

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2013.04.019

# 龙门泉群间歇性断流原因分析

杨德贵<sup>1</sup>,宋立志<sup>2</sup>,杨 飞<sup>1</sup>

(1. 河南省水文地质工程地质勘察院, 河南 郑州 450045; 2. 中国水电建设集团国际工程有限公司, 北京 100044)

**摘要:**为了查明龙门泉群间歇性断流的原因,为龙门泉群复涌综合治理工作提供科学依据,从水均衡角度出发,分析泉域矿坑排水(突水)、工农业开采、大气降水等水资源开发利用情况。结果表明:矿坑排水是泉群间歇性断流的主因,工农业开采量加大和大气降水量减少加剧了龙门泉群断流的发生。提出建立多因素控制的矿井水资源管理模型,减少矿坑排水量,综合利用矿坑排水,合理开采泉域地下水等断流治理措施。

**关键词:**间隙性断流;水平衡;复涌;龙门泉群

**中图分类号:**P641.8      **文献标志码:**B      **文章编号:**1004-6933(2013)03-0091-04

## Causes of intermittent dry-up of Longmen springs

YANG Degui<sup>1</sup>, SONG Lizhi<sup>2</sup>, YANG Fei<sup>1</sup>

(1. Henan Province Hydrogeology and Engineering Exploration Institute, Zhengzhou 450045, China;  
2. Sinohydro Group Ltd., Beijing 100044, China)

**Abstract:** In order to investigate the causes of the intermittent dry-up of the Longmen springs and to provide a scientific basis for integrated management of the springs and make the springs well up again, the development and utilization of the water resources, including mine drainage, industrial and agricultural exploitation, and atmospheric precipitation, were analyzed from the perspective of the water balance. The results show that mine drainage (water inrush) is the main cause of the intermittent dry-up of the Longmen springs, and industrial and agricultural exploitation and the reduction of atmospheric precipitation exacerbate the intermittent dry-up of the springs. Specific governance measures are proposed, including the establishment of a multi-factor controlled mine water resources management model, the reduction of mine drainage, the integrated utilization of mine drainage, and proper exploitation of groundwater in the spring areas.

**Key words:** intermittent dry-up; water balance; re-upwelling of spring; Longmen springs

龙门石窟是世界文化遗产,全国 5A 级旅游景区。龙门东西两山崖壁的窟龕星罗棋布、密如蜂房,龙门泉群更是景区内一道亮丽的风景线。近年来,由于自然因素的改变和人类活动的加剧,龙门泉流量逐年变小,甚至出现数次间隙性断流<sup>[1]</sup>。为保护景区的生态环境,笔者对龙门泉域水文地质进行综合调查,以查明龙门泉干涸、间歇性断流的原因,为龙门泉域地下水资源环境治理工作提供科学依据。

### 1 龙门泉域概况

龙门泉群位于龙门石窟风景区内伊河两岸,行

政区划归属于河南省洛阳市。泉域西部和东部边界都以阻水断层为边界,南部以地表分水岭为边界,北部以碳酸盐岩深埋滞留区为边界,构成一相对封闭完整的岩溶泉域水资源系统,泉域总面积为 195.97 km<sup>2</sup>。

龙门泉域总的地势东高西低、南高北低,属北亚热带向暖温带过渡的气候带,多年平均气温为 13.4℃,降水量为 696.9 mm/a,降水主要集中在 7—9 月,期间降水量占全年降水量的 60%~70%。

龙门泉域的主要河流为伊河。据水文站监测资料,该河多年平均径流量为 7.49 亿 m<sup>3</sup>,最大年径流

量 17.27 亿 m<sup>3</sup>,最小径流量为 1.65 亿 m<sup>3</sup>。1982 年最大洪水流量达 5550 m<sup>3</sup>/s。最高水位标高 154.50 m,高出河床 7 m 左右。

龙门泉群出露在峡谷之间的河床及两岸,伊河与两侧山体高差约 100 m,峡谷宽 300 m 左右,峡谷的切割使峡谷内泉口岩溶水水头低于深层岩溶水水头,在深层岩溶水水头的压力下,泉水通过断层裂隙及破碎带等岩溶通道从泉口涌出,使龙门伊河峡谷成为龙门泉域的一条排泄带。两岸泉口标高一般在 150~153 m,河床泉口标高多在 148~149 m。在龙门石窟景区内出露的景观泉主要有禹王泉、潜溪泉、锣鼓泉、珍珠泉、莲花洞泉等 7 个泉眼,泉水温度常年在 24~25℃,历史最大流量为 70 L/s<sup>[2]</sup>,自 2007 年 10 月以来,流量逐渐减小,甚至出现间歇性断流。

龙门泉域在地质构造上处于万安山背斜向洛阳盆地过渡地带,地层从南向北、由老到新依次出露太古界-元古界变质岩、早古生界碳酸盐岩、晚古生界煤系地层和中生界碎屑岩,北部广大地区被新生界第四系所覆盖。寒武系碳酸盐岩主要分布在龙门的东西山及泉域的南部地区,呈东西向条带分布,其分布类型有裸露型(10.19 km<sup>2</sup>)、覆盖型(26.01 km<sup>2</sup>)和埋藏型(153.13 km<sup>2</sup>)、变质岩区面积为 6.64 km<sup>2</sup>。循环于其中的岩溶水是系统内最重要的水资源。岩溶水主要接受碳酸盐岩裸露区大气降水的直接补给和覆盖区降水的间接补给。岩溶水的流向受现状开采条件、地形地貌及地质构造等因素的影响,总体流

向由南向北(图 1)。

## 2 龙门泉群间歇性断流原因分析

在龙门泉域内,岩溶含水层在裸露区和覆盖区获得大气降水的渗入补给,以泉、矿坑排水和工农业开采等形式消耗,在大气降水渗入补给量与泉涌水量、矿坑排水量和工农业开采量之间保持着动态均衡。当大气降水入渗补给量一定时,若矿坑排水量和工农业开采量增加,则泉群的涌水量将减少;反之,则将增加。当矿坑排水量和工农业开采量一定时,若大气降水入渗补给量增加,则泉群的涌水量将增加;反之则将减少。

### 2.1 矿坑排水的影响

在龙门泉域内,2009 年矿坑排水量为 1208.79 万 m<sup>3</sup>,约占该泉域岩溶水总量的 77%(其中常村煤矿排水量占 34%,龙门煤矿排水量占 43%,其余 23%为农业开采量),可见矿坑排水是该泉域岩溶水的主要排泄方式之一。

为了说明矿坑排水量与龙门泉群间歇性断流的关系,收集了龙门泉子系统煤矿 1991—2009 年间的矿坑排水量资料。该泉域矿坑年排水量最大为 1529.44 万 m<sup>3</sup>(1994 年),最小为 452 万 m<sup>3</sup>(1999 年),平均为 711.04 万 m<sup>3</sup>/a,矿坑排水量波动较大。但就矿坑年排水量的变化趋势而言,相对比较稳定,从 2003 年以来略有增加;随着煤矿开采平面的下移,矿区岩溶水位也要求随之降低。据龙门煤矿 6-

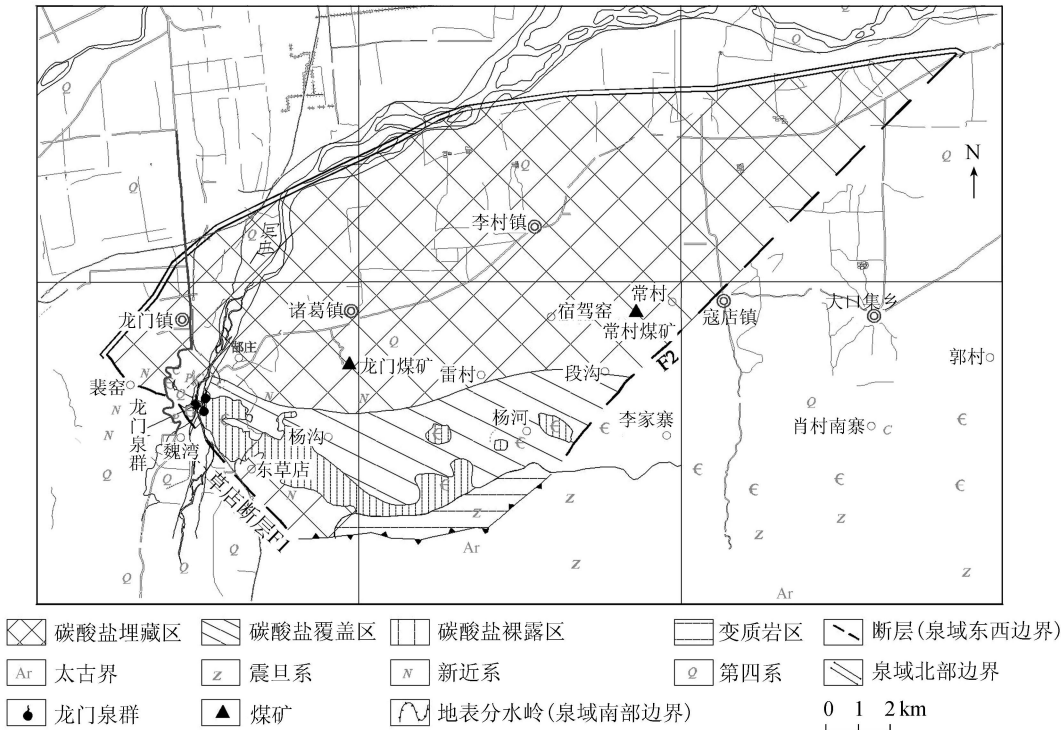


图 1 龙门泉域水文地质简图

5号岩溶水动态长期观测孔 2005—2009 年间的观测资料,2005 年的平均水位为 150.65 m,2009 年为 140.40 m,5 年间水位降幅为 10.25 m,平均水位下降速率约为 2 m/a。

龙门泉子系统岩溶水是同一个含水层,矿区岩溶水压力水位的降低,必然向周围扩散,导致整个岩溶含水层压力水位的降低,从而减少龙门泉群的流量。这一点可从煤矿发生突水事件与龙门泉群断流现象发生的时间点上得到证实。据调查资料(表 1),龙门泉群第 1 次断流发生于 2007 年 10 月 2 日—11 月 11 日,起因为常村煤矿风井突水,其突水量为 800 m<sup>3</sup>/h;第 2 次断流发生于 2007 年 12 月 26 日—2008 年 1 月 10 日,当时常村煤矿风井和龙门煤矿主井均发生突水;第 3 次断流发生于 2008 年 6 月 10 日左右,当时常村主井矿坑排水量增大到 1 247 m<sup>3</sup>/h。

表 1 矿坑突水与龙门泉断流对应统计<sup>[1]</sup>

| 排水点   | 正常排水量/<br>(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> ) | 流量/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> ) |          |         |
|-------|----------------------------------------------|---------------------------------------|----------|---------|
|       |                                              | 第 1 次断流                               | 第 2 次断流  | 第 3 次断流 |
| 常村主井  | 900                                          | 900                                   | 900      | 1 247   |
| 常村风井  | 300                                          | 800(突水)                               | 500(突水)  | 294     |
| 龙门主井  | 698                                          | 698                                   | 1047(突水) | 662     |
| 宿家窑主井 | 77                                           | 77                                    | 77       | 77      |

可见,矿坑排水(主要是指龙门煤矿和常村煤矿)是该泉域岩溶水的主要排泄者,也是导致龙门泉群发生间歇性断流甚至干涸现象的主要原因之一。

2.2 工农业开采的影响

在龙门泉子系统,自 1980 年工农业开始开采该区岩溶地下水以来,已由当时的 4 眼井发展成为现在的 33 眼井。随着岩溶水开采井数量的增加,岩溶水开采量也在增加。据工农业开采调查资料,从 2001 年开始,工农业对岩溶水的开采量明显增加,并且有明显的增加趋势(图 2)。

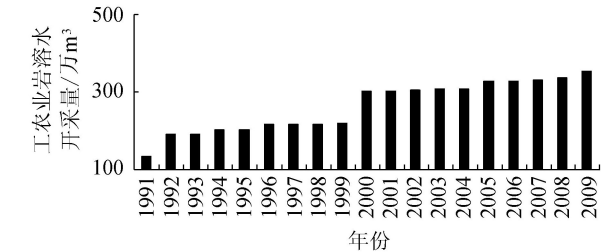


图 2 1991—2009 年工农业岩溶水开采量统计

作为同一含水层中水量的消耗者,工农业开采量的增加,也必然导致泉流量的减少。因此,工农业开采岩溶水,也是造成泉群流量减少的主要原因之一。

2.3 大气降水的影响

由图 3 可见,洛阳站的年降水量 2005 年之前偏枯水年一般持续 1~2 年,2005—2009 年连续 5 年

降水量都小于多年平均降水量。

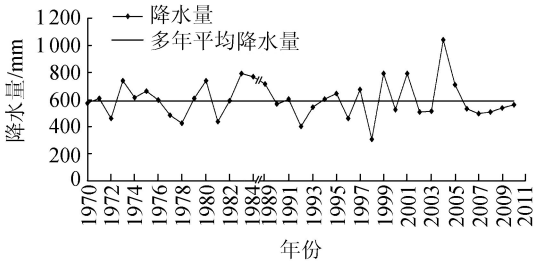


图 3 1970—2009 年洛阳站年降水量曲线

大气降水量小,对地下水的补给量也小。由于该区自 2005 年以来连续 5 年的大气降水量小于该地区多年平均大气降水量,因此连续 5 年内大气降水对龙门泉域岩溶地下水的入渗补给量小于多年平均入渗补给量。

由于泉群岩溶水所获得的大气降水入渗补给量的减少,以岩溶含水层为补给源的泉流量就减少,甚至断流。由以上分析可知,龙门泉群近几年来发生间歇性断流的现象与连续 5 年出现大气降水量偏小密切相关。

通过以上分析,从水均衡<sup>[3]</sup>角度出发,矿坑排水(突水)是导致龙门泉断流甚至干涸的主要原因,工农业开采量的增加和大气降水量的减少加剧了这一现象的发生。但是,若矿坑排水、工农业开采和大气降水之间若能存在动态平衡,也不会导致龙门泉的断流。经计算,2009 年龙门泉域总补给量为 403.26 万 m<sup>3</sup>,总排泄量为 1 564.07 万 m<sup>3</sup>,可见龙门泉域总补给量小于总排泄量,为负均衡,这正是龙门泉群出现间歇性断流甚至干涸的主要原因。

3 恢复龙门泉流量的措施

3.1 减少矿坑排水量

煤矿在开采过程中应加强防治水的工作,尽可能减少突水事件的发生;进一步查明煤矿岩溶水的补径排条件和构造破碎带位置及走向,以避免矿坑涌水给煤矿造成不必要的损失,同时也避免因矿井突水引起龙门泉的干涸。加强管理,制定矿井水水资源合理开采利用与保护规划,建立多因素控制的矿井水管理模型<sup>[4]</sup>。

3.2 综合利用矿井排水

矿井排水主要来源于寒武系灰岩岩溶水,水质良好,基本没有人为污染或污染轻微,作为生活供水水源是可行的。但一般矿坑排水中都含有悬浮物,其主要成分为粒径极小的煤粉和岩尘,所以可采用传统的混凝、沉淀(气浮)、过滤、消毒等净化工序处理,其出水水质即可达到生活饮用水的标准。因此,矿井排水经处理后可作为生活用水<sup>[5]</sup>。

矿井排水水质完全满足农业灌溉要求,通过建设灌溉渠道,把矿井水引至周边农田,以满足农田灌溉用水需求,减少泉群开采量。

3.3 科学开采泉域内地下水

在泉口出水量有足够保证的情况下,可适量开采,但应合理布局,全面控制,严格禁止增加新的地下水开采工程。

4 结 语

通过调查研究,基本查明了龙门泉群断流的原因及影响因素,同时提出了切合实际的防治对策,为龙门泉域地下水资源环境治理工作提供了科学依据。2011年9月洛阳市政府组织实施了龙门泉群复涌综合治理工作,通过减少龙门及常村煤矿的矿坑排水使龙门泉群成功复涌,使龙门泉群恢复了昔日泉涌水淌的秀丽景色,有效保护了龙门石窟及景区的生态环境,有利于专家学者更加全面地研究龙门石窟文化,将世界文化遗产的美丽自然景观更加靓丽地呈现在中外游客面前。

参考文献:

[1] 王春帅,梁毅,施强,等. 关于龙门石窟景区泉水间歇性

(上接第86页)

[9] DOXARAN D, FROIDEFOND J M, CASTAING P A, et al. Reflectance band ratio used to estimate suspended matter concentrations in sediment-dominated coastal waters[J]. International Journal of Remote Sensing, 2002, 23(23): 5079-5085.

[10] DOXARAN D, FROIDEFOND J M, LAVENDER S, et al. Spectral signature of highly turbid waters: application with SPOT data to quantify suspended particulate matter concentrations[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 81(1): 149-161.

[11] MOORE G F, AIKEN J, LAVENDER S J, et al. The atmospheric correction of water colour and the quantitative retrieval of suspended particulate matter in case II waters:

(上接第90页)

[16] 潘纲,张明明,闫海,等. 黏土絮凝沉降铜绿微囊藻的动力学及其作用机理[J]. 环境科学, 2003, 24(5): 1-10. (PAN Gang, ZHANG Mingming, YAN Hai, et al. Kinetics and mechanism of removing *Microcystis aeruginosa* using clay flocculation [J]. Environmental Science, 2003, 24(5): 1-10. (in Chinese))

[17] 余志,王仕汇. 天然黏土治理赤潮的研究进展[J]. 山西建筑, 2008, 34(1): 191-192. (YU Zhi, WANG Shihui. Research advancement on controlling red tide by natural clay[J]. Shanxi Architecture, 2008, 34(1): 191-192. (in Chinese))

[18] 黄斌,余国忠,栗印环. 沸石去除铜绿微囊藻的试验研究[J]. 信阳师范学院学报, 2004, 17(4): 433-436.

断流影响因素的分析[J]. 地下水, 2009, 31(2): 56-62. (WANG Chunshuai, LIANG Yi, SHI Qiang, et al. Analysis of influencing factors of spring water intermittent zero flow in Longmen Grotto Scenic Region [J]. Groundwater, 2009, 31(2): 56-62. (in Chinese))

[2] 王建锋. 龙门石窟区域岩溶环境系统及其对石窟文物保护的影响[D]. 武汉: 中国地质大学, 1992. : 60-73.

[3] 张先,周亮. 许昌麦岭水源地可开采量的水均衡法计算[J]. 水文地质工程地质, 2004(1): 83-87. (ZHANG Xian, ZHOU Liang. Calculation of the allowable withdrawal of groundwater in the Mailing wellfield near Xuchang with the water balance method [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2004(1): 83-87. (in Chinese))

[4] 曹少娟,丁万根,周拓疆. 常村煤矿矿井充水规律及防治对策[J]. 中州煤炭, 2009(11): 103-108. (CAO Shaojuan, DING Wangen, ZHOU Tuojiang. Water filling law and countermeasures of Changcun Coal Mine [J]. Zhongzhou Coal, 2009(11): 103-108. (in Chinese))

[5] 申志雄. 长治市煤炭开采对水资源的影响及对策[J]. 山西水利科技, 2011(1): 74-79. (SHENG Zhixiong. Impact of coal mining on water resources and countermeasure of Changzhi City [J]. Shanxi Hydrotechnics, 2011(1): 74-79. (in Chinese))

(收稿日期: 2012-11-05 编辑: 徐 娟)

application to MERIS[J]. International Journal of Remote Sensing, 1999, 20(9): 1713-1733.

[12] 荆红卫,华蕾,孙成华,等. 北京城市湖泊富营养化评价与分析[J]. 湖泊科学, 2008, 20(3): 357-363. (JING Hongwei, HUA Lei, SUN Chenghua, et al. Analysis on urban lakes eutrophication status in Beijing [J]. Journal of Lake Sciences, 2008, 20(3): 357-363. (in Chinese))

[13] 杜桂森,吴玉梅,扬忠山,等. 北京城区河湖水质分析[J]. 湖泊科学, 2005, 17(4): 373-377. (DU Guisen, WU Yumei, YANG Zhongshan, et al. Analysis of water quality on urban rivers and lakes in Beijing [J]. Journal of Lake Science, 2005, 17(4): 373-377. (in Chinese))

(收稿日期: 2013-01-15 编辑: 徐 娟)

(HUANG Bin, YU Guozhong, LI Yinhuan. Removing of *Microcystis aeruginosa* by use of zeolite powder [J]. Journal of Xinyang Normal University, 2004, 17(4): 433-436. )

[19] 赵杏媛,张有瑜. 黏土矿物与黏土矿物分析[M]. 济南: 海洋出版社, 1990: 45-48.

[20] 邹华,潘纲,阮文权. 壳聚糖改性黏土絮凝除藻的机理探讨[J]. 环境科学与技术, 2007, 30(5): 8-9, 13. (ZOU Hua, PAN Gang, RUAN Wenquan. Mechanism of flocculation and removal of *Microcystis aeruginosa* by chitosan-modified clays [J]. Environmental Science and Technology, 2007, 30(5): 8-9, 13. (in Chinese))

(收稿日期: 2013-01-23 编辑: 高渭文)