

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2010.04.023

# 汾河水库及其上游水环境状况分析及治理

王晓宇

(山西省水文水资源勘测局,山西太原 030001)

**摘要** 运用近年水质调查、监测与评价数据,结合汾河水库及其上游流域自然条件、社会经济、水库供水、河流水系分布概况,分析汾河水库及其上游饮用水功能区水环境状况及来自点源、面源的污染因素,指出流域水环境保护工作在污染控制、水源保护、流域水环境监管方面存在的主要问题,认为明确水功能区限制纳污红线,严格控制入河排污总量,实施最严格的水资源管理制度是实现该区域水资源保护目标的关键,提出了节水减排、执法监督、污染源治理、水质监控等水环境治理保护方面的建议。

**关键词** 饮用水功能区;纳污能力;总量控制;水环境保护;水质分析;汾河水库

中图分类号:X522 文献标识码:A 文章编号:1004-6933(2010)04-0089-06

## Analysis of and suggestions for water environmental status of Fenhe Reservoir and upstream water

WANG Xiao-yu

(Shanxi Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Taiyuan 030001, China)

**Abstract**: Using data from water quality investigation, monitoring and evaluation in recent years, and taking into account the general situation of natural conditions, economic and social conditions, reservoir water supply, and the river system of the Fenhe Reservoir and its upstream watershed, the environmental situation and pollution from point and non-point sources of the water of the Fenhe Reservoir and its upstream drinking water functional zone were analyzed, and the main problems for water pollution control, drinking water source protection, and water environment supervision throughout whole watershed were pointed out. A water pollution carrying capacity limit, strict control of the total amount of pollutants entering the river, and enforcement of the most stringent management system of water resources are proposed as the keys to realizing the goal of regional water resources protection. Water saving and sewage reduction, supervision, enforcement, the prevention and control of pollution sources, water quality monitoring, and implementation of multiple water protection measures are proposed for future management of the strict water pollution carrying capacity limit in the drinking water functional zone.

**Key words**: drinking water functional zone; pollutant carrying capacity; total pollutant amount control; water environmental protection; water quality analysis; Fenhe reservoir

### 1 研究区概况

汾河是黄河第二大支流,也是山西省最大的河流,发源于宁武县雷鸣寺泉。汾河水库位于汾河干流上游,距汾河发源地 122 km,距省会太原市 83 km,

是一座集防洪、灌溉、供水、发电、养殖等于一体的省内综合利用水利枢纽工程。库区总面积 32.0 km<sup>2</sup>,水库出口以上控制流域面积 5 268 km<sup>2</sup>。万家寨引黄一期工程于山西省宁武县头马营乡进入汾河,再经 81.2 km 的汾河天然河道至汾河水库(向太原市年供

水 3.2 亿 m<sup>3</sup> )。汾河水库作为引黄入晋工程的调蓄水库,成为全省最大的饮用水水源地。目前汾河源头、引黄 81.2 km 天然河道输水沿线和汾河水库水源地已列入全省饮用水功能区。

汾河水库及其上游饮用水功能区涉及山西省忻州市宁武县部分地区和静乐县、吕梁市岚县和太原市娄烦县全部辖区。水库出口以上控制流域面积占上述 4 县总面积的 92.5%。2003 年流域内人口 528 603 人,其中农业人口 98 649 人,非农业人口 429 954 人。流域内煤、铁等矿产资源丰富,工业以原煤开采、火力发电、资源加工转换及矿石采选冶炼为主。

流域地势由北向南由东西两侧向河谷逐渐降低,地貌总体由河谷、河谷阶地、丘陵及低、中、高山区组成,其中石山区占 29.4%,土石山区占 29.8%,黄土丘陵沟壑区占 35.5%,河谷阶地占 5.3%。汾河干流从发源地到汾河水库坝端河道平均坡降 0.45%,河床最宽 1 km 左右,最窄不足 50 m,河网密度 0.3 km/km<sup>2</sup>。丘陵沟壑区内 3~30 km<sup>2</sup> 的小流域 135 个,占丘陵沟壑区总面积的 92.5%。

汾河干流河段及主要支流水文情况见表 1。

## 2 流域水环境状况及影响因素分析

### 2.1 流域水环境状况

引黄工程于 2003 年 10 月通水后,人工引水不能稳定达到Ⅲ类水质标准,加之汾河干流的水质多数情况下处于Ⅲ~Ⅴ类,基本无稀释净化能力,故汾河干流河段水质一直不能稳定达到Ⅲ类供水水质标准。从头马营到汾河水库 81.2 km 的河段内,Ⅲ类水质约 42.9%,Ⅳ类水质占 50% 以上,劣Ⅴ类水质占 3.6%。超标污染物主要是 COD、NH<sub>3</sub>-N,平均超标达 0.5~2.5 倍。依据 GB3838—2002《地表水环境质量标准》对汾河干流及支流进行分析评价,结果见表 2<sup>[1]</sup>。

汾河水库目前水质尚可,但 TN、NH<sub>3</sub>-N、BOD<sub>5</sub> 等浓度上升趋势明显,水库处于中度富营养水平<sup>[3]</sup>。

表 2 汾河水库及其上游水质功能评价

河段	断面名称	年份	水质类别	评价结果	主要影响指标
源头	雷鸣寺	2004	Ⅱ	符合功能	
		2005	Ⅰ	符合功能	
干流	东寨桥	2004	Ⅱ	符合功能	
		2005	Ⅳ	不符合功能	BOD <sub>5</sub>
	头马营	2004	Ⅲ	符合功能	
		2005	Ⅳ	不符合功能	COD
	化北屯	2004	Ⅳ	不符合功能	COD
		2005	Ⅳ	不符合功能	COD
		2004	Ⅱ	符合功能	
	宁化堡	2005	Ⅲ	符合功能	
		静乐城北	2004	Ⅴ	不符合功能
	2005		Ⅳ	不符合功能	NH <sub>3</sub> -N、COD <sub>Mn</sub>
静乐桥	2004	Ⅲ	符合功能		
	2005	Ⅴ	不符合功能	BOD <sub>5</sub>	
高家舍	2004	Ⅳ	不符合功能	COD	
	2005	Ⅴ	不符合功能	NH <sub>3</sub> -N	
河岔	2004	Ⅳ	不符合功能	NH <sub>3</sub> -N	
	2005	Ⅲ	符合功能		
水库	汾河水库	2004	Ⅱ	符合功能	
		2005	Ⅱ	符合功能	
	水库出口	2004	Ⅱ	符合功能	
		2005	Ⅱ	符合功能	
支流	洪河	2004	Ⅱ	符合功能	
		2005	Ⅲ	符合功能	
	鸣河	2004	Ⅳ	不符合功能	COD <sub>Mn</sub>
		2005	Ⅳ	不符合功能	COD
	东碾河	2004	Ⅳ	不符合功能	COD
		2005	Ⅳ	不符合功能	COD
	岚河	2004	Ⅲ	符合功能	
		2005	劣Ⅴ	不符合功能	NH <sub>3</sub> -N
	涧河	2004	Ⅴ	不符合功能	NH <sub>3</sub> -N
		2005	Ⅳ	不符合功能	COD <sub>Mn</sub>

### 2.2 流域内各类污染因素分析

#### 2.2.1 点污染源

区域内共有各类工业、生活排水污染源 184 个,其中工业源 178 个,城镇及工矿生活源 6 个。污染源除煤矿和铁矿采掘采选业主要分布在偏远山丘区外,其他行业主要分布于汾河干流和主要支流的沟谷地带<sup>[2]</sup>。

a. 工业污染源。流域内工业源涉及 8 个工业

表 1 汾河干流及支流水文基本情况

河流名称	县名	流域面积/ km <sup>2</sup>	多年降水量/ mm	河床宽度/ km	河道全长/ km	河道坡降/%	多年平均流量/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	洪峰流量/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )
汾河	宁武	1649	470~770	50~300	64(40)		0.4~1.0(潘家湾)	1100
汾河	静乐	1748	464	400	39.6	0.1~0.9	1.5~8.0	601
汾河	娄烦	300	518	500	20.0		2.0~4.5	2367
洪河	宁武	504	470~770	5~200	38.0		0.5	900
鸣河	静乐	289	464	443	25.8	落差 550m	0.4~2.0	375
东碾河	静乐	506	464	537	56.2	2.0	0.5~1.7	402
西碾河	静乐	97	464	370	27.0	1.3	0.45~1.55	271
岚河	岚县、娄烦	1121	477	20~150	56.0		0.52~1.18	1814
涧河	娄烦	588	518	20~100	12.0	10.0	0.50~1.36	

表 3 工业行业污染物排放及入河量统计<sup>[2]</sup>

行业名称	企业数/个	排放量			入河量		
		污水/(万 t·a <sup>-1</sup> )	COD/(t·a <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> -N/(kg·a <sup>-1</sup> )	污水/(万 t·a <sup>-1</sup> )	COD/(t·a <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> -N/(kg·a <sup>-1</sup> )
煤炭开采	72	824.27	1742.96	3.24	123.59	215.09	0.40
煤炭洗选	5	2.37	0.95	0.15	0.34	0.14	0.02
焦化	7	28.10	109.66	1.57	2.82	9.93	0.28
冶炼	13	113.82	392.92	0.55	23.49	67.47	0.11
选矿	75	783.50	202.29	2.02	48.24	12.40	0.12
火力发电	2	7.61	56.98	1.75	1.50	14.21	0.39
化工	3	58.71	159.47	186.47	27.22	75.11	89.29
建材	1	13.23	2.23	0.33	3.18	0.54	0.08
合计	178	1831.61	2667.46	196.08	230.37	394.88	90.62

行业工业污水、COD、NH<sub>3</sub>-N 总排放量分别占流域内各指标排放总量的 79.65%、73.81% 和 55.94%。工业污水、COD、NH<sub>3</sub>-N 入河量分别占到流域内各指标入河量的 41.67%、33.62% 和 41.27%。见表 3 及图 1。

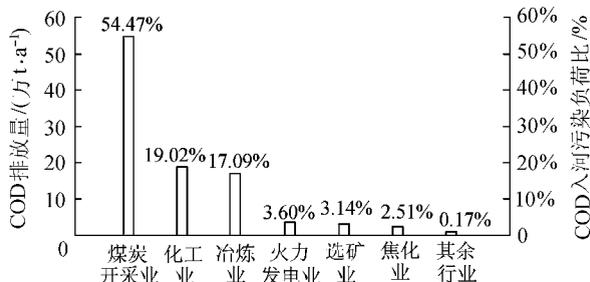


图 1 工业行业 COD 入河污染负荷比

工业行业中 NH<sub>3</sub>-N 入河污染负荷比分别为：化工业 98.53% 其余行业 1.47%。

化工企业中主要排污企业是岚县金龙化工有限公司，污染负荷占 3 个化工企业的 98% 以上<sup>[2]</sup>。

b. 城镇生活污水。流域 4 县城镇生活污水及 COD、NH<sub>3</sub>-N 的年排放总量分别为 467.88 万 t/a、946.72 t/a、154.44 t/a；污水及 COD、NH<sub>3</sub>-N 的年入河总量分别为 322.49 万 t/a、779.69 t/a、128.94 t/a<sup>[2]</sup>。流域 4 县城镇生活污水、COD、NH<sub>3</sub>-N 入河量占总污染负荷比例见图 2。

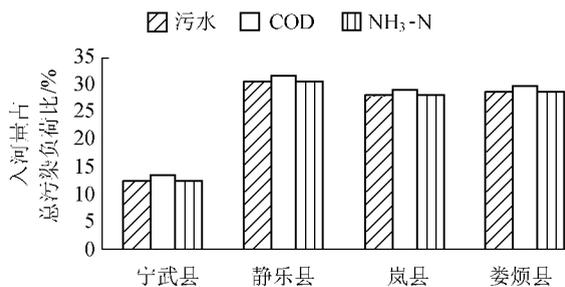


图 2 4 县城镇生活污水入河污染负荷

### 2.2.2 非点污染源

a. 城镇地面径流污染源。据山西省环境科学研究院、山西省环境科学学会等单位对流域城镇地

面径流流失量的调查、统计与核定资料(其中:城镇雨水收集管网覆盖率修正系数宁武县为 0.6,其余 3 县选用 0.8 年均源强系数 COD 为 50 t, NH<sub>3</sub>-N 为 5 t),流域城市地面径流中的 COD 与 NH<sub>3</sub>-N 流失量分别为 51 t/a 和 5.1 t/a;入河量为 1.53 t/a 和 0.57 t/a<sup>[2]</sup>。4 县城镇地面径流污染物流失量分别占区域内总量的 0.56% 和 0.40%;入河量分别占到区域内污染物入河总量的 0.11% 和 0.23%。

b. 农村生活污染源。据山西省环境科学研究院、山西省环境科学学会等单位对流域内的农村生活排污量的调查、统计与核定(核定区域内农村人均用水量以 45 L/d 计;人均排污系数 COD 以 30 g/d, NH<sub>3</sub>-N 以 5 g/d 计)资料,流域排污量较大的地区主要分布于农业人口相对集中和密集的汾河与鸣河、东碾河、岚河、涧河的农业耕作条件相对较好、农业经济比较发达的河谷地带;流域 COD 与 NH<sub>3</sub>-N 排放量分别为 4710.84 t/a 和 785.14 t/a, COD 与 NH<sub>3</sub>-N 入河量分别为 141.33 t/a 和 23.55 t/a<sup>[2]</sup>;4 县农村生活 COD 与 NH<sub>3</sub>-N 排放量分别占区域内总量的 52.00% 和 61.46%;入河量约占到区域内污染物入河总量的 10.56% 和 9.50%。

c. 农田径流污染源。据山西省环境科学研究院、山西省环境科学学会等单位对区域内的农田径流流失量的调查、统计与核定(其中:耕地坡度大于 25°的农田系数采用 1.2,小于 25°的农田坡度系数采用 1 年均化肥源强系数 COD 选用 7.5 kg/hm<sup>2</sup>, NH<sub>3</sub>-N 源强系数选用 1.5 kg/hm<sup>2</sup>)资料,农田径流中的 COD 与 NH<sub>3</sub>-N 流失量为 683.10 t/a 和 136.62 t/a,入河量为 20.49 t/a 和 4.10 t/a<sup>[2]</sup>。4 县农田径流 COD 与 NH<sub>3</sub>-N 流失量分别占区域内流失总量的 7.54% 和 10.70%;入河量约占到区域内污染物入河总量的 1.53% 和 1.65%。

### 2.3 区域内各类污染源汇总分析

对区域内的各类型污染源调查计算结果进行汇总,区域点源与非点源污染物排放及入河量统计见

表 4 各类污染物排放及入河量统计

污染源类型	年排放量			年入河量		
	污水/ 万 t	COD/ t	NH <sub>3</sub> -N/ t	废水/ 万 t	COD/ t	NH <sub>3</sub> -N/ t
工业污染源	1831.61	2667.46	196.08	230.37	394.88	90.62
城镇生活污染源	467.88	946.72	154.44	322.49	779.69	128.94
农村生活		4710.84	785.14		141.33	23.55
农田径流		683.1	136.62		20.49	4.10
城镇地面径流		51.0	5.1		1.53	0.57
合计	2299.49	9059.12	1277.38	552.86	1337.92	247.78

各类型排放污染负荷比例计算统计结果分别为:①工业:污水排放量占 79.65%,COD 占 29.45%,NH<sub>3</sub>-N 占 15.35%;②城镇生活:污水排放量占 21.35%,COD 占 10.45%,NH<sub>3</sub>-N 占 12.09%;③非点源:COD 占 60.10%,NH<sub>3</sub>-N 占 72.56%。

各类型入河污染负荷比例计算统计结果分别为:①工业:污水入河量占 41.67%,COD 占 29.51%,NH<sub>3</sub>-N 占 36.57%;②城镇生活:污水量入河占 58.33%,COD 占 58.26%,NH<sub>3</sub>-N 占 52.04%;③非点源:COD 占 12.21%,NH<sub>3</sub>-N 占 11.39%。

各县入河污染负荷比例见图 3。

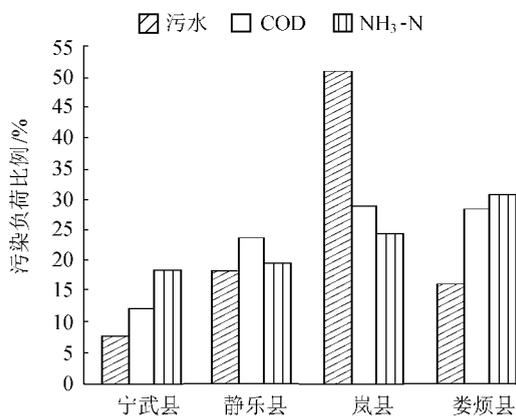


图 3 流域 4 县入河污染负荷

### 3 存在的主要问题

#### 3.1 各类污染源严重削弱水体自净能力

a. 流域工业企业排污形成的点源污染尚未得到有效控制。流域 178 家工业源中,常年排污影响汾河水质的工业污染源主要是合成氨工业、煤焦化工业、电厂以及靠近鸣河、东碾河、涧河、岚河的少数煤矿与选矿厂废水,这些行业废水处理设施简陋,且入河排污口相对集中,是汾河水库及其上游主要污染物 COD、NH<sub>3</sub>-N 的重要来源。

b. 流域城镇生活污水排放状况亟待治理。城

镇污水处理厂有的建设不能按规划进行,建成的运转不正常,使大量生活污水未经处理直接入河,使得流域城镇生活污水、COD、NH<sub>3</sub>-N 入河量达到各类型污染负荷总量的 50% 以上。

c. 近年来区域农村生活污染源、农田径流污染源 COD、NH<sub>3</sub>-N 排放量已分别占到各类型污染负荷总量的 59.54% 和 72.16%,流域农村面源污染状况不容忽视。

#### 3.2 与水功能区管理和水源地保护要求相匹配的监管制度尚未落实

水功能区管理是水资源保护的核心内容之一,也是《中华人民共和国水法》赋予水利部门的重大社会责任。汾河水库及其上游饮用水功能区治理保护的目标就是要使区域一级保护区水体不低于Ⅱ类水质标准;二级保护区水体不低于Ⅲ类水质标准并保证一级保护区的水质能满足规定标准的要求<sup>[4]</sup>。尽管区域水功能规划、污染物总量控制和水资源承载能力的研究早已开展,但相应的水环境监管制度并没有真正建立:①与水功能区管理和饮用水源地保护要求相适应的法律、法规有待完善和补充;②“多龙治水”的局面依然存在;③流域产业结构、工矿企业布局与水环境管理的目标不相匹配;④水源地保护与开发的矛盾尚未得到有效解决;⑤围绕减少上游污水排放量,增加清水入库量,以提高用水效率和效益为中心的节水型社会建设亟须推进;⑥水源地重大水污染事件应急管理、重大水污染事件快速反应机制亟须建立;⑦水源周边综合治理工作有待进一步加强;⑧水环境监测能力不能满足管理需要。

### 4 水环境治理保护建议

#### 4.1 实行最严格的水资源管理制度<sup>[5]</sup>,节水减排,削减入河污染负荷

强化行业用水定额管理,对用水效率低于山西省用水定额标准的行业,依法核减其取水量。努力使万元 GDP 用水量比现状降低 60% 以上、万元工业增加值用水量比现状降低 50% 以上、农业灌溉水利用系数提高到 0.55<sup>[5]</sup>,促进再生水、矿井水、雨水等非常规水源的利用,不断提高用水效率与效益。

#### 4.2 确定限制纳污红线,改善流域水质

结合流域的经济发展规划和节能减排指标要求,提出合理可行的分阶段限制排污控制计划。近期以 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 为主要控制指标,确定实施纳污红线、水质目标和入河污染物控制量。分重点、分层次制定流域限排年度计划,强化入河排污口排污总量控制,严把取退水水质关口,加强对区域主要污染源的监控,杜绝偷、漏排放污水。重点抓好预防水库

富营养化的工作。对违反红线管理要求的,严格禁止对其进行取水许可和入河排污口审批。

根据区域水环境纳污能力,实施水环境准入制度,优化产业结构,调整产业布局,强化水资源与水环境容量合理配置,削减污染负荷。

#### 4.3 规范水资源管理 加强水资源论证管理

①根据饮用水功能区限制纳污红线,严格执法监督。超过红线的,追究其责任,并依法惩处。同时加大水行政执法力度,严厉查处污染水库水体、破坏水环境、偷排污水等行为。②制定《汾河水库及上游饮用水功能区水污染防治办法》等操作性强的地方法规,明确区域范围管理权限及一、二级保护区的禁止行为等,使流域水环境污染防治工作早日纳入法制化规范化轨道。③开展水污染事故的技术咨询和技术仲裁,建立和完善水污染事故报告制度。④通过水资源论证行使否决权,从源头上遏制盲目兴建高耗水、高污染项目。

#### 4.4 点源治理

##### 4.4.1 工业企业排污治理

根据国家产业政策,对区域内的煤炭开采企业或关闭或进行优化组合,在实施清洁生产的同时,建设治理工程对尾矿水进行深度处理。静乐县要对5个洗煤企业实施关闭或优化组合,进行规模化生产,采用风选技术以减少对汾河水质的污染。位于岚县岚河流域的岚县金龙化工有限公司,需尽快实现清洁生产,保证处理水达标排放或循环利用,最大限度地消除水源地 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的点源污染。

##### 4.4.2 城镇生活污水治理以及安全与应急处理

尽快落实4县污水处理厂的建设和正常运行,早日实施对城镇生活污水的集中处理,实现处理水达标排放。协调解决好用水、排水、废水处理与回收利用的问题,建立完善城镇污水处理回用管理制度和安全监管机制,研究建立合理的再生水价格机制,探索建立以奖代补等鼓励污水处理回用的政策措施,实现污水的深度处理和循环利用<sup>[6]</sup>。流域工业企业包括各城镇生活污水处理厂应有应急管理措施,保证未经处理的工业及生活废水不外排,杜绝事故污水排放。

#### 4.5 农业面源污染治理

根据降雨径流过程(水文过程)、土壤侵蚀过程、污染物迁移转化过程,采取相应的农业面源污染治理保护措施。①加强对区域汾河源流区和高山区天然林的保护,在植被覆盖差且土层大于50cm的汾河东部与西部的中南地区,营造水源涵养林,在农田间和水体周边特别是河道两侧及库周建立人工湿地和植物缓冲带,有计划退耕还林还草,特别是在河道

两侧及库周最大限度退耕还林还草,开展生态修复;开展大田作物集雨节水灌溉等措施,减少地面径流。

②合理调整区域用地比例,相应调整农业种植结构;汾河水库取水口及周围1000m(包括涧河入库的宽河床地带)地带,全面禁止河漫滩农耕活动,并通过采取保护性耕作,少耕或免耕,间作套种、草田轮作、草田带状间作以及秸秆覆盖、增施有机肥,建立小型水利水土保持工程,采取加大水土保持淤地坝建设、降低土壤养分流失率等措施,控制土壤侵蚀。③以小流域为单元,开展社会主义新农村与生态农业建设,建设清洁小流域,控制污染物输移。

在偏远山区推广测土施肥技术,把农业人口相对集中、农业耕作条件相对较好、农业经济比较发达的汾河与鸣河、东碾河、岚河、涧河的河谷地带作为重点,推广生物防治和生态平衡施肥技术,在汾河水库取水口上游1000m至下游100m(包括涧河入库的宽河床地带)范围内严禁使用化肥农药,禁止人工水产养殖业和放养牲畜;以田园清洁、家园清洁、水源清洁工程为主线,带动无公害农产品、农家乐等产业发展,并结合发展循环经济,加大农村户用沼气和大中型沼气工程建设,实现农村人畜粪便、农作物秸秆资源化利用<sup>[7]</sup>。

#### 4.6 建立与水功能区管理和水源地保护相适应的监控体系

加大对汾河河源、水库、汾河干流、岚河和涧河来水的水质监测力度,重点做好水功能区水库取水口、县界断面、主要输水断面和入河排污口的监测工作。在原有的水质监测站点、监测频次、监测项目的基础上,适当增加水质监测站点(如引黄南干线出口头马营水文站、天池河好水沟水文站),以更好地解决站点代表性,并相应增加水质监测频次和项目。建议建设农业水资源与水环境监测站网,健全流域农业水资源水环境保护基础体系。以汾河水库及其上游饮用水功能区作为试点,布设站网,开展地表水、土壤水、降水和灌溉水联合监测工作,准确及时反映区域农村水资源水环境问题。建议完善突发性供水安全应急预案,水污染事故监控和应急反应系统,增强应对突发性水污染事故的能力。

定期发布有关信息,对功能区水质不达标、入河排污口废水超指标排放的,要及时报告当地人民政府,并通报环境保护部门。

#### 参考文献:

- [1] 王晓宇. 汾河水库及其上游水源地生态保护与环境治理研究[J]. 中国水利, 2008(16): 44-46.
- [2] 山西省环境科学研究院, 山西省环境科学学会. 引黄工

程汾河 81 km 天然输水河道水环境容量与排污总量分配研究 [R]. 太原:山西环境科学研究院, 2005.

- [3] 韩静. 汾河水库水质趋势分析 [J]. 山西水利科技, 2009 (1): 92-93.
- [4] 朱党生, 王超, 程晓冰. 水资源保护规划理论及技术 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- [5] 陈雷. 实行最严格的水资源管理制度, 促进经济社会全

面协调可持续发展 [N]. 人民日报, 2009-03-22 (2).

- [6] 王晓宇. 山西省城市污水处理与回用存在问题及对策探讨 [J]. 水资源与水工程学报, 2007 (2): 72-76.
- [7] 王晓宇. 生态农业建设与水资源可持续利用 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.

(收稿日期 2010-03-15 编辑: 高渭文)

(上接第 29 页)

表 5 华北平原地下水功能评价指标体系<sup>[8]</sup>

功能层	属性层	指标层
资源功能	资源占有性	区外补给资源占有率、区内补给资源占有率、可利用资源占有率
	资源再生性	补给可用率、补采平衡率、降水补给率
	资源调节性	水位变差开采比、水位变差降水比
	资源可用性	可采资源模数、资源质量指数、资源开采程度
生态功能	景观环境维持性	湖沼环境与地下水关联度
	水环境关联性	水环境矿化与地下水关联度
	植被环境维持性	绿地与地下水关联度
地质环境功能	土地环境关联性	土地沙化与地下水关联度、土地盐渍化与地下水关联度
	地环稳定性	地面沉降与地下水关联度
	系统衰变性	地下水质量与水位关联度、补给变化率与水位变差比

地下水补给量很小, 湖泊环境受地下水的影响也比较小, 因此“湖沼环境与地下水关联度”等指标在南方地区地下水功能评价中被忽略, 而在北方地区被重视; 广东省南临南海, 沿海岸线曲折, 长达 3 368.1 km, 居全国海岸线长度第 1 位, 因此“海水入侵与地下水水位的关联性”指标在广东省地下水功能评价中被着重考虑。由此可知, 表 4 提出的广东省地下水功能评价指标体系与华北平原地下水功能评价指标体系差异较大。

除有关地下水共性指标外, 不同地区地下水功能评价指标体系的建立还要根据各地区的水文地质、地下水开采利用、生态环境和地质环境条件选取反映区域特征的评价指标体系。

## 5 结 语

a. 根据研究区的水文地质条件、地下水生态环境状况和地质环境状况, 选择理论分析法和专家咨询法进行地下水功能评价指标的第 1 次筛选, 选择灰色关联度法进行研究区地下水功能评价指标的第 2 次筛选, 从地下水功能评价体系的 34 个指标中筛选出 19 个主导性的优势指标, 评价结果基本与广东省实际情况吻合, 说明研究区筛选的评价指标具有一定的科学性、合理性。

b. 通过与“华北平原地下水功能评价指标体系”对比, 可以看出, 华北平原地区的评价指标体系不仅考虑了区外资源补给、湖泊环境受地下水的影响, 还考虑了土地沙化、地下水补给变率与水位的关系, 这些指标在广东省地下水功能评价中均被忽略, 而海水入侵则被着重考虑。两地指标体系差异较大, 除有关地下水共性指标外, 不同地区地下水功能评价指标体系的建立还要根据各地区的水文地质情况选取反映区域特征的评价指标体系。

c. 地下水系统的复杂性、隐蔽性给全面认识地下水系统特征带来困难, 需要进一步对地下水功能的表征属性和影响因子进行分析, 建立实时动态的数据资料监测体系, 进一步完善评价指标体系, 实现地下水功能的动态评价。

## 参考文献:

- [1] 水利部. 中国水资源公报(2004 年) [R]. 北京: 水利部, 2005.
- [2] 赵贤豹, 钟华平, 黄昌硕. 南方地下水开发利用存在问题及对策 [J]. 地下水, 2008 (1): 40-43.
- [3] 中国地质调查局. 全国地下水资源及其环境问题调查评价 [R]. 北京: 中国地质调查局, 2004.
- [4] 罗育池, 魏秀琴, 杜金龙, 等. 基于 MapGIS 的河南省浅层地下水功能评价与区划 [J]. 中国农村水利水电, 2007 (9): 36-42.
- [5] 张光辉, 聂振龙. 区域地下水功能可持续性评价理论与方法研究 [M]. 北京: 地质出版社, 2008.
- [6] 史瑞卿, 孙维芬. 灰色聚类分析在地下水功能区划中的应用 [J]. 工程勘察, 1999 (1): 27-30.
- [7] 费为进, 经苏龙. 快速灰色分级聚类法在地下水功能区划中的应用 [J]. 地下水, 2001, 23 (2): 190-191.
- [8] 张光辉, 申建梅, 聂振龙, 等. 区域地下水功能及可持续性评价理论与方法 [J]. 水文地质工程地质, 2006 (4): 62-71.

(收稿日期 2010-03-16 编辑: 高渭文)