

湖南道县铁锰矿区岩溶发育影响因素分析

陈亮晶^{1,2,3}, 姚腾飞^{2,3}, 周鑫²

(1. 湖南省地质建设工程(集团)总公司, 湖南 长沙 410014; 2. 湖南省地勘局 402 队, 湖南 长沙 410014;
3. 湖南省勘测设计院, 湖南 长沙 410014)

摘 要:湖南道县铁锰矿区岩溶发育主要受地层岩性、地形地貌、断裂构造等因素的控制,岩溶形态主要有溶洞、暗河、溶沟、溶槽、漏斗、落水洞和溶蚀洼地等,岩溶非均一性特征明显。在地层岩性上,以矿区 CaO 含量最高的上泥盆统余田桥组和锡矿山组下段二至四层白云质灰岩、白云岩与锡矿山组下段第一层泥灰岩、泥质灰岩隔水层交界部位岩溶最为发育,余田桥组见溶洞 260 个,占总溶洞数的 96.7%。在平面上,岩溶以中部及北部地势平坦的覆盖岩溶区最为发育,见洞率 54.8%,其次是岩石裸露的东部及南部低山丘陵区,矿区南部见洞率 40.4%。在垂向上,由浅及深岩溶发育由强至弱,标高 0~220 m 钻孔揭露溶洞 237 个,占溶洞总数的 86.5%,—150~0 m 揭露溶洞 28 个,占溶洞总数的 10.2%,—400 m 以下无溶洞及溶蚀现象。在地质构造上,断裂及其影响带岩溶较发育,断裂带见溶洞 209 个,占总见洞数的 76.3%,且溶洞充填率较高。

关键词:岩溶;发育规律;影响因素;铁锰矿区;湖南

中图分类号:P642.25

文献标识码:A

0 引 言

湖南道县铁锰矿区矿体处在上泥盆统灰岩含水层中,矿区岩溶发育,地下水与周边地表水体水力联系密切,数值模拟预测的矿坑涌水量达 $n \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}^{[2]}$,未来采矿若不采取防治水措施,将会产生严重的地表岩溶塌陷、巷道突水突泥等环境地质问题。由于该铁锰矿区水文地质条件复杂,矿体自 1980 年被探明至今未进行正式开采。随着经济社会不断地发展,该矿体的开采已被有关方面提上了议程。为保证矿床的安全、有效开采,本文在前人研究成果^[1]基础上,依据笔者主持的湖南省道县后江桥铁锰矿区水文地质补充勘探^[2]所得到的有关数据资料,对矿区岩溶发育的影响因素进行了分析,力图总结出其岩溶发育规律,以为未来防治水环境地质问题提供地质依据。

1 矿区地质概况

矿区位于湖南省道县县城东南约 20 km 的后江桥一带,矿区地表堆积的铁锰矿于 1957 年大炼钢铁期间为群众发现,并进行小型开采,土法冶炼至今。矿区地下蕴藏有 II、I₁、I₂、III、IV 号等矿体(图 1),其中 II 号矿体最具开采价值,其发育于泥盆系余田桥组(D_{3s})底部白云岩、灰岩之中,即棋梓桥组(D_{2q})碎屑岩之上 0~90 m 的范围内,标高 90~—140 m,平面上分布于矿区中部的 F₁、F₄₇两断层之间(图 1),形态呈似层状、大透镜状,走向近于南北,倾向东,倾角 5°~35°(图 2),矿体南北长 2 020 m,东西宽 80~440 m,平均 180 m,假厚 1.46~74.40 m,平均厚 21.65 m。矿体埋藏于地表 100 m 之下,整个矿体大致以 15°的倾角向北倾伏延伸。

基金项目:湖南省勘察设计院课题(编号:hncy2007029)

第一作者简介:陈亮晶(1965—),男,高级工程师,注册岩土工程师,水文地质专业,主要从事水文地质、岩土工程工作。E-mail:clj51842@163.com。

收稿日期:2012-03-27

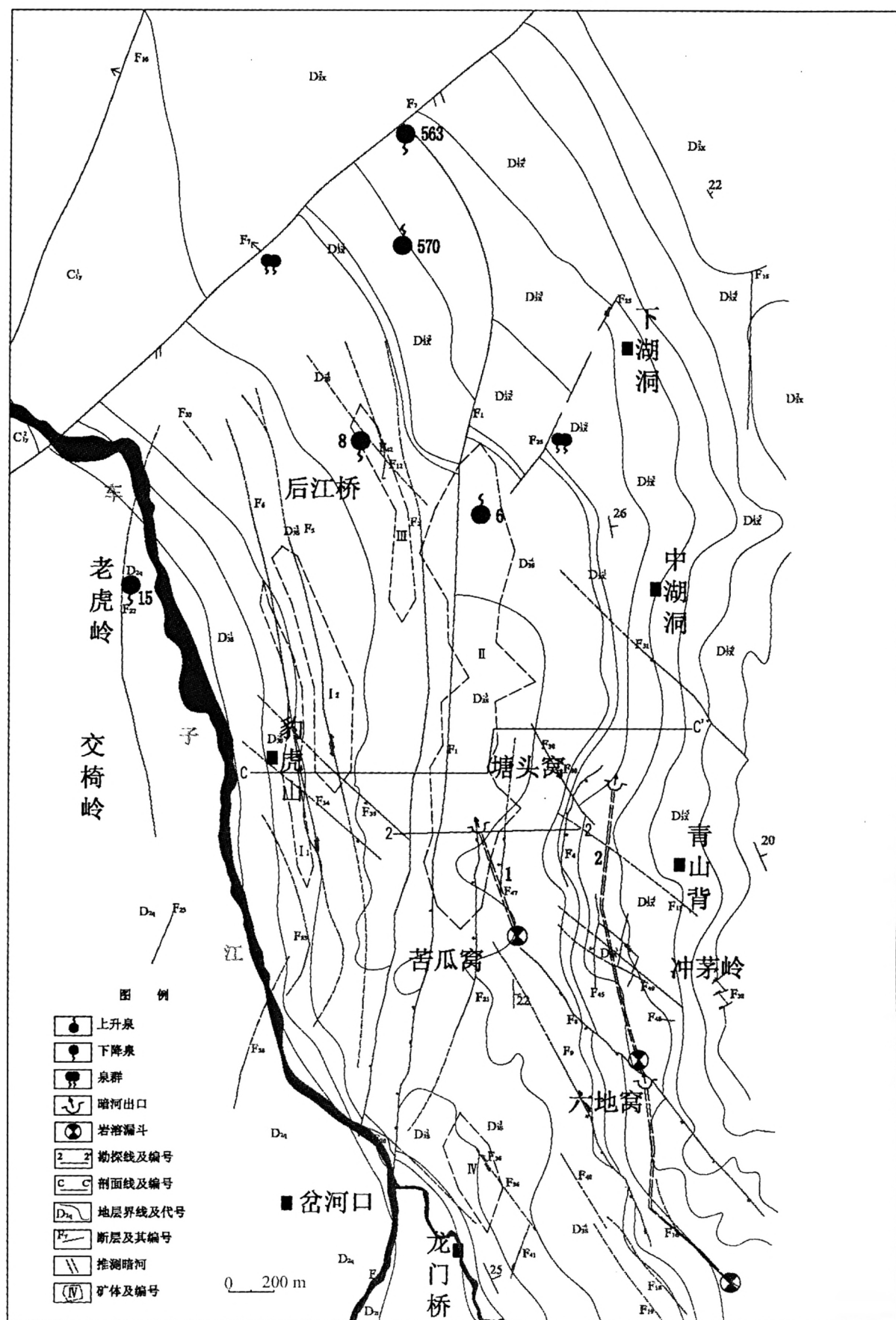


图 1 矿区地质略图

Fig. 1 Geological sketch of the mining area

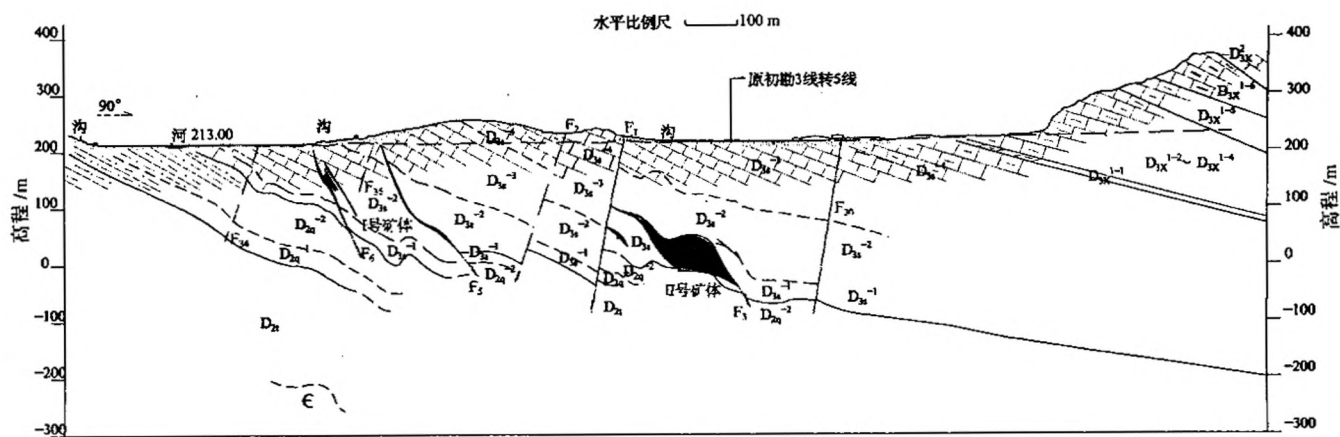


图 2 C—C'地质剖面图

Fig. 2 Sketch of C—C cross section

矿区位于驷马桥向斜西翼北段,呈一平缓的单斜构造。地层走向近于南北,倾向东,倾角 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。泥盆系为矿区分布的主要地层,自西向东主要为棋梓桥组(D_2q)、余田桥组(D_3s)、锡矿山组(D_3x),其中棋梓桥组为一套隔水的碎屑岩,余田桥组、锡矿山组为碳酸盐岩。余田桥组的岩性主要为灰岩、白云质灰岩、白云岩、隐晶质微粒灰岩,地层厚度 $307.5 \sim 488.89$ m,岩溶化强烈,含水丰富,为矿区的主要含水层,矿体主要赋存于该组第二层白云岩(D_3s^2)中;锡矿山组为白云质灰岩、泥质灰岩、白云岩夹碎屑岩,总厚大于 330 m,富水性中等,其中锡矿山组第一层(D_3x^{1-1})为泥灰岩、泥质灰岩,厚度 $5.71 \sim 6.74$ m,具有一定的隔水性。矿区内构造分为南北向和华夏式两构造体系。南北向构造体系为一系列南北向压扭性断裂、褶皱及其相伴生的北西向、北北东向张扭性断裂,为导水断层,如 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7 等。华夏式构造体系为一组北东—南西向的压扭性主干断裂及其相伴生的一组南北向张扭性断裂,其中北东—南西向的压扭性主干断裂为阻水断层,如 F_7 、 F_{25} 。

矿区山脉主要呈南北走向,总的地形南、东高,北、西低,南部岩石裸露地表,北部地形平缓,多为第四纪残坡积物及河床堆积物覆盖。车子江在矿区南部由东南向西北径流,在西部由南向北纵贯矿区,河面宽约 50 m;矿区北部有矮坝河自东向西径流,河面宽 $2 \sim 3$ m,均属常年性河流。

矿区地下水以垂直补给为主,侧向补给次之。(1)垂向补给:南部、东部灰岩裸露区降水入渗系数可达 0.47。除降水直接入渗补给外,车子江东岸及矿区中部因有大面积稻田分布,地下水还接受灌溉水缓慢入渗补给及渠道渗漏补给等;由于 D_3x 含水层覆

盖在 D_3s 之上,而且其间的 D_3x^{1-1} 隔水层较薄并受断裂构造破坏,因此 D_3x 含水层可对 D_3s 含水层进行补给。(2)侧向补给:车子江河床沿矿区南部、西部 D_2q 、 D_3s 层面界线展布,河水与地下水有直接水力联系。在矿区南部,河水可直接补给地下水,矿区西部车子江河流切割了第四系砂卵石层和 D_3s 含水层,河水与地下水互为补排关系。据长观资料(水位、河流量),在暴雨期河水补给地下水,发生补给的时间很短,其它大部分时段为地下水向河流排泄;由于矿区地形东高西低, D_3s 连续分布于整个驷马桥向斜,因此矿区还可能接受向斜东翼 D_3s 含水层补给。

矿区地下水主要径流方向自南向北,至矿区中部后江桥一带又偏向北西(图 3)。图 1 中 2 线以南地区(矿区南部)为地下水补给区,平均水力坡度 $8\% \sim 9\%$,2 线以北地区(矿区中北部)为地下水径流、排泄区,在此区段内水力坡度较缓,平均水力坡度 $4\% \sim 5\%$ 。

区内岩溶地下水的排泄方式主要有:点状排泄、线状排泄、潜流排泄、人工取水、蒸发排泄等。(1)点状排泄:主要见于矿区中部地区,包括暗河及岩溶泉两种类型,如出露在塘头窝附近的 1、2 号暗河出口和分布于矿区中部的 6 号、8 号泉,以及沿矿区北部 F_7 、 F_{25} 断层带下盘出露的泉群等。(2)线状排泄:主要见于车子江沿岸地带,平水期因河水位低于地下水水位(图 3),因而地下水向车子江排泄。(3)潜流排泄:主要发生在 F_7 断裂。由于 F_7 断裂西南段深部阻水,上部导水,使地下水通过 F_7 断裂上部以及砂卵石层向下游排泄(图 3)。(4)其它排泄:主要是区内民井取水、零星采矿排水,以及由于矿区中部、北部地下水埋藏浅,蒸发排泄、植物蒸腾等。

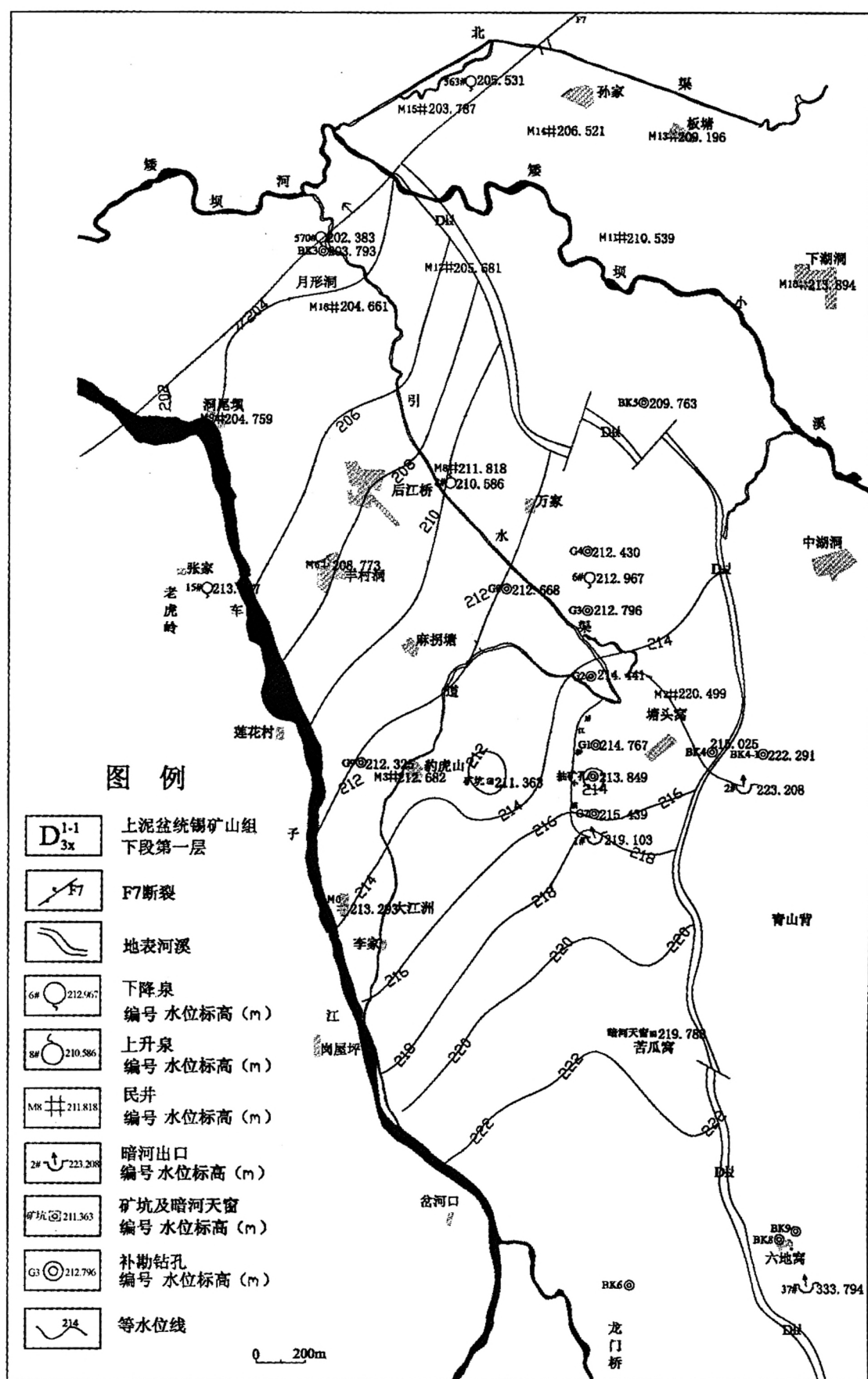


图 3 地下水等水位线图

Fig. 3 Groundwater table contour map

2 岩溶发育特征

2 勘探线以南至矿区南端一带,为裸露型岩溶区,同时也是矿区岩溶地下水的补给区,地表水系不发育。地貌上形成以溶蚀为主的峰丛洼地、峰林谷地和残丘坡地等岩溶地貌景观。地表岩溶形态发育,有溶沟、溶槽、漏斗、落水洞、溶蚀洼地等,它们受构造断裂控制,基本沿南北向、北东 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 及北西 $300^{\circ}\sim 320^{\circ}$ 方向呈线状雁形排列。地下岩溶形态主要为溶洞、地下暗河、溶蚀裂隙等。地表岩溶与地下溶洞、暗河相通。(1)溶蚀洼地:矿区内溶蚀洼地主要有 3 处,发育于矿区南部的塘头窝、六地窝、苦瓜窝等地,呈北西向展布。六地窝溶蚀洼地呈近椭圆形,面积约 0.036 km^2 ,洼底标高 330 m 左右,四周高,南北垭口最低口标高 340~350 m 左右,周边山峰标高 370~390 m,洼地中部、西部见有落水洞、岩溶漏斗,上覆厚度不均的第四纪堆积物;苦瓜窝以北溶蚀洼地呈倒三角形,面积约 0.032 km^2 ,洼地底部标高 225 m 左右,四周被 280~330 m 山峰包围,在洼地西南部发育有岩溶漏斗。(2)岩溶漏斗:在矿区东南部六地窝和冲茅岭周边地区分布较集中,在龙门桥至苦瓜窝至 1 号暗河出口则呈线状分布,面积由十余平方米至数十平方米不等,漏斗数量在 38 个以上,漏斗周边多伴有小型岩质崩塌。(3)溶洞:2 线以南施工钻孔 57 个,见洞孔 23 个,见洞率 40.4%,溶洞高度在 0.3~9.93 m,一般在 0.5~1.5 m,见溶洞钻孔主要沿苦瓜窝至 1 号暗河出口呈线状分布。(4)暗河:矿区内塘头窝一带发育两条暗河,两条暗河均分布在矿区南部低山丘陵区。其中 1 号暗河发育在 D_3s 含水层中,起点为苦瓜窝洼地落水洞,在塘头窝出露,推测发育长度 0.8 km;2 号暗河形成于 D_3x 含水层,暗河由伏流及明流两部分组成,起始段沿 F_{16} 发育,在六地窝东南角出露成为明流,流量 0.281~159.44 L/s,再通过六地窝洼地中部落水洞进入沿 D_3x 灰岩地层中,向北径流至塘头窝出露,该暗河发育长度约为 2.5 km。1、2 号暗河流量极不稳定,1 号暗河流量 0~408.72 L/s;2 号暗河流量 0.102~605.5 L/s。

2 线以北为覆盖型岩溶区,区内地下溶洞、溶蚀裂隙极为发育,且发育深度很大,可及地下 -150 m 标高,富水性强,钻孔单位涌水量达 4.198 L/(s·m);地表岩溶现象主要表现为岩溶泉、岩溶地面塌陷等。矿区内岩溶形态的发育与分布受南北向、北西向、北东向断裂的影响:

(1)岩溶地面塌陷 分布于车子江东岸豹虎山一

带的第四系覆盖层中,在长度约 200 m,宽约 10 m 的塌陷区内出现 20 个塌坑,塌陷坑多呈圆、椭圆状,一般直径 3~5 m,深 0.4~0.7 m,呈南北向串珠状分布,是上世纪九十年代末尝试开采 I_1 、 I_2 矿体(开采失败)排水诱发的。

(2)岩溶泉 矿区内主要岩溶大泉有 6、8 号等 14 个,岩溶大泉沿 F_1 、 F_2 分布于矿区的中部;在矿区北部 F_7 、 F_{25} 断层下盘分别有泉群呈线状出露,单个泉的流量相对较小。

(3)溶洞 2 线以北施工钻孔 168 个,见洞孔 92 个,见洞率 54.8%,溶洞高度在 0.08~20.01 m,一般在 1.0~4.0 m;见溶洞钻孔在断裂及影响带分布相对集中。

矿区岩溶的一个重要特征是溶洞充填比较普遍,尤其苦瓜窝以北地区溶洞充填率较高。据统计,在钻孔所揭露的 274 个溶洞中,见充填物溶洞 118 个,占溶洞总数的 43%。溶洞充填物根据成分大致划分为三类:粘土夹碎石类、泥砂类、碎石类。粘土夹碎石类充填物溶洞主要集中在矿区中部, F_1 、 F_2 断裂带及两侧;泥砂类充填物溶洞主要沿 F_1 、 F_2 、 F_5 、 F_6 、 F_7 断裂带分布;碎石类充填物溶洞主要集中在车子江东岸和矿区中部。

3 岩溶发育影响因素分析

岩溶发育受到多方面因素的影响^[3~10],其中岩性和水动力条件是岩溶形成的基本因素,地质构造对岩溶的发育起着控制和促进作用^[11]。本文从岩性、地形地貌、径流深度、断裂构造、可溶岩与非或弱可溶岩接触界面对矿区岩溶发育的影响进行分析。

3.1 岩性的影响

岩性是岩溶发育的内在因素,也是岩溶发育的基础条件。岩性对岩溶的影响表现在质纯厚层碳酸盐岩地段较不纯碳酸盐岩地段岩溶发育。

根据岩石化学成分统计分析(表 1),余田桥组(D_3s)最纯,CaO 含量为 42.24%~52.53%,MgO 含量为 1.74%~6.87%;其次是锡矿山组下段二至四层($D_3x^{1-2}-D_3x^{1-4}$)CaO 含量为 36.48%~43.50%,MgO 含量为 9.07%~15.18%。相应于岩石化学成分,余田桥组(D_3s)岩溶也最为发育,见溶洞 260 个(表 2),占揭露溶洞总数的 94.9%;锡矿山组下段二至四层($D_3x^{1-2}-D_3x^{1-4}$)岩溶较发育,见溶洞 8 个。锡矿山组下段第五层(D_3x^{1-5})见溶洞 1 个,锡矿山组下段第一层(D_3x^{1-1})岩溶不发育。

表 1 地层岩石化学分析统计表
Tab. 1 Chemical analysis table of the rocks

化学成分	地层岩性				
	D ₃ s 灰岩	D ₃ x 灰质白云岩、 含白云质灰岩	D ₂ 含砂质灰岩	D ₂ 钙质砂岩、 含钙质砂岩	D ₂ 砂岩、 粉砂岩、细砂岩
CaO 含量(%)	42.24~52.53	36.48~43.50	32.28~41.89	9.27~15.04	2.15~6.30
MgO 含量(%)	1.74~6.87	9.07~15.18	1.73~4.15	2.12~4.80	0.62~1.59

表 2 地层揭露溶洞情况统计表
Tab. 2 Statistical table of the uncovered karst caves

地层	D ₃ x ¹⁻⁵	D ₃ x ¹⁻²	D ₃ s ⁻⁴	D ₃ s ⁻³	D ₃ s ⁻²	D ₃ s ⁻¹	合计	备注
溶洞钻孔数	1	8	39	88	106	27	269	F ₇ 断层带钻孔的 5 个 溶洞未统计在内

3.2 地形地貌因素

地形地貌决定了地下水的径流方向和水交替强度。地形地貌不同,水动力条件也不同,岩溶发育的形态和强度也不同^[12-13]。

塘头窝以南至矿区南端一带,地势高,大片岩石裸露,为矿区岩溶地下水的补给区,地表溶沟、溶槽、漏斗、落水洞、溶蚀洼地等发育,地下包气带内极少遇见水平溶蚀现象,以垂直岩溶形态为主,溶洞主要发育在地下水位以下,标高 100~200 m,地表岩溶往往与地下溶洞、暗河相通。沿苦瓜窝至塘头窝地势相对低洼地段发育于 D₃s 灰岩地层中的 1 号暗河和钻孔揭露的沿龙门桥至 1 号暗河出口呈线状分布的溶洞的出现,除了构造因素外,该两地段地形地貌的径流条件也起了很重要的作用。

塘头窝以北为覆盖型岩溶区,尽管地势比较平缓,但由于地处矿区岩溶地下水的径流、排泄区,水交

替作用强烈,岩溶十分发育。在所施工的 168 个钻孔中,见洞孔 92 个,见洞率 54.8 %,见洞率明显高于南部地势较高的灰岩裸露区,也正因为这样,常导致采矿排水诱发岩溶塌陷。

3.3 径流深度的影响

随着径流深度加大,地下水流动途径加长,流速减缓,冲蚀作用减弱,同时 CO₂ 被逐渐消耗,水流侵蚀性降低,岩溶作用减弱,因而使得矿区岩溶发育具有自浅至深由强变弱的特点。据统计,在探出的 274 个溶洞中,其分布标高多在 220~0 m 之间,往下逐渐减少, -150 m 标高以下溶洞发育稀少(图 4)。具体分布情况为:标高 0 m 以上,见溶洞 237 个,占总溶洞个数的 86.5 %; -150~0 m,见溶洞 28 个,占总溶洞个数的 10.2 %; -150~-400 m,仅见溶洞 4 个,占总溶洞个数的 1.5 %; -400 m 以下,已看不到溶蚀裂隙及溶洞,方解石晶洞中也没有地下水活动痕迹。

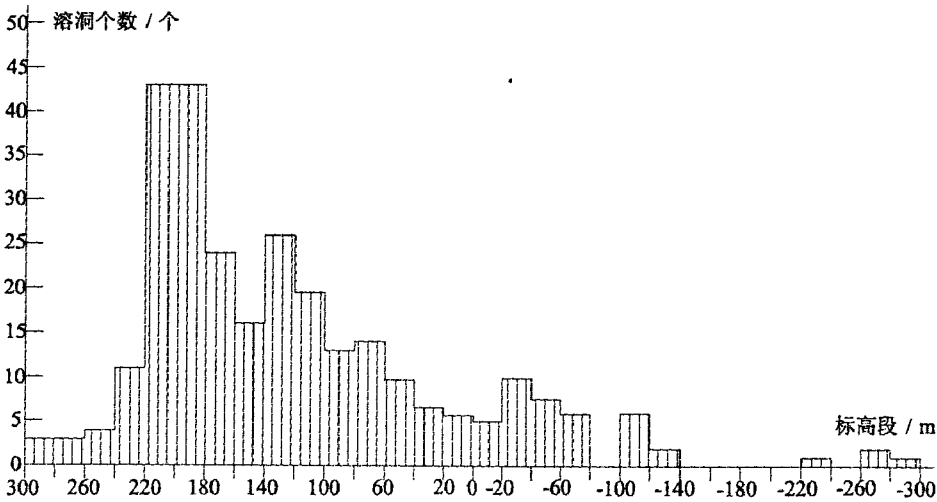


图 4 溶洞发育标高直方图
Fig. 4 Histogram of the caves' elevation

3.4 断裂构造的影响

矿区内岩溶发育与地质构造的发育密切相关,断裂构造及其影响带岩石破碎,裂隙发育,为地下水提供了良好的流动通道,而且岩石越破碎,岩溶越发育。区内发育四组断裂:第一组为北东向断裂,见于矿区北端的万岗寨—后江桥 F_7 断层,为一华夏系构造体系;第二组为低序次近于南北向断裂,见于矿区的 F_1 、 F_2 ,与第一组斜接,组成一组“入”字型构造体系;第三组近于北北东向;第四组近于北西向。区内的泉水、暗河、溶洞及其他岩溶形态的发育,多沿南北向、北北东向、北西向断裂呈线状排列。根据钻孔资料统计,矿区共施工钻孔 225 个,其中见溶洞孔 115 个,见溶洞总数为 274 个。而在 115 个见溶洞孔中,断裂及其影响带见溶洞孔则高达 97 个(表 3、表 4),占见溶洞钻孔总数的 84.3%,见溶洞 209 个,占矿区总溶洞数的 76.3%。

表 3 南北向断裂及其影响带溶洞发育统计表
Tab. 3 Table of the N-S faults and the cave development in these faults effecting zone

统计参数	断层编号									小计
	F ₁	F ₂	F ₂₂	F ₄₂	F ₅	F ₆	F ₄₇	F ₂₁	F ₄₅	
钻孔个数	48	17	2	3	18	16	19	13	1	137
见溶洞孔数	32	4	2	1	10	6	9	6	1	71
见溶洞个数	69	9	11	1	17	17	13	10	1	148

表 4 北北东向、北东向和北西向断裂及其影响带溶洞发育统计表

Tab. 4 Table of The NNE、NE、NW faults and the cave development in these faults effecting zone

统计参数	断层编号										小计
	F ₄₁	F ₇	F ₂₅	F ₈	F ₃₄	F ₃₀	F ₃₁	F ₁₂	F ₃₆	F ₁₆	
钻孔个数	3	13	5	2	7	4	10	3	4	1	52
见溶洞孔数	2	4	2	1	5	4	4	2	1	1	26
见溶洞个数	2	14	4	1	16	5	13	4	1	1	61

(1)北东向断裂带岩溶:见于矿区 F_7 、 F_{25} 断裂,北东向断裂主要为万岗寨—后江桥压扭性断裂(F_7)。该断裂分布于矿区北端,呈北东 50° 方向展布,倾向北西,倾角 $50^\circ\sim 70^\circ$,其上盘逆冲于下盘之上。本组断裂带本身岩溶不发育,角砾岩完整,裂隙均被方解石脉紧密充填,但其断裂影响带岩溶发育。断裂带上所有钻孔中仅 BK3—1 孔断裂上部 50 m 岩溶较发育,见有溶洞,下部角砾岩完整,因此 F_7 断裂总体是阻水的,仅局部上段导水。断裂带影响岩溶发育,如

F_7 断裂带影响的 BK3 孔、ZK97 孔分别揭露 5 个、4 个溶洞。本断层阻隔了部分地下水运动,地下水沿断层下盘呈线状排泄成泉。

(2)南北向张性断裂带岩溶:见于矿区的 F_1 、 F_2 断裂等。断裂走向长 4~6 km,倾向西,倾角 $60^\circ\sim 85^\circ$,最大断距 150 m,破碎带往往被方解石巨脉充填。断层及其影响带岩溶发育, F_1 断层带及影响带见溶洞钻孔 32 个,占该带施工钻孔的 66.7%,见溶洞 69 个; F_2 断层带及影响带见溶洞钻孔 4 个,占该带施工钻孔的 23.5%,见溶洞 9 个。苦瓜窝洼地的落水洞、漏斗至 1 号暗河出口、6 号泉,8 号泉、570 泉一线泉水受该组断裂控制呈南北向展布。

(3)北北东向及北西向张性、张扭性断裂带岩溶:见于矿区内 F_{41} 、 F_8 、 F_{34} 、 F_{30} 、 F_{31} 、 F_{12} 、 F_{36} 、 F_{16} 等。该组断裂多为平推性质,最大断距 100 m。断层带影响附近岩溶发育, F_{34} 断层带钻孔 7 个,见溶洞钻孔 5 个,见溶洞 16 个。区内的泉水、暗河、溶洞及其他岩溶形态多沿北北东及北西方向呈线状排列。例如六地窝—塘头窝的 2 号暗河、溶洞的发育与分布,严格受北北东向、北西向构造断裂控制;六地窝附近众多溶沟、溶槽、落水洞等岩溶形态,也基本上沿北西向构造断裂呈雁形排列。

(4)断层交汇地段岩溶:根据断裂带交汇地段施工的钻孔资料统计,在 F_5 、 F_6 与 F_{34} 、 F_{35} 交汇地段施工 20 个钻孔,钻孔见洞率 65%,揭露溶洞 47 个;在 F_4 与 F_{30} 、 F_{11} 交汇地段施工的 3 个钻孔,见洞率 100%,揭露溶洞 11 个。断裂交汇地段不仅见洞率远高于矿区平均水平,而且单孔见洞数量多,如 F_5 、 F_6 与 F_{34} 、 F_{35} 交汇地段的 ZK140 钻孔见溶洞 12 个。

3.5 可溶岩与非或弱可溶岩接触界面的影响

地下水在径流过程中,当遇到可溶岩与非或弱可溶岩接触界面时,水流受阻无法继续按原来的方向径流,在界面处附近形成水动力条件较强的集中水流,因此在可溶岩与非或弱可溶岩接触界面上通常岩溶比较发育。如矿区内的六地窝至塘头窝的 2 号暗河就是由矿区东部地表水入渗向西部地势低洼地段流动过程中,受 D_3x^{1-1} 泥灰岩、泥质灰岩阻隔被迫向北流动,并在界面附近形成集中流,不断对灰岩进行溶蚀所形成。又如在车子江一级阶地 ZK172 孔中的 D_2q 砂岩与 D_3s 灰岩接触带钻进中也发现了一个顶底板标高为 55.85、54.39 m 的溶洞。它的形成与矿区地下水向车子江排泄时,由于 D_2q 砂岩的阻隔,地下水被迫改变径流方向并沿 D_2q 砂岩顶板形成集中流有关。

4 结 论

(1)矿区 D_3s 灰岩地层 CaO 含量最高,岩溶最发育, D_2q 砂岩 CaO 含量最低,岩溶最不发育。

(2)矿区南、东部地势高,灰岩裸露,是矿区地下水补给区,地表岩溶发育;矿区中北部地势平坦,为覆盖型岩溶区,同时也是矿区地下水的径流、排泄区,水循环交替强烈,地下岩溶最发育。

(3)矿区岩溶发育具有自浅至深由强变弱的特点。溶洞发育分布标高多在 220~0 m 之间,往下逐渐减弱,-150 m 标高以下溶洞发育稀少。

(4)矿区内岩溶发育与地质构造密切相关。南北向张性断裂、北北东向及北西向张性、张扭性断裂及其影响带,以及北东向万岗寨—后江桥压扭性断裂下盘岩溶比较发育。

(5) D_3x^{1-1} 泥灰岩相对隔水层和其上的 D_3x^{1-2} — D_3x^{1-4} 白云质灰岩接触界面,以及车子江一级阶地分布区中的 D_2q 砂岩与 D_3s 灰岩接触带,容易形成水动力条件较强的集中水流,因而岩溶也比较发育。

致 谢:在本文撰写修改过程中得到了韦复才研究员细致的指正和帮助,在此表示衷心感谢。

参考文献

- [1] 湖南省地勘局 409 队. 湖南省道县后江桥铁锰矿区初步勘探工作地质报告[R]. 1980.
- [2] 陈亮晶,林中湘,姚腾飞,等. 湖南省道县后江桥铁锰矿区水文地质补充勘探报告[R]. 2007.
- [3] 劳文科,李兆林,罗伟权,等. 洛塔地区表层岩溶带两个基本特征及其类型划分[J]. 中国岩溶,2002,21(1):30—35.
- [4] 郭长宝,郭书泰,彭涛,等. 辽宁省大窑湾某建筑场地岩溶发育特征及工程地质条件评价[J]. 中国岩溶,2010,29(2):176—182.
- [5] 袁道先,章程. 岩溶动力学的理论探索与实践[J]. 地球学报,2008,29(3):355—365.
- [6] 刘功余. 桂南红层岩溶及其发育控制因素探讨[J]. 中国岩溶,2011,30(2):145—155.
- [7] 周宁,刘波. 鄂西南岩溶地区表层岩溶带发育强度变化规律研究[J]. 中国岩溶,2009,28(1):1—6.
- [8] 常士骧,张苏民. 工程地质手册(第四版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007:7—8.
- [9] 吴孔友,王雨洁,李竹强,等. 冀中坳陷前第三系碳酸盐岩岩溶发育模式[J]. 中国岩溶,2010,29(4):402—409.
- [10] 谢芳,傅瓦利,王晓阳,等. 重庆中梁山碳酸盐岩溶蚀速率对季节的响应研究[J]. 中国岩溶,2010,29(4):410—413.
- [11] 王宇,彭淑惠. 云南省岩溶水赋存特征[J]. 中国岩溶,2011,30(3):253—259.
- [12] 王大纯,张人权,史毅虹. 水文地质学基础[M]. 北京:地质出版社,1995.
- [13] 北京大学,南京大学,上海师范大学,等. 地貌学[M]. 北京:人民教育出版社,1978.

Analysis on impact factors of karst development in Dao County iron and manganese mining area of Hunan

CHEN Liang-jing^{1,2,3}, YAO Teng-fei^{2,3}, ZHOU Xin²

(1. Hunan Geological Engineering Corporation, Changsha, Hunan 410014; 2. 402 Geological Prospecting Party, Changsha, Hunan 410014; 3. Hunan Institute of Survey and Design, Changsha, Hunan 410014)

Abstract: The karst development at iron-manganese mining area in Dao County, Hunan Province is mainly controlled by lithology, landform and fracture. There are many forms of karst landforms, including cave, underground river, karren, groove, funnel, ponor and uvala, with obviously heterogeneity features. Karst is most developed, one in the 2nd—4th layer dolomitic limestone and dolomite of the Shetianqiao Group and the Xikuangshan Group of the upper Devonian system that having the highest CaO content; and another in the aquiclude junction of between marl and argillaceous limestone of the Xikuangshan Group lower members. There are 260 caves in the Shetianqiao Group, that accounting for 96.7 % of the total. In plane view, the karst is the most developed in the covered karst flat area at the central and the northern parts with 54.8 % of cave ratio; the next developed of karst is in the karst-hills at the eastern and southern parts with 40.4 % of cave ratio. Vertically, the karst growth gets weaker with depth, 237 caves, accounting for 86.5 % of the total, are uncovered by drill at 0~220 m in elevation; and 28 caves, accounting for 10.2 % of the total, are uncovered by drill at -150~0 m; but no caves or corrosion below -400 m. Tectonically, fracture zone affects karst development. There are 209 caves with relatively high cave filling ratio, accounting for 76.3 % of the total, along the fracture zone.

Key words: karst; development law; impact factors; iron and manganese mining area; Hunan

(编辑:韦复才)