

《联合国世界水发展报告》第四版

不确定性和风险条件下的 水管理

第二卷 知识库

联合国教科文组织 编著
水利部发展研究中心 编译


UNESCO
Publishing
United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

责任编辑 徐丽娟 张 潭

销售分类：水利水电

ISBN 978-7-5170-1623-6



9 787517 016236 >

总定价：368.00 元（共三卷）



《联合国世界水发展报告》第四版

不确定性和风险条件下的 水管理

第二卷 知识库

联合国教科文组织 编著
水利部发展研究中心 编译



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

北京市版权局著作权合同登记号：图字 01-2013-0721

本出版物所使用的名称和引用的资料，并不代表联合国教科文组织对这些国家、领土、城市、地区或其当局的法律地位以及对边界或国界的划分表达任何观点和看法。

本出版物所表述的想法和观点均属于作者本人，并非联合国教科文组织所持观点，并不代表联合国组织机构的意见或决定。

Original title: The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk

First published in English by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 7, place de Fontenoy, 75732 Paris 07 SP, France under the ISBN: 978-92-3-104235-5.

© UNESCO 2012

© UNESCO/China Water & Power Press 2012, for the Chinese translation

图书在版编目 (CIP) 数据

不确定性和风险条件下的水管理 / 联合国教科文组织编著；水利部发展研究中心编译. — 北京：中国水利水电出版社，2013.12

书名原文: The united nations world water Development report 4:managing water under uncertainty and risk

ISBN 978-7-5170-1623-6

I. ①不… II. ①联… ②水… III. ①水资源管理—研究 IV. ①TV213.4

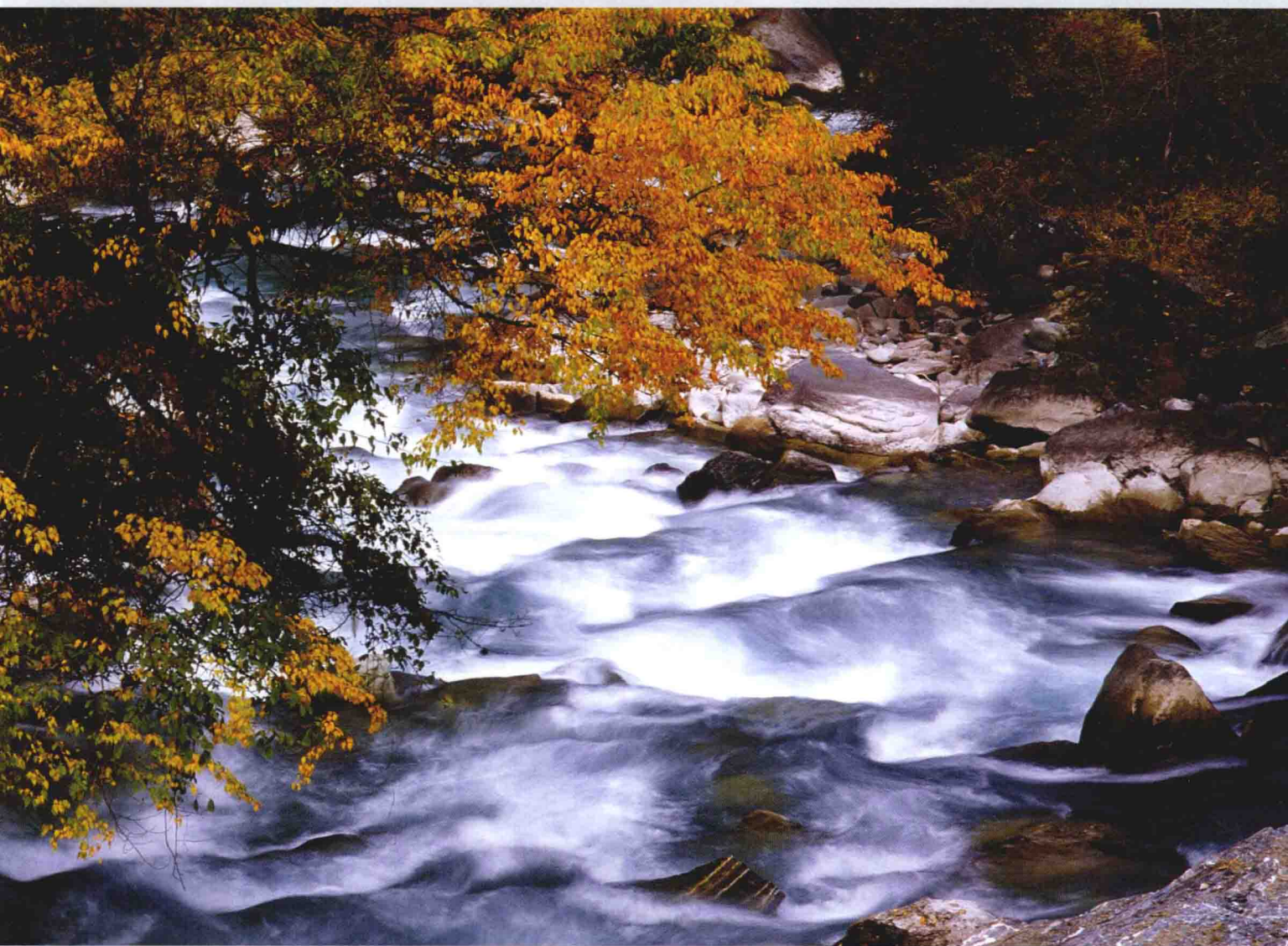
中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第318407号

审图号：GS (2013) 2733 号

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
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部) 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	北京鑫丰华彩印有限公司
规 格	210mm×297mm 16开本
版 次	2013年12月第1版 2013年12月第1次印刷
印 数	0001—1000册
总 定 价	368.00元 (共三卷)

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究



编委会人员名单

主 任 高 波

副 主 任 杨得瑞 吴文庆 刘志广 汤鑫华

编 委 (按姓氏笔画排列)

于兴军 刘 蓓 李 戈 李中锋 李训喜
吴宏伟 吴浓娣 谷丽雅 金 海 郝 钊
钟 勇 姜 斌 徐丽娟

翻译组组长 刘志广 金 海

副 组 长 姜 斌 郝 钊 刘 蓓 谷丽雅

成 员 (按姓氏笔画排列)

于 一 王妍炜 田 琦 刘登伟 刘 蓓
孙 凤 李发鹏 余继承 谷丽雅 沈可君
张南冰 张 稚 张 潭 陈 蓉 周天涛
周竹林 孟非白 姜付仁 姜 斌 夏 朋
徐 静 常 远 彭竞君 鲍淑君 蔡金栋
蔡晓洁 廖四辉

参加本卷翻译的人员还有

王 伟 王建平 王洪明 孙高虎 刘 慧
虞玉诚 梁 宁

第二十四章 “水利设施及运营维护投资”，© 国际复兴开发银行/世界银行
美国华盛顿 1818 H 街，DC 2433

本出版物所使用的名称和引用的资料，并不代表联合国教科文组织对这些国家、领
地、城市、地区或管辖区的法律地位或边界和国界表达任何观点和看法。

本出版物所表述的想法和观点均属于作者本人，并非联合国教科文组织所持观点，
并不代表联合国组织机构的意见或决定。

第二卷的内容由联合国水计划成员及其合作伙伴所撰写，各成员和伙伴的名称已经
列在各章的篇章页上。联合国教科文组织和联合国世界水评估计划对内容中的错误以及
各章节之间数据和内容的不一致不承担责任。

世界水评估计划对报告第二卷的作者和供稿以及致谢人员均有罗列。如有疏漏，世
界水评估计划不对其负责。

挑战领域报告

第十五章 资源状况：水量	391
15.1 变化的动因	393
15.2 水资源的压力源	394
15.3 水资源管理中的风险和不确定性	399
15.4 热点区域	406
第十六章 资源状况：水质	411
16.1 简介	413
16.2 与水质风险相关的自然进程和社会经济驱动因素	413
16.3 水量与水质的关系	418
16.4 与水质相关的人类健康风险	419
16.5 与水质相关的生态系统健康风险	422
16.6 水质低劣的经济成本	426
16.7 风险、监控和干预措施	427
第十七章 人居环境	433
17.1 城市变化的背景	435
17.2 取水	438
17.3 气候变化和具有适应能力的城市水系统	442
17.4 水教育	447
17.5 水行业融资	447
第十八章 畜牧价值链上的水管理	451
18.1 水在农业领域的关键作用	453
18.2 农业的水资源管理	461
18.3 不确定性和风险管理	463
18.4 粮食和水管理的新时代	467
18.5 水在畜牧价值链上的使用	468
18.6 节水型粮食生产	472
第十九章 能源与水的全球纽带关系	477
19.1 简介	479
19.2 能源与水之间日趋紧张的关系	484

19.3 高耗能型用水和高耗水型能源的政策选择	486
结论与建议	488
第二十章 工业用水	493
20.1 主要问题	495
20.2 外部驱动因素	497
20.3 主要风险与不确定性	500
20.4 挑战领域	503
20.5 机遇	505
第二十一章 生态系统	517
21.1 挑战	519
21.2 生态系统在调节水量和水质中的作用	519
21.3 生态系统发展现状与趋势	523
21.4 风险、脆弱性和不确定性对生态系统和水安全的影响	525
21.5 基于生态系统的水资源管理方法	528
第二十二章 水分配	533
22.1 水分配	535
22.2 主要问题	535
22.3 不确定条件下新的水分配模式	538
22.4 机遇：如何解决水分配中存在的问题	541
结论	547
第二十三章 评估水的价值	551
23.1 问题的提出	553
23.2 水价值评估面临的挑战	565
第二十四章 水利设施及运营维护投资	569
24.1 水、风险和不确定性	571
24.2 水行业的投资需求	573
24.3 填补资金缺口	575
结论和建议	583
第二十五章 水和机构变革：应对当前和未来的不确定性	587
25.1 体制：组建与职能	589
25.2 不确定性的体制响应	591

25.3 实施可接受和可行的体制	595
25.4 完善水体系的机遇	598
第二十六章 知识和能力建设	603
26.1 不断变化的工作议程	605
26.2 能力建设	605
26.3 制定能力建设战略	608
26.4 能力建设战略和步骤	613
26.5 未来之路	618
第二十七章 涉水灾害	621
27.1 简介	623
27.2 灾害的剖析：洪水和干旱风险趋势	627
27.3 涉水灾害风险的驱动因素	631
27.4 降低涉水灾害风险的方法和工具	633
27.5 降低洪水和干旱灾害风险的新方法	635
27.6 结论和需要采取的行动	637
第二十八章 荒漠化、土地退化及干旱及其对旱地水资源的影响	641
28.1 简介	643
28.2 挑战：面临压力的水是旱地的关键性资源	644
28.3 荒漠化、土地退化及干旱：成因、风险和不确定性及热点问题	649
28.4 保护旱地及其人口的应急措施	653
结论和建议	658

地区报告

第二十九章 非洲	661
29.1 地区问题与近期发展情况	663
29.2 外部驱动因素	665
29.3 主要风险、不确定因素及机遇	667
29.4 区域热点	668
29.5 应对策略	670
结论	674

第三十章 欧洲与北美	677
30.1 简介	679
30.2 水管理与应对措施	680
30.3 不确定因素与风险	686
30.4 水治理	689
第三十一章 亚洲及太平洋地区	693
31.1 简介	695
31.2 若干问题	695
31.3 新兴驱动因素	697
31.4 主要风险与不确定因素	702
31.5 政策制定取得的成效	704
31.6 行业重点和地区行动	706
第三十二章 拉丁美洲和加勒比地区	713
32.1 外部驱动因素及其影响	715
32.2 风险、不确定性和机遇	718
32.3 特别关注领域	721
32.4 未来的挑战	724
第三十三章 阿拉伯地区和西亚	729
33.1 地区发展	731
33.2 驱动因素	731
33.3 挑战、风险和不确定性	734
33.4 应对措施	738
结论	742

特别报告

第三十四章 水与健康	747
34.1 简介	749
34.2 水相关疾病与环境-健康路径及其有效预防措施	749
34.3 趋势和热点	757
34.4 备选方案	759
结论	761

第三十五章 水与性别	767
35.1 简介	769
35.2 挑战和机遇	769
35.3 未来的方向	777
第三十六章 地下水	781
36.1 地下水——相互依存关系中的一环	783
36.2 纵览改变	783
36.3 有关地下水的重大问题	787
结论	793

第十五章

资源状况：水量

联合国教科文组织国际水文计划 (UNESCO-IHP)

作者：巴拉吉·瓦加格帕兰和凯斯·布朗

供稿：安尼尔·米西拉（协调员）、西格弗莱德·德姆斯（协调员）、艾迪斯·查格拉、罗斯·萨拉斯、阿西斯·夏马、阿普玛姆·罗和奥斯汀·波罗比特斯基





目前全球淡水资源现状如何？影响水资源的最重要外部驱动因素是什么？这些动因对淡水资源的利用和管理带来哪些压力 and 影响？本章将试图回答这些问题。本报告首先阐述了当前水资源所面临的主要问题和这些问题近年来的演变过程；其次，概述了淡水资源的主要风险、挑战、不确定性和机遇；最后，明确了受到特别关注的热点区域问题，并列举了有关国家应对问题和挑战的具体案例。

15.1 变化的动因

15.1.1 水文循环

众所周知，全球仅有 2.5% 的水资源可供人类、动物和植物使用，其余的 97.5% 以海水的形式存在。而淡水在空间上的分布不均加剧了这种有限性，因此，在适宜人类居住的地区淡水资源短缺现象已屡见不鲜。淡水在地球陆地、海洋和冰冻圈之间的流动被称为水文循

环、水循环或 H_2O 循环。

在干旱气候条件下，气温造成的蒸发蒸腾约占水量损失的 30%~70%，地下水补给在这些地区所占的比重为 1%~30% (WWAP, 2006, 见表 4.1)。全球大部分人口生活在可用降水量约为 30% 的干旱和半干旱地区。全球变暖所导致的气温升高将减少未来的可用水量，而升高的气温也将使地下水补给减少，进而加剧水资源获取方面的挑战。

表 15.1 显示了全球不同生态系统和不同地

表 15.1

可再生水资源供给、人类可获得的可再生水资源供给以及不同生态系统和地区中可再生水资源供给所服务的人口估算

生态系统 ^a 或地区	面积	降水总量 (P_1)	可再生水资源供给和蓝水径流总量 (B_1)	可供人类使用的可再生水资源供给和蓝水径流 ^b (B_2)	可再生水资源服务的人口数 ^c
千年生态系统评估 (MA) 系统	($\times 10^6$ 平方千米)		($\times 10^3$ 立方千米/年) [占全球径流的百分比%]	[占 B_1 的百分比%]	(10 亿) [占全球人口的百分比%]
森林	41.6	49.7	22.4 [57]	16.0 [71]	4.62 [76]
高山	32.9	25.0	11.0 [28]	8.6 [78]	3.95 [65]
旱地	61.6	24.7	3.2 [8]	2.8 [88]	1.90 [31]
耕地 ^d	22.1	20.9	6.3 [16]	6.1 [97]	4.83 [80]
岛屿	8.6	12.2	5.9 [15]	5.2 [87]	0.79 [13]
海滨	7.4	8.4	3.3 [8]	3.0 [91]	1.53 [25]
内陆水域	9.7	8.5	3.8 [10]	2.7 [71]	3.98 [66]
极地	9.3	3.6	1.8 [5]	0.3 [17]	0.01 [0.2]
城镇	0.3	0.22	0.062 [0.2]	0.062 [100]	4.30 [71]
地区					
亚洲	20.9	21.6	9.8 [25]	9.3 [95]	2.56 [42]
苏联	21.9	9.2	4.0 [10]	1.8 [45]	0.27 [4]
拉丁美洲	20.7	30.6	13.2 [33]	8.7 [66]	0.43 [7]
北非/中东	11.8	1.8	0.25 [1]	0.24 [96]	0.22 [4]
撒哈拉以南非洲	24.3	19.9	4.4 [11]	4.1 [93]	0.57 [9]
经合组织	33.8	22.4	8.1 [20]	5.6 [69]	0.87 [14]
全球总计	133	106	39.6 [100]	29.7 [75]	4.92 [81]

^a 根据千年生态系统评估的相关定义，各种生态系统的数字会有重复计算之处。

^b 在无下游水量损失时的潜在可获得供水量。

^c 源自 Vörösmarty 等 (2000) 的人口数据。

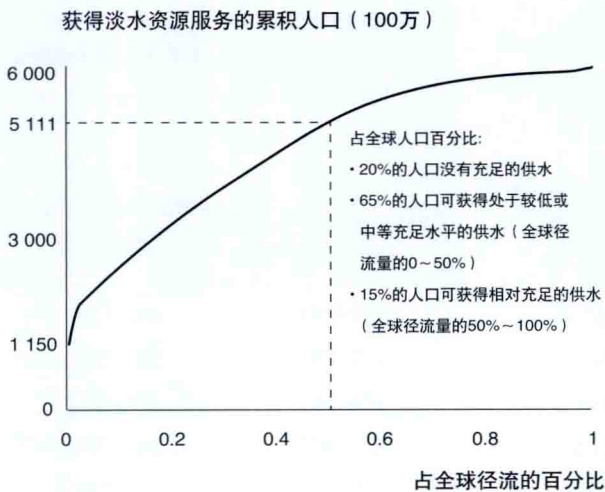
^d 耕地系统的估计基于 Ramankutty 和 Foley (1999) 的耕地数据，遵循该千年生态系统评估报告的单位。

资料来源：Hassan 等 (2005, 表 7.2, p.173), ©千年生态系统评估，经华盛顿特区艾兰德出版社允许转载。

区，人类可获得的降水总量和可再生水资源量。全球人口显著增加，而全球降水量却基本保持恒定。鉴于人类活动所导致的气候变化，半干旱和干旱地区未来降水量也许将大幅削减，因而这些地区极易成为全球最脆弱且最贫穷的地方之一（政府间气候变化专门委员会，2007）。因此，仅占全球水资源量很少一部分的淡水资源不得不去满足日益增长的人口对水资源的需求，如图 15.1 所示。

图 15.1

1995—2000年人口累积分布（按淡水服务统计）



资料来源：Hassan等（2005，图7.7，p.173）。

©千年生态系统评估，经华盛顿特区艾兰德出版社允许转载。

水的运动和水资源可用性的时空变化是水资源最为重要的两个方面，需要在资源的可持续规划和管理中了解并体现。大规模的气候作用力（如驱动因素）可使水的运动在空间和时间上发生变化。水资源可用量的季节变化受地球倾斜及绕太阳公转所驱动。由于热带辐合带（ITCZ）每年都会移动，因此热带地区会出现丰枯季节。热带地区年降雨量可能很多，但年际差异很大，这就给水资源管理和经济发展带来了挑战（Brown 和 Lall，2006）。在高纬度地区，降雨量分布较为均匀，但河川径流量会受到积雪和融雪的影响。

15.1.2 厄尔尼诺-南方涛动和其他海洋涛动

厄尔尼诺-南方涛动（ENSO）是热带太平洋中一种复合型的海洋大气现象，是全球气候季节变化和年际变化的主要驱动因素。热带太平洋的状况引发世界其他地区产生“遥相关”反应，尤其是拉丁美洲、南亚和东南亚以及非洲。

太平洋年代际振荡（PDO）、北大西洋涛动（NAO）和大西洋年代际振荡（AMO）是影响较长周期（数十年至上百年）气候变化的驱动因素。与厄尔尼诺-南方涛动不同，这些涛动并不强劲，因此很难识别、观测和预测，主要影响着中纬度地区的气候，如北美洲和欧洲。不过，对这些驱动因素及其与区域气候和水文“遥相关”影响的研究才刚刚起步。

所有这些涛动都是影响全球水分时空变化的驱动因素。了解并判断这些驱动因素与区域水文的“遥相关”反应，可为水资源预测和模拟以及适应气候变率和变化提供有力的工具。

15.2 水资源的压力源

水资源状态在不断地发生着变化，其原因包括地球气候系统自然多变性以及人为改变气候系统和调整水文循环引起的地表变化。同时，水资源状况还受到人类活动，如人口增长、经济发展和膳食变化，以及资源控制需求（如在洪泛平原和干旱地区居住的需求）等方面的影响。

15.2.1 供水

供水面临的压力来自于流域水量输送的多变性，主要表现为气候的多变性，这对全球供水构成巨大压力。这种压力通过社会经济发展、管理政策、土地覆盖和土地利用变化被进一步放大。水资源状况处于不断变化中，但仅能预测其影响的一部分。能够预测的变化主要包括以下几个方面：

平均流量减少

越来越多的迹象表明,因全球气候变暖,世界许多流域在未来数十年的径流量会大幅减少。而在某些地区,如较高纬度的地区,其降水量和径流量可能会增加。遗憾的是,在世界许多人口密集的地区,径流量预计将会减少(政府间气候变化专门委员会,2007)。

洪水隐患增加

气候变化意味着水循环的加快,这极有可能导致暴雨以及洪涝灾害的发生。极端降雨带来过量的水,导致人员伤亡和财产损失。但是,如果没有足够的蓄水能力,洪水也无法缓解干早期需水的紧张度。

损失加剧

全世界几乎所有地区平均温度都将升高的说法已经得到广泛认可(政府间气候变化专门委员会,2007)。与降水预测相比,气候模型更适用于温度预测。温度升高对供水造成直接且重大的影响,即:蒸腾蒸发增加以及渗漏加剧(尽管碳肥会在某种程度上可有所调节),所有这些都会造成水分流失的增加,从而大幅减少易于获得的可用水量。同时,蒸腾增加所需水量难以计算,这将对地表径流和水资源可利用量产生影响。

融雪流域径流的季节性和时间变化

中纬度地区的许多河流(即融雪流域),以冬季积雪的方式获得水,在次年春天积雪融化后形成河川径流,之后储蓄在水库中用于供水。积雪对供水十分有益,因为它起的是水库的作用。水资源管理者利用积雪融化的时机来有效地对水库进行管理,以满足环境需水。在气候变暖条件下,由于春天提前到来并带来温暖的天气,积雪会较早地融化。而积雪过早融化将缩短雪季,增加以雨水方式蒸发的水汽,进而增加融化期间的渗漏和蒸发损失。所有这些都使可用水量变得紧张。这在许多中纬度地区可能成为普遍现象,尤其在那些主要依赖山区融雪的半干旱和干旱地区,情况将变得尤其严峻。

冰川融化造成径流量的增多或减少

人口稠密地区很少完全依赖冰川融化作为水源。印度的恒河和布拉马普特拉河在冬春两季几个月中获得冰川融水(如在非季风季节)的补给,其水量占到全年径流量的9%~12%(Eriksson等,2009,表2)。对于印度这样一个有着十多亿人口的大国,即便只有一条主要河流因气候变化导致其径流量减少,都可能给该国的供水带来严重威胁。秘鲁、智利和阿根廷等国,有很大一部分水量来自于安第斯山脉中的冰川融水。气候变暖给冰川带来的影响主要有两个:一是海拔较低的地区降雪减少,从而引起低海拔地区冰川规模的缩减;二是在冰川融化季节水的损耗增多,因而河流径流量减少。预测显示,全球低海拔地区冰川消融有加快的趋势(政府间气候变化专门委员会,2007)。

地下水缓冲作用丧失

地下水对降雨变率起着非常重要的缓冲作用,特别是对于水资源比较紧张的地区尤其如此。几乎所有的浅层地下水都要依赖降雨进行补给,但这种补给很大程度上受到取水、人口增长和土地覆盖变化的影响。另外,地下水对缓解地表水资源变化方面发挥着极其重要的作用。由于未来的降雨变率预计将会增加,地下水所具有的缓冲作用将变得不复存在。

15.2.2 需水

需水包括人类对农业和工业用水的需求,以及保证水质和生态系统所需的基本流量。当前以及未来,全球需水面临着极大的不确定性,其中的原因是:①各国水消费模式、取水量和各行业用水数据匮乏;②人口状况变化大,包括人口增长、经济发展和饮食结构的改变;③在不断加剧的水短缺中,我们对如何应对需水的动态变化知之甚少。

世界许多地区,由于人口增长使需水量增加,对工农业产品的需求也随之增加。发展中国家的经济增长往往导致水资源需求的增加,