

极端降水条件下北京西山黑龙关泉响应研究

唐春雷¹, 王桃良², 王维泰¹, 赵春红¹

(1. 中国地质科学院岩溶地质研究所/国土资源部、广西壮族自治区岩溶动力学重点实验室, 广西 桂林 541004;
2. 山西娘子关泉域管理处, 山西 阳泉 045000)

摘要:2012年7月21日,北京房山区发生特大暴雨,暴雨从21日10时开始到22日2时结束。总降雨量达228mm,是北京60年一遇暴雨。暴雨后,黑龙关泉域岩溶水系统内的各种水资源要素都对其形成积极响应。依据岩溶地下水位统测、区域地质构造以及地貌条件综合分析黑龙关泉地下水系统补、径、排。研究黑龙关泉地下水系统对7.21洪水响应。从地下水位、地表河流、泉水水量、岩溶地下水化学分析7.21洪水前后变化情况。降水后,大石河流量最大达221m³/s,水化学类型中带硫酸根离子的样品数显著增加。7月15日,实测黑龙关泉水流量为0.31m³/s,7月21日上午实测为0.30m³/s,25日分别对大石河的黑龙关泉口上、下游进行实测,获得泉水流量为3.47m³/s,到29日降至2.34m³/s,流量变化较为剧烈,与大石河水对岩溶水的补给密切相关。为进一步研究北京黑龙关泉域岩溶水的变化规律和岩溶水资源评价及合理开发利用提供了科学依据。

关键词:地下水系统;7.21洪水;泉水流量;水化学;

中图分类号:P641

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2016)06-0070-06

在水资源紧张的情况下,水文水资源对气候变化的响应研究受到普遍关注,先后在气候变化、土地利用/土地覆盖对河川径流量、流域水量平衡、需水量、水文极端事件等方面开展了较系统的研究^[1-2]。地下水在这方面研究工作主要在气候变化(特别是大气降雨)与土地利用对地下水的水质与水量产生深刻的影响^[3],且部分研究表明地下水是气候变化信息的良好载体^[4]。郭海清^[5]等通过北方岩溶大泉-神头泉泉水流量与气候变化研究表明,泉流量对短时间的气候变化有规律的响应。傅晓鸣等研究不同重现期的极大月降水量与平稳化后的泉水年平均流量的关系,以获得极端降水与泉水流量的相关关系^[6];Chen等通过对加拿大Manitoba南部碳酸盐岩含水层中地下水水位与气候变化的相关性研究,揭示了该含水层年均地下水位与月平均降雨和气温存在很好的对应关系^[7]。Jorgensen等利用考古学的方法研究了阿拉伯联合酋长国Al Ain地区井深与地下水位的关系,发现二者有

很好的相关性。Allen等研究了加拿大British Columbia南部Grand Forks含水层对气候变化的敏感性^[8];Brouyere等在比利时Geer盆地建立了一个包含地下水流动的综合水文模型,用于评价气候变化对地下水的影响。

气候变化不仅影响着地下水的补给与循环交替,同时也通过大气降雨化学组成和地表温度变化来影响水-岩相互作用,进而使地下水水质发生变化^[10-22]。本文分析黑龙关泉地下水系统补、径、排条件。通过地质学、地下水动态、水化学等研究黑龙关泉对极端降水事件响应。

1 研究区概况

黑龙关泉域地理坐标介于115°36'~115°54'E,39°44'~39°56'N之间,处于华北地台北缘的燕山台褶带的西山跌拗褶皱中,南为华北断拗,区域地质构造较复杂。其中影响本区碳酸盐岩含水层分布埋藏以及岩

收稿日期:2015-11-04

基金项目:地质调查工作项目“北方岩溶区水文地质环境地质调查示范”(1212011220940);“大石河背斜岩溶水系统均衡研究与可持续开采量预测评价”(121237128100221);北京市岩溶地下水勘查评价工程(BJYRS-ZT)

作者简介:唐春雷(1984-),男,河北邯郸人,助理研究员,主要从事北方岩溶地下水调查与研究。E-mail:tangchunlei@karst.ac.cn

通讯作者:王桃良(1964-),男,山西阳泉人,高级工程师,长期从事岩溶地下水研究。E-mail:nzgyq@163.com

溶地下水循环的主要构造有百花山向斜、大石河穹窿复背斜及向东延伸的东西向背斜褶皱隆起带、霞云岭逆掩式推覆断层和大安山-红煤厂逆断层。区内出露的碳酸盐岩地层有中元古界蓟县系雾迷山组、铁岭组和青白口系景儿峪组,主要出露在系统南部的大石河背斜以及向东延伸的长操-黑龙关隆起带;下寒武统昌平组,中、上寒武统张夏组到凤山组以及中、下奥陶统冶里亮甲山组和上、下马家沟组,主要出露在系统北部的百花山向斜南翼。不同碳酸盐岩层间有碎屑岩沉积,如雾迷山组与铁岭组碳酸盐岩间的洪水庄组,铁岭组与景儿峪组间的下马岭组和长龙山组,昌平组与徐庄-张夏组间的毛庄组等(见图1)。据调查,青白口系下马岭-长龙山组碎屑岩在区内的连续沉积厚度超过400 m,在垂向上构成了区内稳定的隔水层,而其他碎屑岩夹层由于本区强烈的断褶构造,区域上为透水而不含水的夹层,仅在局部具隔水性能。据此,将本区岩溶含水层划分为上下2个含水岩组,分别为蓟县系雾迷山组-铁岭组构成的下含水岩组和青白口系景儿峪组—中奥陶统马家沟组构成的上含水岩组。

研究区属大石河流域,其主要水系有大石河、大安山沟、史家营沟、北窖沟等,大石河河水从霞云岭北侧进入系统,最后从黑龙关流出系统,在系统内沿途分别接受凉水泉、九道河泉和黑龙关泉水的补给。

据调查访问,历史上大石河河水在区内为常年性河流,但20世纪90年代后,由于上游建设水库、塘坝,开采岩溶地下水,河水除暴雨时段外大多数时段断流,仅在泉水排泄段以及大型支流的碎屑岩入口的局部地段有水流过,这些地表水在下游碳酸盐岩裸露区二次入渗补给岩溶地下水。

2 黑龙关地下水系统

黑龙关泉岩溶水系统地质结构上分为以寒武奥陶系

碳酸盐岩含水层为主的北部百花山向斜南翼东侧单斜区和以中元古碳酸盐岩含水层为主的南部大石河穹窿状背斜区,这两种区域构造也将该系统分为2个岩溶水子系统,分别是大石河背斜子岩溶水子系统、百花山向斜南翼岩溶水子系统。

大石河背斜岩溶水子系统:大石河背斜为一由莽麦山背斜和大白石尖背斜组成的复背斜,核部出露蓟县系雾迷山组铁岭组碳酸盐岩,四周为下马岭-景儿峪组碎屑岩隔水层,其下伏碳酸盐岩随着向四周延伸埋深逐渐加大,一定深度后成为岩溶地下水滞流性隔水边界(见图1)。

百花山向斜南翼岩溶水子系统:鱼谷洞泉岩溶水系统相隔的地下水分水岭边界为东界;南侧为下马岭-长龙山区域隔水层,是与大石河子系统相隔的隔水边界(垂向上也不存在水量交换);东边界为大安山-红煤厂断层,为地下水滞流性隔水边界;北界为地表分水岭边界,下伏碳酸盐岩含水层受百花山向斜控制向北深埋,构成深埋滞流性隔水边界(见图1)。

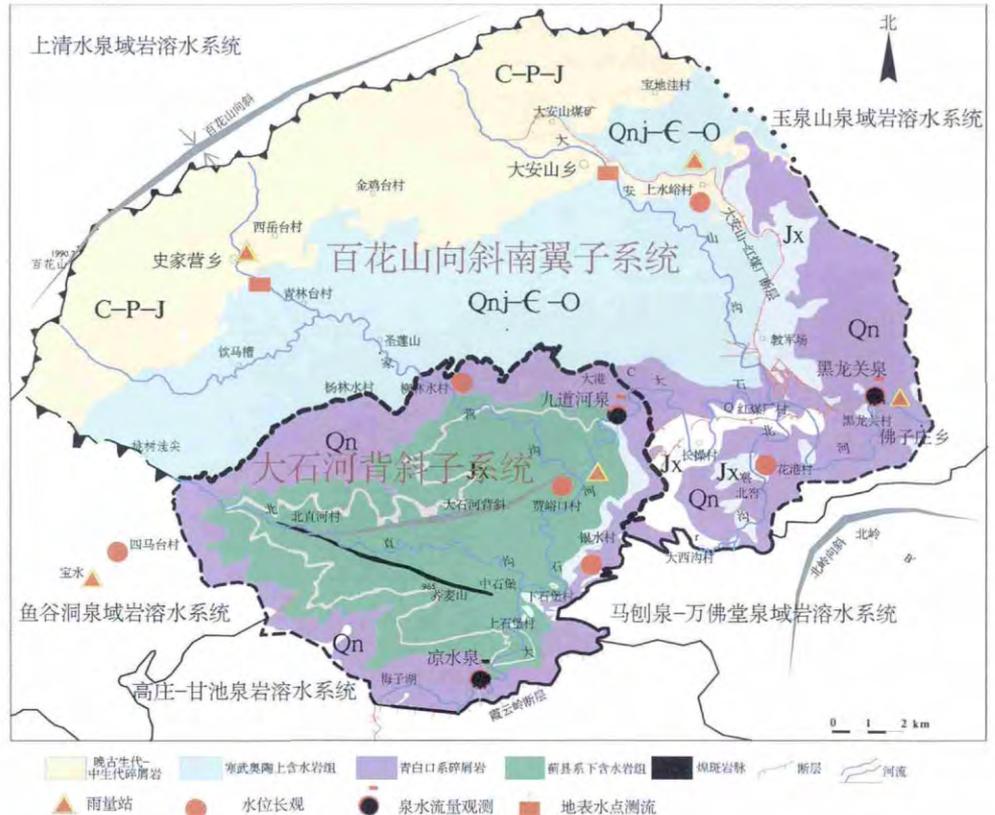


图1 黑龙关泉地下水系统分区图

Fig.1 The regionalization map of the Heilongguan spring groundwater system

3 黑龙关泉岩溶水系统补、径、排

3.1 大石河子系统补、径、排

补给:大石河子系统岩溶地下水主要有大气降水的入渗补给和来自于周边及南边界外碎屑岩区地表水进入碳酸盐岩渗漏段的渗漏补给。地表水的主要产流区有来源于霞云岭方向大石河主河道、史家营河。根据访问调查,历史上大石河常年有水,史家营河仅在丰水季节有水,但近几十年,随着上游各种水库塘坝对碎屑岩区地表水的拦蓄以及岩溶地下水的开采,除特大丰水年份外,大部分年份都没有地表产流。地表水的渗漏补给大大减少。

径流与排泄:天然条件下,该子系统岩溶地下水有两个主排泄点,分别是九道河泉和凉水泉。两泉分布出露在大石河进入大石河背斜轴部铁岭组碳酸盐岩与下马岭碎屑岩接触面,造成背斜轴岩溶水分别向南北两侧分流,来自岩脉南侧地下水顺层径流在大石河切出的下马岭底部出露形成凉水泉。来自岩脉北侧地下水顺层径流在大石河切出的下马岭底部出露形成九道河泉。

3.2 百花山向斜南翼子系统补、径、排

补给:该子系统岩溶地下水有如下几个来源,其一是碳酸盐岩裸露区降水入渗的补给;其二是河流渗漏的补给,这些河流的产流区包括大安山河、史家营河以及南部北窖河等,天然条件下这些基本为季节性河;其三是排入大安山河的煤矿排水量,根据实测,这部分量一般在 $5\,000\text{m}^3/\text{d}$ 。其四是大石河子系统排泄的地下水经大石河流入该子系统后,在长操一带的碳酸盐岩段进行二次渗漏。

径流与排泄:黑龙关泉是该子系统(也是黑龙关泉岩溶水系统)的最终排泄点,其来源有两个渠道,其一是北部子系统由西向东越过大安山-红煤厂断层进入铁岭组碳酸盐岩含水层后,受东侧青白口系区域隔水层阻挡,由北向南补给黑龙关泉,其二是西侧长操一带岩溶水(含大石河子系统二次渗漏的地下水)的补给。

4 黑龙关泉地下水系统对 7.21 洪水响应

2012年7月21日,北京房山区发生特大暴雨,暴雨大致从21日10时开始到22日2时结束(见图2)。2012~2013年中国地质调查局北方岩溶区水文地质环境地质调查示范项目,在黑龙关泉域布置水均衡试验站,以求得裸露灰岩区域降雨入渗系数。布置5处降雨量站点,5处地下水水位监测点,2处地表流量监测点,3处泉水流量监测点(见图1)。依据项目组安装的雨量筒记录显示,14h内水峪站降水261.8mm,贾峪口降水290.4mm、史家营降水186.2mm、蒲洼乡宝水降水184.88mm、黑龙关降水228.6mm。根据北京气象台报道,这次暴雨是北京60年一遇暴雨。项目工作区黑龙关泉域是暴雨的中心地带,在这场暴雨后,黑龙关泉域岩溶水系统内的各种水资源要素都对其形成了积极的响应。

4.1 大石河水的影响

暴雨期间,黑龙关泉口安装的自动水位记录仪记录了大石河水的水位动态过程,如图2。大石河水位在该断面(黑龙关泉口)从11时的81.2cm到20时30分升至最大值452.37mm,较降水峰值的18时晚2.5h。当日上午11时实测大石河河水流量 $0.304\text{m}^3/\text{s}$,到最高水位时依据河流断面(黑龙关水库坝址)推算最大流量 $221\text{m}^3/\text{s}$ (见图2)。

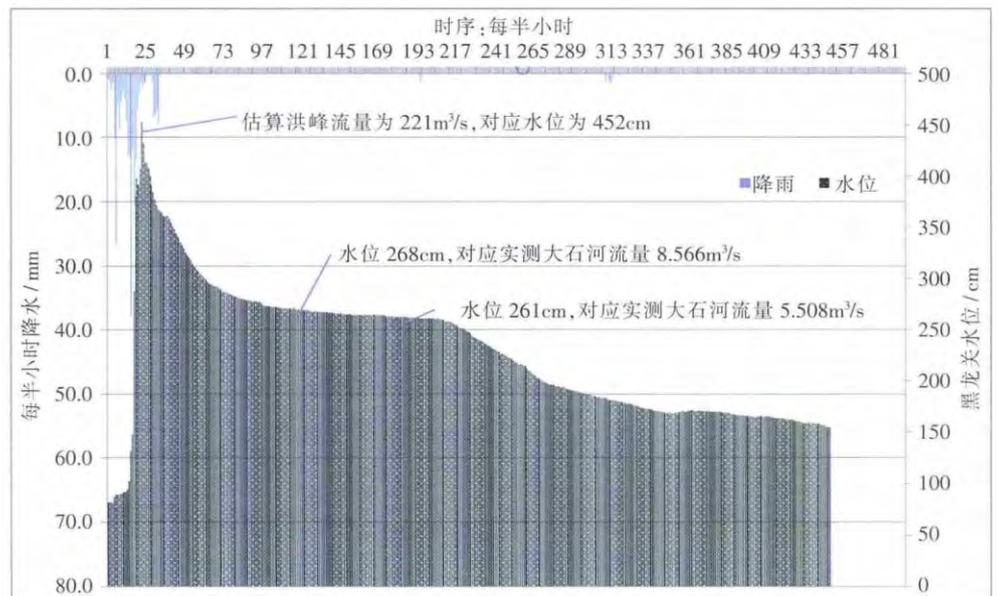


图2 7.21暴雨过程黑龙关村大石河水位动态曲线(资料源于北京岩溶水勘查调查工程项目)

Fig.2 The dynamic curve of the water level the rainstorm process at the Heilongguan village on the Dashihe River on July 21, 2012

4.2 各地表支流渗流量的响应

大石河在黑龙关岩溶水系统内的支流主要有大安山河、史家营河、北直河以及南窖河等。7.21 暴雨前这些河流除大安山河在大安山到水峪沟口有煤矿排水的径流外,其余在碳酸盐岩河段均为干谷。7.21 暴雨当日,这些支流均形成山洪。发源于北部百花山向斜南翼子系统内的地表水越过寒武奥陶碳酸盐岩进入大石河背斜子系统。但到 23 日上午调查时,除了大安山河有少量河水流出口外,其余均已断流,但在一些河流上游仍然有径流量,由于碳酸盐岩河段的渗漏使得下游断流。其中可以看出,大石河的支流也有很强的渗漏能力。

4.3 地下水水质的响应

2012 年在黑龙关泉域的调查中,水化学资料分枯水季和丰水期进行了 2 次取样,时间分别是 6 月和 8 月(9 月、10 月补充黑龙关泉两个样品),期间发生 7.21 暴雨,为此我们对 2 期水样分别绘制了水化学三线图

(见图 3、图 4),从中元古界与寒武奥陶系含水层中样品位置分布对比可以看出:枯水期区内上、下 2 个碳酸盐岩含水岩组中样品在三线图分布相对集中,各自形成自己的分布区域,相互重叠的区域较小,其中寒武-奥陶系的 SO_4^{2-} 和 Cl 百分含量明显偏高;而丰水期寒武奥陶系样品的分布集中程度相对高,元古界含水层中样品分布在寒武奥陶系样品的两侧。丰枯期 2 个含水岩组样品的水化学类型统计也能说明这一点(见表 1),丰水期元古界含水岩组的水化学类型中带 SO_4^{2-} 离子的样品数显著增加,其原因是 7.21 期间大量来自于百花山向斜核部煤系地层区的地表水越过寒武奥陶系分布区进入下游元古界含水层并形成渗漏导致的结果,这一结论可通过 7.21 期间对大石河、史家营河以及大安山河的洪水的水化学类型的阴离子均为 $SO_4 \cdot HCO_3$ 可以证实。

4.4 系统内泉水流量的响应

7 月 15 日,实测黑龙关泉水流量为 $0.31m^3/s$,7 月

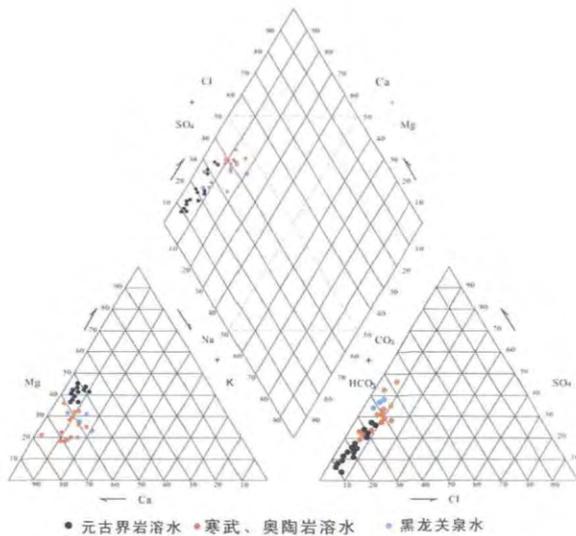


图 3 2012 年 5 月岩溶水水化学三线图

Fig.3 Diagram of Karst water chemistry in May,2012

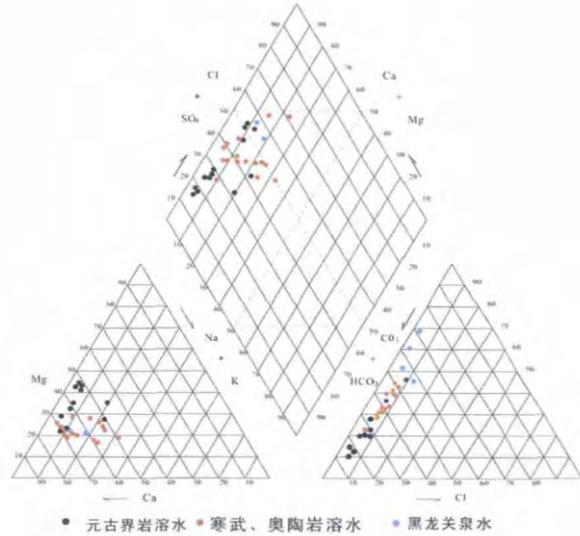


图 4 2012 年 8 月岩溶水水化学三线图

Fig.4 Diagram of Karst water chemistry in August,2012

表1 7.21暴雨前后不同层位样品水化学类型个数统计表

Table1 Statistics of the number of the water chemical sample types in the different layers before and after the storm occurred on July 21, 2012

样品采集层位	阴离子水化学类型	前期	后期
元古界含水岩组水样	$SO_4 \cdot HCO_3$ 或 $HCO_3 \cdot SO_4$ 型水的样品数	2	7
	HCO_3 型水的样品数	11	4
寒武奥陶系含水岩组水样	$SO_4 \cdot HCO_3$ 或 $HCO_3 \cdot SO_4$ 型水的样品数	4	4
	HCO_3 型水的样品数	4	3
7.21 期间大石河及支流地表水样	$SO_4 \cdot HCO_3$ 或 $HCO_3 \cdot SO_4$ 型水的样品数	3	
	HCO_3 型水的样品数	0	

21日上午实测为 $0.30\text{m}^3/\text{s}$,25日分别对大石河的黑龙关泉口上、下游进行实测,获得泉水流量为 $3.47\text{m}^3/\text{s}$,到29日降至 $2.34\text{m}^3/\text{s}$,流量变化较为剧烈,与大石河水对岩溶水的补给密切相关。

黑龙关泉岩溶水动态变化基本上属于剧变型(见图5)。其流量动态变化曲线出现为猛涨猛落的尖锥状。这是岩溶发育及岩溶水流量严格受降水控制的具体反应,是规模较小的裸露型灰岩汇水区地下水动态特征的主要标志;而且不稳定程度为当年降雨分配及年降水量所制约,丰水年是动态不稳定最显著的年份。流量动态滞后时间短且反应灵敏,岩溶水流量动态滞后时间是指降水历时曲线的峰值与流量历时曲线相对应的峰值的时差。研究区为短暂滞后,流量动态滞后降雨时间一般在4~5d。黑龙关泉域内岩溶泉都属于此类型。这种滞后型式,表明岩溶导水通道(管道、裂隙)畅通,水源来自降雨直接补给或者接受混合补给,而滞后时间的长短亦与降雨强度等因素有关,短暂滞后的动态亦多呈尖锥形,在连续降雨且降雨量变化幅度较大时,泉流量曲线呈逐渐上升。

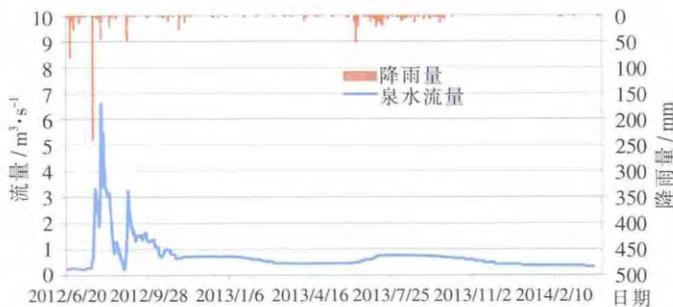


图5 黑龙关泉水流量衰减趋势图

Fig.5 The attenuation trend of the Heilongguan spring flow

5 结论

通过分析地下水位、地表河流、泉水流量、水化学特征在7.21洪水前后变化情况。得出如下结论:

(1)2012年7月21日,北京房山区发生特大暴雨,暴雨大致从21日10时开始到22日2时结束。根据项目组安装的雨量筒记录显示,14h内水峪站降水261.8mm,贾峪口降水290.4mm、史家营降水186.2mm、蒲洼乡宝水降水184.88mm、黑龙关降水228.6mm。

(2)大石河水位在黑龙关泉口从11时的81.2cm到20时30分升至最大值452.37mm,较降水峰值的

18时晚2.5h。当日上午11时实测大石河河水流量 $0.30\text{m}^3/\text{s}$,到最高水位时依据河流断面(黑龙关水库坝址)推算最大流量 $221\text{m}^3/\text{s}$ 。

(3)暴雨使得元古界含水岩组的水化学类型中带 SO_4^{2-} 离子的样品数显著增加,其原因是7.21期间大量来自于百花山向斜核部煤系地层区的地表水越过寒武奥陶系分布区进入下游元古界含水层并形成渗漏导致的结果。

(4)黑龙关泉岩溶水动态变化基本上属于剧变型。表明岩溶导水通道(管道、裂隙)畅通,水源来自降雨直接补给或者接受混合补给。

参考文献:

- [1] Lal M. Water resources of the south-east Asian region in a warmer atmosphere[J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 1994,11(2):239-246.
- [2] 邓惠平,赵明华. 气候变化对莱州湾地区水资源脆弱性的影响[J]. *自然科学学报*, 2011,16(1):9-14. (DENG Huiping, ZHAO Minghua. Impacts of climate change on water resource vulnerability in Laizhou bay region [J]. *Journal of Natural Resources*, 2011,16(1):9-14. (in Chinese))
- [3] 袁道先. 现代岩溶学 and 全球变化研究 [J]. *地质前缘*, 1997,(Z1):21-29.(YUAN Daoxian. Modern karstology and global change study [J]. *Earth Science Frontiers*, 1997,(Z1):21-29. (in Chinese))
- [4] 张宗祜. 人类活动影响下华北平原地下水环境的演化与发展[J]. *地球学报*, 1997,(4):2-9. (ZHANG Zhonghu. Evolution and development of groundwater environment in north China plain under human activities [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 1997,(4):2-9. (in Chinese))
- [5] 郭清海,王焰新,马腾,等. 山西岩溶大泉近50年的流量变化过程及其对全球气候变化的指示意义[J]. *中国科学(D辑:地球科学)*, 2005,(2):167-175. (GUO Qinghai, WANG Yanxin, MA Teng, et al. Karst Spring in Shanxi process flow change almost 50 years and its implications for global climate change [J]. *Science in China Ser. (D:Earth Sciences)*, 2005,(2):167-175. (in Chinese))
- [6] 傅晓鸣,郝永红,范永辉,等. 极端降水对娘子关泉流量的补给研究[J]. *中国岩溶*, 2013,(2):140-147. (FU Xiaoming, HAO Yonghong, FAN Yonghui, et al. Study on the recharge to the Niangziguan springs by extreme precipitation [J]. *Carsologica Sinica*, 2013,(2):140-147. (in Chinese))
- [7] Chen Z, Grasby S E, Osadetz KG. Relation between climate variability and groundwater levels in the upper carbonate aquifer, southern Manitoba, Canada [J]. *Journal of Hydrology*.2004,290(1):43-62.
- [8] Jorgensen D G, Yasinal-Tikiriti W. A hydrologic and archeologic study of climate change in Al Ain. United Arab Emirates [J]. *Global and Planetary Change*, 2003,35(1):37-49.
- [9] Allen D M, Mackie D C, Wei M. Groundwater and climate change: a sensitivity analysis for the Grand Forks aquifer, southern British Columbia, Canada [J]. *Hydrogeology Journal*.2004,12(3):1-47.

- [10] Brouyere S., Carsbin G., Dassargues A. Climate change impacts on groundwater resources: modelled deficits in a chalky aquifer, Geer basin, Belgium [J]. *Hydrogeology Journal*, 2004,12(2):123-134.
- [11] 潘曙兰. 稳定同位素在太原地区岩溶水资源研究中的应用 [J]. *中国岩溶*, 1989,8(2):66-70. (PAN Shulan. Application of stable isotope to the research on karst water in Taiyuan area[J]. *Carsologica Sinica*, 1989,8(2):66-70. (in Chinese))
- [12] 马致远,牛光亮,党学亚,等. 鄂尔多斯盆地渭北东部奥陶系岩溶地下水的补给环境 [J]. *地球科学进展*, 2004,(Suppl.):161-165. (MA Zhiyuan, NIU Guangliang, DANG Xueya, et al. Supply environment from Ordovician karst groundwater in eastern Weibei of Ordos basin, Shaanxi province[J]. *Advances in Earth Science*, 2004,(Suppl.): 161-165. (in Chinese))
- [13] 杨吉龙,韩冬梅,苏小四,等. 环境同位素特征对滨海岩溶地区海水入侵过程的指示意义[J]. *地球科学进展*, 2012,27(12):1344-1352. (YANG Jilong, HAN Dongmei, SU Xiaosi, et al. Environmental tracers ($\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{13}\text{C}$) as indicators of seawater intrusion processes in the coastal karst area [J]. *Advances in Earth Science*, 2012,27(12):1344-1352. (in Chinese))
- [14] 北京市地质矿产局. 北京市区域地质志 [M]. 北京:地质出版社, 1991. (Beijing Bureau of Geology. *Beijing Regional Geology* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991. (in Chinese))
- [15] 北京市地质矿产局. 北京市岩石地层 [M]. 北京:中国地质大学出版社, 1996. (Beijing Bureau of Geology. *Beijing Lithostratigraphic* [M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 1996. (in Chinese))
- [16] 辛宝东. 北京市房山区岩溶地下水水文地球化学特征 [J]. *水文地质工程地质*, 2005,(3):74-75. (XIN Baodong. Hydrogeochemical characteristics of karst groundwater within Fangshan district in Beijing [J]. *Hydrogeology and Engineering Geology*, 2005,(3):74-75. (in Chinese))
- [17] 郭高轩,李宇,许亮,等. 北京平原区第四系地下水污染风险评价[J]. *环境科学*, 2014,(2):562-568. (GUO Gaoxuan, LI Yu, XU Liang, et al. Risk assessment of quaternary groundwater contamination in Beijing plain [J]. *Environmental Science*, 2014,(2):562-568. (in Chinese))
- [18] 郭高轩,刘久荣,翟航,等. 北京通州区地下水污染评价及监测网布设[J]. *工程勘察*, 2014,(6):55-59. (GUO Gaoxuan, LIU Jiurong, ZHAI Hang, et al. Assessment of groundwater contamination and monitoring network construction within Tongzhou district in Beijing [J]. *Engineering Survey*, 2014,(6):55-59. (in Chinese))
- [19] 郭高轩,侯泉林,许亮,等. 北京潮白河冲洪积扇地下水水化学的分层分带特征 [J]. *地球学报*, 2014,(2):204-210. (GUO Gaoxuan, HOU Quanlin, XU Liang, et al. Delamination and zoning characteristics of quaternary groundwater in Chaobai alluvial-proluvial fan, Beijing, based on hydrochemical analysis [J]. *Earth Sinica*, 2014,(2):204-210. (in Chinese))
- [20] 郭高轩,辛宝东,朱琳,等. 基于小波变换的北京地区1724~2009年降水量多尺度分析[J]. *水文*, 2012,(3):29-33. (GUO Gaoxuan, XIN Baodong, ZHU Lin, et al. Multi-scale analysis of annual precipitation in Beijing area from 1724 to 2009 based on wavelet transformation [J]. *Journal of China Hydrology*, 2012,(3):29-33. (in Chinese))
- [21] 郭高轩,刘久荣,许亮,等. 近300年来北京地区降水的变化特征[J]. *水资源与水工程学报*, 2011,(1):90-93. (GUO Gaoxuan, LIU Jiurong, XU Liang, XIN Baodong. Change characteristics of precipitation in Beijing region from 1724 to 2009 [J]. *Water Resources and Water Engineering*, 2011,(1):90-93. (in Chinese))
- [22] 乔小娟,侯泉林,据宜文,等. 北京张坊地区岩溶地下水运移富集的构造控制分析[J]. *中国岩溶*, 2014,(2):184-191. (QIAO Xiaojuan, HOU Quan Lin, JU Yiwen, et al. Research about the control of geological structure on karst groundwater system in Zhangfang, Beijing [J]. *Carsologica Sinica*, 2014,(2):184-191. (in Chinese))

Response of Heilongguan Spring to Extreme Precipitation in Xishan Mountain Area, Beijing

TANG Chunlei¹, WANG Taoliang², WANG Weitai¹, ZHAO Chunhong¹

(1. Institute of Karst Geology, CAS/Key Laboratory of Karst Dynamic, MLR & GZAR, Guilin 541004, China;

2. Management Office of Niangziguan Spring Field, Yangquan 045000, China)

Abstract: A catastrophic storm occurred in Fangshan District of Beijing on 21 July, 2012, which is 60-year storm with the total rainfall of 228mm. After this storm, the various water elements of karst water system in the Heilongguan Spring Basin an active response. This paper analyzed the recharge, runoff and discharge of the groundwater system of the Heilongguan Spring Basin based on karst groundwater level, local geological structure and geomorphical codition, and studied the response to the flood occurred on 21 July, 2012 by analyzing the change of the groundwater level, river flow, spring flow karst groundwater quality after the flood. After the rainfall, the flow reached 221 m³/s on the Dashihe River, the number of samples with sulfate ion significantly increased. In the Heilongguan Spring Basin, the observed spring flow were 0.305m³/s on 15 July and 0.30 m³/s in the morning on 21 July, which reached 3.4734 m³/s on 25 July and decreased to 2.34 m³/s 29 July. The flow changed greatly, which is related to the supply from the Dashihe River to the karst water.

Key words: groundwater system; 7·21 flood; spring flow; water chemistry;