

# 恢复邢台百泉泉水流量可行性研究

乔光建

(邢台水文水资源勘测局, 河北 邢台 054000)

**摘要** 通过百泉泉区天然状态与超采状态下的水环境对比分析, 并对岩溶水补给量和开采量进行计算, 阐述恢复邢台百泉泉水流量的可行性。随着“引朱济邢”和“南水北调”供水工程的实施, 邢台百泉水生态环境的恢复将变为现实。

**关键词** 岩溶水; 泉水流量; 可行性研究; 邢台百泉

中图分类号: P641.134 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2006)01-0046-04

## Study on feasibility of restoring spring water quantity at Baiquan of Xingtai City

QIAO Guang-jian

(Xingtai Bureau of Hydrology and Water Resources Survey of Hebei Province, Xingtai 054000, China)

**Abstract:** According to the comparison of water environment under the natural condition and overexploitation of groundwater at Baiquan, the water quantities of karst water replenishment and exploitation were calculated. The feasibility of spring water quantity rehabilitation was discussed, and it was found out that the South-to-North Water Diversion Project and the water diversion project from Zhuzhuang Reservoir to Xingtai City would help to realize the ecological restoration of Baiquan.

**Key words** karst water; spring water quantity; feasibility study; Baiquan of Xingtai City

邢台百泉泉域位于邢台、邯郸西部, 包括邢台市、内丘县、邢台县、沙河市及武安市的部分地区, 总面积 3843 km<sup>2</sup>。区域内西部为山区, 海拔标高 1000 m 左右; 向东逐渐过渡为低山丘陵, 标高 200 ~ 500 m; 东部为平原, 标高 60 ~ 100 m。

邢台百泉泉区较大的泉有百泉、达活泉两大泉群, 均属岩溶上升泉, 也是泉域岩溶水主要排泄点。百泉泉群位于邢台市区东南 4 km 处, 有百泉、七里河泉、葫芦套、珍珠泉、和尚泉、赵家滩、洛泉、华庄泉、狗头泉、银沙泉、黑龙潭 11 处排泄点。出露面积约 16 km<sup>2</sup>, 地面标高 66.6 ~ 75.2 m, 多年平均流量 5.73 m<sup>3</sup>/s (1952 ~ 1974 年)。达活泉泉群位于邢台市西北达活泉公园一带, 有达活泉、白沙泉、紫金泉、野狐泉 4 处排泄点。地面标高 70 m 左右, 多年平均流量 1.14 m<sup>3</sup>/s (1952 ~ 1974 年)。邢台百泉泉域各泉位置分布见图 1。



图 1 百泉泉域各泉位置分布

### 1 泉区天然水量

1958 年以前, 百泉泉域地下水流动系统处于天

作者简介 乔光建(1956—)男, 河北沙河人, 高级工程师, 从事水环境监测和水资源保护工作。E-mail: jhxtqgj@163.com

然稳定状态,地下水埋深总的变化规律:从补给区到排泄区逐渐由深埋型过渡为浅埋型,直到排泄点以泉群涌出地表。补给区水位大于160 m,排泄点水位则为70 m左右。岩溶水基本没有开采,百泉泉域的出流量一般为 $8 \sim 10 \text{ m}^3/\text{s}^{[1]}$ 。1958~1978年间,随着工农业的发展和人口的增加,岩溶水逐渐被开发,此期间百泉泉域出流量平均为 $6.87 \text{ m}^3/\text{s}$ 。上述两个流量都表征当时岩溶水的补给量。

百泉岩溶地下水的流网形态受构造控制,总的特征是呈波状起伏的辐型流面,在强径流带则为槽谷状展布。在补给区流线密集,向排泄区则逐渐稀疏。其流线的趋势是分别从西南、西、西北向百泉汇流。在百泉泉域东侧是阻水断层,成为百泉东翼的地下水阻水隔墙。从地势分析,百泉一带是整个岩溶地层隐伏区的地面高程最低、埋藏最浅处。岩溶水在一定压力下从泉群排出。表1是百泉泉区泉水年平均流量统计<sup>[2]</sup>。

表1 百泉泉区泉水年平均流量

年份	年平均流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	年份	年平均流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	年份	年平均流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )
1958~1961	9.860	1969	4.920	1977	6.350
1962	7.780	1970	4.540	1978	4.760
1963	6.511	1971	4.880	1979	3.050
1964	6.542	1972	5.226	1980	0.964
1965	6.527	1973	5.815	1981	1.782
1966	5.446	1974	5.180	1982	3.412
1967	5.300	1975	6.140	1983	2.230
1968	5.120	1976	7.400	1985	1.550

## 2 天然状态下水生态环境状况

a. 水资源利用情况。据有关资料统计<sup>[2]</sup>,1953年百泉灌区灌溉邢台、南和两县农田 $2313 \text{ hm}^2$ ,水田 $66 \text{ hm}^2$ 。1954年灌溉邢台市、邢台县、任县等共5个乡镇48个村土地 $3330 \text{ hm}^2$ 。1958年通过对渠道整治、延伸,使灌溉面积扩大到 $6600 \text{ hm}^2$ 以上。1975年对百泉开挖和渠道整治,灌区面积不断扩大,灌溉涉及邢台县、邢台市、任县、南和、沙河5县(市),总面积达 $13300 \text{ hm}^2$ 。到1982年,工业用水量增大,对岩溶水的开发量剧增,上游修建水库截流,加上连年干旱,地下水位大幅度下降,泉水量减少,灌溉面积减为 $6600 \text{ hm}^2$ ,邢台县王快、东汪2个乡镇22个村和南和县河郭6个村为常年灌区,灌溉面积为 $2600 \text{ hm}^2$ ,邢台县祝村乡7个村和南和县河郭、西里、贾宋、城关镇、东韩、邵凝6个乡镇的70个村为季节灌区,灌溉面积 $4000 \text{ hm}^2$ 。

b. 对孔隙水的补给。百泉排泄区在天然状态下,岩溶水压力水头高出地面 $2 \sim 5 \text{ m}$ ,通过埋藏灰岩残丘或残山,以“天窗”的形式补给第四系孔隙水,造

成该处第四系孔隙水水位比周围高 $1 \sim 5 \text{ m}$ ,呈辐射状流场径流于平原区。据估算,岩溶水在此处对第四系孔隙水的补给量为 $2018.3 \text{ 万 m}^3/\text{a}$ 。邢台—内丘断裂以东的第四系中、下更新统与奥陶系中统灰岩为断裂接触关系。奥陶系中统灰岩溶隙、洞穴发育,富水性极强,断裂与第四系接触带长达 $10 \text{ km}$ 。在水平方向上,东部平原第四系地下水水力梯度为 $2\% \sim 3\%$ ,从西向东径流。在垂直方向上,第四系不同含水层组的地下水位自上而下由深变浅,即愈往下部压力水头愈高。据估算,岩溶地下水对第四系孔隙水的侧向补给量为 $788.4 \text{ 万 m}^3/\text{a}$ 。因此,百泉排泄区对第四系孔隙水的排泄总量为 $2806.7 \text{ 万 m}^3/\text{a}^{[1]}$ 。

c. 湿地的水源。在泉域出露区,水域面积达 $20 \text{ km}^2$ ,从百泉村向东到河会村,北至双楼,南至东九家村,辐射20多个村,盛产芦苇。每年春季,有数万只水禽鸟类在此繁衍生息。在水域内,生长各种水生植物和各种鱼类、甲壳类水生动物,形成一个独特的水生态系统。同时,湿地的大量水面及其水生植物可以调节局部地域小气候,水体的热量调节和蒸发作用可以使周围地区酷暑降温,空气湿度增加,有效增加降水。另外,湿地在维持生物多样性和物种平衡方面发挥重要作用,具有十分丰富的景观和文化价值。

## 3 大量开采岩溶水对生态环境的影响

### 3.1 泉水干涸

1979年以前,岩溶水水位只具有周期性变化规律,多年水位基本保持平衡。1979年以后,作为岩溶水主要补给来源的大气降水处于偏枯周期(1958~1980年的年平均降水量 $551.2 \text{ mm}$ ,1981~1997年的年平均降水量 $496.3 \text{ mm}$ ),降水补给量减少。随着国民经济的发展,对岩溶地下水的开采量逐年增加,导致百泉在20世纪80年代几次断流。从1979年开始,达活泉泉区4个泉坑,百泉泉区的赵家滩、洛泉等一年中仅有3~6个月时间有水,泉水量急剧减少,到1982年上述6个泉全部断流。其他泉流量情况以后也是时断时有,延续到1987年全部干涸。20世纪70年代初,百泉治理后,在百泉村东建设了水上旅游点,并修了专用公路,是邢台市夏季游泳、避暑的好去处,后因泉水干涸,使该旅游点荒废。表2是邢台百泉泉域各泉年平均流量(1958~1974年)和干涸时间。

### 3.2 地下水位下降,漏斗扩大

在开采条件下,百泉岩溶地下水的水位动态与天然状态类似,在一个水文年内有回升期、相对稳定期和下降期。在丰水年,岩溶地下水获得大量补给,

表2 百泉泉域各泉的基本情况

泉区	泉名	泉水年平均流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	泉水年平均最大流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	泉水全年干涸时间	
百泉区	七里河泉	2.202	2.60	1987	
	百泉坑	0.644	0.66	1987	
	葫芦套	0.581	1.20	1987	
	珍珠泉	0.187	0.19	1986	
	和尚泉	0.130	0.16	1986	
	赵家滩	0.158	0.20	1980	
	洛泉	0.094	0.13	1981	
	华庄泉	0.213	0.31	1987	
	狗头泉	0.970	1.83	1987	
	银沙泉	0.200	0.30	1987	
	黑龙潭	0.360	0.61	1987	
	达活泉区	达活泉	0.278	0.50	1982
		白沙泉	0.403	0.69	1980
紫金泉		0.103	0.14	1979	
野狐泉		0.320	0.46	1980	
合计		6.843			

地下水位显著上升,以后各年补给量相对减少,虽然地下水位动态曲线表现为有升有降,但总的趋势是呈阶梯状下降,直到下一个丰水年。这种动态变化除受大气降水因素控制外,还与人为增加开采量和朱庄水库蓄水拦截地表径流、减少岩溶地下水补给量有关。在其他开采较集中的地方,均形成局部小漏斗区,地下水流网形态发生局部变化。

1979年以后,岩溶水大规模集中开采,水位变化大,呈现出多年下降趋势。年内水位历时曲线的上升段变缓,下降段曲线变陡,说明补给量已小于开采量,反映了开采型水位特征。在集中开采区,还产生了地下水位下降漏斗,使地下水流系统受到人为影响,由天然型稳定状态变成为天然-人工复合流动系统的非稳定状。在人工集中大量开采岩溶水的地段,则出现漏斗状流网形态。邢台市区由于过量开采岩溶水,按1991~2000年岩溶地下水位资料统计,地下水位年平均下降1.4~1.6m,1999年最大埋深达85.06m,已经发生多次“水荒”和工矿企业因“吊泵”而停产事件。

### 3.3 泉区水资源短缺

泉水干涸后,原来的芦苇和湿地荡然无存,在芦苇和湿地繁衍生息的各种鸟类全部迁移,水生动植物无一生存。在百泉泉区,过去主要以生产芦苇、莲藕等水生植物为主,如今全部改种农业作物,经济效益明显下降。过去以泉水灌溉农田的灌区,现在主要开采地下水(第四系孔隙水)。由于开采量增大,补给量减少,导致地下水位持续下降,如今灌溉农田要从几十米甚至上百米的机井抽水,农用机井和提水机械平均10年更换1次,机井越打越深,抽水成本逐渐增大,农业生产成本逐年攀升,对农业生产产生负面影响,严重挫伤农民种田的积极性。图2是

泉区薛庄站地下水位变化趋势。

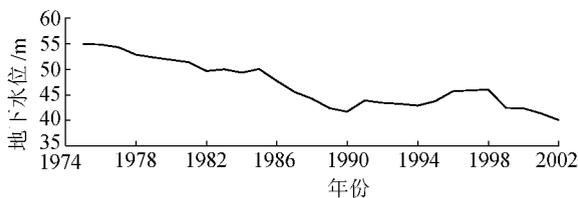


图2 百泉泉区薛庄站地下水位过程线

## 4 泉域岩溶水补给量计算和用水量调查

### 4.1 岩溶水补给量计算

百泉泉域是一个以降水为唯一补给来源,边界性质清楚,基本独立、完整、封闭式的水文地质自然单元。其补给方式有两种:①百泉泉域岩溶地下水是降水沿裸露灰岩直接渗入补给和地表水汇流后在河道渗漏段的下渗补给,裸露区面积338.6km<sup>2</sup>。补给区地下水以垂直运动为主,径流区地下水以水平运动为主,以泉群为收敛中心的扇形径流网分4条汇流带流向百泉泉区排泄,补给相对集中,径流条件复杂。大气降水在灰岩裸露区面状直接入渗补给,入渗系数在0.6~0.7之间;②大气降水在西部变质碎屑岩区形成地表径流,汇入下游河道和水库,河水和水库放水在河道渗漏段部分下渗,以线状间接补给岩溶水。区域内有发源于西部变质岩区的小马河、白马河、七里河、沙河、马会河、北洛河。各河流在雨季洪峰期流经裸露区产生严重渗漏。

采用《河北省邢台市水文地质工程地质综合评价报告》中的综合入渗系数法来计算泉域岩溶水补给资源<sup>[3,4]</sup>。综合入渗系数法的确定是考虑“朱庄水库不放水,而其他水库以多年规律正常运行”状态下降水综合入渗系数。根据实验研究成果<sup>[5]</sup>在本流域内,降水量100mm时的岩溶水补入量为2786.1万m<sup>3</sup>,主要包括面状入渗与朱庄水库之外的其他水库放水的河道线状入渗两部分。朱庄水库弃水补给单独计算,根据建库后资料分析,朱庄水库弃水渗漏补给系数实测为0.437~0.543(1994年水库调节放水,目的是补充地下水,则调节水量全部补充地下水)。按式(1)计算出多年平均岩溶水补给量为17658万m<sup>3</sup>(表3)。

$$W_{补} = k\alpha_1 PF + \alpha_2 W_{朱弃} \quad (1)$$

式中: $W_{补}$ 为多年平均岩溶水的补给量,万m<sup>3</sup>;  $\alpha_1$ 为降水综合入渗系数; $P$ 为灰岩裸露区面降水量,mm; $F$ 为裸露区入渗面积,km<sup>2</sup>;  $\alpha_2$ 为朱庄水库弃水河道渗漏补给系数; $W_{朱弃}$ 为朱庄水库河道弃水量和放水量,万m<sup>3</sup>;  $k$ 为单位换算系数。

### 4.2 泉域岩溶水用水量调查

邢台市的供水水源主要是百泉泉域的岩溶地下

表3 百泉泉域补给量计算

年份	流域 面降 水量/mm	入渗补给 量/万 m <sup>3</sup>	朱庄水库 弃水量/ 万 m <sup>3</sup>	朱庄水库放 水河道入渗 量/万 m <sup>3</sup>	百泉泉域 岩溶水补给 量/万 m <sup>3</sup>
1984	619.8	17268	0	0	17268
1985	525.2	14633	0	0	14633
1986	312.1	8695	0	0	8695
1987	499.8	13925	0	0	13925
1988	517.2	14410	0	0	14410
1989	710.8	19804	3404	1239	21043
1990	670.6	18684	5929	3065	21749
1991	591.5	16480	4655	2414	18894
1992	381.2	10621	0	0	10621
1993	585.0	16299	0	0	16299
1994	451.9	12591	5536	5536	18127
1995	804.8	22423	9065	2384	24807
1996	928.7	25875	57159	8829	34704
1997	473.8	13201	6485	3847	17048
1998	521.8	14538	270	270	14808
1999	330.5	9208	237	237	9445
2000	889.6	24785	11920	5209	29994
2001	420.7	11721	5661	3574	15295
2002	459.3	12797	0	0	12797
2003	613.9	17104	1490	1490	18594
平均		15753			17658

水,市内的几个重点水源地都位于泉域的径流区下游地段及排泄附近。水源地的开采直接影响泉域排泄、径流区的水位动态。随着开采量的不断增加,最后影响整个泉域区。泉域的多年平均补给量也就是泉域内的多年平均可开采量。邢台市重点水源地有:邢台发电厂,位于邢台市区南7 km处,生产和生活用水均为百泉泉域的岩溶水,开采量为3372.6万 m<sup>3</sup>;邢台钢铁有限公司,位于邢台市南侧,开采量1780万 m<sup>3</sup>;邢台市供水公司,每年开采岩溶水3832.5万 m<sup>3</sup>。在岩溶区内的各大中型企业生产和生活用水,主要以开采岩溶水为主。岩溶区内邢台市用水量较大,邢台县、沙河市、内丘县、武安市用水大部分开采岩溶水。通过对1991~2000年用水量调查计算,平均每年从百泉岩溶储蓄水构造中开采岩溶地下水量为18691万 m<sup>3</sup>,平均亏损量为1033万 m<sup>3</sup>/a。

## 5 恢复水生态环境可行性分析

### 5.1 岩溶区的供水工程

a. “引朱济邢”供水工程。朱庄水库是1981年建成的大型水库,流域面积1220 km<sup>2</sup>,是一座以防洪灌溉为主、发电养殖为辅的大型水利枢纽工程,多年调节,总库容4.16亿 m<sup>3</sup>,水质良好。为解决邢台市区水资源短缺状况,保障市区国民经济稳定、快速、可持续发展,市政府决定从朱庄水库向市区修建输水工程,引水入市,实现地表水、地下水资源的统一调度、科学管理、有效利用,即“引朱济邢”供水工程。

“引朱济邢”供水工程年引水量5000万 m<sup>3</sup>,可增加邢台市区日供水能力13.7万 m<sup>3</sup>。

b. 南水北调中线供水工程。南水北调中线总干渠在邢台市布设5个口门,从南到北依次为赞善、南大郭、刘家庄、黑沙村及黑沙村泵站,频率为50%,分配邢台市江水3.56亿 m<sup>3</sup>,重点用于城镇,供水目标是邢台市的17个县(市)和沙河电厂、华龙镇、东汪镇和少量农村高氟水区居民生活用水。南水北调供水工程在百泉岩溶区范围内分配的引江水量为19408万 m<sup>3</sup>。

### 5.2 水量供需平衡计算

若要保持多年平均水位不发生大的变化,泉域内的岩溶水补给量可开采量应保持在17658万 m<sup>3</sup>/a。考虑到岩溶水系统具有一定的调蓄能力,按“以丰补歉,多年调节”的原则评价开采资源,且开采区外一定范围内水动力特征不会发生大的改变,也不会造成水文地质条件的变异。“引朱济邢”供水工程2004年开始供水,每年为邢台市区调水5000万 m<sup>3</sup>,可弥补超采的岩溶水1033万 m<sup>3</sup>,在供需平衡的基础上每年少采岩溶水3967万 m<sup>3</sup>,同时使地下水位回升,每年可上升5~6 m,5年左右即可恢复泉水流量。在此期间,如遇到较大洪水,使地下水位得到恢复,泉水即可恢复流量。据估算,扣除百泉排泄区对第四系孔隙水的排泄量2807万 m<sup>3</sup>,恢复后的泉水流量约0.37 m<sup>3</sup>/s左右。

南水北调中线供水工程预计到2008年开始供水,按照供水规划,在岩溶区范围内分配的引江水量19408万 m<sup>3</sup>,加上“引朱济邢”工程补给水量,基本上能满足工业生活用水需求,使岩溶区泉水得到自然恢复。如果在岩溶区内用水全部采用外流域调水和开采第四系孔隙水,不开采岩溶水,根据水量平衡原理,由补给量和排泄量可计算出百泉泉水流量:

$$Q_{\text{百泉}} = k(W_{\text{补}} - W_{\text{排泄}}) \quad (2)$$

式中: $Q_{\text{百泉}}$ 为百泉泉水流量, m<sup>3</sup>/s; $k$ 为单位换算系数; $W_{\text{补}}$ 为岩溶水的补给量,万 m<sup>3</sup>; $W_{\text{排泄}}$ 为百泉排泄区岩溶水对第四系孔隙水的排泄量,万 m<sup>3</sup>。

由计算得知,多年平均补给量为17658万 m<sup>3</sup>,扣除百泉排泄区对第四系孔隙水的排泄量2807万 m<sup>3</sup>,百泉泉水平均流量将恢复到4.71 m<sup>3</sup>/s,再也恢复不到20世纪五六十年代的泉水流量。主要原因是上游水库截流和降水量减少。

通过上述分析计算,南水北调中线供水工程的实施,对改善百泉泉域水生态环境有重要意义。

## 6 恢复水生态环境的措施和建议

### 6.1 合理调度水源和外流域调水

邢台市属于资源型缺水地区(下转第52页)

形状,无法形成循环,所以应创造循环条件,把整个雨水净化、输送与景观水体统一起来,构成大循环。经设计,循环途径如图2所示。

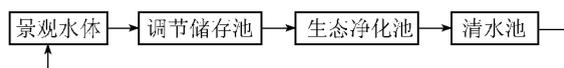


图2 水体循环途径1

在循环水出水口处的景观湖岸设置生态过滤净化带,铺设生态过滤层,并种植水生植物。通过过滤层的过滤、植物根系和微生物的吸收等作用,强化水体的自然净化。在景观水池中可以设假山及假山上设自流泉,这样又构成一个循环系统(图3)。



图3 水体循环途径2

## 5 效益分析

以本设计方案(方案二)与传统雨水排放设计方案(方案一)进行技术经济比较:方案一采用传统的雨水排放管系,估算投资32万元。年均外排雨水量8000 m<sup>3</sup>,取自来水作为操场冲洗、绿化等水源,每年耗水5000 m<sup>3</sup>,每年冲刷耗水约8700 m<sup>3</sup>。方案二以雨水作为新的水源,减少了管网负荷和污染负荷,减

少了污水处理费用,但投资较高,概算约118万元。采用方案二:①按当年多年平均降雨量平衡分析,年可利用雨水8000 m<sup>3</sup>,按4元/m<sup>3</sup>计,年节约水费3.2万元。②调节储存池等可调节洪峰流量,使校区具有较大的防洪能力。③能有效地利用雨水,将排水、用水、景观和生态环境作为一个整体考虑,采用生态设计,保障景观水体水质。④无需处理设备,运用自然的土壤净化方法,生态净化池易于管理。因此,虽然方案二投资较大,但充分利用了雨水资源,改善了生态环境,其长期经济效益和社会效益是不可估量的。

### 参考文献:

- [1]曹秀芹,车武.城市屋面雨水收集利用系统方案设计分析[J].给水排水,2002,28(1):13-15.
- [2]车武,汪慧贞,任超,等.北京城区屋面雨水污染及利用研究[J].中国给水排水,2001,17(6):57-61.
- [3]车武,欧岚,刘红.屋面雨水土壤层渗透净化研究[J].给水排水,2001,27(9):38-41.
- [4]欧岚,车武,汪慧贞.城市屋面雨水绿地水平渗透净化研究[J].城市环境与城市生态,2001,14(6):24-27.
- [5]于永才.公园水体污染防治研究[J].中国园林,1997,13(2):59-60.

(收稿日期:2004-07-06 编辑:傅伟群)

(上接第49页)只有坚持开源节流与保护并重,才能缓解供需矛盾实现水资源的可持续利用。从邢台市现状来看,一方面要充分发挥现有的各种引蓄水工程的作用,实现优化调度。目前进行的引朱济邢调水工程,由于资源型缺水严重,潜力有限。实施南水北调中线工程,是解决邢台市水资源危机的根本措施。在实施南水北调中线工程前,要通过强化节水和推进合理用水,使地下水超采状况有所控制。在南水北调中线工程实施后,一般年份城市和城镇要全部禁采岩溶地下水,干旱年地下水与南水北调工程来水联合运用应急,从而使地下水位逐步恢复到合理状态,恢复泉区水生态环境。

### 6.2 加强对泉域水源地的管理

在泉域内建造大面积水源涵养林,加强植被建设,既能增加降水入渗时间,又可削减洪峰,改变径流过程,增加岩溶水资源的补给量。通过试验,利用朱庄水库放水补充百泉岩溶水,取得较好效果。有计划地调节水库弃水,补充地下水,通过对河道进行人工处理,如开挖加大过水断面,增加人工渗水坑等,渗漏补给效果更好。

### 6.3 节水用水

随着社会的发展工农业生产、环境、生活用水逐

渐增加,供需矛盾十分突出,只靠开采地下水和流域调水是无法解决的。因此,必须建立节水型社会,工业要按世界先进节水目标改造,使百元工业产值用水量控制在最低范围;农业要进行产业结构调整,限制耗水量大的作物发展,提倡耐旱作物。推广节水灌溉,如喷灌、滴灌、微灌、膜下滴灌等。逐步推行农业用水水资源费征收制度,用经济杠杆促进农业节水,推行按水质定价;加大节水宣传力度,树立节水意识,建设节水型社会。

### 参考文献:

- [1]陈望和.河北地下水[M].北京:地震出版社,1999.
- [2]萧玉雄.邢台地区水利志[M].石家庄:河北科学技术出版社,1982.
- [3]乔光建,鲍其钢,赵永旗.邢台百泉岩溶地下水系统特征分析与开发利用研究[J].水资源保护,2003(4):7-9.
- [4]鲍其钢,孙芬花,乔光建.邢台市城市水源地地下水开发利用与保护[J].南水北调与水利科技,2003(5):32-35.
- [5]宁维亮,高红波,张江华.娘子关泉域岩溶水资源开发利用与保护[J].水资源保护,2002(4):18-20.

(收稿日期:2004-05-19 编辑:傅伟群)