

文章编号:1001-4810(2013)01-0034-09

中国北方岩溶水变化特征及其环境问题

梁永平,王维泰,赵春红,王 玮,唐春雷

(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)

摘 要:随着自然条件改变和人类活动强度的加大,我国北方岩溶水系统从输入、输出到结构、水资源要素转换关系均发生了巨大变化,在短短几十年内有近 30 % 岩溶大泉断流,80 % 泉水流量大幅度衰减,区域岩溶地下水位每年以 1~2 m 速度持续下降,同时,有 20 % 以上的岩溶水系统主排泄带的水质在Ⅲ类以下且总体趋向恶化,此外,还存在着矿坑突水,岩溶塌陷、地裂,海水入侵,旅游功能降低,生态功能丧失等诸多的岩溶水环境问题,极大地加剧了水资源的紧张状况。本文根据前人成果和实地调查资料并采用一些典型事例归纳总结了岩溶水环境问题及其发展演化趋势,展示北方岩溶水面临的严峻形势,以引起社会各界对此问题的关注,加大岩溶水资源调查研究与保护力度,同时,也为广大学者开展相关立项与研究提供参考。

关键词:岩溶水系统;环境地质问题;发展变化趋势;中国北方

中图分类号:P641.134

文献标识码:A

岩溶水是北方 30 多个地市级以上城市和 100 多个县级城市饮用水、数十个大中型火电厂冷却用水,70 % 以上大型煤矿生活、生产用水和上千万亩农田灌溉用水水源,同时不少北方岩溶大泉水由于其丰富的历史文化内涵和独特自然景观成为重要旅游资源,并起到维系河流沿岸良性生态环境的作用。近 30 年来,受气候变化和人类活动的影响,北方岩溶地下水环境问题凸显并带来了一系列负面效应。本文在前人资料基础上并通过实地调查,对北方岩溶水环境问题及发展演化趋势进行了初步总结,揭示出北方岩溶水目前所面临的严峻形势,以引起社会各界对此问题的关注,加大岩溶水资源调查研究与保护力度,同时,也为广大学者开展相关立项与研究提供参考。

1 北方岩溶水水量问题

1.1 岩溶泉水断流

中国北方岩溶地下水主要以相对独立、规模不等

的水资源系统进行循环^[1],岩溶泉水是系统最主要的天然排泄形式。据统计,全区流量大于 1 000 L/s 的岩溶泉有 41 处、大于 100 L/s 的有 170 余处。近 30 年来,北方超过 30 % 的岩溶大泉断流或接近断流(图 1、表 1)。

1.2 泉水流量衰减

据调查,北方 80 % 的岩溶大泉流量出现持续性衰减的趋势。图 2 是山西省 15 个岩溶大泉总流量曲线^[2]。1956 -1979 年和 1980 -2008 年前、后两期总流量平均值由 73 m³/s 减少到 46 m³/s,到 2008 年仅为 34.84 m³/s,不足早期流量的 50 %。

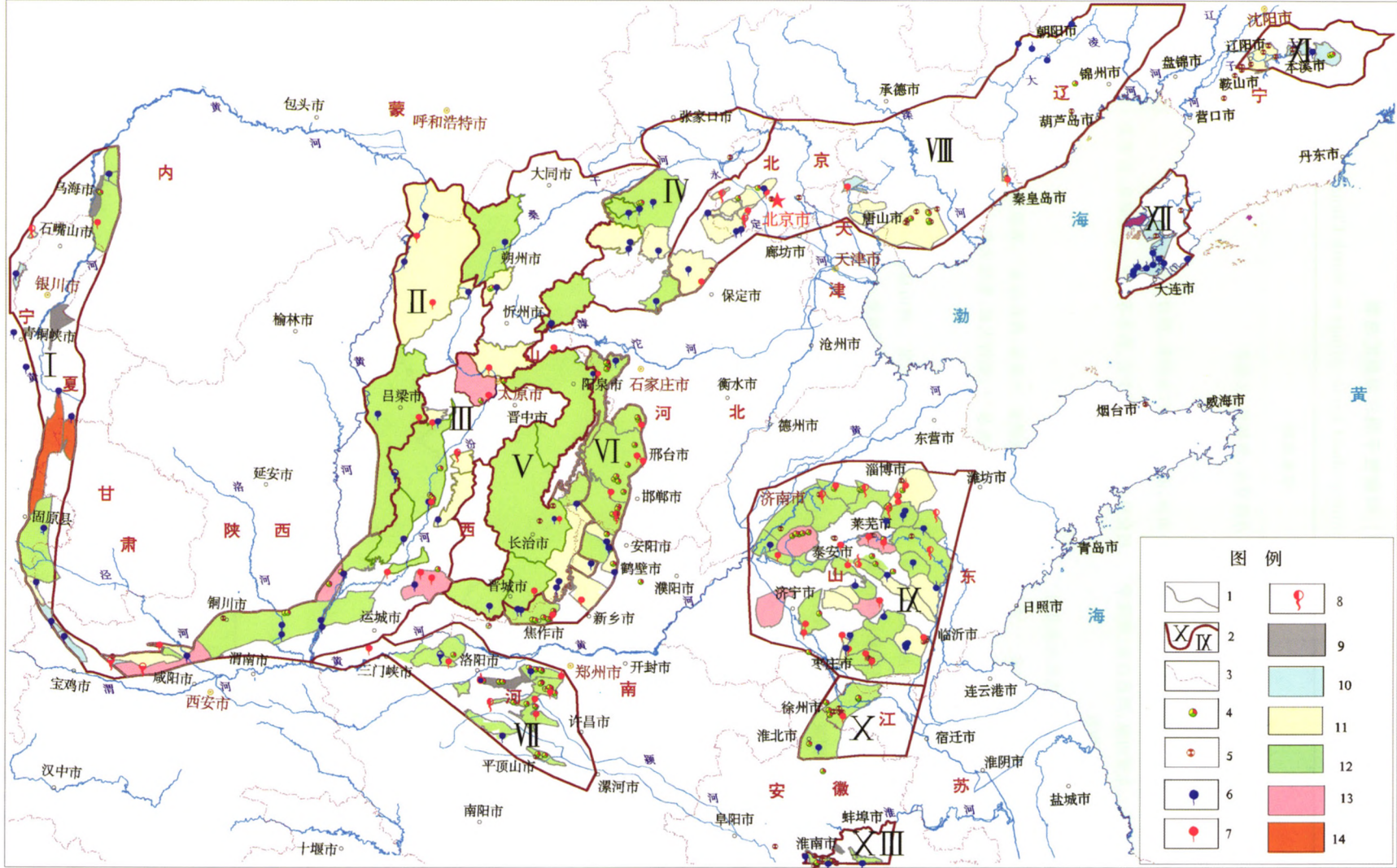
河南珍珠泉在 1990 年前,泉水平均流量 1.46 m³/s,到 1991 年后,泉水流量骤减为 0.61 m³/s,且枯水期经常出现断流。

山东章丘明水泉,上世纪 70 年代前平均流量达到 3.99 m³/s,80 年代开始衰减,到 90 年代后期流量锐减到 1.00 m³/s 以下,到 2003 年共出现过 8 次长时间断流,最久的一次(1989—1990 年)长达 1 年 2 个月。

基金项目:国土资源部公益性行业科研项目“中国北方岩溶区地下水环境问题成因机制与保护对策研究”(200811022)

第一作者简介:梁永平(1962—),男,研究员,长期从事北方岩溶地下水调查与研究。E-mail:lyp0261@karst.ac.cn。

收稿日期:2012-12-21



1. 岩溶水系统边界;2. 岩溶水系统分区界线;3. 行政区界线;4. 矿坑突水点;5. 岩溶塌陷区;6. 岩溶泉;7. 间歇性断流岩溶泉;8. 干涸岩溶泉;9. 无水化学样品的岩溶水系统;10. 系统代表样(后同) TDS<300 mg/L 的岩溶水系统;11. 300≤TDS<500 mg/L 的岩溶水系统;12. 500≤TDS<1 000 mg/L 的岩溶水系统;13. 1 000≤TDS<2 000 mg/L 的岩溶水系统;14. TDS>2 000 mg/L 的系统

图 1 北方岩溶环境水文地质略图

Tab. 1 Collection of dried up and intermittent dried karst springs in North China

表 1 北方干涸(接近干涸)、间歇性干涸岩溶泉汇总表

Tab. 1 Collection of dried up and intermittent dried karst springs in North China

行政区	泉水名称
北京市	玉泉山泉、上清水泉 [·] 、马刨泉 [·] 、万佛堂泉、秦城泉、九龙泉
天津市	公乐亭泉
河北省	黑龙洞泉 [·] 、邢台百泉、十股泉、一亩泉、潘桃峪泉、白龙洞泉、邢台达活泉
河南省	九里山泉、辉县百泉、珍珠泉 [·] 、超化泉、柏树嘴泉、三李泉、妙水寺泉 [·] 、龙涧泉、石羊关泉、庙沟泉
内蒙区	拉僧庙泉、伊克尔双泉北泉 [·]
山东省	趵突泉 [·] 、明水泉 [·] 、老龙王泉 [·] 、羊庄泉、渊源泉、十里泉、西长旺泉 [·] 、郭娘泉、泮水泉、白泉、两城泉、荆泉、葫芦套泉、芦泉、楼德泉、神头泉 [·] 、临沂大泉、枣庄大泉、两城泉、龙口泉、泰安旧县泉、渭河头泉、东泉
山西省	晋祠泉、兰村泉、古堆泉、辛安泉 [·] 、娘子关泉 [·] 、郭庄泉 [·] 、洪山泉、峡口泉、海头泉、南梁泉、五龙泉、兴道泉、东固壁泉、悬泉寺泉、枝柯泉、台北泉、吴城泉
陕西省	筛珠洞泉、龙岩寺泉、周公庙泉、神泉、滚泉
甘肃省	平凉暖泉
宁夏区	滚泉
江苏省	三官庙泉

注：[·]为接近断流泉；[·]为间歇性断流泉；[·]为部分泉组断流的泉群。

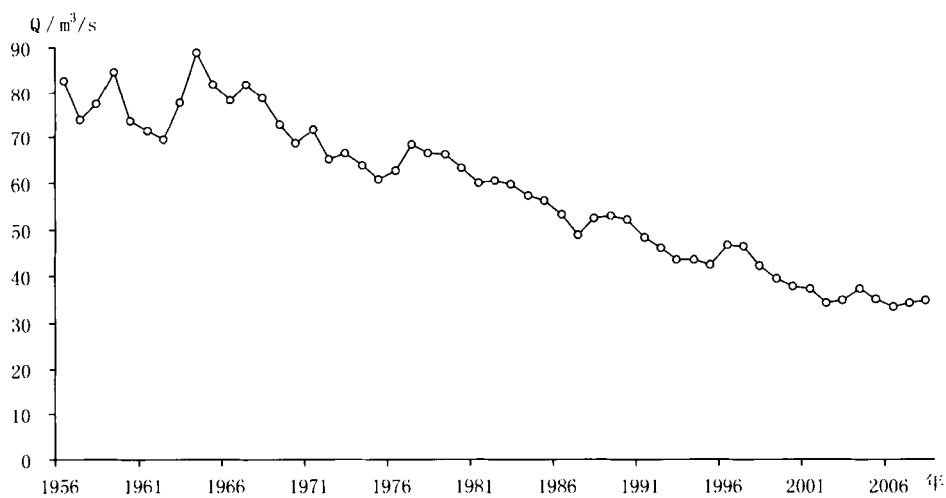


图 2 山西 15 个岩溶大泉年总流量动态曲线

Fig. 2 Dynamic curve of 15 karst springs' flux in Shanxi Province

河北黑龙洞泉流量上世纪 80 年代以前,流量为自然变化,多年平均流量 $12.21\text{ m}^3/\text{s}$ ^[3],80 年代后由于人工开采和煤矿开采排水影响,泉流量急速下降到 $3.82\text{ m}^3/\text{s}$,1988 年以后,长期处于间歇性断流状态。

1.3 区域岩溶地下水位持续下降

区域岩溶地下水位的下降与泉水流量衰减相伴出

现。近二十几年来,我国北方岩溶地下水位普遍呈现出区域性持续下降趋势,年下降速度一般在 $1\sim2\text{ m}$ 。

山西三姑泉域 20 世纪 80 年代等水位线图表明,600 m 标高岩溶水等水位线在北石店以南,到 2004 年向北推移约 20 km,形成了晋城—北石店—巴公—高平—低槽状漏斗群,南北长 40 km ^[2]。

山西太原晋祠泉于 1994 年断流,2008 年泉口地下水位已低于地面 34.36 m;兰村于 1986 年断流,2010 年泉口处平均地下水位低于地面 35.48 m(图 3)。

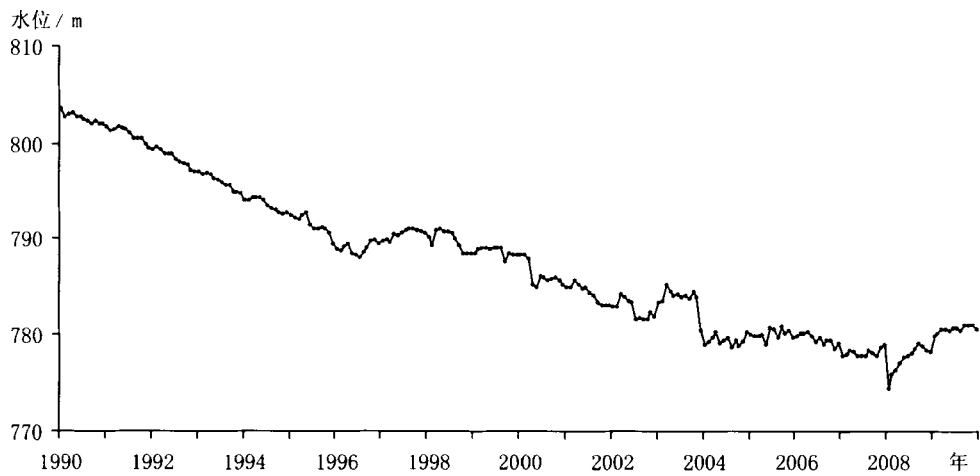


图 3 山西兰村泉口 S1 孔岩溶水位动态曲线图(据山西省兰村泉域管理处资料)

Fig. 3 Karst groundwater table of drilling S1 at Lancun spring

山西郭庄泉域岩溶水系统的汾酒集团石门沟水源地自 1992 到 2007 年水位下降近 82.05 m;南垣底孔 1977 年到 2011 年下降近 74.71 m;汾阳市自来水 SK1 孔水位 21 年间(1990—2011 年)累计下降约 84.58 m。

山西娘子关泉域岩溶水系统,从 1982 年到 2004 年岩溶地下水整体下降约 20 m,410 m 岩溶地下水

位等水位线所封闭的面积从 383 km² 扩大到 681 km²。

陕西渭北东部袁家坡泉—温汤泉—漠泉域岩溶水系统,数千平方公里范围内地下水位标高在 360~390 m 之间,俗称 380 系统,1995 年以来,区域岩溶地下水位年下降 1.0 m 左右(图 4)。

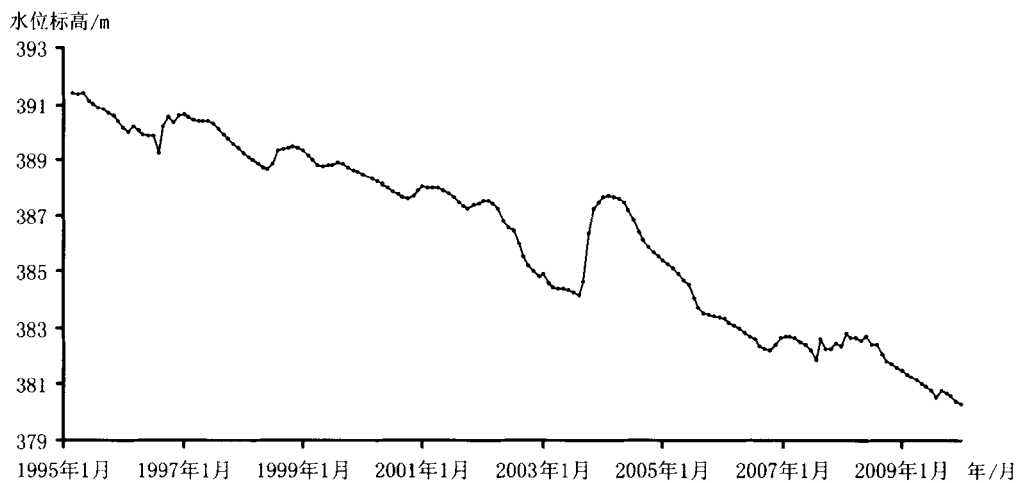


图 4 陕西渭北鲁桥孔岩溶地下水位动态图

Fig. 4 Curve of karst groundwater table at Luqiao drilling in Weibei, Shanxi Province

河南荥巩岩溶水系统由于采煤排水,自 1987 到 2005 年岩溶地下水位标高从 150 m 降到 20 m。

北京玉泉山泉泉口水位标高 47.2 m,1974 年断流,到 2008 年附近岩溶地下水位已下降至 21.78 m,特别在 1996 年大规模开发后,岩溶水位呈直线下降(图 5)。

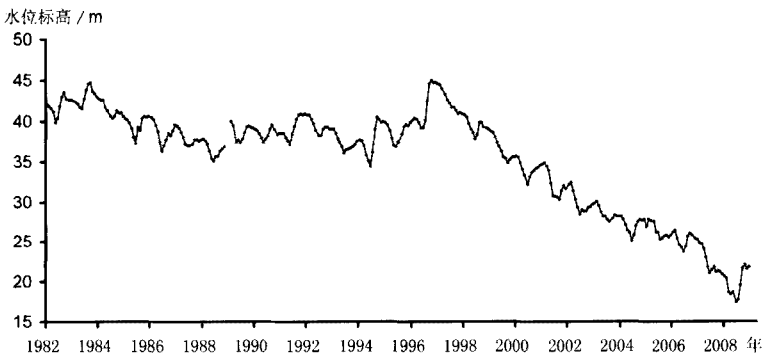


图5 北京玉泉山一带岩溶地下水位动态曲线图(据北京市水文地质大队资料)
Fig. 5 Curve of karst groundwater table at Yuquanshan in Beijing
(according to data from the Hydrogeology Team of Beijing)

2 岩溶水水质问题

岩溶水系统的高度开放性使得岩溶地下水具有与外界强烈的物质交换特点,更易于受到污染;岩溶地下水系统规模大、汇水面积广,岩溶地下水补给具多元性,使得水质影响因素复杂化;北方 119 个岩溶水系统中有 83 个为“水煤共存”系统^[1],而且具有“煤在楼上,水在楼下”的结构特点,煤矿开采、发电、农业施肥等活动形成的工业废气、废水不同程度地参与进地下水的循环过程,使得岩溶地下水遭受污染并出现水质不断恶化的趋势。

2.1 水质现状

根据我们 2008-2010 年对北方 115 个岩溶水系

统主排泄区的系统代表性水化学样品(一般为主排泄泉水或附近井水)和历年收集的 857 个岩溶地下水水化学样品(区域分布上不均匀,存在一定缺陷)的水质分类评价结果表明,北方岩溶水以 I、II、III 类水为主,IV、V 类水(部分为原生污染)占的比重较小,后两类水超标的项目主要有 TDS、HB、SO₄²⁻、Cl⁻、F⁻、三氮、TF_e 和挥发酚。

2.2 水质污染趋势

图 6 是 1986-2009 年娘子关泉水主要离子年平均含量(共采用 201 个样品,按照年度平均计算)的动态曲线。从图中能清楚地看出水化学含量组分呈增长的趋势。

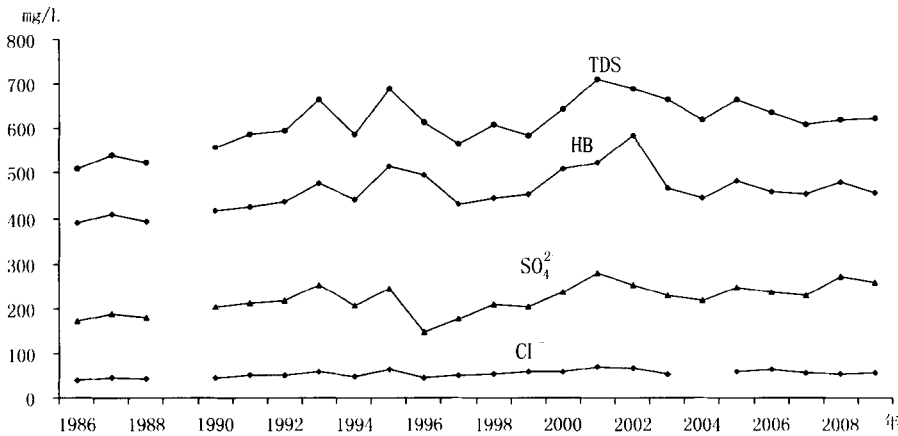


图6 娘子关泉水年均水质动态曲线图
Fig. 6 Curve of annual average hydrochemical components of the Niangziguan spring in Shanxi Province

对济南趵突泉泉域岩溶水系统岩溶水的 Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻、HB 系列资料研究表明^[4-5],岩溶水水质长期处于恶化状态,图 7 为趵突泉的水质部分组分的含量动态图。

江苏徐州岩溶地下水的强烈开采,使地下水水位

持续下降,改变了水动力条件,加快了地下水水力交替运动,使岩溶地下水化学成分发生了变化。表现在 Cl⁻、SO₄²⁻、HB 的浓度逐年增大(图 8),局部地区地下水化学类型也由 HCO₃-Ca²⁺ 水转变为 HCO₃·Cl (Cl·SO₄²⁻)-Ca 水,TDS 增大到 1.0 mg/L 以上。

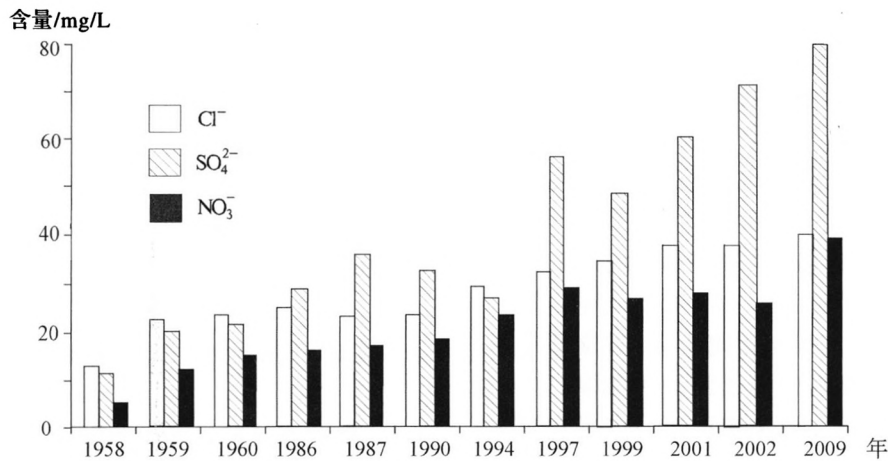


图 7 趵突泉水质多年变化图(据参考文献[5],数据有所增加)
Fig. 7 Change of water quality at Baotu Spring in Shandong Province

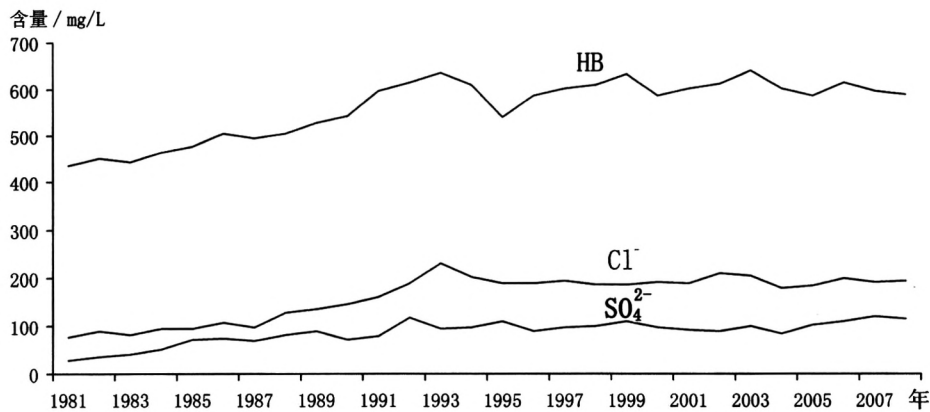


图 8 徐州岩溶水系统九里山岩溶水源地部分水质组分含量动态曲线
Fig. 8 Curve of hydrochemical components at Jiulishan water source site in Xuzhou karst groundwater system

淮北岩溶水系统一电厂水井,1974 年 HB 为 300 mg/L,1992 年已达 450 mg/L^[6],2009 年 11 月对该井取样分析,其 HB 为 460.26 mg/L。

3 岩溶水质量变化带来的其他环境问题

岩溶水环境问题发生的实质是岩溶泉域水资源循环过程中的补、排关系的长期失衡和环境质量的变化,这种变化同时也带来了负面效应与地质灾害。

3.1 水源井供水功能削弱,甚至报废

由于区域水位下降和遭受污染使不少地区原有水井吊泵、报废,影响了正常供水。

内蒙桌子山地区拉僧庙泉,1984 年干涸,到 2000 年泉口处地下水位已降至地面以下 8 m,2002 年为 22 m,2006 年 31.92 m,2007 年达到 42 m。系统内棋盘井一带岩溶水位埋深从本世纪初 114 m 降到 2008 年的约 170 m,年均下降近 10 m,使得 3 眼井报废。徐州市七里河岩溶供水水源地,总供水量 35 万

m³/d,由于四氯化碳的污染^[7],目前该水源地已不再供水。

汾渭地堑两侧多数泉水主要出露在山前高程相对较高地方,因此成为各盆地农田灌溉水源,泉水流量衰减与断流无疑会影响到农业灌溉。如山西洪山泉上世纪 80 年代前是 8 万亩良田的灌溉水源,泉水断流后已成无米之炊。

河南焦作九里山泉域内平广厂、工学院和岗庄水源地的深井,由于 Cl⁻ 含量的严重超标而无法饮用^[8]。

河北邢台市区,1991—2000 年期间岩溶地下水位年平均下降 1.4~1.6 m,1999 年最大埋深达 85.06 m,已经发生多次“水荒”和工矿企业因“吊泵”而停产事件。

娘子关泉域的平定张庄、锁簧和南坪一带,由于灰岩裸露区工业企业的废渣、废液和南川河污水的入渗,造成了岩溶地下水严重污染(评价地下水类型均为 V 类水),致使该区井水全部无法饮用。2011 年 5

月期间,阳泉市郊区杨家庄一带有 4 个村的水井吊泵而引起恐慌。

3.2 旅游价值降低,生态功能丧失

山东济南趵突泉、山西太原晋祠泉、兰村泉、洪山泉,河南辉县百泉、珍珠泉,河北邢台百泉,北京玉泉山泉,内蒙古海拉僧庙泉等诸多泉水以优雅山光水色景致,天人合一的人文古迹,成为蜚声国内外的旅游胜地。一些具有母亲河意义的河流同发源于岩溶泉水,如山西汾河发源于宁武县雷鸣寺泉,贯穿整个房山世界地质公园的拒马河发源于河北涞源泉。然而这些承载了数千年中华古老文明的岩溶大泉在短短几十年的时段内接踵消亡,令人触目惊心。岩溶泉水流量的衰减难以维系泉口及下游沿岸良性生态环境的用水,以致生态功能丧失。邢台古城的百泉环城泉涌湿地、大陆泽湖泊湿地和滏阳河河流湿地构成面积达 400 多平方公里的中原第一大湿地,特殊的生态系统功能,为当地人们的生活提供了饮用淡水、植物蛋白和生物蛋白以及生活资料,在经济困难时期,它曾是当地人民赖以生存的物质供给基地,然而这片湿地随着环境变化和百泉泉水的断流而消失了。

3.3 引发地质灾害

区域水位下降、变动是引发岩溶塌陷的重要原因。经统计,中国北方已发生的岩溶塌陷 114 处(图 1),塌陷坑总计 5 879 个^[9]。其中现代岩溶塌陷 72 处,塌陷坑 1 583 个。现代岩溶塌陷主要分布在岩溶相对发育的东部地区(图 1),以水源地抽水引起的塌陷最多,塌陷坑数占现代塌陷总数的 78.52 %。

由于山区岩溶含水层疏干,向平原松散含水层补给量减少,促使山西太原、天津宝坻^[10]一带发生地面沉降和地裂。山东枣庄市峰城区榴园镇和吴林办事处一带,自 1986 年发生地裂缝以来,房屋开裂坍塌 13 000 余间,其原因与岩溶地下水位下降变动有关。淄博大武火车站,也由于岩溶地下水超采而导致地面开裂。

3.4 岩溶含水系统间的资源袭夺

区域岩溶水位下降过程中,造成泉域间地下水分水岭边界的移动,使岩溶地下水系统间发生汇水面积和资源量的袭夺。太行山西侧从北向南分布的娘子关泉域、辛安村泉域和三姑泉域岩溶水系统间的边界均为可移动的地下水分水岭边界,在区域岩溶地下水位下降的过程中,地下水分水岭边界也随之进行移动调整。由于辛安泉域岩溶地下水最低排泄基准(615 m)高出北部娘子关泉域(360 m)和南部三姑泉域(342 m)200 m 以上,处于不利的地位,因此在经过 1982—2004 年的水位调整后,辛安泉域的南北边界都向内缩减了 20 km 以上。

3.5 海水入侵

辽宁旅大区岩溶水过度开采,使上世纪 60 年代中期开始出现海水入侵,当时面积仅 4.2 km²,1981 年增加到 178.5 km²,1986 年达到 288.6 km²,到本世纪初入侵面积达 486 km²,入侵距离 8.6 km^[11];与此同时,地下水中氯离子含量增高,平均为 593 mg/L,最高达 7 900 mg/L,致使该区供水能力受到严重影响。

4 煤矿开采形成的岩溶水文地质环境问题

4.1 煤矿开采对岩溶水的影响

华北地台石炭—二叠纪煤系地层与奥陶系岩溶含水层间呈假整合接触。在北方已划出的 119 个岩溶水系统中有 83 个为“水煤共存系统”^[1];而由于煤系地层的阻水性、加里东期古岩溶以及煤系地层酸性水的作用,使得绝大多数岩溶地下水强径流带都发育在中奥陶统岩溶含水层与煤系地层的接触面上;垂向上,晚古生代下组煤与岩溶含水层顶面地层厚度一般仅有 20~50 m,断裂构造往往使得岩溶含水层与煤系地层直接对接(特别在太行山、燕山前),煤田多受“奥灰水”威胁,从而引起严重的“矿坑突水”水害,采煤同时又沟通了岩溶水与矿坑水各种形式的联系,使得岩溶水受到污染。

4.1.1 煤矿开采的突水问题

在近 30 年的北方煤炭开采中,突水事故有数千次之多,以华北平原和鲁中山区最甚,包括河北邯邢煤田、井陘煤田、开滦煤田,河南鹤壁—安阳煤田、焦作煤田、荣—巩煤田、偃龙煤田、平顶山煤田、新密煤田、禹县煤田,山东济东煤田、淄博煤田、陶枣煤田、兖州煤田、肥城煤田、新汶煤田以及苏皖的徐州煤田、永固煤田、淮南矿区等。此外在山西霍州煤田、宁武煤田、太原东山以及陕西韩城煤田、澄蒲煤田、内蒙古海骆驼山煤矿也都发生过奥灰突水事故(图 1)。今后,随着浅部煤炭资源的枯竭,开采要向深部发展,岩溶水头压力将会越来越大,而北方岩溶受区域性断裂构造(如汾渭地堑、太行山前断裂等)和膏溶作用的影响,岩溶发育深度可达地下千米以上,因此由深层采煤带来的深部岩溶突水问题不能小视。

4.1.2 采煤造成的水质污染问题

在矿山勘探、开采、采后和洗选过程中及相关各类工矿企业形成的“三废”对岩溶水污染是一种很常见的现象。以煤矸石为例,全区目前的积存量已达 20 亿 t 以上,大小煤矸石山堆积数万座,且每年以 10 % 左右的速度递增,淋滤煤矸石的污水是地下水的重要污染源。采煤过程中排出的矿坑酸性水、高硬度水、高混浊水、重金属污染水、有毒有害元素污染

水、放射性污染水和有机污染水等通过各种途径进入岩溶含水层形成对岩溶水的污染。

对全区内 115 个系统主排泄点代表性样品(135 个样品),按照系统内有无煤系地层的样品进行分类比较(表 2),结果表明:有煤系地层的岩溶水 pH 值偏低,且与煤层中硫铁矿、朱砂氧化有关的 SO_4^{2-} 、TFe、Hg 含量都是无煤系系统样品的 1.5 倍以上,TDS、HB、 Cl^- 、 F^- 含量和挥发性酚类也明显偏高。

表 2 岩溶水系统有无煤系地层分布的代表样品水质平均含量对比表

Tab. 2 Comparision of water quality between karst water systems with coalmine and without coalmine

种类 (样品数)	有煤系 (89)	无煤系 (46)	有煤/无煤	种类 (样品数)	有煤系 (89)	无煤系 (46)	有煤/无煤
pH 值	7.33	7.46	0.98	SO_4^{2-}	154.86	66.1	2.34
$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	46.67	28.99	1.61	Cl^-	60.03	34.63	1.73
HCO_3^-	278.11	274.58	1.01	TFe	0.0582	0.0328	1.78
HB	381.85	302.89	1.26	F^-	0.4999	0.3728	1.34
TDS	672.27	536.63	1.25	Hg	0.000147	0.000082	1.79

4.2 后采煤时代对岩溶水的影响

我国北方煤矿开采历史悠久,浅部矿区老窑星罗棋布,原中央直属的 94 个煤炭企业,有 2/3 的矿山已进入中老年期及衰退期,全国有 50 多座矿业城市的资源处于衰减状态,约有 400 多座矿山已经或将要关闭^[12]。初步估计北方累积的采空区体积在百亿立方以上,而且以每年 10 亿立方以上的速度递增。在未来煤矿停采后,采空区的绝大部将被地下水充填,并形成矿坑污水。在一些地区(特别是发生过矿坑突水的地区)矿坑污水将通过各种途径渗入下伏岩溶含水层,直接污染岩溶地下水;不仅如此,矿坑污水充满矿井后还会从矿坑系统排出造成地表污染。未来几十年闭坑后的“老窑水”必将成为影响范围广、程度深的“永久污染源”。淄博北斜井 1987 年煤矿封井,10 余年后,地下水充满矿井整个采空区并从回风巷溢出地表,2010 年 7 月调查流量 20 L/s(2011 年 7 月雨后流量 235 L/s),其矿化度 2 874.05 mg/L,总硬度 2 109.43 mg/L,硫酸根含量 941.45 mg/L,有 9 项指标超标。后采煤时代潜在的岩溶水环境问题必须引起足够重视,需尽早应对。

依照大地构造控制下的岩溶水系统结构模式^[1],并参考岩溶水文地质分区^[12]将北方岩溶水划分为 13 个分区(图 1),其主要的岩溶水文地质环境问题如表 3 所示。

表 3 北方主要岩溶水文环境问题分区统计表		
Tab. 3 Statistics of major hydro-environment problems in North China karst area		
分 区	系统个数	主要岩溶水文地质环境问题
鄂尔多斯盆地西缘区(Ⅰ区)	13	中部原生污染,泉水流量衰减、断流(3),部分地区严重超采,矿坑突水(1)
吕梁山西侧区(Ⅱ区)	3	泉水流量衰减、潜在矿坑突水
汾渭裂谷区(Ⅲ区)	20	泉水流量衰减或断流(7)、区域水位下降、水质污染、沿山前断裂带矿坑突水(4)
太行山—燕山接壤区(Ⅳ区)	5	农业、生活污染(水质三氮普遍偏高),矿坑突水(1)
太行山西部区(Ⅴ区)	6	水质污染、泉水流量衰减、部分地区(潜在)的矿坑突水(1)、系统资源掠夺(地下分水岭移动)
太行山东部区(Ⅵ区)	10	矿坑突水(9)、泉水断流或间歇性断流(6)、水质污染
豫西区(Ⅶ区)	11	矿坑突水(6)、泉水干涸(7)
燕山—辽西区(Ⅷ区)	12	泉水干涸(6)、矿坑突水(2)、岩溶塌陷(2)、地裂或地面沉降(2)
鲁中南区(Ⅸ区)	31	泉水流量衰减、干涸(16)、矿坑突水(9)、水质污染,岩溶塌陷(8)、地裂(2)
徐淮区(Ⅹ区)	2	泉水干涸(1)、水位下降、岩溶塌陷(1)、地下水污染
太子河区(Ⅺ区)	2	水质污染、岩溶塌陷(2)、矿坑突水(1)
旅大区(Ⅻ区)	1	水位下降、海水入侵、岩溶水污染、岩溶塌陷(1)
淮南区(ⅩⅢ区)	4	矿坑突水(2)、地下水污染

注:本表为本次工作收集资料,有些数据统计不完全,括号内数据代表发生相关问题的系统数量。

5 结论与建议

(1) 近 30 年来,北方岩溶水无论从水量还是水质上都发生了根本性变化,目前有 30 % 以上的大泉断流,80 % 以上的泉水流量大幅度衰减,多数地区的区域岩溶地下水位以每年 1~2 m 的速度下降,总体发展势头不减;有 20 % 岩溶水系统主排泄区代表性地下水样品的水质为Ⅲ类以下。岩溶水质量变化所带来的一系列现在的、发展的和潜在的岩溶水环境问题,极大地抑制了岩溶水资源、生态功能的发挥,给当地工农业生产和人民生活造成了很大影响。

(2) 北方岩溶水的质量变化及环境问题所体现的是岩溶水系对系统的资源要素、转化关系,甚至于系统边界及性质等水文地质条件变化的调整响应。以岩溶水系统为单元开展新的条件下的水文地质条件、水环境问题、发展趋势及其成因的调查研究,将更符合北方岩溶水的自然循环规律。

致 谢:侯光才教授级高工对本文提供了非常有益的意见与建议,在此表示衷心的感谢!

参考文献

- [1] 梁永平,王维泰.中国北方岩溶水系统划分与系统特征[J].地球学报,2010,21(6):860—868.
- [2] 潘军峰,张江汀,梁永平.山西省岩溶泉域水资源保护[M].北京:中国水利水电出版社,2008.
- [3] 杨瑞恒.滏阳河上游岩溶水的开发利用及其对环境的影响[J].水文,2003,23(4):45—48.
- [4] 李常锁,胡爱民,游其军,等.济南泉域岩溶水水质演变趋势研究[J].成果与方法,2004,20(1):35—38.
- [5] 李大秋,高焰,王志国,等.济南泉域岩溶地下水水质变化分析[J].中国岩溶,2002,21(3):202—205.
- [6] 王式成,周信鲁.淮北市市区地下水的超采问题[J].城市公用事业,2001,15(3):21—22.
- [7] 韩宝平,王小英,朱雪强,等.某市岩溶地下水四氯化碳污染特征研究[J].环境科学学报,2004,24(6):982—988.
- [8] 潘国营,韩怀彦,张慧娟.焦作岩溶水系统水质模拟与污染原因探讨[J].焦作工学院学报(自然科学版),2000,19(6):417—420.
- [9] 贺可强,王滨,杜汝霖.中国北方岩溶塌陷[M].北京:地质出版社,2005.
- [10] 刘金峰,谢健,邢罡.天津宝坻县隐伏岩溶区地下水开发与地裂缝成生关系研究[J].水文地质工程地质,2005,(6):38—41.
- [11] 盛学斌,戴昭华,杨明华.大渤海区海水入侵态势与防治构想[J].生态学报,1996,16(4):418—426.
- [12] 李凤明,王儒军,王存煜.资源枯竭型矿区综合治理与可持续发展[J].煤矿开采,2004,9(3):7—10.

Variations of karst water and environmental problems in North China

LIANG Yong-ping, WANG Wei-tai, ZHAO Chun-hong, WANG Wei, TANG Chun-lei

(Institute of Karst Geology, CAGS / Karst Dynamics Laboratory, MLR&GZAR, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract: Along with the changes of natural surroundings and the intensified human activities, great changes have taken place in input, output, and structure as well as transform relation in karst groundwater system of Northern China. In a few decades, 30 % of karst spring dried up, 80 % of spring flux dramatically degraded and regional karst groundwater level is continuously declining at the speed of 1 to 2 m/a. At the same time, the water quality in more than 20 % of main karst water discharge zones get below Class III and the overall trend is worsening. In addition, karst water environment problems, such as karst collapses, ground fissures, seawater intrusion, lowering in tourism function and lost of ecological function exists, are intensifying the shortage of water resources. According to investigation and data sorting of typical cases, this article summarizes problems of hydrogeologic environment and its development trend in Northern China karst area to attract attentions of all sectors of society to promote the protection of karst groundwater. Meanwhile, the article provides reference for further research.

Key words: karst groundwater system; environmental geology problem; developing trend; North China

(编辑 韦复才)