

# 甘肃省西部地区水资源状况及其可持续发展战略<sup>\*</sup>

宋唯一<sup>1</sup>, 郑爱珍<sup>1</sup>, 吕国<sup>2</sup>, 肖荣阁<sup>2</sup>

(1. 商丘师范学院 生命科学系, 河南 商丘 476000; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083)

**摘要:**作为一种对于经济发展必不可少的资源, 水资源在中国分布极其不均。我国严重缺水, 而甘肃西部地区缺水问题尤为突出, 已经严重制约了该地区的农业和经济发展。因此, 本研究通过分析甘肃西部地区水资源状况和水资源可持续发展战略方针, 旨在为该地区水资源开发利用提供参考建议。通过调查, 本研究为维持甘肃西部地区水资源的可持续发展与利用提供了建议, 即必须因地制宜地进行适度开源, 实施跨流域调水, 同时加大相关政府部门的监管力度。

**关键词:**甘肃西部地区; 水资源; 可持续发展

中图分类号: P331.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)03-0272-04

## Conditions of Water Resources in Western Gansu Province and Its Sustainable Development Strategy

SONG Wei-yi<sup>1</sup>, ZHENG Ai-zhen<sup>1</sup>, LÜ Guo<sup>2</sup>, XIAO Rong-ge<sup>2</sup>

(1. Department of Life Science, Shangqiu Normal University, Shangqiu, Henan 476000, China; 2. China University of Geology (Beijing), Beijing 100083, China)

**Abstract:** As a kind of indispensable resource for economic development, water resources are extremely scarce and unevenly distributed in China, and western Gansu province is especially one of the regions in China that are confronting with severe water shortage, greatly inhibiting both agricultural and economic development in this region. Therefore, this research aimed at providing referential suggestions on the development and utilization of water resources in western Gansu province by analyzing the conditions of water resources and the strategic policies of sustainable water resource development in this region. Through investigations, this research proposed some suggestions on the maintainance of sustainable development and utilization of water resources in western Gansu province, namely the moderate opening of water sources, the implementation of trans-regional water diversion as well as the enhancement of the supervision and regulation of relevant governmental sectors.

**Key words:** western Gansu province; water resources; sustainable development

### 1 甘肃省西部地区概况

甘肃省西部地区主要系指甘肃河西走廊地区, 河西地区系指甘肃省黄河以西地区, 在行政上属甘肃省的武威市、张掖市、酒泉市、金昌市和嘉峪关市, 及青海省祁连县的一部分。东起乌鞘岭, 西至甘肃与新疆交界处, 南以祁连山、阿尔金山分水岭为界, 北至内蒙古自治区和蒙古人民共和国边界。在地理位置上处于我国西北干旱地区和青藏高原边缘, 总

面积 21.5 万 km<sup>2</sup>, 占甘肃省总面积的 60.6%。其中耕地面积 63.4 万 hm<sup>2</sup>, 占甘肃省总耕地的 18.2%。其走廊地形平坦开阔, 海拔高度 1 000~2 000 m, 大黄山和黑山将走廊分成东西方向 3 个互不相连的内陆河流域: 石羊河流域、黑河流域、疏勒河流域。绿洲集中分布于走廊中部, 南北两山山前有大面积的戈壁和沙漠。气候干旱, 属温带荒漠气候类型, 年降水量仅 50~250 mm<sup>[1]</sup>。绿洲农业生产乃至一切经济活动完全依赖于地表、地下水资源。

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2009-03-29

基金项目: 河南省科技厅自然科学基金项目(0511030200); 河南省教育厅科技攻关项目(200510483005)

作者简介: 宋唯一(1980-), 男, 甘肃敦煌人, 讲师, 博士, 从事植物逆境生理生态的教学与研究。E-mail: songweiyi2008@126.com

通信作者: 郑爱珍(1970-), 女, 河南商丘人, 副教授, 在职研究生, 主要从事植物逆境生理生态的教学与研究。E-mail: sqaz@163.com

## 2 甘肃省西部地区水资源问题

我国西部干旱地区水资源短缺问题十分严重, 国民经济发展与生态建设用水长期处于尖锐的矛盾之中, 是西部大开发中最关键的制约因素。全球和区域范围的气候变暖加上频繁的人类活动已引起了干旱地区许多水文过程的变化, 诱发了水资源系统的恶化和生态系统的退化。在西北干旱区内陆河流域, 以水资源开发为中心的人类经济—工程活动所导致的水资源重新分配过程较一般地区(半干旱、半湿润区)强烈, 不仅使河流水系的水质水量时空分布产生改变, 而且强烈干扰与之有密切水利联系的地下含水层, 进而产生诸如地面沉降、咸水入侵、地下水污染、植被退化、土地沙化和盐渍化等严重的生态环境效应。甘肃西部地区是我国开发较早的内陆地区, 水资源整体利用强度较高, 随着社会经济开发、用水增加, 水资源短缺矛盾更加突出, 由此导致流域生态环境质量退化, 如平原荒漠林与河谷林锐减, 草场退化, 河流萎缩, 湖泊干涸或湖面缩小, 沙漠化加剧, 水土流失, 农田营养失调, 肥力下降, 而土壤次生盐渍化严重。在甘肃西部地区, 近年来的客观事实是绿洲和沙漠同时扩大。在两河石羊河和黑河中游, 张掖、武威经济发展很快, 相当繁荣, 但其下游严重缺水, 河湖干涸, 植被萎缩, 甚至消亡, 许多地方更是超采地下水, 使地下水位大幅度下降, 造成干旱地区以地下水为支撑的天然植被不断萎缩, 最后消亡。黑河下游是库姆塔格沙漠和巴丹吉林沙漠之间的绿色走廊, 石羊河下游是巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠之间的绿色走廊, 所以这几条河的下游是隔离我国几大沙漠的重要屏障, 现在石羊河、黑河下游的绿色走廊正在消失, 这意味着三大沙漠将连在一起, 不仅对甘肃西部地区, 而且对我国整个北方, 一直到首都都将形成严重的生态问题。

水资源是干旱区经济与社会可持续发展的核心和基础, 区域水资源状况与生态环境质量标志着该区域经济社会可持续发展的能力以及社会生产和人居环境稳定协调的程度。充分认识和理解区域水资源的状况, 正确评价现状水资源量, 掌握水资源演化趋势, 是制定和规划区域国民经济计划的重要依据。国家实施的“西部大开发战略”为甘肃西部地区的发展迎来了历史机遇, 也迎来了挑战, 而该地区的水资源匮乏问题尤其突出。无论跟西部其它地区还是与东部、中部地区相比, 甘肃省西部地区的水资源压力和生态环境脆弱度都相对较大。而水资源系统的迅速退化和环境污染西迁速度的加快将是河西乃至整个西部大开发面临的最严重的挑战。干旱区水资源和生态环境研究日益受到国际学术界与政府

的极大关注, 诸如联合国科教文组织实施的干旱地区水文计划和阿拉伯地下水保护计划, 半干旱热带地区水文大气先行性研究, 国际地圈生物圈计划等都把干旱地区水资源作为研究核心。我国政府也非常重视干旱地区研究, 自20世纪80年代以来, 组织实施了若干大型研究项目和一系列中外合作研究项目, 这些研究初步说明了西北干旱区水资源及其生态环境保护问题, 粗略地提出了水资源总量、用水模式、现状生态耗水量和最小生态需水量, 以及未来水资源供需平衡问题, 取得了阶段性研究成果。

甘肃西部地区历来是国际地学、生物学、环境科学等方面学者关注的重点地区。20世纪以来, 美、英、法、德、日等国的科学家纷纷涉足这一区域, 围绕亚洲中部气候变干、环境恶化、水资源枯竭和古丝绸之路的兴衰原因等问题展开了旷日持久的争论。我国政府多次组织甘肃西部地区资源与环境方面的综合考察和研究工作。尤其自80年代以来, 原国家科委、中国科学院、教育部和国家自然科学基金委员会等单位组织实施了若干大型研究项目, 如“气候变化对华北西北水资源影响研究”、“中国沙漠化机理研究”、“干旱区新生代古环境重建”、“西北地区沙尘暴机理研究”以及中国生态网络系统(CERN)的建立等, 提高了对西北干旱地区干旱历史、沙漠形成演化、生态环境及其变化、山地冰雪水文过程、冰川水资源评价、干旱地区地表水与地下水资源转化和水资源承载力、水资源利用、水土资源变化规律的认识。杨针娘<sup>[2]</sup>、张学成等<sup>[3]</sup>对甘肃西部地区祁连山冰川融水资源进行了初步评价, 给出了我国冰川水资源空间分布的基本状况; 汤奇成等<sup>[3-4]</sup>较为系统地研究了甘肃西部地区各水文要素的地区分布特征, 讨论了干旱区水资源保护及合理利用的途径; 陈隆亨等<sup>[5]</sup>研究了甘肃西部地区水土资源数量、质量及其分布特点以及水土资源开发利用过程中已引起的生态环境问题。80年代末以来, 结合全球变化的研究热点开展了气候变化对甘肃西部地区水资源影响及其趋势研究, 特别是在气候变化对甘肃西部地区山区径流的影响、积雪和出山径流变化趋势研究方面取得了一定进展: “九五”期间对甘肃西部地区水资源及生态环境保护进行了研究, 积累了大量的资料。但涉及干旱地区水资源形成与生态水文环境过程的诸多基础问题还没有解决, 诸如: 自然变化和人类活动影响下的水文循环及水资源演变规律, 特别是深层地下水形成演化过程; 在国家和地区宏观战略规划决策方面需要考虑多大的生态需水量; 以及水资源承载力模型中的水资源系统、水生态系统和社会经济—生态系统结合等, 迫切需要从深层次科学规律认识层面和创新的原则系统研究, 分析研究

甘肃西部地区以流域为单元的水资源供需平衡, 提出 21 世纪水资源合理调配的基本模式和管理对策, 为甘肃西部地区的生态建设和经济社会发展提供科学依据<sup>[7]</sup>。

3 水资源及其开发利用现状

3.1 甘肃西部地区水资源量

3.1.1 甘肃西部地区地表水资源 甘肃西部地区的河流均属内陆河, 年径流量大于 3 亿 m<sup>3</sup> 的河流 58 条。从东到西可分为 3 个水系: 乌鞘岭以西至大黄山范围内的河流归向民勤以北的青土湖, 为石羊河水系, 20 世纪 60 年代修建红崖山水库以后, 再无河水流入, 早已干涸; 大黄山以西至嘉峪关黑山范围内的河流最后流入内蒙古境内的嘎顺尔湖, 古称居延海, 属黑河水系; 黑山以西至甘新边界的库穆塔格范围内的河流向西流入哈拉齐湖, 最早曾流入罗布泊, 属疏勒河水系。三大水系均源出于祁连山<sup>[3, 6]</sup>, 以黑河干流出口水量最大, 为 15.52 亿 m<sup>3</sup>, 其次是疏勒河干流, 出口水量为 8.55 亿 m<sup>3</sup>, 讨赖河出口水量为 8.74 亿 m<sup>3</sup> (冰沟十新地), 党河出口水量为 3.34 亿 m<sup>3</sup>。河西三大水系年径流量约 69.66 亿 m<sup>3</sup>, 其中石羊河水系出口水量为 15.77 亿 m<sup>3</sup>, 黑河水系为 34.96 亿 m<sup>3</sup>, 疏勒河水系为 18.93 亿 m<sup>3</sup><sup>[1, 7]</sup>。

3.1.2 甘肃西部地区地下水资源 甘肃西部地区水文地质条件: 由于中新生代以来强烈的沉降过程, 盆地中大都具有巨厚疏松的河湖相沉积, 从而使这些盆地成为地下水良好的聚集场所。这些盆地构造分水岭所限制的含水层系, 各自有独立的补给、径流、排泄过程, 而盆地相互之间, 水资源又存在着密切的联系。甘肃西部地区主要的水文地质盆地有 8 个, 它们呈南、北两排展布, 南面一排紧靠祁连山, 北面一排与低矮的北山邻接; 南、北盆地之间多为不宽的、低缓的构造山梁分隔。南部武威、张掖、酒泉、玉门—踏实、阿克塞等 5 个盆地地势较高, 地质构造具有山前凹陷特征, 盆地南缘可见水资源变化趋势分析。

3.2 甘肃西部地区地表水动态变化及特征

3.2.1 年内分配 甘肃西部地区山区河流的径流补给主要是降雨, 因此径流的年内分配与降水年内分配基本一致, 作物生长期 4—6 月径流量占年径流量的 29%, 主汛期 7—9 月占 52.51%, 最大连续 4 个月 6—9 月占 59%, 枯季 10 月至翌年 3 月占 18.49%。疏勒河流域(昌马堡站)、黑河流域、石羊河流域出口径流量月分配百分率见表 1。

3.2.2 年际变化

(1) 年径流变差系数  $C_v$  值。河西内陆河三大水系山区河流多年来水量补给基本稳定,  $C_v$  为 0.16~0.26, 年际变化不大。黑河、讨赖河最小, 为 0.16,

昌马河为 0.23, 石羊河上游诸河大部分为 0.16~0.25。与东部河流比较  $C_v$  值是很小的, 说明祁连山区河川径流 1 t 的多年变化是相对稳定的<sup>[6]</sup>。

表 1 甘肃西部地区河流基本情况

河流名称	流域面积/ 万 km <sup>2</sup>	河流长度/ km	年径流量/ 亿 m <sup>3</sup>
内陆河	27.1	1274.7	58
疏勒河	15.2	622	16
黑河	5.6	527	22
石羊河	4.07	250	15.7

(2) 年径流动态变化规律。将昌马河、党河、讨赖河、洪水河、黑河和杂木河绘制差积曲线, 可以看出各主要河流年径流量的年际变化并不一致。如昌马河—党河合成过程基本是一个周期, 即 1956—1969 年为下降期, 1970—1990 年为上升期。讨赖河—洪水河为 2 个长时段的平水年和 2 个短时段的丰水、枯水年份。石羊河由 2 个短时段的丰水年和一个长时段的偏枯年组成。黑河则由平水年、偏枯年和偏丰年 3 段组成。对甘肃西部地区来说, 水资源的多年变化很难用一个简单的模式去套, 但是丰水年和枯水年的出现也有其共性, 如河西丰水年有 1959 年、1964 年、1967 年、1981 年、1983 年、1993 年, 枯水年有 1962—1963 年、1968—1969 年、1972—1974 年、1985—1987 年、1991 年、1997 年。

3.3 甘肃省西部地区水资源供需状况分析及预测

按照国家实施西部大开发战略的总体要求, 从战略高度着眼, 一是以改善生态环境为根本和切入点, 充分考虑水土资源条件和生态环境保护的要求, 合理确定与调整经济结构和产业结构布局, 在保护生态的前提下加快经济发展。根据水资源条件确定重点发展区域和发展重点, 从社会经济发展、生态环境保护、水资源开发利用三方面实现资源的优化配置, 一是提高区域的资源环境承载能力。把水土保持、生态环境建设作为甘肃西部地区经济发展的保障, 加快水土流失治理速度, 改善当地农业生产条件和生态环境; 把水资源的开发利用与节约保护结合起来, 实现水资源的可持续利用; 二是把节水和水资源的高效利用作为一项革命性措施来抓, 以节水灌溉为重点进行灌区建设, 遵循统一管理, 分步实施, 因地制宜, 讲求实效的原则; 三是以水资源优化配置为目标, 强化地表水与地下水统一管理, 供水与需水统一管理, 水量与水质统一管理; 四是从长远和全局出发, 实施必要的跨地区、跨流域调水。

甘肃西部地区水资源管理中存在的问题如下: 水资源管理体制存在的问题; 水资源管理责、权、利界定不清, 水污染和水资源浪费严重; 甘肃西部地区

水资源管理体系不健全, 执法力度不够。因此, 甘肃西部地区未来水资源配置可遵循以下原则: (1) 以保护和改善生态环境为前提, 优先保证城乡生活用水, 满足重点工业用水, 协调安排农业与生态用水, 强化节水措施; (2) 坚持优化产业结构, 以水定规模, 以水定发展, 节水促发展, 以供定需, 合理确定发展规模及其速度; (3) 充分考虑科技进步因素, 通过工业先进技术的应用, 调整农业种植业结构, 降低工农业耗水定额, 努力提高用水效率。科学适度开发地下水, 考虑甘肃西部地区水资源利用特点, 充分实现地表水、地下水联合调度; (4) 工业、生活等部门必须全面实施节水与治污工程, 加强水污染治理力度, 实现污水资源化; (5) 根据甘肃西部地区水资源条件, 水利建设的特点, 以及水利建设的基础, 配置甘肃西部地区未来水资源。

## 4 结论与讨论

(1) 河西内陆河流域水资源总量为  $74.80 \text{ 亿 m}^3$ , 其中地表水资源量为  $69.66 \text{ 亿 m}^3$ , 地下水资源量为  $5.14 \text{ 亿 m}^3$  可利用水资源总量为  $66.5 \text{ 亿 m}^3$ , 其中疏勒河  $20 \text{ 亿 m}^3$ , 黑河  $28.97 \text{ 亿 m}^3$ , 石羊河  $17.53 \text{ 亿 m}^3$  水资源量除疏勒河外, 黑河流域属用水紧张地区, 石羊河流域属缺水地区。

(2) 疏勒河流域出山口处的河水水质指标基本达到了  $n$  类水标准, 中游区绝大部分河流水质符合 III 类标准, 疏勒河干流和石油河下游水质矿化度较高; 黑河流域莺落峡以上至黄藏寺段和莺落峡至张掖市供水水源地段, 符合  $n$  类水标准, 张掖市供水水源地区至正义峡段, 水质属  $m$  级临界范围; 石羊河流域除大靖河出山口以上为  $m$  级水质外, 其余各河出山口以上为  $n$  级水质; 石羊河下游金川峡水库和红崖山水库水质属  $N$  级标准。南盆地地下水水质尚好, 北盆地地下水水质恶化, 各种有害离子含量较大, 矿化度较高。

(3) 河西内陆河三大水系山区河流多年来水量补给基本稳定,  $C_v$  为  $0.16 \sim 0.26$ , 年际变化不大。石羊河流域从 1956–1985 年 30 a 完成了一个丰平枯的循环周期, 1985–1995 年又开始进入下一个循环的 10 a 平水期, 多年最大值、最小值都无突出变化; 黑河干流 1956–2000 年年平均流量变化趋势, 1956–1967 年、1967–1974 年、1975–1982 年为丰、枯、平水时段, 1982–1991 年为丰水期, 1991–2000 年为平偏丰水期; 疏勒河干流五、六十年代为枯水期, 七十年代为平水期, 八十年代以后为丰水期。水资源的变化在排除人类活动影响以后, 短时期内是觉察不出来的。甘肃西部地区出山地表径流

的丰枯与山区降水量大小呈正相关的关系, 与气温的关系则呈反相关关系。

(4) 甘肃西部地区 2000 年经济社会各部门总需水量为  $72.91 \text{ 亿 m}^3$ 。农业、工业、生活(包括农村生活、城镇生活)、生态环境需水量分别为  $63.58$ ,  $4.29$ ,  $1.80$ ,  $3.25 \text{ 亿 m}^3$ , 预测到 2050 年总需水量为  $68.41 \text{ 亿 m}^3$ , 农业、工业、生活、生态环境需水量分别为  $35.40$ ,  $12.16$ ,  $6.79$ ,  $14.01 \text{ 亿 m}^3$ 。

(5) 甘肃西部地区 2010 年增加地表水供水量  $0.55 \text{ 亿 m}^3$ , 增加污水处理回用  $0.2 \text{ 亿 m}^3$ , 外流域调水  $1.0 \text{ 亿 m}^3$ , 减少地下水开采量  $3.83 \text{ 亿 m}^3$ , 2030 年通过跨流域调水及污水处理会使甘肃西部地区可供水量达到  $67.41 \text{ 亿 m}^3$ , 基本解决了甘肃西部地区水资源短缺问题。

(6) 通过需水趋势分析, 2010 年、2030 年、2050 年甘肃西部地区城镇生活用水增长迅速; 农村生活用水先增后降, 趋于稳定; 工业用水增长速度由快变慢, 定额持续下降; 农业用水呈下降趋势, 生态用水增长幅度较大。

(7) 通过供需形势分析, 2000 年流域缺水  $6.95 \text{ 亿 m}^3$ , 地下水超采约  $5 \text{ 亿 m}^3$ , 规划 2010 年以后通过兴建引大济西二期及引大济黑跨流域调水工程, 甘肃西部地区再增加水资源量  $6.9 \text{ 亿 m}^3$ , 使流域外调水总量达到  $7.9 \text{ 亿 m}^3$ , 到 2030 年以后, 随着区域节水型社会的完善, 污水处理回用力度加大, 流域可供水量稳定在  $66 \text{ 亿 m}^3$  左右。

(8) 甘肃西部地区属资源型缺水地区, 必须开源节流并举, 高效利用本流域水资源, 努力建设节水型社会, 这是经济社会可持续发展的基础, 因地制宜地进行适度开源是合理配置水资源的必要手段, 实施跨流域调水是可持续发展的战略保障措施。

### 参考文献:

- [1] 甘肃年鉴编委会. 甘肃年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2003.
- [2] 杨针娘. 中国冰川水资源[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1991.
- [3] 张学成, 杨针娘. 祁连山冰沟流域水量平衡初析[J]. 冰川冻土, 1991, 13(1): 35–42.
- [4] 汤奇成. 中国干旱区水文及水资源利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [5] 陈隆亨, 曲耀光. 河西地区水土资源及其合理开发利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 36–169.
- [6] 车克钧, 傅辉恩, 王金叶, 等. 祁连山水源林生态系统结构与功能的研究[J]. 林业科学, 1998, 34(5): 29–38.
- [7] 伍光和, 江存远. 甘肃省综合自然区划[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1998.