

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2021.05.12

引用格式: 蒲开兴, 蒲庆隆, 曾凡祥, 等. 贵州福泉市英坪磷矿水文地质条件与深部工程突水灾害防治研究[J]. 中国地质调查, 2021, 8(5): 101-107. (Pu K X, Pu Q L, Zeng F X, et al. Study on the hydrogeological conditions and prevention of water invasion hazard in deep engineering of Yingping phosphate mine in Fuquan City of Guizhou Province[J]. Geological Survey of China, 2021, 8(5): 101-107.)

贵州福泉市英坪磷矿水文地质条件与深部工程突水灾害防治研究

蒲开兴^{1,2}, 蒲庆隆^{1,2}, 曾凡祥¹, 蔡健龙³, 任永林^{1,2}

(1. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局地质矿产勘查院, 贵州 贵阳 550005; 2. 贵州绿能星新能源开发有限公司, 贵州 贵阳 550005; 3. 瓮福集团瓮福磷矿, 贵州 福泉 550500)

摘要: 采用先分析后逐层深入的方法, 对福泉市英坪磷矿区水文地质条件进行了分析, 选择矿区南风竖井工程附近断层、节理裂隙等发育的富水区域, 采用大口径钻孔抽排地下水, 利用抽排形成的补给漏斗对地下水静水压力、水位、补径排等进行干预, 摸清了矿区地下水补径排规律, 查明了造成深部采掘工程施工突水的主要因素及途径。研究认为, 在断裂和节理裂隙发育的富水区进行大口径钻孔抽排可达到抽排疏干效果, 能够较好地解决突水危害, 是治理矿山突水危害十分有效的措施。该防治技术方法在该地区类似矿山建设中具有较大的推广意义。

关键词: 突水; 地下开采; 开拓系统; 防治措施

中图分类号: P641.4; TD74

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2021)05-0101-07

0 引言

地下水对矿山开采有着非常巨大的影响。随着矿山开采深度的增加, 水文地质条件也会变得更加复杂, 水文地质事故频发, 尤其是矿井突水事故。矿井突水是因井巷、工作面与地表水或含水层的含水裂隙带、构造破碎带等接近或贯通而突然发生的突水事故^[1]。地下水大量涌入矿山坑道, 会使采掘工程施工复杂化, 采矿成本大大增加, 威胁采掘工程和人员安全^[1]。1990—1992年, 耿洪州等^[2]在杨庄、朱庄煤矿开采过程中利用6口大口径钻孔成功实现了对地下水丰富地段的抽排, 减少了施工过程中发生突水灾害的机率。2018年, 福泉市英坪矿段转入地下开采阶段, 在施工至静水位之下后, 静

水压力变得越来越大, 特别是遇到岩石较破碎或断层、节理裂隙发育的地段时, 突水量会更大。当静水压力超过3 MPa时^[3], 便会对采掘工程施工人员的人身安全产生威胁。在此背景下, 本文进行了矿区水文地质特征分析, 查明了矿区地下水补径排规律, 并开展了突水灾害防治措施研究, 旨在为矿山深部开采活动提供安全支持和保障。

1 矿区地质背景

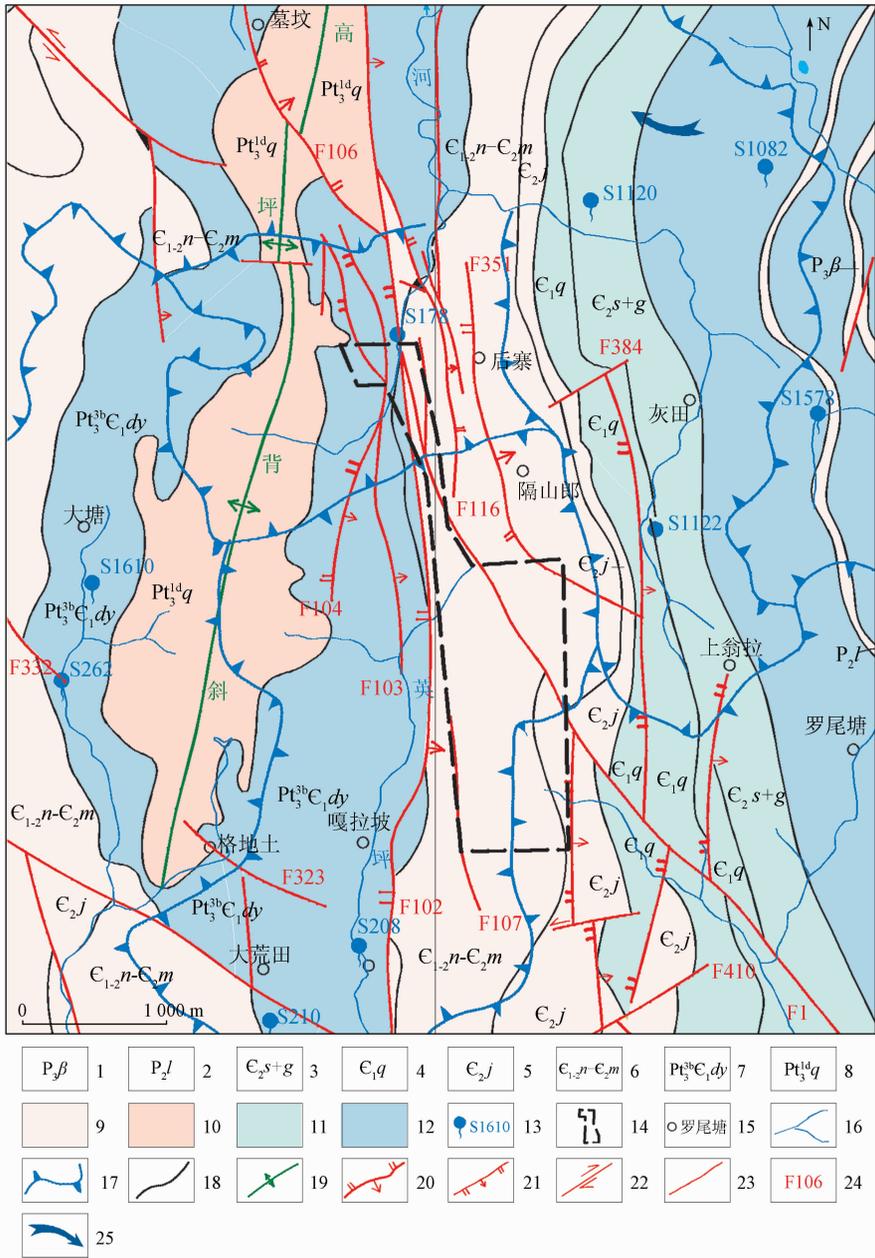
矿区位于高坪背斜南段东翼^[4], 地貌受构造、岩性及新构造运动等作用的影响, 总体山脉走向及沟谷展布与主体构造线一致, 呈NNE向。区域上, 英坪磷矿区位于高坪背斜轴部东翼南段背斜蓄水构造内。矿区小坝后寨一带是次一级地下分水岭,

收稿日期: 2020-12-30; 修订日期: 2021-09-03。

基金项目: 贵州省瓮福集团“福泉市英坪磷矿段采掘坑道突水灾害防治措施(编号: WF0012020GC00224)”和“福泉市英坪磷矿区水文地质专项调查(编号: WF-001-2017-GC-00216)”项目联合资助。

第一作者简介: 蒲开兴(1977—), 男, 高级工程师, 主要从事区域地质调查及水文地质、工程地质和环境地质调查工作。Email: 2219202017@qq.com。

将矿区分为南、北两个地下水单元,地下水分别向南、北两个方向径流运动(图1)。



- 玄武岩; 2. 二叠系梁山组; 3. 寒武系石冷水组和高台组; 4. 寒武系清虚洞组; 5. 寒武系金顶山组;
- 寒武系牛蹄塘组—明心寺组; 7. 震旦系—寒武系灯影组; 8. 青白口系清水江组; 9. 相对隔水层(碎屑岩); 10. 相对隔水层(浅变质岩); 11. 中等碳酸盐岩岩溶水; 12. 强碳酸盐岩岩溶水; 13. 泉点及其编号; 14. 英坪磷矿段深部矿区; 15. 地名; 16. 河流; 17. 地表水分水岭; 18. 地质界线; 19. 背斜轴; 20. 逆断层; 21. 正断层; 22. 走滑断层; 23. 性质不明断层; 24. 断层编号; 25. 地下水流向

图1 福泉市英坪矿段区域水文地质略图

Fig.1 Regional hydrogeological sketch of Yingping ore section in Fuquan City

2 矿区水文地质条件

2.1 矿区含水地层、隔水地层岩性特征

灯影组由一套灰色中厚层—厚层状白云岩组

成。下伏地层陡山沱组为矿区磷矿赋矿层位,为一套由白云岩、硅质岩及磷块岩组成的含磷岩组。矿层直接顶板为灯影组白云岩,直接底板为陡山沱组一段含硅质团块状白云岩^[5],形成一个区域整体大

含水层。

灯影组和陡山沱组形成的含水层上覆地层为相对隔水的牛蹄塘组($C_{1-2}n$)和明心寺组(C_2m)组成的碎屑岩组合。下伏地层为相对隔水的南沱组($Pt_3^{2c}n$)和清水江组($Pt_3^{1d}q$)组成的碎屑岩组合。灯影组($Pt_3^{3b}C_1dy$)和陡山沱组(Pt_3^3d)地下水为承压水,水文地质条件极为复杂。

2.2 断裂构造水文地质特征

矿区地处扬子陆块黔北隆起区的凤冈 SN 向隔槽式褶皱变形区与黔南凹陷区的都匀 SN 向隔槽式褶皱变形区的交汇部位^[6],位于 NNE - SSW 向高坪背斜东翼南部,矿区范围以单斜构造为主。区内断裂构造发育(图 1),断裂构造形迹呈 SN 向,次为 NNE 向、NNW 向与近 EW 向,与矿床水文地质条件相关的断层主要有 F1、F102、F104、F351、F116、F106 等,主要断层的水文地质特征见表 1。

表 1 矿区主要断层水文地质特征

Tab.1 Hydrogeological characteristics of main faults in the mining area

断层编号	水文地质特征
F1	两盘具有良好的水力联系,无阻水性能,断层破碎带含水微弱,对矿区地下水有导水作用
F102	断层带两侧的裂隙和溶孔密集发育带的含水性及导水性均比较强。两盘具有良好的水力联系,无阻水性能
F104	逆断裂,北至小坝一带汇聚于 F102,该断层区内开采破坏严重,断层两盘具有良好的水力联系,无阻水性能
F351	逆断裂,区内露天开采破坏严重,断层露头零星可见,补给条件差,断层两盘具有良好的水力联系,无阻水性能
F116	正断裂,在矿区内为隐伏断层,断层两盘具有良好的水力联系,无阻水性能,该断层具导水作用
F106	正断裂,在矿区内为隐伏断层,该断层受 F1 断层制约,在矿区内不破坏矿层,在深部向东延伸交于 F1 断层上,断层两盘具有良好的水力联系,无阻水性能,具导水作用

2.3 灯影组、陡山沱组岩溶发育分布规律

2.3.1 岩溶分布与地层岩性的关系

矿区内未见地表岩溶发育,但在钻孔中遇溶洞率为 51.52%,矿区深部岩溶主要发育于灯影组一段和陡山沱组三段的藻白云岩、硅质白云岩、泥晶-细晶白云岩、硅质岩及团块状磷块岩中。陡山沱组三段为矿区开采对象。这说明在受地层岩性、构造影响下,矿区地下水不是相对平衡的,是动态的。地下岩溶发育特征见表 2。

表 2 矿区溶岩层组岩溶发育特征

Tab.2 Karst development characteristics of the karst formations in the mining area

地层	岩性简述	地表岩溶数/个	钻孔遇溶洞数/个
震旦系 - 寒武系 灯影组三段	泥晶 - 细晶白云岩,夹砾屑状、颗粒状、藻屑白云岩	2	4
震旦系 - 寒武系 灯影组二段	角砾状白云岩、泥晶白云岩,夹藻屑白云岩	2	1
震旦系 - 寒武系 灯影组一段	藻白云岩、硅质白云岩、泥晶 - 细晶白云岩	6	25
震旦系陡山沱组 四段(b 矿层)	白云质磷块岩,致密状、砂砾状、团块状磷块岩组合		1
震旦系陡山沱组 三段	硅质白云岩、硅质岩,局部夹磷质团块		10
震旦系陡山沱组 一至二段	泥 - 细晶白云岩,夹硅质白云岩,底部常夹砾屑状白云岩		

2.3.2 岩溶分布与构造的关系

区内构造发育,岩溶具有顺层走向及沿近于垂直岩层走向的张扭性裂隙带发育特点,压扭性断裂破碎带为胶结紧密的断层角砾岩,岩溶不发育,偶见零星溶孔发育。

2.4 地下水的补径排特征

地下水的补给主要为大气降水,其次为河水。大气降水和河水主要通过落水洞、岩溶漏斗、岩溶裂隙、构造裂隙及第四系等入渗,进入地下循环形成地下水,之后通过钻孔进行静止水文观测及抽水试验。矿区地下水水位位于明心寺组和牛蹄塘组隔水层中,灯影组和陡山沱组白云岩为承压含水层,地下水类型为承压水。地下水主要以岩溶孔洞裂隙水的形式存在,主要沿溶蚀裂隙、溶孔分散径流,局部地段沿裂隙密集带、溶蚀裂隙、溶孔集中发育带、构造裂隙带等运移。地下水分水岭以北在地势较低的地区通过井泉分散排泄;地下水分水岭以南通过落水洞、岩溶漏斗、岩溶裂隙、构造裂隙等途径注入下伏含水层,在地势较低的陡崖脚或高坪河附近一带通过泉点分散排泄。

2.5 矿床开采活动对水文地质条件的影响

2.5.1 露天开采活动的影响

矿区已形成 4 个露采区,均已接近尾声,其中英坪磷矿 I、II 露采区已回填复垦。大气降水经采坑积蓄直接向矿层或灯影组含水层补给,是矿床充水的重要因素之一,大大增加了深部采掘工程施工

中抽排水的压力,特别是雨季尤其明显。

2.5.2 邻近矿山地下开采活动的影响

邻近矿山主要为福泉市磷矿小坝 I 号井和英坪磷矿 3 号井,矿井生产水仓标高分别为 1 000 m、1 050 m。采矿区域与英坪磷矿紧邻,其采矿方式为爆破作业,其震动可能导致矿区含水层岩石的完整性及节理、构造的原始力学性质发生改变,加大了地下水的水力联系和相互贯通。

2.5.3 矿区开采活动的影响

(1)深部采掘工程主要位于灯影组、陡山沱组岩溶孔隙裂隙水区域。矿井、采矿工程施工过程中,矿坑水的疏排会造成矿区附近地下水水位的下降,且随着采场标高的下降,地下水水位将逐年下降,以采矿场为中心形成水位降落漏斗。随着采矿的向下推进,水位降落漏斗随之扩大,自然形成的岩溶系统的底板会受到破坏,将改变局部地下水的径流、排泄途径。同时,形成的导水裂隙带在近采区段沟通采空区裂隙,采区内的地下水将通过这些裂隙对矿坑间接充水。丰水期,在距采区较近地段开采时,由于采坑中的地下水储量大,静水压力增强,裂隙带将可能被进一步疏通,形成大裂隙,并对矿坑间接充水,造成突水危害,对地下开采影响较大。

(2)由于矿区南北两个相对水文地质单元内 SN 向、NW 向、近 EW 向等断裂极其发育,存在水力联系,深部地下开采抽排地下水,可能造成北部水文地质单元地下水向南部水文地质单元方向径流,地下水储量增大,静水压力增强,裂隙带将可能被进一步疏通,形成大裂隙,并对矿坑间接充水,造成突水危害。

3 突水灾害防治措施

通过分析矿区水文地质条件,对深部工程主要展布地段开展进一步专项水文地质调查和物探测量,选择典型地下工程附近的主要富水带或导水构造带实行大口径抽排水实践,视其效果再对突水灾害严重的地下工程分布区推广本防治措施。本着这一原则,对矿区南风竖井的地下水防治措施进行了专项研究。

3.1 思路与方法选择

首先,在竖井区域开展高密度电法和 EH4 组合物探测量,查明其深部地质构造情况;其

次,开展竖井工程区域水文地质条件分析。对采用直径为大口径(大于 311 mm)的抽排疏干钻孔的疏干降深、影响漏斗半径以及抽排疏干钻孔深度、口径大小、水泵抽排能力等进行论证^[7]。经论证确定后,在地下水丰富、岩石完整性较差、物探推测构造发育的地段,使抽排疏干钻孔抽排形成的影响漏斗底部更接近竖井掘进的最终深度,不影响矿山地下开拓工程建设,进而布置抽排疏干钻孔^[8]。

3.2 大口径抽排钻孔参数选择分析

通过在南风竖井附近开展小口径水文地质钻孔抽水试验及物探测量,获取地层岩性含水性、断裂及节理构造含水性、岩性渗透系数、含水层厚度、岩溶、富水带等相关数据。结合水文地质及物探测量推断解译成果,认为南风竖井区域的井筒涌水量来自 NW 向节理组(破碎带)补给,其他方向岩石相对完整且补给相对较弱。其相对补给方向和涌水值范围是有规律的,利用就近抽水试验钻孔取得的水文地质参数,并结合水文地质单元内水文地质条件,可对抽排疏干钻孔的涌水量进行预测。

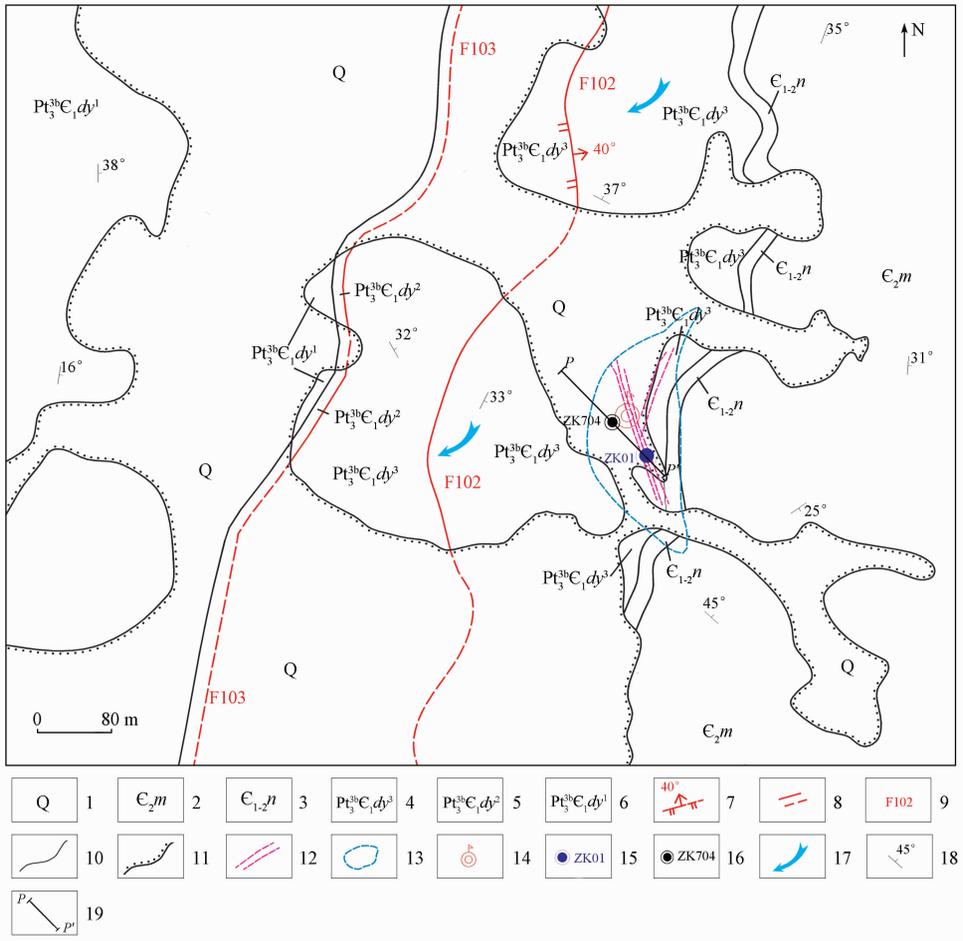
南风竖井从第四系开始掘进,穿越震旦系灯影组白云岩和陡山沱组地层,止于青白口系清水江组浅变质岩地层,总掘进深度 383 m。利用裘布依公式法对南风竖井涌水量进行预测,承压-无承压水公式^[9]为

$$Q = 1.366K \frac{(2H - S)S}{\lg R - \lg r} \quad (1)$$

式中: Q 为竖井涌水量, m^3/d ; K 为渗透系数, m/d ; H 为含水层厚度, m ; S 为疏干降深, m ; R 为潜水大井影响半径, m ; r 为大井引用半径, m 。

根据地质剖面和抽水试验钻孔获取如下水文地质参数:含水层厚度 $H = 246.06 \text{ m}$;静水位埋深 52.33 m ;疏干排水从静水位至含水层底板,含水层底板埋深为 266.06 m ;疏干降深 $S = 213.73 \text{ m}$;渗透系数 $K = 0.1549 \text{ m}/\text{d}$;区域影响半径 $R = 2639 \text{ m}$ 。计算结果为 $Q = 2977 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

为使深部抽水漏斗对南风竖井的影响效果最大化,又不对南风竖井井筒施工造成影响,建议抽排水钻孔布置在距南风竖井 $30 \sim 50 \text{ m}$ 的环带范围内(图 2),要求排水钻孔设计抽水量要达到 $120 \sim 130 \text{ m}^3/\text{h}$,才可达抽排目的。



1. 第四系; 2. 寒武系明心寺组; 3. 寒武系牛蹄塘组; 4. 震旦系 - 寒武系灯影组三段; 5. 震旦系 - 寒武系灯影组二段; 6. 震旦系 - 寒武系灯影组一段; 7. 逆断层及其倾角; 8. 断层或节理; 9. 断层编号; 10. 地质界线; 11. 人工填土范围; 12. 物探推断解译节理带; 13. 物探推断解译富水区域; 14. 南风竖井位置; 15. 大口径抽排钻孔位置及其编号; 16. 抽水试验钻孔位置及其编号; 17. 地下水径流方向; 18. 地层产状; 19. 剖面线及其起始点符号

图2 南风竖井附属抽排疏干钻孔布置示意图

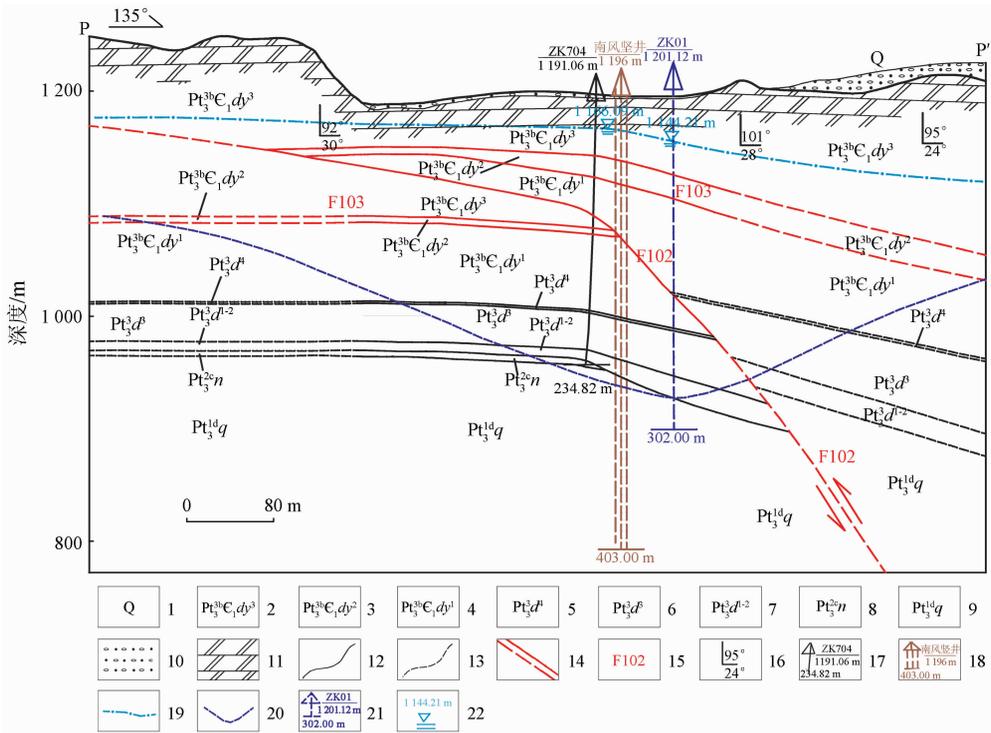
Fig.2 Schematic diagram of drainage and dredge drilling arrangement attached to the south air shaft

3.3 南风竖井工程大口径钻孔抽排效果分析

根据论证结果,在南风竖井SE向30 m处施工了一口抽排水钻孔(图2、图3),钻孔口径360 mm,施工至283 m深度处进入青白口系清水江组,继续施工了50 m沉砂段,下泵位置280 m,水泵抽排能力为120 m³/h,实际抽排能力为122~130 m³/h,平均125 m³/h,抽排量为3 000 m³/d,实际抽排量大于平均涌水量(2 977 m³/d)^[10]。2018年12月中旬,南风竖井内地下水水位开始下降,且涌入南风竖井内的水量大大减少,地下水水位以1~2.5 m/d

的速度下降,基本卸去水压。至2019年9月南风竖井顺利施工至383 m处,未出现地下水突水影响^[11]。之后,在本矿区北风竖井施工两口抽排水钻孔,效果更佳,地下水水位以4~5 m/d的速度下降^[12]。

事实证明,对采掘工程分布区域进行水文地质研究,查明地层岩性含水性、断裂及节理构造含水和导水性、岩性渗透系数及含水层厚度,做好抽排疏干论证,在矿区采掘工程附近以抽排疏干钻孔方式干预地下水,技术方法可行。



1. 第四系；2. 震旦系-寒武系灯影组三段；3. 震旦系-寒武系灯影组二段；4. 震旦系-寒武系灯影组一段；5. 震旦系陡山沱组四段；6. 震旦系陡山沱组三段；7. 震旦系陡山沱组一段至二段；8. 南华系南沱组；9. 青白口系清水江组；10. 含砾石黏土；11. 白云岩；12. 地质界线；13. 推测地质界线；14. 断层或节理；15. 断层编号；16. 地层产状；17. 抽水试验钻孔位置(ZK704 为钻孔编号,1 191.06 m 为孔口标高,234.82 m 为终孔深度)；18. 南风竖井位置(1 196 m 为井口标高,403.00 m 为竖井深度)；19. 地下水静水位线；20. 抽水漏斗理想影响线；21. 大口径抽排钻孔位置(ZK01 为钻孔编号,1 202.12 m 为孔口标高,302.00 m 为终孔深度)；22. 地下水静水位线(1 144.21 m 为钻孔内 24 h 静水位标高)

图3 南风竖井抽排钻孔抽排疏干效果预测剖面图

Fig.3 Section diagram of drainage effect prediction of borehole drainage in south air shaft

4 结论与建议

(1) 福州市英坪磷矿段水文地质条件极其复杂,震旦系-寒武系灯影组与赋矿地层陡山沱组为一特殊的“大含水层”,地下水丰富,富水性强,同时受褶皱、断裂及节理破坏影响,岩石破碎,地下水水力联系强,以断裂及节理裂隙构造为主要水力联系通道。采掘工程施工过程中,施工至富水区域受构造影响的富水薄弱带,往往形成突水灾害,无法施工,危及人员安全。

(2) 通过对采掘工程分布区域的水文地质条件进行分析研究,查明了地层岩性含水性、断裂及节理构造含水和导水性、岩性渗透系数以及含水层厚度,进行了抽排疏干论证。在矿区采掘工程附近富水带采用大口径钻孔抽排地下水,利用其形成的漏斗抽排疏干,从而干预地下水,突水灾害防治措施

取得了实际效果,证明该技术方法可有效解决或防治矿区深部工程突水灾害,是较为经济、用时较短的防治措施。

(3) 建议进一步加强矿区水文地质研究,查明矿区水文地质条件,在矿区的富水地段或首采地段进行大口径钻孔多孔联排试验与研究,减少矿山生产过程中地下水突水灾害的发生。

参考文献 (References):

[1] 冀东,徐晨,李腾飞,等. 滨海深部开采矿山水文地质环境调查与渗流场特征分析[J]. 工程地质学报,2016,24(4):674-681.
 Ji D, Xu C, Li T F, et al. Hydrogeology investigation and characteristics analysis of seepage field for coastal mine in deep exploitation[J]. J Eng Geol, 2016, 24(4): 674-681.
 [2] 耿洪州,叶礼明,宋祥云. 煤矿大口径排水钻孔工艺研究与实践[J]. 煤田地质与勘探,1995,23(3):66-68.
 Geng H Z, Ye L M, Song X Y. Research and practice of large di-

- ameter drainage drilling technology in coal mine[J]. *Coal Geol Explor*,1995,23(3):66-68.
- [3] 英坪矿段南风竖井水文监测记录数据[DB]. 英坪矿段南风竖井水文监测组. 2018.4.
Hydrological Monitoring Record Data of South Shaft in Yingping Mine Section[DB]. Hydrological Monitoring Group of South Shaft in Yingping Mine Section. 2018.4.
- [4] 肖意泉,经庚尧,毛铭曾,等. 贵州瓮安磷矿高坪矿区英坪矿段详细勘探地质报告[R]. 贵阳:贵州省地矿局一一五地质大队,1981:1-50.
Xiao Y Q, Jing G Y, Mao M Z, et al. Detailed Exploration Geological Report of Yingping Ore Section of Gaoping Phosphate Ore District in Weng'an, Guizhou Province[R]. Guiyang: The 115 Geological Brigade of Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources, 1981:1-50.
- [5] 宋小军,曾凡祥,薛洪富,等. 贵州省福泉市英坪深部磷矿勘探报告[R]. 贵阳:贵州省有色金属和核工业地质勘查局地质矿产勘查院,2018:1-230.
Song X J, Zeng F X, Xue H F, et al. Exploration Report of Deep Phosphate Deposit in Yingping, Fuquan City, Guizhou Province[R]. Guiyang: Institute of Geology and Mineral Exploration, Guizhou Geological Exploration Bureau for Nonferrous Metals and Nuclear Industry, 2018:1-230.
- [6] 1:20万瓮安幅区域地质调查报告[R]. 贵州省地质局一〇八队,1972.
Report of 1:200 000 Weng'an Area Geological Survey[R]. The 108 Geological Team of Guizhou Geological Bureau, 1972.
- [7] 赵元强,马会章,王孝臣,等. 岱庄煤矿大口径排水钻孔施工工艺[J]. *山东煤炭科技*,2009(1):81-82.
Zhao Y Q, Ma H Z, Wang X C, et al. The construction process of great diameter water drainage boring in Daizhuang coal mine[J]. *Shandong Coal Sci Technol*,2009(1):81-82.
- [8] 徐乾清. 中国水利百科全书[M]. 2版. 北京:中国水利水电出版社,2006:230.
Xu Q Q. *Water Conservancy Encyclopedia China* [M]. 2nd ed. Beijing: China Water & Power Press, 2006:230.
- [9] 赵春永,梅玲,党宇宁. 矿井涌水量计算方法分析[J]. *中国资源综合利用*,2015,33(9):62-63.
Zhao C Y, Mei L, Dang Y N. Analysis on calculation method of mine water inflow[J]. *China Resour Compr Util*,2015,33(9):62-63.
- [10] 蒲开兴,蒋海民. 英坪磷矿段南风竖井附属抽排水钻孔成井报告[R]. 2018:1-33.
Pu K X, Jiang H M. Well Completion Report of Nanfeng Shaft Auxiliary Drainage Borehole in Yingping Phosphate Section[R]. 2018:1-33.
- [11] 英坪矿段南风竖井水文监测记录数据[DB]. 英坪矿段南风竖井水文监测组. 2018.12-2019.9.
Hydrological Monitoring Record Data of South Shaft in Yingping Ore Section[DB]. Hydrological Monitoring Group of South Shaft in Yingping Ore Section. 2018.12-2019.9.
- [12] 英坪矿段北风竖井水文监测记录数据[DB]. 英坪矿段北风竖井水文监测组. 2019.2-2020.11.
Hydrological Monitoring Record Data of North Wind Shaft in Yingping Mine Section[DB]. Hydrological Monitoring Group of North Wind Shaft in Yingping Mine Section. 2019.2-2020.11.

Study on the hydrogeological conditions and prevention of water invasion hazard in deep engineering of Yingping phosphate mine in Fuquan City of Guizhou Province

PU Kaixing^{1,2}, PU Qinglong^{1,2}, ZENG Fanxiang^{1,2}, CAI Jianlong³, REN Yonglin^{1,2}

(1. Institute of Geology and Mineral Exploration, Bureau of Geology and Exploration of Nonferrous Metals and Nuclear Industry, Guizhou Guiyang 550005, China; 2. Guizhou Lvnengxing New Energy Development Co. LTD., Guizhou Guiyang 550005, China; 3. Wengfu Phosphate Mine, Wengfu Group, Guizhou Fuquan 550500, China)

Abstract: The hydrogeological conditions of Yingping phosphate mining area in Fuquan City were analyzed through the method of analysis and further study. The water-rich areas, where faults, joints and fissures developed near the south wind shaft project, were selected, and the hydrostatic pressure, water level, filling diameter and drainage of underground water were intervened to investigate the recharge funnel formed by pumping and draining and to ascertain the main causes and approaches of water invasion by the deep excavation project. The results show that the drainage of large-caliber boreholes in the water-rich areas with developed faults and joints can achieve the draining effect, which could solve the water invasion hazard and be considered as an effective measure. The prevention and control method has great promoting significance in the construction of similar mines in the region.

Keywords: water invasion; underground mining; development system; prevention and control measures

(责任编辑: 刘丹)