

# 水管理、水安全与应对气候变化：早期影响和必要响应

Water Management, Water Security and  
Climate Change Adaptation:  
Early Impacts and Essential Responses

[美国] Claudia Sadoff (克劳迪娅·萨多夫)

[南非] Mike Muller (迈克·穆勒)

著

全球水伙伴中国委员会 (Global Water Partnership China) 译



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

# 水管理、水安全与应对气候变化： 早期影响和必要响应

**Water Management, Water Security and  
Climate Change Adaptation:  
Early Impacts and Essential Responses**

[ 美国 ] Claudia Sadoff ( 克劳迪娅·萨多夫 )

[ 南非 ] Mike Muller ( 迈克·穆勒 )

著

全球水伙伴中国委员会 ( Global Water Partnership China ) 译



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

## 内 容 提 要

气候变化影响人类、生态系统和经济的主要媒介是水,水既是气候变化问题的一部分又是应对气候变化的解决方案之一。本书重点关注了气候变化通过哪些途径对水造成影响,以及水管理能对缓解气候变化和应对气候变化造成的不可逆转影响的重要作用。

北京市版权局著作权合同登记号:01-2015-8596

### 图书在版编目(CIP)数据

水管理、水安全与应对气候变化:早期影响和必要响应 / (美)克劳迪娅·萨多夫(Claudia Sadoff), (南非)迈克·穆勒(Mike Muller)著;全球水伙伴中国委员会译. — 北京:中国水利水电出版社,2016.11  
书名原文:Water Management, Water Security and Climate Change Adaptation: Early Impacts and Essential Responses  
ISBN 978-7-5170-4898-5

I. ①水… II. ①克… ②迈… ③全… III. ①水资源管理—关系—气候变化—研究 IV. ①P467②TV213.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第281492号

书 名	水管理、水安全与应对气候变化:早期影响和必要响应
原 书 名	SHUI GUANLI, SHUI ANQUAN YU YINGDUI QIHOU BIANHUA; ZAOQI YINGXIANG HE BIYAO XIANGYING Water Management, Water Security and Climate Change Adaptation: Early Impacts and Essential Responses
原 著	[美国] Claudia Sadoff (克劳迪娅·萨多夫) [南非] Mike Muller (迈克·穆勒)
译 者	全球水伙伴中国委员会 (Global Water Partnership China)
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	170mm×245mm 16开本 5.75印张 83千字
版 次	2016年11月第1版 2016年11月第1次印刷
印 数	0001—1800册
定 价	35.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 摘要

气候变化影响人类、生态环境和经济的主要媒介是水。因此，水资源管理应首先将应对气候变化作为重点。然而解决水问题并非是对气候变化的全部，还需要广泛采取措施；水既是气候变化问题的一部分又是应对气候变化的解决方案之一。因此，水应该是我们首先关注的问题。

在全球范围内气候变化对淡水资源的整体影响是不利的。但其中还有很多未知因素。我们对气温升高与降雨变化之间的关系已经做了详细的模型实验，但尚未建立气候变化对河流流量和地下水回灌的影响模型。积雪和冰川融化带来的难题以及对水质的影响都有待进一步研究。

应对气候变化的主要行动是强化水管理。要掌握气候变化当前的变量和未来的动态，因为这些会影响到所有用水部门之间的供需关系。要加强能力建设和及时掌握动态，这样才能更好地进行水资源管理。在提高应对当前气候挑战的能力的同时，也需提高适应未来气候变化的能力。

我们通常将实现和维持水安全定义为挖掘水的潜在生产力和减少水的破坏力，这既构成应对战略的核心，也是我们的行动框架。对于尚未实现水安全的国家，气候变化将加剧实现水安全这一目标的难度；对于已经实现水安全的国家，维系水安全也不容易。我们都需要另辟蹊径管理好水资源。

水安全的重点是提前准备一套完备的应对方案；让弱势群体和服务匮乏地区的人们直接受益，从而推进“千年发展目标”的实现。与此同时，对气候风险长期管理制度加以完善并加强能力建设。许多国家都有意继续在水管理领域投资，不仅是为了实现水安全，还

希望通过更加合理的用水进一步提升经济、社会和环境效益。

实现水安全需要我们在三个方面进行投资：更加便利地获取更为详细的信息（Information）、建立强大和适应变化的机制（Institutions）以及修建天然和人工储存、运输和处理水的基础设施（Infrastructure）。这三项需求应在项目、社会各阶层、国家、流域和全球范围等所有层面加以体现。对机构和能力建设等所谓“软件”和基础设施“硬件”投资加以平衡和排序是一项复杂的工作，信息、磋商和适应性管理不可或缺。此外，在平等、环境和经济之间确定优先顺序时，我们不可避免地会面对难以取舍的情况。“适应性”水管理的最佳境界是实现三“I”（信息、机制和基础设施）的最佳组合，从而使三“E” [公平（Equity）、环境（Environment）和经济（Economics）] 之间取得完美平衡。

水资源综合管理（IWRM）既是管理动态因素的一种方法，也在各层面间起到串联作用。水资源综合管理是国际上通用的切实可行的水管理方法，它既兼顾水循环的整体特征，也考虑平衡关系的重要性；水资源综合管理还强调有效机制的重要性；其本身就具有适应性。

实现水安全需要资金。有效的水管理是应对气候变化的关键，然而在最贫穷国家这是最薄弱的环节。这些国家目前正遭遇着最为多变的气候影响，还将面对未来气候变化所带来的最为不利的影响。这些最贫穷国家需要大量的投资。

因此，当务之急是将国家水资源管理能力、机制和基础设施方面的投资作为应对气候变化适应性投资的重点。只有为可持续发展注入资金才能获得适应性收益。重点投资将有助于确保机构长期、持续地开展能力建设，使其有能力应对多重变化，同时也将防止气候变化融资手段复杂化和分散化以及规划碎片化和只着眼于项目。

对于跨界河流流域而言，任何国家的最佳应对投资都可能超越国界的范畴，如建立流域监测系统及在邻国共同投资建设或者共同运营基础设施。一旦获得专项适应性投资，我们应将各国的利益进行整合，以合作的方式开展跨界流域管理。这不但经济有效，还可使沿岸国家获得最大的利益。

# 前言

全球水伙伴的宗旨是共建水安全世界，使社会经济发展的需要得到满足；使水灾、旱灾和水传播性疾病得到有效防御，使环境得到保护。全球水伙伴的使命是为各个层面实施可持续水资源管理和开发提供支撑。

“2009—2013”五年战略中明确了全球水伙伴在未来几年的宗旨和使命。全球水伙伴将积极探索保障水安全和应对重大挑战的解决方案。毋庸置疑，气候变化将是其中的挑战之一，它会给世界大部分地区的可用水量及水循环特性带来根本性变化。

正因如此，《水管理、水安全与应对气候变化：早期影响和必要响应》一书重点关注气候变化通过哪些途径对水造成影响，更为重要的是水管理能对缓解气候变化以及应对气候变化造成的不可逆转影响作出多大贡献。

展望2009年在哥本哈根举行的联合国气候变化框架公约（UNFCCC）缔约国第十五次会议以及会后将采取的行动，我们得到这样一个关键信息，即水是气候变化影响人类、生态系统和经济的主要媒介。

我们需要围绕水资源管理能力建设采取一系列措施。其传递了第二个关键信息：目前正在研究中的新的适应性手段应当支持上述措施的实施。《水管理、水安全与应对气候变化：早期影响和必要响应》的出版将为目前有关如何应对气候变化及其后果这一话题作出重要贡献。虽然水资源管理并不能给出所有答案，但应当将其视为适应气候变化的初期重点领域。

我十分感谢克劳迪娅·萨多夫在与共同作者迈克·穆勒和作家萨拉·卡里格一起为准备本技术文件所付出的艰辛劳动。另外，

我还要感谢全球水伙伴水资源综合管理和气候变化工作组的成员，特别是迈克尔·斯库勒斯、瓦蒂姆·索科洛夫和汉博托·佩纳，他们提供了地区案例研究的材料。虽然各位作者在与全球水伙伴技术委员会的讨论中受益匪浅，但本技术文件只反映作者的观点，不代表技术委员会或全球水伙伴的立场。本技术文件不求面面俱到，只着重关注一些当务之急，对其他同行已发布的现有资料进行补充。

我坚信本技术文件将成为非常有价值的工具，将充分体现全球水伙伴致力于应对气候变化带来的挑战，为解决关键水安全问题所付出的努力。

全球水伙伴技术委员会主席

**哈特穆特·布吕尔**

# 目录

## 摘要 前言

<b>1 水与应对气候变化：问题的构成</b> .....	1
1.1 水是早期气候变化影响的主要媒介 .....	1
1.2 水安全是适应气候变化和当前的重点 .....	4
1.3 投资水安全就是对应对措施投资 .....	8
<b>2 水管理面临的气候变化挑战</b> .....	12
2.1 自然科学 .....	12
2.2 社会和经济动态 .....	23
2.3 综合因素 .....	44
<b>3 通过改善水管理应对气候变化</b> .....	50
3.1 适应的首要目标和框架：水安全 .....	51
3.2 通过水资源综合管理保障水安全 .....	53
3.3 应对气候变化的水资源综合管理 .....	66
<b>4 为适应性水资源管理融资</b> .....	72
4.1 水管理融资的核心是为应对气候变化筹措资金 .....	75
4.2 跨界融资：为合作应对提供激励 .....	77
<b>5 结论</b> .....	78



# 专栏目录

专栏 1	以埃塞俄比亚为例说明降雨变化与经济增长的联系 .....	6
专栏 2	气候变化条件下的投资决策：莱索托高地项目 .....	10
专栏 3	气候变化对智利-阿根廷安第斯山脉的影响 .....	20
专栏 4	缺水导致依赖水电的国家缺电 .....	34
专栏 5	大坝引发的争议：莫桑比克的姆潘达·恩库瓦 (Mphanda Nkuwa) .....	35
专栏 6	为水电和气候变化融资 .....	37
专栏 7	地中海地区的气候变化：可能的威胁与应对措施 .....	46
专栏 8	新加坡通过开创水重复利用和采集实现了水安全 .....	52
专栏 9	为了解气候变化对水资源影响拟定的行动计划 (摘自《21世纪议程》) .....	55
专栏 10	把水纳入气候议程：中亚案例研究 .....	59
专栏 11	艰难的取舍：南非卡万戈 (Kavango) 河案例 .....	65
专栏 12	莫桑比克千禧年大洪水的经验教训 .....	68
专栏 13	气候变化给非洲撒哈拉以南城市带来的成本支出 .....	74

# 图目录

图 1	埃塞俄比亚：降雨、GDP 和农业 GDP .....	7
图 2	降水量变化预测图 .....	13
图 3	墨西哥及中美洲地区 2080 年径流变化预测 .....	15
图 4	A1B 设想下年极端降水量变化 .....	18
图 5	2004 年世界水力发电量及水力发电潜力柱状图 .....	36
图 6	对投资水利基础设施和投资水管理进行平衡和排序 .....	63
彩图 1	埃塞俄比亚：降雨、GDP 和农业 GDP .....	79
彩图 2	降水量变化预测图 .....	79
彩图 3	墨西哥及中美洲地区 2080 年径流变化预测 .....	79
彩图 4	A1B 设想下年极端降水量变化 .....	80
彩图 5	2004 年世界水力发电量及水力发电潜力柱状图 .....	80

# 表目录

表 1	气候变化对主要农业系统影响的类型 .....	27
表 2	2003 年电网可再生发电能力统计 .....	33

# 1 水与应对气候变化：问题的构成

许多可预见的气候变化会通过水产生影响。由于降雨和河流流量模式改变会给所有用水户带来影响，不断增加的不确定性和农作物水需求的改变对靠天吃饭的贫困农民尤其构成威胁，愈发严重的旱灾、水灾、台风和季风令越来越多的人不堪一击，随着水传播疾病事件、冰川融化、冰川湖导致的水灾和海平面上升的出现，风险和不确定性也在不断增强。

值得关切的是气候变化影响对贫困地区最为明显，而这些地区无论是现在还是将来都处于无力应付气候变化的状态。虽然影响的确切本质和程度还不能绝对肯定地被预测，水资源管理的长期本质却意味着必须现在就采取相应的对策。幸运的是，良好的水资源管理将有助于驾驭当前多变的气候问题和由此造成的冲击。目前，世界上最贫困国家发展的根本问题是提高水资源管理水平。

## 1.1 水是早期气候变化影响的主要媒介

人们对全球变暖和相关气候变化所带来挑战的了解越来越深入，对这些挑战的规模和程度也逐渐取得共识。联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）最新的一份综合报告<sup>①</sup>显示，这些挑战

---

① 即《联合国政府间气候变化专门委员会第四次评估报告》第二工作组的报告——《气候变化 2007：影响、应对和脆弱性》，由帕里（M. L. Parry）、坎及阿尼（O. F. Canziani）、帕鲁蒂科夫（J. P. Palutikof）、范德林登（P. J. van der Linden）和汉森（C. E. Hanson）编辑，剑桥大学出版社 2007 年于英国剑桥出版。

已不再仅仅是潜在的威胁，而是已成为无法回避的现实。

因此，很有必要对迅速发生的气候变化所造成的影响（适应）和测定推动变化的诱因（减缓）给予足够重视。正如政府间气候变化专门委员会指出的：“不论是否采取减缓措施，都需要采取适应性措施。”<sup>①</sup> 我们要把重点从仅仅减缓气候变化过渡到采取更加一体化的措施，既包含减缓措施又包括适应性措施。

该报告还明确指出，气候一旦发生改变，水资源将是受影响最为严重的领域。这已不是新发现，该论断首次出现是在 1990 年举办的第二次世界气候大会科学专题会的最终声明里。该声明指出：“气候变化最大的影响体现在水循环和水管理体系中，以及由此对社会经济体系产生的影响。”<sup>②</sup>

气候变化的某些影响体现了水对其他所有生命的作用。灌溉农业受其影响将不得不适应新的降雨模式。医疗保健体系将不得不应对疾病发病率的变化，如由于生态变化导致的霍乱和疟疾。公路和建筑等各类基础设施以及人类的安居之所也需改变，以适应降雨量及河流流量的变化。

气候变化的影响会在水环境中加剧。人们预测得出，仅仅几摄氏度的温度变化以及随之发生的降雨量变化就可导致河流平均流量及可支配用水量在某些地区增加 10%~40%，而在另一些地区则减少 10%~30%。

温度的微小变化所带来的“杠杆”效应将造成河流流量发生巨大变化，给不断增长的城镇居民用水需求以及给为了满足居住和运输需求而建设的基础设施带来影响。可持续性降低，会妨碍工业企业的发展，使满足人们需求的农业产品供应难以维系。

此外，人们预测全球气候将以水旱灾害频发和强度变大为主

---

① 见《联合国政府间气候变化专门委员会第四次评估报告》第三工作组的报告——《气候变化 2007：减缓气候变化》，剑桥大学出版社 2007 年于英国剑桥和美国纽约出版。

② 见第 45 届联合国大会秘书长报告《履行 44/207 决议为我们自身和后代保护全球气候所取得的进展》附件第 9 页（1990 年 11 月 8 日）。

要特征。相比温度变化和降雨模式变化所带来的危害，民众会更容易感受到愈加频繁的风暴洪水的危险性，因为媒体对于风暴洪水造成的人员伤亡和破坏场面均有报道，如 2005 年新奥尔良的卡特里娜飓风（Hurricane Katrina）事件和 2007 年特强气旋风暴锡德（Cyclone Sidr）导致的孟加拉国大洪水，后者夺去了 3400 条生命并让近 100 万人无家可归。

由于水环境下的气候变化影响会加剧，因此其危害远远超出了水行业的范畴。如果不了解气候变化与水环境的相互作用，其他部门应对气候变化的策略在实际工作中可能会导致气候变化的进一步加剧，使人们以及所处环境在面对自然和人为灾害时变得更加不堪一击。

由于急于提高生化燃料的产量，许多地区面临着缺水带来的巨大压力，该问题已经出现在我们面前。另外一个例子是肯尼亚的反对灌溉蔬菜和花卉出口运动，理由是货运飞机对环境产生破坏。这些抗议活动主要发生在商业化灌溉普及的地区，尽管提高灌溉用水效率创造了就业机会，但有可能导致大范围失业，从而激化这些资源贫乏的农村地区存在已久的矛盾。

除此之外，不考虑气候变化因素解决水问题会加剧其不利影响。防洪工程也许可以保护生活区不受“一般性”洪水的袭击，但是基础设施无法抵御灾害时，这些地区将面临着巨大风险。例如 2008 年发生在尼泊尔和印度克溪（Koshi）河上的洪水，受灾人口达到 300 多万。在气候变化条件下，洪涝灾害极端事件的破坏程度可能会进一步加剧。如 2005 年新奥尔良发生洪涝灾害时，密西西比河上修建的防洪设施导致湿地面积逐渐萎缩，而这片湿地本可以起到缓解卡特里娜飓风的作用。还有一些应对缺水的方法，如耗费能源的海水淡化的大量使用也会对气候变化产生更多的负面影响。

因此，无论是降低风险还是提出解决措施，水都在应对气候变化问题上起到核心作用。但并不是说做好水管理一切问题就迎刃而解了，还需要其他部门采取相应措施。水既是气候变化问题的一部分，也是解决气候变化措施的重要组成部分。

## 1.2 水安全是适应气候变化和当前的重点

重视水安全可作为初期行之有效的应对战略，通过给弱势群体和贫困人口带来直接效益，从而推进“千年发展目标”的实现，同时强化长期气候风险管理制度并提高相应能力。

但“水安全”究竟意味着什么？人们通常将“水安全”与“粮食安全”和“能源安全”相提并论，即：能获得充足供应的状态<sup>①</sup>。我们这里强调水资源的安全性，水安全的定义范围要广，水的许多破坏作用都会在气候变化作用下放大。

根据格雷和萨多夫（2007年）的提法，我们把水安全定义为：“水的数量和质量均能保障人们的身体健康以及生活和生产需要，并且涉水风险在可控范围之内<sup>②</sup>。”

为实现水安全，需要在水的储存和运输、废水处理和重复利用以及健全制度、信息资料和相关能力等方面进行投资，制订计划并应对气候变化<sup>③</sup>。这类投资将有助于社会适应长期气候变化、妥善处理当前的气候变量和由此引发的冲击，从而为世界上最贫困的人群和国家提供安全保障。

有些国家希望在水安全之外利用节水等措施获得更大的经济、社会和环境效益。在气候变化条件下实现可持续性水安全，以及超越水安全范畴提升水对经济和社会福祉的贡献，这两点都是采取适应性措施的核心问题。

---

① 联合国粮农组织《世界粮食首脑会议行动计划》（1996年罗马）把粮食安全定义为：“只有当所有人在任何时候都能够在物质上和经济上获得足够、安全和富有营养的粮食来满足其积极和健康生活的膳食需要及食物喜好时，才实现了粮食安全。”（见 <http://www.fao.org/docrep/003/w3613e/w3613e00.HTM>）还应指出的是，粮食安全在很大程度上与水安全有关，不过这层联系可通过粮食进口来避开。

② 见大卫·格雷（David Grey）和克劳迪娅·萨多夫2007年发表于《水政策》第9卷第6期第545~571页的《沉没还是游泳？增长和发展的水安全》。

③ 这里所说的制度，广义而言，不仅包括正式组织机构，还包含直接影响水分配、水质、水权和水价、资产管理和提供服务的行政系统、政策、规章和激励机制。

## 对于未实现水安全的地区，气候变化将加剧实现水安全的难度

目前仍有许多国家没有实现水安全。降雨稀少和水资源匮乏时贫困地区的贫困程度会加重，并且当地矛盾更容易被激化。另外，洪水等灾害让贫困人口暴露于毁坏经济和健康的风险之下。

埃塞俄比亚等国农村人口的生计，甚至人的生命，主要取决于变幻莫测的降雨量（见专栏 1）。几次干旱就会使该国多年来逐渐积累的繁荣进程和社会进步功亏一篑。非洲其他国家的情况也是如此，肯尼亚、津巴布韦和埃塞俄比亚等国的经济命运都与降雨量紧密联系在一起。萨赫勒（Sahel）地区也是一样，长期干旱造成的水匮乏加剧了当地的社会矛盾。

尽管大多数国家都意识到降雨量与经济繁荣和社会和谐关系紧密，但没有哪个国家能像非洲南部的小国莱索托那样对此体会得如此深刻。在那里，“Khotso! Pula! Nala!”（“和平、雨水和繁荣”）是传统的问候语和国家的座右铭。在邻国博茨瓦纳，“Pula!”不仅代表雨水，也暗指“运气、生活和繁荣”，这也是当地人认为在婚礼或其他活动时下雨非常吉利的原因。

在亚洲、中美洲和加勒比地区，洪水对贫困人群造成的灾难性影响比旱灾严重得多。从越南和菲律宾到洪都拉斯、尼加拉瓜和古巴，飓风和台风造成巨大破坏和洪水泛滥，冲走人们的财产，使当地人长期贫困，并加剧了当地经济的脆弱性。

那些对极端气候习以为常的地区遭遇的灾害事件表明气候正在发生变化。例如，2005 年的洪水使印度孟买陷于瘫痪，短短 24 小时的降雨量接近 1000mm，这超过了大多数国家一年的降雨量。这种“两千年一遇的洪水”将在更多的地区频繁出现，使本已贫困不堪的地区更加贫困。

在水灾和旱灾变得越发难以预测且难以应对的情况下，气候变化将使水安全的目标更加难以实现。

## 在已实现水安全的地区，气候变化会通过加大或改变风险加剧破坏力

在过去的几十年里，致力于安全和可靠供水的项目都将重点放在体制和财务方面，因为技术基础虽然成本很高但并不复杂。



同样，许多国家的农村地区都在自然资源的富裕和不足之间寻找平衡点，并利用与世界更广泛接触的机会提高生活质量。发展中国家利用水电建立工业基础，水力发电迄今仍是世界可再生能源的最主要来源。

可是，如果水安全所依赖的基础遭受破坏，水安全就会成为幻影。

在这种情形下，气候变化会构成严重威胁。许多国家的水供给都是以假设水库能提供一定供水为前提的。如果平均降雨量减少或旱灾持续的时间比预期长，那么这种假设将无法成为现实，居民供水将面临风险。农户和其他大型用水户也面临相同的威胁。无论是印度、尼泊尔、肯尼亚、乌干达，还是智利和巴西，旱灾给当地带来的更为严重的影响是电力供应减少，因为降雨减少就意味着通过水轮机发电的水也会减少（见专栏4）。

不过悲观并非笼罩所有地区。人们预测，有些地区降雨量会增加从而获取更多可用水量，虽然还存在洪水和以水为媒介的疾病蔓延等问题。

### 在气候变化背景下实现并维持水安全是当前采取应对措施需直接面临的挑战

实现水安全已成为发展的一项根本任务。除了驱动水循环的自然天气变异，还有许多需求对这一基础和定量资源构成竞争。这包括由于工业增长、逐步改善的生活以及膳食和生产模式的变化（如生物燃料生产的扩张）导致的用水需求增长。在许多国家，人类生活垃圾和工业废料造成的污染也在减少可用水量。

如果把气候变化这个复杂因素加进来，水管理者及各国努力满足新需求所面临挑战的复杂性将进一步被加剧。因此，问题的关键不仅是在气候变化条件下实现水安全和承受即将到来的所有压力，还要考虑如何将水安全持续下去。

#### 专栏 1 以埃塞俄比亚为例说明降雨变化与经济增长的联系

水文变量严重阻碍了埃塞俄比亚的经济增长，使该国贫困状况无法得到改善。据估计，水文变量带来的经济损失超过该国平均年增长潜力的 1/3，而经济增长这方面的损失会随着时间的推移变得愈发复杂。