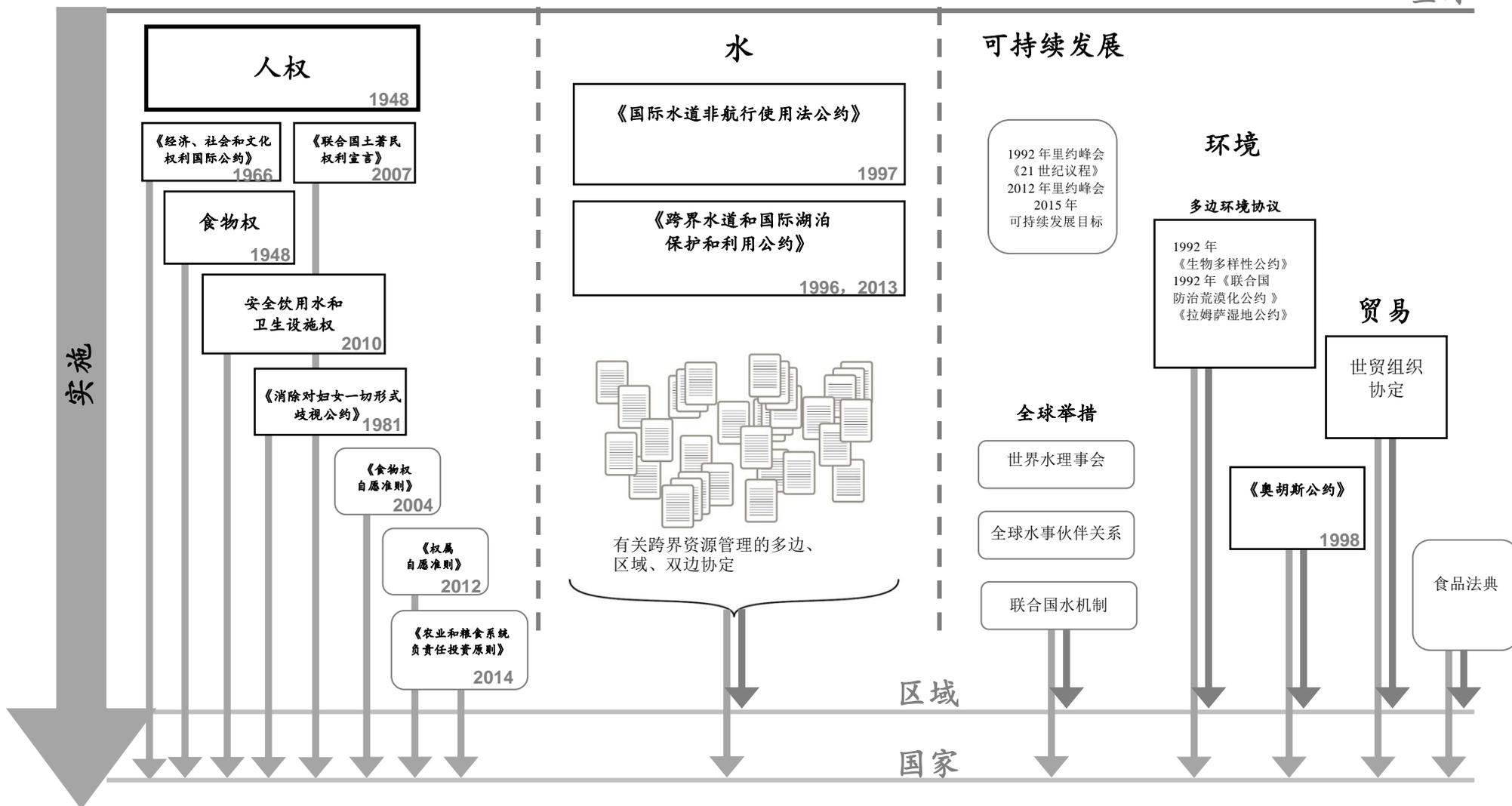
263 个跨界湖泊和河流流域拥有淡水总量的约 60%。此外，大约 300 处地下水含水层为跨界性质（联合国水机制，2008）。1997 年的《联合国国际水道非航行使用法公约》是有关共享淡水资源的唯一具有普适性的条约。它提出了公平、合理利用和参与国际资源的利用、开发和保护的相关原则，提出了避免损害他国利益的义务，提出了对已规划措施进行事先通知的原则，还提出了有关纠纷处理和解决的相关规定。

联合国欧洲经济委员会《跨界水道和国际湖泊保护和利用公约》（《水公约》）于 1992 年在赫尔辛基通过，并于 1996 年生效。在欧洲经济委员会辖区内共享跨界水域的所有国家几乎均为公约缔约国。该公约推动开展综合水资源管理，尤其是采用流域方法。它要求各缔约方防止、控制和减少跨界影响，合理公平地利用跨界水域，并确保可持续管理。同一跨界水域的沿岸各缔约方应通过签订具体协定和设立联合机构的方法开展合作。作为一项框架协定，该公约并不会取代各流域或含水层相关双边、多边协定，相反，它将推动这些协议的制定和实施以及进一步发展。2013 年 2 月 6 日的修订案生效后，该公约已适用于所有联合国成员，成为一项有关跨界水资源相关合作的全球性立法框架。预计欧洲经济委员会辖区外的各国将在 2015 年初获准加入该公约。

110 多个流域签订的近 700 项双边、区域或多边水资源协定涵盖了各类活动和目的，从水资源监管和开发到管理框架的建立（联合国水机制，2008）。

当存在“不同国家利益（有时相互冲突），沿岸各州权力不均衡，国家机构能力存在差异，信息交流有限，缺乏流域相关知识和机构决策能力”（Bach *et al*，2012: 15）时，跨界流域的管理就变得十分复杂。当试图平衡地方需求和流域需求时，问题又将进一步复杂化。但跨国水资源治理和区域粮食安全将成为实现区域合作和经济一体化的重要手段（见插文 16 中的案例）。

图 12 与粮食安全和营养相关水资源有关的主要国际文书和协定



有法律约束力的文本和协定列在长方形方框中。

## 插文 16 粮食安全和营养领域的跨界合作

湄公河委员会是通过跨界水资源治理促进粮食安全成功范例。要保障该流域 7 300 万人民的粮食安全，就必须开展区域水资源规划与合作，尤其是因为该流域 85% 的人口以务农为生 (Jacobs, 2002)，他们 80% 的能量来自水稻，15% 来自水生食物 (Bach *et al*, 2012)，其粮食安全高度依赖水资源。虽然该流域的区域合作已有悠久历史，但由柬埔寨、老挝、泰国和越南组成的湄公河委员会最近已将合作重点转向内容包括粮食安全的小型计划。四国将统一实施商定的措施，开展对贫困人口有利的水资源管理措施，目的在于保持充足的水资源流量，保证水质，监测用水情况，确保公平用水，实现高质量数据交换。但这些措施的真正落实仍是一项挑战 (Bach *et al*, 2012)。

尼罗河流域举措于 1999 年启动 (尼罗河流域举措, 2015)，力争在跨界流域背景下通过几项区域合作项目来推动流域各国的社会经济发展，包括改善粮食安全和提高水资源生产率。该项做法仍面临可持续性方面的多重挑战，很难避免出现国家利益至上而忽略区域计划和承诺的情况。

成功协调的另一个范例是根据 1944 年条约构建起目前架构的墨西哥—美国国界和水资源委员会，它负责签订“备忘录”，或按地方实际情况和在不同时间段就水资源分配的调整做出双边决策 (McCarthy, 2011)。

全球层面与水资源问题相关的文书和进程还有很多，其中包括多边环境协定，如《拉姆萨湿地公约》、《联合国防治荒漠化公约》、《生物多样性公约》、全球贸易政策、全球气候政策、全球能源政策、金融政策、发展政策和相关国际进程（如世界大坝委员会）以及可持续发展进程（里约+20 峰会和可持续发展目标），还包括人权（见第 3.4 节）和有关土地权属、可持续小规模渔业和粮农系统负责任投资相关的几项自愿准则（见第 3.3.2 节）。

同时还涌现了几项国际举措，尤其是在 1992 年的“都柏林会议”之后。“全球水事伙伴关系”旨在促进水资源综合管理，提供建议，协助开展研发和培训活动。世界水理事会作为一个多利益相关方协会，以其旗舰会议“世界水论坛”著称，旨在增强对水资源的认识，确立政治承诺，激发行动。此外，已设立“联合国水机制”来加强在全球水资源相关领域发挥重要作用的联合国各机构、署和基金之间的协调和统一。

### 3.1.3 权力相互冲突的各类行为方

水资源利用和管理领域活跃着多个不同行为方，包括公有和私有行为方。关于它们的角色和职能、相互关系、职责分工和如何问责等往往模糊不清，有必要就此明晰相关规则和达成共识。

每个机构本身就是一个行为方，在不同情况下发挥着各种不同角色，有着各种不同权力。另外，每个机构，无论正式或非正式，都往往由多个行为方组成。每个

机构还会与其他行为方交往。这些行为方的相对权力会对水资源为粮食安全和营养做出的贡献产生巨大影响，尤其就最弱势群体而言。很多情况下，治理、问责和监管机制的包容性并没有得到合理发挥，难以充分保障整个体系高效、公平运作。

过去 60 年里，非农部门和大量基础设施工程对水的需求在不断上升，结果导致在各层级均涌现出重要行为方，使各级水资源治理出现巨大变化，尤其在发展中国家（另见第 3.1.3 节）。尤其是私有部门、国际机构和捐赠方正在对各级决策产生越来越大的影响。

来自能源和工业部门、城市、食品加工和饮料业、大型农业/种植园的企业行为方在水资源治理和管理中已经产生了越来越大的影响。首先，其中一些行为方，如大型灌溉项目或饮用水服务供应商，已经成为水资源管理方。其次，大型企业已加入竞争，和农业和小型用户一起展开对资源分配的竞争。第三，有些情况下，由于干预或投资活动的规模或经济、政治影响，资源本身已经被控制。

私有部门通过不同模式不同程度地参与供水，包括提供服务，如管理合同、基础设施设计和建设，既涉及家庭用水服务，也涉及商业化水资源基础设施。私有公司能提供专长、流程、技术和投资，还能和政府和其它利益相关方一起共同实施水资源管理合作项目。虽然私有部门在水资源有效、可持续供应和管理方面可以发挥一定作用，但多数国家在这一点上缺乏有效的监管。一旦在权利下放型水资源治理和供饮用和其它用途的含水层保护方面缺乏有效的立法框架和制度框架来保护和促进低收入、边缘化社区和土著/习惯权利所有人的利益，就可能会减少他们掌控的水资源，侵害他们获取水资源的人权（Cullet, 2014）。有必要引入公共问责制度。

近年来，水资源已逐渐被视为一种商业风险和一种商业机遇；私有部门的参与度正不断提升，已延伸至集水区层面，甚至已涉足国家和国际水资源治理。2007 年，联合国秘书长发起了“首席执行官水使命”举措，作为一项侧重于商业和水资源之间关系的公私联合举措（联合国，2010a）。截至 2013 年，至少有 100 家公司已签字加入该“使命”（Newborne and Mason, 2012）。围绕水资源专题、由跨国公司组成的“水资源小组”已于世界经济论坛上正式成立，旨在促进水资源治理，重点关注用水过程中的经济效率（Varghese, 2012）。

四类私有企业对提高水生产率有着浓厚兴趣，它们要么在生产创新型产品或流程，要么在使用创新型产品或流程：

1. 从事能提高水资源生产率的作物品种的开发和推广的种子公司，包括耐旱作物；
2. 从事高效滴灌或中心支轴式喷灌系统的开发和生产的灌溉公司；
3. 能与灌溉技术配套进一步提高水生产率的信息技术公司（如移动电话或土壤湿度感应器）；
4. 努力在食品生产流程中提高用水效率的食品和饮料公司。

### 插文 17 瓶装水和软饮料产业的责任

一些饮料公司已在缺水地区站稳脚跟，例如，在撒哈拉以南非洲，一个公司已成为非石油类私有部门中最大的雇主（Cotton and Ramachandran, 2006）。但饮料的生产和灌装却带来了水量和水质下降的问题，包括水位和水质下降（农业与贸易政策研究所，2010；Upadhyaya, 2013）。

在印度，经过长期抗议后，一个公司已开始要求其灌装厂对当地水源的脆弱性开展评估，并制定出可持续性计划，作为水资源监管计划的一部分内容（Hwang and Stewart, 2008）。对印度 49 家灌装厂中的 6 家开展了一次独立审查后，提出的建议是要考虑社区的用水需求和农民的权利（能源与资源研究所，2008）。

私有部门参与水资源相关事务的其中一个领域是瓶装水生产与销售（作为水或软饮料销售）。在救灾过程中，瓶装水显然在粮食安全和营养领域发挥着重要作用。在人均软饮料消费量较高的国家中，该行业的经济重要性也带来了与之相匹配的挑战，即如何解决生产所需资源，尤其是水资源（插文 17）。

一些大公司（尤其是食品加工公司）已开始努力提高自己的用水效率，减少污染产生的影响，并在集水区层面改善集水区水资源管理。重要的是，应该监测各公司在下属工厂、工作场所和供应链中的节水进展，检查它们与当地社区之间的伙伴关系和联系，并监测包容性和当地影响等相关问题（Newborne and Mason, 2012）。

20 世纪 90 年代初，一些国家对水和卫生服务进行了大幅改革，包括将服务承包给私有企业，结果导致 2011 年约 13% 的世界人口（Pinsent Masons, 2012）、约 7% 的发展中国家城市人口（Marin, 2009）由私有企业以不同签约方式供水，且多数为外国企业（Varghese, 2007），这种做法背后的理念是公私合作伙伴关系有助于重新打造更高效、供资更具可持续性的服务，包括商业化服务。私有部门在供水领域的参与度不断上升背后的理念是，由于资金问题、政治干预、管理监督不善等（Rees, 1998），由公共部门掌控服务无法保证人人都能获得水相关服务（Easter and Hearne, 1993），而“竞争有助于提高效率，为用户提供各种选择，而这又会促使基础设施提供方更好地负起责任”（Easter and Hearne, 1993）。私有部门参与供水往往与债务负担沉重的国家在 20 世纪 80 年代和 90 年代开展的结构调整计划同时发生。

从以往水相关服务私有化的经历看，私有化并非都对贫困人口有利（Bakker, 2010；Finger and Allouche, 2002；McDonald and Ruiters, 2005；Marin, 2009）。尽管人们经常强调贫困人口愿意付费获得水资源（Altaf *et al*, 1992），但按比例看，他们与较富裕人口相比花在水资源上的支出更多。联合国开发计划署 2006 年发布的《人类发展报告》指出，“阿根廷、萨尔瓦多、牙买加和尼加拉瓜最贫困的 20% 人口要将 10% 的支出用在水上。在乌拉圭，对收入最低的 20% 人口而言，水相关支出占城市家庭平均收入的 22%”（联合国开发计划署，2006: 51）。

私有部门对利润的追求可能并不符合普及公共服务的宏大目标，即开展合理基础设施投资，为困难或孤立群体供水，尤其在未通过梯度税收优惠计划或公共补贴为投资提供补偿的情况下（Bayliss, 2014）。高垄断和低竞争不一定有利于更好地满足用户需求，还往往会导致不愿为无利润可图的需求方服务（如农村地区和城市贫民），或不愿在无利润可图的部门投资（如废水和卫生设施）（见 Finger and Allouche, 2002）。很多情况下，价格会在私有化后几年内大幅超越原定水平，无力支付费用的人会遭遇断水。与供水公司签订的一些合约已告失败，如 2000 年玻利维亚科恰班巴省的案例。

近年，某些地区私有部门的退出使得水相关服务重新回到了政府手中（Pigeon *et al*, 2012; Lobina *et al*, 2014），或通过公私伙伴关系来运作（见插文 18）。2000 年至 2015 年间，研究人员发现南、北半球 37 个国家中共有 235 宗水相关服务重新回归政府部门的案例，受影响人数超过 1 亿（Kishimoto *et al*, 2015）。过去 5 年这一速度又加快了一倍。例如，2005 年至 2009 年间，法国共有 8 宗此类案例，而 2010 年以来则发生了 33 宗。

国际层面的关键行为方包括联合国系统、政府间组织和国际金融机构（如世界银行和全球环境基金）、双边捐赠方、国际非政府组织（如全球水事伙伴关系、世界水理事会、世界自然基金会）、此类组织的国际网络（如世界自然保护联盟）、全球知识网络（如国际农业研究磋商组织各研究所和研究计划）、私有部门行为方和全球社会运动网络。国际发展机构和捐赠方也在一些区域和国家政策与投资方面发挥着重要作用（另见第 3.1.3 节）。

水是全世界范围内社会运动的重要关注点。各社区开展斗争时关注的问题包括采矿造成的污染、建造大坝导致人们失去家园以及水相关服务的私有化。人们的重点往往是保护当地生计，实现粮食和水安全，强化公用事业履行自身职责、将已私有化供水系统重新收回到政府手中的能力。很多注重粮食安全问题的斗争也将水资源作为实现食物权的一项关键因素。例如，“农民之路”作为一项密切关注土地权和可持续农业生产的国际性农民运动，就将水资源列为需要保护的资源之一，避免被企业掌控。该运动呼吁农民和小农捍卫自身对“公共资源”的掌控，如水、生物多样性和农业知识（见《尼也勒尼宣言》，2007）。

#### 插文 18 公共部门之间的伙伴关系

哥伦比亚的社区供水渠证明了在公共部门之间建立伙伴关系的潜力，用于取代私有化。例如，拉斯雷纳的社区供水渠是社区成员和公用事业工人之间建立的最早的正式伙伴关系之一，成为一种替代性供水模式（Dumontier *et al*, 2014）。这种伙伴关系由社区供水渠和代表公有供水公司工人的工会建立，以多年来的相互信任和能保障社区伙伴自主独立的协议为基础。它有利于知识共享，尤其是有关水资源法规和用水对环境的影响方面的知识，同时也改善了社区的基础设施与服务。

## 插文 19 冲突背景下的水资源

冲突会威胁供水，使人们更难获取水资源。冲突还会干扰原有的水资源管理活动，使受害者遭受一系列影响，最终面临饥饿和水传疾病。水和农业项目往往由于长期冲突而被忽视或被破坏，例如当排水系统遭到破坏或被废弃后，原本肥沃的土地就出现了盐碱化（国际干旱地区农业研究中心，2014）。

长期冲突会削弱国家监管水资源管理的能力，包括在冲突后监管社区水资源分配的能力，有时会导致腐败，加剧不平等（Thomas and Ahmad, 2009）。冲突后对水资源问题关注不足会破坏维和成果（Palmer-Moloney, 2011），并可能给叛乱分子留下空子，乘机扰乱脆弱的政治环境（政策与人类发展研究中心，2011）。国际农业研究磋商组织和粮农组织已努力发挥积极作用，通过改善水资源管理和种子供应，为冲突中的农业生产提供支持（Varma and Winslow, 2005）。

与冲突相关的水资源短缺可能在被占领时期进一步加剧。此类情况下，抽水量受限，加上水资源分配中的歧视性做法，会引发水资源获取过程中新的不平等现象，或加剧原有的不平等现象（见 Gasteyer *et al*, 2012）。这会对依赖水资源生产粮食供自家食用和为当地市场供货的当地家庭造成尤为严重的影响。冲突地区的家庭即便在水资源相对充足的情况下仍可能遭遇缺水问题，这表明如果不能解决水资源治理中隐藏的不平等现象，旨在增加供应量的举措就可能无法起到改善基本水安全或粮食安全和营养的作用（Elver, 2014；另见 Kershner, 2013）。冲突情况下，包括被占领情况下，权力不对称问题往往无法得到解决，可能会对弱势群体获取水资源造成限制，即便名义上在水相关事务上仍存在合作，如批准新增水井或其他水资源相关项目（Zeitoun, 2007；Selby, 2013）。

有时，冲突也会被转化成合作机遇，以便就水资源分配制定新规则。例如，琵琶湖在战后日本的发展和城市化历史中占据着重要位置，它曾见证了一系列不同水资源用途之间的冲突。琵琶湖综合开发项目的初始目的是保护下游水资源用户的权利，随后它又将目标加以扩大，增添了其它目的，如防洪、水位监控、灌溉和农业发展、林业、渔业和自然保护（见 Kamal, 2009）。

### 3.1.4 面对变革各机构面临的新挑战：机构能适应新行为方和新常态吗？

对近年水资源相关投资趋势进行回顾，有助于更好地了解水资源治理面临的一些新挑战。

大型计划就意味着大型行为方：当人们采纳配套有工程和技术一揽子计划（灌溉、水坝）的自上而下的做法（巨额投资）时，其背后的驱动因素往往是注重设施建设和供水服务，而忽略了人们对水资源的获取。其基本理念是首先要保障供给，随后获取问题就能顺理成章地得到解决，因为供给是前提。

大型行为方和大型投资本身并不具备治理体系，它们要依靠现有治理体系运作，往往没有合理关注背后的各项机制和自身行动对各项机制产生的影响，如对原有当地治理会产生何种影响，涉及多个行为方的原有项目或地方治理体系如何能够吸收“大型行为方”。

20 世纪 60 年代和 70 年代曾出现过对农业相关水资源的投资上升的重要趋势，其中灌溉投资是主要驱动力量，说明农业在官方发展援助中的重要性。这期间，很多国家的农业预算中超过一半被用于灌溉，尤其在亚洲，世界银行的农业贷款中也有超过一半用于灌溉（Rosegrant and Svendsen 1993）。1985 年后，世界银行大幅减少了对此类项目的支持（Donkor, 2003）。

企业行为方对各种经济活动的投资，尤其是对能源、工业和大型种植园的投资，往往会对水资源产生重要影响。充分挖掘企业的投资潜力能创造发展机遇，从而为粮食安全和营养带来好处。当将投资引导至供水和水相关服务领域时，就能增加供水量。农业用水领域的投资已经对农村生计、粮食安全和减贫产生了积极影响（农业用水管理综合评估，2007），有研究表明其乘数效应为 2.5 至 4。

然而，有些干预措施却带来了较高的社会和环境成本（农业用水管理综合评估，2007），包括收益分配不平等和丧失生计。有些项目为上游用户带来了好处，却牺牲了下游用户的利益，另一些项目则征用了公共资源，或使社区成员失去家园。投资往往会给当地人口带来极为严重的负面影响，尤其是最弱势群体、边缘化群体、土著人民及妇女。有必要就对粮食安全和营养造成的影响进行事后评估，包括对弱势群体的影响，并针对可能出现的负面影响建立调解和纠纷解决机制。最近开发出来的工具，如粮安委的农业和粮食系统负责任投资原则，就可以成为一项指南，让水资源相关投资以及会对水资源产生影响的投资活动能够最大限度地为粮食安全和营养带来积极成效。

在农业领域，围绕灌溉设计的技术一揽子计划（“即用型”）最为常见，原因如下：

- 容易对单产、产量和收益产生影响，虽然这些影响有时已被夸大（尤其是当同一流域中不同投资项目之间对同一资源存在竞争时，可能会影响收益）；
- 投资项目的实施相对简单，适合大型系统；
- 可利用现有工具和投资配套计划（信贷等）；
- 会带来现代化和技术进步。

但将灌溉作为“第一步”的做法和采用配套的技术一揽子计划往往会造成一个后果，那就是忽略或放弃对雨育农业的支持，减少对如何在农业系统的运作过程中应对水资源相关问题等系统性问题的关注。

此外，大型投资还会带来维护成本，而且往往数额巨大。维护中断会产生严重后果（如对排水、盐碱化等产生影响）。人们往往会忽略不间断供资以确保正常运转的必要性。

在结构调整过程中，还存在一种水相关服务私有化的趋势和将公共服务承包给机构和私有实体的趋势（Easter and Hearne, 1993）。城市供水领域的这一趋势目前已在一定程度上得到扭转，很多城市已从原先的私有化供水和环卫服务重新回归到由市政府直接对供水实施管理（见上节）。

供水服务，无论是用于灌溉、多用途或饮用，都往往会涉及基础设施的建设、维护和运作以及水资源管理。在投资初期，由于主要面临资金和技术方面的局限，具有经济和/或政治重要性的行为方通常会发挥重要作用。这会对小型、边缘化行为方的利益如何得到考虑造成直接影响。例如，大坝的案例就详细介绍了可能造成的潜在后果（见第 1 章）。它还会对基础设施随后如何维护和运作产生长期影响。针对投资和建设初期设计的系统不一定适用于服务本身的日常管理。例如，从公共或国际捐赠方（包括官方发展援助和国际组织）那里寻求用于投资的外来资金和技术支持可能要比寻求用于管理的资金来源和技术支持更容易。对基础设施的侧重有时会导致所设立的机构专门针对建设活动，而不是针对多用途基础设施的适应性管理（农业用水管理综合评估，2007）。这可能会导致维护和运作不善。

有时，基础设施的维护工作被承包给当地社区，而基础设施的产权则由国家保留。这种情况下，所有权和责任模糊不清往往会导致基础设施的维护工作被忽略（农业用水管理综合评估，2007）。尼罗河办公室就是通过机构变革提升系统管理水平的绝佳范例。1982 年至 2002 年间开展的一系列改革，包括权属安全、成本全额回收和由推选出的农民代表联合管理项目等做法，使水稻单产增加了四倍，总产量增加了 6 倍，使得收入提高，新企业不断出现，其中包括妇女的收入和创办的企业（Aw and Diemer, 2005）。

水资源管理和治理方式已发生巨大变化，不再是 20 世纪 50 年代至 70 年代那种注重技术解决方案和大型水坝建设、由水力需求和供应驱动的方式。20 世纪 80 年代初，“联合国水十年”（1981—1990 年）提出了实现全面普及饮用水和卫生设施的目标。为了评估进展，寻求集体行动的未来方向（Nicol *et al*, 2012），联合国于 1990 年在新德里举行了一次全球磋商会，会上发表了强调平等与普及的《新德里声明》。<sup>28</sup>两年后，1992 年的《都柏林声明》标志着开始从水资源开发转向水资源管理和由需求驱动的方法，《声明》认识到：(i) 水资源的有限性以及它在保障生命、发展和环境方面发挥的作用；(ii) 参与式方法在水资源开发和管理过程中的重要性；(iii) 妇女在水资源供应、管理和保护方面发挥的中心作用；(iv) 水资源各项相互竞争的经济价值以及将水资源视为经济产品的必要性（国际水与环境大会，1992 年）。

---

<sup>28</sup> 在“所有人都能享有一部分服务，而不是一部分人享有所有服务”这一口号的引导下，《新德里声明》强调：(i) 通过水资源以及液态和固态垃圾的综合管理，实现保护环境和保障健康的目的；(ii) 开展体制改革，推广综合性方法；(iii) 在强化地方机构相关措施的支持下，由社区管理各项服务；(iv) 通过更好地管理现有资产，广泛采用合理技术，进一步完善财务措施（Nicol *et al*, 2012）。

虽然《都柏林宣言》在一些方面受到好评，但它在另一些方面也引发了关切，尤其是它将水资源视为一种经济产品，而不是强调其重要的非经济性用途、价值和意义（Franco *et al*, 2013; Nicol *et al*, 2012）。

### **从水资源综合管理到水—能源—粮食一体化**

水资源综合管理（IWRM）理念源自都柏林原则。全球水事伙伴关系对它的定义是：“促进水、土地和相关资源协调发展和管理的一种进程，目的是在不损害重要生态系统可持续性的前提下，以公平的方式使资源所带来的经济和社会福利最大化”（全球水事伙伴关系，2000）。之所以依照“都柏林原则”（1992年）提出水资源综合管理的理念，目的是将社会、环境和经济目标汇集到一个跨部门水资源管理方法中，让用户、规划人员、科研人员和决策人员共同联手。这一方法已得到普遍使用和推广。世界上80%的国家已将水资源综合管理原则纳入本国水资源相关法律或政策，三分之二已制定水资源综合管理计划（Cherlet, 2012）。

水资源综合管理让水资源相关专业人员（如来自灌溉、供水和农业领域的专业人员）能够相互交流，并尝试实现不同部门之间的一体化，包括生态系统服务所需的环境流量。在地方层面，这种方法也有利于在不同部门之间建立协同合作关系。例如，孟加拉国的MACH项目在110个渔村中引入了社区主导型自然资源管理法。该项目采用综合方法在经济和营养上依赖湿地生存的不同群体之间建立起共识，从而实现保护湿地和渔民群体生计安全的双重目标（Renwick and Joshi, 2009）。

但很多发展中国家在实施水资源综合管理的过程中遇到的困难引起了人们的关切，怀疑这种做法是否过于抽象、过于复杂（Biswas, 2004; Bolding *et al*, 2000; Conca, 2006; Molle, 2008; Mehta *et al*, 2014a）。另一项关切是，这一理念起初是忽略基础设施问题的，尤其在水相关基础设施比较落后的地区，如撒哈拉以南非洲地区，而实际上这些地区对基础设施的需求一直十分迫切，对水力发展得以继续的需求也十分迫切（van Koppen and Schreiner, 2014）。南非因而对自己的水资源综合管理做了调整，使之成为发展型水资源管理，强调指出水资源管理必须为国家的发展目标提供支撑，并将其纳入基于权利的国家发展计划和政策（水务部，2014）。

#### **插文 20 跨界和区域水资源管理框架：欧盟水框架指令**

2000年通过的“欧盟水框架指令”使欧盟的水资源治理范围有所转变。水资源治理工作原先主要在各成员国境内开展，水框架指令则强调涉及整个欧洲范围的目标与原则，并提出以流域管理为基础开展跨国协调的做法，类似于马斯河、斯海尔德河和莱茵河流域的现有做法（欧盟委员会，2014）。这一转变要求对管理计划和水质衡量标准进行调整，但具体实施方法则由各成员国自行决定（Moss, 2004）。这种调整是一个挑战，因为很多成员国都已经确定了各自不同的管理方法（Page and Kaika, 2003）。

水资源综合管理还将综合措施引入到国家、区域层面，如“欧盟水框架指令”，但主要侧重于维护水体和含水层的质量（包括数量）（见插文 20）。

在水资源综合管理概念的基础上，水—能源—粮食一体化的概念（Hoff, 2011；世界经济论坛，2011）则努力在决策过程中将这三大领域一体化，以应对资源不断减少的问题和不同部门之间的权衡问题。如第 1 章所述，能源生产是全球第二大水资源用户，且仍在不断增长，尤其在发展中国家。水坝投资和水资源基础设施管理等方面也存在着一些重要关系。能源对于农业用水管理和农业整体都起着重要作用。如上文所述，能源生物量的生产将需要更多水资源。所有这些关系都需要我们对这三大领域开展综合考虑。但仍需做出更大努力才能为实际决策工作提供依据。

综合方法和跨部门合作是应对不同部门需求的关键，包括强化生态系统治理的需求，例如森林、湿地、山地的保护和可持续利用，以保障水资源的长期可供性（Varghese, 2009）。

水资源综合管理也面临众多批评意见。虽然持批评意见者承认水资源综合管理作为一项综合框架有着一定价值，但他们认为这一理念过于抽象，难以付诸实施，因而缺乏可操作性和实用性，尤其在发展中国家背景下。持批评意见者还指出，水资源综合管理法很难发现冲突，很难对不同问题进行合理优先排序，尤其是对当地人民而言最重要的问题，包括粮食安全和营养相关水资源。

### 水资源获取中的性别和社会公正问题

尽管实现平等获取是多数水务政策和举措的目标，但人们很少能将这一概念与生产性用水的获取或供水服务联系起来给予清晰界定。即便能清晰界定这一概念，实现平等获取仍是一项挑战。例如，即便在具备必要的基础设施和服务的情况下，农村社区和妇女，特别是社会底层或少数族裔、老年人、残疾人、慢性病患者或极端贫困人口由于在社会上受到排斥，仍会发生个体或整个社区难以获得水资源或难以以一种体面的方式获得水资源的情况（见插文 21）。羞辱和歧视，加上权力不平衡，会阻碍我们实现人人享有水和粮食安全的目标。例如，印度的种姓制度仍在影响着基层的水资源管理方式，使得在水收集项目和集水区管理中难以实现平等（见 Mehta, 2005；Naz, 2014）。

有时，有关获取的监管规则会导致人们无法获得水资源。例如，坦桑尼亚所有土地和水资源均为国有，取水需要付费并必须获得许可（Lein and Tasgeth, 2009），这种做法可能会剥夺贫困人口的用水权利。虽然习惯权利得到承认（但必须先换取许可证），但实际上与正式权利相比，持有土地和水资源习惯权利的人们往往受到不公正待遇（Vorley *et al*, 2012）。立法偏向于“地产部门、正式灌溉部门和水电部门，而非农民自身的灌溉活动”（Lein and Tasgeth, 2009: 210），尽管该国多数

粮食源自小农生产（Vorley *et al*, 2012），且农民和社区水资源管理在地方农作系统中发挥着关键作用（Lein and Tasgeth, 2009）。

基于习俗的社会文化传统以及新颁布的法律可能会对妇女的土地和自然资源掌控权起到限制作用。水资源分配和用水授权制度（见第 3.2 节）往往将水和/或土地分配给家庭中的成年男性，即便当女性是主要农业劳动力时也是如此，导致女性使用的土地和水资源正式被男性掌控。例如，在多米尼加共和国，根深蒂固的父系文化已对农业改革法律产生了影响，致使女性受到限制，男性被作为全部资产的管理者。<sup>29</sup>鉴于妇女在农业生产与粮食安全和营养领域发挥着重要作用，土地和水获取方面的性别差异会对粮食安全产生不利影响，尤其是因为多数供家人消费的食物是由妇女生产的（粮农组织，2012a）。

有关粮食、水和环境的多项国家政策都以间接或直接承认性别相关关切的国际框架为依据（见第 3.4 节）。然而，仅将平等视为正式平等或法定平等显然是不够的。要实现实质性平等，就必须积极采取行动来消除不平等。妇女的平等权利常常只是一种表面姿态或笼络人心的做法。有必要挑战并改变各级政策机构原先的话语、文化、做法、偏见和性别定式（如认为妇女不能拥有土地，用水效率低）。可以通过在官僚机构中开展女权主义行动来达到这一目的（见联合国妇女署，2014），因为已有证据证明非正式联盟和关系网在将政策转化为实践的复杂过程中发挥着关键作用。来自社会运动和激进派的“外部”压力也能起到协助作用。

#### 插文 21 残疾人和老年人

农业用水管理项目有助于帮助极端贫困人群和边缘化人群实现参与，包括残疾人和老年人。贫困与残疾有着相互关联：贫困人口容易暴露在各种风险下，从而因疾病或意外造成残疾。当他人涌向城市时，留守的残疾人和老年人缺乏劳动力，往往沦为最弱势群体。要帮助他们实现参与，可采用以下措施：

- 预防—减少人们暴露在致残（水传）疾病和职业风险下的几率。
- 调整—推广价值高但对体力要求低的农作系统（园艺和渔业）与技术（微灌、小型农机化）。
- 特殊参与—在农业用水管理项目中让老年人和残疾人参与提供特殊服务（贸易、培训）或承担特殊职能（监督）。
- 特殊支持—利用安全网计划为这些弱势人群提供额外援助。

来源：见 MetaMeta and Enablement，日期不详。

<sup>29</sup> 见 <http://www.fao.org/gender>

## 插文 22 非洲水资源管理政策中的重男轻女现象

撒哈拉以南非洲有关水、土地和粮食安全的政策仍反映出殖民时期遗留下来的性别歧视观念，当时欧洲统治者推崇的观念是由男性充当唯一户主，支配所有生产性资源（土地、水和基础设施）以及妻子的劳动力。妇女被视为无创收能力的家庭妇女（Rogers, 1981）。今天，对犁、电动微耕机、肥料、灌溉泵和融资等方面的公共支持主要发放给被默认为户主的男性（世界银行/粮农组织/农发基金，2009）。资源使用权、灌溉农地和水资源用户协会的会员资格一律归男性所有，只有在女性为户主的极少数情况下才到达女性手中（van Koppen, 2002）。女性至多能成为生活用水服务的目标群体，因为她们被默认为应全权负责家人的健康相关事务（Van Wijk-Sijbesma, 2002）。

这种观念与撒哈拉以南非洲农村和城郊的现状有着很大差别，那里的女性和男性一样拥有资源使用权，这种使用权能保证耕者有权支配自己的产出，同时保护集体利益（Dey, 1984; van Koppen, 2009）。在依照母系为主的土地权属安排下，妇女手中相对更稳固的土地权进一步巩固了她们的谈判权，使她们能保持对自身劳动产出的掌控（Peters, 2010）。母系权属制度尽管在加纳、马拉维、莫桑比克、坦桑尼亚和赞比亚等国十分普遍，但它依然没有受到应有的重视。土地、水和粮食安全相关项目往往遵循重男轻女的瞄准策略，侵害了妇女权利。其实，如果项目能将资源分配到耕者手中（往往是妇女），资源就能得到更好的利用。应在水权分配制度中关注这一点。

例如，在布基纳法索，由欧盟资助的“水稻行动”项目意在改善水稻种植谷地的农业生产和水资源管理措施。水稻主要由妇女种植，她们牢牢掌控着土地权和水资源基础设施的管理权，虽然不同族裔之间可能存在一些差异。但在项目首期，经过改良的土地被重新分配，换到男户主名下。由于女性拒绝为男性名下的农田提供劳动力，而男性则对自己传统上在地势较高处从事的活动更感兴趣，因此项目首期终告失败。随后，项目将经过改良的土地重新分到原先的女性种植者和其它志愿者（主要为女性）名下。有了对产出的掌控权，妇女们不仅获得了更高产量，而且还保证了对水渠的正常维护（van Koppen, 2009）。

### 3.2 稀缺性和竞争的相关管理工具

在管理水资源短缺和相互竞争的不同需求时，可利用的机制和工具很多，如：设置抽水量上限的机制；分配工具，包括获取权；许可证和可买卖许可证；执照制定；定价机制，保护资源及其质量的其它工具，如抽水和排水监管、保护区、集水区保护、水质和资源保护法规等。这些工具的选用和使用方式可能会通过影响农业用水量和贫困、弱势、边缘化人群的水资源获取情况，从而给粮食安全和营养带来各种不同影响。工具对粮食安全和营养及人口产生的影响特别取决于人们使用工具时所在的（正式和非正式）社会和立法制度。工具不适用可能会扰乱现有的社区体系。基于市场的工具往往会优先照顾那些用水经济回报最高的部门，却忽略了粮食安全。

水资源治理，尤其是在水资源短缺背景下，离不开分配方案的确立，包括分配工具和规则。在粮食安全和营养背景下，面临的挑战是确保分配制度能充分重视粮食生产用水和贫困、边缘化群体的基本用水需求。

理想状态下，分配机制应在拥有和共享相关水资源的一个特定水文层面运作。做到这一点可能颇具难度，因为体制安排往往与水文结构不相匹配。一个水资源体系可能会跨越不同行政区域，包括跨越不同国家。此外，体制安排也不一定能考虑到不同水资源体系之间的相互关联，如地表水和地下水之间的关联。

水的分配和获取不仅由正式机构（在立法支持下）决定，还由习惯法等非正式安排决定。在获取权利日益正式化的背景下，贫困、边缘化群体的权利（往往属于习惯权利）往往被忽略和面临威胁，会对粮食安全和营养产生影响。

### 3.2.1 水资源分配与粮食安全和营养

水资源分配涉及不同层面，从直接或间接确定国家部门优先重点和共享江河流域的不同国家之间的分配，到在流域或管理单位层面对个人用水的分配。水资源分配机制大体分成四类：边际成本定价法、由公共或行政部门负责分配、水资源市场以及以用户为本的分配（Dinar *et al*, 1997）。边际成本定价法将水价设为与供应最后一个单位水资源所需的成本相等，希望通过这种方法实现水资源在经济意义上的高效分配。这一工具面临的挑战是界定水资源的边际成本存在难度。

在公共或行政部门分配制度下，由国家决定不同用水部门和水资源用户的用水额度，并负责分配。许可证或用水执照是常见的行政分配制度。

水资源市场可以让水资源使用权在不同用户之间实现转让，转让量和单位成本由供求关系决定。水资源市场被视为能让水资源利用实现更高价值的一种途径，但要保证市场良好运转，必须具备一定的条件，同时还可能需要政府干预。市场使最具盈利能力的行业在水资源分配过程中获得更高份额，这有助于提高用水效率，但如果缺乏严格监管，就可能带来风险，尤其是破坏主粮生产的风险。例如，智利在1981年颁布了有关用水权市场化的《水法》，将新水权通过拍卖的方式分配给出价最高的一方，对自给自足型农民造成了影响（Boelens and Vos, 2012）。

以用户为本的分配机制通过由用户掌管的集体机构就水权做出决策，其中可能包括非正式或习惯分配措施。此类做法中最常见的例子是由农民管理灌溉系统，由农民决定谁在何时能利用多少水。这种做法还体现在社区生活供水系统中，如社区水井和手动抽水泵等相关系统。通常，分配机制包含上文提及的几种方法的混合。水资源使用权并不等同于人类的水权（见第3.4节相关内容）。

### 插文 23 马哈拉施特拉邦的水资源管理改革

2005 年，马哈拉施特拉邦（印度）启动了一项宏大的水资源定价改革战略，将用水权分配给不同类别用户。改革的核心原则是由一个独立监管机构通过水权定价工具确保亏损的水务部门能够实现成本回收。水权被确定为水资源使用权，而非所有权（马哈拉施特拉邦政府，2005a）。改革的长远目标是启动正规水资源交易（部门内和部门间），从而在印度这个备受水资源短缺困扰的邦中提高水资源利用效率（马哈拉施特拉邦政府，2005b；世界银行，2005）。要在位于甘蔗产区中心的马哈拉施特拉邦西部引入水权面临多重挑战：(i) 原先在称为分区制的早期产权制度中和水资源定价偏低情况下受益的上游农民对此表示抵制；(ii) 由于系统绩效低下，用于计算水权的计量仪器遭到农民毁坏；(iii) 水资源用户协会自上而下的运作特点不利于农民参与决策和确保决策的公平性，因而造成信息不对称。在易受干旱影响的地区种植甘蔗这样需水量较大的作物还导致各方在获取水资源问题上存在差别，出现社会性缺水现象，即处于下游的主粮作物对水资源的需求往往要与政治影响力更大、更富有的上游蔗农开展竞争（见 Srivastava，2014）。

在马哈拉施特拉邦这个快速经历城市化和工业化的邦里，在不同用户之间分配水资源往往会导致优先将水用于工业，而不是农业（见 Wagle *et al*，2012）。结果造成工业用水和农业用水、农业用水和饮用水、甘蔗种植用水和高粱种植及生计用水之间冲突频发。因此，决策过程应该突出广泛民主。马哈拉施特拉邦的监管部门已就确权组织了几次听证会，朝着这一目标迈出了一小步，但具体分配工作却不再是监管部门的职责。总之，在改革和权利的确定与执行过程中都必须考虑水资源的不同利用方式以及人们赋予水资源的价值（见 Srivastava，2014）。

缺水往往会促使对相互竞争的水资源用途进行短期优先（重新）排序，而这种短期排序可能会根据国家的政策重点最终演变成永久性排序，或在新出现暂时性缺水或资源紧张情况时再次得到调整。在此类情况下，分配（或通过行政、市场或集体谈判等手段“重新分配”）资源时往往会偏向收益较高的水资源用途以及在政治和经济上更具实力的用户（见 Meinen-Dickand Ringler，2008），如城市、工业和发电业，却损害了农业和粮食生产的利益。编写本报告时最新的一个实例是四年来连续遭受干旱困扰的美国加利福尼亚州。2015 年 2 月，当局宣布将停止向系统中没有优先用水权的农民分配水资源，同时保证城市和工业为确保健康和安全所需的用水（美国农垦局，2015）。<sup>30</sup>由于加利福尼亚州在蔬菜、水果和坚果生产中占据重要地位，这一地区农业用水受限将对整个国家产生影响。同样，取消农业用水的优先权可能会对城乡人口的粮食安全造成影响，如印度索拉什特拉邦和古吉拉特邦库奇易受干旱影响地区的水分配案例（见 Counterview，2014）。应该在水资源分配过程中时刻认识到挪用农业部门和非正式粮食生产系统中的水资源可能对粮食安全造成的影响。

<sup>30</sup> <http://www.usbr.gov/newsroom/newsrelease/detail.cfm?RecordID=48986>，颁布于 2015 年 2 月 27 日。

### 3.2.1 用水授权

许可证或执照制度，包括可买卖许可证（见第 3.2.3 节），已越来越多地被作为抽水和排水的监管手段。为确保贫困农村地区能获得粮食安全和营养相关水资源，此类机制应解决习惯水权的正式承认和保护问题，同时在习惯性安排中保证性别平等。这种承认往往包括社区的程序权利和对习惯水权开展某种形式的记录和量化，有些研究已提出有必要采用能反映习惯性安排动态变化的方法（见 Boelens and Zwarteveen, 2005）。执照制度有可能成为发展中国家的重要工具，前提是将其重新设计成既能注重少数影响力较大的用户，又能保护将水资源作为自身脆弱生计活动重要保障的小型用户的优先权的一种有针对性的监管工具（van Koppen and Schreiner, 2014）（另见第 3.4 节）。

在实践中，撒哈拉以南非洲基于行政手段的水资源正式使用权制度往往剥夺了按照社区安排管理自身水资源且占多数的非正式小型水资源用户的权利（van Koppen, 2007）。这些权利很多都未（也往往无法）纳入正式体系，导致小农历史上享有的使用权受到削弱。复杂且费用昂贵的执照注册程序往往“对熟悉行政流程的人有利”（van Koppen, 2007: 46）。这就提出了贫困国家如何才能在不削弱原本已经处于弱势的边缘化群体能力的前提下推出此类许可证制度的问题（见插文 24）。

主要将水资源作为饮用水但有时也作为生产用水的小规模用户在很多制度中没有资格申请执照（Hodgson, 2004b）。在南非，这被称为“一级用途”（van Koppen *et al*, 2009），在莫桑比克则被称为“常见用途”（Veldwisch *et al*, 2013），在其它地方又被称为“初级用途”，或在伊斯兰法律中被称为“解渴权”（Meinzen-Dick and Nkonya, 2005）。然而，此类“权利不得合法阻止他人利用资源，即便他人使用资源会影响到自身的优先使用权”（Hodgson, 2004: 92）。正式许可证与其它水资源使用权相比，能确立优先使用权（van Koppen, 2007），从而使权利能够比贫困人口的使用权得到更有力的保护，包括比小规模粮食生产用水需求得到更有利的保护。正是由于缺乏保护，农村贫困人口的粮食安全才会受到影响，使他们无法利用水资源生产和出售粮食。在肯尼亚，没有正式用水执照的游牧民和渔民只能看着自己的传统权利在大型投资商开发塔纳河三角洲时被剥夺（Duvail *et al*, 2012）。Williams *et al* (2012) 通过加纳的三个案例证实，小农并不知道自己的传统农业用水权在偏向于大型商业化土地和水资源用户的国家立法框架中并没有得到承认。在小农的用水权很难获得注册、水文知识贫乏和执法力度不足的情况下，许可证对于后来者而言就成为一种“简便的敲门砖”，能帮助自己获得国家的正式支持（van Koppen, 2007）。许可制度中固有的性别歧视倾向以及妇女用水权因此被剥夺的现象（插文 22），都会对女农民的安全造成特殊影响。

#### 插文 24 水资源行政法：对弱势群体的剥夺和歧视

坦桑尼亚的一项研究表明，政府通常无力处理小规模用户提出的几万份申请，而无需申请的微型用户则只能得到二等权利。乌鲁古汝山区的村民们就表达了这种担忧，他们一直在管理着由当地农民自行管理的由山泉、水渠和水井组成的复杂网络，利用其中的水资源从事高产的灌溉型园艺和作物生产，同时供应生活用水。政府希望将许可证颁发给为数不多、由男性主导的正式水资源用户团体，而村民们则预测这会造成“混乱”，因为多数人会继续按照原有的非正式地方法规管理水资源，即便这已被宣布为非法用水。村民们坚持认为，许可证应该颁发给当地政府（van Koppen *et al*, 2014b）。

### 3.2.2 可买卖用水许可证制度

一些国家（澳大利亚、智利、美国、中国和南非）已开始探索将灌溉用水权和土地使用权脱钩的做法，并推广可买卖用水许可证，在缺水问题日益严重的背景下促进水资源重新分配（Saleth and Dinar, 2000）。正式用水权的引入有助于为水资源用户提供安全感，促进高效用水，并为水资源市场创造机遇（见 Briscoe *et al*, 1998）。除了明确界定的水权（包括转让权）外，水资源市场要求有物质基础设施，为用户之间转让水资源提供便利（农业用水管理综合评估，2007）。

同时，在水资源分配（和污染防治）中采用可买卖许可证的做法也已引发了关切。赋予水资源较高货币价值会破坏平等分配（经合组织，2000）。另一项关切涉及对生态系统的影响和对受用水权转让影响的其它各方的影响以及可能出现的成本外化现象。例如，将水资源挪作它用，如用于生产切花等高价值作物或非食品类作物，会对国家和地方粮食安全和营养产生负面影响，尤其对弱势群体而言，同时也会对土著人民的生活方式产生负面影响（Jackson and Altman, 2009; Varghese, 2013）。智利等国的实证经验表明，引入正式权利和许可证制度不一定是解决当今缺水问题的最佳法律手段（van Koppen, 2007; Bauer, 2004）。在实施可买卖许可证制度的过程中遇到的挑战告诉我们，迫切需要明确水资源使用权的构成并记录在案，同时要建立有效的行政管理体制（Borghesi, 2014）。最后，此类制度在非洲和亚洲国家可能没有多少优势，因为那里存在着众多习惯制度，且开展水资源交易所需的资金、机构、计量和遥感能力均相对落后（Meinzen-Dick, 2007）。

水资源的实际地理分布情况也会限制水资源市场的建立。例如，水资源往往只能卖给下游，而要将水从一地调往另一地可能涉及太大成本。但无论如何，水资源市场在特定背景下已经被证明是一种有效手段，有助于提高水资源利用的经济效益（见有关澳大利亚可买卖许可证的插文 25）。

### 3.2.3 水资源定价

供水涉及到巨额成本，尤其在需要基础设施供水时，而且其资本、运作和维护成本以及水资源管理成本都必须通过以下三种来源中的一种来支付：水费、税收或补贴。水费指水资源用户缴纳的费用，而补贴指外来资金，如捐赠方提供的资金。直接收取的水费用于支付哪些成本，而税收或补贴又用于支付哪些成本，这个问题会对粮食生产用水的成本和家庭用水的成本产生重要影响。

水资源定价政策会为水资源保护提供各种奖励手段，同时筹资用于相关建设、运作和维护工作（农业用水管理综合评估，2007）。当定价政策与合理的支持性政策相互结合时，就有助于提高用水效率和可持续性（Rosegrant *et al*, 2002）。然而，水资源定价面临多重障碍，尤其在发展中国家，主要障碍是行政要求以及在建立能有效权衡可供量、成本回收和有针对性的补贴等问题的收费体系方面遇到的挑战。定价体系构建不当会导致最需要帮助的人群得不到补贴。定价改革面临的另一项困难是，长期形成的一些做法和文化、宗教观念往往将水视为一种宝贵但却免费物品。

水资源定价目前已在生活用水领域得到广泛采用，可能会在成本回收和节水方面产生成效。合理的定价制度还有助于鼓励提供用水效率。执行谁污染谁付费的规定有利于将所收费用用于更好地管理水质。但定价制度对经济承受能力的考虑仍是一个备受争议的问题，尤其是对贫困人口的影响。在实践中，这种做法并非永远有效。在地表水灌溉公共系统中，如印度河流域灌溉系统，农民（基本）无权决定水何时、以何种方式到达自己的田地（Akram, 2013），因此不愿为无法按需供给的服务支付费用。如何将税收、收费、补助等措施结合使用，在回收供水成本的同时又能为实现粮食安全和营养提供支持，是目前一项关键挑战。用水收费的做法可能会导致贫困农民放弃农耕（农业用水管理综合评估，2007）。在很多情况下，如果定价过高导致水资源分配格局出现巨大变化（或回收投资成本）可能会大幅降低农民收入，迫使灌溉用户放弃经营（de Fraiture and Perry, 2007）。采用阶梯式定价战略可能是一种可行的解决方案（Schreiner and van Koppen, 2001）。

当地下水被作为灌溉水源时，能源补贴和收费就会对获取产生关键影响。这种情况下，能源定价也会对用水量产生影响。

## 插文 25 澳大利亚的水资源治理体系

澳大利亚作为最干旱的大陆，20 多年来一直在努力推进全面水资源治理改革。在墨累—达令河流域旱灾、洪灾和林火等极端气候事件多发和对水资源的激烈抢夺和水资源过度分配等背景下，全面水资源治理改革已经开始实施（见《澳大利亚水法》，2007）。改革包括通过透明、参与式流程确定在优先满足环境、社会和文化需求之后，有多少水资源可能分配给不同用户。各项计划就缺水地区的用水量（包括地表水和地下水）设立限额并对此进行季节性调整，同时采用市场化分配机制来提高供水的可持续性和水资源系统的环境健康水平。澳大利亚的战略是最先进的战略，它使用水权与土地权脱钩。战略中包括可买卖水权和水权的进一步分解，其中“可能同时包含水的获取权、供水工程相关权利和水资源使用权”（澳大利亚政府，2014）。自 20 世纪 80 年代以来实行的改革已在一些划定地区实行了水资源的季节性分配和合法买卖。1994 年的全国性统一改革议程是实行市场化分配过程中的一个重要转折点。经历了新千年干旱后，“国家水举措”（2004）在国家政府和地方政府之间签订了一项协议，将改革进一步推向前进。环境被明确为水资源的一个合法用户，环境恢复被作为分配的核心。已就从墨累达令河流域取水用于灌溉设定了可执行的限额，并划拨出公共资金用于购买水资源回补到水系中。澳大利亚水资源政策的精髓是在环境用水和消耗性用水之间寻求合理的平衡（国家水务委员会，2011）。

澳大利亚的经验已得到广泛关注。澳大利亚的水资源市场使得灌溉用户能最大程度高效利用随季节变化的水资源配额，同时减少供水量下降造成的经济困难（Bjornlund and Rossini, 2010）。随季节性供水量和需求量变化的水交易相关价格信号会鼓励农民减少浪费，让稀缺的水资源实现其最高价值，最终随水资源价格变化调整作物品种或生产地点。例如，在南澳大利亚州，超额度购买的水资源中有 90% 被用于扩大高价值园艺作物生产。在最近的千年旱灾过程中，水资源交易带来的好处可以证明，这种做法能带来巨大的经济效益，同时还能出售自身水资源配额的个体农业企业带来现金流（Fargher, 日期不详）。研究表明，水资源交易已提高了墨累达令河流域的经济活力，其中据国家水务委员会估计，2008—09 年间获得了 3.7 亿澳元的增长（Horne, 2012）。

尽管澳大利亚在水资源管理方面已取得以上进展，但挑战依然存在，且就今后改革力度的争论也十分激烈。Grafton *et al* (2014) 指出，人们往往忽略了取水和保障流域长期发挥生态功能所需的水资源之间的权衡关系，尤其在气候波动性不断加大的背景下（Grafton *et al*, 2014）。另一些人认为，对地表水和地下水抽水量设置上限的措施力度依然不足（Young, 2012）。水资源管理和其它行业的开发之间也存在一些与定价和交易无关的问题，如采矿、非传统天然气开采和养分渗滤对渔业或大堡礁等海洋资源造成的影响。国家水务委员会还承认，需要进一步承认对土著人民而言水资源所具备的文化价值（国家水务委员会，2012）。水资源交易指由公共部门购买水资源用于环保目的，尤其是在澳大利亚政府的“未来水务计划”下开展此类交易，将通过巨额投资来恢复墨累达令河流域的生态环境。但目前有关水资源回购计划在多大程度上对流域的环境恢复和健康产生了积极作用的相关实证仍十分有限（Grafton *et al*, 2014；见 Pittock, 2013）。

一些发展中国家已在尝试借鉴澳大利亚经验（Saleth and Dinar, 2000），收效不一。水资源市场作为一种管理工具，在水资源有限的情况下可能难以充分发挥作用（Varghese, 2013）。如插文 20 所述，在印度首个尝试水权买卖的马哈拉施特拉邦，监管能力不足、市场化改革遇到的政治阻力以及小规模经营占据主导地位等因素都对此类改革形成了阻碍（Srivastava, 2014）。同样，Movik (2012) 在研究南非水资源分配改革时，发现建立正式水资源市场的想法很难得到接纳。这两个受澳大利亚经验影响的案例让我们开始怀疑是否能在更大范围内采用借鉴这种做法，尤其是在非洲和亚洲，那里存在众多习惯系统，开展此类改革所需的金融、机构、计量和遥感等方面能力落后，国家的监管能力不足（Meinzen-Dick, 2007）。要想完整复制澳大利亚的做法，就必须在基础设施和行政能力方面开展大力度投资。然而，水资源低成本计量和遥感相关新技术的出现为低收入国家建立市场化分配制度带来了希望。在地方层面采用定价分配法也比在全国范围内大面积采用这一方法更加容易，因为特定流域的用户更容易就共享有限的水资源达成协议，其中包括可靠的执行机制。

### 3.3 实现完善治理的前行道路

#### 3.3.1 应对整合和优先排序相关挑战

多种政策会对水资源产生影响，如环境、能源、贸易、粮食与农业（包括渔业和森林）、工业政策等。各国按照自己的制度背景对政策协调采取了不同的管理方式。国家层面如设有协调机制，通常由某个主管部委负责，或通过多部委协调机制负责，或由某个专门机构负责。有时，协调的结果是制定一项综合水资源政策。

从 13 个拉丁美洲及加勒比国家就经合组织（2012）开展的一次调查提交的反馈结果看，所有国家均已采纳了对水务政策进行高层横向协调的相关机制，主要由主管部委负责，也可能由部委间机构、委员会等负责，作为公共行为方在中央一级开展对话和采取行动的平台。另外还有一些正式协调机构，如墨西哥的国家水务委员会（CONAGUA），很多国家也创建了国家水务机构，如巴西、古巴、多米尼加共和国、危地马拉、巴拿马和秘鲁。为协调水务政策与区域发展、农业和能源政策之间的关系也已做了大量工作。不同层级政府之间以及地方、区域行为方之间也针对水务政策开展了不同形式的协调工作，包括与私有部门、民间社会和水资源用户开展磋商。但各国仍表示在协调方面面临巨大挑战。

很多时候，国家水资源政策并未将粮食安全用水作为优先重点。有些政策虽然对水资源分配优先顺序做了简要规定，突出粮食安全和营养，但政策是否能够得到充分实施仍是一个挑战，其中一个原因是缺乏综合性决策，有关灌溉、工业或发电的决策分别由不同部门负责，基本没有考虑到决策对水资源造成的累计影响。但一些国家已加强了部门间联合决策的做法，这是确保为粮食安全与农业提供充足水资源的关键进程。

粮食安全和营养相关水资源可持续管理往往依赖于对具体生态系统的保护，尤其是湿地和森林，而这些生态系统本身也对当地人口的粮食安全和营养有着贡献。同样，优质水道和水体对于内陆渔业和水产养殖业极为重要。《生物多样性公约》提出的生态系统方法是一个优秀典范，要求建立具体的综合治理机制。

水与粮食安全和营养之间的一个关键政策交互点就是不同经济部门之间和内部的水资源分配问题（见上节）以及它与粮食安全政策之间的关系。在水资源可供量有限的情况下，这一点尤为突出，必须确定到底应该将水资源分配给农业或其他用户，如工业、发电业或城市各部门（插文 27）。

在厄瓜多尔，2008 年的宪法改革明确提出了水资源分配的优先顺序：“(1) 生活用水；(2) 保障粮食主权用水；(3) 生态用水；(4) 生产用水”（Harris and Roa-García, 2013: 24）。这些原则会对水务相关投资、基础设施、生产活动和社会计划等相关决定提供指导方向。在西班牙，2014 年的“埃布罗河水文计划”明确提出了水资源可持续管理，以保护粮食、能源和自然。

## 插文 26 育空河流域的创新型国际监管与治理

育空河流域是北美洲第三大流域，是世界上太平洋鲑鱼最长的内陆洄游活动所在地。该地区的原住民很大程度上以鱼、麋鹿和驯鹿等具有文化意义的当地食物为生。

该流域的主要当地主管部门是部落和原住民政府，其公民面临着鲑鱼洄游活动即将崩溃、生存资源不断减少的困境。河流和相关流域的管理由几个联邦、州和/或省机构负责监管。但由于这些机构都未被明确指定负责保障河流、相关流域和人民的健康和福祉，因此各部落、相关领导人和公民于 1997 年共同设立了育空河部落间流域管理委员会\*。

该流域管理委员会由阿拉斯加和加拿大 72 个部落和原住民族通过一项史无前例的“部落间协议”组成，该协议属国际条约，要求各协议方利用自身的政府权力保护育空河流域的环境完整性以及原住民族的文化活力，而育空河及其流域则是保障当地原住民粮食安全与生计的基础。该协议各缔约方有着不同的文化、语言和地理背景。他们通过共同磋商、共同合作采取各项行动，从利用流域管理委员会和美国地质调查局提供的培训和设备开展全流域水质监测，到利用传统知识确定气候变化的应对策略。

旗舰项目包括有害废弃物回收利用、综合水质监测、污染物评估和清除。流域管理委员会帮助建立了 55 项部落环境计划，增强了整个流域的科学能力。流域管理委员会还主办或推进了关于水质监测、固体废弃物减少、军事污染、社区发展等方面培训。部落和原住民族确定优先重点及尚未满足的社区需求，而流域管理委员会则帮助确定并保证所需资金，引入专业知识以利于当地执行及增强技能，整合数据收集和分析等产出以便更好地理解科学。联邦机构，特别是美国地质调查局尊重及使用所收集数据，该调查局现在依赖流域管理委员会继续进行基线水质监测，通过不断变化的水化学特征测量气候变化指标。

来源：育空河部落间流域管理委员会信函，哈佛大学肯尼迪政府学院艾什民主治理与创新中心网站。

水被分配给农业时，必须决定到底是分配给大型灌溉计划，或是小农，或是分配从小到大各类用户。例如，如果国家政策是生产足够粮食，至少能满足国家粮食安全的大部分需求，甚至完全满足这一需求，那么在分配水资源时就必须考虑这一点，尤其当灌溉在保障粮食安全中发挥重要作用时。

在坦桑尼亚，2008 年的“农业第一”愿景政策鼓励让私有部门和商业化农业开发发挥更大作用。尽管小农的生计在字面上受到两项《土地法》的保护，但法律中的漏洞导致大片“村地”被转为供开发商使用的“普通土地”，同时还出现了在水资源不足的情况下向公司发放用水许可证，用于种植甘蔗生产乙醇的情况。这些问题已引发农牧民之间出现冲突、当地人民的土地及水资源权利以及生计被剥夺等现象（Van Eeden, 2014）。

在孟加拉国，国家水资源管理政策也备受批评，原因是地下水受到砷污染的程度因地下水过度开采而日趋严重（联合国，2003a；Alauddin and Quiggin, 2008）。

孟加拉国的水资源管理史上一直侧重于农业和防洪，以便实现粮食安全和支持农村农业生计活动（Ahmad, 2003; Das Gupta *et al*, 2005; Pal *et al*, 2011）。然而，虽然孟加拉国已通过深浅管井利用地下水进行灌溉，成功地实现了以谷物为基础的粮食安全（Pal *et al*, 2011），且 95%的生活用水和工业用水以及 70%的灌溉用水都依赖地下水（Das Gupta *et al*, 2005），决策层目前担忧的是，农业用水过度依赖地下水“会预先阻碍环境补充和平衡”（国家减贫战略第二期，2008: 68），而这只是我们必须解决的与水资源安全及粮食安全和营养相关的各项政策之间复杂关系的一个例子。

虽然有些国家已经在决策中具体考虑到了水资源产生的影响，但其他国家却仍未将其纳入决策，因为有关灌溉、工业或发电业发展的决策均由不同部门负责，导致忽略了对水需求或水质产生的累积影响。例如，某个特定用户的废水排放对水质的影响会因为河流水流量减少导致对现有废水的稀释效果降低而变得更加严重。

粮食安全和营养相关水资源管理的复杂性随着权力下放到中央以下实体而进一步加强，如省或区政府，或基层机构，因此有必要在水、土地和农业相关机构之间实现横向和纵向决策整合。

中国的案例能帮助我们了解如何通过应对挑战和相互竞争的需求来保障灌溉和粮食安全用水。中国用占世界农地总面积 10%的农地和占世界总量 6%的淡水资源，养活了占世界总人口 20%的人民（Doczi *et al*, 2014）。中国的粮食安全政策立足于实现主粮自给自足，尤其是稻米、小麦和玉米。这一粮食安全政策和对农村发展的重视已吸引大量投资进入农业和水资源领域，但在经济目标和环保目标之间仍存在矛盾，在用水效率和公平获取水资源两者之间的平衡方面也存在挑战。

虽然国家层面的政策不一定能充分考虑不同地方的现实情况，但不同利益相关方之间的良好沟通以及通过宣传来展示这些政策的效果的做法已经被证明十分有效。例如，当菲律宾安嘎特水库的管理权实行私有化后，对农业生产产生了破坏性影响，但通过民间社会的努力和一项展示此类影响的大范围研究，最高法院最终决定在生产季节中的关键时段保障农民用水（粮食、农业、农村高级别委员会，2012）。

如上所述，与水相关的生态系统产品及服务对粮食安全做出了重要贡献。如生态系统因治理不当而出现退化，会给粮食安全造成负面影响，尤其是对包括妇女和儿童在内的农村贫困人口和弱势群体而言（世界自然保护联盟，2013）。据世界自然保护联盟称，应在国家层面粮食安全相关决策过程中采取重视生态系统的方法，超越传统上只关注生产率、贸易和宏观经济问题的做法，开发一种可持续粮食系统方法来构建粮食生产的长期抵御能力。这要求我们将水生生态系统的完善治理纳入粮食安全政策。

## 插文 27 约旦的水资源治理

约旦人均年水资源占有量为 130 立方米，而相比之下世界平均水平为 7 000 立方米，因此有必要实施严格的水资源管理政策（Wardam, 2004）。水资源一律为国家所有，农业用水通过分配和收费手段受到限制，部分农业用水最近被重新分配，成为城市用水（Alqadi and Kumar, 2014）。越来越多的废水被用于农业，从而大幅减少了农业中的淡水用量（Alfarra *et al*, 2011）。然而，即便实施了严格监管，对粮食安全的关切却依然存在。因约旦 90% 的食品依赖进口，其人口极易受国际价格波动的影响（Alqadi and Kumar, 2014）。此外，由于人口不断增长和区域局势紧张产生大量难民，约旦依然面临水资源危机，必须进一步采取行动维护水资源安全和粮食安全。

在用水优先排序过程中，最重要的问题是其他水资源用户在维护生态系统过程中承担着何种责任。例如，南非的第二项“国家水资源战略”就明确提出：首要重点是生态保护和满足人类基本需求；第二项重点是保障履行国际义务所需用水；第三项重点是消除贫困和解决以往不平等问题所需水资源；第四项重点是发电用水，随后是其他经济活动用水。但那些需要水资源来维护自身的水权和食物权的人则无需受用水时需确保生态系统有充足水资源的条件限制（水务部，2014）。

### 3.3.2 将水资源与粮食安全和营养关切纳入土地和生态系统治理

水资源的一级获取往往与水资源所在土地或水源附近土地、湖岸或河岸、地下蓄水层上方土地的获取紧密关联。

水资源的二级获取往往与土地的获取无关，如城市用水（饮用水）或无河流流经的土地所需的灌溉水。这种情况下，要解决的问题是将水资源的一级获取权（内陆水源）转让给完全不“附着于”水资源之上的二级用户。

正是在这种情况下，土地的获取和水资源的获取才应该被视为相互关联，但同时又有着根本性区别。

在正式或习惯河流法中，土地所有人可以合理利用地产上或地产附近某一水源的水资源，只要不影响附近沿河土地所有人合理使用水资源，水权按其定义被认定与某项土地权相关联，要想分配到水，首先必须获得沿河土地。在这种制度下，土地权属是决定水资源获取的一项关键因素，如果妇女或贫困人口在土地权属问题上受到歧视，他们也会同时在水资源获取问题上受到歧视（Srivastava, 2014; Joy *et al*, 2011）。

如土地和水资源治理之间缺乏充分关联，那么一旦某一地点出现土地所有权和权属变化，就可能对另一地点的水资源获取造成影响，继而对农业和粮食安全和营养产生影响。反之，失去水资源获取权就会阻碍土地的合理利用。尤其是大型征地

行动可能会导致当地或下游水资源出现重新分配，对近处或远处社区的粮食安全和营养造成不良影响。

《国家粮食安全范围内土地、渔业和森林权属负责任治理自愿准则》、《粮食安全和消除贫困背景下保障可持续小规模渔业自愿准则》和粮安委的《农业和粮食系统负责任投资原则》均未给予水资源多少关注，尽管水资源与土地相关问题有着重要关联，且对渔业资源而言是一项决定性因素。

《国家粮食安全范围内土地、渔业和森林权属负责任治理自愿准则》特别值得我们注意，因为它是有关自然资源及其治理方式的各种不同观点和不同诠释的斗争焦点（Suárez, 2013; Seufert, 2013）。这是“在土地治理过程中采用基于经济、社会、文化权利的方法的首份国际文书”（Suárez, 2012: 37）。但文件中仅有一处提及水资源。

#### 插文 28 优先占有权制度对粮食安全和营养形成的挑战

优先占有权制度（先到先得）19 世纪 50 年代起源于美国西部，它承认第一个占有水资源的人拥有相应的水权（“高级占有人”），前提是将水用于“有益用途”（这一条款主要涵盖商业、农业、生活或工业用水）。按照这一制度，水权与土地所有权没有关联，与其他财产一样可以买卖或抵押。第一个从某个水源取用一定量水并用于“有益用途”的人有权继续使用等量的水用于同一目的。后来者可将剩余的水用于自身的有益用途，前提是不侵害前面用户的权利。

### 3.3.3 在应对相关问题时考虑适应性管理和共管

改进水资源管理时另一种备受推崇的方法是适应性管理，尤其是在气候变化背景下。它通常与地方层面共管和治理有着关联。

适应性管理<sup>31</sup>（另见第 2.1.2 节）通过从以往管理行动中吸取经验，采用系统战略来改进管理政策与实践（Pahl-Wostl *et al*, 2007）。适应性管理方法能根据系统中复杂而不可预测的互动关系，及时做出调整和方向修正，这种方法之所以具有必要性，不仅是因为快速变化的气候带来的各种挑战，还因为水资源系统本身的复杂性。当水资源系统和粮食系统相互交错在一起时，其复杂性会进一步加强，因此必须提高适应性管理能力（有关该话题的更多内容参见第三章）。

在适应性管理（Stringer *et al*, 2006; Engle *et al*, 2011; Carlsson and Berkes,

<sup>31</sup> 适应性管理将政策视为试验，需要就此开展研究，以利用一代研究结果为下一代决策服务，并同时适应情况的不断变化和考虑人们不断学习的成果（Holling, 1978）。这一过程循环往复，每一阶段都能吸引不同团体，并为他们提供相互学习的机遇（Walters, 1986）。因此，这一方法从 Bandura 有关社会化学习的重要著作中借鉴了很多内容（Bandura, 1963）。

2005) 中, 重点是在错综复杂、千变万化的社会生态系统中开展水资源协作治理和社会化学习 (Pahl-Wostl *et al*, 2008)。例如, 澳大利亚塔斯马尼亚岛东北部灵厄鲁马的水资源用户团体已开发出一种流程, 对集水区的河流实施适应性管理。这一流程涉及监管方和水资源用户之间的合作和谈判, 已在改善水资源安全和环境绩效方面发挥了作用 (Edeson and Morrison, 2015)。

虽然此类共管和水资源用户团体的做法比较成功, 但有时由用户参与管理也会产生不同结果 (如 Cleaver, 1999; Wester *et al*, 2003; Boelens, 2008)。由当地用户参与水资源管理不一定就能防止强势行为方因过量占用水资源而排挤非正式用户, 即便在地方层面也是如此 (Warner *et al*, 2008)。妇女的利益往往没有得到充分代表, 或在水资源用户协会中决策权受限。国家和非政府组织行为方在成立用户团体时必须考虑现有的性别和权利不平衡现象, 并特别注意推进边缘化群体在粮食安全和营养相关水资源方面的利益。

#### 插文 29 巴西农村参与式水资源获取举措

巴西的半干旱地区长期以来由于缺雨缺水导致传统援助政策缺乏可持续性, 为解决这一问题, “巴西半干旱地区联系网络” ([www.asabrasil.org.br](http://www.asabrasil.org.br)) 于 1999 年创立, 目前已有 3 000 多个成员组织, 致力于促进实现与半干旱地区的共存, 目标是承认并提高这一地区的价值和潜力, 同时通过内在解决方案强化当地人民的自主权, 改善当地人民生活。

“巴西半干旱地区联系网络”开展的主要行动包括修建农村蓄水池, 作为收集雨水供人饮用的简易工具, 同时开发为粮食生产服务的蓄水社会化技术。该网络在农村搜寻这些技术并对其进行系统化整理, 随后将其转化为参与式水务政策建议。在国家粮食和营养安全委员会 (CONSEA) 和社会发展与抗击饥饿部 (MDS) 的支持下, 这一建议已成为联邦政府资助的一个公共项目, 由“巴西半干旱地区联系网络”以及州政府和市政府负责实施 (百万农村公厕计划; 全民享有水资源计划; [www.mds.gov.br](http://www.mds.gov.br))。

过去 12 年已修建 80 多万个石板蓄水池, 每个可蓄水约 1.6 万升饮用水, 其中四分之三由“巴西半干旱地区联系网络”直接修建, 其余由政府修建。同时, 还修建了近 12 万个为粮食生产服务的蓄水设施, 蓄水量从 5 万升到 60 万升不等, 其中四分之三由“巴西半干旱地区联系网络”直接修建, 其余由州政府和市政府修建。每个受益家庭平均有 4 位家庭成员, 都应参加蓄水池修建和其他组织活动。同时, 联邦政府还拨款通过州政府和市政府配置了 32 万多个聚乙烯蓄水池。因此, 巴西半干旱地区的社会形势正在发生剧烈变化, 水资源获取也在其间不断实现民主化。

### 3.3.4 强化地方组织及其作用

共享资源的地方治理正日益得到重视。Ostrom (1990) 提出了 8 条设计原则, 以确保其良好运作和稳定可靠 (另见高专组, 2014b)。但这些模式目前正面临巨大挑战, 包括如何在压力不断增加的情况下充分考虑到各种不同利益相关方的不同利益。

农民和水资源用户地方组织对于水资源及其相关生态系统的管理十分重要。此

类地方组织包括集水区管理地方组织、渔民协会、农民田间学校、水资源用户团体等。地方组织尤其应该在环境变化监测和适应性应对方面发挥积极作用。这一点很重要，因为水资源所处的不同环境内部和相互之间均存在巨大差异。不确定性、空间差异和复杂的非均衡、非线性生态动态变化等因素要求我们采取灵活多样的行动，考虑机动性，开展水资源适应性地方管理，让农民、牧民、渔民和林区居民成为分析、规划、谈判和行动的主体（Gunderson *et al*, 1995）。

此类管理可由负责协调规划工作和行动的地方团体共同协商，往往通过地方组织网络来实现（Borrini-Feyerband *et al*, 2011）。地方组织有助于推动各种机构的兴起，成为管理水资源以及支撑水资源生态系统的关键力量，具体措施包括从签订水资源获取权和使用权相关协议到对违反当地“游戏规则”的行为实施制裁。此类管理通常涉及建立一个由多个职责相互重叠的机构组成的网络、社会化学习、集体行动、就不同行为方的作用、权利、责任签订共同商定的协议、领导力、文化习俗、劳动力分配、宗教信仰等（Borrini-Feyerabend *et al*, 2011）。这些做法有助于在地方层面（或全国层面）就景观和水资源（从农地和四周的农业生态系统到整个集水区和景观）及其所依赖的相关生态系统（如森林、湿地、流域平原、山脉）的可持续管理实施已经商定的协议、规则、激励机制和制约机制（Pimbert, 2009）。

但即便在地方层面，不同权力关系也会对谁掌控或影响水资源分配及管理决策产生一定影响，并且在很多情况下，妇女依然是弱势群体。

### 插文 30 各层面水资源管理成功案例

#### 埃塞俄比亚

在国家 and 地方之间开展治理合作有助于改善灌溉状况。在埃塞俄比亚，水资源管理政策一直侧重于通过改进水资源基础设施来提高农业生产率，由此改变了传统的管理方式，重新界定了水权（粮食、农业、农村高级别委员会，2012）。但在其中一地，有一个项目还增加了一项内容，即在考虑当地专长的基础上对地方组织进行结构调整，最终成立了得到正式认可的用户协会，协会将传统准则与新型准则相结合，同时实现了争取社区支持、提高灌溉效率的目标。此类合作表明，只要项目能认识到地方层面的真正管理能力以及如何将这些能力用于国家战略中，就能发挥其巨大潜力。

#### 摩洛哥

摩洛哥的苏斯—马塞—德拉区的农业生产高度依赖灌溉，而农业是该区第二大经济活动（粮食、农业、农村高级别委员会，2012）。然而，水资源面临的压力导致政府制定了限制用水的立法，却未能使情况有所改善。苏斯—马塞—德拉区域委员会在成立后，鼓励水资源用户自愿遵守水资源保护和灌溉监管区域战略，最终改善了水资源治理，提高了用水效率。此外，还对有关向农民收取灌溉费的立法做了修订。为促进这一区域战略的实施，该区成立了一个协会，负责协调政府机关、私有公司和专业机构之间的关系。该协会还利用一项区域共同基金开展多学科研究来确定农民的优先重点。这一案例的成功原因是将多个致力于解决当地实际问题的区域举措整合在一起。它展示了在正确的层面发现问题的重要性，这样才能争取支持和采取行动。

### 3.4 采用基于人权的方法解决粮食安全和营养相关水资源问题

联合国大会于 2010 年承认了享有安全洁净饮用水和卫生设施的人权。此项权利给予每个人在不受到歧视的前提下获得充足、安全、可接受、易获得、负担得起的饮用水以及物质上和经济上获得供个人、家庭使用的卫生设施的权利。此项人权已被纳入多个国家的宪法和立法。

充足食物权已在联合国大会 1966 年通过的多边条约《经济、社会和文化权利国际公约》中得到承认。2004 年的《支持在国家粮食安全范围内逐步实现充足食物权的自愿准则》中也提出了有关水资源获取和可持续利用的条款。<sup>32</sup>

人类享有安全饮用水和卫生设施的权利和食物权之间有着密切关联，因为安全饮用水和卫生设施对于健康和良好营养状况而言至关重要，还因为水资源的获取对于粮食生产者是不可少的条件，对生产者的食物权也同样必不可少。目前人们正在思考这两项权利给水资源治理带来的后果以及如何才能促进在粮食安全和营养相关水资源治理中采取一种基于人权的方法，这一领域值得进一步探讨和研究。这些想法还引发人们思考各国在自身管辖范围内监管第三方活动的境外义务，以确保不侵犯他国人民的人权。

#### 3.4.1 粮食安全相关水资源治理中基于人权的方法

粮食安全相关水资源治理中基于人权的方法旨在探求食物权和水权之间的关系。它将人权规范、标准和原则纳入各级水资源及粮食安全相关计划，其中包括问责、透明度、赋权、参与、不歧视（平等与公平）以及对弱势群体的关注（人权高专办，2004）。

基于人权的方法注重的是“实质性”平等，而不是形式上平等，也就是说，所有人无论种族、阶级、性别不同或存在其他差异，都应有权享有基本人权，这可能意味着需要通过平权行动照顾最弱势群体。人权为各国提供了一个应该遵循的规范性框架，以便保障人民有效获得、公平使用各种资源，同时采取措施为人民赋权，尤其是最弱势、最困难群体。无可否认，侵犯人权和贫困特有的经济、社会、文化及政治权利缺失之间有着因果关系。因此，实现人权和努力消除极端贫困是相互促进的两项工作，人权规范和原则能对减贫工作起到指导作用（Sepúlveda and Nyst, 2012）。Amartya Sen 的能力论就侧重“实质性自由”，即人人有权选择自己所珍惜的生活。对 Sen 而言，人权就是享有某些特定自由的权利，即能力（2004），其

---

<sup>32</sup> 《支持在国家粮食安全范围内逐步实现充足食物权的自愿准则》（《食物权自愿准则》）强调，实现食物权需要各国采取行动“改善水资源获取，促进水资源可持续利用以及在不同用户之间的分配，期间要合理考虑效率和公平满足人类基本需求，权衡生态系统功能保护或恢复方面的要求和生活、工业和农业用水需求，包括保护饮用水质量”。

中包括能力的行使（如获取）和具有获得良好供水的机会。这种方法还扩充了水的范围（即不局限于只注重生存和生活用水），将其与地方机构以及确定自身水资源相关优先重点和策略的权利联系起来（见 Mehta, 2014; Anand, 2007）。

人权要求各国履行三类义务，即尊重、保护和实现人权。就水资源和卫生设施而言，这意味着各国必须：(i) 不得干扰或阻扰已经享有的权利，例如在某人无力支付费用时切断供水就违背了尊重水权的义务；(ii) 防止包括公司在内的第三方干扰人们享有这些权利，例如各国必须保护水源，确保其不受工业污染；(iii) 采取行动促使人民享有权利。这并不意味着各国必须直接提供服务，除非个人或群体出于自身难以控制的原因无法自行提供服务（另见 de Albuquerque, 2012）。与其他经济和社会权利一样，水权应“逐步实现”。为此，各国应最大限度提供现有资源，并尽最大努力快速、有效实现相关人权。

### 食物权

食物权 1948 年在《世界人权宣言》中被提及，1966 年在《经济、社会和文化权利国际公约》中再次被提及。特别报告员将人类的食物权定义为“每个人在单独或与其他人一起时都能拥有的、任何时候在物质和经济条件上都能得到充足、适当和文化上可接受的食物的权利，这些食物可持续生产和消费，并能为后代保持获取食物的条件。”（联合国大会，2014）。《食物权自愿准则》作为一项关键实施指南，呼吁各国制定战略来实现食物权，尤其是各国社会中弱势群体的食物权（粮农组织，2005）。

准则还敦促各国“考虑市场机制在保护环境和公益方面的不足”（准则 4.10），尤其对妇女（准则 8.3）和土著人民等弱势群体而言。土著人民已宣称，实现食物权与承认个人和集体权利是相互依赖、不可分割的，即不受强迫同化或自身文化不受破坏的权利，对自身土地、领土和资源的权利，不受歧视的权利（联合国大会，2007），最重要的是自由事先知情同意权（人权高专办，2013）。因此如果各社区有着截然不同的文化传统（社区成员多数为小规模生产者、牧民、渔民等），要实现食物权这项人权，就必须消除会阻碍人民行使自主权的不利政策和做法（粮农组织，2009b）。

### 享有水和卫生设施的权利

与食物权不同的是，水权在 1948 年的《世界人权宣言》中并未明确得到承认，即便在后来，仍有一些国家和一些私有公司反对将水权确定为一项人权（Sultana and Loftus, 2011; Mehta, 2014）。因此，承认水权的进程比起食物权发展较晚。虽然《经济、社会和文化权利国际公约》并未明确提及水权，但其监督机构—经济、社会、文化权利委员会于 2002 年 11 月 27 日通过了“有关水权的第 15 号一般性意

见”，<sup>33</sup>将水权界定为人人有权“获得充足、安全、可接受、易获得、负担得起的水资源，供个人和家庭使用”。该委员会称，水权和享有充足的食物、住房和衣着的权利一样，是享有适当生活水准的权利的一部分。委员会还强调，水权与健康权、充足住房权和食物权有着不可分割的关联。

2010年7月，联合国大会承认享有安全饮用水和卫生设施的人权（联大第64/292号决议）是实现各项人权的重要保障。2011年9月，联合国人权理事会确认该项权利由多项国际人权条约中提出的享有充足生活水准的权利衍生而来，既可裁决，也可执行（联合国，2010b）。2013年9月27日通过的的第24/18号决议指出，享有安全饮用水和卫生设施的权利“赋予每个人在不受到歧视的前提下获得充足、安全、可接受、易获得、负担得起的供个人、家庭所需的饮用水以及在生活各方面从物质上和经济上获得安全、卫生、符合社会文化习惯、能保障隐私和尊严的卫生设施的权利”（联合国经济、社会、文化权利委员会，2002，E/C12/2002/11，第1段）。一个人至少应该获得足够水，满足饮用、洗澡、清洁、烹煮和卫生等基本需求，而用于满足基本需求的水的费用应控制在最贫困家庭都能负担得起的范围内（另见世界卫生组织，2001）。

享有水和卫生设施的权利目前已在全球范围内得到承认。这两项权利赋予“每个人在不受到歧视的前提下获得充足、安全、可接受、易获得、负担得起的供个人、家庭所需的饮用水以及在生活中各方面从物质上和经济上获得安全、卫生、符合社会文化习惯、能保障隐私和尊严的卫生设施的权利”（人权理事会2014年9月第A/HRC/27/72号决议）。

为评估各国是否保障了人民的水权和卫生设施权，已制定了几项标准：水及卫生服务的可供量、可获性、可接受度、经济可承受度和质量。

**可供量。**必须为家庭中所有人或附近所有人提供水和卫生设施服务。尽管承认这一权利意味着每个人都应获得充足、不间断的供水来维持生命与健康，满足基本需求，但并不等于人人都能无限量获得供水。

要想从水量和可获性角度界定这一权利仍是一项挑战（Sultana and Loftus, 2011），因为不同国家和机构的估计基本供水需求量有着巨大差异。世卫组织的标准是每日20至100升（世卫组织，2003），但同时承认低于50升所产生的影响较“低”，100升才是满足基本食物烹制和保证个人卫生所需的最低标准，其中不包括用于种植供自家消费的食物所需的水量（Mehta, 2014; McDonaldhe Ruiters, 2005; 另见第3.1.1节中有关多用户服务的讨论）。

---

<sup>33</sup> 第15号一般性意见，水权（《经济、社会和文化权利国际公约》第11和12条），联合国文件E/C12/2002/11（第二十九届会议，2002）。一般性意见是《经济、社会和文化权利国际公约》监督机构对公约中各项权利内容的解释。委员会强调各国实现水权的法律责任，并将水界定为一种社会、文化产品，而不仅仅是一种经济商品。

**可接受度。**水及卫生设施服务必须考虑用户的文化需求与偏好。例如，这意味着水必须具备人们可接受的颜色、气味、味道，卫生设施必须确保用户的隐私与尊严。

**经济可承受度。**这意味着水及卫生设施服务的成本必须控制在一定范围内，避免影响人们支付其它必需品及服务的能力，如教育或医疗。

**质量。**水必须是可以安全供人饮用的，卫生设施必须是卫生的，使用时具备技术安全性，不会对健康造成威胁。

要帮助人们更好地获取水及卫生设施服务，各国必须采取多种措施，从就此类权利立法，到实施能确保最弱势、最边缘化群体获取权的政策与干预措施。在宪法中承认此项权利还有助于保障此项权利（人权高专办，2014）。实现这些权利还要求遵循参与、非歧视及平等、问责、信息获取和透明度等原则。南非和玻利维亚的案例反映出，尽管已经获得宪法承认，但实施过程中仍存在实际困难（见插文 31、32）。

有人指出，私有化机制有时会影响水权和食物权的实现（见 Sultana and Loftus, 2011）。重要的是，无论以何种方式提供服务，是由国家直接提供，还是由地方政府或私有公司提供，国家都是保障人权的首要责任方。

### 插文 31 南非的水权

南非作为在其 1996 年《宪法》中首个承认水权的国家，同时还承认生态系统通过生态储备获得水资源的权利（Ziganshina, 2008）。南非的“免费基本用水政策”规定每户每月可免费获得 6 千升水（按 8 口之家每人每日 25 升计算）（McDonald and Ruiters, 2005）。然而，政策在实施中遇到众多困难，各方一直就这项政策是否已对南非贫困民众的生活产生巨大影响开展激烈辩论（另见 Flynn and Chirwa, 2005）。

在一些地区，基础设施缺乏和运作、维护不善已对水资源获取产生了不利影响。2014 年国家人权委员会举办的听证会表明，所有 9 个省的人民都对垃圾和污水处理厂条件落后表示不满意，很多城市反映水处理厂已难以维持运转，主要原因是处理量过大（见南非人权委员会，2014）。

此外，人们就预付费水表、断水等做法是否违背水权也在开展激烈辩论，很多人认为这会侵犯公民的基本水权，同时引发新型贫困（Flynn 和 Chirwa, 2005；Loftus, 2005；McDonald and Ruiters, 2005），人们还就每户 6 千升是否足够开展辩论，尤其在家庭成员较多的情况下。在 Mazibuko 一案中，Mazibuko 女士和约翰内斯堡费里区的其他居民们对家中安装预付费水表的做法表示异议，认为这种做法不符合法律和宪法，要求为每人每日供水 50 升。豪登省高等法院于 2008 年表示，一些家庭成员往往多达 16 人，因此下令取消预付费水表，确认每人每日可获供水 50 升。上诉时，最高上诉法院判决指出，每人每日 42 升就已足够，并给予该市更多时间解决预付费水表安装的合法性问题。2009 年，宪法法庭推翻了原有裁决，驳回了原告的请求，指出约翰内斯堡市并未侵犯水权，安装预付费水表的做法完全合法。这三项裁决突出表明水权的行使和解释并非易事。

### 插文 32 玻利维亚水资源与粮食安全的关系

玻利维亚 2009 年通过的宪法就食物权和水权两项人权做出了规定，并指出国家有义务保障粮食安全（玻利维亚《2009 年宪法》第 16 条）。玻利维亚还明确承认自然权（如“地球母亲与美好生活”，见 Walnycki, 2013）。

“零营养不良项目”由莫拉莱斯总统于 2007 年发起，旨在实现水权和食物权，并承认水和粮食安全之间存在着多项联系。饮用水、卫生设施、灌溉和小规模农业是此项多部门项目关注的内容，虽然这些领域得到的资金低于众多地方相关方的预计水平，资金重点被放在基础设施上（Hoey and Pelletier, 2011）。玻利维亚在粮食安全和营养举措中重视供应生活用水和农业用水，这在农村普遍存在贫困和以往供水私有化（有人认为这加重了该国的贫困程度）遭遇失败的背景下显得尤为重要（Ferranti, 2004）。虽然玻利维亚的贫困率已出现下降，但 2011 年仍有 45% 的人口生活在贫困线以下（世界银行，2015），且不平等现象十分普遍（Walnycki, 2013）。

尽管权利已得到承认，但权利的落实仍是一项挑战，其中部分原因在于宪法的规定模糊不清（Harris and Roa-García, 2013）。国家对工业化、农业和采矿业的优先排序导致各方对水资源展开竞争，包括导致粮食生产所需供水紧张（Walnycki, 2013）。在一些地区，将水权授予采矿项目最终导致藜麦种植者和土著人民使用的地下水源出现枯竭和污染。

虽然水权已得到宪法承认，但在实践中，城郊地区供水方面的空白往往由社区供水方来填补（Walnycki, 2013），但他们在水资源可供量和质量方面却遇到问题（Mehta *et al*, 2014b）。这些城郊地区的含水层通常与其他社区、工业、农民等共享，因此从质量和数量上保护水源就成为一项重大挑战（Walnycki, 2013）。农业用水和城市用水之间依然存在激烈竞争（Fabricant and Hicks, 2013），目前的立法体系仍无法充分解决这种竞争现象（Walnycki, 2013）。

获得水及卫生设施的权利作为一项人权，对于粮食安全和营养而言至关重要，它涉及到是否有能力烹煮食物，是否能避免未能得到服务的家庭中出现疾病负担，因为疾病会降低人们保存和吸收营养的能力。因此，提供安全的饮用水和充足的卫生设施是确保粮食安全和营养必不可少的前提条件。然而，除了安全饮用水和卫生设施权利之外，另一个问题是，食物权对水资源获取有何种影响。如下文所述，水权是食物权的一部分，这种说法并非显而易见（另见世卫组织，2002）。

#### 3.4.2 食物权与饮用水和卫生设施权之间的潜在关联以及相关挑战

经济、社会、文化权利委员会有关水权的“第 15 号一般性意见”<sup>34</sup>突出强调水权如何与充足食物权之间存在明确关联，并强调应重视供水，以避免饥饿与疾病（联合国，2003b - E/CN.4/2003/54）。同样，有关充足食物权的“第 12 号一般性意见”<sup>35</sup>指出应确保农业能可持续获取水资源，以保障食物权的实现。

<sup>34</sup> [http://tbinternet.ohchr.org/\\_layouts/treatybodyexternal/Download.aspx?symbolno=E%2fC.12%2f2002%2f11](http://tbinternet.ohchr.org/_layouts/treatybodyexternal/Download.aspx?symbolno=E%2fC.12%2f2002%2f11)

<sup>35</sup> [http://tbinternet.ohchr.org/\\_layouts/treatybodyexternal/Download.aspx?symbolno=E/C.12/1999/5](http://tbinternet.ohchr.org/_layouts/treatybodyexternal/Download.aspx?symbolno=E/C.12/1999/5)

虽然对饮用水及卫生设施权的承认主要侧重于生活供水，但“第 15 号一般性意见”还发现水权中部分内容尽管与粮食安全和营养相关水资源问题有着密切关联，却尚未得到充分关注。“第 15 号一般性意见”特别指出“除了个人和家庭用途外，实现多项公约权利都离不开水。例如，水被用来生产粮食（充足食物权）和确保环境卫生（健康权）。维持生计（通过劳动维持生活的权利）和享受某些文化活动（参与文化生活权）也需要水”（第 15 号一般性意见，第 6 段）。

“第 15 号一般性意见”还指出有必要制定标准，以便在水分配上，优先考虑个人及家庭使用，优先考虑防止饥饿和疾病所需要的水资源以及履行落实其它核心义务所需要的水资源（第 15 号一般性意见，第 6 段）。意见还承认为农业提供可持续的水资源的重要性，以便实现充足食物权，要特别重视“优先确保贫困和边缘化农民包括妇女公平得到水和利用水管理系统，包括可持续的雨水汇集和灌溉技术”（第 15 号一般性意见，第 7 段）。此外，“第 15 号一般性意见”强调，“不得剥夺一个民族的生存手段”，各国应确保“农民耕作和土著人民维持生存所需要的足够的水”（第 15 号一般性意见，第 7 段）。这一点将在联合国《土著人民权利宣言》的背景下得以考虑。

“第 15 号一般性意见”还提及“《联合国国际水道非航行使用法公约》附加详解声明”（A/51/869，1997 年 4 月 11 日），其中宣布在水道使用问题上发生冲突期间确定人的必要需求时，应“特别注意提供维持人的生命所需的足够的水，包括饮用水和生产粮食防止饥饿所需要的水”。此外，“第 15 号一般性意见”指出保护自然水资源免受有害物质和病源微生物污染的重要性，要求不加歧视地采取措施，防止不安全和有毒水况对健康的威胁（第 15 号一般性意见，第 8 段）。

要保障粮食安全和营养相关水资源，就必须加强对水及卫生设施权各方面的解释和了解，同时了解它们与其它权利，尤其是食物权和健康权的关联。

在这一点上，充足食物权意味着获取粮食时必须“采用可持续手段，不妨碍享有其它人权”（联合国经济、社会、文化委员会，1999，E/C.12/1999/5，第 8 段）。这意味着为实现充足食物权开展的活动和流程必须遵守水资源相关的环境限制，如最低流量要求和资源的承载能力，不得损害水权等其他人权。反之，“人权标准规定，获得水及卫生设施的直接和间接费用不应损害任何人获取其它基本商品及服务的能力，包括食物、住房、卫生服务和教育”（住房权和反迫迁中心/美国科学促进会/可持续发展委员会/联合国人居署，2007）。

将这些权利放在一起研读后，我们发现各缔约国应保证为满足自给自足型农业和土著人民的生计需求提供充足的供水，不应在损害相关社区利益的前提下将水用于其它用途。“第 12 号一般性意见”在提及粮食获取和可供性时对可持续性的突出重视表明，应同时保障当代人和子孙后代都能获得粮食（经济、社会、文化委员会，第 12 号一般性意见，第 7 段）。

Windfuhr (2013) 指出，决策应该将实现弱势群体的权利放在优先位置。虽然生活用水（即饮用水、洗澡和个人卫生所需要的水）通常被放在优先位置，但家庭自给型粮食生产所需要的水也应该得到重视，因为这是保障食物权的最合理机制。

越来越多的人正在呼吁进一步从人权角度就土地和水资源的获取做出解释，以便更好地将家庭层面为实现食物权而开展的粮食生产所需要的水纳入其中 (Franco *et al.*, 2013)。

就如何更好地实现权利也有一些值得思考。例如，是否最好通过个人或集体权利来实现。有关采用综合方针的好处的相关讨论尤其值得注意。例如，Brooks (2007) 曾质疑将水、粮食和健康相互联系起来的做法，认为应该将它们相互区分开来，如家庭用水（饮用水）、粮食生产用水、生态系统用水，理由是这有利于进一步明确目标，开展更有针对性的监测。水和卫生设施人权问题前任特别报告员 Catharina de Albuquerque 曾强调有必要将卫生设施和水区分开来，因为尽管它与饮用水管理有一定关联，但需要国家采取不同行动，采用不同治理体系（人权理事会，2009，见 A/HRC/12/24，另见 Ellis and Feris, 2014 有关将卫生设施权与水权脱钩的呼吁）。

《食物权自愿准则》是落实充足食物权的一项关键指南（粮农组织，2005），并呼吁各国制定战略来实现食物权，尤其要实现各国弱势群体的食物权。但目前尚无任何有关水权的此类准则。下一步应考虑新增一项实用准则，简要介绍食物权对水权的影响以及水权对食物权的影响。

### 3.4.3 域外义务

域外义务指各国在自身管辖范围内监管第三方活动的域外义务，以确保不侵犯他国人民的人权。域外义务能在解决涉及水权和卫生设施权的重要事务过程中发挥重要作用，如由于对跨国公司、国际金融机构缺乏监管和问责或监管和问责不足时发生的情况以及在投资和贸易相关法律、政策和纠纷中未有效应用人权法律所导致的情况（域外义务共同体，2013）。

2011 年由国际法和人权专家制定和通过的《关于经济、社会和文化权利领域国家域外义务的马斯特里赫特原则》是向前迈出的一大步（马斯特里赫特原则（域外义务），2011）。其中几条原则与食物权和水权尤为相关，即：“各国有义务通过监管非国有行为方来保护个人的经济、社会、文化权利（原则 13-27）。各国有义务监管和/或影响企业，以保护域外受其影响的群体”。

联合国的人权监测机构已日益重视对食物权和水权相关域外义务的关注。联合国食物权问题前任特别报告员 Jean Ziegler（联合国人权理事会，2008）曾就各国的域外

义务指出：“保护食物权的域外义务要求各国保证自己管辖范围内的第三方（如本国公民或跨国公司）不得侵犯他国公民的食物权[...]随着跨国公司对粮食链各环节的垄断日益加深，[...]处于相对弱势的国家政府要想对域内的跨国公司进行监管，要求他们尊重人权，已变得越来越有难度，因此必须让往往处于相对强势的原籍国参与充分监管”（E/CN.4/2005/47，2005年1月24日）。同样，联合国饮用水和卫生设施权前任特别报告员也曾指出：“域外义务要求相关协议各缔约国尊重他国人民的人权。[...]就保护义务而言，各国必须防止第三方，如设在某一国同时在另一国运作的公司，侵犯他国人民享有水和卫生设施的人权”（de Albuquerque，2014）。就与国际金融机构投资相关的侵犯人权事件，《经济、社会和文化权利国际公约》各缔约国已在提交给经济、社会、文化权利委员会的文件中指出“生命权不仅源自各项国际人权条约，目前还是国际法中的一项普遍原则。因此，人权应对整个国际社会构成约束，而不仅局限于人权条约缔约国”（Gibney and Vandenhole，2013）。

### 3.5 粮食安全和营养相关水资源综合、包容性治理的前行道路

本章说明，水资源治理涉及多个机构与行为方，可利用多种工具实现多个目标：在不同空间范围内对某项资源、某项服务实施管理，以实现多种目的，为多个粮食和非粮食部门服务。

水资源管理和治理本质上属于地方性事务，但极易受国家政策和国际性讨论及行为方的影响。

由最高层设立的优先重点不一定能充分或准确地反映地方实际情况。此外，缺乏综合性可能会成为影响优先重点设定的巨大障碍，尤其是在确保粮食安全和营养所需的公平、可持续水资源可供量和获取方面以及保护弱势、边缘化群体方面。

要改善粮食安全和营养所需水资源治理，就需要考虑宏观经济政策、农业及粮食安全政策、水资源供应和卫生设施相关政策、贸易政策、农村发展和环境政策中的相关内容，以便更好地将粮食安全和营养相关关切纳入相关政策、体制改革和基础设施投资过程。水务政策应明确注重粮食安全和营养相关水资源问题，同时建立必要的监管机制予以支撑，承认食物权、水权和卫生设施权以及这些权利之间的关系。这就要求各方承认弱势、处境困难的社区对粮食安全和营养相关水资源的需求，将习惯权利纳入正式体系，承认妇女的用水权利。这还要求各方认真研究水资源获取和土地获取之间的相互依赖关系。

将各种关切综合起来加以应对是十分重要的，但更重要的是应以此为基础做好优先排序和重点设定工作，使此项工作做到前后一致，同时考虑各国在能力上面临的限制：需要提供支持，以制定更合理、更易落实的监管机制，设立更适应各种体制架构和发展中国家背景、能应对各行为方优先重点的机构。据此，应对水资源管

理所采用的工具进行检测，判断其对粮食安全和营养产生的影响，尤其是对贫困、边缘化社区的粮食安全和营养产生的影响。政策框架应认识到各社区在水资源高效、公平管理过程中发挥的不可替代的作用，并赋予他们相关权利与责任。水资源用户协会是改进水资源治理相关体制安排的重要内容，应为这些机构提供培训和支持，以确保它们在运作中保证公平和参与。

## 结语

水和粮食是人类最根本的基本需求。水是实现人类粮食安全和营养的关键。

水对于生命、对于经济发展、对于粮食安全的重要性使得这一问题成为辩论的焦点，面临着各种挑战、风险和经常出现的冲突。水还因国情不同、地方实际情况不同，成为最复杂的问题之一。

这是一场极为及时的辩论。2015年，国际社会将就未来达成“可持续发展议程”。在本报告出版之时，水与粮食安全是最热门话题中的两项，也是最具跨部门影响的话题，影响着其它目标的成功与否，反过来也受之影响。有必要了解应该在实地开展哪些行动，每个行为方应该做些什么，才能实现这些宏大理想。

本报告旨在帮助人们厘清常常模糊不清、难以让人理清头绪的各项辩论。水资源话题涉及的范围很广，尤其是将其与粮食安全和营养联系起来时，范围就变得更广。

本报告将从粮食安全和营养角度入手讨论水资源问题。水资源具备多面性，涉及可供量、获取、不同用途之间的竞争、整体稳定性等。粮食安全和营养也有着多面性。本报告旨在展示水资源通过哪些途径改善粮食安全和营养、各方面面临的相关挑战以及能在各层面通过何种行动增强水资源对粮食安全和营养的贡献。

为此，本报告采用了“粮食安全和营养相关水资源”这一理念，揭示水资源对粮食安全和营养四大维度的直接和间接贡献。报告涵盖安全饮用水和卫生设施、生产、加工和烹煮食物用水以及各部门用水对生计、收入乃至粮食可获性的贡献。报告还涵盖水资源的可持续管理和保护目标，以及水资源所依赖的、有助于确保当代人和子孙后代粮食安全和营养的生态系统的可持续管理和保护目标。

我们的分析基于两大前提：

首先，安全的饮用水和卫生设施是保障人人享有良好营养、健康和尊严的根本条件。目前地球上仍有 25 亿人缺乏良好的卫生设施，有 7.68 亿人仍在使用不安全的饮用水源，这正在对营养、健康以及社会、经济发展构成威胁。

其次，保质保量供水对于农业生产和食物烹制和加工至关重要。灌溉农业用水量占全球总抽水量的 70%（地表水和地下水）。可靠的灌溉对于提高和稳定大批小农的收入、提高其生计抵御能力都十分重要。灌溉用水中有 40% 是地下水，其中一些地下水源无法在人类时间所能延及的期限内得以再生。

基于以上前提，本报告突出强调一些基本发现，这些分析对于当前粮食安全和营养相关水资源形势和未来演化趋势而言至关重要。

气候变化将改变水资源可供量和雨育系统和灌溉系统中的作物用水需求。农业用水管理将是适应气候变化的关键。不同用户之间的竞争正在日益加剧，并可能在未来变得更加激烈，而能源、工业、制造业和城市用水等其他部门也正给整个水资源系统带来不断加大的压力。农业经常被当做一个调整变量，以便使总抽水量符合全球可供量短缺的现状，同时保护陆地水系及其在整个生态系统中的作用。用于灌溉的水资源可能会在面对来自其他用途的竞争时被迫减少。

竞争加剧和新行为方的出现已使权力关系出现了大幅改变，不仅是各机构和各部门之间的权力关系，还有它们内部的权力关系。机构本身并非永远都能及时调整自身。水资源获取方面面临困难最大的群体，如贫困、弱势、边缘化群体，在快速变革和大范围投资的背景下被进一步边缘化。

在水资源短缺问题日益严重、对水资源的竞争不断加剧的背景下，应如何确保人人享有粮食安全和营养，尤其在某些地区？面对此类挑战，本报告将揭示水与粮食安全和营养之间的关系，并为所有相关行为方提出建议，以便为农业改善水资源管理，为水资源改善农业及粮食系统，为粮食安全和营养改善水资源治理。

我们共提出八大领域，便于采取行动，制定相关政策和干预措施：

1. 从地方到大洲层面对生态系统实施可持续管理和保护，对于保障未来粮食安全和营养相关水资源的数量和质量起着关键作用。
2. 设计综合政策方针，便于为实现粮食安全和营养进行合理优先排序。
3. 在政策和行动上将最弱势、最边缘化群体放在首位。
4. 改善农业用水管理，无论是雨育农业还是灌溉农业，改善农业生产管理，以应对缺水，提高农业系统的效率和抵御能力。
5. 加强贸易对粮食安全和营养相关水资源的贡献。
6. 知识和技术。
7. 包容、高效的治理。
8. 在粮食安全和营养相关水资源问题上采用一种基于人权的方法。

以上各项均应在充分考虑国家和地方具体情况的前提下予以考虑。

缺水地区首当其冲应关注以上各项，粮食安全和营养应成为这些地区水资源相关政策中的一项重点。

富水地区也与此相关。如果他们无法合理考虑农业用水，全球粮食可供量就无法得到保证。贸易在保障粮食安全和营养中发挥着关键作用，它可以弥补缺水造成的后果。

水资源日益短缺，对水资源的竞争日益加剧，要求我们对水资源治理进行改革，以保障粮食安全和营养。有关这一点的论述已不在少数。我们提出的方针以各层级综合一体化、优先排序和包容性三条原则为基础。水资源治理面对的是众多部门相互矛盾的政策、利益和行为方之间错综复杂的关系。

我们建议，水资源治理应通过包容、透明的治理机制确立清晰、公认的优先重点，将饮用水和卫生设施权以及食物权作为主要原则。

保障弱势群体和妇女的水资源获取权是一项尤为艰巨的挑战。要想让大部分世界人口实现社会发展，就必须首先帮助他们更公平地获取水和卫生设施。地方社区是通过景观层面可持续、综合性土地和水资源管理来可持续加强粮食安全和营养的关键力量。

为了地球上每个人的尊严、健康、粮食和营养安全而保障供水，是人类面临的巨大挑战之一。本报告中的分析和建议是对这一宏大目标做出的贡献。

## 致谢

高专组诚挚感谢为两次公开磋商提供了宝贵意见和建议的所有人员，第一次涉及报告范围，第二次涉及报告初稿。所有意见均可参见 [www.fao.org/cfs/cfs-hlpe](http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe)。

高专组感谢九名同行评审人员对报告一稿的审阅。高专组所有同行评审人员的名单可参见 [www.fao.org/cfs/cfs-hlpe](http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe)。

项目组组长 Lyla Mehta 感谢 STEPS 中心在科研时间安排上给予她的支持，同时感谢 Shilpi Srivastava 和 Martha Kimmel 在科研上给予的协助以及对项目组工作的支持。

感谢以下人员为高专组工作所做的贡献以及提出的建议和意见：

Mohamed Ait Kadi、Kate Bayliss、Guillaume Benoît、Jahi M. Chappell、Michael Croft、Hilal Elver、Jennifer Franco、Karen Frenken、Quentin Grafton、Mary Grant、Ramy Hanna、Roberto Lenton、Meera Karunanathan、Sylvia Kay、Ashfaq Khalfan、Martha Kimmel、Amanda Klasing、Karen Hansen-Kuhn、Emanuele Lobina、Maryann Manahan、Ruth Meinzen-Dick、João Monticeli、Doug Merry、Sofia Monsalve、Synne Movik、Alan Nicol、Darcey O’Callaghan、Stéphane Parmentier、Gauthier Pitois、Shefali Sharma、Steve Suppan、Barbara van Koppen、Frank van Steenbergen、Olcay Unver、Inga Winkler、Kifle Woldearegay、Tingju Zhu。

高专组经费全部来自自愿捐款。高专组报告是按照粮安委全体会议提出的主题独立完成的集体成果。高专组感谢 2010 年以来为高专组信托基金提供捐款或提供实物捐赠的所有捐赠方，正是他们的捐赠使得高专组得以顺利开展工作，同时又充分尊重高专组的独立性。自成立以来，高专组已得到澳大利亚、欧盟、法国、爱尔兰、挪威、俄罗斯、西班牙、瑞典、瑞士、英国的支持。

本报告中译本系在粮农组织会议规划及文献处（中文翻译组）指导下完成

## 参考书目

- Abbona, E.A., Sarandon, S.J., Marasas, M.E. & Astier, M.** 2007. Ecological sustainability evaluation of traditional management in different vineyard systems in Berisso, Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119(3–4): 335–345.
- Abdel-Shafy, H.I. & Mansour, M.S.M.** 2013. Overview on water reuse in Egypt: present and future. *Sustainable Sanitation Practice*, 14: 17–25.
- Ahmad, Q.K.** 2003. Towards poverty alleviation: the water sector perspectives. *International Journal of Water Resources Development*, 19(2): 263–277.
- Akram, A.A.** 2013. Is a surface-water market physically feasible in Pakistan's Indus Basin Irrigation System? *Water International*, 38(5): 552–570.
- Alauddin, M. & Quiggin, J.** 2008. Agricultural intensification, irrigation and the environment in South Asia: Issues and policy options. *Ecological Economics*, 65(2008): 111–124.
- Alfarra, A., Kemp-Benedict, E., Hötzl, H., Sader, N. & Sonneveld, B.** 2011. A framework for wastewater reuse in Jordan: utilizing a modified wastewater reuse index. *Water Resource Management*, 25(4): 1153–1167.
- Allan, J.A.** 1993. 'Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible' In: ODA, Priorities for water resources allocation and management, ODA, London, pp. 13–26
- Allan, J.A.** 1996. Water use and development in arid regions: Environment, economic development and water resource politics and policy. *Review of European Community and International Environmental Law*, 5(2): 107–115.
- Allan, J.A.** 2003. *Virtual Water - the Water, Food, and Trade Nexus Useful Concept or Misleading Metaphor?* IWRA, Water International, Volume 28, Number 1, March 2003. Available at <https://www.soas.ac.uk/water/publications/papers/file38394.pdf>
- Allan, T.** 2011. *Virtual water: tackling the threat to our planet's most precious resource*. London, I.B. Tauris & Co.
- Allouche, J., Middleton, C. & Gyawali, D.** 2014. *Nexus nirvana or nexus nullity? A dynamic approach to security and sustainability in the water-energy-food nexus*. STEPS Working Paper 63. Brighton, UK, STEPS Centre.
- Alqadi, K. & Kumar, L.** 2014. Water policy in Jordan. *International Journal of Water Resources Development*, 30(2): 322–334.
- Altaf, A., Jamal, H. & Whittington, D.** 1992. *Willingness to pay for water in rural Punjab, Pakistan*. Washington DC, UNDP-World Bank Water and Sanitation Program.
- Altieri, M., Nicholls, C. & Funes, F.** 2012a. *The scaling up of agroecology: spreading hope for food sovereignty and resiliency*. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología.
- Altieri, M., Funes-Monzote, F.R. & Peterson, P.** 2012b. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(1): 1–13.
- Altinbilek, D.** 2014. Development and management of the Euphrates–Tigris basin. *International Journal of Water Resources Development*, 20(1): 15–33.
- Anand, P.B.** 2007. Right to water and access to water: an assessment. *Journal of International Development* 19(4): 511–526.
- Ansar, A., Flyvbjerg, B., Budzier, A. & Lunn, D.** 2014. Should we build more large dams? The actual cost of hydropower mega project development. *Energy Policy*, 69: 43–56.
- Antonelli, M. & Greco F.** 2013. *L'acqua che mangiamo. Cosè l'acqua virtuale e come la consumiamo*. Edizioni Ambiente. Milano.
- Australian Water Act.** 2007, Act No. 137, 2007. Compilation No. 18 (14 April 2015) available at <http://www.comlaw.gov.au/Details/C2015C00200>.
- Aw, D. & Diemer, G.** 2005. *Making a large irrigation scheme work: a case study from Mali*. Washington, DC, World Bank.
- Bach, H., Bird, J., Clausen, T.J., Jensen, K.M., Lange, R.B., Taylor, R., Viriyasakultorn, V. & Wolf, A.** 2012. *Transboundary river basin management: addressing water, energy and food security*. Lao PRD, Mekong River Commission.
- Bakker, K.** 2010. *Privatizing water: governance failure and the world's urban water crises*. Ithaca, USA, Cornell University Press.
- Bandaragoda, D.J. & Firdousi, G.R.** 1992. *Institutional factors affecting irrigation performance in Pakistan: Research and policy priorities*. IIMI Country Paper - Pakistan no. 4. Colombo, International Irrigation Management Institute.
- Bandura, A.** 1963. *Social learning and personality development*. Holt, Rinehart, and Winston, New York, New York, USA.
- Barnabas, B., Jager, K. & Feher, A.** 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell and Environment*, 31(1): 11–38.
- Barnett, B.I., Barrett, C.J. & Skees, J.R.** 2008. Poverty traps and index-based risk transfer products. *World Development*, 36(10): 450–474.
- Barrett, C.B., Barnett, B.J., Carter, M.R., Chantarat, S., Hansen, J.W., Mude, A.G., Osgood, D.E., Skees, J.R., Turvey, C.G. & Ward, M.N.** 2007. *Poverty traps and climate risk: limitations and opportunities of index-based risk financing*. IRI Technical Report 07-03. New York, USA, International Research Institute for Climate and Society, Columbia University.
- Bauer, C.J.** 2004. *Siren song: Chilean water law as a model for international reform*. Washington, DC, Resources for the Future.
- Bayliss, K.** 2014. The financialization of water. *Review of Radical Political Economics*, 46(3): 292–307.

- Beer, C., Ciais, P., Reichstein, M., Baldocchi, D., Law, B.E., Papale, D., Soussana, J.-F., Ammann, C., Buchmann, N., Frand, D., Gianelle, D., Janssens, I.A., Knohl, A., Köstner, B., Moors, E., Rouspard, O., Verbeeck, H., Vesala, T., Williams, C.A. & Wohlfahrt, G.** 2009. Temporal and among-site variability of inherent water use efficiency at the ecosystem level. *Global Biogeochemical Cycles*, 23, GB2018.
- Behnke, R. & Kerven, C.** 2013. *Counting the costs: replacing pastoralism with irrigated agriculture in the Awash Valley, north-eastern Ethiopia*. IIED Climate Change Working Paper No. 4. Climate resilience, productivity and equity in the drylands. London.
- Bellon, M. R.** 2006. Crop research to benefit poor farmers in marginal areas of the developing world: a review of technical challenges and tools. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* (available at [http://www.researchgate.net/publication/228355865\\_Crop\\_research\\_to\\_benefit\\_poor\\_farmers\\_in\\_marginal\\_areas\\_of\\_the\\_developing\\_world\\_a\\_review\\_of\\_technical\\_challenges\\_and\\_tools](http://www.researchgate.net/publication/228355865_Crop_research_to_benefit_poor_farmers_in_marginal_areas_of_the_developing_world_a_review_of_technical_challenges_and_tools)).
- Berger, M. & Finkbeiner, M.** 2010. Water footprinting: how to address water use in life cycle assessment? *Sustainability*, 2: 919–944.
- Binswanger-Mkhize, H.** 2010. Is there too much hype about index-based agricultural insurance? *The Journal of Development Studies*, 48(2): 187–200.
- Bisht, T.C.** 2009. Development-induced displacement and women: the case of the Tehri Dam, India. *The Asia Pacific Journal of Anthropology*, 10(4): 301–317.
- Biswas, A.K.** 2004. Integrated water resources management: a reassessment, *Water International*, 29(2): 248–256.
- Bland, A.** 2014. *California drought has wild salmon competing with almonds for water*. NPR, The Salt (available at [www.npr.org/blogs/thesalt/2014/08/21/342167846/california-drought-has-wild-salmon-competing-with-almonds-for-water](http://www.npr.org/blogs/thesalt/2014/08/21/342167846/california-drought-has-wild-salmon-competing-with-almonds-for-water)).
- Bjornlund, H. & Rossini, P.** 2010. *Climate change, water scarcity and water market – implications for farmers' wealth and farm succession*. 16<sup>th</sup> Pacific Rim Real Estate Society Conference. Wellington, New Zealand (available at [ura.unisa.edu.au/R/AKBV2ACVJ1P9E8PR3P2MT4HM7YBGA5A9Y3DKK2EMGFFACBUT7Q-00342?func=results-brief](http://ura.unisa.edu.au/R/AKBV2ACVJ1P9E8PR3P2MT4HM7YBGA5A9Y3DKK2EMGFFACBUT7Q-00342?func=results-brief)).
- Blomquist, W.** 1992. *Dividing the waters: governing groundwater in Southern California*. San Francisco, USA, Institute for Contemporary Studies.
- Boelens, R.** 2008. Water rights arenas in the Andes: upscaling networks to strengthen local water control. *Water Alternatives*, 1(1): 48–65.
- Boelens, R. & Vos, J.** 2012. The danger of naturalizing water policy concepts: water productivity and efficiency discourses from field irrigation to virtual water trade. *Agricultural Water Management*, 108: 16–26.
- Boelens, R. & Zwartveen, M.** 2005. *Liquid relations. Contested water rights and legal complexity*. Roth, D., Boelens, R. & Zwartveen, M. (eds). Rutgers University Press, New Brunswick, NJ
- Bolding, A., Mollinga, P.P. & Zwartveen, M.** 2000. *Interdisciplinarity in research on integrated water resource management: pitfalls and challenges*, paper presented at the UNESCO-Wotro international working conference on 'Water for Society', Delft, the Netherlands, 8–10 November.
- Borghesi, S.** 2014. Water tradable permits: a review of theoretical and case studies. *Journal of Environmental Planning and Management*, 57(9): 1305–1332.
- Borras, Jr., S. & Franco, J.** 2010. From threat to opportunity? Problems with the idea of a 'code of conduct' for land-grabbing. *Yale Human Rights and Development Law Journal*, 13(2): 507–523.
- Borrini-Feyerabend, G., Pimbert, M.P., Farvar, M.T., Kothari, A. & Renard, Y.** 2007. *Sharing power. A global guide to collaborative management of natural resources*. London, Earthscan/Routledge Publishers.
- Bos, M.G, Burton, M.A. & Molden, D.J.** 2005. *Irrigation and drainage performance assessment: practical guidelines*. Wallingford, UK, CABI Publishing.
- Boucher, O., Jones, A. & Betts, R.A.** 2009. Climate response to the physiological impact of carbon dioxide on plants in the Met Office Unified Model HadCM3. *Climate Dynamics*, 32(2-3), 237-249.
- Boulay, A.-M., Hoekstra, A.Y. & Vionnet, S.** 2013. Complementarities of water-focused life cycle assessment and water footprint assessment. *Environ. Sci. Technol.*, 47: 11926–11927.
- Briscoe, J., Anguita Salas, P. & Peña, T.H.** 1998. *Managing water as an economic resource: reflections on the Chilean experience*. Environment Department Working Paper No. 62. Environmental Economic Series. Washington, DC, World Bank.
- Brooks, D.** 2007. Human rights to water in North Africa and the Middle East: what is new and what is not; what is important and what is not. *International Journal of Water Resources Development*, 23(2): 227–241.
- Bruns, B.** 2014. *Common pools and common knowledge coordination, assurance, and shared strategies in community groundwater governance*. Working Draft. Governing Pooled Knowledge Resources. Second Thematic Conference on Knowledge Commons. New York University School of Law, 5–7 September 2014.
- Brush, S.B. ed.** 1999. *Genes in the field: on-farm conservation of crop diversity*. P. 51–76. IPGRI/IDRC/Lewis Publ., Boca Raton, USA.
- Bues, A. & Theesfeld, I.** 2012. Water grabbing and the role of power: shifting water governance in the light of agricultural foreign direct investment. *Water Alternatives*, 5(2): 266–283.

- Byczynski, L.** 2010. New strategies for great-tasting tomatoes. *Growing for Market* (available at [www.growingformarket.com/articles/Improve-tomato-flavor](http://www.growingformarket.com/articles/Improve-tomato-flavor)).
- CA (Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture).** 2007. *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management for agriculture*. London, Earthscan, and Colombo, International Water Management Institute.
- Calderon, C., & Servén, L.** 2004. *The effects of infrastructure development on growth and income distribution*. World Bank Policy Research Working Paper 3400. Washington, DC, World Bank.
- CARE.** 2013. *Global Water Initiative – East Africa, secure water for smallholder agriculture: program overview brief* (available at [www.gwieastafrica.org/media/GWIEA\\_ProgOverview.pdf](http://www.gwieastafrica.org/media/GWIEA_ProgOverview.pdf)).
- Carlsson, L. & Berkes, F.** 2005. Co-management: concepts and methodological implications. *Journal of Environmental Management*, 75(1): 65–76.
- CBD (Convention on Biological Diversity).** 1992. *Convention on Biological Diversity*. 5 June 1992, Rio de Janeiro (Brazil).
- Ceccarelli, S., Grando, S. & Baum, M.** 2007. Participatory plant breeding in water-limited environments. *Experimental Agriculture*, 43: 1–25.
- Ceccarelli, S. & Grando, S.** 1996. Importance of specific adaptation in breeding for marginal conditions. In G. Hailu & J. Van Leur, eds. *Barley research in Ethiopia: past work and future prospects*, pp. 34–58. Proceedings of the 1<sup>st</sup> Barley Research Review Workshop, 16–19 October 2003, Addis Ababa: IAT/ICARDA. Addis Ababa, Ethiopia.
- Centre for Policy and Human Development.** 2011. *Afghanistan Human Development Report 2011: the forgotten front: water security and the crisis in sanitation*. Kabul.
- CFAP Cambodia.** n.d. *Upgrading the multipurpose pond* (available at [http://www.fao.org/fsnforum/cfs-hlpe/sites/cfs-hlpe/files/resources/Folder%20CFAP%20\(1\).pdf](http://www.fao.org/fsnforum/cfs-hlpe/sites/cfs-hlpe/files/resources/Folder%20CFAP%20(1).pdf)).
- CGAAER (High Council for Food, Agriculture and Rural Areas).** 2012. *Water and food security – facing global change: what challenges, what solutions? Contribution to the international debate*. Paris, CGAAER.
- CGIAR (the Consultative Group for International Agricultural Research).** 2014. *Water-smart agriculture initiative for West Africa* (available at <http://wle.cgiar.org/blog/2014/07/30/water-smart-agriculture-initiative-east-africa/>).
- Chapagain, A.K. & Hoekstra, A.Y.** 2006. Water saving through international trade of agricultural products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10(3): 455–468.
- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenjie, H.H.G. & Gautam, R.** 2006. The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological Economics*, 60: 186–203.
- Cherlet, J.** 2012. *Tracing the emergence and deployment of the ‘integrated water resources management’ paradigm*. In Proceedings of the 12th EASA Biennial Conference Belgium, Ghent University.
- Chimhowu, A. & Woodhouse, P.** 2006. Customary vs private property rights? Dynamics and trajectories of vernacular land markets in sub-Saharan Africa. *Journal of Agrarian Change*, 6(3): 346–371.
- China Dialogue.** 2012. *Laos forges ahead with controversial Mekong dam*. China Dialogue (available at [www.chinadialogue.net/blog/5222--Laos-forges-ahead-with-controversial-Mekong-dam-en](http://www.chinadialogue.net/blog/5222--Laos-forges-ahead-with-controversial-Mekong-dam-en)).
- Clark, P.** 2014. FT series: A world without water. *Financial Times* (available at [www.ft.com/cms/s/2/8e42bdc8-0838-11e4-9afc-00144feab7de.html#slide0](http://www.ft.com/cms/s/2/8e42bdc8-0838-11e4-9afc-00144feab7de.html#slide0) accessed 15 July 2014).
- Cleaver, F.** 1999. Paradoxes of participation: questioning participatory approaches to development. *Journal of International Development*, 11(4): 597–612.
- Cleaver, F.** 2000. Moral ecological rationality, institutions and the management of common property resources. *Development and Change*, 31(2): 361–383.
- Cleaver, F.** 2012. *Development through bricolage: rethinking institutions for natural resource management*. London, Earthscan.
- Cofie, O. & Drechsel, P.** 2007. Water for food in the cities: the growing paradigm of irrigated (peri)-urban agriculture and its struggle in sub-Saharan Africa. *African Water Journal*, 1(1): 26–50.
- Codex Alimentarius Commission.** 2000. *Report of the thirty-third session of the CODEX Committee on Food Hygiene. Annex I: Proposed draft annex for sprout production*, pp. 61–68. CODEX Committee on Food Hygiene, Rome.
- COHRE/AAAS/SDC/UN-HABITAT.** 2007. *Manual on the right to water and sanitation*. Geneva, Switzerland, Centre on Housing Rights and Evictions.
- Conca, K.** 2006. *Governing water: contentious transnational politics and global institution building (global environmental accord: strategies for sustainability and institutional innovation)*. Cambridge, USA, MIT Press.
- Cooper, P.J.M., Dimes, J., Rao, K.P.C., Shapiro, B., Shiferaw, B. & Twomlow, S.** 2008. Coping better with current climatic variability in the rain-fed farming systems of sub-Saharan Africa: an essential first step in adapting to future climate change? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 126: 24–35.
- Corominas, J.** 2010. Agua y energía en el riego, en la época de la sostenibilidad. *Ingeniería del agua*, 17(3): 219–233.
- Cotton, L. & Ramachandran, V.** 2006. Governance and the private sector. In N. Van de Walle, N. Bell & V. Ramachandran, eds. *Beyond structural adjustment: the institutional context of African development*, pp. 213–239. Palgrave Macmillan.

- Cotula, I., Vermeulen, S., Leonard, R. & Keeley, J.** 2009. *Land grab or development opportunity? Agricultural investment and international land deals in Africa*. London/Rome: IIED (International Institution for Environment and Development)/FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)/IFAD (International Fund for Agricultural Development).
- Counterview.** 2014. 30 lakh liters of Narmada water to Cola: why waste water in Gujarat, Maharashtra and MP, asks Patkar (available at [www.counterview.net/2014/09/30-lakh-liters-of-narmada-water-to-cola.html](http://www.counterview.net/2014/09/30-lakh-liters-of-narmada-water-to-cola.html)).
- Cullet, P.** 2014. Groundwater law in India: towards a framework ensuring equitable access and aquifer protection. *Journal of Environmental Law*, 26(1): 55–81.
- Custodio, E.** 2010. Intensive groundwater development: a water cycle transformation, a social revolution, a management challenge. In L. Martínez - Cortina, A. Garrido & E. López - Gunn, eds. *Rethinking water and food security*, pp. 259–277. Boca Raton, USA, CRC Press.
- Dargantes, B.B. & Dargantes, M.A.** 2007. Philippine experiences in alternatives to privatization of water services. In M.A. Manahan, N. Yamamoto & O. Hoedeman, eds. *Water democracy: reclaiming public water in Asia.*, Presented by the Reclaiming Public Water Network. Focus on the Global South and Transnational Institute (available at [www.tni.org/sites/www.tni.org/archives/water-docs/waterdemocracysia.pdf](http://www.tni.org/sites/www.tni.org/archives/water-docs/waterdemocracysia.pdf)).
- Das, S. & Burke, J.** 2013. *Smallholders and sustainable wells: a retrospect: participatory groundwater management in Andhra Pradesh (India)*. Rome, FAO.
- Das Gupta, A. Babel, M.S., Albert, X. & Mark, O.** 2005. Water sector of Bangladesh in the context of integrated water resources management: a review. *International Journal of Water Resources Development*, 21(2): 385–398.
- Davies, W.** 2014. *Brazil drought: Sao Paulo sleepwalking into crisis*. BBC, 7 November 2014 (available at <http://www.bbc.com/news/world-latin-america-29947965>).
- de Albuquerque, C.** 2012. *Statement by the Special Rapporteur on the human right to safe drinking water and sanitation to the 21st session of the Human Rights Council*. Special Rapporteur on the Human Right to Safe Drinking Water and Sanitation (available at [http://sr-watersanitation.ohchr.org/en/statement\\_21\\_session.html](http://sr-watersanitation.ohchr.org/en/statement_21_session.html)).
- de Albuquerque, C.** 2014. *Realising the human rights to water and sanitation: a handbook*. Portugal, Human Rights to Water & Sanitation UN Special Rapporteur (available at [www.ohchr.org/EN/Issues/WaterAndSanitation/SRWater/Pages/Handbook.aspx](http://www.ohchr.org/EN/Issues/WaterAndSanitation/SRWater/Pages/Handbook.aspx)).
- de Fraiture, C. & Perry, C.** 2007. Why is agricultural water demand irresponsive at low price ranges?, In F. Molle & J. Berkhoff, J. eds. *Irrigation water pricing: the gap between theory and practice*. Wallingford, UK, and Colombo, CABI Publishing and International Water Management Institute.
- de Fraiture, C. & Wichelns, D.** 2010. Satisfying future water demands for agriculture. *Agricultural Water Management*, 97: 502–511.
- de Fraiture, C., Giordano, M. & Liao, Y.** 2008. Biofuels and implications for agricultural water use: blue impacts of green energy. *Water Policy*, 10 Supplement 1: 67–81.
- de Fraiture, C., Wichelns, D., Rockström, J., Kemp-Benedict, E., Eriyagama, N., Gordon, L. Hanjra, J., Hoogeveen, M. A., Huber-Lee, J. & Karlberg, L.** 2007. Looking ahead to 2050: Scenarios of alternative investment approaches. In D. Molden, ed. *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*, pp. 91–145. London, Earthscan Publications, and Colombo, Sri Lanka, IWMI.
- de Fraiture, C., Cai, X., Amarasinghe, U., Rosegrant, M. & Molden, D.** 2004. *Does international cereal trade save water? The impact of virtual water trade on global water use*. Comprehensive Assessment Research Report 4. Colombo, International Water Management Institute. .
- de Ponti, T., Rijk, B. & van Ittersum, M.K.** 2012. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems*, 108: 1–9.
- De Schutter, O.** 2011. How not to think of land-grabbing: three critiques of large-scale investments in farmland. *Journal of Peasant Studies*, 38(2): 249–279.
- Declaration of Nyéléni.** 2007. *Declaration of the Forum for Food Sovereignty, Nyéléni 2007* (available at <http://nyeleni.org/spip.php?article290>).
- Deininger, K.** 2011. Challenges posed by the new wave of farmland investment. *Journal of Peasant Studies*, 38(2): 217–247.
- Delgado, C., Rosegrant, M., Steinfeld, H., Ehui, S. & Courbois, C.** 1999. *Livestock to 2020. The next food revolution. In twenty twenty vision for food, agriculture, and the environment*. Discussion Paper 28. Washington, DC, IFPRI.
- Dey, J.** 1984. *Women in rice farming systems*. Focus: Sub-Saharan Africa. Women in Agriculture 2. Women in Agricultural Production and Rural Development Service. Human Resources, Institutions and Agrarian Reform Division. Rome, FAO
- Dinar, A., Rosegrant, M. & Meinzen-Dick, R.** 1997. *Water allocation mechanisms: principles and examples*. Washington DC, World Bank (available at <http://elibrary.worldbank.org/doi/pdf/10.1596/1813-9450-1779>).
- Doczi, J., Calow, R. & d'Alanc¸on, V.** 2014. *Growing more with less: China's progress in agricultural water management and reallocation*. Case Study Summary. London, ODI (available at [www.developmentprogress.org/sites/developmentprogress.org/files/case-study-summary/china\\_summary\\_-\\_final\\_digital.pdf](http://www.developmentprogress.org/sites/developmentprogress.org/files/case-study-summary/china_summary_-_final_digital.pdf)).
- Döll, P.** 2009. Vulnerability to the impact of climate change on renewable groundwater resources: a global-scale assessment. *Environmental Research Letters*, 4.

- Döll, P.H., Hoffmann-Dobrev, H., Portmann, F.T., Siebert, S., Eicker, A., Rodell, M., Strassberg, G. & Scanlon, B.R.** 2012. Impact of water withdrawals from groundwater and surface water on continental water storage variations. *Journal of Geodynamics*, 59–60: 143–156.
- Domenech, L. & Ringler, C.** 2013. The impact of irrigation on nutrition, health, and gender. A review paper with insights for Africa south of the Sahara. *IFPRI Discussion Paper No. 1259*. Washington, DC, IFPRI.
- Donkor, S.** 2003. Development challenges of water resource management in Africa. *African Water Journal*, 1: 1–19.
- Döring, T.F., Knapp, S., Kovacs, G., Murphy, K. & Wolfe, M.S.** 2011. Evolutionary Plant Breeding in Cereals—Into a New Era. *Sustainability* 3, 1944–1971
- Doss, C.** 2011. *If women hold up half of the sky, how much of the world's food do they produce*. ESA Working Paper No.11-04. Rome, FAO (available at <http://www.fao.org/3/a-am309e.pdf>, accessed 26 February 2015).
- Doss C., Kovarik C., Peterman A, Quisumbing A, van den Bold, M.** 2013. *Gender Inequalities in Ownership and Control of Land in Africa*. IFPRI Discussion Paper 01308 (available at <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/ifpridp01308.pdf>)
- Drechsel, P., Scott, C., Raschid-Sally, L., Redwood, M. & Bahri, A., eds.** 2010. *Wastewater irrigation and health: assessing and mitigating risk in low-income countries*. London, Earthscan.
- Dubash, N.K.** 2007. The local politics of groundwater in North Gujarat. In A. Baviskar, ed. *Waterscapes: the cultural politics of a natural resource*, pp. 88–114. Ranikhet, Permanent Black.
- Dubrovsky, N.M., Burow, K.R., Clark, G.M., Gronberg, J.M., Hamilton P.A., Hitt, K.J., Mueller, D.K., Munn, M.D., Nolan, B.T., Puckett, L.J., Rupert, M.G., Short, T.M., Spahr, N.E., Sprague, L.A. & Wilber, W.G.** 2010. *The quality of our nation's waters – nutrients in the nation's streams and groundwater, 1992–2004*. US Geological Survey Circular 1350 (available at <http://water.usgs.gov/nawqa/nutrients/pubs/circ1350/>).
- Dugan, P., Dey, M.M. & Sugunan, V.V.** 2006. Fisheries and water productivity in tropical river basins: enhancing food security and livelihoods by managing water for fish. *Agricultural Water Management*, 80(1-3): 262–275.
- Dumontier, M.B., Spronk, S. & Murray, A.** 2014. *The work of the ants: Labour and community reinventing public water in Colombia*. Municipal Services Project Occasional Paper No. 28 (available at [www.municipalservicesproject.org/sites/municipalservicesproject.org/files/publications/OccasionalPaper28\\_Belanger-Spronk-Murray\\_Colombia\\_Sept2014.pdf](http://www.municipalservicesproject.org/sites/municipalservicesproject.org/files/publications/OccasionalPaper28_Belanger-Spronk-Murray_Colombia_Sept2014.pdf)).
- Duvail, S. Médard, C., Hamerlynck, O. & Nyngi, D.W.** 2012. Land and water grabbing in an East African coastal wetland: the case of the Tana Delta. *Water Alternatives*, 5(2): 322–343.
- DWA (Department of Water Affairs).** 2014. *National Water Resources Strategy*. Second Edition. Department of Water Affairs, South Africa.
- Easter, K.W & Hearne, R.R.** 1993. *Decentralizing water resource management: economic incentives, accountability and assurance*. Washington, DC, World Bank.
- Edeson, G. & Morrison, B.** 2015. Empowering water communities by transitioning from integrated water resource management to adaptive co-management of water in social-ecological systems. *Journal of Economic and Social Policy*, 17(1): 1–14.
- Ellis, K. & Feris, L.** 2014. The right to sanitation: time to delink from the right to water. *Human Rights Quarterly*, 36(3): 607–629.
- Elver, H.** 2014. Celebrating water cooperation: Red Sea to Dead Sea. *Aljazeera* (available at [www.aljazeera.com/indepth/opinion/2014/01/celebrating-water-cooperation-r-201412072619203800.html](http://www.aljazeera.com/indepth/opinion/2014/01/celebrating-water-cooperation-r-201412072619203800.html)).
- Engle, N., Nathan, L.E., Owen, R.J., Maria Carmen, L. & Donald, R.N.** 2011. Integrated and Adaptive Management of Water Resources: Tensions, Legacies, and the Next Best Thing. *Ecology and Society*, 16(1): Article no. 19.
- Ericksen, P., Steward, B., Dixon, J., Barling, D., Loring, P., Anderson, M. & Ingram, J.** 2010. The value of a food system approach. In J. Ingram, P. Ericksen & D. Liverman, eds. *Food security and global environmental change*, pp. 25–45. London, Earthscan.
- Erlewein, A.** 2013. Disappearing rivers – the limits of environmental assessment for hydropower in India. *Environmental Impact Assessment Review*, 43: 135–143.
- Esrey, S., Anderson, I., Hillers, A. & Sawyer, R.** 2001. Closing the loop: ecological sanitation for food security. Swedish International Development Cooperation Agency (SIDA) Publications on Water Resources No. 18 (available at [www.ecosanres.org/pdf\\_files/closing-the-loop.pdf](http://www.ecosanres.org/pdf_files/closing-the-loop.pdf)).
- ETO-Consortium,** 2013. *Maastricht principles on extraterritorial obligations of states in the area of economic, social and cultural rights* (available at [http://www.etoconsortium.org/nc/en/library/maastricht-principles/?tx\\_drblob\\_pi1%5BdownloadUid%5D=23](http://www.etoconsortium.org/nc/en/library/maastricht-principles/?tx_drblob_pi1%5BdownloadUid%5D=23)).
- European Commission.** 2014. *Introduction to the new EU Water Directive Framework* (available at [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro_en.htm)).
- Eyler, B.** 2013. *China needs to change its energy strategy in the Mekong region*. China Dialogue (available at [www.chinadialogue.net/article/show/single/en/6208-China-needs-to-change-its-energy-strategy-in-the-Mekong-region](http://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/6208-China-needs-to-change-its-energy-strategy-in-the-Mekong-region)).
- Fabricant, N. & Hicks, K.** 2013. Bolivia's next water war: historicizing the struggles over access to water resources in the twenty-first century. *Radical History Review*, 116: 130–145.

- Falkenmark, M. & Lannerstad, M.** 2005. Consumptive water use to feed humanity – curing a blind spot. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9: 15–28.
- Falkenmark, M. & Widstrand, C.** 1992. Population and water resources: a delicate balance. *Population Bulletin*, 47(3): 1–36.
- FAO.** 1985. *Water quality for agriculture*, by R.S. Ayers & D.W. Westcot. Irrigation and Drainage Paper 29. Rome.
- FAO.** 1997. *Modernization of irrigation schemes: past experiences and future options*. Water Report 12. Rome.
- FAO.** 2001. *Irrigation sector guide*. Socio-Economic and Gender Analysis Programme (SEAGA) sector guide: irrigation. Rome.
- FAO.** 2002a. *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Fisheries Department. Rome.
- FAO.** 2002b. *Agricultural drainage water management in arid and semi arid areas*, by K.K. Tanji & N.C. Kielen. Irrigation and Drainage Paper No 61. Rome.
- FAO.** 2005. *Voluntary guidelines to support the progressive realization of the right to adequate food in the context of national food security*. Rome (available at <http://www.fao.org/docrep/009/y7937e/y7937e00.htm>).
- FAO.** 2006. *Demand for products of irrigated agriculture in sub-Saharan Africa*. Water Report 31. Rome.
- FAO.** 2007. *School kids and street food*. FAO Agriculture and Consumer Protection Department, Spotlight 2007 (available at [www.fao.org/AG/magazine/0702sp1.htm](http://www.fao.org/AG/magazine/0702sp1.htm)).
- FAO.** 2009b. *The right to adequate food and indigenous peoples: how can the right to food benefit indigenous peoples?* Rome.
- FAO.** 2011. *The State of Food and Agriculture 2010-2011. Women in Agriculture. Closing the gender gap for development*. Rome.
- FAO.** 2012a. *Passport to mainstreaming gender in water programmes: key questions for interventions in the agricultural sector*. Rome.
- FAO.** 2012b. *Improving gender equality in territorial issues*. Land and Water Division Working Paper 3. Rome, FAO (available at <http://www.fao.org/docrep/016/me282e/me282e.pdf>).
- FAO.** 2012c. *Coping with water scarcity: an action framework for agriculture and food security*. Water Report 38. Rome.
- FAOSTAT.** 2014 *Import and export statistics* (available at <http://faostat.fao.org>).
- FAO Land & Water.** n.d. *Drought* (available at [www.fao.org/docrep/017/aq191e/aq191e.pdf](http://www.fao.org/docrep/017/aq191e/aq191e.pdf)).
- FAO/WHO.** 2011. Codex Alimentarius Commission, Procedural Manual Twelfth Edition. Rome.
- Fargher, W.** n.d. *Responding to scarcity: lessons from Australian water markets in supporting agricultural productivity during drought*. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (available at [www.oecd.org/tad/sustainable-agriculture/49192129.pdf](http://www.oecd.org/tad/sustainable-agriculture/49192129.pdf)).
- Fath, H., Sadik, A. & Mezher, T.** 2013. Present and future trend in the production and energy consumption of desalinated water in GCC Countries. *International Journal of Thermal & Environmental Engineering*, 5(2): 155–165.
- Faurès, J.-M., Svendsen, M. & Turrall, H.** 2007. Reinventing irrigation. In *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*, pp. 315–352. London, Earthscan.
- Ferranti, D.** 2004. *Inequality in Latin America: breaking with history?* Washington, DC, World Bank Publications.
- Finger, M. & Allouche, J.** 2002. *Water privatisation: trans-national corporations and the re-regulation of the water industry*. London and New York, USA, Spon Press.
- Fischer, G., Shah, M. & van Velthuisen, H.** 2002. *Climate change and agricultural vulnerability*. Special report for the UN World Summit on Sustainable Development, 26 August–4 September, Johannesburg. Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis.
- Flynn, S. & Chirwa, D.M.** 2005. The constitutional implications of commercialising water in South Africa. In D. McDonald & G. Ruiters, eds. *The age of commodity: water privatization in Southern Africa*, pp. 59–77. London, Earthscan.
- Food and Water Watch.** 2012. *Fracking and the food system*. Food and Water Watch Issue Brief June 2012 (available at <http://documents.foodandwaterwatch.org/doc/FrackingFoodSystem.pdf>).
- Förster, J.** 2014. *Statistics in focus 14/2014*. Eurostat. (available at: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Water\\_use\\_in\\_industry](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Water_use_in_industry))
- Franco, J., Mehta, L. & Veldwisch, G.J.** 2013. The global politics of water grabbing. *Third World Quarterly*, 34(9): 1651–1675.
- Fraser, E.D.G., Quinn, C. & Sendzimir, J., eds.** 2011. Resilience and vulnerability of arid and semi-arid social ecological systems. *Ecology and Society* (Special Feature), 16.3 (available at [www.ecologyandsociety.org/issues/view.php?sf=52](http://www.ecologyandsociety.org/issues/view.php?sf=52)).
- Frayne, B., McCordic, C. & Shilomboleni, H.** 2014. Growing out of poverty: does urban agriculture contribute to household food security in Southern African cities? *Urban Forum*, 25: 177–189.
- Frenken, K. & Gillet, V.** 2012. Irrigation water requirement and water withdrawal by country. FAO, Rome. (available at: [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use\\_agr/IrrigationWaterUse.pdf](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use_agr/IrrigationWaterUse.pdf))
- Gallaher, C.M., Kerr, J.M., Ngjenga, M., Karanja, N.K. & WinklerPrins, A.** 2013. Urban agriculture, social capital and food security in the Kibera slums of Nairobi, Kenya. *Agriculture and Human Values*, 30: 389–404.
- Garces-Restrepo C., Vermillion, D. & Muñoz, G.,** 2007. Irrigation management transfer. Worldwide efforts and results. FAO Water report 32, 2007.
- Garduño, H., Foster, S., Raj, P. & van Steenberg, F.** 2009. Addressing groundwater depletion through community-based management actions in the weathered granitic basement aquifer of drought-prone Andhra Pradesh, India. *World Bank GW-MATE Case Profile Collection* 19.

- Gassert, F., Landis, M., Luck, M., Reig, P. & Shiao, T. 2013. *Aqueduct Global Maps 2.0*. Working Paper. Washington, DC, World Resources Institute (available at [www.wri.org/publication/aqueduct-metadata-global](http://www.wri.org/publication/aqueduct-metadata-global)).
- Gasteyer, S., Isaac, J., Hillal, J. & Walsh, S. 2012. Water-grabbing in colonial perspective: land and water in Israel/Palestine. *Water Alternatives*, 5(2): 450–468
- Gawel, E. & Bernsen, K. 2011. *What is wrong with virtual water trading?* UFZ- Discussion paper 1/2011. Leibniz Information Centre for Economics (ZBW).
- Gerbens-Leenes, P.W., Mekonnen, M.M. & Hoekstra, A.Y. 2013. The water footprint of poultry, pork and beef: a comparative study in different countries and production systems. *Water Resources and Industry*, 1-2: 25–36.
- Ghaffour, N., Missimer, T.M. & Amy, G. 2013. Technical review and evaluation of the economics of water desalination: current and future challenges for better water supply sustainability. *Desalination*, 309: 197–207.
- Ghosh, A.K., Bhatt, M.A. & Agrawal, H.P. 2012. Effect of long-term application of treated sewage water on heavy metal accumulation in vegetables grown in Northern India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184: 1025–1036.
- Gibney, M. & Vandenhole, W. 2013. *Litigating transnational human rights obligations: alternative judgements*. Abingdon, UK and New York, Routledge Research in Human Rights Law, Routledge.
- Gleick, P.H., ed. 1993. *Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources*. New York, USA, Oxford University Press.
- Government of Maharashtra. 2005a. *Maharashtra Water Resources Regulatory Authority Act 2003 (Mah. Act No. XVIII of 2005)*. Mumbai, India, Government Central Press.
- Government of Maharashtra. 2005b. *Maharashtra Water Sector Improvement Project: Project Implementation Plan (Executive Summary)*. Mumbai, India, Water Resources Department.
- Grafton, R.Q., Pittock, J., Williams, J., Jiang, Q., Possingham, H. & Quiggin, J. 2014. Water planning and hydro-climatic change in the Murray-Darling Basin, Australia. *AMBIO*, 43(8): 1082–1092.
- Grey, D. & Sadoff, C.W. 2007. Sink or swim? Water security for growth and development. *Water Policy*, 9: 545–571.
- Groenfeldt, D. & Schmidt, J.J. 2013. Ethics and water governance. *Ecology and Society*, 18(1): 14.
- Gunderson, L.H., Holling, C.S. & Light, S. 1995. *Barriers and bridges to the renewal of ecosystems and institutions*. New York, USA, Columbia University Press.
- Gupta, H., Kao, S. & Dai, M. 2012. The role of mega dams of reducing sediment fluxes: a case study of large Asian rivers. *Journal of Hydrology*, 464–465: 447–458.
- GWP (Global Water Partnership). 2000. *Integrated water resources management*, TAC Background Papers No. 4, Stockholm.
- GWP. 2012. *Groundwater resources and irrigated agriculture – making a beneficial relation more sustainable*. Stockholm.
- Halden, R. & Schwabb, K. 2014. *Environmental impact of industrial farm animal production*. Pew Commission on Industrial Farm Animal Production (available at [www.ncifap.org/images/212-4\\_EnvImpact\\_tc\\_Final.pdf](http://www.ncifap.org/images/212-4_EnvImpact_tc_Final.pdf)).
- Hall, R., Van Koppen, B. & van Houweling, E. 2013. The human right to water: the importance of domestic and productive water rights. *Science Engineering Ethics*, 20 (4): 849–866.
- Hardy, L., Garrido, A. & Juana, L. 2012. Evaluation of Spain's water-energy nexus. *International Journal of Water Resources Development*, 28(1): 151–170.
- Harris, L.M. & Roa-García, M.C. 2013. Recent waves of water governance: constitutional reform and resistance to neoliberalization in Latin America (1990-2012). *Geoforum*, 50: 20–30.
- Hepperly, P., Seidel, R., Pimentel, D., Hanson, J. & Doubs, D., Jr. 2007. Organic farming enhances soil carbon and its benefits. In J.M. Kimble, C.W. Rice, D. Reed, S. Mooney, R.F., Follett & R. Lal, eds. *Soil carbon management: economic, environmental and societal benefits*. Boca Raton, USA, CRC Press/Taylor & Francis Group.
- Hessari, B., Bruggeman, A. Akhoond-Ali, A., Oweis, T. & Abbasi, F. 2012. *Supplemental irrigation potential and impact on downstream flow of Karkheh River Basin of Iran*. Hydrology and Earth System Sciences Discussion Paper 9, 13519–13536.
- Hilhost, T. & Muchena, F. 2000. *Nutrients on the move: soil fertility dynamics in African farming systems*. London, International Institute for Environment and Development.
- HLPE. 2011. *Land tenure and international investments in agriculture*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome.
- HLPE. 2012a. *Food security and climate change*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome.
- HLPE. 2012b. *Social Protection for Food security*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome.
- HLPE. 2013a. *Biofuels and food security*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome.
- HLPE. 2013b. *Investing in smallholder agriculture for food security*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome.
- HLPE. 2014a. *Food losses and waste in the context of sustainable food systems*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome.
- HLPE. 2014b. *Sustainable fisheries and aquaculture for food security and nutrition*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome.

- Hodgson, S.** 2004a. *Land and water: the rights interface* FAO Legislative Study 84. Rome, FAO.
- Hodgson, S.** 2004b. Land and water – the rights interface. Livelihood Support Programme (LSP) Working Paper 10. Rome, FAO (available at [ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/J2601E/J2601E00.pdf](http://ftp.fao.org/docrep/fao/007/J2601E/J2601E00.pdf)).
- Hoekstra, A.Y.** 2003. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12. (available at <http://waterfootprint.org/media/downloads/Report12.pdf>)
- Hoekstra, A.Y.** 2009. Human appropriation of natural capital: a comparison of ecological footprint and water footprint analysis. *Ecological Economics*, 68(7): 1963–1974.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. & Mekonnen, M.M.** 2011. *The water footprint assessment manual: setting the global standard*. London, Earthscan.
- Hoey, L. & Pelletier, D.** 2011. Bolivia’s multisectoral Zero Malnutrition Program: insights on commitment, collaboration and capacities. *Food and Nutrition Bulletin*, 32(2): S70–S81.
- Hoff H.** 2011. *Understanding the nexus*. Background paper for the Bonn 2011 Nexus Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus, Stockholm Environment Institute (SEI), Stockholm.
- Holling, C. S.** 1978. Adaptive environmental assessment and management. Wiley, New York, New York, USA.
- Holm, P.E., Marcussen, H. & Dalsgaard, A.** 2010. Fate and risks of potentially toxic elements in wastewater-fed food production systems – the examples of Cambodia and Vietnam. *Irrigation Drainage Systems*, 2: 127–142.
- Holt-Giménez E.** 2002. Measuring farmers’ agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 93(1): 87–105.
- Horne, J.** 2012. Economic approaches to water management in Australia. *International Journal of Water Resource Development*, 29(4): 426–543.
- Houdret, A.** 2012. The water connection: irrigation, water grabbing and politics in southern Morocco. *Water Alternatives*, 5(2): 284–303.
- Huggins, C.** 2000. *Rural water tenure in East Africa. A comparative study of legal regimes and community responses to changing tenure patterns in Tanzania and Kenya*. Final draft. African Centre for Technology Studies. Nairobi.
- Humphrey, J.H.** 2009. Child undernutrition, tropical enteropathy, toilets, and handwashing. *Lancet* 2009; 374.
- Human rights council.** 2009. Report of the independent expert on the issue of human rights obligations related to access to safe drinking water and sanitation, Catarina de Albuquerque A/HRC/12/24.
- Hwang, L. & Stewart, E.** 2008. Drinking it in: the evolution of a Global Water Stewardship Program at the Coca-Cola Company. Business for Social Responsibility (available at <http://business-humanrights.org/en/pdf-drinking-it-in-the-evolution-of-a-global-water-stewardship-program-at-the-coca-cola-company>).
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development).** 2009. *Agriculture at a crossroads*, Washington, DC, Island Press.
- IATP.** 2010. *Response to request for input on human rights obligations in the context of private-sector participation in the provision of water and sanitation services*. UN Human Rights, Office of the High Commissioner for Human Rights (available at [www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/ContributionsPSP/IATP.pdf](http://www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/ContributionsPSP/IATP.pdf)).
- ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas).** 2014. *Managing salinity in Iraq*. Iraq Salinity Assessment. 3<sup>rd</sup> synthesis report. Amman, ICARDA.
- IEA (International Energy Agency).** 2012. *World energy outlook 2012*. Paris, OECD/IEA.
- IEA.** 2013. *World energy outlook 2013 factsheet. How will global energy markets evolve to 2035?* (available at [http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/factsheets/WEO2013\\_Factsheets.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/factsheets/WEO2013_Factsheets.pdf)).
- IFAD (International Fund for Agricultural Development).** 2013. *Women, unity, water: adapting to climate change and improving livelihoods in Swaziland* (available at [www.ruralpovertyportal.org/country/voice/tags/swaziland/swaziland\\_climate](http://www.ruralpovertyportal.org/country/voice/tags/swaziland/swaziland_climate)).
- International Conference on Water and the Environment.** 1992. *The Dublin Statement on Water and Sustainable Development* (available at [www.gwpforum.org/servlet/PSP?iNodeID=1345](http://www.gwpforum.org/servlet/PSP?iNodeID=1345)).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).** 2012. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate change. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- IPCC.** 2014. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. In V.R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea & L.L. White, eds. *Part B: Regional aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, and New York, USA, Cambridge University Press.
- IUCN.** 2013. *Food security policies: making the ecosystem connections*. Gland, Switzerland.
- Jackson, S. & Altman, J.** 2009. Indigenous rights and water policy: perspective from Tropical Northern Australia. *Australian Indigenous Law Review*, 13(1). Indigenous Law Centre, University of New South Wales, Australia.
- Jacobs, J.** 2002. The Mekong River Commission: transboundary water resources planning and regional security. *The Geographical Journal*, 168(4): 354–364.

- Jawahar, P. & Ringler, C.** 2009. Water quality is essential to food safety: risks and drivers of global change. *Water Policy*, 11: 680–695.
- Jefferies, D., Muñoz, J., Hodges, J., King, V.J., Aldaya, M., Ercin, A.E., Milà I Canals, L. & Hoekstra, A.Y.** 2012. Water footprint and life cycle assessment as approached to assess potential impacts of product on water consumption. Key learning points from pilot studies on tea and margarine. *Journal of Cleaner Production*, 33: 155–166.
- Jiménez Cisneros, B.E., Oki, T., Arnell, N.W., Benito, G., Cogley, J.G., Döll, P., Jiang, T. & Mwakalila, S.S.** 2014. Freshwater Resources. In IPCC 2014 *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability*. Cambridge and New York, Cambridge University Press.
- Jönsson, H., Stinzing, A.R., Vinneras, B. & Salomon, E.** 2004. *Guidelines on the use of urine and faeces in crop production*. EcoSanRes Publication Report 2004-2. Stockholm, Stockholm Environmental Institute (available at [www.ecosanres.org/pdf\\_files/ESR\\_Publications\\_2004/ESR2web.pdf](http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR2web.pdf)).
- Joy, K.J., Sangameswaran, P., A.Latha, Dharmadhikary, S., Prasad, M. & Soma, K.** 2011. *Life livelihoods ecosystems culture: entitlement and allocation of water for competing uses*. Pune, India, Forum for Policy Dialogue on Water Conflicts in India.
- Kacker, S.D. & Joshi, A.** 2012. Pipe dreams? The governance of urban water supply in informal settlements, New Delhi. *IDS Bulletin*, 43(2): 27–36.
- Kamal, K.** 2009. Turning conflict into opportunities: the case of Lake Biwa, Japan. In M. Lenton & M. Muller, eds. *Integrated water resources management in practice*, pp.121–134. Sterling, Earthscan.
- Karimov, A., Smakhtin, V., Mavlonov, A., Borisov, V., Gracheva, I., Miryusupov, F., Djumanov, J., Khamzina, T., Ibragimov, R. & Abdurahmanov, B.** 2013. *Managed aquifer recharge: the solution for water shortages in the Fergana Valley*. IWMI Research Report 151. Colombo
- Kelkar, N.** 2014. *Dams, fish and fishing communities of the Ganga: glimpses of the Gangetic fisheries primer*. South Asia Network on Dams, Rivers and People (available at <http://sandrp.wordpress.com/2014/08/30/dams-fish-and-fishing-communities-of-the-ganga-glimpses-of-the-gangetic-fisheries-primer/>).
- Keller, J. & Keller, A.A.** 2003. Affordable drip irrigation systems for small farms in developing countries. *Proceedings of the Irrigation Association Annual Meeting*. San Diego, CA, 18–20 November 2003.
- Kenny, J.F., Barber, N.L., Hutson, S.S., Linsey, K.S., Lovelace, J.K. & Maupin, M.A.** 2009. *Estimated use of water in the United States in 2005*. US Geological Survey Circular 1344.
- Kershner, I.** 2013. A rare Middle East agreement, on water. *The New York Times* (available at [www.nytimes.com/2013/12/10/world/middleeast/israel-jordan-and-palestinians-sign-water-project-deal.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2013/12/10/world/middleeast/israel-jordan-and-palestinians-sign-water-project-deal.html?_r=0)).
- Kirby, R.M., Bartram, J. & Carr, R.** 2003. Water in food production and processing: quantity and quality concerns, *Food Control*, 14: 283–299.
- Kishimoto, S. Lobina, E. & Petitjean, O, eds.** 2015. *Our public water future. The global experience with remunicipalisation*, Published by Transnational Institute (TNI), Public Services International Research Unit (PSIRU), Multinationals Observatory, Municipal Services Project (MSP) and the European Federation of Public Service Unions (EPSU).Amsterdam, London, Paris, Cape Town and Brussels. Available at <http://www.tni.org/sites/www.tni.org/files/download/ourpublicwaterfuture-1.pdf>
- Konzmann, M., Gerten, D. & Heinke, J.** 2013. Climate impacts on global irrigation requirements under 19 GCMs, simulated with a vegetation and hydrology model. *Hydrological Sciences Journal*, 58(1): 1–18.
- Kremen, C. & Miles, A.F.** 2012. Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs. *Ecology and Society*, 17(4): 40.
- Lahiri-Dutt, K., ed.** 2011. *Fluid bonds: views on gender and water*. Kolkata, India, STREE.
- Lankford, B.** 2006. Localising irrigation efficiency. *Irrigation and Drainage*, 55(4): 345–362.
- Lautze, J., ed.** 2014 *Key concepts in water resource management. A review and critical evaluation*, Routledge New-York. 2014
- Lein, H. & Tasgeth, M.** 2009. Tanzanian water policy reforms – between principles and practical applications. *Water Policy*, 11(2): 203–220.
- Li, F., Cook, S., Geballe, G.T. & Burch, W.R., Jr.** 2000. Rainwater harvesting agriculture: an integrated system for water management on rainfed land in China’s semiarid areas. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(8): 477–483.
- Lipton, M., Litchfield, J. & Faurès, J-M.** 2003. The effects of irrigation on poverty: a framework for analysis. *Water Policy*, 5(5): 413–27.
- Lobina, E., Kishimoto, S. , Petitjean, O.** 2014. *Here to stay: water remunicipalisation as a global trend*. Public Services International Research Unit (PSIRU), Transnational Institute (TNI) and Multinational Observatory (available at <http://www.psiru.org/sites/default/files/2014-11-W-HereToStay.pdf>, accessed 24 February 2015).
- Loftus, A.** 2005. “Free Water” as a commodity: the paradoxes of Durban’s water service transformations. In D. McDonald & G. Ruiters, eds. *The age of commodity: water privatization in Southern Africa*, pp. 189–203. London, Earthscan.
- London Assembly.** 2010. *Cultivating the capital: food growing and the planning system in London*. London, Greater London Authority, Planning and Housing Committee (available at <http://legacy.london.gov.uk/assembly/reports/plansd/growing-food.pdf>).
- Long, S.P., Zhu, X.G., Naidu, S.L. & Ort, D.R.** 2006. Can improvement in photosynthesis increase crop yields? *Plant Cell and Environment*, 29: 315–330.

- Lundqvist, J., de Fraiture, C. & Molden, D.** 2008. *Saving water: from field to fork - curbing losses and wastage in the food chain*. SIWI Policy Brief, Stockholm International Water Institute.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment).** 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington, DC, Island Press.
- McDonald, D. & Ruiters, G.** 2005. *The age of commodity: water privatization in Southern Africa*. New York, USA, Earthscan.
- MacDonald, A.M., Bonsor, H.C., Dochartaigh, B.É.Ó. & Taylor, R.G.** 2012. Quantitative maps of groundwater resources in Africa. *Environmental Research Letters*, 7.2.
- Malik, R.P.S., Prathapar, S.A. & Marwah, M.** 2014. *Revitalizing canal irrigation: towards improving cost recovery*. IWMI Working Paper 160. Colombo.
- Marengo, J., Soares, W., Saulo, C. & Cima, M.** 2004. Climatology of the low-level jet east of the Andes as derived from the NCEP-NCAR reanalysis: characteristics and temporal variability. *Journal of Climate*, 17: 2261–2280.
- Margat, J. & van der Gun, J.** 2013. *Groundwater around the world: a geographic synopsis*. London, CRC Press.
- Marin, P.** 2009. *Partenariats public-privé pour les services des urbains*. Washington, DC, Banque internationale pour la reconstruction et le ds derived from the NCEP-NCAR.
- Massey, K.** 2011. *Insecurity and shame: exploration of the impact of the lack of sanitation on women in the slums of Kampala, Uganda*. Sanitation and Hygiene Applied Research for Equity (SHARE) (available at [www.shareresearch.org/LocalResources/VAW\\_Uganda.pdf](http://www.shareresearch.org/LocalResources/VAW_Uganda.pdf)).
- McCarthy, R.** 2011. Executive Authority, Adaptive Treaty Interpretation, and the International Boundary and Water Commission, U.S.-Mexico. *University of Denver Water Law Review*, 14(2): 197–299.
- McCartney, M. & Smakhtin, V.** 2010. *Water storage in an era of climate change: addressing the challenge of increasing rainfall variability*. Colombo, International Water Management Institute.
- McCully, P.** 1996. *Climate change dooms dams, silenced rivers: the ecology and politics of large dams*. London, Zed Books.
- McDonald, D. & Ruiters, G.** 2005. *The age of commodity: water privatization in Southern Africa*. New York, USA, Earthscan.
- Mehta, L.** 2005. *The politics and poetics of water: the naturalisation of scarcity in Western India*. Hyderabad, India, Orient Black Swan.
- Mehta, L.** 2009. Liquid dynamics: rethinking sustainability in water and sanitation. IHDP Update (available at <https://www.ehs.unu.edu/file/get/7698>).
- Mehta, L., Leach, M., Newell, P., Scoones, I., Sivaramkrishnan, K. & Way, S.** 1999. Exploring Understandings of Institutions and Uncertainty: New Directions in Natural Resource Management, IDS Discussion Paper 372, Brighton: IDS.
- Mehta, L.** 2013. Ensuring rights to water and sanitation for women and girls. In *Interactive Expert Panel: Challenges and achievements in the implementation of the Millenium Development Goals for women and girls*, 4–15 March 2013. New York, USA, United Nations Commission on the Status of Women.
- Mehta, L.** 2014. Water and human development. *World Development*, 59: 59–69.
- Mehta, L. & Movik, S.** 2014. Liquid dynamics: challenges for sustainability in the water domain. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 1(4): 369–384.
- Mehta, L., Veldwisch, J.G. & Franco, J.** 2012 Water grabbing? Focus on the (re)appropriation of finite water resources. *Water Alternatives* (Special Issue) 5.2 (available at [www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol5/v5issue2/165-a5-2-1/file](http://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol5/v5issue2/165-a5-2-1/file)).
- Mehta, L., Alba, R., Bolding, A., Denby, K., Derman, B., Hove, T., Manzungu, E., Movik, S., Prabhakaran, P. & Van Koppen, B.** 2014a. The politics of IWRM in Southern Africa. *International Journal of Water Resources Development*, 30(3): 528–542.
- Mehta, L., Allouche, J., Nicol, A. & Walnycki, A.** 2014b. Global environmental justice and the right to water: the case of peri-urban Cochabamba and Delhi. *Geoforum*, 54: 158–166.
- Meinzen-Dick R.** 1997. Valuing the multiple uses of irrigation water. In M. Kay, T. Franks & L. Smith, eds. *Water: economic, management and demand*, pp. 50–58. London, E&FN Spon.
- Meinzen-Dick, R.** 2007. Beyond panaceas in water institutions. *Proceedings of the National Academy of sciences*, 104 (39): 15200–15205.
- Meinzen-Dick, R.S. & Bruns, B., eds.** 1999. *Negotiating water rights*. London, Intermediate Technology.
- Meinzen-Dick, R. & Nkonya, L.** 2005. *Understanding legal pluralism in water and land rights: lessons from Africa and Asia*. In African Water Laws Workshop: Plural Legislative Frameworks for Rural Water Management in Africa.
- Meinzen-Dick, R.S. & Pradhan, R.** 2001. Implications of legal pluralism for natural resource management. *IDS Bulletin*, 32(4): 10–18.
- Meinzen-Dick, R. & Ringler, C.** 2008. Water reallocation: drivers, challenges, threats, and solutions for the poor. *Journal of Human Development*, 9(1): 47–64.
- Mekonnen, M.M. & Hoekstra, A.Y.** 2010. *The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products*. Value of Water Research Report Series 48. Delft, The Netherlands, UNESCO-IHE Institute for Water Education.
- Mekonnen, M. & Hoekstra, A.Y.** 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15: 401–415.

- Merrey, D.J., Meinzen-Dick, R., Mollinger, P.P., Karar, E., Huppert, W., Rees, J., Vera, J., Wegerich, K. & van der Zaag, P.** 2007. Policy and institutional reform: The art of the possible. p. 193-231. In *Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture*. Earthscan, London and IWMI, Colombo.
- MetaMeta and Enablement.** n.d. *Disability inclusive water management & agriculture*. MetaMeta and Enablement (available at <http://mmenable.wix.com/inclusionandwater>).
- Metawie A.** 2002. *Egypt: the role of water users' associations in reforming irrigation*. Global Water Partnership (available at [www.gwp.org/en/ToolBox/CASE-STUDIES/Africa/Egypt-The-role-of-water-users-associations-in-reforming-irrigation-110/](http://www.gwp.org/en/ToolBox/CASE-STUDIES/Africa/Egypt-The-role-of-water-users-associations-in-reforming-irrigation-110/)).
- Mihelcic, J., Fry, L. & Shaw, R.** 2011. Global potential of phosphorus recovery from human urine and feces. *Chemosphere*, 84: 832–839.
- Ministry of Agriculture, Fishing and Food and Ministry of the Environment, Spain.** n.d. *A campaign to guarantee water savings and sustainable rural development* (available at [www.plandechoque-ahorrodeagua.es/pag/eng/010.asp](http://www.plandechoque-ahorrodeagua.es/pag/eng/010.asp)).
- Molden, D.J., Kady, M. & Zhu, Z.** 1998. Use and productivity of Egypt's Nile water, In J.J. Burns & S.S. Anderson, eds. *Contemporary challenges for irrigation and drainage*, pp. 99–116. Proceedings from the USCID 14th Technical Conference on Irrigation, Drainage and Flood Control, Phoenix, Arizona, 3–6 June 1998. Denver, USA, Committee on Irrigation and Drainage.
- Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Kijne, J., Hanjra, M. & Bindraban, P.** 2007. Pathways for increasing agricultural water productivity. In *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*, pp. 278–310. London, Earthscan.
- Molden, D., Oweis T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M. & Kijne, J.** 2010. Improving agricultural water productivity: between optimism and caution. *Agricultural Water Management*, 97(4): 528–535.
- Molle, F.** 2008. Nirvana concepts, narratives and policy models: Insights and the water sector. *Water Alternatives*, 1(1): 131–156.
- Molle, F., Mollinga, P. & Wester, P.** 2009. Hydraulic bureaucracies and the hydraulic mission: flows of water, flows of power. *Water Alternatives* 2(3): 328–349.
- Moss, T.** 2004. The governance of land use in river basins: prospects for overcoming problems of institutional interplay with the EU Water Framework Directive. *Land Use Policy*, 21(2004): 85–94.
- Mosse, D.** 2003. *The rule of water: statecraft, ecology, and collective action in South India*. New Delhi, Oxford University Press.
- Movik, S.** 2012. *Fluid rights: water allocation reform in South Africa*. Pretoria, Human Sciences Research Council.
- Muir, J.F.** 1993. Water management for aquaculture and fisheries; irrigation, irritation or integration? In *Priorities for Water Resources Allocation*. Proceeding of the Natural Resources and Engineering Advisers Conference, Overseas Development Authority, July 1992, Southampton, UK. Chatham, UK: Natural Resources Institute.
- Mukherji, A., Shah, T. & Banerjee, P.S.** 2012. Kick-starting a second green revolution in Bengal. *The Economic and Political Weekly*, XLVII(18): 27–30.
- Myers, T.** 2012. Potential contaminant pathways from hydraulically fractured shale to aquifers. *Ground Water*, 50(6): 872–888.
- Narula, K. & Lall, U.** 2009. Challenges in securing India's water future. *Journal of Crop Improvement*, 24(1): 85–91.
- National Strategy for Poverty Reduction II.** 2008 Moving Ahead. National Strategy for Accelerated Poverty Reduction II. General Economics Division, Planning Commission, Government of the People's Republic of Bangladesh. <http://www.lcgbangladesh.org/aidgov/WorkShop/2nd%2020PRSP%2020Final%2020%28October-2008%29.pdf>
- Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. & Troell, M.** 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405: 1017–1024.
- Naz, F.** 2014. *The socio-cultural context of water. study of a Gujarat village*. Hyderabad, India, Orient Blackswan.
- Newborne, P. & Mason, N.** 2012. The private sector's contribution to water management: re-examining corporate purposes and company roles. *Water Alternatives*, 5(3): 603–618.
- Nicol, A., Mehta, L. & Allouche, J.** 2012. Some for all? Politics and pathways in water and sanitation. *IDS Bulletin*, 43(2): 1–9.
- Nicot, J. & Scanlon, B.** 2012. Water use for shale-gas production in Texas. U.S. *Environmental Science & Technology*, 46(6): 3580–3586.
- Nile Basin Initiative.** 2015. *Nile Basin Initiative: about us* (available at [www.nilebasin.org/index.php/about-us/nile-basin-initiative](http://www.nilebasin.org/index.php/about-us/nile-basin-initiative)).
- Nobre, A.D.** 2014. *O futuro climático da Amazônia - relatório de avaliação científica*. S. J. Campos (SP), ARA (Articulação Regional Amazônica)/INPE/INPA (available at <http://www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2014/10/Futuro-Climatico-da-Amazonia.pdf>).
- NWC (National Water Commission).** 2011. Water markets in Australia, a short history (available at [http://archive.nwc.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0004/18958/Water-markets-in-Australia-a-short-history.pdf](http://archive.nwc.gov.au/_data/assets/pdf_file/0004/18958/Water-markets-in-Australia-a-short-history.pdf), accessed 12 February 2015).
- NWC (National Water Commission).** 2012. Position Statement. Indigenous access to water resources. Australian Government National Water commission [http://www.nwc.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0009/22869/Indigenous-Position-Statement-June-2012.pdf](http://www.nwc.gov.au/_data/assets/pdf_file/0009/22869/Indigenous-Position-Statement-June-2012.pdf)
- ODI (Overseas Development Institute).** 2011. *Adapting to environmental change and uncertainty in the water sector* (available at [www.odi.org/programmes/water-policy/adapting-environmental-change-uncertainty-water-sector](http://www.odi.org/programmes/water-policy/adapting-environmental-change-uncertainty-water-sector)).

- OECD (Organisation for economic Co-operation and Development)**. 2000. *Implementing domestic tradable permits for environmental protection (Proceedings)*. Paris.
- OECD**. 2009. *An economic analysis of the virtual water concept in relation to the agri-food sector*. D. Wichelns (available at <http://www.fao.org/fsnforum/cfs-hlpe/sites/cfs-hlpe/files/files/Water/Wichelns%20on%20VW.pdf>).
- OECD**. 2011. *Water governance in OECD countries: a multi-level approach*. Paris, OECD Publishing.
- OECD**. 2012. *OECD Environmental Outlook to 2050: the consequences of inaction*. Paris, OECD Publishing (available at [www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/occdenvironmentaloutlookto2050theconsequencesofinaction.htm](http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/occdenvironmentaloutlookto2050theconsequencesofinaction.htm)).
- Ofoso, E.** 2011. *Sustainable irrigation development in the white Volta sub-basin*. The Netherlands, CRC Press/Balkema.
- OHCHR (Office of the High Commissioner for Human Rights)**. 2004. *Human Rights and Poverty Reduction*. A Conceptual Framework. Geneva, Office of the UN High Commissioner for Human Rights.
- OHCHR**. 2013. *Free, prior and informed consent of indigenous peoples*. Geneva, Office of the UN High Commissioner for Human Rights.
- OHCHR**. 2014. *Realising the human rights to water and sanitation*. A Handbook by the UN Special Rapporteur Catarina de Albuquerque 2014 (available at [http://www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/Handbook/Book2\\_Frameworks.pdf](http://www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/Handbook/Book2_Frameworks.pdf)).
- Olivares, M. & Uauy, R.** 2005. *Comprehensive overview paper: essential nutrients in drinking-water*. Geneva, Switzerland, World Health Organization.
- Ostrom, E.** 1990. *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. New York, USA, Cambridge University Press.
- Oweis, T.** 2012. The fallacy of irrigation modernization. *Revolve*, Special issue “Water around the Mediterranean” the World Water Forum 6, Marseilles, France. pp. 42–43.
- Oweis, T.** 2014. The need for a paradigm change: agriculture in water-scarce MENA region. In G. Holst-Warhaft, T. Steenhuis & F. de Châtel, eds. *Water scarcity, security and democracy: a Mediterranean mosaic*. Athens, Global Water Partnership Mediterranean, Cornell University and the Atkinson Center for a Sustainable Future.
- Oweis, T. & Hachum, A.** 2003. Improving water productivity in the dry areas of West Asia and North Africa. In W.J. Kijne, R. Barker & D. Molden, eds. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*, pp. 179–197. Wallingford, UK, CABI Publishing.
- Oweis, T., Prinz, D. & Hachum, A.** 2012. *Rainwater harvesting for agriculture in the dry areas*. London, CRC Press/Balkema, Taylor & Francis Group.
- Page, B. & Kaika, M.** 2003. The EU Water Framework Directive: Part 2. Policy innovation and the shifting choreography of governance. *European Environment* 13(2003): 328–343.
- Pahl-Wostl, C., Sendzimir, J., Jeffrey, P., Aerts, J., Berkamp, G. & Cross, K.** 2007. Managing change toward adaptive water management through social learning. *Ecology and Society*, 12(2): 30 (available at [www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art30/](http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art30/)).
- Pahl-Wostl, C., Tåbara, D., Bouwen, R., Craps, M., Dewulf, A., Mostert, E., Riddler, D. & Taillieu, T.** 2008. The importance of social learning and culture for sustainable water management. *Ecological Economics*, 64(3): 484–495.
- Pal, S.K., Adeloje, A.J., Babel, M.S. & Das Gupta, A.** 2011. Evaluation of the effectiveness of water management policies in Bangladesh. *International Journal of Water Resources Development*, 27(02): 401–417.
- Palaniappan, M., Gleick, P., Allen, L., Cohen, M., Christian-Smith, J. & Smith, C.** 2010. *Clearing the waters: a focus on water quality solutions*. Nairobi, UNEP (available at [www.unep.org/PDF/Clearing\\_the\\_Waters.pdf](http://www.unep.org/PDF/Clearing_the_Waters.pdf)).
- Palmer-Moloney, L.J.** 2011. Water’s role in measuring security and stability in Helmand Province, Afghanistan. *Water International*, 36(2): 201–221.
- Parmentier, S.** 2014. *Scaling-up agroecological approaches: what, why and how?* Brussels, Oxfam-Solidarity (available at [www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/scpi/Agroecology/Agroecology\\_Scaling-up\\_agroecology\\_what\\_why\\_and\\_how\\_-\\_OxfamSol-FINAL.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/scpi/Agroecology/Agroecology_Scaling-up_agroecology_what_why_and_how_-_OxfamSol-FINAL.pdf)).
- Passioura, J.B.** 1977. Grain yield, harvest index, and water use of wheat. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, 43: 117–121.
- Passioura, J.B. & Angus, J.F.** 2010. Improving productivity of crops in water-limited environments. *Advances in Agronomy*, 106: 37–75.
- Peden, D., Tadesse, G. & Misra, A.K.** 2007. Water and livestock for human development. In *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*, pp. 485–514. London, Earthscan.
- Perry, C.** 2014. Water footprints: path to enlightenment, or false trail? *Agricultural Water Management*, 134: 119–125.
- Perry, C.J., Rock, M. & Seckler, D.** 1997. *Water as an economic good: a solution, or a problem?* IIMI Research Paper 14. Colombo.
- Peters, P.E.** 2010. “Our daughters inherit our land, but our sons use their wives’ fields”: matrilineal-matrilocal land tenure and the New Land Policy in Malawi. *Journal of Eastern African Studies*, 4(1): 179–199.
- Pfister, S. & Ridoutt, B.G.** 2013. Water footprint: pitfalls on common ground. *Environmental Science & Technology*, 48: 4.

- Pigeon, M., McDonald, D., Hoedeman, O. & Kishimoto, S.** 2012. *Remunicipalisation: putting water back into public hands*. Amsterdam, Transnational Institute (available at [www.waterjustice.org/uploads/attachments/remunicipalisation%20book\\_final\\_for%20web.pdf](http://www.waterjustice.org/uploads/attachments/remunicipalisation%20book_final_for%20web.pdf)).
- Pimbert, M.P.** 2010. *Towards food sovereignty: reclaiming autonomous food systems. Ch. 4: The role of local organisations in sustaining local food systems, livelihoods and environments*. London and Munich, IIED, RCC, CAWR (available at <http://www.iied.org/towards-food-sovereignty-reclaiming-autonomous-food-systems>).
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Doups, D. & Seidel, R.** 2005. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *BioScience*, 55(7): 573–582.
- Pinsent Masons.** 2012. *Pinsent Masons Water Yearbook 2012-2013*, 14<sup>th</sup> edition (available at <http://wateryearbook.pinsentmasons.com>).
- Pittock, J.** 2013. Lessons from adaptation to sustain freshwater environments in the Murray–Darling Basin, Australia. Wiley Interdisciplinary Reviews. *Climate Change*, 4: 429–438.
- Place, F., Meybeck, A., Colette, L., de young, C., Gitz, V., Dulloo, E., Hall, S., Müller, E., Nasi, R., Noble, A., Spielman, D., Steduto, P. & Wiebe, K.** 2013. *Food security and sustainable resource use – what are the resource challenges to food security?* Background paper. Food Security Futures: research Priorities for the 21<sup>st</sup> Century. 11–12 April 2013. Dublin. Ireland.
- Poteete, A., Janssen, M. & Ostrom, E.** 2010. *Working together: collective action, the commons, and multiple methods in practice*. Princeton, USA, Princeton University Press.
- Prein, M.** 2002. Integration of aquaculture into crop-animal systems in Asia. *Agricultural Systems*, 71: 127–146.
- Preston, S.D., Alexander, R.B., Schwarz, G.E. & Crawford, C.G.** 2011. Factors affecting stream nutrient loads: a synthesis of regional SPARROW model results for the continental United States. *Journal of the American Water Resources Association*, 47: 891–915.
- Prüss-Üstün, A., Bos, R., Gore, F. & Bartram, F.** 2008. *Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health*. Geneva, Switzerland, WHO (available at [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43840/1/9789241596435\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43840/1/9789241596435_eng.pdf)).
- Pucket, L.J., Tesoriero, A.J. & Dubrovsky, N.M.** 2011. Nitrogen contamination of surficial aquifers – a growing legacy. *Environmental Science & Technology Feature*, 45: 839–844.
- Rakhmatullaev, S., Huneau, F., Kazbekov, J., Le Coustumer, P., Jumanov, J., El Oifi, B., Motelica-Heino, M. & Hrkal, Z.** 2010. Groundwater resources use and management in the Amu Darya River Basin (Central Asia). *Environmental Earth Sciences*, 59(6): 1183–1193.
- Rees, J.A.** 1998. *Regulation and private participation in the water and sanitation sector*. TAC Background Paper 1, Global Water Partnership Technical Advisory Committee.
- Renault, D. & Wallender, W.W.** 2000. Nutritional Water Productivity and Diets : From « Crop per drop » towards « Nutrition per drop ». *Agricultural Water Management*, 45:275-296.
- Renwick, M. & Joshi, D.** 2009. Wetlands in crisis: improving Bangladesh’s wetland ecosystems and livelihoods of the poor who depend on them. In R. Lenton & M. Muller, eds. *Integrated water resources management in practice: better water management for development*, pp. 45–58. London, Earthscan.
- Renwick, M., Joshi, D., Huang, M., Kong, S., Petrova, S., Bennett, G. & Bingham, R.** 2007. *Multiple use water services for the poor: assessing the state of knowledge*. Arlington, USA, Winrock International.
- Richards, R.A., Rebetzke, G.J., Condon, A.G. & van Herwaarden, A.F.** 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Science*, 42: 111–121.
- Ridlington, E. & Rumlper, J.** 2013. *Fracking by the numbers. Key impacts of dirty drilling at the state and national level*. Environment America Research & Policy Center (available at [http://www.environmentamerica.org/sites/environment/files/reports/EA\\_FrackingNumbers\\_scrn.pdf](http://www.environmentamerica.org/sites/environment/files/reports/EA_FrackingNumbers_scrn.pdf)).
- Ringler, C. & Zhu, T.** 2015. Water resources and food security. *Journal of Agronomy*, 106: 1–6.
- Ringler, C., Biswas, A. & Cline, S.A., eds.** 2010. *Global change: impacts on water and food security*. Berlin, Springer.
- Rockström, J., Kaumbutho, P., Mwalley, P. & Temesgen, M.** 2001. Conservation farming among small-holder farmers in E. and S. Africa: adapting and adopting innovative land management options. In L. Garcia-Torres, J. Benites, & A. Martinez-Vilela, eds. *Conservation agriculture, a worldwide challenge. 1<sup>st</sup> World Congress on Conservation Agriculture, Vol. 1: Keynote contributions*, pp. 364–374. ECAF/FAO.
- Rockström, J., Barron, J. & Fox, P.** 2003. Water productivity in rain fed agriculture: challenges and opportunities for smallholder farmers in drought-prone tropical agroecosystems. In J.W. Kijne, R. Barker & D. Molden, eds. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*, pp. 145–162. Wallingford, UK, CABI.
- Rockström, J., Karlberg, L., Wani, S.P., Barron, J., Hatibu, N., Oweis, T., Bruggeman, A., Farahani H. & Qiang Z.** 2010. Managing water in rainfed agriculture – the need for a paradigm shift. *Agricultural Water Management*, 79(4): 543–550.
- Rogers, B.** 1981. *The domestication of women. discrimination in developing societies*. New York, USA, Routledge.
- Rosegrant, M.W. & Svendsen, M.** 1993. Asian food production in the 1990’s: irrigation investment and management policy. *Food Policy*, 18(1): 13–32.

- Rosegrant, M.W., Cai, X., Cline, S. & Nakagawa, N.** 2002. *The role of rainfed agriculture in the future of global food production*. EPTD Discussion Paper 90. Washington, DC, IFPRI.
- Rosegrant, M.W., Ringler, C. & Zhu, T.** 2009a. Water for agriculture: maintaining food security under growing scarcity. *Annual Review of Environment and Resources*, 34: 205–222.
- Rosegrant, M.W., Ringler, C. & De Jong, I.** 2009b. Irrigation: tapping potential. In V. Foster & C. Briceño-Garmendia, eds. *Africa's infrastructure: a time for transformation*, pp. 287–297. A copublication of the Agence Française de Développement and the World Bank.
- Roth, D., Boelens, R. & Zwarteveen, M., eds.** 2005. *Liquid relations: contested water rights and legal complexity*. New Brunswick, New Jersey and London, Rutgers University Press.
- Roy, D., Barr, J. & Venema, H.D.** 2011. *Ecosystem approaches in integrated water resources management (IWRM), A review of transboundary river basins*. United Nations Environmental Programme and the International Institute for Sustainable Development (IISD) (available at [www.iisd.org/pdf/2011/iwrm\\_transboundary\\_river\\_basins.pdf](http://www.iisd.org/pdf/2011/iwrm_transboundary_river_basins.pdf)).
- Sadeque, S.Z.** 2000. Competition and consensus over groundwater use in Bangladesh. In B. Bruns & R. Meinzen-Dick, eds. *Negotiating water rights*. International Food Policy Research Institut. London, Intermediate Technology Publications.
- Sadoff, C., Hall, J.W., Grey, D., Aerts, J.C.J.H., Ait-Kadi, M., Brown, C., Cox, A., Dadson, S., Garrick, D., Kelman, J., McCornick, P., Ringler, C., Rosegrant, M., Whittington, D. & Wiberg, D.** 2015. *Securing Water, Sustaining Growth: Report of the GWP/OECD Task Force on Water Security and Sustainable Growth*, University of Oxford, UK. Available at: <http://www.gwp.org/Global/About%20GWP/Publications/The%20Global%20Dialogue/SECURING%20WATER%20SUSTAINING%20GROWTH.PDF>
- Saleth, R.M. & Dinar, A.** 2000. Institutional changes in global water sector: trends, patterns, and implications. *Water Policy*, 2: 175–199.
- Sarkar, A.** 2011. Socio-economic implications of depleting groundwater resource in Punjab: a comparative analysis of different irrigation systems. *The Economic and Political Weekly*, XLVI(7): 59–66.
- Schaub-Jones, D.** 2008. Harnessing entrepreneurship in the water sector: expanding water services through independent network operators. *Waterlines*, 27(4): 270–288.
- Schreiner, B. & van Koppen, B.** 2001. From Bucket to Basin: Poverty, Gender, and Integrated Water Management in South Africa. *Intersectoral Management of River Basins*, 2001, available at <http://publications.iwmi.org/pdf/H029113.pdf>
- Scott, C.A.** 2011. The water-energy-climate nexus: resources and policy outlook for aquifers in Mexico. *Water Resources Research*, 47: 1–18.
- Seckler, D.** 1996. *The new era of water resources management: from “dry” to “wet” water savings*. Research Report 1. Colombo, International Irrigation Management Institute.
- Seckler, D., Molden, D. & Sakthivadivel, R.** 2003. The concept of efficiency in water resources management and policy. In J.W. Kijne, R. Barker & D. Molden, eds. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*, pp. 37–51. Wallingford, UK, and Colombo, CABI Publishing and International Water Management Institute.
- Selby, J.** 2013. Water cooperation – or instrument of control? *Global insights Policy Brief* No. 05. Brighton, UK, School of Global Studies, University of Sussex (available at [www.sussex.ac.uk/global/documents/2788-policy-briefing-web.pdf](http://www.sussex.ac.uk/global/documents/2788-policy-briefing-web.pdf)).
- Sen, A.** 1981. *Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation*. Oxford New York: Clarendon Press Oxford University Press.
- Sen, A.** 2004. Elements of a theory of human rights. *Philosophy and Public Affairs*, 32(4): 315–356.
- Sepúlveda, M. & Nyst, C.** *The human rights approach to social protection*. Ministry of Foreign Affairs, Finland (available at <http://www.ohchr.org/Documents/Issues/EPoverty/HumanRightsApproachToSocialProtection.pdf>).
- Seufert, P.** 2013. The FAO Voluntary guidelines on the responsible governance of tenure of land, fisheries and forests. *Globalizations*, 10(1): 181–186.
- Seufert, V., Ramankutty, N. & Foley, J. A.** 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485: 229–234.
- Shah, T.** 2007. Issues in reforming informal water economies of low-income countries: examples from India and elsewhere. In B. Van Koppen, G. Mark & J. Butterworth, eds. *Community-based water law and water resource management reform in developing countries*, pp. 65–95. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series 5. Wallingford, UK, CABI Publishers.
- Shah, T.** 2009. *Taming the anarchy: groundwater governance in South Asia*. Washington, DC, RFF Press.
- Sharma, R.** 2011. *Food export restrictions: review of the 2007–2010 experience and considerations for disciplining restrictive measures*. FAO Commodity and Trade Policy Research Working Paper No. 32. Rome (available at [http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/PUBLICATIONS/Comm\\_Working\\_Papers/EST-WP32.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/PUBLICATIONS/Comm_Working_Papers/EST-WP32.pdf)).
- Sheffield, J. & Wood, E.F.** 2007. Characteristics of global and regional drought, 1950–2000: Analysis of soil moisture data from off-line simulation of the terrestrial hydrologic cycle. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984–2012) Volume 112, Issue D17.

- SIDA/UNIDO/DOSTE (Swedish International Development Co-operation Agency/Department of Science, Technology and Environment, Ho Chi Minh City/United Nations Industrial Development Organization).** 1999. *Reduction of industrial pollution in Ho Chi Minh City*. Project TF/VIE/97/001. Ho Chi Minh City (available at [www.unido.org/fileadmin/import/40544\\_CPcase.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/import/40544_CPcase.pdf)).
- Siddiqi, A. & Wescoat, J.L. Jr.** 2013. Energy use in large-scale irrigated agriculture in the Punjab province of Pakistan. *Water International*, Special Issue: Water for food security: challenges for Pakistan. 38, 5, published online September 2013.
- Siebert, S., Burke, J., Faures, J.M., Frenken, K., Hoogeveen, J., Döll, P. & Portmann, F.T.** 2010. Groundwater use for irrigation – a global inventory. *Hydrology & Earth System Science*, 14: 1863–1880.
- Sojamo, S. & Larson, E.** 2012. Investigating food and agribusiness corporations as global water security, management and governance agents: the case of Nestlé, Bunge and Cargill. *Water Alternatives*, 5(3): 619–635.
- Sommer, R., Oweis, T. & Hussein, L.** 2011. *Can supplemental irrigation alleviate the effect of climate change on wheat production in Mediterranean environments?* Oral presentation at the ASA, CSSA, SSSA Annual Meetings "Fundamental for Life: Soil, Crop, & Environmental Sciences", 16–19 October 2011, San Antonio, Texas, USA.
- South African Human Rights Commission.** 2014. *Report on the right to access sufficient water and decent sanitation in South Africa: 2014*. Braamfontein, South Africa (available at [www.sahrc.org.za/home/21/files/FINAL%204th%20Proof%204%20March%20-%20Water%20%20Sanitation%20low%20res%20\(2\).pdf](http://www.sahrc.org.za/home/21/files/FINAL%204th%20Proof%204%20March%20-%20Water%20%20Sanitation%20low%20res%20(2).pdf)).
- Spiertz, J.H.L.** 1999. Water rights and legal pluralism: some basics of a legal anthropological approach. In R. Meinzen-Dick & B. Bruns, eds, *Negotiating water rights*. London, ITDG Publications.
- Srivastava, S.** 2014. *Rule(s) over regulation: the making of water reforms and regulatory culture(s) in Maharashtra*. PhD thesis, Brighton, UK, University of Sussex.
- Stambouli, T., Faci, J.M. & Zapata, N.** 2014. Water and energy management in an automated irrigation district. *Agricultural Water Management*, 142(2014): 66–76.
- Steinfeld, H., Mooney, H.A., Schneider, F. & Neville, L.E. eds.** 2010. *Livestock in a changing landscape: drivers, consequences, and responses*. Washington, DC, Island Press.
- Stringer, L. C., A. J. Dougill, E. Fraser, K. Hubacek, C. Prell, & M. S. Reed.** 2006. Unpacking “participation” in the adaptive management of social–ecological systems: a critical review. *Ecology and Society*, 11(2): 39 (available at <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art39/>).
- Suárez, S.M.** 2012. The recently adopted Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests: a turning point in the governance of natural resources? In Right to Food and Nutrition Watch *Who decides about global food and nutrition? Strategies to regain control*, pp. 37–42. Bread for the World, FIAN International, and Interchurch Organization for Development Cooperation (ICCO).
- Suárez, S.M.** 2013. The human rights framework in contemporary agrarian struggles. *Journal of Peasant Studies*, 40(1): 239–290.
- Sultana, F. & Loftus, A., eds.** 2011. *The right to water: politics, governance and social struggles*. London, Routledge.
- Swaminathan, M.S.** 2009. Synergy between food security and NREGA. *The Hindu* (available at <http://www.thehindu.com/todays-paper/tp-opinion/synergy-between-food-security-act-nrega/article246506.ece>, accessed 24 February 2015).
- Tang, X., Li, H., Desai, A.R., Nagy, Z., Luo, J., Kolb, T.E., Olioso, A., Xu, X., Lao, L., Kutsch, W., Pilegaard, K., Köstner, B. & Ammann, C.** 2014. How is water-use efficiency of terrestrial ecosystems distributed and changing on Earth? *Scientific Reports*, 4: 7483.
- Thornton, P.K.** 2010. Livestock production: recent trends, future prospects. *Phil. Trans. R. Soc. B. Biol. Sci.*, 365: 2853–2867.
- TBoARD (Tigray Bureau of Agriculture and Rural Development).** 2013. *Annual Report of the Tigray Bureau of Agriculture and Rural Development for the year 2013*.
- TBoARD.** 2014. *Annual Report of the Tigray Bureau of Agriculture and Rural Development for the year 2014*.
- TERI (The Energy and Resources Institute).** 2008. *Executive summary of the study on independent third party assessment of Coca - Cola facilities in India* (available at [www.teriin.org/upfiles/projects/Coca-cola-ES.pdf](http://www.teriin.org/upfiles/projects/Coca-cola-ES.pdf)).
- Thomas, V. & Ahmad, M.** 2009. *A historical perspective on the Mirab system: a case study of the Jangharog Canal, Baghlan*. Afghanistan Research and Evaluation Unit Case Study Series (available at [www.areu.org.af/Uploads/EditionPdfs/908E-The%20Mirab%20System-CS-web.pdf](http://www.areu.org.af/Uploads/EditionPdfs/908E-The%20Mirab%20System-CS-web.pdf)).
- Turner, N.C.** 2004. Agronomic options for improving rainfall-use efficiency of crops in dryland farming systems. *J. Exp. Bot.*, 55(407): 2413–2425.
- UN.** 2003a. *Commission on Human Rights, Sixtieth session: Economic, social and cultural rights, The right to food*. Report by the Special Rapporteur on the right to food, Addendum: Mission to Bangladesh; Jean Ziegler. New York, USA.
- UN.** 2003b. *Commission on Human Rights, Fifty-eighth session: Economic, social and cultural rights, The right to food*. Report by the Special Rapporteur on the right to food, Jean Ziegler. New York, USA.
- UN.** 2010a. *Guide to responsible business engagement with water policy*. CEO Water Mandate. New York, USA, UN Global Compact (available at [http://ceowatermandate.org/files/Guide\\_Responsible\\_Business\\_Engagement\\_Water\\_Policy.pdf](http://ceowatermandate.org/files/Guide_Responsible_Business_Engagement_Water_Policy.pdf)).

- UN. 2010b. UN General Assembly Sixty-fourth session: Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010, 64/292. The human right to water and sanitation. New York, USA, UN General Assembly (available at [www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/64/292](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292)).
- UN. 2014. Conflict in South Sudan: a human rights report. UN Mission in the Republic of South Sudan (available at <http://www.unmiss.unmissions.org/Portals/unmiss/Human%20Rights%20Reports/UNMISS%20Conflict%20in%20South%20Sudan%20-%20A%20Human%20Rights%20Report.pdf>).
- UNCESCR (United Nations Committee on Economic, Social and Cultural Rights). 1999. *General Comment No. 12: The right to adequate food (art. 1)*. UN Doc. E/C.12/1999/5. New York, USA..
- UNCESCR. 2002. *General Comment No. 15: The right to water (arts. 11 and 12 of the International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights)*. UN Doc. E/C.12/2002/11 Geneva (available at [www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/CESCR\\_GC\\_15.pdf](http://www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/CESCR_GC_15.pdf)).
- UNDP (United Nations Development Programme). 2006. *Beyond scarcity: power, poverty and the global crises*. Human Development Report 2006. New York, USA.
- UNDP. 2013. *Water governance in the Arab region: managing scarcity and securing the future*. New York, USA.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2013. *Smallholders, food security and the environment*. IFAD and UNEP (available at [www.unep.org/pdf/SmallholderReport\\_WEB.pdf](http://www.unep.org/pdf/SmallholderReport_WEB.pdf)).
- UNGA. 2007. *United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples*. UN Doc: A/RES/61/295, New York, USA (available at [www.ohchr.org/en/Issues/IPeoples/Pages/Declaration.aspx](http://www.ohchr.org/en/Issues/IPeoples/Pages/Declaration.aspx)).
- UNGA. 2014. *Final report: the transformative potential of the right to food*, Report of the Special Rapporteur on the right to food, Olivier De Schutter, A/HRC/25/57 (available at [www.srfood.org/images/stories/pdf/officialreports/20140310\\_finalreport\\_en.pdf](http://www.srfood.org/images/stories/pdf/officialreports/20140310_finalreport_en.pdf)).
- UNHRC. 2008. *Building resilience: a human rights framework for world food and nutrition*. Promotion and protection of all human rights, civil, political, economic, social and cultural rights, including the right to development. Report of the Special Rapporteur on the right to food, Jean Ziegler (available at [www2.ohchr.org/english/issues/food/docs/A.HRC.9.23.pdf](http://www2.ohchr.org/english/issues/food/docs/A.HRC.9.23.pdf)).
- UNICEF (The United Nations Children's Fund work). 1990. *Strategy for improved nutrition of children and women in developing countries*. UNICEF Policy Review. New York, USA (available at [www.ceecis.org/iodine/01\\_global/01\\_pl/01\\_01\\_other\\_1992\\_unicef.pdf](http://www.ceecis.org/iodine/01_global/01_pl/01_01_other_1992_unicef.pdf)).
- UNIDO (United Nations Industrial Development Organization). n.d. *Pollution from food processing factories and environmental protection* (available at [www.unido.org/fileadmin/import/32129\\_25PollutionfromFoodProcessing.7.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/import/32129_25PollutionfromFoodProcessing.7.pdf)).
- UN-Water. 2008. *Transboundary waters: sharing benefits, sharing responsibilities* (available at [http://www.unwater.org/downloads/UNW\\_TRANSBOUNDARY.pdf](http://www.unwater.org/downloads/UNW_TRANSBOUNDARY.pdf)).
- UN Women. 2014. *The World Survey on the role of women in development 2014: Gender equality and sustainable development*. New York, UN Women.
- Upadhyaya, P. 2013. Depleting groundwater resources and risks to India's water security, In E. Miklian & A. Kolas, eds. *India's human security: lost debates, forgotten people, intractable challenges*, pp. 33–45. New York, USA, and London, Routledge.
- US Bureau of Reclamation. 2015. Reclamation Announces Initial Water Supply Allocation for Central Valley Project. US department of interior. Bureau of reclamation. <http://www.usbr.gov/newsroom/newsrelease/detail.cfm?RecordID=48986>
- US-EPA (Environmental Protection Agency). n.d. *Principles in watershed management*. Watershed Academy Lab. (available at [http://cfpub.epa.gov/watertrain/pdf/modules/Watershed\\_Management.pdf](http://cfpub.epa.gov/watertrain/pdf/modules/Watershed_Management.pdf)).
- USGS. 2014. *Industrial water use* (available at [water.usgs.gov/edu/wuin.html](http://water.usgs.gov/edu/wuin.html)).
- Valdés, A. & W. Foster. 2012. Net Food-Importing Developing Countries: Who They Are, and Policy Options for Global Price Volatility, Issue Paper No. 43, Geneva: International Centre for Trade and Sustainable Development.
- Van Eeden, A. 2014. *Whose waters? Large-scale agricultural development in the Wami-Ruvu river basin in Tanzania*. International Environment and Development Studies, Norwegian University of Life Sciences, Aas, Norway.
- van Koppen, B. 2002. *A gender performance indicator for irrigation: concepts, tools, and applications*. Research Report 59. Colombo, International Water Management Institute.
- van Koppen, B. 2007. Dispossession at the interface of community-based water law and permit systems. In B. Van Koppen & M. Butterworth, eds. *Community-based water law and water resource management reform in developing countries*, pp. 46–64. Wallingford, UK, CABI Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series.
- van Koppen, B. 2009. Gender, resource rights, and wetland productivity in Burkina Faso. In J. Kirsten, A. Dorward, C. Poulton & N. Vink, eds. *Institutional Economics perspectives on African agricultural development*, p. 389–408. Washington, DC, IFPRI.
- van Koppen, B. & Schreiner, B. 2014. Priority general authorizations in rights-based water use authorization in South Africa. In Patrick et al., eds. *Water Policy*. Supplemental Issue: *Why justice matters in water governance*. London, IWA Publishing.
- van Koppen, B., Smits, S. & Mikhail, M. 2009. Homestead and community-scale multiple-use water services: unlocking new investment opportunities to achieve the Millennium Development Goals. *Irrigation and Drainage* 58: S73–S86.
- van Koppen, B., Smits, S., Rumbaitis del Rio, C. & Thomas, J. 2014a. *Scaling up multiple use water services: accountability in the water sector*. London, Practical Action, IWMI /WLE - International Water and Sanitation Centre IRC - Rockefeller Foundation.

- van Koppen, B., Van der Zaag, P., Manzungu, E. & Tapela, B.** 2014b. Roman water law in rural Africa: the unfinished business of colonial dispossession. *Water International*, 39(1): 41–62.
- Van Wijk-Sijbesma, C.** 2002. *The best of two worlds? Methodology for participatory measurement of sustainability, use and gender and poverty-sensitive participation in community-managed domestic water services*. Delft, Netherlands, University of Wageningen, Department of Communication and Innovations, and IRC.
- Varma, S. & Winslow, M.** 2005. *Healing wounds: how the international centers of the CGIAR help rebuild agriculture in countries affected by conflicts and natural disasters*. Washington, DC, Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR).
- Vargas Hill, R. & Viceisza, A.** 2011. A field experiment on the impact of weather shocks and insurance on risky investment. *Experimental Economics*, 15(2): 341–371.
- Varghese, S.** 2007. *Privatizing U.S. water*. Minneapolis, USA, IATP (available at [www.iatp.org/files/451\\_2\\_99838.pdf](http://www.iatp.org/files/451_2_99838.pdf)).
- Varghese, S.** 2009. *Integrated solutions to the water, agriculture and climate crises*. Minneapolis, USA, IATP.
- Varghese, S.** 2011. *Women at the center of climate-friendly approaches to agriculture and water use*. Minneapolis, USA, IATP (available at [http://www.iatp.org/files/451\\_2\\_107914.pdf](http://www.iatp.org/files/451_2_107914.pdf)).
- Varghese, S.** 2012. *Corporatizing water: India's Draft National Water Policy*. Minneapolis, USA, IATP.
- Varghese, S.** 2013. *Water governance in the 21<sup>st</sup> century: lessons from water trading in the U.S. and Australia*. Minneapolis, USA, IATP (available at [www.iatp.org/files/2013\\_03\\_27\\_WaterTrading\\_SV\\_0.pdf](http://www.iatp.org/files/2013_03_27_WaterTrading_SV_0.pdf)).
- Veldwisch, G.J., Beekman, W. & Bolding, A.** 2013. Smallholder irrigators, water rights and investments in agriculture: three cases from rural Mozambique. *Water Alternatives*, 6(1): 125–141.
- Verdegem, M.C.J., Bosma, R.H. & Verreth, J.A.J.** 2006. Reducing water use for animal production through aquaculture. *International Journal of Water Resources Development*, 22(1): 101–113.
- Viets, F.G. Jr.** 1962. Fertilizers and the efficient use of water. *Advances in Agronomy* 14. 223:64 1962.
- von Benda-Beckman, F.** 1981. *Rechtsantropologie in Nederland*. Themanummer Sociologische Gids no. 4, Meppel, Boom.
- von Braun, J. & Meinzen-Dick, R.** 2009. *'Land grabbing' by foreign investors in developing countries: risks and opportunities*. IFPRI Policy Brief No. 13. Washington, DC, International Food Policy Research Institute.
- Vorley, B., Cotula, L. & Chan, M.** 2012. Tipping the balance: policies to shape agricultural investments and markets in favour of small-scale farmers. *Oxford International* (available at <http://policy-practice.oxfam.org.uk/publications/tipping-the-balance-policies-to-shape-agricultural-investments-and-markets-in-f-254551>).
- Wada, Y., van Beek, L.P.H., van Kempen, C.M., Reckman, J.W.T.M., Vasak, S. & Bierkens, M.F.P.** 2010. Global depletion of groundwater resources. *Geophysical Research Letters*, 37(20).
- Wagle, S., Warghade, S. & Sathe, M.** 2012. Exploiting policy obscurity for legalising water grabbing in the era of economic reform: the case of Maharashtra, India. *Water Alternatives*, 5(2): 412–430.
- Wall, G. W., Garcia, R. L., Kimball, B. A., Hunsaker, D. J., Pinter, P. J., Long, S. P., Osborne, C. P., Hendrix, D. L., Wechsung, F., Wechsung, G., Leavitt, S. W., LaMorte, R. L. & Idso, S.B.** 2006. Interactive effects of elevated carbon dioxide and drought on wheat. *Agron. J.*, 98: 354–381.
- Walnycki, A.** 2013. *Rights on the edge: the right to water and the peri-urban drinking water committees of Cochabamba*. PhD. University of Sussex.
- Walters, C. J.** 1986. *Adaptive management of renewable resources*. McMillan, New York, New York, USA
- Wani, S., Sreedevi, T.K., Rockstroma, J., Wangkahart, T., Ramakrishna, Y.S., Dixin, Y., Rao, A.V.R.K. & Li, Z.** 2007. Improved livelihoods and food security through unlocking the potential of rainfed agriculture. In U. Aswathanarayana, ed. *Food and water security*. pp. 89–105. Abingdon, Oxford, UK, Taylor and Francis.
- Wani, S., Rockström, J. & Oweis, T. eds.** 2009. *Rainfed agriculture: unlocking the potential*. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series 7. London, CABI Publishing.
- Wardam, B.** 2004. *More politics than water: water rights in Jordan*. Supplement 2 to K. Assaf, B. Attia, A. Darwish, B. Wardam & S. Klawitter. *Water as a human right: the understanding of water in the Arab countries of the Middle East*. Henrich Böll Stiftung Global Issue Paper No. 11.
- Warner, J., Wester, P. & Bolding, A.** 2008. Going with the flow: river basins as the natural units for water management? *Water Policy*, 10(S2): 121–138.
- Water Governance Facility.** 2012. *Human rights-based approaches and managing water resources: exploring the potential for enhancing development outcomes*. Water Governance Facility Report No. 1. Stockholm, International Water Institute.
- Watts, J.** 2014. Brazil drought crisis leads to rationing and tension. *The Guardian*, 5 September 2014 (available at <http://www.theguardian.com/weather/2014/sep/05/brazil-drought-crisis-rationing>, accessed 27 February 2015).
- WCD (World Commission on Dams).** 2000. *Dams and development: a new framework for decision-making* London, Earthscan.
- Webb, P. & Iskandarani, M.** 1998. *Water insecurity and the poor. Issues and research needs*. ZEF Discussion Papers on Development Policy No. 2. Bonn, ZEF (available at [www.zef.de/uploads/tx\\_zefportal/Publications/zef\\_dp2-98.pdf](http://www.zef.de/uploads/tx_zefportal/Publications/zef_dp2-98.pdf)).
- WEF (World Economic Forum).** 2011. *Water security: the water-food-energy-climate nexus* Washington, DC, New Island Press.
- Wenhold, F. & Faber, M.** 2009. Water in nutritional health of individuals and households: an overview. *Water SA*, 35(1): 61–71.

- Wester, P., Merrey, D.J. & De Lange, M.** 2003. Boundaries of consent: stakeholder representation in river basin management in Mexico and South Africa, *World Development*, 31(5): 797–812.
- WHO (World Health Organization).** 2002. *Water, health and human rights*. Prepared for World Water Day (available at [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/humanrights/en/index1.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/humanrights/en/index1.html)).
- WHO.** 2003. *The right to water*. Health and Human Rights publication series, 3. Geneva, Switzerland.
- WHO.** 2006. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater* (available at [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/wastewater/gsuww/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuww/en/)).
- WHO.** 2010. *Food safety*. Report by the Secretariat for the Sixty-Third World Health Assembly (available at [http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/WHA63/A63\\_11-en.pdf](http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA63/A63_11-en.pdf)).
- WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme.** 2012. *JMP Working Group on Equity and Non-Discrimination Final Report*. Geneva, Switzerland (available at [www.wssinfo.org/fileadmin/user\\_upload/resources/JMP-END-WG-Final-Report-20120821.pdf](http://www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/JMP-END-WG-Final-Report-20120821.pdf)).
- WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme.** 2014. *Progress on drinking water and sanitation: 2014 update*. 2014 report WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme on water supply and sanitation, also known as JMP, Geneva, Switzerland (available at [www.wssinfo.org/fileadmin/user\\_upload/resources/JMP\\_report\\_2014\\_webEng.pdf](http://www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/JMP_report_2014_webEng.pdf)).
- Wichelns, D.** 2001. The role of ‘virtual water’ in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt. *Agricultural Water Management*, 49(2): 131–151.
- Wichelns, D.** 2010. *An economic analysis of the virtual water concept in relation to the agri-food sector*. Paris, OECD (available at [www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/sustainable-management-of-water-resources-in-agriculture/an-economic-analysis-of-the-virtual-water-concept-in-relation-to-the-agri-food-sector\\_9789264083578-8-en](http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/sustainable-management-of-water-resources-in-agriculture/an-economic-analysis-of-the-virtual-water-concept-in-relation-to-the-agri-food-sector_9789264083578-8-en)).
- Wichelns, D.** 2014. Investing in small, private irrigation to increase production and enhance livelihoods. *Agricultural Water Management*, 131(1): 163–166.
- Williams, T.O., Gyampoh, B., Kizito, F. & Namara, R.** 2012. Water implications of large-scale land acquisitions in Ghana. *Water Alternatives*, 5(2): 243–265.
- Windfuhr, M.** 2013. *Water for food: a human rights obligation*. Study for the German Institute for Human Rights. Berlin, German Institute for Human Rights.
- Witcombe, J.R., Hollington, P.A., Howarth, C.J., Reader, S. & Steele, K.A.** 2010. Breeding for abiotic stresses for sustainable agriculture. *Philosophical Transactions Royal Society B*, 363: 703–716.
- Woldearegay, K., Van Steenberg, F. & Tamene, L.** 2014. Can large-scale landscape restoration initiatives fulfill their promises: a resounding “yes” from northern Ethiopia. <http://peoplefoodandnature.org/blog/can-large-scale-landscape-restoration-initiatives-fulfill-their-promises-a-resounding-yes-from-northern-ethiopia/>
- Woldearegay, K., Behailu, M. & Tamene, L.** 2006. *Conjunctive use of surface and groundwater: a strategic option for water security in the northern highlands of Ethiopia*. Proceedings of the HIGHLAND 2006 Symposium, 8–25 September 2006, Mekelle University, Ethiopia.
- Wolfenson, K.** 2013. *Coping with the food and agriculture challenge: smallholders’ agenda. Preparations and outcomes of the 2012 United Nations Conference on Sustainable Development (Rio +20)*. Rome, FAO (available at [www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability\\_pathways/docs/Coping\\_with\\_food\\_and\\_agriculture\\_challenge\\_Smallholder\\_s\\_agenda\\_Final.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/Coping_with_food_and_agriculture_challenge_Smallholder_s_agenda_Final.pdf)).
- Woodhouse, M. & Langford, M.** 2009. Crossfire: there is no human right to water for livelihoods. *Waterlines*, 28(1): 1–12.
- World Bank.** 2005. *Project appraisal document on a proposed loan in the amount of US\$325.00 million to the Republic of India for Maharashtra Water Sector Improvement Project*. Washington, DC.
- World Bank.** 2006a. *Shaping the future of water for agriculture: a sourcebook for investment in agricultural water management*. Washington, DC.
- World Bank.** 2006b. *Philippines – small towns water utilities data book*. Washington, DC.
- World Bank.** 2009. *Directions in hydropower*. Washington, DC (available at [http://siteresources.worldbank.org/INTWAT/Resources/Directions\\_in\\_Hydropower\\_FINAL.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTWAT/Resources/Directions_in_Hydropower_FINAL.pdf)).
- World Bank.** 2010a. *Rising global interest in farmland: can it yield sustainable and equitable benefits?* Washington, DC.
- World Bank.** 2010b. *Deep wells and prudence: towards pragmatic action for addressing groundwater overexploitation in India*. Report #51686. Washington, DC (available at <http://siteresources.worldbank.org/INDIAEXTN/Resources/295583-1268190137195/DeepWellsGroundWaterMarch2010.pdf>).
- World Bank.** 2015. *Data: Bolivia* (available at <http://data.worldbank.org/country/bolivia>).
- World Bank/FAO/IFAD.** 2009. *Gender in agriculture sourcebook*. Washington, DC, World Bank.
- Wreford, A., Moran, D. & Adger, N.** 2010. *Climate change and agriculture: impacts, adaptation and mitigation*. Paris, OECD.
- Wu, W., Al-Shafie, W.M., Mhaimed, A.S., Ziadat, F., Nangia, V. & Payne, W.** 2014. Salinity mapping by multi-scale remote sensing in Mesopotamia, Iraq. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*.
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme).** 2009. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a changing world*. Paris, UNESCO, and London, Earthscan.

- WWAP.** 2012. *The United Nations World Water Development Report 4: Managing water under uncertainty and risk*. Paris, UNESCO.
- WWAP.** 2014. *UN World Water Development Report 2014: water and energy*. Paris, UNESCO.
- WWAP.** 2015a. *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a sustainable world*. Paris, UNESCO.
- WWAP.** 2015b. *Facing the challenges. Case studies and indicators*. Paris, UNESCO.
- Yang, J., Qiu, H., Huang, J. & Rozelle, S.** 2008. Fighting global food price rises in the developing world: the response of China and its effect on domestic and world markets. *Agricultural Economics*, 39(s1), 453-464.
- Young, M.** 2012. Opinion: Australia's rivers traded into trouble. *Australian Geographic* (available at [www.australiangeographic.com.au/topics/science-environment/2012/05/opinion-australias-rivers-traded-into-trouble/](http://www.australiangeographic.com.au/topics/science-environment/2012/05/opinion-australias-rivers-traded-into-trouble/), accessed 12 January 2015).
- Zeitoun, M.** 2007. The conflict vs. cooperation paradox: fighting over or sharing of Palestinian-Israeli groundwater? *Water International*, 32(1): 105–120.
- Zeza, A. & Tasciotti, L.** 2010. Urban agriculture, poverty, and food security: empirical evidence from a sample of developing countries. *Food Policy*, 35: 265–273.
- Ziganshina, D.** 2008. Rethinking the concept of the human right to water. *Santa Clara Journal of International Law*, 6(1): 113–128 (available at [www.internationalwaterlaw.org/bibliography/articles/Ethics/Common\\_Grounds\\_Symposium/Ziganshina.pdf](http://www.internationalwaterlaw.org/bibliography/articles/Ethics/Common_Grounds_Symposium/Ziganshina.pdf)).
- Zwart, S. J. & Bastiaanssen, W.G.M.** 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize, *Agr. Water Management* 69: 115-133.
- Zwarteveen, M.** 2008. Men, masculinities and water powers in irrigation. *Water Alternatives*, 1(1): 111–130.

## 附录

### 高专组项目周期

粮食安全和营养问题高级别专家组（高专组）于 2009 年 10 月设立，是联合国世界粮食安全委员会（粮安委）的一个科学—政策界面。

世界粮食安全委员会（粮安委）是最具包容性的、循证的国际和政府间粮食安全和营养平台，供作出承诺的广大利益相关方以协调一致的方式展开合作，支持国家主导的各项进程，消除饥饿，确保人人获得粮食安全和营养。<sup>36</sup>

高专组从粮安委接受工作任务。这确保所开展研究的合理性和相关性，并确保将这些研究列入国际层面的具体政治议程。报告编制过程确保科学包容性和高专组独立性。

高专组编制科学、政策型报告，包括进行分析和提出建议，作为粮安委进行政策讨论的一个综合、循证的起点。高专组的目的是，使人们在处理粮食和营养不安全问题时更加清楚地了解各种问题和理由。高专组努力阐明不一致的信息和知识，弄清之所以不一致的背景和原因，查明新出现的问题。

高专组的任务并非开展新研究。高专组的研究借助现有研究成果和知识，这些研究成果和知识由提供专业知识的各类机构（大学、研究所、国际组织等）得出，并因全球、多部门、多学科分析而增值。

高专组的研究通过一个十分严格的过程使科学知识与实地检验相结合。高专组将许多行为方利用当地和全球来源得到的各种形式、内容丰富的专业知识（当地实施工作知识、全球研究得出的知识、“最佳实践”知识）变成政策相关知识形式。

为确保具体过程的科学合理性和可信度，以及各种形式知识的透明公开，高专组依据粮安委商定的具体规则运作。

高专组设有二级架构：

1. 指导委员会由 15 名来自不同粮食安全和营养领域的国际知名专家组成，专家由粮安委主席团任命。高专组指导委员会成员以个人身份参与相关工作，而不作为各自政府、机构或组织的代表。
2. 项目组，由指导委员会选聘和管理，以具体项目为依托，针对具体问题进行分析/报告。

---

<sup>36</sup> 粮安委改革文件，可从以下网址获取：[www.fao.org/cfs](http://www.fao.org/cfs)

编制报告的项目周期（图 13）明确划分为各个不同阶段，粮安委提出政治性问题和相关要求为最初阶段。高专组建立了科学对话，借助各个学科、各种背景、各个知识体系、其各指导委员会和项目组、开放式电子磋商会。设定时限的分主题项目组在指导委员会的科学方法指导和监督下开展工作。

高专组针对每份报告都要安排两次开放式磋商会：第一次，针对研究范围；第二次，针对零版“进行中的工作”草案。通过这种安排，该过程可向所有感兴趣的专家以及作为知识所有人的所有利益相关方开放。磋商会使高专组能够更加清楚地了解相关问题，丰富知识基础，其中包括社会知识，整合各种不同科学观点和意见。

这包括对定稿前之最终草案进行外部同行科学评议。由指导委员会在面对面的会议上最终确定和通过报告。

高专组报告以联合国六种官方语言（阿拉伯文、中文、英文、法文、俄文、西班牙文）发布，为粮安委讨论和辩论提供信息。

高专组、工作流程以及之前报告的所有相关信息都可从以下高专组网站获取：  
[www.fao.org/cfs/cfs-hlpe](http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe)。

图 13 高专组项目周期



CFS 世界粮食安全委员会  
 HLPE 粮食安全和营养问题高级别专家组  
 StC 高专组指导委员会  
 PT 高专组项目组

水就是生命：它是人类粮食安全和营养不可分割的组成部分，是人类赖以生存的生态系统的生命线。安全的饮用水和卫生设施对于民众的营养、健康和尊严而言至关重要。保障弱势群体和妇女的水资源获取权可能是一项尤为艰巨的挑战。保质保量供水对农业生产和食物烹制及加工至关重要。农业灌溉用水占全球地表水和地下水抽水量的70%。

本报告从家庭到全球层面探讨水资源与粮食安全和营养之间的关系。在各种相互冲突的需求、不断加剧的稀缺性和气候变化的背景下对这些关系开展调研，并提出办法改善农业和粮食系统中的水资源管理，加强水资源治理，确保人人都能在现在和将来获得更好的粮食安全和营养。本报告刻意注重行动，提出各类范例和方案，供众多利益相关方及相关部门按照区域和地方特点选择采用。

粮安委

HLPE

世界粮食安全委员会

高级别  
专家组

Secretariat HLPE c/o FAO  
Viale delle Terme di Caracalla  
00153 Rome, Italy

网站: [www.fao.org/cfs/cfs-hlpe](http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe)  
电子邮件: [cfs-hlpe@fao.org](mailto:cfs-hlpe@fao.org)

14643Ch/1/07.15