

# 西北地区面临的水资源问题与对策研究

惠泱河<sup>1</sup>, 薛小杰<sup>2</sup>, 黄强<sup>2</sup>, 蒋晓辉<sup>2</sup>

(1. 西北大学 城市与资源学系, 陕西 西安 710069; 2. 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048)

**摘要:**从分析西北地区水资源特征入手, 指出了该区水资源开发利用存在的主要问题, 分析探讨了西北地区水荒危机存在的根源, 提出了西北地区水资源开发利用的主要对策, 对西部其他资源型缺水地区在水资源开发利用方面也具有参考价值。

**关键词:**西部大开发; 水资源; 资源型缺水

**中图分类号:** P344 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-274X(2002)01-0081-04

西部大开发是一项规模宏大的系统工程, 也是西部地区经济发展的历史机遇。近年来, 伴随社会经济的发展, 西北地区的生态环境恶化、水资源短缺、水污染、水灾害问题愈加严重, 水的问题已成为西北地区发展的首要制约因素。为此, 要适应日益增长的经济增长及人口增长的需求, 要满足十分脆弱的生态环境保护与建设之需, 西部大开发, 首先必须解决好水资源的合理开发利用与社会经济可持续发展等宏观战略问题。

## 1 西北地区水资源状况

### 1.1 西北水资源特征

西部大开发包括 12 个省区, 其中西北地区包括新疆、青海、甘肃、宁夏、陕西(关中和陕北)和内蒙古西部。1997 年末统计人口 8 583 万人, 占全国总人口的 6.9%; 国土面积  $348.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 占全国的 35%。平均产水量仅  $53\,000 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , 全区多年平均降雨量 235 mm, 而水面蒸发量高达  $1\,000 \sim 2\,600 \text{ mm}$  以上。年平均地表水资源量为  $1\,847.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 地下水资源量为  $1\,118.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 扣除重复量, 西北地区多年平均水资源总量为  $2\,070.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 仅占全国的 6.1%, 人均水资源总量为  $2\,412 \text{ m}^3$ 。按 M. 富肯玛克水紧缺指标的划定<sup>[1]</sup>, 若从西北地区总的人均水资源量分析, 人均水资源量大于  $1\,700 \text{ m}^3$ , 尚属不缺水, 新疆和青海平均值较高, 但近些年来

连续出现严重缺水现象, 说明需水区和水资源丰富集区不匹配。其余四省区人均值差异很大。其中, 甘肃人均水资源量介于  $1\,000 \sim 1\,700 \text{ m}^3$ , 将出现周期性和规律性用水紧张; 陕西、内蒙古西部介于  $500 \sim 1\,000 \text{ m}^3$ , 将经受持续性缺水, 经济发展受到损失, 人体健康受影响; 宁夏低于  $500 \text{ m}^3$ , 将经受极其严重的缺水。

### 1.2 西北水资源利用现状

1998 年全区总用水量  $836.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 从各区域用水量占该区水资源可利用总量比重看, 陕西、甘肃、青海、新疆、内蒙古西部分别占 59.72%、59.70%、26.19%、54.75%、76.37%; 宁夏水资源可利用总量  $63.24 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 供水量高达  $96.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 宁夏这一比例均超过 100%, 说明缺水问题最为严重。从用水结构看, 1998 年农业、工业、城镇与农村生活用水分别占 90%、6.30%、1.90% 和 1.80%, 农业用水比例大, 表现出西北为典型的灌溉农业经济区, 工业和城市发展规模小, 用水比重也小。由于气候干旱, 作物耗水量大, 平均耗水水平高于全国平均水平。特别是宁夏的引黄灌区, 由于大水漫灌, 作物的无效供水量大, 水的利用效率低, 人均用水水平高于全国水平。总之, 在扣除了西北地区水资源总量中尚难利用的部分后, 现状水资源开发利用程度已相对较高, 大部分地区供需状况日趋紧张。西北地区水资源特征及利用现状见表 1。

收稿日期: 2001-03-07

基金项目: 陕西省教委科研计划资助项目(99JK136)

作者简介: 惠泱河(1952-), 男, 陕西清涧人, 西北大学教授, 从事水文学与水资源研究。

表 1 1998 年西北六省区水资源状况表

Tab. 1 Water resources condition of provinces in Northwest of China in 1998

省(区)	地表水资源 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	地下水资源 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	水资源总量 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	人均水资源量 /m <sup>3</sup> ·人 <sup>-1</sup>	水资源可利用量 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	总用水量 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>
陕西(关中、陕北)	99.20	76.74	137.64	517.80	95.11	56.80
甘肃	399.10	138.01	311.81	1250	202.85	121.10
青海	622.60	254.12	634.72	12796	102.32	26.80
宁夏	9.99	23.01	15.81	298	63.24	96.40
新疆	794.40	561.85	881.35	5130	801.63	438.90
内蒙古西部	22.30	75.87	89.07	886	126.75	96.80
西北	1847.50	1118.69	2070.40	2412	1391.91	836.80
占全国/%	5.60	11.90	6.10	92.80	25.40	15.40
全国	32726	9400	24017	2600	5469.8	5435.40

## 2 西北水资源开发利用存在的问题

### 2.1 水资源短缺,利用率高

西北地区资源型、工程型、管理型等缺水问题并存<sup>[2]</sup>。分布不均且现有水源赋存条件差,难以利用。根据“九五”国家重点科技攻关项目《西北地区水资源合理开发利用与生态环境保护研究》,全区可利用水资源量为  $1319.9 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ,其中地表水可利用量为  $961.77 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ,地下水可利用量为  $430.13 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。但是,随着人口增长与经济发展,全区总用水量增加很快,新中国成立 50 年来,西北地区人口从 4580 万人增加到近 9000 万人;耕地从  $581.71 \times 10^4 \text{ hm}^2$  增加到  $1817.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,增加了 3 倍多;农田灌溉面积从  $204 \times 10^4 \text{ hm}^2$  增加到  $751 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,增加了  $547 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ;用水量由  $301.2 \times 10^8 \text{ m}^3$  增加到  $836.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,增加了近 3 倍。用水量已占可利用量的 60.10%,利用率已相当高。

### 2.2 水资源利用水平低,万元产值用水量过大

西北地区水资源极为紧缺,但浪费现象较为严重,导致西北地区人均耗水水平、单位用水的工业、GDP 和粮食产出水平均低于全国水平。在总用水量中,农业灌溉用水占了 90%,而灌溉渠系水利用系数平均只有 0.3~0.4,比较高的地区也仅 0.4~0.7。农田灌溉平均用水量,除陕西外,均高于全国平均水平,宁夏高达  $1635 \text{ m}^3$ ,位居全国第一位,相当于全国平均水平的 3 倍。单方水产出效益,粮食产量只有 0.5 kg,仅为全国平均水平的一半;工业用水定额较高,全区万元产值平均用水量  $182 \text{ m}^3$ ,高的在 200~300  $\text{m}^3$  以上,比全国平均水平高 1~3 倍。1993 年美国万元产值用水量为  $9 \text{ m}^3/10^4 \text{ 元}$ ,日本

为  $7 \text{ m}^3/10^4 \text{ 元}$ 。西北地区这一指标较发达国家有很大差距。

### 2.3 水资源消耗量大,破坏了水循环系统

在水资源评价中,常常把水资源开发利用过程中的消耗损失水量作为水资源平衡的组成部分。消耗水是指在水资源开发利用过程中,由于蒸发蒸腾或产品带走不返回地面的损失水。消耗水过量会导致河道流量减少或干涸,破坏生态系统,出现干旱化生态问题。西北总用水量  $836.8 \times 10^8 \text{ m}^3$  中,消耗总量  $581 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,耗水率 69.43%,有的文献指出,用水消耗作为衡量水短缺的一个粗略指标,即在可获得的水量中有多大部分被消耗掉,当这部分消耗水达到 20% 时将会对水生态系统产生不良影响,但西北地区已远远超过了这条界限。

### 2.4 用水结构不合理

西北地区用水结构明显不合理,农业用水比重过大。其中,宁夏、内蒙古西部、新疆农业用水超过 90%,而其工业用水均仅在 7% 以下。从世界平均用水结构看,农业用水占 65%,工业和城市用水分别为 22% 和 7%,西北地区农业用水比例偏高,不仅说明水资源利用方式落后、利用效率差,同时也体现了通过用水结构调整实现节约水量的潜力很大。从供水水源角度看,西北地区主要利用地表水,在总供水构成中,地表水占 50% 以上,其中,新疆、宁夏高达 90% 以上;地下水利用率相对较低,除陕西、内蒙古西部开采 40% 左右,其余地区不足 22%。在世界干旱区,地下水是主要的甚至是惟一的供水水源,世界干旱区对地下水的利用率达 60%~70% 以上,而西北地区目前开采量占平均可开采量的 28%。西北地区除局部地区和城市区地下水超采,大部分地区地下水利用偏低。西北地区各省区用水结构见表 2。

表 2 西北各省区用水结构

Tab. 2 Utilization water structure of all provinces in Northwest of China

行政区	农业用水		工业用水		城镇生活用水	
	用水量/ $10^4 \text{ m}^3$	占总用水量/%	用水量/ $10^4 \text{ m}^3$	占总用水量/ %	用水量/ $10^2 \text{ m}^3$	占总用水量/%
陕 西	43.20	76.05	8.98	15.81	4.20	7.39
甘 肃	94.50	82.16	18.70	15.44	2.90	2.40
青 海	22.70	84.70	3.50	13.06	0.70	2.61
宁 夏	84.40	92.74	6.00	6.50	1.00	1.04
新 疆	422.30	96.22	10.90	2.48	5.70	1.30
内蒙古西部	90.30	93.29	4.70	4.86	1.80	1.86

### 2.5 荒漠化扩大

随着天然水循环关系改变,干旱区人工绿洲的稳定扩大,流域水循环关系改变,各支流与干流间的联系明显减弱,而干流上中下游之间的联系明显增强。水资源主要消耗在中游段,致使下游的天然绿洲萎缩,土地沙漠化进展加快。水资源短缺、灌溉方式不当和过樵过牧引起土壤沙化,草场退化和灌区盐渍化,已成为西北各内陆河下游地带生态退化的集中表现。目前,全国荒漠化土地以每年  $2460 \text{ km}^2$  的速度在增长,而西北地区沙漠化面积占全国沙漠化总面积的  $2/3$ 。次生盐渍化面积已达  $2 \text{ 万 km}^2$ ,占全国盐渍化土地面积的  $1/3$  以上。局部地区地下水水位下降使地表植被的潜水蒸发补给减少,导致生物量下降并使土壤沙化严重。

西北地区水资源短缺、洪水灾害加剧及生态环境恶化是互为关联、交织发展的,是西北地区地表水-土-生态系统与人类社会经济系统相互作用下恶性发展的结果。从本质上讲是强烈的人类社会经济活动改变了水资源的形成、演化和再生循环的自然规律,使天然水循环发生了显著变化,引发了尖锐的供需矛盾,导致一系列环境及生态劣变过程<sup>[2-4]</sup>,是西北地区水短缺、水灾害、水环境恶化等水问题突出的主要原因,成为制约西北经济发展的瓶颈。

## 3 西北地区水资源可持续利用对策

### 3.1 用水结构调整方案

西北地区在 1998 年农业、工业、城乡生活用水分别占总用水  $90\%$ ,  $6.3\%$ ,  $3.7\%$ 。农业用水比重是造成水资源紧缺的重要原因之一,调整方案见表 3。表中可节约水量指农业用水比重下降而减少的农业用水量,2005 年农业用水比重占  $85\%$  时,农业可减少用水  $42.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;2010 年农业用水比重占

$75\%$  时,农业可减少用水  $128.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;2020 年农业用水比重占  $60\%$  时,可减少用水  $256.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。农业用水量的减少,可以缓解日益增加的工业和城乡生活用水需求和生态环境建设、山川秀美之需。

表 3 用水结构调整方案

Tab. 3 Utilization water structure Adjustment plans

年 份	农业用水	工业用水	城乡生活	可节约水量 $/10^8 \text{ m}^3$
	/%	/%	用水/%	
1998	90	5.30	3.70	—
2005	85	10.80	4.20	42.70
2010	75	19.40	5.60	128.10
2020	60	33	7.00	256.20

### 3.2 万元 GDP 用水调整方案

1998 年陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、内蒙古万元 GDP 用水量分别为  $568 \text{ m}^3$ ,  $1392 \text{ m}^3$ ,  $1219 \text{ m}^3$ ,  $4238 \text{ m}^3$ ,  $3930 \text{ m}^3$ ,  $1307 \text{ m}^3$ 。除陕西外,其他各省均高于全国  $685 \text{ m}^3$  的平均水平。万元 GDP 用水主要依靠科学技术进步、更新节水工艺等提高水资源重复利用率,调整方案见表 4。在万元 GDP 用水水平提高后,1998 年至 2005 年可以累计节约水量达  $185.52 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,年均节约水量  $26.50 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,至 2010 年可累计节约水量  $489.10 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,到 2020 年可累积节约水量  $744.79 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。西北地区万元 GDP 用水水平较全国平均水平差距很大,较世界发达国家用水水平差距更大。可见,通过提高万元 GDP 用水水平,节水潜力巨大。

### 3.3 南水北调西线方案

西北地区产水系数仅为全国平均值的  $16\%$ ,单位面积占有水量仅为全国平均值的  $21\%$ ,属资源性缺水。实施南水北调是改变缺水的有力措施,西线工程可从通天河、雅砻江和大渡河年调水  $195 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,向西北地区供水。配合东线工程可年调水  $400 \times 10^8 \sim 500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。第一期工程引水  $30 \times 10^8 \sim 50 \times$

$10^8 \text{ m}^3$ , 可以大大缓解西北地区的缺水问题。西线调水工程的实施, 为西部地区社会经济发展提供水资源

源保证, 而且将改善西北的生态环境, 提高西北地区水资源可再生维持能力<sup>[5]</sup>。

表 4 万元 GDP 用水方案表

Tab. 4 Utilization water per 104 yuan GDP plan

年 份	万元 GDP 用水方案/ $\text{m}^3 \cdot 10^{-4}$ 元						累积节约水量 / $10^8 \text{ m}^3$
	陕 西	甘 肃	青 海	宁 夏	新 疆	内 蒙 古	
1998 年	568	1 392	1 219	4 238	3 930	1 307	—
2005 年	490	1 024	959	3 562	3 254	1 008	185.52
2010 年	425	685	665	2 148	1 900	705	489.10
2020 年	236	387	426	1 342	980	490	744.79

### 3.4 井渠结合, 地表水、地下水联合运用方案

在世界干旱地区, 地下水是主要的甚至是惟一的供水水源。由于地下水具有分布广、蒸发消耗少、储量大、调节能力强、供水保证程度高、不易被污染等优点, 受到各国政府的重视。世界干旱区地下水利用率为 60%~70% 以上, 我国西北地区地下水开发利用程度低, 目前地下水开采量仅占地下水可开采量的 28%。西北地区地下水开发利用程度较低, 且实施地表水地下水联合开发的内陆河流域不多, 应在经济较发达、人口较多、水文地质条件较好以及有利于水资源转化的流域和地区, 充分利用地表水的同时, 进行适度规模地下水的开发, 可以大大增加可用水资源的数量和提高水资源总量的利用率。通过井渠结合, 地表水与地下水联合运用可调控地下水埋深: 西北旱季在 2~3 m, 雨季前在 4~6 m, 雨季在 0.5~1 m。这样能够起到减少潜水蒸发, 增大

降雨入渗, 减少径流损失, 防涝防渍防盐, 增强淋盐及淡化地下水的作用。根据估算, 西北干旱地区若完成水资源联合开发利用, 可用水量将增加到  $490 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 使水资源总量的利用率增至 57.1%。

### 3.5 加强流域水资源统一管理

要实现西北水资源的可持续开发利用, 迫切需要协调流域水资源管理和行政区水资源管理的关系; 强化流域水资源统一管理, 进行水资源总量控制。目前, 水资源开发利用工作, 还处在多部门分散管理中, 相互分割, 各自为政, 管理混乱, 不仅无法适应现代化、科学化的管理要求, 还加剧了水资源供需矛盾和流域上、下游之间的矛盾。从流域全局、长远利益和持续发展要求出发, 急需在部门管理的基础上组建一个有权威的统一水资源管理机构, 统筹规划, 制定和实施流域水资源合理配置、利用和保护方案, 统一管好地表水、地下水和污水资源。

### 参考文献:

- [1] MALIN F. Water Scarcity and Population Growth: A Spiralling Risk[M]. Ecodecision September, 1992.
- [2] 刘昌明, 何希吾. 中国 21 世纪水资源问题方略[M]. 北京: 科学出版社, 1995. 63-84.
- [3] BISWAS A K. Water for Sustainable Development in the 21st Century[M]. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- [4] WIGMOSAT M S, VAIL L W, LETTENMAIER D P. A distributed hydrology-vegetation model for complex terrain [J]. Water Resources Research, 1994, 30(6): 1 665-1 679.
- [5] 张修真. 南水北调[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999. 141-143. (编辑 徐象平)

## Research on problems and countermeasures of water resources northwest China

HUI Yang-he<sup>1</sup>, XUE Xiao-jie<sup>2</sup>, HUANG Qiang<sup>2</sup>, JIANG Xiao-hui<sup>2</sup>

(1. Department of Urban and Resources, Science Northwest University, Xi'an 710069, China; 2. School of Hydraulic and Power Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** Under the premise of analyzing the character of water resources in Northwest China, the main problems of the water resources exploitation and utilization are pointed out, the roots of the crisis of Northwest China's aridity are analyzed, the main countermeasures of Northwest China's water resources are presented, and important reference value is obtained to the other water-lack region in the exploitation and utilization in the West.

**Key words:** western development, water resources; water shortage of resources