

山西省煤炭开采 对水资源的破坏影响及评价

牛仁亮 主笔



 中国科学技术出版社

86.829
148

山西省煤炭开采 对水资源的破坏影响及评价

牛仁亮 主笔

中国科学技术出版社
·北京·

图书在版编目(CIP)数据

山西省煤炭开采对水资源的破坏影响及评价/牛仁亮主笔.
—北京:中国科学技术出版社,2003.9
ISBN 7-5046-3653-3

I. 山... II. 牛... III. 煤矿开采—影响—水资源—
研究—山西省 IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 076979 号

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:62179148 62173865

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京恒智彩印有限公司印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:18 字数:500 千字

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—2500 册 定价:95.00 元

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

《山西省煤炭开采对水资源的破坏影响及评价》

课 题 组

主 笔：牛仁亮

副 主 笔：孔繁珠 赵敏崎 李振栓

韩兆双 雷仲敏 武 强

写作人员：(按姓氏笔画排序)

马利军	王宏英	王 著	牛卫平	闫健民
张荣章	张庆勇	张士秋	吴慧芳	李承义
李 铎	李建设	李玉萍	李红林	尚有明
杨 展	杨爱民	杨建平	宗 勇	周忠孝
胡宽镒	赵 莹	段水云	陆家河	侯秉让
侯玉新	袁 进	徐 锐	黄皓莉	睦晋阳
舒征山	葛维琦	董文峰		

责任编辑：周晓慧 许 慧

封面设计：赵一东

责任印制：李春利

责任校对：孟华英

序 言

能源资源(这里主要指不可再生的能源资源)开发地区由于其特殊的人口、资源、环境特征,在我国现行体制和政策条件下,其可持续发展正面临着来自多方面的挑战。山西省作为我国重要的能源生产基地,其煤炭资源极其丰富,含煤地层面积约占全省总面积的40%,不论是探明储量还是开采量均属全国首位。山西省煤炭的大规模开采对我国的经济建设做出了巨大贡献。但是,随着煤炭的大量开采,不可避免地对水资源造成极大的破坏。山西又是我国水资源严重短缺的省区,全省有60%的地区缺少灌溉水源及饮用水源。煤炭资源的大规模开采对水资源造成的破坏,不仅加剧了全省水资源短缺的矛盾,严重污染了水环境,还影响了全省乃至周边省区的生态环境和可持续发展。因此,研究煤炭开采对水资源的破坏程度、破坏范围、破坏机理与过程,具体分析并准确评价煤炭开采对山西经济社会和自然环境的影响,不仅对山西的可持续发展有着十分重要的现实意义,而且对人们认识、了解、解决这一问题也有着长远的科学意义。

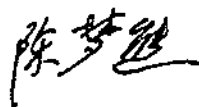
多年来,关于煤炭开采对水资源破坏的影响在有关文献中多有研究,国内有关矿区也分别针对本地区的实际做了相应的调查工作。但是,以往的研究或仅局限于纯粹的技术层面,或仅针对局部的个别矿区,还尚未发现从一个省的角度出发,动员组织各方面专家,采用遥感等先进技术进行大面积区域研究的先例。

水项研究分别从水文地质破坏调查、遥感分析、典型案例研究及经济分析等五个方面进行,研究范围之广,动员力量之多,研究手段之先进在我国同类研究中实不多见。研究结果表明,山西特殊的自然地理环境和水文气象条件是造成该省水资源严重短缺的客观条件,西煤炭的大规模、大面积、高强度开发,是造成水资源严重短缺的重要原因。尽管研究工作对这一问题进行了广泛的调查和评价,并从经济价值上给出一些令人信服的结论,但是我们必须看到,煤炭开采对水资源造成的破坏是多方面的,有些损失可以用价值量所表现,而有些则是无法价值化的,更多的影响则可能在若干代之后才能得到显示。除了可计量的直接影响外,更为重要的是对生态环境的扰动,而这种扰动所产生的影响更具有广泛性和深远性。

为了有效缓解山西省水资源供需矛盾,该项课题还提出了许多很好的建议,如对煤炭及其所赋存的地下水资源实行保护性开发,做好全省水资源的综合开发与整治工作,对山西省煤炭开采制定特殊的水资源保护政策,将山西地下水资源保护纳入国家环境保护与综合治理的重点地区,加大对山西的水利建设的财政转移支付力度,形成长期稳定的水利建设和保护资金来源,建立水资源开发利用与水环境保护基金,等等。毫无疑问,这些建议都有着非常重要的决策应用价值,应当引起有关部门的高度重视。

纵观全书,我感到此项研究立项背景十分清楚,所用方法得当,数据翔实丰富,研究结论可靠,是一个有较强科学性和重要实践性的研究成果,其基本结论不仅对山西省的经济社会发展有着重要的决策指导意义,而且,对国内同类地区的研究也有着普遍的参考借鉴价值。

欣此研究报告公开出版之际,特写以上意见,供课题研究者参考。
是为序。

A handwritten signature in black ink, reading '陈梦熊' (Chen Mengxi). The characters are written in a cursive, flowing style.

2003年1月于北京

前 言

山西省是我国重要的煤炭能源生产基地。20 世纪 80 年代以来,全省煤炭累计生产量达 542 亿 t,占全国同期煤炭生产总量的 30%,省际煤炭贸易量占到全国同期省际贸易总量的 80%,为整个国民经济持续稳定发展做出了重要的历史性贡献。然而,煤炭资源的大规模开发,不可避免地对山西的自然生态状况产生极大的扰动,特别是对全省区域范围内的水文地质环境产生极为明显的不可逆作用,从而严重破坏了地下水资源的自然赋存条件,使本来就已经十分紧张的区域水资源供需矛盾更加尖锐,对区域可持续发展产生深刻而广泛的影响。

为了准确评价这种影响及其对山西区域经济社会全发展的制约,山西省发展计划委员会组织省内外煤田地质、水文水利、卫星遥感、能源经济等方面的专家,对这一问题进行了深入广泛的调查研究和典型分析,就煤炭开采对水资源的破坏影响进行了全面的评价。课题认为:

1. 山西省特殊的自然地理环境和水文气象条件是造成地区范围内水资源严重短缺的客观原因,而大规模能源基地建设和高耗能、高耗水产业的迅速发展进一步加剧了水资源的供需矛盾,这种局面在相当长的一段时期内显然是无法逆转的。

2. 山西省煤炭的大规模、大面积、高强度开发,是造成水资源严重短缺的重要原因。研究表明,煤炭开果对地下水的破坏影响主要表现在动储量与静储量两个方面。

静储量是一个与含水层本身特征有关的固定量,对其破坏是一次性的。极据山西省煤炭含水层的厚度分布面积、给水度及静储量计算公式,在主采煤层 300m 内,共破坏砂岩含水层体积约 49964601 万 m^3 ,灰岩含水层体积约 8082344 万 m^3 ,破坏地下水静储量为 71388 万 m^3 。

动储量是在含水层遭破坏后,随着时间的延长,排水量逐渐趋于相对稳定的量。它与地形、构造、降水量、煤层埋藏深度及果煤方法等因素有关,对其破坏也是永久性的。计算结果表明,煤炭开果对动储量的破坏量为 $71370\text{m}^3/\text{h}$ (62 亿 m^3/a)。

目前,山西有资料可查的煤炭资源开果总量为 66.5 亿 t,已动用的资源储量为 300 多亿 t,破坏的地下水静储量为 71.34 亿 m^3 ,吨煤开果破坏的静储量值为 $1.07\text{m}^3/\text{t}$;由于动储量的破坏是在矿井开果延伸到一定深度时才发生的,将此过程的出现以近 10 年为基准,按每年破坏 6.2 亿 m^3 计,动储量的破坏量为 62 亿 m^3 ,1990~2000 年全省煤炭产量为 29.8 亿 t,吨煤开果破坏的动储量值为 $2.08\text{m}^3/\text{t}$ 。两者合计,截止到 2000 年,山西省因煤炭开果共破坏水资源量为 133.34 亿 m^3 ,吨煤

开采破坏水资源量为 $2.48\text{m}^3/\text{t}$ 。

3.煤炭开采对水资源造成的破坏是多方面的,有些损失可以以价值量所表现,而有些则是无法价值化的,更多的影响则可能在若干代之后才能得到显示。分析结果表明,20年来,山西煤炭开采对水资源破坏造成的经济损失总量为:采煤漏水造成人畜吃水困难,损失 3.23 亿元;采煤漏水使水浇地变为旱地,损失 3.46 亿元;矿井水排放造成经济损失 340.5 亿元;水利工程被破坏造成的经济损失为 0.69 亿元,为弥补水资源破坏而需新增的水利建设投资损失为 38.5 亿元。合计为 386.38 亿元,占全省 20 年 GDP 总和的 3.11%。

4.煤炭开采对水资源的破坏除了上述可计量的直接影响外,更为重要的是对生态环境的扰动,而这种扰动所产生的影响更具有广泛性和深远性。其主要表现为:严重改变了地下水自然流场及补、径、排条件,打破了地下水原有的自然平衡,形成以矿井为中心的大面积降落漏斗,改变了降水、地表水与地下水“三水”的转化关系,污染了地下水环境,造成了严重的坑下突水,给煤炭生产带来安全隐患,引起地裂、地陷和滑坡、崩塌等一系列地质灾害,造成土地质量下降、植被破坏等严重后果。由于煤炭开采水文地质环境的复杂性,造成危害的不可逆性,许多损失的不可计量性,以及生态危害的代际延续性,其所产生的损害影响将更为巨大。

5.由于煤炭工业在山西经济发展中的特殊性,煤炭开采所造成的水资源破坏不可避免地对全省宏观经济运行也将产生多方面的影响。主要为:

(1)煤炭开采对水资源破坏的经济损失有进一步扩大的趋势。随着煤炭开采规模、开采面积、开采深度的继续扩大,据初步测算,在不考虑价格因素的条件下,未来 10 年,煤炭开采造成的水资源破坏经济损失将可能达到 193.17 亿元,占未来 10 年山西 GDP 增长量的 9.7%。

(2)水资源供需紧张的局面将会持续存在。据预测,2005 年,全省水资源需求总量为 81.32亿 m^3 ,而供水量仅能达到 68亿 m^3 ,缺口为 13.32亿 m^3 。目前,全省地下水供给量占到总供水量的 63.53%,随着煤炭开采对地下水资源的进一步破坏,其供给能力将会明显下降。据预测,由于地下水资源被进一步破坏、地下水的过量开采等原因,2010 年,全省地下水资源的供给量将由 2005 年的 40.9亿 m^3 下降到 40.2亿 m^3 。

(3)水利设施投资持续增大,经济发展受到较大制约。据预测,到 2010 年,全省水利设施的固定资产投资总额将会达到 158 亿元,占全省当年固定资产投资总额的 9.28%,占全省当年 GDP 的比重为 4.38%。对山西这样一个经济增长这受迟缓、人民生活水平低下、财政收支十分困难的省来讲,这无疑是一个巨大的负担。

(4)煤炭开采成本明显升高,市场竞争压力增大。随着煤炭开采深度的逐步延伸,山西煤炭开发的条件将会进一步恶化,成本将逆步提高。而深层提排水成本、污水处理成本以及设施运行成本的升高,无疑将明显改变煤炭开采的成本结

构,使山西煤炭产品的市场价格竞争力受到一定程度影响,煤炭企业的利润将会进一步减少,企业发展的困难也将进一步增加。

6. 为了有效缓解山西水资源供需矛盾,课题建议从下述几方面采取措施:对煤炭及其所赋存的地下水资源实行保护性开发。做好企业省水资源的综合开发与整治工作。整体规划,统筹调配管理降水、地表水、地下水,搞好矿井水、城市生活和工业污水的综合整治及处理回用工程。对山西煤炭开采制定特殊的水资源保护政策,述包括:制定地下水资源保护性开发政策;参照企业三河、三湖、二区、一市的环境保护与综合整治政策,将山西地下水资源保护纳入国家环境保护与综合治理的重点地区,在生态环境治理项目安排和企业上给以重点扶持;全面推行水资源有偿使用制度和价格体系,逐步将水资源破坏的环境成本核算纳入国民经济核算体系;加大对山西的水利建设的财政转移支付力度,形成长期稳定的水利建设和保护资金来源;建立水资源开发利用与水环境保护基金;允许山西省根据水省的实际情况,借鉴国外经验,对各类煤矿核煤炭产量统一征收水资源损耗与污染税;参照广东征收“堤围防护费”的模式,结合山西的实际,在金社会按照用水量普遍征收水资源保护费和排污费;鼓励保险公司在煤炭行业推行产业保险特殊险种,对煤矿各类突发事件提供稳定可靠的抗灾救险和社会补偿企业,提高煤炭企业的风险防御能力。

《山西省煤炭开采对水资源的破坏影响及评价》课题组

2002年3月

目 录

前言

总报告	(1)
山西省煤炭开采对水资源的破坏影响及其评价	(1)
1. 山西省水资源特征及其评价	(1)
2. 山西省煤炭开采对水环境造成的破坏影响	(7)
3. 煤炭开采对水资源破坏影响的评价分析	(12)
4. 对策措施及若干政策建议	(16)
专题报告	(23)
一、山西省煤炭开采对水资源破坏量的调查研究	(23)
1. 自然地理及经济概况	(23)
2. 山西省煤炭资源状况及开采史	(28)
3. 山西省水资源及其变化	(42)
4. 山西省煤田地质及水文地质条件	(60)
5. 采煤对水资源破坏的机理研究	(80)
6. 采煤破坏水资源量的确定	(86)
7. 采煤对岩溶水资源的破坏	(152)
8. 山西省煤矿矿坑水水质评价	(168)
二、山西省煤炭开采对水资源破坏的遥感调查报告	(191)
1. 自然环境及煤炭开采水资源概况	(191)
2. 煤矿分布的遥感解译	(195)
3. 煤矿分布区地表水遥感解译	(198)
4. 煤田植被及土地荒芜的遥感解译	(203)
5. 煤田排水对地下水资源的破坏	(207)
6. 煤炭开采对地下水资源破坏的分析评价	(211)
7. 基本结论和存在问题	(216)
三、东山煤矿岩溶地下水排供结合及预防突水优化管理	(219)
1. 自然地理概况	(219)
2. 区域地质和水文地质条件	(221)
3. 地下水渗流系统数值模拟	(234)
4. 太原市东山岩溶地下水水力管理模型	(245)

5. 结论	(255)
四、山西省煤炭开采对水土资源破坏的经济分析及其整治措施	(258)
1. 煤炭开采对水土资源的影响和破坏	(258)
2. 煤炭开采对水土资源破坏的经济计量与评价	(259)
3. 综合整治措施	(264)
《山西省煤炭开采对水资源破坏影响及其评价》鉴定意见	(268)
后记	(270)

山西省煤炭开采对水资源的破坏影响及其评价

山西是我国重要的煤炭能源生产基地。20 世纪 80 年代以来,全省煤炭累计生产量达 54.2 亿 t,占全国同期煤炭生产总量的 30%,省际煤炭贸易量占到全国同期省际贸易总量的 80%,为整个国民经济持续稳定发展做出了重要的历史性贡献。多方面预测表明,我国特殊的能源资源特征,使得煤炭在相当长一段时期内在整个能源结构中依然占有十分突出的地位,山西煤炭工业发展在我国国民经济发展全局中仍然有着不可替代的重要作用。然而,煤炭资源的大规模开发,不可避免地对山西的自然生态状况产生极大的扰动,特别是对全省区域范围内的水文地质环境产生极为明显的不可逆作用,从而严重破坏了地下水资源的自然赋存条件,使本来就已经十分紧张的区域水资源供需矛盾更加尖锐,对区域可持续发展产生深刻而广泛的影响。

1 山西省水资源特征及其评价

1.1 山西水资源特征

山西地处我国黄土高原东部、华北地区西部,其特殊的自然气象和地形地貌特征使山西水资源具有如下特点。

(1)水资源严重匮乏,单位占有水平低。山西省多年平均降水量较全球陆地平均年降水量 834mm 偏少 37.2%,比亚洲平均年降水量 740mm 偏少 29.2%,比全国平均年降水量 628mm 偏少 16.6%,较华北平均年降水量 547mm 偏少 4.2%。省境内河川径流深 69.5mm,较世界 330mm 偏少 78.9%,比亚洲 332mm 偏少 79.1%,比全国 278mm 偏少 75%,较华北 79.1mm 偏少 12.1%。全省人均占有河川年径流 375m³(按 1990 年人口计算),只相当于世界人均占有量的 3.8%,较 1979 年联合国水会议资料统计的 125 个国家和地区人均占有量最少的塞浦路斯还少 9.1%,只有亚洲人均占有量的 7.3%,为全国人均占有量的 19%。全省地表水资源平均 466m³/人,为全国平均 2700m³/人的 17.3%,为全世界平均 12000m³/人的 4%。全省河川径流平均 194m³/亩,为全国平均 1700m³/亩的 11%。亩均占有河川年径流 189m³(按 1984 年耕地面积计算),只相当于世界亩均占有量的 7.2%,亚洲亩均占有量的 8.8%,全国亩均占有量的 10.7%。按水资源总量计算(1987 年),全省人均占有 490m³,不及全国人均量的 1/5,居全国倒数第二位,亩均占有 239m³,仅为全国平均水平的 13%。按人均用水量计算,山西仅为全国平均水平的 44.24%,排在全国倒数第二位,是我国严重缺水的省份之一。

(2)水资源年际丰枯悬殊,具有连续干旱特点。据 500 余年历史旱涝记载分析,山西气象具有连续丰枯周期性。1640 年(明崇祯十三年)的特大干旱持续 19 年之久;1877 年(清光绪三年)干旱持续 9 年之久。汾河水系 1972~1984 年的 13 年为枯水期,时段平均径流量较均值偏

枯 18.3%。由此可知,山西从历史到近代都存在丰枯周期持续时间长、降水量、径流量皆偏离均值幅度大的特点。新中国成立以来,全省河川径流量以 1964 年最大,为 185 亿 m^3 。最大枯水年为 1972 年,仅 63.8 亿 m^3 。丰枯比 2.9 倍,个别水资源利用分区及重点经济区的丰枯比可高达 10 倍以上。中等干旱年($P=75\%$)时的河川径流量仅为全省多年平均径流量的 76.9%;特枯年($P=95\%$)时为 58.0%。

(3)水资源时间分布不均,空间丰枯同频。据历史旱涝记载与实测资料空间、时间序列的分析,山西全省性的同丰、同枯存在是河川径流水资源开发利用上极为不利的又一特征。从降水量来看,1939~1959 年的 21 年,三门峡、太原、大同三站均处于丰水期,构成全省性丰水;1923~1931 年的 9 年,构成全省性的枯水期。从河川径流来看,1956~1959 年全省河川径流量 142 亿 m^3 ,较系列均值偏丰 30%;1961~1964 年,河川径流量较均值偏丰 31.1%;1964 年全省河川径流量较均值偏丰 70%。境内水资源空间分布的丰枯同频特点,给各地域间水资源再分配和各水系间相互调水带来极大的困难。山西降水量呈单峰型,连续最大 4 个月降水量出现时间均为 6~9 月,且变率大,汛期常导致洪灾。多年平均连续最大 4 个月降水量占年降水量的百分比,省内大部分地区介于 65%~80%之间,尤其集中在 7、8 两个月,占年降水的比重由南部和西南部的 40%左右,向北增加到 55%以上。山西河川径流年内分配为夏雨型,径流集中程度既取决于降水量持续时间和集中程度,同时又受水文下垫面因素的重大影响,连续最大 4 个月径流量,除省境中南部广大地区的河流为 7~10 月外,其余地区河流出现在 6~9 月。12 月至次年 3 月,4 个月降水量仅占年降水量的 5.0%左右,造成山西春旱年年有。4~6 月是作物播种生长季节,需水量大,该时段省境内降水量偏少,河川径流量仅占全年的 15%左右。由于山西降水和径流量年内季节分配既集中又不适农时,造成供需矛盾既突出又使出境水量增多。汾河河津站的监测表明,7~10 月径流量占年径流的比重,丰水年达 66.4%,平水年 49.3%,枯水年仅 39.2%。这一特点,给山西水资源开发利用造成极大的困难。

(4)水资源地区分布不均,开发利用困难。山西由于降水量分布不均及水文下垫面条件的差异,使水资源在地区分布上很不均匀。总的趋势是东部山区和东南部地区水资源相对丰富,占省境河川径流量的 41.9%;大同、忻定、太原、临汾盆地等腹部地区,占 36.6%;西部地区占 12%;南部占 7.6%;西北部地区贫乏。但西北、西部和南部紧靠黄河干流,亦是相对富水区。山西灰岩面积分布较广,岩溶比较发育,岩溶水量丰富。全省 $1\text{m}^3/\text{s}$ 以上的岩溶泉水资源量有 26.3 亿 m^3 ,是工农业、城市供水的优质水源,但其中有 15.8 亿 m^3 的岩溶泉水分布在河流下游及省境边缘,因出露高程低、利用程度差,大多流向境外。

(5)“三水”转化强烈。山西特殊的水文下垫面条件,使降水、河川径流与地下水“三水”之间的转化频繁并复杂。降水补给地下水(尤其岩溶山区),地下水补给河川径流(以泉的形式出露),河川径流又在一定的水文地质条件下渗漏补给地下水。使山西夏雨型补给的河川径流年内动态,转变为泉水补给型的河川径流年内动态。

(6)外来水量少,出省水量大。山西特殊的台状地形地貌,使山西接受外来的水资源十分有限,而出省外泻的水资源却较大。按 1984~1999 年资料,每年平均入省水量仅 0.736 亿 m^3 ,最少为 0.426 亿 m^3 (1885 年)。而出省水量却高达 42.7 亿 m^3 ,最大为 93.3 亿 m^3 (1996 年),出省水量为入省水量的 58 倍。

(7)水土流失严重,河流含沙量大。山西地处黄土高原,特别是晋西北地区,地形较高,坡度较陡,地表皆为黄土覆盖,再加植被不发育、降水集中,特别是暴雨季节,造成水土流失严重,

河流含沙量大。全省已修建的水库因泥沙淤积了 1/3 强,有的已淤满报废。山西省最大的汾河水库,建库库容 7 亿 m^3 ,目前已淤积近 4 亿 m^3 。

1.2 山西水资源总量及其评价

山西省水资源的补给来源是自然降水,据全省第二次水资源评价(资料至 1987 年)结果,全省多年平均降水总量约 835 亿 m^3 ,折合平均降雨深为 534mm。全省河川径流量多年约 114 亿 m^3 ,折合径流深约 73mm,其中包括地下水的补给(即基流)约 65.5 亿 m^3 ,洪水径流约 48.5 亿 m^3 。全省平均水面蒸发约 1050mm,陆面蒸发约 451mm。在全省 15.6 万 km^2 的面积内,河川径流共计 114 亿 m^3 ,产生的地表径流 48.5 亿 m^3 ,基流 65.5 亿 m^3 ,地下水排泄量 27.75 亿 m^3 (包括净消耗 9.87 亿 m^3 ,潜水蒸发 12.43 亿 m^3 ,潜流外省 6.15 亿 m^3 ,超采量 - 0.70 亿 m^3),全省水资源总量共计 142 亿 m^3 (1956~1979 年)。

山西能源基地开发建设以来,山西省的水资源总量迅速减少。根据山西省水利厅发布的历年水资源公报,近 20 年来,全省的水资源量以每 10 年一个台阶快速减少,与 20 世纪 50~60 年代相对比,90 年代的水资源量减少了 58.08 亿 m^3 ,减少幅度达 37.1%,河川径流量减少了 63.22 亿 m^3 ,减少幅度达 49.43%。1980~1999 年 20 年全省水资源年均总量由 1956~1979 年 142 亿 m^3 的平均值下降为 102.17 亿 m^3 ,减少 28.95%,人均占有量由 580 m^3 下降为 322 m^3 ,减少 44.48%。若按 10 年的周期平均值计算,其下降幅度更为明显。根据 1999 年《山西省水资源公报》最新资料,全省总供水量为 57.2506 亿 m^3 ,其中地表水源供水量 20.3451 亿 m^3 ;地下水开采量 36.4156 亿 m^3 。水利部门提供的数据表明,2000 年全省水资源需求总量为 73.78 亿 m^3 ,而年均供水量仅为 57.63 亿 m^3 ,在考虑生态供水(即扣除地下水超采量 4.86 亿 m^3)的情况下,全省供需缺口为 21.01 亿 m^3 。详见附表 1、附表 2。

1.3 山西水环境分类及其评价

(1) 大气水环境

①降水环境。从降水量看,山西受东亚季风支配,降水量有明显的季节变化。冬季受控于干冷的蒙古高原,降水量较少;春季处于东北、西南向半稳定的气流辐流带上,降雨不多;夏季盛行东南风,6~9 月份为主要降水季节,降水量平均各地均达 70% 以上;秋季极地高压气团逐渐南移,除 9 月份处于季风交替期,中南部降水较多外,自北向南逐渐转入枯季。从降水的地区分布看,全省大部分地区降水量为 400~600mm,降水量呈自东南向西北递减的分布趋势。晋东南大部分地区,晋中东山及吕梁山的高山区均为多雨区,年降水量 600~700mm。中条山东段、陵川东部山区、五台山顶等地达 700mm 以上。而少雨的大同盆地年降水量不足 400mm。晋西北地区在 450mm 以下,忻定盆地 450mm 左右,太原盆地 450~500mm,临汾、运城盆地及晋西黄河沿岸南段一般介于 500~550mm 之间。从降水的年内分配看,全省各地冬季各月(12 月及 1、2 月)的降水量,一般都在 10mm 以下,北部地区仅 2~3mm,南部地区也只有 6~9mm。降水量高度集中在夏季(6~8 月),一般占全年降水总量的 50%~65%,多降大雨或暴雨,易引起洪涝;冬季(12 月至次年 2 月)降水最小,仅占全年降水总量的 2%~3%;春季约占 15%~20%;秋季稍多,约占 20%~30%。近 10 年来(1989~1998 年),全省平均降水量为 482mm,较 20 世纪 80 年代以前平均降水量 534mm 减少了 52mm。

②气温环境。全省绝大部分地区年平均气温为 4~13℃,由北向南递增,从盆地向山区递增。省境内中部的东西山区和雁北地区年平均气温一般都在 8℃ 以下,晋西北地区为 4~6℃,纬度与海拔较高山区在 4℃ 以下,五台山顶最低,年平均气温为 0~4℃;忻定盆地、太原盆地、

晋西黄河沿岸,晋东阳泉、平定及晋东南大部分地区,年平均气温为 $8 \sim 10^{\circ}\text{C}$;临汾、运城盆地及中条山以南河谷地带,是全省热量资源最丰富的地区,平均气温为 $12 \sim 14^{\circ}\text{C}$ 。一年中以1月份为最冷,且南北温差大,介于 $-2 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间,7月份为全省最热月,南北温差较小,月平均气温一般为 $19.5 \sim 27.5^{\circ}\text{C}$,极端最高气温一般为 $35 \sim 42^{\circ}\text{C}$ 。

③蒸发量。全省大部分地区年蒸发量为 $1500 \sim 2300\text{mm}$ 。省境南端和北部的平鲁、神池、岢岚等地蒸发量较大,晋东南地区和其他中、高山区的蒸发量较小,五台山顶仅 1100mm 左右。全省各地四季的蒸发量以夏季(6~8月)最大,大部分地区在 $600 \sim 800\text{mm}$;春季(3~5月)次之,为 $500 \sim 700\text{mm}$;秋季(9~11月)更小于春季,为 $300 \sim 400\text{mm}$;冬季(12月~次年2月)为全年蒸发量最小的季节,仅 $130 \sim 200\text{mm}$ 。一年中以最冷的1月份蒸发量最小,全省各地1月份的蒸发量仅 $30 \sim 50\text{mm}$ 。入春以后,由于温度急剧回升,且降水很少,风速大,5、6月份为全年蒸发量最旺盛期,其蒸发量约为 $250 \sim 340\text{mm}$ 。

(2)地表水环境。山西地表水分属黄河和海河两大水系。在运城盆地还有以盐池为中心、面积约 700km^2 的内流区。地表水外流河皆具有流长较短、流域面积窄小、河流纵比降大、冲刷严重、河水含沙量大等山地型河流的特点。黄河流域在本省面积 97138km^2 , 占全省面积的 62% ;海河流域在本省面积 59133km^2 , 占全省面积的 38% 。流域面积大于 4000km^2 的河流有8条,按其地理分布及行政区划,可将其划分为海河流域的永定河(桑干河)、大清河、子牙河(滹沱河)、漳河及黄河流域的河口~龙门(沿黄支流)、龙门~三门峡、三门峡~沁河及沁丹河等区域。1984~1999年各河流的径流特征见附表3(一)、(二)。

(3)地下水环境。按不同岩类的水文地质特征和不同的水文地质单元,结合区域内水土资源平衡的基本条件,从地下水资源的开发利用考虑,可将本省分为3个水文地质大区。即盆地松散层孔隙水水文地质区、山地丘陵变质岩和碎屑岩裂隙水水文地质区、石灰岩山地岩溶裂隙水水文地质区。按含水岩类特征和分布主要有松散岩类孔隙水、碳酸盐岩岩溶裂隙水及变质岩碎屑岩裂隙水。

①松散岩类孔隙水。其主要分布于纵贯南北的各断陷盆地中,各大盆地松散岩类孔隙水由降水入参与边山地下水侧向补给,地下水运动的总趋势是由四周向盆地中心运动,深层向浅层运动。长治盆地地下水由北、西南向东运动,由浅层向深层运动,东部补给奥陶系岩溶水。据资料统计,降雨入渗量占总补给量的 70% 左右。

大同盆地中不同的地貌单元赋存着潜水、承压水,由于含水岩性不一和补给条件不同,其富水性亦各不相同,盆地边缘的黄土丘陵区,潜水位一般 $10 \sim 50\text{m}$,局部大于 50m ,单位涌水量小于 $0.56\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m})$;盆地中部冲湖积平原区,含水岩组为更新统粉细砂层,累计总厚 $30 \sim 80\text{m}$,埋深 $50 \sim 250\text{m}$,地下水具承压或自流,富水程度较弱。钻孔单位涌水量小于 $0.28\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ 。

忻定盆地主要含水组为中上更新统砂砾石层,埋藏深度 $30 \sim 150\text{m}$,富水性强。盆地中部含水层岩性为砾石、中粗砂、粉细砂,钻孔单位涌水量 $3 \sim 8\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m})$,个别地段富水程度极强。

太原盆地主要含水层为中上更新统砂砾石层,埋藏深度 $50 \sim 110\text{m}$,富水程度极好,钻孔单位涌水量大于 $8\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ 。盆地中、南部冲积平原,含水层为中上更新统卵砾石,埋深 $5 \sim 125\text{m}$,地下水具有承压性,水位一般 $5 \sim 20\text{m}$,富水程度中等,单位涌水量 $0.28 \sim 1.5\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m})$,重碳酸型水,矿化度 $0.5 \sim 1\text{g}/\text{L}$ 。

临汾盆地东半部主要含水层为中下更新统细砂层,埋藏深度 $50 \sim 150\text{m}$;西半部主要为中上更新统砂砾石层,埋藏深度 $50 \sim 200\text{m}$ 。汾河河谷地段富水性强,钻孔单位涌水量 $3 \sim$

8L/(s·m),地下水水质较好,矿化度小于 1g/L,冲洪积扇前缘局部地区矿化度 1~4g/L。

运城盆地地形地貌比较复杂,有黄土平原、沿积倾斜平原、冲积平原、湖积平原、盐池等。主要含水层以下以更新统粉砂岩为主,埋藏深度 150~350m,钻孔单位涌水量 1.5~2.8 L/(s·m),洪积扇及冲积平原区钻孔单位涌水量 0.56~8.4L/(s·m)。湖积平原主要开发利用的含水层为下更新统粉细砂层,单位涌水量 0.5~3L/(s·m),最大达 6.58L/(s·m),地下水化学变化规律性很强,从盆地边缘向中心由重碳酸盐型变为硫酸盐氯化物型水,矿化度由 0.4 增至 24g/L,盐湖水矿化度高达 50g/L 以上。

长治盆地松散岩系地层堆积较薄,仅 300m,冲积含水层为中、下更新统粉细砂层,埋藏深度 30~130m,富水性较弱,钻孔单位涌水量 0.3~1.5L/(s·m),个别地区 0.5~3L/(s·m),水质一般较好。

②碳酸盐岩岩溶裂隙水。山西碳酸盐岩类岩石分布甚广,沉积厚度千余米,主要分布于太行山、吕梁山、太岳山以及晋西北地区,这些地区的碳酸盐岩类的岩石裂隙岩溶发育程度不同,具有北方岩溶裂隙发育的特点和岩溶裂隙水的形成与分布规律。据资料分析,从晋西北向晋东南裂隙岩溶化程度由弱变强,灰岩分布区各种岩溶形态均沿层面及其裂隙方向发育,岩溶洼地、漏斗、落水洞、环状陷落、溶洞、蜂窝状溶孔都有不同程度的发育,其中以裂隙溶孔最为普遍。从水平方向的分布看,每个岩溶泉域,一般从补给区向径流泄水区岩溶化程度变强,即向脉状、管状至管状溶洞的方向变化。如沁河、丹河的泄水地段,沿岸溶洞成排发育。从垂直方向的分布看,岩溶发育具有层状和阶段性。现代侵蚀基准面之上,一般可见三层溶洞,如太行山区第一层位于当地河床附近,以黎城源泉为代表。第二层高出河床 50~60m 以上。第三层高出河床 100~200m 以上。地面以下岩溶发育的深度是受地质构造条件及侵蚀基准面的位置所控制的,一般见三个岩溶发育段。岩溶发育呈层性,其既是阶段性的反映,也是多层性的表现。寒武奥陶系石灰岩呈多层状反映在岩溶的发育上,各统由上而下,由新到老,呈强、弱、弱、强的特征,即中奥陶和中寒武系石灰岩岩溶化程度较强;下奥陶和上寒武系白云质灰岩、竹叶状灰岩的岩溶化程度较弱。又如中奥陶系石灰岩岩溶发育亦有强弱之分,且有两种情况,如覆盖和埋藏型的晋城、阳城一带具有上弱下强的特点。若为裸露、半裸露型的地区,多为泄水地段,则具有上强下弱的特点。下寒武系馒头页岩是岩溶发育的下限,也是区域隔水底板。石灰岩的裸露区,多属岩溶潜水,但由于岩溶发育的不均匀以及具多层性的原因,在泄水点常具承压性。覆盖或埋藏区,储水构造为单斜或向斜层,属承压岩溶水。寒武奥陶系岩溶水,各层间有不同程度的水力联系。

岩溶水由于受灰岩出露分布面积、岩性、岩溶裂隙发育程度和构造的控制,其富水性亦有所不同,泉水流量的大小就为上述条件所决定。山西裂隙岩溶水水质较简单,以重碳酸硫酸钙型水为主,其次为重碳酸硫酸钙镁型水,矿化度一般 0.5~1.0g/L。在补给区动态变化一般较大,水位变幅 30~80m。泄水区动态变化较小,水位变幅 3~10m。山西岩溶大泉一般有较大范围的补给汇水区,调节能力强,流量比较稳定。

山西省碳酸盐岩出露面积约 $3.3 \times 10^4 \text{ km}^2$,占北方 7 省裸露面积的 1/4 强,占全省总面积的 21%,如果加上埋藏及覆盖区,碳酸盐岩分布总面积达 $10.2 \times 10^4 \text{ km}^2$,占全省总面积的 65%,是我国北方碳酸盐岩分布最多的省。据地矿部资料,全国岩溶水资源总量约为 2034.24 亿 m^3/a ,占全国地下水资源的 23.39%,北方 7 省岩溶水天然资源量约 192.45 亿 m^3/a ,占全国的 9.44%。山西省岩溶水天然资源总量约 35 亿 m^3/a (20 世纪 60 年代资料)。据《山西省 1/50

万水文地质图说明书》(70年代资料),全省大于 $0.01\text{m}^3/\text{s}$ 的泉共有 256 个,总流量 $118.33\text{m}^3/\text{s}$ ($37.31\text{亿 m}^3/\text{a}$),占全省地表径流总量 114亿 m^3 的 32.73%。其中大于 $0.1\text{m}^3/\text{s}$ 的泉有 86 个,大于 $1\text{m}^3/\text{s}$ 的泉有 24 个,大于 $4\text{m}^3/\text{s}$ 的泉有 8 个(即:神头泉、娘子关泉、天桥泉、郭庄泉、龙子祠泉、辛安泉、三姑泉、延河泉)。根据 1999 年《山西省水资源公报》资料,全省地下水开采量 36.4156亿 m^3 ,其中,深层岩溶水开采量为 27.0573亿 m^3 ,占地下水开采量的 74.3%,占全省总供水量的 47.3%。

③碎屑岩、变质岩类裂隙水。其主要分布于沁水盆地、大同静乐盆地和吕梁山、中条山、五台山等地区的砂页岩煤系地层与古老变质岩系。中生界、上古生界及震旦系碎屑岩类地层均属富水程度弱的裂隙含水岩组,泉水流量一般为 $0.1\sim 1\text{L/s}$,钻孔单位涌水量 $0.1\sim 1\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m})$ 。在构造破碎带富水性较强,泉水流量可达 $20\sim 200\text{L/s}$ 。大古界、元古界变质岩类亦为富水性弱的裂隙含水岩组,一般泉水流量 $0.1\sim 1\text{L/s}$,最大可达 100L/s ,钻孔单位涌水量 $1\sim 10\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m})$ 。各时代的岩浆岩类富水程度属中等至弱的含水岩组,泉水流量一般 $0.1\sim 1\text{L/s}$,大者可达 100L/s ,钻孔单位涌水量 $2\sim 10\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m})$ 。

该岩系地下水的埋藏都较浅,一般为 $0\sim 50\text{m}$,含水层都以风化裂隙与构造裂隙为主,补给排泄机制较为简单,即接受大气降水垂直渗入补给通过散泉就近排泄,径流过程短,调节能力差,故水位与流量变化都较大。地下水水质多属重碳酸盐钙型水和硫酸盐型水,矿化度 $< 1\text{g/L}$ 。

1.4 用水特征及其评价

从用水角度来看,山西特殊的产业结构和农业自然发展条件,使其面临着比全国其他省区更为严峻的水资源压力。

(1)水资源供需紧张,矛盾日趋尖锐。由于水资源供给日趋紧张,各方面争水矛盾尖锐,使经济建设和城乡发展受到多方面的制约。据有关方面调查统计,全省年缺水量约为 $15\sim 20\text{亿 m}^3$,19 个城市有 17 个严重缺水,平均日缺水 106万 m^3 ,年总量为 3.9亿 m^3 。有关专家预测,全省平水年($P=50\%$)的缺水量为 24亿 m^3 ,一般干旱年($P=75\%$)的缺水量为 31亿 m^3 ,水资源短缺已经成为制约山西经济社会发展的重要因素。

(2)地下水超采严重,引发各类社会问题。由于地表水供给紧张,全省不得不大量开采地下水,从而形成大面积的地下水位下降漏斗区。据有关部门调查,1995 年,全省地下水位漏斗区面积已达 7145km^2 。地下水位下降不仅使省内许多著名大泉减流和断流,更为严重的是导致地表下沉,太原市已形成 309km^2 的地下水降落漏斗区,平均地面下沉 0.55m ,最严重的已达 1.38m ,给城市建筑物安全和人民生活带来多方面影响。

(3)水利设施建设落后,供水能力不足。全省多年各类水利设施(不含自备水源)的年供水能力仅为 40亿 m^3 左右,且大多数均为 20 世纪 50~70 年代所建,工程数量少,设计标准低,建设质量差,老化失修严重,各类水库因泥沙淤积,其有效库容仅为设计库容的 $1/3$ 。而目前全省水资源需求量为 60亿 m^3 左右,水资源供需矛盾尖锐,工程供水和防御能力的严重不足,使全省承受各类洪涝干旱的风险加大。

(4)水资源污染,水环境恶化。在全省地表水环境质量中,化学需氧量平均超标 3.9 倍,非离子氨平均超标 62.4 倍,石油类平均超标 26.1 倍,挥发酚平均超标 9.3 倍,生化需氧量平均超标 3.71 倍,亚硝酸盐氮平均超标 1.6 倍。地表水水质全省河流没有一个断面能达到国家地表水环境质量标准Ⅰ类水质,73.1%的断面超过国家Ⅴ类水质标准,符合国家Ⅱ类水质标准的仅占 5.8%,有 76.9%的河流属严重污染。全省 11 座水库中,有 8 座未达到规定的功能要求,