

Water Resources

Environmental Planning, Management,
and Development

水资源环境 管理与规划

Asit K. Biswas 主编

陈伟 朱党生 陈献 崔荃 主译



黄河水利出版社

水资源环境管理与规划

[英]Asit K. Biswas 主编

陈伟 朱党生 陈献 崔荃 主译

黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

水资源环境管理与规划/(英)比斯沃斯(Biswas, A. K.)主编;陈伟等主译. —郑州:黄河水利出版社, 2001.11

书名原文:Water Resources Environment Planning, Management and Development

ISBN 7-80621-516-6

I. 水… II. ①比…②陈… III. ①水资源-环境管理②水资源-环境规划 IV. TV213.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第080011号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路11号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371-6022620

E-mail: yrep@public2.zz.ha.cn

承印单位:黄委会设计院印刷厂

开本:850mm×1168mm 1/32

印张 14 375

字数 359 千字

印数:1-1 500

版次:2001年11月第1版

印次:2001年11月第1次印刷

书号:ISBN 7-80621-516-6/TV·246 定价:28.00元

著作权合同登记号:图字 16-2001-072

《水资源环境管理与规划》译审人员名单

主 译 陈 伟 朱党生 陈 献 崔 荃

副主译 王 海 尚宇鸣 刘 茜

翻 译 (以姓氏笔画为序)

丁惠英 万 隆 王丽艳 孔慕兰

朱党生 李启双 尚宇鸣 周晓花

郑太然 崔 荃 鞠连义

审 稿 (以姓氏笔画为序)

丁惠英 吴 现 周遥舟

姜 斌 童正则 雷体均 董兆林

目 录

第一章 水开发与环境	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 全球用水总量	(2)
1.3 水危机	(6)
1.4 环境与水管理	(13)
1.5 可持续发展	(14)
1.6 环境评价	(18)
第二章 水涝与盐碱化	(34)
2.1 引言	(34)
2.2 水涝与盐碱化的产生	(35)
2.3 受盐分侵害的土壤的特性	(38)
2.4 灌溉土地中的水盐平衡	(40)
2.5 土壤盐分变化的预测	(43)
2.6 低涝、盐碱与作物产量	(46)
2.7 对盐碱土的改良	(49)
第三章 地下水与环境	(52)
3.1 引言	(52)
3.2 环境问题	(65)
3.3 环境评估	(86)
3.4 地下水管理	(114)
第四章 水质监测	(146)
4.1 引言	(146)
4.2 水质监测的定义	(148)

4.3	确定目标	(153)
4.4	监测项目的组成	(156)
4.5	质量保证和控制	(173)
4.6	发展中国家水质监测进展情况	(177)
4.7	全球范围的水质监测	(181)
4.8	结论和建议	(184)
第五章	水质预测与管理	(185)
5.1	引言	(185)
5.2	模型的选择与组成	(188)
5.3	水质模型的分类	(189)
5.4	水质模拟的水力条件	(192)
5.5	污染物输移的物理过程	(193)
5.6	整个水资源系统的一维水质模拟	(203)
5.7	水质反映模拟:某些扩充	(207)
5.8	模型研制与解析方法:一个实例	(214)
5.9	模型应用性和精度的校准及评价	(226)
5.10	实践中的水质模拟	(230)
第六章	富营养化	(232)
6.1	引言	(232)
6.2	富营养化研究的具体特征	(233)
6.3	营养状况与富营养化	(235)
6.4	世界湖泊与水库的富营养化	(253)
6.5	富营养化模型	(286)
6.6	湖泊恢复策略:湖泊-流域系统的有效治理	(297)
第七章	废水重复利用	(303)
7.1	废水重复利用综述	(304)
7.2	废水重复利用规划	(310)
7.3	水重复利用的实施	(321)

7.4	废水重复利用中细菌引起健康风险的预测	(354)
第八章	水及其相关环境资源有效管理的体制原则	(359)
8.1	水资源与环境体制的特征	(359)
8.2	资源管理的基础	(372)
8.3	政府与非政府机构的职责与组织结构	(379)
8.4	非政府机构和公众的作用	(394)
8.5	资源管理的财政问题	(399)
8.6	结语	(404)
第九章	水价、许可证、市场等水资源管理的经济机制	(406)
9.1	政府介入水分配	(406)
9.2	水的有效分配	(409)
9.3	有效定价和用水许可证	(421)
9.4	水管理的市场方法	(433)
9.5	结论	(442)
附件 A	水资源管理中的自由使用问题	(443)
附件 B	缺货分配和过渡分配	(446)
附件 C	不确定性和过渡性分析	(448)

第一章 水开发与环境

Asit K. Biswas

(国际生态模拟学会主席,英国牛津)

1.1 引言

自古以来,水被认为是一种人类生存不可缺少的自然资源。从肯尼亚北部湖泊周围人类祖先的最早进化,到各主要大江大河沿岸文明的发祥,一般认为人类历史都是以水为中心的。人类早期文明的发展与繁荣,均源于诸如尼罗河、幼发拉底河、底格里斯河和印度河等主要大河。事实上,人类历史就是在人类与水的相互作用、互为影响中谱写而成的。

不难理解,文明和人类聚居地为何常繁衍于一些具有战略重要性的河流沿岸,这是由于容易获取水并便于饮用、灌溉及航运是人类存活必不可少的基本要素。人类的生存与福祉,从根本上讲依赖于水的可获取性以及对水的控制。洪水与干旱,不仅使人遭受巨大痛苦,还常夺去人及牲畜的性命。

由于水所起的重要作用,生活在公元前若干世纪的印度的 Rusgu Narada(他也许是最早的政治学权威)在拜见 Pandava 国王 Yuddhistira 时,其问候语便是以水为中心的。他说:“我希望陛下的王国拥有很多大型的蓄满水的水库,分别坐落于王国的不同部位,这样,农业灌溉即无须依靠变幻无常的雨神了。”适当可行的治水,意味着可有效地减少干旱引起的土地荒芜,以及随之而来的饥荒。

其后,依然是在印度,财政政策不时触及到水。出于在一个半干旱国家水的可获取性对确保农业丰收的极端重要性,印度著名政治家 Kautilya 探讨了降水对本国经济和社会福利所起的重要作用。在其可能写于公元前 4 世纪末的史诗 Arthashastra(政治与行政科学)中,论述了全国测雨量网络组织。测雨量网被认为是极为重要且必不可少的。这出于两个很好的理由,第一,土地税取决于每年的降水总量,因为降水量被人们认为代表着农业收成以及农民收入的大小;第二,充分了解降水是农业种植所必需的,从而可使农业产量最大化,这是国家安全和福祉所在。

同样,在历史学家 Herodotus 认为是尼罗河“赠物”的埃及,尼罗河的洪水水位被记载了近 5 000 年。古埃及的农业生产及人们的生存,依靠尼罗河每年的泛滥。因此,人们认为洪水水位是来年农业丰收及其以后生计的一个重要指标。

3 000 ~ 5 000 年前,印度、埃及等国家如此重视治水与水管理的事实表明,早在远古时代,世界上不同地区已清楚地认识到了水资源在干旱及半干旱地区发展进程中的重要性。尽管技术进步巨大,但在过去的几千年里,这种状况仍未得到根本的改变,特别是对那些干旱、半干旱国家而言,更是如此。相反,在这些地区,水的重要性及相关性在近几十年已经增加,并且在可预见到的未来,还可能继续增加。

1.2 全球用水总量

有文字记载以来,全球用水量在稳步上升。20 世纪的实际趋势也是如此,毫无例外。但对近几十年全球用水总量进行准确和详细的分析表明,与早期的用水趋势相比,有两点显著的不同值得注意:

(1)与以往各个时期相比,20 世纪全球用水量增长率急剧增

加,特别是1940年以后(图1.1)。而且在不远的将来,用水增长率趋于平稳的明显迹象似乎并不存在。由于水是一种有限的资源,如此居高不下的用水增长率,不可能遥遥无期地维持下去。在某一时期,很可能在未来的10~40年间,受物理、技术、经济以及环境的制约,首先是个别国家,然后是全球的用水总量很可能趋于稳定。

(2)与过去相比,现在的全球用水量相当大,每年近5 000万 km^3 ,且总需求量仍在不断增加。

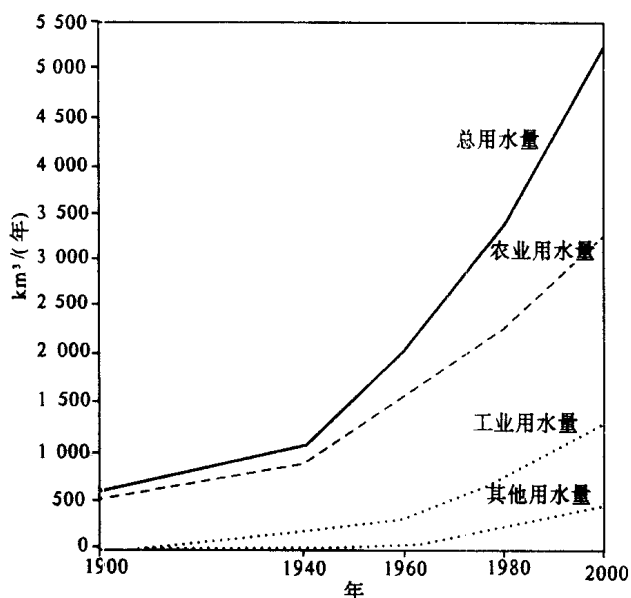


图 1.1 20 世纪全球总用水量的增加

图 1.1 还表明,1900~1999 年,全球用水量增长了约 10 倍。但应注意的是,图 1.1 所示的全球用水量估算值是指示性的,而不是确定性的。因为缺少各国用水总量的可靠数据。就连像美国、德国这样先进的工业国家亦如此。这种状况在诸如中国、印度等耗水量大的发展中国家则更严重,这些国家的用水量统计数据的

精确度尚需完善。因此,目前可获得的所有的全球用水总量数据只能认为是大致的估算值,至多只具有指示性意义。

普遍认为,全球用水量的增长是与人口增长同步的,这多少有点不对。尽管人口增长无疑是全球需水量增长的一个重要因素,但还有其他一些增长因素在本章的后面论及。现只需注意到 20 世纪用水量的增长率远远高于人口增长率这个事实足矣。事实上,如果仅考虑近几十年的情况,总用水量的增长量几乎比人口增长率快 3 倍。如果这种趋势继续下去,世界人口翻一番意味着需水量将增加 6 倍(Falkenmark 和 Biswas, 1995)。就长期而言,这可能是一种不可持续的状况。

近期经历的全球用水量的极高增长率,并非意味着这将无期限地延续下去。很可能是随着需水量的增长,所有用户的水价也逐步上涨,并接近于获取和管理水资源的实际成本。这样,世界上大部分地区的所有部门的用水方式将逐渐更加有效。这种趋势肯定会通过鼓励节约用水,以降低需水量的增长率。因此,在 21 世纪初期,一些基础结构的变化很可能使以前经历过的增长趋势得以明显改变。20 世纪 70 年代初期,在能源部门发生了同样的结构变化,当时较高的能源价格有效地改变了长期能源需求和利用方式,使各个部门的能源生产和利用更加有效。如果未来水价明显提高以反映其真实成本的话,那就没有理由认为水利部门与能源部门运作将有什么不同。

同样,各种水利用形式的总格局不可能维持现状。过去的经验表明,随着不同国家经济结构随时间而变化,开发新的水源、持续不断地增加可供水量,变得更为昂贵和艰难,在各种水用途之间不得不进行不断的权衡。这种状态很可能持续下去。例如,1900 年全球农业用水约占用水总量的 90%,到 2000 年其比例可能下降到 62%左右,即在 100 年的时间里下降了 28%。对现行趋势的分析表明,尽管必须生产越来越多的食品以养活持续增长的全球人

口,农业用水所占份额仍将在 21 世纪逐渐稳定下降。

相反,对于附加值远远高于农业的工业用水,自 1940 年后,由于世界上大多地区工业化进程开始明显加速,20 世纪工业用水量所占比例可能增长了近 4 倍,从 6% 增长到 24% 左右,且这种趋势完全可能带入 21 世纪。

上述数据,仅为全球的平均值。也就是说,不同国家的用水格局常有很大差异,主要取决于其各自不同的经济发展水平、主要自然气候条件、社会制度、环境条件以及其他的相关因素。如在中国和印度等发展中的农业大国,农业用水仍将占用水总量的 85% 以上;而在像日本、美国及英国等工业化国家,农业用水分别只占全部用水量的约 60%、42% 和 3%。

随着需水量随时间的增长,各国都通过稳步扩大可获得水源的利用,来逐渐扩大供水量。图 1.2 表明了 20 世纪各大洲可获得水量的开采程度的宏观情景。现行的估算表明,在目前居各大洲需水量之首的亚洲,耗水量与可用水量之比在 2000 年很可能达到 22%。近几十年,亚洲需水量增长率异常高,因为 1960 年前后耗水量与可用水量之比仅为 6%,而且亚洲 22% 的比例居各大洲之首,是全球平均值的近 2 倍(Biswas,1994)。

图 1.2 同时还表明,1940 年后欧洲的水利用程度紧步亚洲后尘,但是欧洲的用水总量大大低于亚洲。因此,亚洲面临的问题无疑更加严峻。目前尚无答案的一个根本问题是,在适当的社会和环境条件下,一个国家的可获得水量在经济上能开发到何种程度。目前仍然缺少进行这种分析的具有一定精确度的合适方法。这是一个未来须加强注意的领域。

在世界上大多数国家,随着各种传统形式水利用(民用、工业及农业用水)需求量的增加,各受益者之间的冲突日渐明显。比如:美国西部城市工业用户和农业部门间的冲突变得越发激烈;在菲律宾,首都马尼拉市的民用水和水力发电用水已造成吕宋中部

地区灌溉缺水;在印度,海得拉巴市需水量的增加,对邻近地区的灌溉造成不利影响;同样,在印度尼西亚、加尔哥达和泗水(苏门巴亚)的城市,需水已与现有灌溉用水产生直接冲突;在南非,上游农业和民用供水已使流经克鲁格国立公园的河水流量减少,其结果是在这一世界闻名的保护区中造成了许多不利的环境影响。

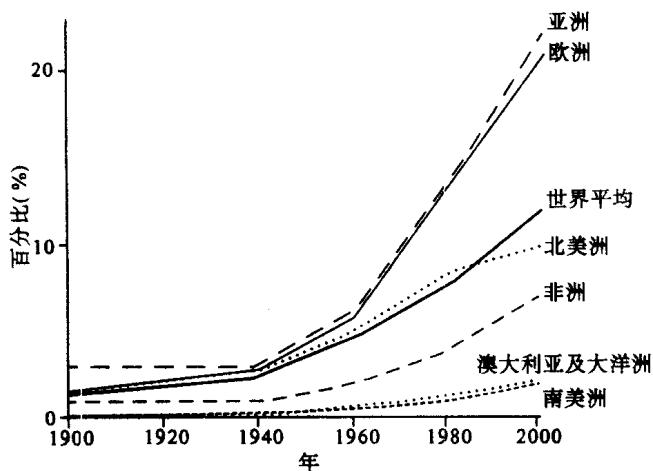


图 1.2 耗水量与水资源量之比的变化

尽管各种水利用间的冲突在不断增加,但分析家迄今一般都没有考虑保护河流周围生态系统所必需的流量。目前,尚无足够的知识可估计任何一条河流的生态系统所必需的流量百分比。随着对环境保护的社会关注继续增加,生态系统所必需的河流流量很可能在 21 世纪初期成为水利用的一种法定方式。如果真的如此,将来各种水利用间的冲突将会更加尖锐。

1.3 水危机

由于各种用水方式的持续增加,许多国家尤其是位于干旱和

半干旱地区的国家已开始面临水危机,尽管这些危机可能因国家、地区的不同而在大小、强烈程度和范围上有差异,并随时间而变化。毫不奇怪,每个国家或者大国内的州或省,对减少这些危机的影响做出的反应也各不相同。

在未来几年中,有许多相联系的因素可能会使水危机扩散到世界上不同的地区。下面只讨论其中 5 个主要因素。

第一,一个不幸的事实是,从长远来看,任何一个国家可获得的淡水量相对于所有实际需求而言,几乎是一个常数。由于技术和经济原因,在任何给定时间可获得的总水量只有某一部分可以得到利用。尽管技术进步在不断地增加任何一个国家可以经济上合理利用的可获得水量的百分比,但事实上由于不利的经济条件和环境制约,相当高比例的水量仍然没有得到开发。毫无疑问,广泛的循环利用和重复利用,可以增加所有国家在给定时期内的可利用总水量。然而,全部循环利用或重复利用不仅在技术上不可能,而且在经济上也不可行。另外,在不严重破坏水质和相应生态系统不恶化的前提下,目前获得的有关水究竟能够被重复利用多少次的知识很有限。

还应注意的是,任何一个国家可利用的淡水总量,一般不可能靠长距离人工输送得到明显增加。与油不同,水较低的单价意味着从一个国家向另一个国家输水一般是不经济的。而且与所有其他自然资源的出口相反,甚至从富水国家向贫水国家出口水的讨论也会引起强烈的公众反应。即使对于像加拿大和美国这种历史上有良好外交和经济关系的相邻国家,从富水国家加拿大向美国出口水的问题也往往变得如此让人容易激动,并在政治上遭到谴责,以致连续几届加拿大政府都一直认为,出口水的技术分析和讨论都是不可接受的。这种状况与世界其他地区没有多少差别。

由于经济原因,水的可获得性不可能通过大规模的海水淡化而增加。目前海水淡化只有在某些特定条件下和非常有限的位置

上才是可行的方案。

第二,对于所有人类活动,从饮用到农业生产,从工业开发到各种形式的大规模能源生产,水是基本的需求。因此,随着全球总人口的增加,总的人类活动也在增加,从而增加水的需求量。这产生了两种相反的趋势,使水管理过程进一步复杂化:一方面,某一国家的水需求随着人类活动的增加而不断增加;另一方面,人均可获得水量由于淡水可获得总量有限而持续下降。表 1.1 列出了一些国家的这种表现趋势。

表 1.1 一些国家的人口和人均可获得水量*

	人口				年可获得的再生淡水 水量 (km ³)	人均可获得淡水量 (× 10 ³ m ³)		
	百万			年增长率 (%) (1985 ~ 1994 年)		1994 年	2025 年	2050 年
	1994 年	2025 年	2050 年					
阿根廷	34.2	46.1	53.1	1.4	994	29.06	21.56	18.71
孟加拉国	117.8	196.1	238.5	2.0	2 357	20.00	12.02	9.88
巴西	150.1	230.3	264.3	1.8	6 950	46.30	30.18	26.30
加拿大	29.1	38.3	39.9	1.3	2 901	99.69	75.74	72.70
中国	1 190.9	1 526.1	1 606.0	1.4	2 800	2.35	1.83	1.74
埃及	57.6	97.3	117.4	2.0	59	1.02	0.60	0.50
印度	913.6	1 392.1	1 639.1	2.0	2 085	2.28	1.50	1.27
印度尼西亚	189.9	275.6	318.8	1.6	2 530	13.32	9.17	7.94
日本	124.8	121.6	110.0	0.4	547	4.38	4.50	4.97
墨西哥	91.9	136.6	161.4	2.2	357	3.88	2.61	2.21
尼日利亚	107.9	238.4	338.5	2.9	308	2.87	1.29	0.91
土耳其	60.8	90.9	106.3	2.1	203	3.34	2.23	1.91
英国	53.1	61.5	61.6	0.3	120	2.07	1.95	1.95
美国	260.6	331.2	349.0	1.0	2 478	9.51	7.48	7.10

* 1994 年人口估算值和人口增长率来自《世界银行地图集(1996)》;2025 年和 2050 年人口预测值(中值),来自联合国(1994)。

在表 1.1 中,像尼日利亚这样的国家,预计其人口将从 1994

年的约 1.08 亿增加到 2050 年的 3.39 亿,人均可获得水量可能从 $2\,870\text{ m}^3/\text{a}$ 下降到 2050 年的 $910\text{ m}^3/\text{a}$ 。虽然这很可能是未来全球的一般趋势,但有少数国家例外,例如日本的总人口在这段时期内很可能会适度下降。

尽管水规划人员一般认为未来较高的水需求是由于人口的增加,但大多忽略了另一个相关的问题,事实上,随着人们生活标准的提高和生活方式的改变,人均需水量在增加。例如,在英格兰和威尔士,如果照目前的趋势发展下去,即使人口增长可能非常缓慢,预计到 2020 年其总需水量也会增加 20%。生活方式的改变,主要是洗碗机和洗衣机的大量增加,是引起需水量增加的主要原因。

同样,日本人均用水量在 1965~1991 年的 26 年间整整翻了 1 番,从人均每天 169L 增加到 338L。这种人均需水量的增加,是发展中国家规划人员估算未来需水量时要考虑的一个重要因素,因为在这些国家水的需求量正以惊人的速度快速增长。到目前为止,有关的国家及相应的国际组织在这个方面所给予的关注还非常有限。

人均需水量的持续增加,尤其是在发展中国家,不能再被忽视了。例如,在印度这样的国家,目前认为大约只有 10% 的人口拥有可与世界其他国家相比的生活水平。因此,这一部分人的需水量大大高于其余大多数印度人口的需水量。尽管 10% 的印度人口似乎不多,但其绝对数量超过 9 000 万,相当于英国总人口的 1.5 倍多,或相当于日本人口的 73%。而且由于人口的快速增长和经济的迅速发展,印度未来的水需求状况会变得更加严重和复杂。由于印度富裕人口的总量可能会迅速增加,到 2025 年可能达到日本人口数量的 2.35 倍,所以,届时印度的需水量可能会增加到接近日本的需水量。因此,为了将来有效地管理水资源,绝不能再忽视发展中国家由于改进生活方式导致的人均需水量增加。

第三,就全世界而言,大部分地区所有容易开发的水资源都已经开发完毕,或者正在开发当中。这意味着将来开发新的水资源的实际费用很可能会大大高于过去的费用。例如,日本河流每立方米每秒的蓄水的平均费用在过去 10 年当中增加了近 4 倍。增加费用的近 20%可能是由于新的社会和环境要求所致,这些要求以前是没有的。增加费用的绝大部分(近 80%)是由于新工程本身在技术经济上更加复杂,从而使建设费用明显增加所致。世界银行(1992)对各发展中国家家庭供水工程的分析表明,下一代工程每立方米水的开发费用一般比当代工程高出 2~3 倍。图 1.3 表明了发展中国家许多大城市每立方米供水的现行成本和预测成本(按 1988 年不变美元价格计算)。

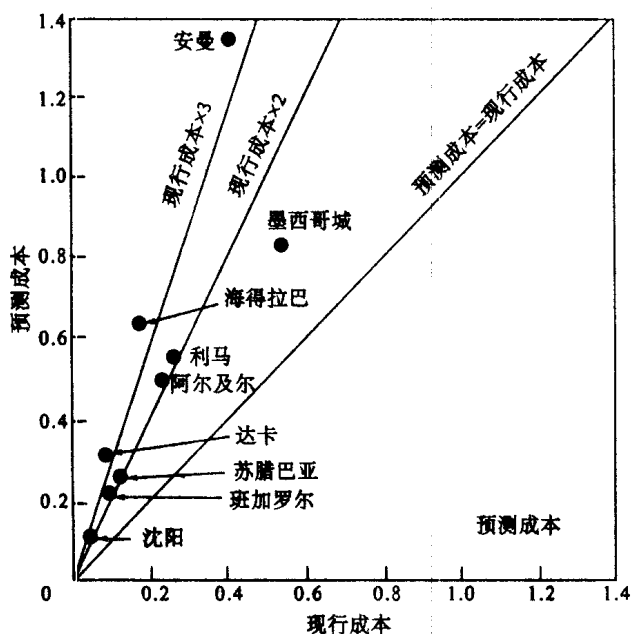


图 1.3 每立方米水的现行成本和预测成本(1988 年,美元)