

21世纪中国水资源持续开发利用问题

陈志恺

(中国水利水电科学研究院, 北京 100038)

[摘要] 中国水资源的特点是时间和空间分布很不均匀, 洪涝和干旱灾害出现频繁, 农业生产很不稳定。中国水资源的总量 28 100 亿 m^3 , 但人均占有量很低, 仅居世界第 108 位, 水土资源在地区上的组合不相匹配, 水的供需矛盾十分突出。中国随着人口的增长, 工业和城市用水的急剧增加, 农业灌溉受水资源不足的影响发展停滞, 洪涝灾害还很严重, 社会经济的持续发展所面临的挑战比世界上其它国家更为严峻。再加上水环境的不断恶化, 建设资金的匮乏, 使水资源问题日益成为中国社会发展的重要制约因素。文章对中国的水资源问题及解决途径和必须采取的对策措施进行探讨。

[关键词] 水资源; 可持续; 开发利用

引言

水是人类赖以生存和发展的重要自然资源, 并且也是自然生态环境重要的制约因素。70 年代以来, 世界人口剧增, 灌溉农业扩大, 工业化和城市化发展, 城乡居民生活水平提高, 人类社会对水的需求急剧增长。同时由于城乡污水大量排放, 地表水和地下水不断受到污染, 可供人类利用的水源日益短缺。部分地区河道断流, 湖泊干涸, 地下含水层接近疏干, 地面下沉, 生态环境不断恶化。因此, 水资源的问题已引起全世界的普遍关注。

1 水资源开发利用现状和问题

中国水资源的总量 28 100 亿 m^3 不算太少, 但人均水资源 2 300 m^3 、公顷均水资源 28 500 m^3 偏少, 仅相当世界平均人均占有量的 1/4, 公顷均占有量的 4/5。中国水资源的特点是受季风影响, 在时间和地区上分布很不均衡, 洪涝和干旱灾害出现频繁, 农业生产很不稳定。1999 年以来, 我国水利建设有了很大发展, 全国兴修了大量蓄水、引水、提水和调水工程, 为农业、工业、城市生活等

事业的发展, 提供了水源, 有力地促进了我国国民经济的发展和人民生活水平的提高。

根据调查, 1993 年全国各行业用水总量已达到 5 255 亿 m^3 , 占全国水资源总量的 19.1%, 其中地表水占 83%, 地下水占 17%。全国平均人均年用水量 450 m^3 。从全国大平均来看似乎尚有潜力, 但中国水资源的主要问题是水资源在地区上分布极不平衡, 它与人口、耕地资源和经济的分布不相匹配。因此, 全国有相当大的国土面积短缺水资源, 而水的供需矛盾在地区上则有明显差别(见表 1、2 和表 3), 全国大致可以划分为南方、北方和西北内陆三个明显不同的类型区。

1.1 南方水资源问题

根据 1993 年调查资料: 全国有 80.4% 的水资源集中分布在长江及其以南地区。该地区人口占全国 53.5%, 耕地占全国的 35.2%, GDP 占全国 54.8%; 人均水资源平均为 3 490 m^3 , 公顷均水资源 64 500 m^3 , 属于人多、地少、经济发达, 水资源相对比较丰富的地区。该地区 1993 年人均年用水量 450 m^3 , 仅占人均水资源量的 12.7%, 可见当地水资源的开发尚有很大潜力。当前存在的主要

问题是水污染日益严重。由于城市化发展过快，城市水设施的建设跟不上，而污水的排放控制不严，污水任意排放使城市周围的地表和地下水源受到严重污染，水质恶化，使符合水质标准可供利用。

表 1 分区多年平均降水量及水资源量 (1956~1979)

Table 1 Average Precipitation and Water resource in different region (1956~1979)

分 区	计算面积 /10 ³ km ²	降水量 /mm	径流总量 /10 ⁹ m ³	地下水量 /10 ⁹ m ³	水资源总量 /10 ⁹ m ³
I 黑龙江	903	496	116.6	43.1	135
II 辽河及其它河流	345	551	48.7	19.4	57.7
III 海滦河	318	560	28.8	26.5	42.1
IV 黄河	795	464	66.1	40.6	74.4
V 淮河及山东诸河	329	860	74.1	39.3	96.1
VI 长江	1 809	1 071	951.3	246	961
VII 东南沿海诸河	240	1 758	255.7	61.3	259
VIII 珠江及华南诸河	581	1 544	468.5	112	471
IX 西南诸河	851	1 089	585.3	154	585
X 内陆河	3 374	158	116.4	82.6	130
全 国	9 545	648	2 711	829	2 812

表 2 水资源人口耕地人均水量公顷均水量统计表

Table 2 The statistic data of water resource, population, water consumption per capita and water consumption per hectare

分 区	占全国/%				人均水量/(m ³ ·人 ⁻¹)				公顷均水量 ×10 ³ m ³ /hm ²
	水资源	人口	耕地	GDP	1993	2000	2010	2040	
东北诸河	7.0	9.6	20.1	11.3	1 690	1 540	1 431	1 252	9.90
海滦河	1.5	10.1	11.2	11.3	351	320	297	260	3.87
黄河	2.7	8.5	12.8	7.1	742	676	628	550	6.02
淮河及山东诸河	3.3	16.2	15.1	13.7	543*	495*	459*	402*	4.40*
北方小计	14.7	44.4	59.2	43.4	500	455	423	370	6.56
其中黄淮海小计	7.7	34.8	39.1	32.1	770	701	652	570	7.06
长 江	35.0	34.4	23.8	32.7	732*	667*	620*	540*	6.70*
东南沿海诸河	7.0	5.6	2.5	7.5	515	470	436	381	5.60
珠江及华南诸河	17.1	11.8	7.2	13.8	467*	426*	395*	345*	5.07*
西南诸河	21.3	1.7	1.7	0.8	2 356	2 149	1 994	1 745	41.74
南方小计	80.4	53.5	35.2	54.8	2 918	2 660	2 386	2 161	80.16
内陆河	4.8	2.1	5.6	1.8	3 370	3 072	2 853	2 496	67.52
全 国	100	100	100	100	29 177	26 600	24 700	21 611	346.35
					3 487	3 179	2 952	2 583	64.76
					5 191	4 732	4 361	3 845	23.84
					2 317	2 112	1 961	1 716	28.32

注：1、内陆河包括额尔齐斯河；

2、东南沿海诸河是指不包括台湾诸河在内；

3、带*号的人均水量和亩均水量是扣除了黄河必需保证的 200 亿 m³ 冲沙水量后的数值；

4、本表不包括港、澳、台在内。

1.2 北方水资源问题

在长江以北广大地区,人口占全国44.4%,耕地占全国59.2%,GDP占全国43.4%,而水资源仅占全国14.7%,属于人多、地多、经济相对发达、水资源短缺的地区,其中尤以黄河、淮河、海滦河三流域最为突出。三流域的耕地占全国39.1%,人口占全国34.8%,GDP占全32.1%,而水资源只占全国7.7%;人均水资源接近500 m³,公顷均水资源少于6 000 m³,是我国水资源最短缺的地区。1993年,黄淮海三流域人均用水336 m³,低于全国平均水平,但水资源利用率已达到71%。由于丰水年汛期的洪水难以利用,枯水年来水偏少,因此经济合理的水资源可利用量约为资源量的50%~60%,可见该地区水资源的开发已接近上限,进一步开发潜力不大。部分地区如海滦河,由于地下水过量开采,地下水位大幅度持续下降已形成了大面积下降漏斗,河道断流、湖泊干涸,生态环境日趋恶化。90年代黄河进入了枯水期,中上游来水偏少,黄河下游断流的频次、历时和河长不断增加。1997年黄河出现了近50年来最枯水年份,中上游来水比正常年份偏少约一半左右,黄河下游断流13次,断流河段长达704 km,断流历时在利津长达226天。黄河是中国第二大

河,它的断流已引起了国内外的关注。

1.3 西北水资源问题

西北内陆地区,除额尔齐斯河属于外流河,其他河流都属于内陆河流域。来自流域四周高山地区由冰雪和雨水补给的径流量约1 164亿 m³,地下水的补给量826亿 m³,扣除相互转化的重复量,该地区水资源总量达到1 300亿 m³,占全国的4.8%。由于西北内陆地区地广人稀,耕地面积占全国5.6%,人口占全国2.1%,GDP占全国1.8%,因此人均水资源量达到5 191 m³,公顷均水资源量约23 850 m³,人均水资源相对比较多,但公顷均水资源是偏少的。1993年,该地区水资源的引用已达到582亿 m³,约占资源量的45%,由于人均耕地较多,人均用水量高达2 350 m³,居全国首位。西北内陆地区土地资源丰富,进一步开发潜力大,但干旱地区绿洲生态农业的耗水量很大。除青海内陆河,新疆外流的国际河流额尔齐斯河和伊犁河水资源的开发利用程度较低外,其他河流开发利用程度均相当高,并且已引发了下游生态环境问题——天然绿洲、终端湖泊消亡和荒漠化的发展。由于内陆干旱地区的生态环境十分脆弱,当地水资源的承载力有多大?如何合理开发利用?需结合当地生态环境保护的要求作进一步的研究。

表3 1993年各流域用水统计

Table 3 The statistics data of water consumption of each watershed in 1993

分区	总用水量 /亿 m ³	占的比值/%		人均用水量 /m ³	占总用水量比值/%			
		径流量	资源量		农业	工业	城镇生活	农村生活
东北诸河	498.2	30.14	25.85	444	73.79	19.40	4.12	2.68
海滦河	409.6	142.22	97.28	347	75.80	15.73	4.96	3.51
淮河及山东	569.0	76.79	59.20	301	79.63	11.19	3.19	5.99
黄河	387.7	58.65	52.11	393	80.46	12.61	3.22	3.70
		84.10 *	71.30 *					
北方小计	1 864.4	55.77	46.0	359.7	77.39	14.68	3.83	4.09
		59.32 *	48.4 *					
其中黄淮海	1 366.2	80.84	64.29	336.2	78.71	12.95	3.73	4.60
		91.69 *	70.93 *					
长江	1 659.4	17.44	17.26	413	65.86	25.24	4.29	4.60
珠江及沿海	794.7	16.96	16.87	578	68.20	20.80	4.95	6.05
东南诸河	286.1	14.90	14.84	440	72.43	17.44	3.38	6.75
西南诸河	68.0	1.16	1.16	344	90.51	4.80	1.37	3.34
南方小计	2 808.1	12.78	12.7	450	67.79	22.70	4.31	5.20
内陆河	582.0	50.0	44.8	2 352	96.11	2.50	0.65	0.74
全国总计	5254.6	19.85	19.1	450	74.34	17.61	3.74	4.31

注:带*号的数字是扣除了黄河冲沙所需的200亿 m³水以后的数字。

2 21世纪持续发展面临的挑战

中国近50年,在仅占世界7%的耕地面积上,供养了占世界22%的人口,取得了举世瞩目的巨大成就。但是众多的人口仍是我国的沉重负担。目前我国人口已超过12亿,预计2000年将接近13亿,如果对人口能有效地加以控制,到2050年前后,中国的人口仍将达到16亿左右。要满足16亿人口的基本需求,达到中等发达国家的水平,其用水量必将进一步增加。

根据1997年《全国水中长期供水计划》初步预测,到2050年人口达到16亿顶峰,经济达到中等发达国家水平时,全国工农业和城乡生活需水最终将达到7900~8200亿 m^3 。预测的结果表明:

(1) 由于农田灌溉面积受地形、水源等条件限制,最终可能发展的灌溉面积约6000万 hm^2 ,考虑节水等因素后,最终农业需水约4300~4400亿 m^3 ,比现在增加约500亿 m^3 ,约占总用水量的54%。

(2) 受工业化和城市化的影响,工业和生活用水增长较多。城乡生活需水将达到1200~1500亿 m^3 。工业需水即使考虑重复利用率的提高和先进节水工艺技术的应用,仍有可能达到2100~2300亿 m^3 ,合计将达3300~3800亿 m^3 的用水规模,约占总用水量46%。

(3) 2040~2050年扣除发电厂冷却用水后,城乡排放的生活污水和工业废水将达到1500~2000亿 m^3 的规模,水源污染防治和环境保护问题将十分突出。

以上初步预测表明,在全面节水的基础上,到2050年,全国供水能力尚需比1997年供水量5566亿 m^3 ,增加2300~2600亿 m^3 ,才能满足社会经济持续发展的需要,因此21世纪我国面临的供水任务相当艰巨。虽然从全国范围看,我国水资源的开发利用尚有一定的潜力,但由于人口与水土资源的分布不相协调,远距离调水的成本较高,需要大量资金投入,供水量的增加只能随经济发展、资金的积累,逐步解决。因此,估计2030年以前,我国水的供需矛盾仍将继续存在。如何在较低的人均需水量(人均500 m^3 左右)的基础上,实现社会经济的持续发展和现代化,中国21世纪面临的挑战,比世界其它国家更为严峻。

3 水资源持续开发利用对策的探讨

为了解决日益严重的缺水和水污染问题,当务之急首先应加强水资源的统一管理。从水资源的开发—利用—保护和管理各个环节上采取有效的对策措施。在全面节水的基础上,努力提高水的有效利用率,积极开辟新水源,狠抓水的重复利用和再生利用,协调水资源开发与经济建设和生态环境之间的关系,加速国民经济向节水型方向转变,以促使水资源问题尽快解决。因此,需要针对我国面临的水资源问题,研究相应的对策。

3.1 节约用水与合理用水

节约用水和合理用水应当成为水管理考核的首要目标,成为一切开源工程的基础。当前节水研究的重点:农业应着重研究减少无效蒸发、渗漏损失,提高每立方米水的生产率,达到节水增产双丰收;工业应研究通过循环用水,提高水的重复利用率,达到降低单位产值耗水量和污水排放量;城市应研究积极推广节水生活器具,减少生活用水的浪费。今后全国节水的重点应放在工业和城市生活用水方面,以控制需水量的迅猛增长。

3.2 污水资源化和微咸水、海水利用

城市污水未经处理排入河道,既浪费了资源,又污染了环境,遗害于人民。进入21世纪,城市和工业用水仍将继续迅速增加。以1997年为例,城市和工业用水已超过1121亿 m^3 ,扣除电力工业用水后为826亿 m^3 ,废污水排放量约580亿t,即每天进入河道的废污水已接近1.6亿t。这些污水如加以处理,达到环境允许的排放标准或污水灌溉标准,使污水资源化,即可增加水源解决农业缺水问题,又可起到治理污染的作用。虽然污水处理费用较高(每方约0.3~0.5元),但为防止污染,改善环境还是必需的,更何况它比长距离跨流域调水还便宜。将污水处理回用于农业与污染治理有机地结合起来,对于解决我国水资源的短缺和水环境的改善有特别重要的意义,应作为经济可持续发展的重要战略措施来研究。

北方沿海地区和西北内陆有相当数量的微咸水可以利用。根据作物生理的需要,交替使用淡水和微咸水,可以弥补淡水的不足,促进缺水地区农业生产的发展。

中国海岸线很长,沿海地区可以大量利用海水作为冷却水。青岛、大连利用海水有丰富的经验,

其它沿海城市也应当利用海水替代淡水，解决当地淡水资源不足问题。1985年美国海水利用量已达823亿 m^3 ，1982年日本也利用160多亿 m^3 ，相比之下我国海水利用量极小，差距很大，因此海水的利用需要加强研究。

3.3 水资源优化配置和跨流域调水

为了实现可持续发展的战略目标，水资源的开发必需根据人口—经济—资源—环境协调发展的原则，在地区上对国民经济各部门的用水需要进行优化分配。

要解决北方的缺水问题，修建一批跨流域调水工程是必需的，诸如引长江水到北方的东线、中线和西线的南水北调工程；引黄河水到缺水地区的引黄入晋、引黄入淀工程等。但跨流域调水工程的建设必需作好总体规划和科学的论证，要兼顾调入和调出流域合理的需水要求，研究和减免其对生态环境造成的不利影响。

新水源的开发应按照经济规律办事，根据供水

成本合理地制定水价。水价高了，用户就愿意集资搞节水工程，搞污水处理回用和地下水回灌工程，减少引用水量。多水源的相互竞争，有利于开源工程的规模控制和资金的合理筹措，并可避免水源工程规模过大，造成不必要的资金积压和浪费。

在干旱、半干旱地区，必需确保生态环境用水，以防止生态环境的恶化。随着城镇供水量和再生污水排放量的增加，城乡供水应根据情况的变化，对规划进行滚动式修订。

3.4 水资源的统一管理

随着供水规模的扩大和用水量的不断增加，多水源、多部门的用水管理是一项复杂的系统工程，既要有强有力的综合管理，又要有权威的水主管部门加强对水资源的统一管理。当务之急首先要转变观念，在思想上真正把水作为资源看待，将粗放型水管理向集约型转变，将公益型发展模式向市场效益型转移。只有管好、用好、保护好有限的水资源，才能解决中国水资源的可持续开发利用问题。

Sustainable Development and Utilization of China's Water Resources in the 21st Century

Chen Zhikai

(China Institute of Water Resources and Hydroelectric Power Research (IWHR), Beijing 100038, China)

[Abstract] The water resources in China are characterized by uneven regional and seasonal distribution. These features result in frequent droughts and floods, and unstable agricultural production. Per capita available water resources, ranking 108th worldwide, is very low although the country's total is 2 810 km³. Regional distribution of water resources does not match that of land resources and an imbalance between water demand and supply has occurred seriously. With the growth of population, the industrial and urban water demand increased rapidly. The development of irrigation, affected by the lack of water resources, has basically been brought to a standstill. The sustainable social and economic development is facing greater challenges than any other country of the world. Moreover, owing to continuous deterioration of water environment and lack of construction funds, the water resources problems have become important constraints of social and economic development in China. This paper discusses the water problem and the countermeasures for sustainable development in 21st century.

[Key words] water resources; sustainable development