

# 渭河流域陕西段水资源与生态环境保护

王雁林<sup>1,2</sup>, 王文科<sup>1</sup>, 杨泽元<sup>1</sup>, 段磊<sup>1</sup>, 乔晓英<sup>1</sup>

(1. 长安大学 环境科学与工程学院 西安 710054 2. 陕西省国土资源厅 环境处 西安 710082)

[摘要] 干旱半干旱区的水资源开发利用及其生态环境保护是可持续发展的热点问题之一。立足于渭河流域陕西段社会经济可持续发展, 以实现生态环境良性发展为目标, 从分析区内水资源特点、开发利用现状以及水资源开发利用引起的主要生态环境问题出发, 分析了流域水资源开发利用与生态环境演化之间的作用机理。针对存在问题, 从4个方面阐明了实现流域水资源可持续利用与生态环境保护协调发展的基本策略。

[关键词] 水资源; 生态环境; 可持续发展; 渭河流域; 陕西省

[中图分类号] TV213.4; TV213.9 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2004)01-0079-06

[作者简介] 王雁林(1975—), 男, 山西运城人, 博士研究生, 现从事国土资源合理利用与生态环境保护研究工作。

渭河是黄河第一大支流, 发源于甘肃渭源县鸟鼠山, 流经甘肃、宁夏、陕西3省, 在陕西潼关县注入黄河。流域总面积  $13.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 其中陕西境内  $6.76 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。渭河干流全长 818 km, 其中陕西境内干流长 502 km。渭河流域陕西段地跨黄土高原、关中盆地、秦岭北麓山地3个地貌单元。流域地处半干旱地区, 属典型的大陆性季风气候, 冬季严寒多西北风, 夏季炎热多东南风, 春秋气候温和多东风, 年均气温由东向西, 由渭河向两侧呈递减趋势。区内集水面积在  $100 \text{ km}^2$  以上的支流有 176 条, 其中年径流量在  $1 \times 10^8 \text{ m}^3$  以上的支流有 16 条, 渭河南岸支流源短流急, 峪口以上均为山区性河流。峪口以下至入渭口比降突变, 主槽摆动不定, 水量较丰, 水质良好。渭河北岸各支流源远流长, 发源于黄土高原, 河流含沙量高。流域南北山地之间的关中盆地表现出明显的相对封闭物能内聚的环境构架<sup>[1]</sup>, 这种特殊的自然地理和气候条件, 使之有水则兴, 无水则衰。水资源不仅是人类生产生活的基础性自然资源和战略性经济资源, 而且是生态环境的控制性因素, 是流域生态系统构成、发展和稳定的基

础。随着人类对水资源开发利用强度的不断增大, 区内生态环境问题也日益突出。因此, 开展水资源可持续开发利用与生态环境协调研究, 为缓解黄河流域水资源危机与改善生态环境, 为陕西省“一线两带”建设提供科学的决策依据已成为渭河流域面临的重要研究课题。

## 1 水资源特征

### 1.1 水资源短缺形势十分严峻

渭河流域陕西段水资源总量(含入境水量与自产地表地下水资源量)多年平均为  $103.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 人均水资源量  $470 \text{ m}^3$ , 耕地每  $0.067 \text{ hm}^2$  均  $280 \text{ m}^3$ 。按照国际水资源丰富程度划分标准, 渭河流域陕西段属于资源型缺水型。20世纪80年代中期以来, 流域气候干旱导致降水减少加之人类水利工程影响, 造成区内河川径流量不断减少。以关中盆地为例, 1986-1999年同期河川径流量仅为多年平均值的74.7%; 以渭河干流林家村站为例, 林家村站多年平均径流量  $21.79 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 而1991-2000年10年平均径流量仅为  $10.72 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 比正常年减少了51%。其中1997年仅为  $4.02 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 不及多年平均值的1/5, 为渭河干流50年来的最枯值<sup>[2]</sup>。未来水资源受干旱持续影响和人类活动加剧, 形势将会十分严峻。

[收稿日期] 2004-12-14

[基金项目] 国家重点基础研究发展规划(973)项目(G1999043606); 陕西省计委渭河流域综合治理规划项目

1.2 水资源时空分布与社会经济发展要求不协调

径流和降水的年内分配基本相似,降水量的 60%~75%、径流量的 50%~65%集中于汛期(6月)4个月;枯水期(122月)降水、径流值占全年的 15%左右。径流的年际变化也较大。在 19562000 年 45 年水文系列中,区内的主要支流泾河张家山站极值比为 5.54,洛河状头站极值比为 5.88,渭河干流林家村站极值比达到 12.1。陕西省渭河流域目前集中了西安、宝鸡、咸阳、铜川、渭南 5 个大中城市和杨凌农业高新技术产业示范区,集中了陕西省 64%的人口、56%的耕地、72%的灌溉面积和 82%的工业总产值,国内生产总值占陕西省的 81%以上,而水资源量(含客水)仅占全省地表水资源量总量的 25%,人均 $0.067\text{ hm}^2$ 均水资源量仅为全省人均每  $0.067\text{ hm}^2$  均水资源量的 25%和 35%。由于来水与用水在水量和时间上存在的 inconsistency,以及汛期洪水径流量所占比重过大,其汛期径流大部分流失。因此无论是年内分配,还是区域用水与需水都表现出明显的不协调性。

1.3 河流泥沙含量高,水资源难以利用,极易诱发洪涝灾害

泾河、洛河多年平均含沙量超过  $100\text{ kg/m}^3$ ,渭河含沙量也在  $50\text{ kg/m}^3$ <sup>[1]</sup>,泥沙主要来自流域上中游的黄土高原区,集中于汛期。河流含沙量高和汛期集中下泄,一方面造成水资源难以充分利用,另一方面也是渭河泥沙淤积和洪涝多发的重要原因,尤其是三门峡水库投运以来,渭河下游泥沙淤积日趋严重,河床不断淤高的渭河下游已成为悬河,稍遇大水就会决堤。

2 水资源开发利用现状及生态环境

2.1 水资源开发利用现状

流域水资源开发利用历史悠久,自战国时代秦国修建建国渠,“于是关中为沃野,无凶年,秦以富强,卒并诸侯”<sup>[2]</sup>近 2000 年来,历朝历代对渭河流域水资源的开发利用从未间断,尤其是 20 世纪 50 年代以来,随着流域内人口猛增和工农业经济规模扩大以及城市化水平的加快,水资源开发利用强度随之加大。

(1)从供水工程分析,截至 2000 年,全区共建成各类蓄水工程 129 座,引水工程 1 635 处,提水工程 3 291 处,机电井工程 12.90 万眼。

(2)从供水水源分析,地表水供水量  $20.56\times 10^8\text{ m}^3$ ;地下水供水量  $30.50\times 10^8\text{ m}^3$ ,2000 年各类工程实际总供水量  $51.01\times 10^8\text{ m}^3$ ,水资源开发强度超过 50%。

(3)从各部门用水分析,2000 年渭河流域陕西段  $51.01\times 10^8\text{ m}^3$ 总用水统计中,各部门用水量见表 1。从表 1 可见,农业灌溉用水仍然是最大的用水部门,占到总用水量的 50%以上。通过对 2000 年各部门需水量分析表明,国民经济各部门需水量达  $72.5\times 10^8\text{ m}^3$ ,缺水量  $21.49\times 10^8\text{ m}^3$ 。从流域水资源开发利用现状来看,流域水资源供需矛盾十分突出。

表 1 2000 年渭河流域陕西段水资源开发利用现状  
Table 1 Present situation of water resources in Shaanxi part of Weihe river basin in 2000

部 门	农灌用水	工业用水	城镇用水	农村人畜	林牧渔业	人工生态	合计
用水量/ $10^8\text{ m}^3$	27.68	10.42	8.17	2.73	1.21	0.80	51.01
各部门用水占总用水比例/%	54.3	20.4	16.0	5.3	2.4	1.0	100

2.2 水资源开发利用诱发的主要生态环境问题

2.2.1 水污染严重,水质恶化

流域内多数河流受到污染,渭河干流及其主要支流污染更严重。2000 年流域废污水排放量达到  $9.29\times 10^8\text{ t}$ ,是 20 世纪 80 年代初的 3 倍。流域内水污染治理工程设施严重滞后,绝大多数排污口超标排放,渭河干流宝鸡峡以下河段全部为 V 类或超 V 类水质,基本上丧失了水的使用功能。近年来,由于地表污染水体的下渗和固体废物淋滤入渗等原因,造成区内重要城镇和重点工业区的地下水污染日益突出。渭河中下游除渭南市地下水水质尚好外,其他城市地下水均遭到一定程度污染<sup>[3]</sup>。笔者通过对 2001 年在关中盆地采集的 232 个水样的分析表明:本区地下水中  $\text{NO}_3^-$  含量普遍升高,最高检出浓度为  $650\text{ mg/L}$ ,超标 7 倍多<sup>[3]</sup>。

2.2.2 水生态环境不断恶化

渭河是关中盆地地表地下径流的归纳和排泄之地。由于关中盆地无理想的建库地址,盆地南北山地步步设库,层层拦截,大小蓄水工程有 2 441 座;加之宝鸡峡引渭工程在枯水年平均引水量占河道水量的 27.7%,枯月高达 96.8%,大部分时间河道几乎断流无水<sup>[1]</sup>。河道经常无水导致河道生态系统退化,泥沙淤积严重。三门峡水库建库又打破

了渭河 2000 多年来的冲淤平衡, 至 1998 年已淤积泥沙  $16.9 \times 10^8 \text{ t}$ , 渭河入黄河口的潼关高程淤高约 5 m, 溯源淤积已延至咸阳。特别是近十年来, 渭河水量急剧减少, 河床不断淤高, 渭河下游已成地上悬河, 目前堤防仅能抵御 12 年一遇洪水。随着渭河干流河床淤高, 渭河南岸的 12 条南山支流出水受阻, 经常溃堤成灾; 同时造成灌区农田丧失自流排水能力。造成库区土地盐碱化加剧, 局部地区出现沼泽化等环境问题。

2.2.3 地下水超采, 引发地裂缝、地面沉降等地质环境问题

由于经济发展和城镇人口增加, 导致地下水大量超采, 从 1986 2000 年累计超采地下水  $69.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 年均超采地下水  $4.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 导致一些地方出现地面裂缝、沉降等一系列地质环境问题。以西安市为例, 据省地矿部门统计资料, 西安累积沉降量大于 100 mm 的面积为  $100 \text{ km}^2$ , 大于 1 000 mm 的面积为  $41 \text{ km}^2$ , 最大累积沉降量已达 2 300 mm, 沉降速率为 3093 mm/a, 远超出 24 m/a 的区域形变率<sup>[1]</sup>。据西安市 1997 年度地下水情通报统计分析, 由于地下水补给量减少, 西安市各集中供水水源地和区域地下水位普遍呈下降趋势, 且水源地漏斗面积逐年扩大, 致使地下水资源量不断衰减。

3 流域水资源与生态环境之间的互馈分析

近半个世纪以来, 渭河流域陕西段的生态环境变化剧烈, 表现为生态系统更不稳定, 生态环境更加脆弱, 生物多样性锐减, 自然灾害不断加剧, 生态服务功能下降, 自然调控能力降低, 生态系统呈现出由结构性破坏向功能性紊乱演变的发展态势。流域水资源系统与流域生态系统密切相关、相互制约, 流域当前存在的生态环境问题, 实质上是水资源不合理开发利用与生态环境恶化相互耦合的结果(图 1)。

3.1 气候演变和人类活动对流域水资源系统和生态系统的扰动和干预

水资源系统是由一定的地理空间内的各种水体及其产生、循环和分布的环境构成的地理系统功能整体, 是一个开放的复杂巨系统<sup>[4]</sup>, 同时又是一个动态的非线性复合系统。生态系统是生物群落

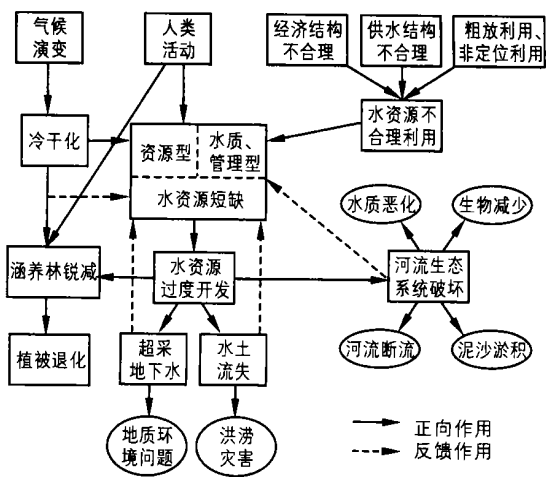


图 1 流域水资源系统与生态环境系统作用机理  
Fig. 1 Exploitation and utilization of water resource and its influence on eco-environment in Weihe river basin of Shaanxi Province

及其生存环境共同组成的动态平衡系统; 是在一定的地理空间内, 生物和非生物成分, 通过物质循环、能量流动和信息交流而相互作用、相互依存形成的生态学功能单元<sup>[5]</sup>。地球自身及其宇宙自然力对水资源系统和生态系统的作用, 形成了系统演化的自然环境, 决定了系统内各要素的循环、转化与分布的基本特点。气候研究结果表明, 本区第四纪古气候变化规律是: 从早更新世到中、晚更新世, 气候波动幅度逐渐加大, 波动频率逐渐提高, 气候变化是以冷干为主, 向暖湿波动为辅<sup>[1]</sup>。在未来相当长时间内, 仍将持续干旱, 其反馈作用将会使水资源数量进一步减少<sup>[9]</sup>, 决定了本区具有降水量少、生态环境脆弱的本底特征。与此同时, 人类活动对水资源系统和生态系统的干预能力不断增强, 其中任何一个系统或系统要素改变, 都可能对地理景观和环境产生影响, 并扩散传播, 造成一系列链式效应。人类对水资源系统的干预, 呈现出由部分到整体、由弱到强的趋势。在水资源开发利用的早期阶段, 人类对水资源系统的干预能力不强以及人类需求的有限性, 水资源开发利用引起的生态负效应并不明显, 问题并不突出。随着人类对水资源的需求日益增长, 水资源开发利用引起的生态环境负效应日益明显, 问题日益突出。近几十年来, 本区人口增加迅速, 经济总量有了很大提高, 但经济结构仍未摆脱小农经济的发展模式, 以“产粮为主”的地区经济结构不仅消耗大量水资源, 而且造成土壤盐渍化等环境问题; 以轻纺、有机化工为主的工业结构产品由于技术含量不高, 不仅附加值低, 而且导致严

重的水土环境污染。农业灌溉绝大多数仍为漫灌和浸灌,浪费严重;工业万元产值用水量比东部发达地区高出  $20\text{ m}^3$ 。各项用水定额与河北省已公布的用水定额<sup>[7]</sup>相比,相对较高;城市废水和企业污水排放严重超标。与此同时,人类对生态系统进行直接干预,造成了生态系统破坏。据史料记载,渭河流域陕西段历史上是“林草丰茂”的“风水宝地”,水量丰沛,两岸有大片湿地,生态环境良好。随着人口不断增长,人类对渭河两岸大片森林大肆采伐,如秦岭北麓山地区,唐代以前森林保存完好。唐代以后,采薪伐木,毁林开荒,森林锐减<sup>[1]</sup>。建国后的多次毁林和开荒,使森林覆盖率急剧下降,原始森林所剩无几<sup>[8]</sup>。

### 3.2 流域水资源系统与生态系统的互馈加剧了流域生态环境向功能性紊乱演变的发展态势

对水资源的无限度需求和不合理的开发利用,造成了水资源短缺,资源型缺水、水质型缺水、管理型缺水都是其具体不同的表现形式。水资源短缺进一步加剧了水资源的不合理开发,在实践中表现为人与自然争水,国民经济用水挤占生态用水。生态用水不足,造成生态系统的服务功能下降,表现为涵养林锐减导致了植被退化,超采地下水诱发一系列环境地质问题,水土流失加剧了渭河流域的洪涝灾害,河流生态系统破坏造成了水质恶化、生物减少、河流断流、泥沙淤积等生态环境负效应。而这些生态环境负效应又加剧了生态系统对水资源系统的反馈作用,由于水资源系统尤其是河流生态系统受生态环境系统中其他系统的制约较大,它受流域陆地生态系统的制约,流域内陆地生态系统的气候、植被、土地利用等变化常常造成水资源系统向着不可逆方向演化,从而导致整个生态系统服务功能下降,例如渭河南北两侧的山地是维系渭河水量丰枯的天然屏障。目前,秦岭北麓山地区水源涵养林破坏严重,造成向渭河补给的众多河流枯竭断流,减少了水资源的可利用量,进一步加剧了水资源短缺,从而陷入了水资源短缺与生态环境恶化的恶性循环当中。

## 4 水资源开发利用与生态环境协调发展策略

水资源的高强度开发和不合理利用,加剧了水资源短缺,从而引发严重的生态环境负效应。实现

两者之间的协调发展关键在于把握以下 4 点:

### 4.1 控制和配置人口是缓解水资源短缺、改善生态环境的根本举措

水资源制约下的生态环境的人口容量是相对的。渭河流域陕西段人口众多,占陕西省总人口的 60%以上。流域人口的总趋势是:人口数量逐渐增大,城市化速度加快<sup>[1]</sup>。因此要进一步控制人口的过快增长,使人口增长、水资源开发利用和生态环境建设协调发展。同时,调整人口、资源与环境关系。关中盆地区要严格控制总人口数量,控制大城市规模和人口数量,适度发展中小城市,实现人口的合理配置;黄土高原区和南部秦岭北麓山地区,人口过多、密度过大,造成生态破坏和生态退化,加剧渭河流域水资源短缺和洪涝灾害频繁,也是当地长期贫困落后的主要原因之一。在这些地区,实现生态根本改善的关键在于:在退耕还林还草和生态修复后,能否真正建成替代的、可持续发展的生产条件<sup>[9]</sup>,一方面要以小流域为单元,山、水、林、田、路统一规划,生物、工程、耕作措施科学配置,综合开发,提高生态对人口的承载力;同时,在严格控制人口增长的基础上,减少人口密度,有计划地转移人口、实施生态移民是黄土高原区和秦岭北麓山地区生态重建的重要举措。实施生态移民的途径包括:实行移民搬迁、发展农村小城镇;通过组织新安置人口在安置区进行规模化产业开发,推进农业产业化经营;加强农民技术培训,从根本上解决移民搬迁的脱贫问题<sup>[9]</sup>。

### 4.2 维护生态平衡是水资源合理开发、改善生态环境的前提条件

(1)重视和加强流域的生态需水量研究及应用。渭河流域生态需水量根据笔者初步研究,包括自然生态环境需水量和人工生态环境需水量。其中自然生态环境需水量包括水土保持生态环境需水量、植被建设生态环境需水量、河流系统生态环境需水量、水库湿地生态环境需水量。人工生态环境需水量包括城市绿地生态环境需水量、人工水域生态环境需水量、地下水超采回补需水量。生态环境水量占到水资源总量的 60%,才能确保生态环境不至于进一步恶化,基本维持生态平衡<sup>[10]</sup>。

(2)加强对流域水资源系统的保护与管理。地下水源开发过程中,实行以量定采,合理布局,科学确定井深和密度,在地下水资源比较丰富、机井密度小的地区,适度增加开采强度;在地下水超采、漏

斗不断加深和地质环境趋于恶化的地区,则限制开采,尽快做到采补平衡;对已产生地面渍水和土壤盐渍化的灌区,实行井渠结合开发模式,优化地表水、地下水的配水比例<sup>[11,12]</sup>;地表水保护方面,2010年前城镇水源地得到切实保护,地表水达到Ⅱ类水质。

(3)加强对流域生态系统的保护与管理。对秦岭北麓森林应定位于生态林,加以全面保护。黄土高原丘陵沟壑区通过退耕还林还草,修建淤地坝等措施,保水保土,实现水土资源平衡;在秦岭北坡山前、洪积扇区以及西安市灞河水源地、西北郊水源地等有条件地区,实行人工回灌,充分利用洪水资源,增加调蓄能力,实现以丰补歉,余缺相济<sup>[11]</sup>。

#### 4.3 提高用水效率是水资源利用的核心,也是缓解水资源短缺、改善生态环境的关键举措

(1)节水优先,治污为本,提高用水效率。农业灌溉全面实行节水改造,节余水量除用于提高灌溉保证率外将补做生态用水。农业节水从5方面做起:①完善田间工程配套,实现渠道防渗管道化;②改进田间灌溉技术;③优化灌溉作物制度,减少作物的无效蒸发;④调整农业生产结构,推广抗旱优良品种,发展多种经营;⑤加强节水农业宣传,加大投入。进一步提高工业用水重复利用率,节水重点应注重电力、冶金、化工等行业的节水;从工业用水用途看,节水重点应放在冷却用水上;改进工艺,减少用水环节,如冶金工业中以气化冷却技术代替水冷却技术,可节水80%<sup>[13]</sup>。此外,通过调整水价和税收优惠政策等鼓励企业进行节水改造。城市生活用水要进一步降低城市供水管网损失率,推行分质供水等措施。开展污水回用工程,减轻污染,增加可供水量。

(2)经济发展应确定合理的结构、规模和速度,以实现国民经济需水量的零增长作为水资源利用的基础。渭河流域陕西段经济发展总体水平较低,生产方式粗放,科技含量低,生态环境脆弱,因此,必须结合省情区情,制定合理的经济发展速度和规模,依靠科技进步推动经济增长和水资源高效利用。按照“稳定一产、调整优化二产、加快发展三产”的要求,加快产业结构调整步伐。第一产业优化种植业结构,全面提高农业的水资源产出效益;第二产业形成以高新技术产业为先导的现代化清洁型工业体系;第三产业形成以旅游业为重点,以现代商贸流通、交通邮电、金融保险为支撑的完整

的节水型服务体系。

(3)调整供水水源结构,实行分质供水、优质优用。同时,行业间用水统筹安排,循环使用。打破行业用水界限,采用废水处理重复使用的综合利用模式,推广一水多用。

(4)制定相应的政策机制和管理体制,强化流域统一管理和合理配置水资源。制定《陕西省渭河流域管理条例》,为实现流域可持续发展提供法律保障;组建权威、高效、协调的渭河流域管理机构,统筹协调流域上、中、下游用水关系和生产、生活、生态用水。逐步建立流域生态补偿、资源开发补偿、遗传资源惠益共享等生态补偿机制<sup>[13]</sup>。

#### 4.4 适度开源,充分利用是弥补水资源短缺和改善生态环境的有效途径

在节水、治污和实现水资源科学高效利用的同时,从根本上解决流域水资源问题,需要多渠道开辟水源。

(1)开展地下水深度研究:①拦蓄洪水,建设地下水库。据预测,秦岭山前洪积扇区具有建设地下水库的良好条件。该地下水库的调蓄量估算为 $15.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,如成功开展引渗,发挥地下水库的调蓄功能,将大大缓解供需矛盾,还可调蓄水资源在时间过程分配上的不均匀性,获得综合效益<sup>[14]</sup>;②抓好干流近岸水源地勘探与开发,激发河流补给,自然过滤泥沙,保持稳定供水;③加大渭北岩溶水开发力度;④适度开采深层水。

(2)开展污水回用,实现污水资源化,工业污水回用,实施大型企业的废水深度处理及回用工程,城市逐步开展城镇中水利用,建设城镇污水处理与污水回用工程。

(3)开展雨水利用。

(4)考虑外调水源弥补水资源不足,以维持供需和生态平衡,是可选的途径。

所谓水量的利用原则是:

(1)首先满足和改善生态环境需水量要求。

(2)其次弥补生产生活用水要求。

(3)协调好调水区和受水区的用水,并保护好区域生态环境。

对于渭河流域陕西段来说,集中有限的资金,实施跨流域调水,也是实现省内水资源合理配置的重要手段。陕西省以秦岭为界,以北属黄河流域,水少人多,水污染严重;秦岭以南属长江流域,人少水丰,水质良好。根据省内经济承受能力和技术可

行性以及充分考虑调水工程对生态环境的影响程度<sup>[15]</sup>, 省内南水北调可选的工程包括引汉济渭工程、引红济石工程和引乾济石工程, 通过以上措施, 实现水资源合理配置, 合理开发, 高效利用, 从而实现保护生态环境与水资源合理开发利用协调发展的目标。

### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 司全印, 冉新权, 周孝德, 等. 区域水污染控制与生态环境保护研究[ M ]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000.
- [ 2 ] 陕西省发展计划委员会. 陕西省渭河流域综合治理规划综合报告[ R ]. 西安: 陕西省发展计划委员会, 2002.
- [ 3 ] 杨晓婷. 关中盆地地下水脆弱性评价指标体系与评价方法研究[ D ]. 西安: 长安大学, 2002.
- [ 4 ] 叶守泽, 夏军. 水文系统识别[ M ]. 北京: 中国水利电力出版社, 2000.
- [ 5 ] 中国大百科全书总编辑委员会生态学编辑委员会. 中国大百科全书·生物学[ M ]. 北京: 中国大百科全书出版社, 1991.
- [ 6 ] 徐恒立, 周爱国, 肖国强, 等. 西北地区干旱化趋势及水盐失衡的生态环境效应[ J ]. 地球科学——中国地质大学学报, 2000, 25(5): 499~505.
- [ 7 ] 河北省水利厅, 河北省计委, 河北省经贸委. 河北省用水定额表[ N ]. 中国水利报, 2002-10-31.
- [ 8 ] 周万龙. 关于秦岭北麓生态环境问题及水土保持对策的调查报告[ J ]. 陕西水土保持, 2003, (1): 10~17.
- [ 9 ] 钱正英. 关于西北地区水资源配置、生态环境建设和可持续发展战略研究项目成果的汇报(摘要)[ J ]. 生态环境与保护, 2003, (4): 4~9.
- [ 10 ] 王雁林, 王文科, 杨泽元, 等. 陕西省渭河流域生态环境需水量探讨[ J ]. 自然资源学报, 2004, 19(1): 6876.
- [ 11 ] 王文科. 关中地区水资源合理开发利用中的几个问题[ A ]. 见: 徐德龙主编. 第四届陕西省青年科学家论坛文集[ C ]. 西安: 世界图书出版西安公司, 2000. 1~6.
- [ 12 ] 王文科, 孔金玲, 王钊, 等. 关中地区水资源分布特点与合理开发利用模式[ J ]. 自然资源学报, 2001, 16(6): 499~509.
- [ 13 ] 国家环境保护总局自然生态保护司. 西部地区生态环境变化结果及其保护对策[ J ]. 生态环境与保护, 2002, (7): 24~28.
- [ 14 ] 王文科, 王钊, 孔金玲, 等. 秦岭山前地下水库调蓄模拟[ J ]. 水文地质工程地质, 2002, 2(3): 5~9.
- [ 15 ] 汪明娜. 跨流域调水对生态环境的影响及对策[ J ]. 环境保护, 2002, (3): 32~35.

## Study on ecological environment protection and exploitation and utilization of water resources in Shaanxi part of Weihe river basin

WANG Yan-lin<sup>1, 2</sup>, WANG Wen-ke<sup>1</sup>, YANG Ze-yuan<sup>1</sup>, DUAN Lei<sup>1</sup>, QIAO Xiao-ying<sup>1</sup>

(1. School of Environmental Sciences and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China;

2. Environmental Department, Shaanxi Bureau of Land and Resources, Xi'an 710082, China)

**Abstract:** Ecological environment protection and exploitation and utilization of water resources in arid and semi-arid land is one of the hottest research topics. In this paper, from the point of realizing sustainable development of economy and society, the author analyze the characters of water resources, present situation of water resources exploitation and utilization, and main eco-environmental problems in Shaanxi part of Weihe river basin. On the basis of this, the causes of water resources shortage and eco-environmental deterioration were pointed out. Meanwhile, counter measures for exploitation and utilization of water resources and eco-environmental protection are proposed.

**Key words:** water resources; ecological environment; yellow river basin; Weihe river basin; Shaanxi province

(英文审定: 钱会)