

钻孔简易水文地质编录与测井结合对岩溶含水层含水性划分探讨

——以福泉市大湾磷矿为例

向刚,曾牡丹,王嘉铭,陈体云,何永川,张华湘,杨子林

(贵州省地质矿产勘查开发局104地质大队,贵州都匀558000)

[摘要]矿区水文地质勘查中,一般针对整个充水含水层,往往忽略含水层中分布的弱透水层或相对隔水层,从而导致涌水量预测结果与实际出入较大。本文以福泉市大湾磷矿区为例,以首采区范围为试验场,通过钻孔物探测井和简易水文地质编录相结合的手段,对灯影组含水段和弱透水段进行详细划分,确定灯影组实际有效含水段厚度M值,对于矿井涌水量预测及后期矿井开展防治水具有重要的意义。

[关键词]含水段划分;水文地质编录;测井;大湾磷矿;福泉市

[中图分类号]P619.21⁺3;P631.2⁺4;P641.134 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2021)02-0208-05

1 引言

贵州省碳酸盐岩(裸露和覆盖型岩溶区)的分布面积广阔,岩溶极为发育,富水性中等至强,对众多矿山开采过程中充水或突水有较大的影响,而我们在勘查过程中,往往针对整个充水含水层,忽略了含水层中分布有弱透水段或相对隔水段,在涌水量计算时,含水层厚度M值往往带入整个含水层的厚度值,从而导致预测的矿井涌水量值偏大,与实际情况不符。本次工作以贵州省白岩背斜区西翼的大湾磷矿为例,以首采区范围为试验场,对矿区灯影组含水特征开展研究,通过钻孔物探测井和简易水文地质编录相结合的手段对灯影组含水段和弱透水段进行详细划分,从而确定灯影组实际有效厚度M值,对于岩溶区矿井涌水量预测及后期矿井开展防治水具有重要的意义。

2 研究区特征

2.1 矿区概况

福泉大湾超大型磷矿床位于福泉市与瓮安县交界处,矿区面积为11.22 km²。矿区为溶蚀-侵蚀地貌,矿区最高点位于矿区南西部的古顶大坡,海拔1524 m,最低点为东北部岩根河河床,海拔1050.5 m,最大高差473.5 m,属于低中山地貌。主要水系岩根河从南向北东流过矿区,岩根河流经矿区标高为1240~1050.5 m,矿区最低排泄基准面标高为1050.5 m。

大湾磷矿区磷矿层埋藏较深(垂深大于500 m),矿层直接顶板灯影组为含水量中等的含水层,是矿坑充水的主要水源(李治国等,1984),灯影组厚度值为176.23~301.94 m,平均厚度229.54 m,溶孔溶隙较发育,富水性中等。

[收稿日期]2021-01-31 **[修回日期]**2021-03-22

[基金项目]贵州省福泉市大湾磷矿勘探(全省重点矿产资源大精查项目)。贵州省地矿局局管地质科研一般科学基金项目(编号:黔地矿科合[2020]5号)。

[作者简介]向刚(1983—),男,湖北荆门人,水工环高级工程师,长期从事矿区水文地质勘查及评价工作。

2.2 地层构造

矿区分布地层由老至新有南华系南沱组($Pt_3^{2c}n$),震旦系陡山沱组(Pt_3^{3y})、灯影组(Pt_3^{3b} E_1dy),寒武系牛蹄塘组($E_{1-2}n$)、明心寺组(E_2m)、金顶山组(E_2j)和第四系(Q)。其中灯影组地层隐伏在深部。

区域构造主要为白岩-高坪复背斜以及切错该背斜的小坝断层 F_1 。区域内的断裂构造发育,主要有近南北向、北西向、北东向三组。

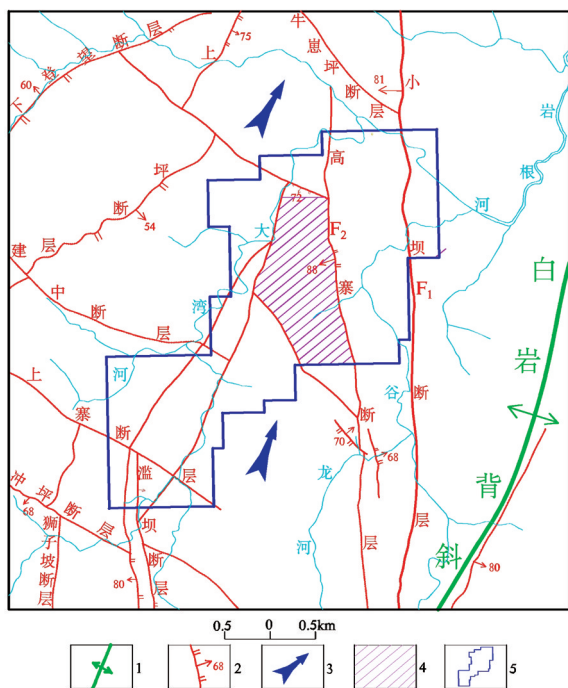


图1 矿区构造纲要图

Fig. 1 Structural Outline Plan of Mining area

1—背斜;2—断层;3—地下水流向;4—首采区范围;5—矿区范围

2.3 矿床水文地质结构

矿区所在水文地质单元南部以拦马坳至扁担山一线为分水岭,分水岭以南地表水和地下水向南径流,汇入乌江水系清水河;分水岭以北地表水、地下水向北径流,汇入乌江水系马颈河。北部边界位于白岩背斜轴部转背岩一带, $E_{1-2}n+E_2m$ 组炭质页岩、粉砂岩富水性弱,为地下水隔水边界(宁黎元等,2012)。单元西部以 $E_{1-2}n+E_2m$ 组隔水岩层为隔水边界;单元东部有一条南北向的阻水断层小坝断层(F_1)(寇西昌,1987;刘文凯等,1994)。矿区位于白岩背斜西翼,位于水文地质单元径流区。

水文地质单元中,灯影组+陡山沱组岩溶含水

层上覆碎屑岩相对隔水岩层,下伏南沱组、清水江组等隔水层,故灯影组+陡山沱组与上覆地层和下伏地层均无太大水力联系。

3 研究方法

3.1 研究方法

本文拟选择首采区范围内代表性剖面,利用剖面上钻孔岩心编录、简易水文地质编录、水文物探测井数据来开展综合分析研究。

3.2 试验场布置

根据长沙化工设计院提供的预可研报告,大湾矿区设计首采区范围为断层 F_2 以西、断层 F_1 以东、4号勘探线以北、13号勘探线以南区域内标高450~800m之间矿体。本次补勘针对这部分区域开展了大量的勘查工作。地球物理测井是水文地质勘查中的一种十分有效的测量手段,它在划分岩性、划分含水层、分析含水层间的水力联系、探测岩溶等水文地质勘查工作中发挥着极其重要的作用(王鹏等,2019;冯来泉,2020)。为了查清首采区内灯影组含水段的空间分布特征,在本次勘探工作首采区内及附近设计的15个钻孔中选择9个钻孔,分别在走向上和倾向上开展水文物探测井工作。其中ZK906和ZK909、ZK711和ZK712、ZK601和ZK602等钻孔在倾向上进行控制;ZK1305、ZK1111、ZK909、ZK712则在走向上进行控制(测井钻孔布置见下图2)。

4 数据采集与分析

4.1 数据采集

9个测井钻孔施工过程中保证灯影组采用清水或无固相泥浆钻进,终孔后采用清水循环替换,消除孔内泥浆对灯影组裂隙的影响,保证测井参数的真实准确性,测井参数有自然伽马、自然电位、双收时差、视电阻率及人工盐化曲线。其中自然伽马主要划分岩性,自然电位和声波及视电阻率主要用来划分含水层岩溶裂隙位置,人工盐化主要是确定出水位置(骆森等,2004;王守国,2010;姜永生,2000)。

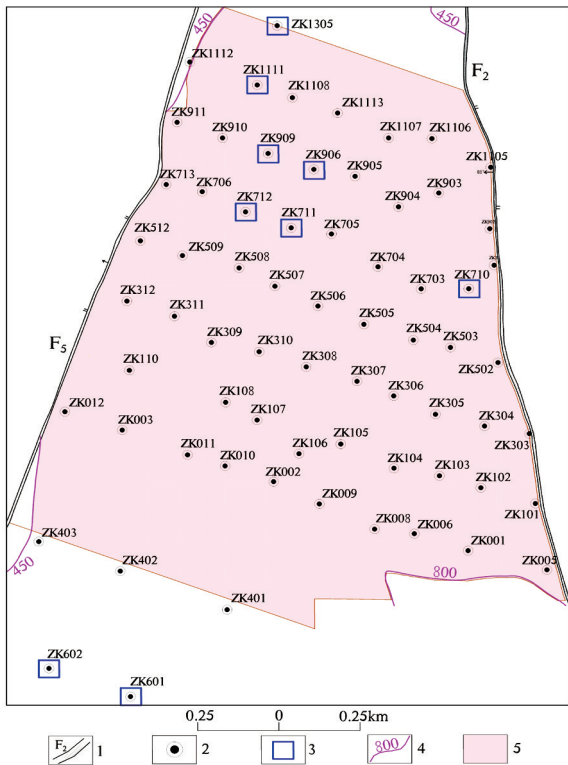


图2 试验场测井钻孔分布图

Fig. 2 Geophysical Borehole distribution in Mining area

1—断层;2—钻孔;3—测井孔;4—矿体底板等高线及标高;5—首采区

钻孔简易水文地质编录主要是针对灯影组岩性、裂隙进行编录,对施工期间下钻前的水位进行观测,起钻过程保证钻杆提离孔底 10 m 以上,保证起钻后与下钻前的间隔在 20 min 以上,保证钻孔内水位为真实水位。水位观测采用电测绳观测,从而保证采集的数据真实可靠。

4.2 数据分析

我们对测井钻孔的物探曲线进行分析,划分出了灯影组含水段。以 ZK906 孔为例(见图 3),划分出 2 段含水段(I、II),I 段深度在 466.33 ~ 471.19 m, II 段深度在 484.01 ~ 489.41 m, I 段和 II 段自然伽马值均比较低,显示为灯影组白云岩,其次该段电阻率值低,双收时差值大,说明该段裂隙发育并含水。我们再分析钻孔施工在该深度处的动水位资料, I 段处动水位由 20 m 直接跌落至 180 m 左右, II 段处动水位由 180 m 跌落至 220 m 左右,动水位埋深值均有明显的变化,也说明该处裂隙发育,地下水活动强烈。

我们对每个测井钻孔的灯影组测井曲线和动水位曲线同时展示在柱状图上,发现物探测井划

分的含水位置(即裂隙发育,含水性较好),动水位曲线也有明显变化趋势,两者吻合较好。而测井曲线划分出的弱透水段(即岩石裂隙不发育,含水性差),动水位曲线基本呈直线,动水位埋深值基本没有变化。我们从测井钻孔中选择代表性较好的 ZK906 和 ZK1305 的测井曲线和动水位曲线进行结合划分含水段位置,见图 3 和图 4。

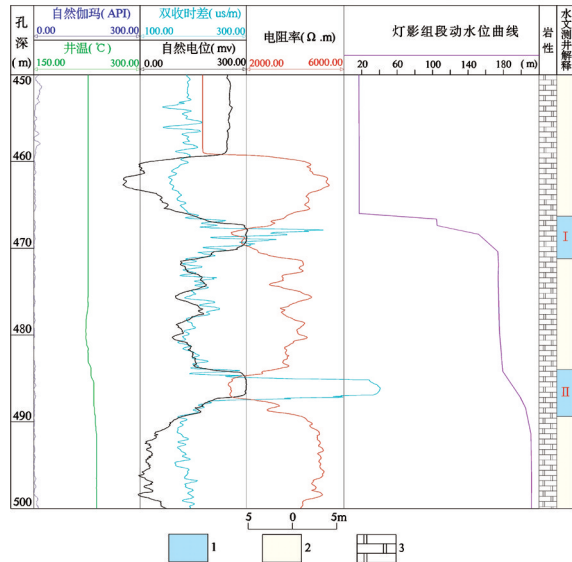


图3 ZK906 测井曲线与动水位曲线图

Fig. 3 The Chart of Geophysical Log and Groundwater level in 906 Drilling well

1—含水段;2—弱透水段;3—白云岩

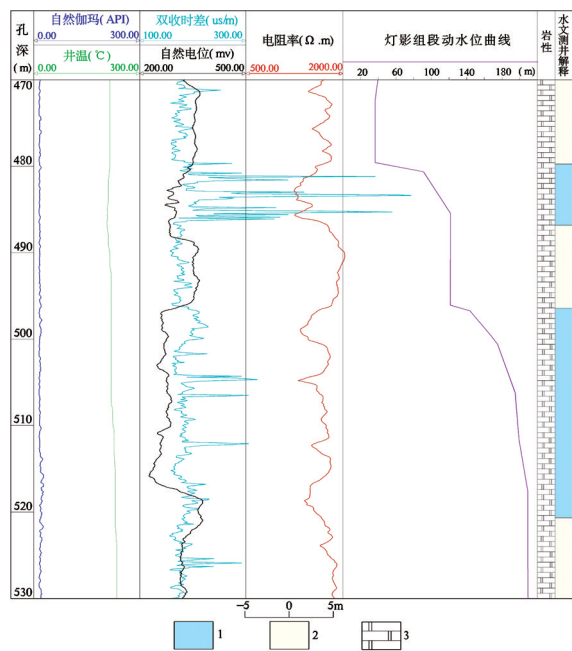


图4 ZK1305 测井曲线与动水位曲线图

Fig. 4 The Chart of Geophysical Log and Groundwater level in 1305 Drilling well

1—含水段;2—弱透水段;3—白云岩

5 结果与讨论

5.1 灯影组弱透水段划分

根据物探测井曲线与动水位曲线,对灯影组白云岩段含水性划分具有较好的效果。根据现有物探资料和动水位资料,我们对9个物探测井孔的灯影组含水性进行了划分。通过细分发现,整个灯影组中下部存在一段裂隙发育差、含水性较差的弱透水层,将灯影组分成上下两段,根据统计,该段弱透水层厚度范围为39.93~123.84 m,这段弱透水层的存在,使灯影组有效含水段M值变小,并在未来开采过程中一定程度上阻隔灯影组上段的地下水进入矿井。

表1 灯影组中下部弱透水层统计表

Table 1 Backwater section in the middle of Dengying formation

钻孔编号	弱透水层埋深位置(m)	厚度值(m)	备注
ZK601	542.5~591.0	48.50	
ZK602	501.76~625.60	123.84	
ZK710	386.0~428.68	42.68	
ZK711	533.36~655.0	121.64	
ZK712	606.89~665.80	58.91	
ZK906	519.01~562.00	42.99	
ZK909	524.75~564.68	39.93	
ZK1111	444.48~521.50	77.02	
ZK1305	520.69~620.80	100.11	

5.2 灯影组含水特征

我们根据物探测井及动水位曲线划分出的灯影组含水段在空间上展布,发现灯影组含水主要与

岩石层间裂隙和隐伏发育的构造节理裂隙带有关。

倾向上对ZK711和ZK712含水段连线,夹角为15°与岩石倾角基本一致,反映其含水与岩层层间发育的裂隙有关;倾向上对ZK601和ZK602、ZK906和ZK909的含水段进行连线,夹角分别为29°和45°,夹角远远大于岩层倾角,显示其含水段与隐伏发育的节理裂隙带有关。走向上对ZK906、ZK1111和ZK1305的含水段进行连线,基本分布在同一标高位置,说明其节理裂隙在走向上具有一定的延伸性,说明与隐伏发育的节理裂隙带有关。

ZK906与ZK909分布的区域,隐伏节理裂隙带发育,测井人工盐化曲线很快恢复至背景值,说明含水段地下水活动强烈,经过ZK909抽水试验该层涌水量较大,进一步说明该区域为地下水集中径流带,为未来矿山开采需要防范的富水区域。

6 结论

(1)由于岩性和地下水对岩石溶蚀的差异,存在含水性分段特征,本文以福泉大湾磷矿床为例,结合测井曲线和钻孔简易水文观测划分灯影组含水段,证明灯影组存在含水性分段特征。

(2)钻孔物探测井和简易水文地质编录相结合的分析方法,对于贵州省内岩溶主要充水含水层厚度大、倾角陡的矿山,确定主要充水含水层的实际有效厚度,以及合理预测矿井涌水量有较大的指导意义。

(3)由于本次勘探过程水文测井数量较少,对于整个首采区灯影组含水性分段的精确划分,可能存在一定的不足。

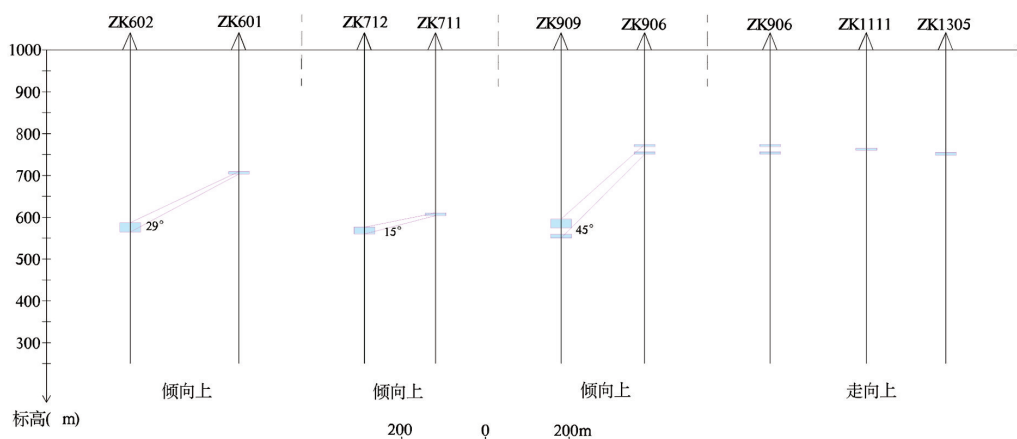


图5 灯影组含水段对比图

Fig. 5 The contrast chat of water-bearing section in Dengying formation

[参考文献]

- 地质部水文地质工程地质技术方法研究队. 1978. 水文地质手册[M]. 北京:地质出版社.
- 冯来泉. 2020. 物探测井在地热开发中的应用[J]. 地球学报, 21(2):212-215.
- 贵州省地质矿产勘查开发局 104 地质大队. 2021. 贵州省福泉市大湾磷矿勘探报告[R].
- 郭崇光,李振栓,赵莹,等. 2006. 水文地球物理测井方法与应用[M]. 北京:煤炭工业出版社.
- 姜永生. 2000. 碳酸盐岩岩层地质物性特征及水文测井方法[J]. 河北建筑科技学院学报, 17(3):83-86.
- 寇西昌. 1987. 贵州瓮福磷矿小坝矿段群孔抽水及其实用意义[J]. 贵州地质, 4(2):211-223.
- 骆森,潘和平,黄东山,等. 2004. 地球物理测井在水文地质勘察中的应用综述[J]. 工程地球物理学报, 1(2):136-145.
- 李治国. 1984. 瓮安磷矿磨坊矿段水文地质条件及矿坑涌水量估算新方法的运用[J]. 贵州地质, 1(2):77-91.
- 刘文凯,彭国林,等. 1994. 雪峰运动在瓮安白岩背斜的表现形式[J]. 贵州地质, 11(1):44-50.
- 宁黎元. 2012. 数值模拟查明地下水系统隐伏边界位置及其性质方法探讨[J]. 贵州地质, 29(1):48-51.
- 王明章,幸绍汉,王清友,等. 1991. 贵州省遵义市西北郊高坪水源地供水水文地质初勘报告[R]. 贵州省地质矿产局第二水文地质工程地质大队.
- 王明章. 1993. 贵州寒武系白云岩山间盆地型水源地混合模拟问题探讨[J]. 中国岩溶, 12(1):33-44.
- 王明章,张林,王伟,等. 2015. 贵州省岩溶区地下水与地质环境[M]. 北京:地质出版社, 2015:40-61.
- 王守国. 2010. 自然电位在水文地质测井中的应用研究[J]. 科技创新导报, 109(9):65-65.
- 王鹏,何景枝,张阳,等. 2019. 测井在水文地质勘察中的应用效果浅析[J]. 安徽地质, 29(4):293-295.

Division of Water-bearing Property with Combination of Simple Hydrogeological Logging and Borehole Logging

—Take Dawan Phosphate Mine of Fuquan for Example

XIANG Gang, ZENG Mu-dan, WANG Jia-ming, CHEN Ti-yun, HE Yong-chuan,
ZHANG Hua, YANG Zi-lin

(104 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and
Development, Duyun 558000, Guizhou, China)

[Abstract] Based on exploratory boreholes for phosphate deposits in DaWan phosphate mine of Fuquan, Combined with the geophysical well logging data and the simple hydrologic dynamic water level curve of Dengying team, Complete the division of the water-bearing section of Dengying team in the mining area, to explore the hydrogeological water-filled Aquifer Aquifer division method in mining area. Finding out the water-bearing characteristics of dengying team in mining area, providing the hydrogeological technical basis for the prediction of mine water inflow and the prevention of Concentrated Water Inrush area in the future.

[Key Words] Water Cut Division; Moving water level; Geophysical Log; Phosphate mine of Dawan; Fuquan city