

DOI: 10.3880/j.issn.1004-6933.2015.01.019

西安地区水资源短缺的原因与对策

柳嵩, 张永战

(南京大学地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210023)

摘要: 调查了西安地区水资源情况, 分析西安地区水资源短缺的原因。结果表明, 西安地区水资源短缺是自然条件制约与人为因素双重作用的结果, 其中以自然因素为辅、人为因素为主。提出改善水资源短缺状况的对策: 保护水源地; 严格限制地下水的开采; 合理规划和建设水利工程, 构建水资源管理和水环境监测平台; 增加污水处理厂, 提高污水处理技术。

关键词: 水资源短缺; 水源地保护; 地下水开采; 污水处理; 水利工程建设; 西安地区

中图分类号: TV213.4 文献标志码: A 文章编号: 1004-6933(2015)01-0114-05

Reasons of water resource shortage in Xi'an area and its countermeasures

LIU Song, ZHANG Yongzhan

(School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China)

Abstract: The water resource situation in Xi'an area was investigated. According to relevant literatures and statistic yearbooks, the causes of water resource shortage in Xi'an area was analyzed. The results show that the problem of water resource shortage in Xi'an area is the result of both natural restriction and impact of the human activities, natural restriction being the minor factor and human activities being the major factor. Countermeasures for improving the situation of water resources shortage were put forward: to protect water source, to limit the exploitation of groundwater strictly, to plan and construct water conservancy engineering reasonably and set up a platform of water resources management and water environment monitoring, to increase the number of sewage treatment plant and improve the technology of sewage treatment.

Key words: water resource shortage; water source protection; groundwater exploitation; sewage treatment; water conservancy project construction; Xi'an area

西安位于关中平原地区中部, 南临秦岭山地, 北接黄土台塬^[1], 城区位于渭河平原二级阶地之上(图1)。西安境内海拔差异显著, 南部有陡升的秦岭断块, 而北部是沉降的渭河断块。西安地区气候为典型的暖温带季风型气候, 夏季受到东亚季风带来的暖湿气流影响, 降雨充沛, 为一年当中的雨季; 冬季则受到亚洲大陆内部干冷的冬季风影响, 气候寒冷干燥。西安地区多年平均降水量约为600 mm, 为半湿润半干旱地区。西安市辖9区4县, 面积10 108 km², 常住人口约为800多万, 是我国西北地

区重要的经济、政治、文化和教育中心。

1 研究区水资源背景

西安旧称长安, 在古时有“八水绕长安”的说法: 北部的渭河、泾河, 东部的泾河、灞河, 南部的泾河、潏河, 西部的沔河、涝河。这8条河流都属黄河水系的支流, 其中渭河是黄河最大的支流^[2]。但随着气候的变化、生态环境的破坏、工农业的快速发展, 这些河流逐渐开始干涸甚至断流, 水污染情况愈发严重, 水资源急剧短缺, 古时秀丽的“八水绕长

基金项目: 国家基础科学人才培养基金(J1103408)

作者简介: 柳嵩(1988—), 男, 硕士研究生, 研究方向为湖泊沉积和水环境。E-mail: liusongnju@gmail.com

通信作者: 张永战, 副教授。E-mail: zhangyzzh@nju.edu.cn

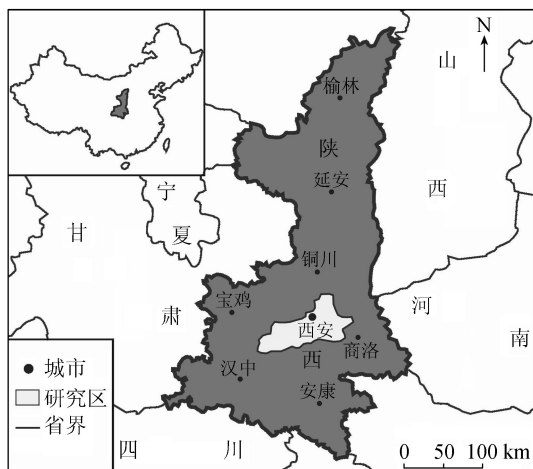


图1 研究区地理位置

安”的胜景早已不再。

西安地处半湿润半干旱地区,位于暖温带与亚热带界限的北缘,降水量并不算十分丰富,且受东亚季风的影响,全年降水量分布十分不均:夏季受到东亚季风的影响,秦岭山脉南缘阻挡暖湿气流北上,形成大量降雨,降雨量约占全年降水量的一半;而秋季受太阳辐射影响,冷空气南下,与南部的暖湿气流形成锋面雨,但降雨量少于夏季;冬季干燥,降雨量最少,只占全年降雨量的3.7%。西安地区河川径流的补给主要靠降雨,而降雨量分布不均易造成夏秋季涝灾、冬春季旱灾,对当地农作物带来不利影响。据西安市统计局数据,2011年,西安市水资源总量为30.74亿 m^3 ,天然地表水资源总量为25.84亿 m^3 。

1.1 天然地表河流状况

流经西安地区的天然地表河流主要为“八水”,其基本情况见表1。

渭河发源于甘肃省渭源县乌鼠山,是黄河第一大支流,是西安最大的过境河,在西安市区段长141 km,河床平均比降0.15%,多年平均径流量102亿 m^3 ,泥沙含量高。渭河上游水质较好,但在西安市区段水质迅速恶化。泾河发源于宁夏六盘山脉东麓,途径宁夏、甘肃、陕西3省,于高陵县泾渭堡汇入渭河,为渭河一级支流。由于泾河含沙量低于渭河,故在汇流处形成“泾渭分明”的局面。泾河流经西安市的河段较短,只有8.5 km。灞河发源于蓝田县灞源乡东北箭峪南九道沟,平均比降0.6%,多年平均径流量1.9亿 m^3 ,主要支流有清峪河、网峪河和浐河,下游受骊山新构造抬升运动影响,水系不对称,右岸支流多,左岸不断侧蚀白鹿原^[3]。浐河是灞河的支流,发源于蓝田县紫云山南月亮石沟,纳岱峪河、库峪河之后,与灞河一起汇入渭河。浐河主河道平均比降0.99%。沔河发源于秦岭山北部山脉,于咸阳市沔都镇汇入渭河,平均比降0.82%。漓河(古称

浛河)发源于秦岭山脉石砭峪,与漓河汇合后共同流入沔河。漓河是沔峪河的支流,主源为秦岭北麓的大峪河,至沔河汇合处与漓河共同汇入沔河。漓河发源于秦岭北麓漓峪沟,为渭河一级支流,河道平均比降0.95%。

“八水”为古长安的长久兴盛提供了保障,但在近代作为交通枢纽、城市水源的作用几乎消失,河流规模也在不断萎缩。

表1 部分自然河流状况

河流名称	发源地	全长/km	流域总面积/ km^2	备注
渭河	甘肃乌鼠山	818.0	134800	黄河一大支流,泥沙含量高
泾河	宁夏六盘山东麓	455.2	45421	渭河一级支流
灞河	陕西蓝田县箭峪南	104.1	2581	渭河一级支流
浐河	陕西蓝田县紫云山	66.4	752.8	灞河主要支流之一
沔河	秦岭北麓沔峪	82.0	1460	渭河一级支流
漓河	秦岭北麓石砭峪	46.0	292	沔河支流
灃河	秦岭北麓大峪沟	31.8	687	与漓河汇合并汇入沔河
漓河	秦岭北麓漓峪沟	82.0	663	渭河一级支流

1.2 地下水环境状况

关中平原南部位于渭河断陷沉降区,地质构造为一系列断层形成的地堑,正断层居多,基岩为碳酸盐岩与沉积岩,其上覆盖着厚达数千米的洪积物、风积黄土、岩屑等。地表层广泛出露的为第四纪粗颗粒沉积物和各阶段黄土沉积,为地下水的赋存和运移提供了优良的环境(图2)。根据西安市统计局资料,2011年西安地下水资源总量为18.76亿 m^3 。地下水作为地表水资源的重要补充,在调节径流、补给工农业建设和居民用水等方面发挥了极为重要的作用。特别是在干旱半干旱地区,地表水、地下水的水循环交换作用显得更加突出^[4]。

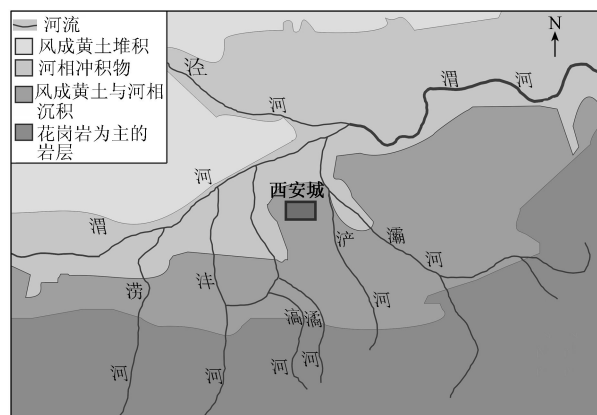


图2 研究区河流分布及地质简图

2 研究区水资源利用情况

尽管西安市拥有一定的水资源,但相较于城市的发展需求来说远远不够。特别是在“八水”逐渐

失去其基本功能的情况下,西安市水资源短缺问题日益严重。水资源短缺分为4种类型:资源型缺水、工程性缺水、管理型缺水和污染性缺水。西安地区水资源短缺并不是单一原因造成的,而是多方面因素综合作用的结果。

2.1 天然水资源不足

从自然环境条件来看,西安地区多年平均降水量仅有600 mm左右,多年平均地表水资源21.77亿 m^3 ,地下水资源量17.27亿 m^3 ,除去二者转化的重复量,水资源总量约26.66亿 m^3 ,多年人均资源量不到350 m^3 ,不到全国平均水平的1/2,更低于国际标准的绝对缺水线。且在近50年来,西安地区降水量总趋势在逐渐减小,夏季减少量最多,冬季最小^[5]。由于受到季风的显著影响,全年降水分布不均的状况没有得到改变,南部由于秦岭山脉的存在,降水量高于北部地区,使得降水的地区分布同样不均。

2.2 水资源利用不合理,地下水过度开采

西安地区属于资源型缺水地区,且在20世纪70年代后,随着城市的扩张,外来人口的涌入,工农业用水、居民生活用水急剧增加,供水设施难以保证用水需求,政府一度鼓励自主凿井来应对用水荒的局面。1980年西安市地下水的开采量高达8359万 m^3 ,在1990年则达到11223.75万 m^3 ,远远超出可承受的开采量,西安地下水水位持续下降。1989—2002年地下水潜水位平均下降了5.7 m,平均每年下降约0.39 m。这种不加管控的盲目开采地下水,极大地破坏了自然状态下的水循环,扰乱了降雨和径流之间的补给关系。地下水潜水位降低,导致大气降水首先渗透补充地下水,而河流得不到足够的降水补给,导致地表径流量逐年减少,地下水和河流的补给关系由相互补给变为单方面补充,从而进一步破坏了当地自然水循环条件,最终打破了生态系统的平衡。

2.3 水利设施的作用没有充分发挥

尽管秦岭山中兴建了大小水库近百座,但是这些水库所供水仅占地表水资源总量的7%,没有充分发挥水库防洪、调蓄、灌溉和供水的作用。随着社会经济的快速发展和城市人口的迅速膨胀,工农业用水量急剧增加,水资源供需矛盾越来越突出,需要兴建水利工程来缓解水资源供需矛盾。20世纪90年代后期,西安开始兴建黑河引水工程,该工程于2001年建成,每年直接向市区供水约3.05亿 m^3 ,暂时缓解了西安市区生活用水短缺的状况^[6]。

水利设施兴建对水资源利用有一定帮助,但同时对天然水体的净化及良性自循环造成一定的不利影响。如,三门峡水电站建成后,渭河河床

发生变化,下游河水流速减慢,河道展宽,河底泥沙淤积速率加快。泥沙含量的骤增导致渭河逐渐变为地上河,在多雨期常常发生洪涝灾害,造成严重的损失。

2.4 水污染严重

工业废水和生活污水的肆意排放,造成了水污染,加剧了可利用水资源的短缺程度。为了保护河流和水源地,防止生活污水、工业污水直接排入护城河、渭河河道等,在西安市郊各个地区建造了污水处理厂,但是为了节省成本,许多造纸厂、印染厂等仍将未处理的污水直接排放,造成河流中各种重金属离子富集,TN、TP质量浓度出现异常高值,河流湖泊富营养化现象严重。灞河在流入生态园之前水质较好,但在产灞汇合口处的水质则为劣V类,水中COD质量浓度平均超标3.5倍, NH_3-N 质量浓度平均超标3.5倍,石油类质量浓度平均超标19倍,TP质量浓度平均超标2.5倍^[3]。西安护城河的水质大部分属V类水,甚至有劣V类水体存在。西安市政府两次组织清理护城河污染沉积物及河底淤泥,但是花费了庞大的资金与人力,水质却没有得到明显的改善。伴随着水质的恶化,河流的排洪调蓄、供人观赏、改善生态环境的功能也随之消失,河流成为污染城市的黑点。西安地区水环境的恶化加剧了可利用水资源短缺的程度。

3 研究区水资源短缺原因分析

a. 自然条件的制约。西安地处半湿润半干旱地区,南部有高大的秦岭山脉阻挡,从自然条件来看,降水量并不丰盈,遇到极端干旱天气时蒸发量甚至大于降水量。最近50年内,西安地区降水呈微弱的减少趋势,以每10年20.42 mm的速率减少;汛期降水变化也呈减少的趋势,20世纪70年代减少趋势显著;降水的季节变化各季均呈减少趋势,秋季减少趋势最为明显;年降水量无明显变化^[5]。湖泊河流所获得的有效大气降水很少,是造成水资源短缺的基本原因。

b. 经济社会发展和水资源不合理利用的影响。
①城市的发展使土地利用形式发生改变,大面积的人工地表减缓、阻隔了地表水的渗透运动,导致地表水蒸发量增加,这种情况在枯水期尤为明显。而在洪水期,土地对水资源的涵养能力下降,加速了地表降水回落到河水的过程,造成大量水资源的浪费,同时还易引起洪涝灾害。
②不断增加的工农业用水使得地表河流的回水量大大减少,扰乱了自然状况下的水循环机制。
③人口增长的影响也不可忽视。从2001年至2011年,10年内西安市城镇人口总人数

由 694.84 万人增加到 791.83 万人(表 2),人均水资源量基本呈逐年递减趋势(除 2001 年及 2011 年外)。^④对水资源的不合理利用使得水资源短缺问题更加恶化。过度开采地下水,且地表水对地下水的补充量小于地下水开采量,导致地下水水位连年降低、地表水资源进一步下渗和漏失,水资源短缺问题更加严重。

表 2 2001—2011 年人均水资源变化情况

年份	水资源总量/亿 m ³	总人口数/万人	人均水资源总量/m ³
2001	22.14	694.84	318.63
2002	26.66	702.59	379.45
2003	26.70	716.58	372.60
2004	26.70	725.01	368.27
2005	26.70	741.73	359.97
2006	26.70	753.11	354.53
2007	27.00	764.25	353.29
2008	27.00	772.30	349.61
2009	24.22	781.67	309.85
2010	24.10	782.73	307.90
2011	30.74	791.83	388.21

c. 污水处理厂数量不够,某些水利工程设施的建设不合理。首先,西安地区为数不多的污水处理厂的污水处理效率无法应对城市日益增长产生的废水量;其次,对水库等各类水利工程设施的建设,盲目追求城市视觉效果而忽视自然因素,如护城河的混凝土岸坡隔绝了水体与土壤的自然物质交换,不利于水体的更新和自净,使活水变为死水,水质恶化。

d. 水资源受到污染。地表各种固体废弃物、土壤中的重金属离子、大气中沉降的有毒颗粒都有可能随着雨水径流入河,造成水体的面源污染。袁宏林等^[7]对西安市降雨水质的变化做了统计分析,发现西安市雨水中的 SS、COD、NH₃-N、TP 均超过 V 类水标准,为严重污染状态,其中 SS、COD、TP 主要源于径流过程雨水对下垫面的冲刷,NH₃-N 主要源于降雨对大气的直接淋洗。陈景辉等^[8]对市区路边土壤取样进行 XRF 元素检测和多元统计分析,发现土壤中重金属含量超标,属于中等污染水平,其中交通源和工业源为重金属超标的两大原因。天然大气降水经过下渗、积蓄以及径流等途径带走这些大量污染物,造成地表水、地下水都受到强烈污染。在人类活动密集区域,水资源污染情况更加常见^[9]。

由此可见,除去自然因素的制约,西安地区水资源短缺大部分是由于人为因素的影响。水资源的短缺是相对的,节水理念的缺失,缺乏规划的不合理水资源开发和利用才是造成西安地区水资源缺乏的根本原因。

4 改善研究区水资源短缺状况的对策

a. 保护水源地。西安南临秦岭,“八水”之中除渭河、泾河处,大多数河流都发源于秦岭山中,因此要改善秦岭生态环境,植树造林,适当退耕还林,从源头上保护水源。

b. 严格限制地下水的开采。2008 年西安市区地下水日开采量约为 35 万 m³,今后应采取封停自备井眼等措施,逐步减少日开采量至 20 万 m³ 以下,防止地裂缝和地下漏斗的进一步发育,降低城市对地下水的依赖性,恢复地表水、地下水之间的健康循环,恢复水体自净和自循环功能。

c. 合理规划、建设水利工程,构建水资源管理和水环境监测平台。朱友银等^[10]分析了南通市内河水污染情况,认为引江调水能明显改善内河水质。但是对于内陆城市西安来说,由于周边“八水”及黄河水质均受到污染,已经无法找到干净的河流,因此利用“引江调水”措施来改善内河水质显得不太现实。解决西安地区的水资源问题,应合理规划、建设水利工程。黑河引水工程已被证明非常成功,它不但解决了西安城区几百万人的生活用水问题,也缓解了西安地区地下水亏空的局面,防止了地面继续沉降造成的各种危害。此外,解决水资源短缺的问题,还可通过构建以信息化技术为依托的水资源与水环境监测管理平台,以推进水资源的合理配置和高效利用^[11]。

d. 增加污水处理厂,提高污水处理技术。西安市污水处理厂在“十五”期末的污水处理率仅有 38.9%,有极大的提升空间,因此可以增加污水处理厂。污水处理过程中,通常投加凝絮剂,但是大量使用凝絮剂会造成河流中铝浓度升高。尽管我国还未制定相关标准来规定河流中铝的质量浓度,但根据其他国家如加拿大、美国的水质标准,渭河西安流域段铝的质量浓度已经足以对人体健康形成危害:渭河流经西安后,铝的质量浓度从 0.29 mg/L 升高到 0.43 mg/L。渭河西安段干流及其支流铝平均质量浓度分别为 0.36 mg/L、0.46 mg/L,分别超美国地表水标准 3.1 倍、4.3 倍,超加拿大标准 2.6 倍、3.6 倍^[12]。今后应逐步提高污水处理的技术,对不同污染状况的水区别对待,如对于硫含量过高的污水,处理时可以利用二段生物接触氧化法^[13]。此外,对城市垃圾要及时集中处理,防止雨水淋滤和运移有毒物质污染地表径流。

参考文献:

[1] 庄宇,昌琳. 西安地区水环境质量的模糊综合评价[J].

- 干旱区资源与环境,2007,21(11):22-26. (ZHUANG Yu, CHANG Lin. A fuzzy comprehensive evaluation model of the water environment quality in Xi'an Area [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2007, 21(11):22-26. (in Chinese))
- [2] 李昭淑,徐象平,李继贻. 西安水环境的历史变迁及治理对策[J]. 中国历史地理论丛,2000(3):39-53. (LI Zhaoshu, XU Xiangping, LI Jizhan. The historical change and countermeasure of water environment in Xi'an area [J]. Journal of Chinese Historical Geography, 2000(3):39-53. (in Chinese))
- [3] 李振兴,张晓斌. 西安市浐灞河下游水质污染状况评价[J]. 水资源与水工程学报,2011,22(3):151-156. (LI Zhenxing, ZHANG Xiaobin. Water pollution situation assessment in lower reach of Chan and Ba River in Xi'an City [J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2011, 22(3):151-156. (in Chinese))
- [4] 孟江丽. 西北干旱区水资源利用与生态环境响应研究:以新疆白杨河流域为例[J]. 水资源保护,2013,29(2):38-42. (MENG Jiangli. Water resources utilization and eco-environmental responses in arid areas in Northwest China: a case study in Baiyang River Basin in Xinjiang [J]. Water Resources Protection, 2013, 29(2):38-42. (in Chinese))
- [5] 党碧玲,任志远,张翀. 西安地区近50年降水量的统计分析[J]. 西北大学学报:自然科学版,2001,41(1):139-144. (DANG Biling, REN Zhiyuan, ZHANG Chong. Statistical analysis on precipitation in Xi'an Region during the last 50 years [J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2001, 41(1):139-144. (in Chinese))
- [6] 郭世兴. 浅析西安市水资源现状与可持续发展[J]. 陕西水利水电技术,2002(1):11-12. (GUO Shixing. A Brief analysis on current situation and sustainable development of water resources of Xi'an City [J]. Water Resources and Hydropower Engineering of Shaanxi, 2002(1):11-12. (in Chinese))
- [7] 袁宏林,陈海清,林原,等. 西安市降雨水质变化规律分析[J]. 西安建筑科技大学学报:自然科学版,2011,43(3):391-394. (YUAN Honglin, CHEN Haiqing, LIN Yuan, et al. Analysis of variation of rainwater in Xi'an [J]. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology: Natural Science Edition, 2011, 43(3):391-394. (in Chinese))
- [8] 陈景辉,卢新卫,翟萌. 西安城市路边土壤重金属来源与潜在风险[J]. 应用生态学报,2011,22(7):1810-1815. (CHEN Jinghui, LU Xinwei, ZHAI Meng. Sources and potential risk of heavy metals in roadside soils of Xi'an City [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(7):1810-1815. (in Chinese))
- [9] 李炳华,崔学慧,朱亚雷,等. 北京市朝阳区地下水化学特征及其变化规律[J]. 水资源保护,2012,28(5):11-12. (LI Binghua, CUI Xuehui, ZHU Yalei, et al. Hydrochemical characteristics and change of groundwater in Chaoyang District of Beijing City [J]. Water Resources Protection, 2012, 28(5):11-12. (in Chinese))
- [10] 朱友银,陈建标,夏栩,等. 南通沿海开发区引江调水修复水环境的探索与实践[J]. 水资源保护,2013,29(3):91-94. (ZHU Youyin, CHEN Jianbiao, XIA Xu, et al. Exploration and practice of water transfer from rivers to coastal development area in Nantong City for water environment restoration [J]. Water Resources Protection, 2013, 29(3):91-94. (in Chinese))
- [11] 何文学,李茶青. 多视角探讨水资源与水环境管理制度及其创新体系[J]. 水资源保护,2014,30(2):74-77. (HE Wenxue, LI Chaqing. Exploration of water resources, water environmental management system, and innovation system from diverse perspectives [J]. Water Resources Protection, 2014, 30(2):74-77. (in Chinese))
- [12] 王东琦,贺延龄,高榕,等. 渭河西安市段铝污染状况及其来源分析[J]. 环境科学学报,2009,29(10):2204-2208. (WANG Dongqi, HE Yanling, GAO Rong, et al. Status and source analysis of aluminum pollution in Xi'an section of the Weihe River [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2009, 29(10):2204-2208. (in Chinese))
- [13] 杨柳燕,蒋锋. 二段生物接触氧化法处理含硫废水的中试研究[J]. 应用与环境生物学报,1999,5(增刊1):99-101. (YANG Liuyan, JIANG Feng. Pilot study on two stage treatment of sulfide wastewater using biological contact oxidation process [J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology, 1999, 5(S1):99-101. (in Chinese))

(收稿日期:2014-05-20 编辑:彭桃英)

