

# 关于龙门石窟景区泉水间歇性 断流影响因素的分析

王春帅,梁毅,施强,何进,智洪若

(河南省地质矿产勘查开发局第一地质调查队,河南 洛阳 471023)

**[摘要]** 景区内大部分泉水受东西向断裂控制,东西向断裂是常村煤矿、龙门煤矿与泉水联系的重要通道,矿井中的地下水大部分为煤层底板的石炭系灰岩及寒武系白云岩中的岩溶水,在采矿过程中遇到导水断裂造成矿井突水,引起地下水位下降,泉水动态主要决定于煤矿排水量的大小;在双层结构水文地质区,供水井开采地下水可引起浅层水与深层水发生补排关系,是泉水动态变化的间接影响因素。煤矿排水占全区总排水量的 80.2%,供水井抽水占全区总排水量的 19.8%,因此,影响龙门石窟景区泉水断流的主要因素为矿井排水,供水井开采是泉水断流的次要因素。

**[关键词]** 泉水;间歇性断流;影响因素;分析

**[中图分类号]** P641.139 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1004-1184(2009)02-0056-07

## Analysis of Influencing Factors of Spring Water Intermittent Zero Flow in Longmen Grotto Scenic Region

WANG Chun-shuai, LIANG Yi, SHI Qiang, HE Jin, ZHI Hong-ruo

(1. Geological Survey Institute of Henan Province, Luoyang, 471023; 2. The first Geological Survey Branch, Henan Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development Luoyang, 471023)

**Abstract:** Most of the springs in Longmen Grotto scenic Region are controlled by east-west fracture, it is also an important channel of Chang village coal mine, the Longmen coal mine and the spring water, most of groundwater are Karst water which are from Carboniferous limestone and Cambrian dolomite at the coal floor. When the water-transmitting fault met in the mining process that causing Mine water invasion, leading to groundwater lowering, so the displacement of coal mine determine spring water dynamic. In the double-layer structure hydro-geological area, the exploitation of underground water by the supply wells could cause shallow layer water and deep layer water supplement displacement each other. Coal mine drainage in the region accounted for 80.2 percent of the total displacement, meanwhile the supply wells pumping accounted for 19.8 percent. Thereby, the major influencing factor of spring water zero flow in Longmen Grotto Scenic Region is mine drainage and the exploitation of the supply wells is the minor factor.

**Key words:** Longmen Grotto Scenic Region, Spring Water, Zero Flow, Influencing Factors and Analysis

## 0 前言

龙门石窟是我国珍贵的文化遗产,风景区内山清水秀、万象生辉,东西两山崖壁的窟龕星罗棋布、密如蜂房。龙门石窟始建于北魏,大部分佛像雕刻于隋唐时代。1961年国务院公布龙门石窟为全国第一批重点文物保护单位,1982年龙门风景名胜区被公布为全国

第一批国家风景名胜区,2000年11月联合国教科文组织将龙门石窟确定为世界文化遗产,2007年被评为全国AAAAA级旅游景点。伊河两岸常年喷涌的泉水是风景区内靓丽的景点,近年来自古喷涌的泉水数次断流,使景区整个风光大减其色。为此,开展了水文地质调查工作,查明间歇性断流原因,为后期治理提供科学依据。

**[收稿日期]** 2008-12-18

**[作者简介]** 王春帅(1974-),男,吉林梨树人,工程师,主要从事水文地质工程地质环境地质工作。

# 1 自然地理概况

## 1.1 地形地貌

研究区位于洛阳市南部,洛阳盆地与伊川盆地的分水岭处。其地貌单元可分为:低山丘陵区、山前倾斜平原区、断陷隆起区、河流阶地区、河漫滩区。

## 1.2 气象水文

### 1.2.1 气象

研究区为半湿润、半干旱的大陆性气候,年均气温 14.4,最高气温 41.5 (1966.7.18),最低气温 -23.4 (1969.2.5)。年均降水量 665.3 mm,年最大降水量 1079.3 mm (1964 年),最小降水量为 373.4 mm (1965 年),降水多集中在七、八、九月。

### 1.2.2 水文

(1)洛河:洛河走向北东东向,河床宽 500~1000 m。枯水年最大流量为 461 m<sup>3</sup>/s,最小流量为 0.35 m<sup>3</sup>/s

(2)伊河:伊河对龙门的景观影响很大,龙门石窟位于龙门山伊河两岸。伊河发源于栾川县西部伏牛山区,流向北东,进入洛阳市区后在龙门段内走向近南北。景区内河谷宽 250~300 m,丰水年最大洪水流量 7180 m<sup>3</sup>/s

# 2 地层、构造及岩溶

## 2.1 地层

研究区地层自老至新依次为太古界登封群黑云变粒岩;中元古界蓟县系石英砂岩、砂砾;上古生界震旦系页岩夹石英砂岩;下古生界寒武系灰岩、页岩、白云岩;上古生界石炭系泥岩、灰岩、铝土矿及煤层;中生界三叠系长石砂岩、泥岩;新生界长石砂岩、砾岩、泥岩;第四系粉质粘土、粉土、砂土及砾石层。

## 2.2 构造

### 2.2.1 褶皱

研究区南部为万安山区域背斜,走向北东东—南西西,研究区位于其北部,地层走向 250°~270°左右,倾向近北,倾角 20°~30°,属单斜构造。

### 2.2.2 断裂

#### (1)北西向断层

主要分布于中部,多为隐伏构造, F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub> 为此组断裂。F<sub>1</sub> 长度大于 50 km,属一级区域性大断层,倾向南西,倾角 79~85°,属正断层,是本区重要的储热含水断裂。F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub> 为 F<sub>1</sub> 断裂的同期次不同级别的次级断裂,长度 1~2.5 km,倾向北东,属正断层,与走向北东的次级断裂互相切割形成龙门西山的含水构造体系。

#### (2)北东向断层

主要分布于中西部地区,包括 F<sub>5</sub>、F<sub>6</sub>、F<sub>7</sub>、F<sub>8</sub>、F<sub>9</sub> 及 F<sub>10</sub>,前 5 条断层呈隐伏状态,倾向南东,属正断层。其南西端与 F<sub>1</sub> 相接,是龙门地热田的重要导热导水断层。F<sub>9</sub> 及 F<sub>10</sub> 为区域一级断裂,其中 F<sub>9</sub> 为区域导水断裂, F<sub>10</sub> 分布于东南部,为平移断层,在区域上起相对隔水作用。

#### (3)近东西向断层

分布于中东部地区,为正断层,除景区泉水附地表有出露外,其它均为隐伏状态。龙门石窟景区内大部分泉受此组断裂控制,也是东部煤田含水层与龙门泉水的重要通道。

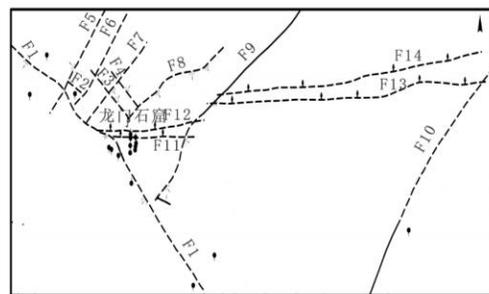


图 1 构造纲要及泉水分布图

1 - 断层; 2 - 泉水

### 2.2.3 裂隙

区内岩石裂隙走向大致可分为三组:北西向、北东向及近东西向。北西向裂隙发育密度高,走向 293~313°,宽 1~30 cm,无充填或半充填,导水性强。其次为近东西向,宽度 1~5 cm (见图 2)。

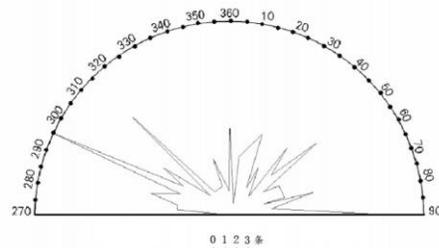


图 2 裂隙走向玫瑰花图

### 2.3 岩溶

龙门石窟景区内主要岩性为白云质石灰岩及白云岩,岩溶以小型溶洞与溶孔为主,主要发育在断裂破碎带内与岩层层面裂隙处,泉水一般从溶蚀孔洞中流出。

# 3 水文地质条件

## 3.1 含水岩组及其富水性

### 3.1.1 松散岩类含水岩组

主要分布于洛河、伊河阶地,河漫滩及其山前倾斜

平原的浅部地区,含松散岩类孔隙潜水。含水岩性为卵石、砾石、砂类及半胶结的砂砾岩层。

因含水岩组的分布位置及成因类型的不同,其水位标高及富水性存在较大差异,可分为山前洪冲积含水层及河流冲积含水层,山前洪冲积含水层含水性中等—差,河流冲积含水层含水性强。

### 3.1.2 碎屑岩类含水岩组

地表出露较少,仅在龙门北部有少量出露,包括古近系、二叠系及石炭系的碎屑岩类。

据钻孔揭露,地层岩性为粘土岩、砂岩及页岩、灰岩。含水层主要为砂岩孔隙裂隙水,一般呈承压状态,单井出水量  $15 \sim 20 \text{ m}^3/\text{h}$ ,局部构造发育地段可达  $30 \sim 50 \text{ m}^3/\text{h}$ ,没有统一的水位。据龙门张沟钻井抽水试验资料,渗透系数  $0.72 \text{ m/d}$ ,导水系数  $64.96 \text{ m}^2/\text{d}$ ,属贫水含水岩组。

### 3.1.3 碳酸盐岩含水岩组

该含水岩组分布在龙门景区石灰岩基岩区与靠近山前的松散沉积物下部,呈东西向条带状。形成时代为石炭系和中上寒武系,主要岩性为石灰岩,倾向北偏西,倾角  $20 \sim 30^\circ$ ;地层内近东西断层、裂隙发育,并有大小不等的溶洞,这给地下水提供了良好的贮存空间,形成了岩溶裂隙水东西向流动的地下通道。

景区内泉群均出露在该含水岩组中,泉群流量  $150 \text{ m}^3/\text{h}$ 左右,出露标高  $147.42 \sim 152.43 \text{ m}$ ,地下水类型为岩溶裂隙水,水力性质属承压水。含水层富水程度决定于断裂构造的发育程度及岩溶溶蚀的发育程度,富水性不均一,单井出水量  $20 \sim 50 \text{ m}^3/\text{h}$ ,最大可达  $60 \sim 70 \text{ m}^3/\text{h}$ ,据抽水试验资料,渗透系数  $3.24 \sim 9.17 \text{ m/d}$ ,导水系数  $177.95 \sim 751.94 \text{ m}^2/\text{d}$ ,属中等—强含水岩组。

### 3.1.4 变质岩含水岩组

分布在东南部,主要岩性为变质岩,岩石坚硬,断裂构造不发育。地下水主要储存于基岩风化层内,属风化裂隙水,含水性弱,地下水运移缓慢,没有统一地下水位,泉水流量  $2 \sim 3 \text{ m}^3/\text{h}$ ,地下水径流模数  $1 \sim 3 \text{ L}/\text{km}^2 \cdot \text{s}$ ,属贫水岩组。

## 3.2 断裂岩溶的控水作用

### 3.2.1 导水断裂的控水作用

(1)草店断裂( $F_1$ ): $F_1$ 断裂属区域性深大储热储水断裂,在该断裂带上的龙门西山张沟热水井,揭露井深  $966 \text{ m}$ ,水温  $98.5^\circ\text{C}$ ,初始水量  $80 \text{ m}^3/\text{h}$ 左右,稳定流量  $51 \text{ m}^3/\text{h}$ 。龙门南桥河滩热水井深  $49 \text{ m}$ ,流量  $73 \text{ m}^3/\text{h}$ ,水温  $51^\circ\text{C}$ ,水质类型属  $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl}^- (\text{K}^+ \text{Na})$ 型。该断裂带含水量丰富,水质属优质医疗矿泉水。

(2)北东向断裂带:主要分布于中西部龙门西山一

带,包括  $F_5$ 、 $F_6$ 、 $F_7$ 、 $F_8$ 、 $F_9$ 等断裂,长度  $3 \sim 7 \text{ km}$ ,均为隐伏断裂,倾向南东,属正断裂,张裂隙比较发育,具有较好的储水空间,其南西端与  $F_1$ 导热导水区域性大断裂交汇,传导深大断裂的热源,但传导过程中加入了上部少量常温水,致使断裂带内的水温下降,偏硅酸和锶达到饮用矿泉水标准,水质类型为  $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3^- \text{Ca} (\text{K}^+ \text{Na})$ 型水。

(3)次级北西向断裂:包括  $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ 等断裂,发育强度次于北东向次级断裂。断裂倾向北东,属正断裂,裂隙比较发育,导水性较强,与北东向断裂组成网格状断裂含水系统,使该区的地下水具有较统一的水力联系。

(4)东西向断裂:东西向断裂在本区较发育,延伸距离较远,力学性质属张扭性,景区内的大部分泉水受此组断裂控制,它是常村煤矿、龙门煤矿与石窟内泉水相联系的重要通道,导水性较强。

### 3.2.2 阻水断层的控水作用

$F_{10}$ 断层属阻水断层,走向北东—南西向,断层北东段被黄土层覆盖,南西段进入变质岩地层,该断层属压扭性。

从断层东西两侧岩溶水位分析,断层东侧地下水位标高为  $170$ 余  $\text{m}$ ,西侧  $140$ 余  $\text{m}$ ,相差  $30$ 余  $\text{m}$ ,断裂隔水效果较好。

### 3.2.3 岩溶的控水作用

岩溶主要为溶隙及溶孔,溶洞较少发育,溶蚀现象多在构造裂隙及层间裂隙的基础上进一步发展,扩大其孔隙性,使地下水有一定的储存和传导空间。

龙门石窟风景区内泉水多沿溶蚀孔洞上涌至地表。禹王池泉处溶孔直径  $3 \sim 10 \text{ cm}$ ,最大  $30 \text{ cm}$ 左右,宽  $15 \text{ cm}$ ,可见深度  $30 \text{ cm}$ 左右,泉水从溶洞中呈多处散点状上涌;潜溪寺泉处溶蚀孔洞  $3 \sim 7 \text{ cm}$ ;珍珠泉出露处溶蚀孔洞最大  $0.4 \sim 1 \text{ m}$ ,可见深度  $1 \text{ m}$ 左右;莲花洞泉处的溶蚀孔洞则在石灰岩层的层理面内发育而成,可见溶蚀孔隙长  $40 \text{ mm}$ ,宽  $5 \sim 30 \text{ mm}$ ,莲花洞泉受此层面裂隙岩溶控制。

由于景区北部禹王池泉、珍珠泉等处的岩溶受断裂构造控制发育较好,且延伸较远,与含水层远的水力联系较密切,容易受外界人为动态平衡条件影响,而靠南的莲花洞泉发育在岩石层面裂隙溶隙中,传播途径相对较封闭,与构造裂隙联系相对较弱,故其动态变化相对滞后,如果区域水位长时间处于较低状态,莲花洞泉迟早也会断流。

## 3.3 地下水天然动态

### 3.3.1 浅层地下水

浅层水位与大气降水有着密切关系,丰水期地下

水位上升,枯水期水位下降,年度变幅 1.5~2.0 m。

### 3.3.2 深层岩溶水

依据龙门景区内大气降水量和水位动态观测资料(见图 3),景区内深层地下水有近距离补给,也有远距离补给。

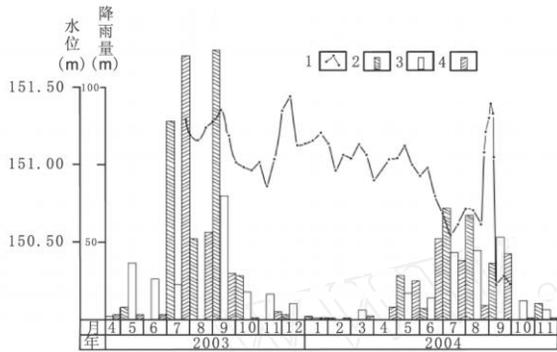


图 3 水位与降水量关系曲线图

1 - 水位; 2 - 月上旬降水量; 3 - 月中旬降水量; 4 - 月下旬降水量

据 2003 年及 2004 年观测资料,地下水水位呈双峰型,雨季地下水水位出现一个峰值,水位标高 151.34 m。滞后 3 个月,于 12 月又出现一个峰值,该时段为大气降水量的枯期,但此次峰值却大于雨季峰值,水位标高 151.43 m。

据此可以推断,本区地下水补给距离较远,地下水动态相对较稳定,景区内地下水水位年变幅在 0.8 m 左右。

### 3.4 水文地质分区

根据地下水的分布,地貌特征、水位、水质、形成条件及富水性将地下水分为河流阶地地区,山前倾斜平原浅水区、双层结构含水层区,岩溶裂隙水区及变质岩裂隙水区等五个水文地质区(见图 4)。

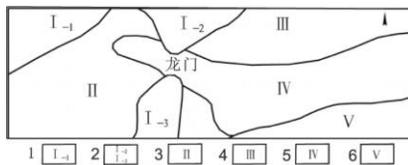


图 4 水文地质分区图

#### 3.4.1 河流阶地地区 ( )

分布于西北部的薛屯、中北部新村 - 诸葛、中南部西草店一带,地下水水位标高 140~160 m,单井涌水量一般 30~60 m<sup>3</sup>/h,地下水资源丰富。

#### 3.4.2 山前倾斜平原浅水区 ( )

分布于伊河西部丰李镇至郭寨地区,主要含洪冲积孔隙潜水,少量上层滞水,地面标高 336~200 m,由南向北倾斜。西部地下水水位 240~270 m,

1 - 洛河阶地分区; 2 - 伊河阶地分区; 3 - 山前倾斜平原浅水区; 4 - 双层结构含水层区; 5 - 岩溶裂隙水区; 6 - 变质岩裂隙

水区

单井涌水量 1~2 m<sup>3</sup>/h。其它地区水位标高一般 150~200 m,地下水总体流向由南向北,在郭寨附近由北西向东南流向伊河方向。本区含水性中等,单井涌水量一般 15~50 m<sup>3</sup>/h。

#### 3.4.3 双层结构含水层区 ( )

分布于龙门煤矿至油赵一带,近东西向呈带状分布,该区的显著特点是浅部含有孔隙水,深部含有碎屑岩及岩溶孔隙裂隙水。

浅部孔隙潜水,水位标高一般在 140~200 m 之间,南部高北部低,地下水由南向北流动。单井涌水量一般 20~50 m<sup>3</sup>/h,含水性中等,该区浅部含水层地下水越流补给深层岩溶水。

深部含有碎屑岩裂隙孔隙水及岩溶水。碎屑岩裂隙水单井涌水量一般在 10~20 m<sup>3</sup>/h 左右,碎屑岩下部为石炭系及寒武系地层,含有较丰富的岩溶裂隙水,常村煤矿井、龙门煤矿矿井中的地下水大部分为煤层底板的石炭系碳质灰岩及寒武系白云岩中的岩溶水,岩溶水通过裂隙通道涌到矿井中,在矿井开采过程中遇到导水断裂造成矿井突水,引起附近地下水水位普遍下降,景区内泉水的动态决定于煤矿排水量的大小。

#### 3.4.4 岩溶裂隙水区 ( )

分布于中东部地区,该区民用水一般为深层岩溶水。地下水水位标高:龙门西山水位 159.17 m,龙门东山至常村煤矿深层水位标高 155.02 m,下徐马以东由于受常村煤矿影响,水位标高 140~147 m,下徐马以西水位标高 156.67 m。该区富水性强,单井涌水量 20~50 m<sup>3</sup>/h,龙门石窟位于该区内,景区内泉水水源直接由该区地下水补给,是该区地下水重要的天然排泄点。

#### 3.4.5 变质岩裂隙水区 ( )

分布于东南部,该区含基岩风化裂隙水,泉水流量一般 3~5 m<sup>3</sup>/h,富水性差。

五个水文地质区中,、、为浅层水区,与龙门景区内泉水无直接联系,区为深层岩溶水,区下部含有深层岩溶水,均与龙门景区泉水有直接联系。

目前、水文地质区内由于矿井排水及深井抽水,地下水水位已下降至维持龙门景区泉水出露的最低限度,即处于非常脆弱的动平衡状况。如果上述矿井遇到突水,排泄量稍有增加,就有可能导致泉水流量减小或者断流。

### 3.5 岩溶裂隙水的补给、径流和排泄

#### 3.5.1 补给

在石灰岩出露区接受大气降水补给,在黄土覆盖区接受越流补给,双层结构含水层区接受上层碎屑岩孔隙裂隙水区的下渗补给,同时接受南部基岩山区地

表水下渗补给。

### 3.5.2 径流和排泄

在天然条件下,景区泉水是石灰岩层岩溶裂隙水的主要排泄途径。

近年来地下水开采量逐年增加,据不完全统计,在本区开采的深井已有 27 眼,大型煤矿排水点两个,它们已成为研究区地下水的主要排泄点。

### 3.6 地下水化学特征

岩溶区内深水井凉水、常温水的水质类型为  $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$  及  $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$  型,矿化度 0.37 ~ 0.38 g/L;矿井水由于地下水为寒武系石灰岩裂隙水与石炭系碳质灰岩岩溶水的混合,水质类型为  $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$  型,矿化度 0.34 ~ 0.38 g/L;景区泉水水质类型为  $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$  型,矿化度为 0.31 ~ 0.37 g/L。

可见,深井凉水、矿井水与龙门泉水水质类型相近,水力联系密切(见表 1)。

## 4 龙门风景区泉水间歇性断流的影响

### 因素

在五个水文地质分区中,河流阶地区、山前倾斜平原浅水区及变质岩基岩裂隙含水区均属浅水层,在以上三个区内开采地下水,对景区泉水无影响。

双层结构含水层区、岩溶裂隙水区的地下水与景区内泉水存在着直接水力联系,开采深层水,煤矿井排出双层结构下部的深层水,降水量的补排关系都会对景区泉水产生重要影响。

#### 4.1 供水井开采

在岩溶裂隙水区范围内,现开采利用的深水井 27 眼,如果同时启动,每小时出水量可达 1 037  $\text{m}^3$ ,此区供水井一般为民用生活用水水源,均属间断性抽水,按每井每天 8 h 供水计算,每日总抽水量平均 8 296  $\text{m}^3$ ,每小时 346  $\text{m}^3$ 。

表 1 水质分析结果统计表

点性	位置	温度	mg/L						矿化	水化学类型	含水层时代
			$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$			
矿井	常村煤矿矿井	24	63.21	19.64	47.83	257.85	81.15	14.18	0.38	$\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$	C+
	龙门煤矿主井	24	63.21	25.02	21.19	278.20	59.94	12.41	0.34	$\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$	C+
	宿家窑煤矿主井	16	67.07	23.39	17.85	284.99	44.26	12.41	0.34	$\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$	C+
泉水	禹王池泉水	26	70.92	20.81	14.91	295.17	32.28	10.64	0.32	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$	
	珍珠泉泉水	26	70.92	20.81	14.56	298.56	24.90	12.41	0.32	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$	
	莲花泉	24	68.61	20.35	14.92	240.88	13.83	10.64	0.31	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$	
	香山寺南泉	25	71.30	21.05	14.54	298.56	23.05	8.86	0.31	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$	
	香山寺泉	26	75.54	23.15	23.96	305.34	44.26	17.73	0.37	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$	
	草店热水泉	36	62.44	10.76	149.91	251.06	151.24	70.9	0.59	$\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - (\text{K} + \text{Na})$	+Q
	张沟泉	19	81.33	13.10	13.93	264.63	49.80	12.41	0.36	$\text{HCO}_3 - \text{Ca}$	Q
深井	东宋村	15	77.47	14.73	15.69	254.45	40.58	14.18	0.37	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$	
	上徐马村	15	79.40	18.94	13.03	295.17	25.82	14.18	0.38	$\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$	
热水井	草店热水井	51	82.16	4.62	495.64	145.22	576.34	368.78	1.60	$\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - (\text{K} + \text{Na})$	
	张沟玉隆苑热水井	98	85.0	1.35	605.5	104.0	804.0	395.0	2.05	$\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - (\text{K} + \text{Na})$	
	张沟益寿康热水井	48	79.0	24.4	84.4	357.2	89.88	45.13	0.69	$\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot (\text{K} + \text{Na})$	

在双层结构水文地质区,浅部含水层存在着孔隙水及碎屑岩裂隙水,浅层水供水井 46 眼,总抽水能力为 1 295  $\text{m}^3/\text{h}$ ,按每天 4 小时供水量计算,平均每小时供水量 216  $\text{m}^3$ 。此层水可与深层水发生补排关系,是龙门泉水动态变化的间接影响因素。

岩溶区及双层结构区供水井抽水流量合计为 562  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

根据抽水试验资料,岩溶水及碎屑岩含水层渗透系数 3.23 ~ 9.17 m/d,均值 6.17 m/d;导水系数 177.95 ~ 751.91  $\text{m}^2/\text{d}$ ,均值 450.5  $\text{m}^2/\text{d}$ ,根据经验公式推断平均压力传导系数为  $5.5 \times 10^8 \text{ m}^2/\text{d}$ ,换算成半

径为 13.23 km/d,即在该含水层抽水,含水层中压力下降的传导速度每天可达 13 km 左右,根据上述计算,岩溶区及双层结构区的取水井会对整个含水层有影响。在该区水井开采前,水井抽出的水大部分从景区内的泉水排出,因为有了这些井的开采,它必定要减少景区泉水的出水量。

从地下水化学特征看,深井凉水与龙门泉水水质类型相近,水力联系密切。

因此,经分析认为,岩溶区及双层结构区供水井开采,是影响景区泉水减小的一个因素。

#### 4.2 矿井排水

4.2.1 矿井排水现状

研究区有龙门、常村和宿家窑三个煤矿,其中龙门与常村煤矿为大型煤矿,龙门煤矿最低开采水平 - 70 m,常村煤矿最低开采水平 - 406 m,远低于龙门景区泉水 150 m 左右的出露点标高。在煤层底板以下存在着石炭系中厚层状灰岩含水层与寒武系白云岩、白云质灰岩及灰岩岩溶裂隙含水层,采矿过程中遇到断层破碎带,就会出现煤层底板大量涌水(突水),引起深层地下水水位下降,当深层地下水水位下降到泉水出露点标高以下时,就会导致景区泉水干枯断流。

根据地下水化学特征,矿井水与景区内泉水水质类型相近,水力联系密切。目前,在三个煤矿正常排水与深井水开采情况下,深层岩溶区水位已经下降至维持泉水流出的最低水平,龙门西水位 159.17 m,龙门东下徐马以西水位 156.67 m,下徐马以东由于常村煤矿大量排水,水位已下降至 140~147 m,低于泉水出露标

高(禹王池泉泉点标高 152.43 m),景区泉水 2007 年 10 月至 2008 年 1 月两次断流均系煤矿掘进时遇含水断裂构造带突水后造成的。矿井正常涌水量 1 975 m<sup>3</sup>/h,第一次常村煤矿风井 2007 年 9 月 30 日~11 月 7 日突水,突水后全区矿井涌水总量 2 475 m<sup>3</sup>/h;第二次常村煤矿风井及龙门煤矿主井在 2007 年 12 月 20 日~2008 年 1 月 1 日相继突水,突水后全区矿井涌水总量 2 524 m<sup>3</sup>/h;景区内泉水于 2008 年 6 月 10 日前后又一次断流,经调查,常村煤矿主井排水量 1 247 m<sup>3</sup>/h,比平时排水量增加了 347 m<sup>3</sup>/h,三家煤矿排水总量达到 2 280 m<sup>3</sup>/h,包括影响泉水流量的两个水文地质区的供水井,排水总量 2 842 m<sup>3</sup>/h。

根据调查结果,在目前开采情况下矿井排水与供水井抽水的流量在 2 500 m<sup>3</sup>/h 左右时,景区内泉水可维持正常流出,超过此限泉水将陆续断流(见表 2)。

表 2 排水量统计表

排水点	正常排水量 (m <sup>3</sup> /h)	泉水第一次断流时间	泉水第一次断流流量 (m <sup>3</sup> /h)	泉水第二次断流时间	泉水第二次断流流量 (m <sup>3</sup> /h)	泉水第三次断流时间	泉水第三次断流流量 (m <sup>3</sup> /h)
常村主井	900	2007.10.2~11.11	900	2007.12.26~2008.1.10	900	2007.12.26~2008.1.10	1247
常村风井	300	2007.10.2~11.11	800 (突水)	2007.12.26~2008.1.10	500 (突水)	2007.12.26~2008.1.10	294
龙门主井	698	2007.10.2~11.11	698	2007.12.26~2008.1.10	1047 (突水)	2007.12.26~2008.1.10	662
宿家窑主井	77	2007.10.2~11.11	77	2007.12.26~2008.1.10	77	2007.12.26~2008.1.10	77
深水井	346	2007.10.2~11.11	346	2007.12.26~2008.1.10	346	2007.12.26~2008.1.10	346
浅水井	216	2007.10.2~11.11	216	2007.12.26~2008.1.10	216	2007.12.26~2008.1.10	216
合计	2 537		3 037		3 086		2 842

4.2.2 矿坑涌水量预测

按开拓面积及开拓垂深用比拟法预测未来矿坑涌水量。

$$q_0 = \frac{Q_0}{F_0 S_0}, Q = q_0 FS$$

式中:  $q_0$  为单位涌水量 (m<sup>3</sup>/h·m);  $Q_0$ 、 $Q$  为矿井实测及预测涌水量 (m<sup>3</sup>/h);  $F_0$ 、 $F$  为现有及预测疏干面积 (m<sup>2</sup>);  $S_0$ 、 $S$  为现有及预测水位降深 (m)。

计算参数见表 3。

表 3 矿坑涌水量参数表

参数名称	代号	单位	数量	
			龙门煤矿	常村煤矿
水位	m	156.6	155.02	
降深	S0	m	226.67	561.02
面积	F <sub>0</sub>	m <sup>2</sup>	5 165 024	6 500
现正常涌水量	Q <sub>0</sub>	m <sup>3</sup> /h	698	1 200
单位涌水量	q <sub>0</sub>	m <sup>3</sup> /h·m	5.96 ×10 <sup>-7</sup>	3.29 ×10 <sup>-4</sup>

预测结果:开拓深度不变,面积增大 0.2 倍时,常村煤矿涌水量为 1 440 m<sup>3</sup>/h,龙门煤矿涌水量 838 m<sup>3</sup>/h,全区煤矿及供水井总涌水量 2 917 m<sup>3</sup>/h。开拓面积

不变,深度增加 100 m 时,常村煤矿涌水量 1 414 m<sup>3</sup>/h,龙门煤矿涌水量 1 005 m<sup>3</sup>/h,全区煤矿及供水井总涌水量 3 058 m<sup>3</sup>/h。

根据预测结果,煤矿开拓面积增加 0.2 倍,或垂深增大 100 m 时均能造成龙门景区泉水断流。

#### 4.3 降水量补排关系

洛阳地区平均年降水量为 665.3 mm,可补给泉水的降水面积为 101 km<sup>2</sup>,根据经验值,本区降水渗入系数最大为 0.24,平均降水补给量为 1 841 m<sup>3</sup>/h,加上少量农田灌溉入渗,补给量在 2 000 m<sup>3</sup>/h 左右。全区正常排水量已达 2 500 m<sup>3</sup>/h,说明已经动用了部分地下水的静储量,长此以往,必然造成区域地下水位的普遍下降。

### 5 结论与建议

#### 5.1 结论

(1)研究区按地貌单元、含水层岩性、地下水埋藏条件分为四个含水岩组,五个水文地质分区。河流阶地区、山前倾斜平原浅水区及变质岩基岩裂隙区三个区为浅水区,它们与龙门石窟风景区泉水无直接水力联系。双层结构含水层区的深层水与岩溶裂隙水区的地下水与景区泉水联系密切。

(2)煤矿排水占全区总排水量的 80.2%,供水井抽水占全区总排水量的 19.8%。影响景区泉水断流的主要因素是矿井排水,供水井开采是泉水断流的次要因素。

(3)在目前气候条件下,供水井地下水开采与煤矿排水的水量总额控制在 2 500 m<sup>3</sup>/h 内,可暂时维持龙门泉水流出,超过将造成泉水断流。

(4)如果煤矿开掘面积增加 0.2 倍,或垂直深度增大 100 m 时,正常排水量将分别达到 2 917 m<sup>3</sup>/h 及 3 058 m<sup>3</sup>/h,泉水将会干枯。

(5)该区大气降水补给量为 2 000 m<sup>3</sup>/h 左右,现在的排水量已动用了地下水静储量,长期排水必将导致

区域地下水位持续下降。

(6)泉水通过北东向、东西向隐伏断裂与龙门煤矿、常村煤矿地下水相联系,是矿井突水必然引起泉水断流的科学依据。

#### 5.2 建议

(1)在龙门景区及外围,严格控制和龙门景区地下水有联系的岩溶区及双层结构含水层区地下水开采量。

(2)进一步对龙门煤矿和常村煤矿进行地质调查,查明构造破碎带位置和走向,划定破碎带范围。在采煤时避开破碎带,以避免矿井涌水造成龙门泉水干枯。

(3)煤矿在施工采煤巷道时应采取措施,以减少矿井排水量。

(4)提高煤矿排取地下水资源费的收取标准,以促进企业治理地下水的积极性。

(5)研究在龙门景区附近实施地表水回灌的可能性,必要时采取回灌,人工提升当地地下水位。

(6)建议成立龙门石窟风景区泉水及相关因素长期观测小组,为制定泉水断流治理方案提供科学数据。

#### 参考文献

- [1] 水文地质手册编写委员会 [M]. 水文地质手册 (第一版). 地质出版社. 1985.
- [2] 房佩贤,等. 专门水文地质学. [M]. 北京:地质出版社. 2005.
- [3] 薛禹群. 地下水动力学 (第二版). [M]. 北京:地质出版社. 1997.
- [4] 刘兆昌,等. 供水水文地质 (第三版). [M]. 北京:中国建筑工业出版社. 2000.
- [5] 王大纯. 河南洛阳龙门石窟水文地质工程地质勘察报告. 北京地质学院. 1965.

(上接第 49 页) 正确处理人与自然的关系,建设资源节约环境友好型的社会,要以水资源的可持续利用保障经济社会的可持续发展。因此,对于深层地下水超采的问题必须引起高度重视,制定严格的管理制度,努力解决超采地下水的替代水源,逐步压缩深层地下水的开采,遏止住由于深层水超采造成的环境地质灾害。

鲁西北地区普遍具有引黄的条件,并且大部分地区属于南水北调受水区,这些条件是压缩地下水超采量,改善地下水环境的水源保障。

对深层地下水全面采取压采禁采措施,对机井进行封闭,但应封而不废,以备出现特殊情况时应急之用。

为了科学保护深层地下水,以及在应急情况下有效开发利用深层地下水,在封井压采的同时还应做好以下工作:

1) 加强勘查评价与监测,掌握不同地区深层水的

详细特征,了解深层水的动态变化规律,掌握其水位、水质、水温和水量变化趋势。

2) 封井要做好闭井处理,防止地表水或浅层地下水对深层地下水的污染。

3) 在有条件的地方可以进行人工回灌,即把已经疏干的含水层作为地下调蓄水库,利用地表水进行回灌补源,增加深层地下水的储存量,提高地下水位。

#### 参考文献

- [1] 中国地质调查局水环部. 全国水资源综合规划深层承压水量估算方法研究 (R). 水利部水利水电规划设计总院. 2006.
- [2] 山东省地质矿产局. 山东省环境地质图集 (M). 济南:山东省地图出版社. 1996.
- [3] 徐军祥. 山东省黄泛平原深层地下水资源可持续利用 (C). 第二届中国北方地下水可持续管理会议论文集. 2007.