

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2017.02.10

引用格式: 汪磊,金翔霖,敖前勇,等. 贵州赫章县珠市铁矿山矿井突水机制研究[J]. 中国地质调查,2017,4(2): 78-83.

贵州赫章县珠市铁矿山矿井突水机制研究

汪磊¹, 金翔霖¹, 敖前勇¹, 杨胜贵¹, 罗云洪¹, 葛正枝¹, 程永波¹, 张健²

(1. 贵州省地矿局 113 地质大队, 六盘水 553001; 2. 六盘水市国土资源局钟山分局, 六盘水 553001)

摘要: 贵州地区岩溶普遍发育,岩溶区矿产资源丰富。由于含矿层及上下部地层含水性极强,矿产开采过程中水害问题突出。大型地下堰塞水体是形成矿井突水的主要水体之一,因其隐蔽性高,防范难度极大。阐明大型地下堰塞水体成因及其形成矿井突水的特点,对矿山生产防治水有重要意义。以赫章县珠市铁矿山 2015 年“11·22”突水事故为例,在对突水矿井开展技术调查的基础上,结合矿山水文地质条件,通过对断层构造部位的岩溶发育特点、地下水径流、赋存状态以及形成矿井突水的水源类型、各类水体形成突水特征等分析,揭示了岩溶区大型地下堰塞水体的形成机制;阐明了该类水体形成矿井突水的一般特征及突水征兆;明确了造成赫章县珠市铁矿山矿井突水的水源为大型地下堰塞水体,事故系矿井爆破掘进过程中揭穿大型地下堰塞水体下部岩溶管道所致。大型地下堰塞水体形成矿井突水有其独特性,针对性地开展矿井防治水工作,及时采取合理、有效的防治水措施意义重大。

关键词: 断层; 偏蚀作用; 地下堰塞水体; 矿井突水; 岩溶; 贵州赫章

中图分类号: TD745; P641.54

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2017)02-0078-06

0 引言

贵州地区岩溶普遍发育,岩溶区铅锌、铁、铜、煤等矿产资源丰富^[1-2]。由于含矿层及上下部地层含水性极强^[3-5],受岩体溶蚀作用影响,矿产开采过程中水害问题突出、类型多样。大型地下堰塞水体是形成岩溶区矿井突水的主要水体之一,因其隐蔽性高,矿山勘查阶段对其空间分布、规模、淤塞积水情况等无法取得详尽数据,同时前人在该方面的研究也相对较少。因此,开展岩溶区大型地下堰塞水体形成机制研究,阐明该类水体对矿井形成突水的特点,对矿山生产防治水、避免井下突水事故的发生具有重要意义。本文以赫章县珠市铁矿山 2015 年“11·22”突水事故技术调查成果为支撑,在对矿山前期相关勘查资料综合整理、分析基础上,结合矿山水文地质条件,着重探究岩溶区大型地下堰塞水体的形成机制,阐明该类水体形成突水的一般特征及征兆,为矿山针对性地防范该类突水事故的发生提供参考。

1 研究区概况

1.1 区域水文地质概况

研究区位于轴向 NE-SW 向的铁矿山—一张口洞背斜水文地质单元的北西端,单元内出露地层主要有泥盆系(D)、石炭系(C)、二叠系(P)、三叠系(T)和第四系(Q)。除二叠系上统峨眉山玄武岩为火山喷出岩外,以沉积岩为主^[6-9]。

区内沉积岩分为陆源碎屑岩和碳酸盐岩 2 类。陆源碎屑岩以砂岩、泥质砂岩、砂质泥岩、泥岩、煤等为主,含基岩裂隙水,含水性普遍较弱,具有就近补给、短径流和就近排泄的特点;碳酸盐岩主要以灰岩、白云质灰岩、白云岩为主,溶蚀裂隙、管道发育,含岩溶水,含水性极强,具有易补给、长径流和集中排泄的特点。火山岩主要为喷出性凝灰岩、玄武岩,岩石致密坚硬,岩层透水性、含水性很差。

单元内地下水的补给主要来源于大气降水。受地形条件、地层裂隙、节理发育程度等因素控制,碎屑岩分布区地层接受大气降水补给能力总体较差,碳

收稿日期: 2016-05-25; 修订日期: 2016-10-17。

基金项目: 贵州省国土资源厅“贵州省岩溶地下水赋存规律与找水关键技术研究(编号: 黔科合[2016]05 号)”项目资助。

第一作者简介: 汪磊(1970—),男,工程师,主要从事水文地质、工程地质、环境地质方面的工作及研究。Email: 1518480665@qq.com。

酸盐岩分布区由于岩溶发育,大气降水、地表溪流可通过落水洞等通道迅速转入地下成为地下暗流系统。

1.2 研究区水文地质特征

1.2.1 含水层特征

根据含水岩层的岩性、含水介质组合特征及水动力条件,研究区地下水可分为松散岩类孔隙水、碳酸盐岩类岩溶水和碎屑岩基岩裂隙水3类。

(1)松散岩类孔隙水含水岩组(Q)。主要为坡积、残坡积物,岩性由耕殖土、黄色黏土等构成。多覆盖于平坦低凹处,厚0~30 m。该类含水层厚度小,零星分布,含水性弱或不含水。

(2)基岩裂隙水含水岩组。包括泥盆系下统邦寨群(D₁b)、中统猴儿山组(D₂h)和二叠系中统梁山组(P₂l)。岩性主要为黏土岩、页岩、砂质泥岩、泥质砂岩及砂岩等。岩体裂隙发育程度较低,含基岩裂隙水,含水性弱。

(3)碳酸盐岩类岩溶水含水岩组。包括泥盆系中统独山组(D₂d)、上统余田桥组(D₃s)、上统锡矿山组(D₃x)、石炭系下统旧司组(C₁j)、上司组(C₁s)、摆佐组(C₁b)、上统黄龙组(C₂h)、马平组(C₂m)及二叠系中统栖霞组—茅口组(P₂q+m)。岩性主要由白云岩、白云质灰岩和灰岩组成。该类岩组岩溶裂隙和管道发育,含岩溶水,含水性强至极强。

1.2.2 含水层、隔水层组合特征

区内泥盆系下统邦寨群(D₁b)和中统猴儿山组(D₂h)因夹有厚度不等的页岩,具有一定隔水作用;石炭系下统旧司组(C₁j)岩性为泥质灰岩、泥灰岩与页岩互层,厚度较大,岩层节理裂隙不发育,含水性弱,为区内主要隔水层。

区内含水层和隔水层具有相间组合特征,以隔水层为分界,上、下主要含水层分别成为相对独立的地下水循环系统。

1.2.3 补、径、排基本特征

研究区属中、低山溶蚀地貌,地下水的补给来源主要为大气降水。由于碳酸盐岩分布广泛,岩溶发育,地表岩溶洼地、漏斗和落水洞分布广泛,大气降水可经由溶洞、落水洞等通道迅速转入地下,对隔水层上部地下水系统进行补给,并由分水岭地带向地势低洼处径流。此外由于区内断层发育,在断层切割隔水层地带,上部含水层中的地下水得以经由断层破碎带进入下部地下水循环系统,从而对隔水层下部含水层进行补给。研究区地下水在地层中完成径流后,于局部地势低洼地带构造切割之处,以泉的形式进行排泄。

2 地下堰塞水体形成机制

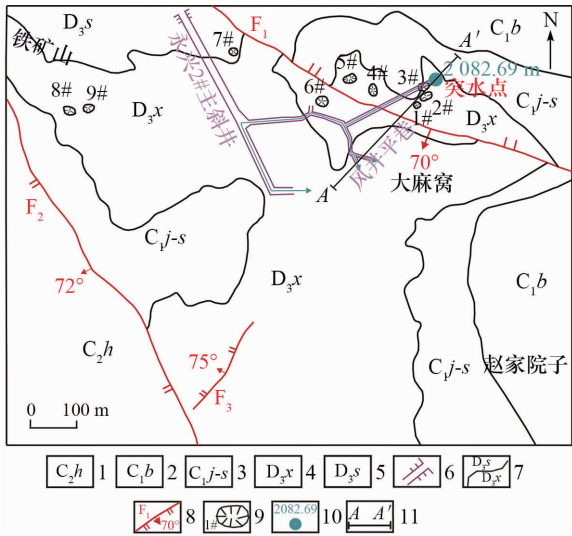
2.1 断层构造

研究区位于蟒洞断裂带中部,断层构造发育。构造轮廓为1个由F₁和F₂断层组成的“人”字型构造,平面上略呈三角形、向南东开阔的构造形态。F₁逆断层长约4 km,倾向南—南西,倾角70°,破碎带宽5~8 m,两端延出区外;F₂逆断层长约12 km,倾向南西—西,倾角72°,破碎带宽5~10 m,两端延出区外。

2.2 断层构造对本区岩溶发育的影响

研究区碳酸盐岩普遍发育,岩体溶蚀作用强烈。在地下水的长期溶蚀和冲刷作用下,沿地下水径流方向一定范围内,岩体内形成了形态各异的地下隐伏空洞,并在局部近地表地带引发塌陷。

影响岩溶发育的因素主要有气候、岩石性质、地质构造、构造运动及地下水的溶蚀力和活动强度等,不同地区各种影响因素主导性存在较大差异。就本区而言,沿断层走向一定范围内,地表落水洞和溶斗等呈串珠状分布,充分说明断层构造对大型地下溶蚀空洞的形成起着决定性的作用^[10-13](图1)。

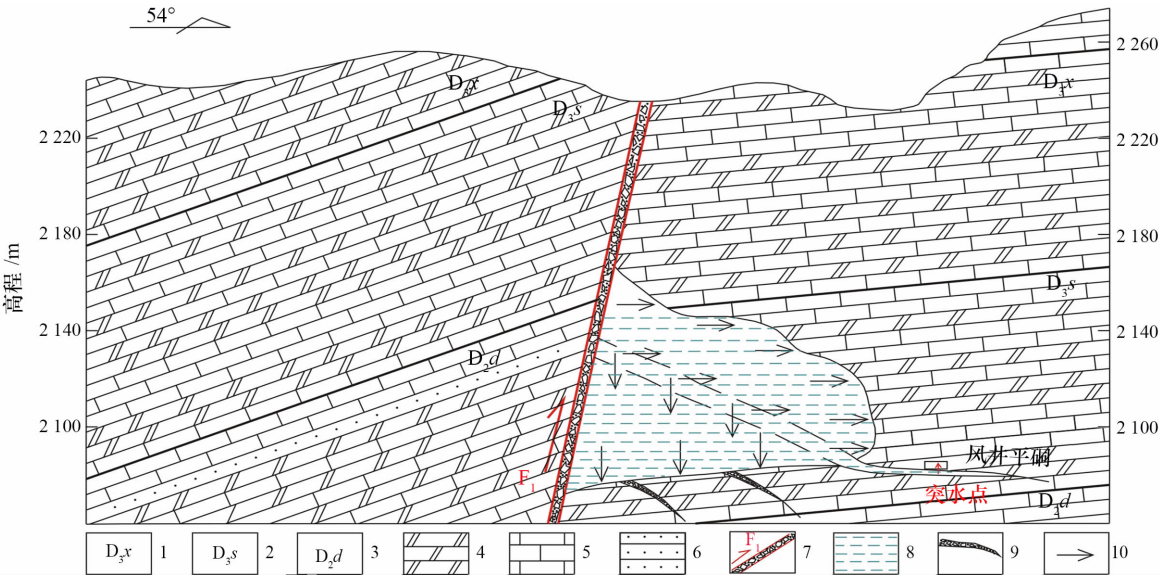


1. 石炭系上统黄龙组; 2. 石炭系下统摆佐组; 3. 石炭系下统旧司组—上司组; 4. 泥盆系上统锡矿山组; 5. 泥盆系上统余田桥组; 6. 井巷; 7. 地层界线; 8. 断层及编号; 9. 地面岩溶漏斗; 10. 突水点及标高; 11. 剖面线及编号

图1 赫章县珠市铁矿山矿井突水平面地质示意图
Fig.1 Geological sketch map of pit water inrush in Zhushi iron mine of Hezhang

由于断层构造的发育,断层本身及其两盘都有许多宽窄不等的裂隙,地下水在宽大及细小裂隙中渗流,产生压力差,导致地下水在渗流过程中发生偏蚀作用,越宽大的裂隙地下水的流量越大、流速越快,水交替活动越频繁,进而导致溶蚀作用加剧,使宽大裂隙变得更宽畅;而细小裂隙中的地下水

流量小流速慢,易为沉淀物质阻塞而致导水性逐渐变差,以致最后淤塞而不导水,使地下水集中到宽大裂隙之中径流。此外,地下水及其所携带的细小微粒在流动过程中,对岩体也有冲刷、磨蚀作用。地下水的长期偏蚀、冲刷是形成大型地下空洞的重要因素(图2)。



1. 泥盆系上统锡矿山组; 2. 泥盆系上统余田桥组; 3. 泥盆系中统独山组; 4. 白云岩; 5. 灰岩;
6. 砂岩; 7. 断层及编号; 8. 地下堰塞水体; 9. 被淤塞的裂隙; 10. 偏蚀作用加剧方向

图2 地下水在断层构造中的偏蚀作用

Fig. 2 Partial eclipse effect of groundwater in fault structure

2.3 地下堰塞水体的形成

研究区地下水天然状态下自北东向南西径流,途中受到 F₁ 断层影响,径流方向受到改变,沿 F₁ 断层形成集中径流带。在地下水的长期偏蚀、冲刷作用下,沿该断层走向一定范围内形成了一系列大小不一、坡度高低不匀、形态各异的空间。地下水一方面自高向低径流,另一方面,当局部空洞下部径流通道被沉淀物质淤塞时,地下水于其中自然蓄积,便形成了地下堰塞水体。

3 突水水源类型及突水特征

矿井突水是威胁矿山生产的主要安全隐患之一。一般说来,形成矿井突水的水源主要来自以下 3 个方面: 采空区积水、地表水和强含水层中的地下水。各类水源所形成的矿井突水有其独特特征。

3.1 采空区积水

指无序开采遗留的废弃老硐或矿井采掘工程结束后形成的采空区积蓄的水体。该类水体形成突水后,具有水体压力大、瞬时流速大和破坏力巨大的特点。水体携带物主要来源于老硐和老矿井采掘残留岩块,因缺乏远距离搬运过程,岩块无磨圆,棱角分明。

3.2 地表水体

指矿井附近的地表河流和水库等。矿井掘进过程中揭穿联系地表水体的地下通道,将导致大量水体突入井巷。该类水体形成突水后,具有水体压力大、水量大及不易疏干的特点。水体携带的砂石颗粒成分复杂,具不同程度的磨圆。

3.3 强含水层中的地下水

研究区矿体产于泥盆系中、上统碳酸盐岩地层中,为热液菱铁矿,矿体呈脉状、透镜状产出,属隐伏矿床。含矿层及其上、下部地层均属含水

性强的碳酸盐岩类岩溶含水层。按地下水体的赋存状态,本区对矿井形成突水的地下水又可分为集中径流带中的地下水和大型地下堰塞水体2种类型。

3.3.1 集中径流带中的地下水

地下水于断层带、大型裂隙破碎带或岩溶管道等通道中集中径流,水体流量大,水体压力相对较小。形成突水后,破坏力较小,但不易抽排,后续抢险救援工作不易开展。该类地下水由于径流空间宽大,径流距离较远,水体可携带一定数量的砂石,砂石成分较复杂,具有一定程度的磨圆。

3.3.2 大型地下堰塞水体

如前所述,地下水蓄积于大型地下岩溶空洞之中,水体压力大,瞬时流速大,破坏力巨大,但总体水量有限,易疏干,后续抢险救援工作较易开展。该类地下水同样具备径流空间宽大,径流距离较远的特征,水体携带的砂石成分较复杂,具有一定程度的磨圆。

4 矿井突水分析

4.1 矿井突水水源分析

经实地调查,矿区范围及周边无较大地表水体,老采空区及废弃老硐未见大规模积水,第四系松散层含水性弱或不含水,含矿层及其上、下部地层均属含水性强的碳酸盐岩类岩溶含水层。本次发生突水的永兴2#井风井平巷突水点位于F₁断层北东盘,标高2 082.69 m,突水点与断层之间地表见有1#、2#、3#共3个塌陷点,说明突水点旁侧存在地下水集中径流带。突水事故发生后,矿山组织抢险救援,经5 d的连续抽排水,共计抽排水量约4.5万m³,井下积水全部疏干,突水点水体呈现正常径流状态,其流量约为12.0 L/s;距突水点约100 m处的巷道之中见少量卵石,磨圆中等,粒径为0.5~5.0 cm,淹没区巷道壁多见粉状附着物,巷道底板多见粉状—细粒状沉积物^[14](图3)。



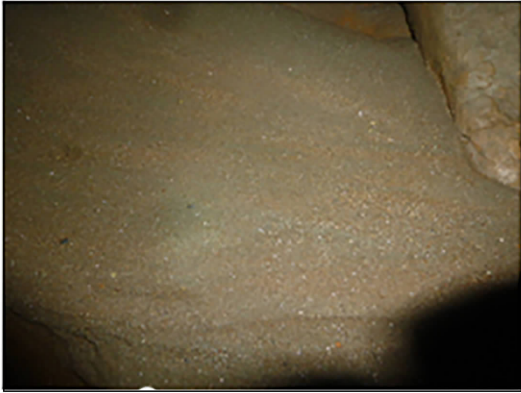
(a) 突水口



(b) 水体携带的卵石 (突水点附近)



(c) 巷道壁上的粉状附着物



(d) 水体携带的粉状—细粒状沉积物 (巷道底板)

图3 永兴铁矿2#井突水事故井下技术调查照片

Fig.3 Technology survey photos of pit water inrush in Yongxing iron mine 2#

分析认为,永兴铁矿 2#井突水点旁侧存在 1 个大型地下堰塞水体,永兴铁矿 2#风井平巷爆破掘进过程中揭穿堰塞水体下部岩溶管道,造成了永兴铁矿 2#井突水事故的发生(图 2,图 3)。矿山抽排水资料显示,该地下空洞规模 ≥ 4.5 万 m^3 。

4.2 矿井突水征兆

矿井突水前,突水点附近一般会出现岩壁“挂汗”、“挂红”、发潮和发暗等现象,空气温度下降、产生雾气,水叫、淋水加大、顶板来压、出现压力水流(水线)等预兆。据调查,本次事故发生前,永兴铁矿 2#风井平巷掘进工作面下方巷道底板曾出现压力水线,并见有少量雾气产生,未引起重视,仍然继续爆破掘进,结果导致旁侧大型地下堰塞水体下部岩溶管道被揭穿,大量地下水在超强压力下突入井巷,进而形成灾害事故。

5 结论

(1)由于断层构造的发育,地下水沿断层破碎带集中径流,在地下水的长期偏蚀、冲刷作用下,沿断层走向一定范围内形成了地下空洞。局部空洞下部径流通道被沉积物质淤塞,地下水自然蓄积,形成了地下堰塞水体。

(2)大型地下堰塞水体形成突水后,具有水体压力大、瞬时流速大和破坏力巨大的特点,但总体水量有限,易疏干,后续抢险救援工作较易开展。该类地下水具备径流空间宽大和径流距离较远的特征,水体携带的砂石成分较复杂,具有一定程度的磨圆。

(3)矿井发生突水前,突水点附近一般会出现种种预兆。赫章县珠市铁矿山“11·22”突水事故系对突水征兆未及时警觉并采取相应防范措施,仍然继续爆破掘进,结果导致了灾害事故的发生。

(4)大型地下堰塞水体形成的矿井突水有其独

特性,矿山生产过程中,应加强矿区水文地质条件研究,针对性地开展矿井防治水工作,采取及时、合理、有效的防水治水措施,以避免灾害事故的发生。

参考文献:

- [1] 贵州省革命委员会地质局. 区域地质调查报告——区域矿产(1:20 万水城幅)[R]. 贵阳:贵州省革命委员会地质局, 1973:6-85.
- [2] 贵州省地质矿产局. 贵州省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1987.
- [3] 贵州省地质矿产局. 贵州省水文地质志[M]. 北京:地震出版社,1996:319-379.
- [4] 中国地质调查局. 水文地质手册[M]. 2 版. 北京:地质出版社,2012:232-246.
- [5] 王大纯,张人权,史毅虹,等. 水文地质学基础[M]. 北京:地质出版社,1986:131-135.
- [6] 贵州省地质局毕节综合地质大队. 贵州省赫章县铁矿山热液菱铁矿初勘报告[R]. 毕节:贵州省地质局毕节综合地质大队,1962.
- [7] 贵州省地矿局一一三地质大队. 贵州省赫章县铁矿山热液菱铁矿铁矿山矿段 30 线北西 5 矿体储量核实报告[R]. 六盘水:贵州省地矿局一一三地质大队,2002.
- [8] 贵州省地矿局地球物理地球化学勘查院. 贵州省赫章县铁矿山铁矿地形地质及井上下对照图[Z]. 贵阳:贵州省地矿局地球物理地球化学勘查院,2014.
- [9] 贵州天宝矿产资源咨询服务有限公司. 赫章县铁矿山铁矿开采方案设计[R]. 贵阳:贵州天宝矿产资源咨询服务有限公司,2007.
- [10] 曹建华,袁道先,章程,等. 受地质条件制约的中国西南岩溶生态系统[J]. 地球与环境,2004,32(1):1-8.
- [11] 苏春田,潘晓东,李兆林,等. 云南广南岩溶区水文地质环境地质调查进展[J]. 中国地质调查,2015,2(8):9-16.
- [12] 梁永平,赵春红,唐春雷,等. 北方岩溶区水文地质环境地质调查进展——以北京西山岩溶区为例[J]. 中国地质调查,2015,2(8):1-8.
- [13] 谭华,陈国勇,赵征,等. 贵州张维一五指山地区铅锌矿评价成果及意义[J]. 中国地质调查,2015,2(4):1-7.
- [14] 贵州省地矿局一一三地质大队. 赫章县珠市乡铁矿山“11·22”透水事故技术调查报告[R]. 六盘水:贵州省地矿局一一三地质大队,2015.

Investigation of water inrush mechanism in iron mine, Zhushi, Hezhang County, Guizhou Province

WANG Lei¹, JIN Xianglin¹, AO Qianrong¹, YANG Shenggui¹, LUO Yunhong¹, GE Zhengzhi¹,
CHENG Yongbo¹, ZHANG Jian²

(1. No. 113 Geological Party, Guizhou Bureau of Geological Exploration, Liupanshui 553001, China;
2. Zhongshan Branch, Liupanshui Bureau of Land and Resources, Liupanshui 553001, China)

Abstract: The Karst areas are widely distributed in Guizhou and rich mineral resources are distributed in these areas. Because of the high water abundance in the mineral layers and its top and bottom strata, the water hazard is-

sues are quite critical in mine exploration. Large underground damming water body, being difficult to prevent for the high invisibility, is one of the major water bodies which cause the pit water inrush. It has important significance for preventing the water hazard in the mining to clarify the causes and pit water inrush mechanism of large underground damming water body. Taking the 11 · 22 pit water inrush accident in Zhushi iron mine of Hezhang as an example, the authors made technology survey in pit water inrush. On the basis of analyzing Karst features on fault, underground run-off, presence status, water source types and various water body characteristics of pit water inrush, combining with the mine hydrogeological conditions, the authors revealed the formation mechanism of large underground damming water body in the Karst area, and clarified the characteristics and symptoms of pit water inrush. And it is concluded that water source of pit water inrush in Zhushi iron mine is large underground damming water body. The accident is caused by the Karst conduit break of large underground damming water body in excavation. The pit water inrush characteristics of large underground damming water body are unique. It is significant to carry out the work for preventing the pit water inrush, and take reasonable and feasible means in time.

Key words: fault; partial eclipse effect; underground damming water body; pit water inrush; Karst; Guizhou Hezhang

(责任编辑: 刘永权)