

湘中地区的岩溶发育特征与环境地质问题 ——以斗笠山、恩口煤矿为例

Development of Karst and Problems of Environment Geology in Central Hunan ——Taking Doulishan-Enkou Mine as an example

周春光 *Zhou Chunguang* 龚玉红 *Gong Yuhong*
中国地质大学 北京 100083 湖南煤田地质局 株洲 412000
China University of Geoscience Hunan Bureau of Coal Geology

摘要 湘中地区碳酸盐岩广泛发育,其中含煤向斜盆地的岩溶发育特征,受岩性、地貌、水文、构造运动等多因素控制,并具有水平分带和垂直分带性。而环境地质问题,主要发生在岩溶地下水排泄区。

关键词 岩溶 环境地质 含煤向斜盆地 湘中

Abstract In central Hunan there are many coal-bearing synclinal basins in which carbonate rocks widely distribute. Development of karst in these areas are controlled by many factors, including lithologic features, geologic structure, landform, hydrology, tectonic movement and so on. This paper suggests that there are horizontal and vertical zonings. The problems of environment geology occur dominantly in discharging area of karst groundwater.

Key words karst, environment geology, coal-bearing basin, Central Hunan

湘中地区,尤其是北纬 $27^{\circ}40'$ 以北地区,分布有许多含煤向斜盆地,是湖南的主要烟煤产地。由于疏排矿坑岩溶水,在地面产生了一系列环境地质问题,如井泉干枯、河流断流、路基沉降、民房开裂、倒塌、地面塌陷、山塘水库渗漏等,严重破坏了该地区的生态环境。为了有针对性地进行预防与治理地质灾害,重点研究一两个矿区的岩溶发育规律是非常有必要的。

1 地质概况

斗笠山、恩口两煤矿区,位于湖南中部,为两个相互联系但又彼此独立的含煤向斜盆地。区内出露的碳酸盐岩地层,主要有中上石炭统壶天群、下二叠统栖霞组磊石坝段和香皂山段、下二叠统茅口组、上二叠统大隆组及下三叠统大冶群等(表1)。其厚度大、分布面积广,岩溶普遍发育。上二叠统龙潭组煤层是主要开采对象,茅口组之岩溶水是矿井主水源。由于茅口组含水系统上下隔水层厚度较大且连续而完整,有效地阻隔了它与其它碳酸盐岩地层发生水力联系,故环境地质问题集中于该含水系统内,也是本文研究之重点。

2 岩溶发育的控制因素

2.1 与岩层有关的因素

碳酸盐岩的化学成分、结构、构造、厚度及层组类型,控制了岩溶发育的方向及规模。

碳酸盐岩的纯度是岩溶发育的物质基础。从表2不难看出,茅口灰岩CaO含量高、MgO、SiO₂和不溶物含量低,说明灰岩纯度高,从而决定了其比溶解度和绝对溶蚀量大,表现为该岩层岩溶发育程度明显高于其它地层。

表 1 斗笠山—恩口煤矿区碳酸盐岩基本特征

地层系统及代号	一般厚度 (mm)	岩 性 特 征	碳酸盐岩层组类型	水文地质特征	
下三统统大冶群 (T ₁)	610	薄层状灰岩、泥灰岩、泥质灰岩夹钙质泥岩	间层型或互层型	大冶含水系统	
上二统统大隆组/长兴组 (P ₂ d/P ₂ ch)	100	硅质岩、泥灰岩及硅质灰岩	间层型	隔水层	隔水组
上二统统龙潭组 (P ₂ l)	30	炭质泥岩、砂质泥岩、细砂岩,底部煤层厚 1.5 m,最底部为 0.3 m 含角砾粘土岩		隔水层	
下二统统茅口组/当冲组 (P ₁ m/P ₁ d)	400	厚层状至巨厚层状灰岩及白云质灰岩,中下部含燧石结核	纯层型	茅口含水系统	
香泉山段 (P ₁ q ⁴)	200	薄层状至中厚层状灰岩夹硅质灰岩会较多的燧石结核和燧石条带	纯层型		
李子塘段 (P ₁ q ³)	50	泥岩及钙质泥岩		隔水层	隔
磊石坝段 (P ₁ q ²)	30	厚层状灰岩,含燧石结核	纯层型	含水层	水
盛家冲段 (P ₁ q ¹)	60	燧石层、粉砂岩、细砂岩、泥岩		隔水层	组
中上石炭统壶天群 (C ₂₊₃)	800	上部厚层状至巨厚层状灰岩,中部为厚层状至巨厚层状白云质灰岩,下部厚层状至巨厚层状灰岩	纯层型	壶天含水系统	

表 2 斗笠山—恩口煤矿区碳酸盐岩化学分析和溶蚀试验成果

层 位	岩 石 化 学 分 析 成 果					岩 石 溶 蚀 实 验 成 果	
	CaO %	MgO %	SiO ₂ %	不溶物 %	CaO/MgO	比溶解度	绝对溶蚀量 (mg/l)
P ₁ m	52.92	0.84	3.83	3.83	139	1.28	615
P ₁ q ⁴	42.97	0.82	21.19	21.39	51	1.05	587
P ₂ d	36.51	0.66	20.02	27.18	73	0.79	442
T ₁	35.61	1.72	22.01	29.17	55	0.80	460

(所有数据均为平均值)

不同岩性的接触部位,地下溶洞十分发育。造成不同岩性地层相接触的原因有如下几种:①原始沉积造成:如煤系与茅口组灰岩接触处,溶蚀速度快,地下溶洞十分发育且规模大,连通性好,表现为钻孔见溶洞数目多、规模大、岩溶大泉(多为上升泉)呈线状沿煤系底板分布。当矿井疏排水影响到该地段时,在地面便产生了以岩溶大泉为中心的塌陷区。斗笠山向斜东南翼及恩口向斜的北翼串珠状分布的塌陷,当属此类;②断裂造成:如恩口向斜南翼小碧河西坪段,由于观音桥平移断层使茅口组灰岩水平错距达 370 m,使茅口组灰岩与大隆组硅质岩及龙潭煤系接触,在断层的茅口组灰岩一侧,地下岩溶洞穴异常发育,当恩口 1 号井 - 150 m 水平排水影响到此地段时,则在地表出现密集塌陷 620 多个,塌陷密度达 3875 个/km²;③相变造成:由于受北纬 27°40' 同沉积断裂的控制,在斗笠山向斜的西南翼的李家垌、观山及团山一线,茅口组灰岩相变为当冲组含铁锰质硅质岩。在灰岩与硅质岩的相变部位,因溶蚀单方向进行,造成该部位茅口组灰岩一侧地下洞穴特别发育,如 J₅ 孔见溶洞达 28 个,总洞高达 18.12 m,线岩溶率 11.9 %。当斗笠山煤矿疏排水影响到此地段时,则在地面产生密集塌陷 1200 多个。

不同岩性组合及厚度,也是造成岩溶发育不均一的原因。如茅口组、壶天群等厚度大的纯层型碳酸盐岩,岩溶发育程度明显高于互层型或间层型碳酸盐岩,因为厚度大的纯层型碳酸盐岩为地下水循环活动提供了足够的空间,常见彼此相连的洞穴或洞穴系统。而间层型或互层型碳酸盐岩,由于受其间的隔水层或不纯碳酸盐岩阻隔,地下水循环活动空间受到限制,故岩溶发育程度相对要低得多,即便局部地段见岩溶洞穴,其规模小且连通性差。

2.2 与构造有关的因素

地质构造复杂地段,往往是岩溶异常发育地带。断裂使不同岩性的岩层相接触;同时断裂使碳酸盐岩异常破碎,为地下水的储存、运移及大气降水和地表水的渗入提供了条件。褶曲的转折端或轴部,张裂隙特别发育,为地下水的循环创造了条件;同时褶曲转折端又是不同岩性的接触部位。尤其是在褶曲的转折端,同时又有不同方向、不同力学性质、不同规模的断裂切割时,地下溶洞往往十分发育,而且规模大,岩溶大泉数目多,流量大,如斗笠山矿区泉溶地段,位于黄土岭背斜倾伏端且被几组断裂切割,岩石异常破碎。矿坑资料亦表明,小型张性断裂极为发育,岩石被切割成多个菱形块体,接受大气降水补给量大,迳流条件好,泉点密集,为地下水集中排泄区,共出露上升泉4个,总排泄量达142.8 l/s,仅泉塘泉最大流量可达127.2 l/s。位于该地段的M₁孔见溶洞9个,最大洞高达16.5 m。当斗笠山煤矿疏排水影响到该地段时,地面便出现密集塌陷481个。

2.3 构造运动因素

早二叠世末期的东吴运动,在区内对古岩溶的控制十分明显。茅口组灰岩沉积后,由于东吴运动使灰岩露出地表经受长期风化侵蚀,形成了岩溶化准平原。在这种准平原上地形高差很小,一般不超过30 m,岩溶洞穴的发育主要集中在煤层底板以下30~50 m范围内。这种岩溶地貌景观一直存在于龙潭期,煤层主要分布于岩溶洼地谷地中,矿区-400 m以下的溶洞绝大多数是古溶洞,与现代水文网无联系。由于古岩溶化作用的时间延续很长,故此时形成的溶洞规模亦较大,如斗笠山向斜核部4604孔,在孔深1049.69 m处见洞高达8.31 m的溶洞;4801孔在孔深763.4 m即标高-532.6 m处,见溶洞高6.15 m。这些溶洞中全为黄泥充填,很少见到与近代岩溶有关的砂质充填物、灰岩碎块及硅质岩碎块。

2.4 其它因素

地貌,也是一个控制岩溶发育的重要因素。不同的地貌部位,岩溶形态不一,如地势较高的溶蚀低山高丘峰脊地形,为地下水补给区,地表岩溶形态如石芽、溶沟、溶斗、干溶洞等垂直岩溶形态特别发育;而地势低洼的岩溶洼地谷地为地下水排泄区,地下岩溶形态尤其是水平岩溶管道系统,如地下暗河等特别发育。

在低洼的沟谷地段,生活污水及酸性废水等易沿冲积洪积物渗入地下,从而亦加速了河溪流经地段地下洞穴的形成。另外,低洼沟谷地段之碳酸盐岩长期处于地下水水面之下,具有侵蚀性CO₂的地下水可充分对可溶岩进行溶蚀,故地下洞穴的规模大,连通性好。

植被的发育,亦是影响岩溶发育的因素。其主要作用有三:一是植物根劈作用,使岩石发生机械破碎而增大溶蚀空间,利于大气降水渗入;二是植物的枯枝落叶腐烂分解,可形成黑色腐殖土,产生CO₂和腐殖酸,大气降水通过富含有机质的土层,将二者带入地下水中,从而加速了岩溶的发育;三是植被发育,利于大气降水渗入,同时可局部调节气候,增大降雨量,从而增大了地下水渗滤潜蚀和溶蚀的功能。

总之,岩溶发育特征,在本区是受多种因素制约的,但在上述诸因素中,碳酸盐岩是岩溶发育的物质基础,构造是岩溶发育的必要条件,在具有侵蚀性水流的作用下,岩溶化过程才日趋完善。

3 岩溶发育的分带性

3.1 水平分带

表现为从地下水补给区到排泄区,岩溶形态的变化。在补给区,石芽溶沟、峰丛、溶斗、干溶洞多见;在排泄区,地下岩溶形态如溶洞、岩溶洼地、暗河等多见;而径流区则介于二者之间,且多为植被覆盖。另外,构造复杂地段,比其它地段地下岩溶形态更为发育。

3.2 垂向分带

地下水对碳酸盐岩的侵蚀性和溶解力,主要取决于地下水中侵蚀性 CO_2 含量。根据斗笠山煤矿区对雨水和不同标高地下水取样分析结果(表3)可以看出,侵蚀性 CO_2 含量随埋深增加而递减,从而决定了岩溶发育程度也随埋深增加而减弱。根据钻孔线岩溶率、钻孔见溶洞百分数、大于1 m 溶洞所占百分数以及最大溶洞高度等特征,可将岩溶发育程度自上而下划分出岩溶强烈发育带、岩溶中等发育带、岩溶弱发育带和岩溶不发育带,其基本特征列入表4。

表3 斗笠山煤矿区部分水质检测结果

采样点	项 目	标 高 (m)	侵蚀性 CO_2 含量(mg/l)	pH
	雨 水		5.45	6.9
	岩溶泉水(地面)	+150	2.10	7~7.05
	标高+45 m 突水点	+45	1.5~2.4	7.5
香花台矿井	标高-22 m 突水点	-22	痕迹状存在	7.3
	标高-100 m 突水点	-100	0	7.6

表4 斗笠山-恩口煤矿区岩溶发育程度垂直分带

垂直分带	标高 (m)	岩溶发育特征	溶洞及裂隙 充填情况	钻孔线 岩溶率 (%)	见溶洞 钻 孔 百分数 (%)	钻 孔 见溶洞 总 数	最大溶 洞直径 (m)	地下水 运动特征
岩溶强烈发育带	+50 以上	地表石芽、溶沟、溶洞、溶斗、岩溶洼地等岩溶形态发育,地下溶洞发育,且规模大,连通性好	溶洞多为充填或半充填,充填物有砂、灰岩角砾、黄泥、方解石等,地表溶洞以空洞为主,洞底有碎石和黄泥	0.21~21.9	67~80	53	23.5	潜水面以上以垂直运动为主,潜水面以下以水平运动为主
岩溶中等发育带	+50~-100	以溶蚀裂隙为主,次为溶洞,洞穴规模较大	裂隙、溶洞以半充填或全充填为主,也有少量空洞,充填物为黄泥,方解石薄膜及灰岩碎块	5.77~7.02	43~50	66	6.12	以水平运动为主
岩溶弱发育带	-100~-400	以裂隙占绝对优势,偶见小于1 m 的小型溶洞,有一定数量的小溶孔和晶洞出现	溶洞多为半充填或空洞,裂隙、溶洞多为黄泥,方解石晶簇充填或附着,小溶孔见蜂窝状、串珠状、葡萄状溶蚀面。	0.66~4.92	9~20	3	0.60	受重力作用向深部渗流为主,循环缓慢
岩溶不发育带	-400 以下	裂隙很少,偶见小晶洞,为相对隔水层	小晶洞中有方解石晶簇生长或铁锰质物附着	0	0	0	0	循环渗透极为缓慢

值得指出的是,古岩溶的发育不随标高而变化,它只分布于煤系以下30~50 m 范围内,属东吴运动的产物,分布于-400 m 以下,而-400 m 以上古岩溶已为近代岩溶所改造叠加。

4 岩溶发育与环境地质问题

环境地质问题与岩溶发育程度,具明显的正相关关系。它主要发生在浅部岩溶十分发

育的地段,即地下水的排泄区与补给区。

4.1 地下水排泄区的环境地质问题

地面变形,是该区最明显的特征,它对环境的恶化,主要表现在:①毁坏农田:恩口煤矿因地面岩溶塌陷、毁坏农田945772.2 m²;②破坏工业与利用建筑:恩口煤矿民房开裂和倒塌达160多户;斗笠山矿区南部169厂有23间厂房塌裂;③危及铁路与公路安全:斗笠山矿区西南翼,湘黔铁路有两处约1125 m发生路基沉陷;④井泉干枯、河、溪断流、水库山塘渗漏:恩口煤矿疏干泉水83个;斗笠山煤矿疏干泉水39个,其中流量达366.83 l/s的明镜泉为饮用灌溉之源泉,亦出现断流现象;矿区几大河溪,因塌陷而出现河水倒流现象;恩口煤矿有9座水库,83口山塘长期严重渗漏;⑤塌陷诱发地震:恩口煤矿曾发生多次与塌陷有关的小地震;⑥塌陷危及矿井安全生产:1990年6月恩口煤矿1、2号井被淹,系塌陷导致壶天河河水倒灌所致。

4.2 地下水补给区的环境地质问题

湘中的许多含煤向斜盆地边缘,由于地层倾角陡、垂直岩溶裂隙、溶斗等很发育,岩层易崩落垮塌;加之因塌陷而诱发的小地震时有发生,故在向斜的翼部时常发生山崩与滑坡,斗笠山向斜西北翼茅口组灰岩中,见多处山崩与滑破,其中紫虚岩山崩面积达0.125 km²。

5 结语

湘中还有许多含煤向斜盆地:如煤炭坝、云湖桥、桥头河盆地等,其水文地质条件与斗笠山、恩口矿区相似,都是大水矿区,其岩溶发育规律可与上述两向斜盆地类比,完全可以根据上述模式,准确预测可能产生环境地质问题的地段,及早预防以达到合理开发、保护环境的双重目的。

感谢邱昌似高级工程师自始至终的精心指导!感谢和文彬及王力军两位工程师野外指导和帮助!