

灰山矿区水文地质特征及地下水涌水量预测

刘程慧

湖南省国土空间调查监测所

摘要:灰山矿区已进入凹陷式开采阶段,受矿坑排水疏干影响,地下水运动方向发生变化,地下水向矿坑运动,形成了以采场为中心的降落漏斗。通过查明矿区水文地质条件,包括地表水系、地下水类型、含水层性质及分布、隔水层性质、断裂构造发育程度、导水性及沟通各含水层的情况,计算矿区抽水的影响半径及渗透系数,预测矿坑地下水涌水量,为矿区开采提供依据。

关键词:水文地质;地下水;含水层;隔水层;涌水量

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.05.047

一、矿区自然地理概况

灰山矿区位于湖南省临湘市,已进入凹陷式开采阶段。矿区地形属丘陵地貌,位于临湘向斜西段,地貌上为南、北低洼中间凸起的溶蚀丘陵。

矿区属亚热带季风型气候,四季分明,夏长冬短,潮湿多雨。临湘市年平均降水量1469.1mm,降水多集中在每年的4-6月,占全年降水量的54%。10年一遇的日最大降水量148.0-181.1mm。大气降水是矿区地下水的主要补给来源。临湘市年平均蒸发量1476.3mm,年平均日照时174.1天,其余时间为阴雨天。年平均气温16.4℃,最高气温40.4℃,最低气温-18.1℃,最大风速20.3m/s。

矿区整体为一向斜谷,无大的地表水体,仅在矿段南、北两侧的溶蚀谷地中分布有少量的小山塘,为农田灌溉之临时储水体。矿段南、北谷地两小溪起源于谷地小山塘或泉水,规模小,在矿区东侧汇集向东迳流,枯水季水量微小,暴雨时为两谷地泄洪通道。

二、矿区含隔水层特征

(一) 含水层特征

根据区内地层岩性和水文地质特征,地下水类型可分为松散岩类孔隙水、碳酸岩盐岩溶裂隙水两类。

1、松散岩类孔隙水

第四系松散岩层孔隙水富含水层:分布于调查区南北两侧沟谷内以及山体缓坡、坡脚等低洼地段,上部为粉砂质黏土夹岩石碎块,下部为粉砂质黏土,局部夹有薄层砂砾层;总层厚0-19.30m,含弱孔隙潜水。该层水位埋深0.00-11.00m,水位标高45.80-85.30m,矿区附近民井涌水量为0.50-0.90m³/d,渗透系数2.224-23.01m/d,直接受大气降水补给;水化学类型为HCO₃-Ca、Mg型及HCO₃-Ca型,矿化度0.335-0.916g/l,PH值6.0-8.0。

2、碳酸盐岩岩溶裂隙水

(1) 奥陶系中统宝塔组上段弱~中等岩溶裂隙含水层(O₂b²):主要岩性为灰岩夹钙质泥岩、薄层瘤状灰岩,层厚48.10m。地表岩溶及风化裂隙较为发育,岩

石出露形态呈厚层状、石牙状;裂隙发育程度受地质构造控制。

(2) 奥陶系下统大湾组弱岩溶裂隙含水层(O₁d):上部为灰色中-厚层状灰岩、含泥质瘤状灰岩;地表多为陡坡地形,接受大气降水补给条件较差,岩石出露形态以厚层状为主,少量呈石牙状,岩溶发育较弱;风化裂隙较为发育,地表未见出露泉井;单位涌水量0.003-0.348L/s·m,渗透系数为0.007-0.333m/d。富水性较弱-中等,属以溶蚀裂隙为主的弱-中等含水层。下部为泥质瘤状灰岩夹黄绿色板岩,岩层泥质成分高,含(透)水性弱,可视为相对隔水层。

(3) 奥陶系下统红花园组中等岩溶裂隙含水层(O₁h):主要岩性为灰色中-厚层状灰岩,层厚251.70m。地表岩溶及裂隙发育,岩石出露形态多呈石笋状、石牙状及箱状,出露泉水流量为0.45-1.58L/S。

(4) 奥陶系下统桐梓组弱岩溶裂隙含水层(O₁t):主要岩性为灰色中-厚层状白云质灰岩夹灰岩,层厚234.30m。近地表节理裂隙发育,随深度增加而逐渐减弱。偶见少量裂隙有渗水现象,岩溶不发育。

(5) 寒武系上统娄山关组中等岩溶裂隙含水层(Є₃l):主要岩性为灰色块状灰质白云岩、白云岩,夹角砾状白云岩,层厚640.40m。地表岩溶发育,出露形态多呈石笋状、漏斗状裸露,出露泉水流量为0.1-1.24L/S。

(二) 隔水层特征

奥陶系中统宝塔组下段,主要岩性为页岩,属不透水岩层,隔水性能好。奥陶系中统牯牛潭组岩性为紫红色泥质瘤状灰岩,岩石泥质成分高,结构致密,空隙小,连通性差,透水性弱,为相对隔水层。

寒武系下统石牌组上部为灰色中层状泥质条带灰岩夹钙质板岩,中部为粉砂岩,粉砂质板岩与板岩,下部为钙质板岩夹泥晶白云岩与灰岩,岩层泥质成分高,结构致密,含(透)水性弱,可视为相对隔水层。

闪长岩脉岩石裂隙不发育,结构致密,空隙小,含(透)水性弱,为隔水层。

(三) 水力联系

1、覆盖层与基岩之间的水力联系

矿区范围内地表覆盖层主要由第四系坡残积、冲洪积成因的粉砂质黏土、砂砾层组成,厚度主要为0.5-19.30m。属可塑-硬塑的中等压缩性土,渗透系数为渗透系数2.224-23.01m/d,属于中等含(透)水性地层。同时,矿区接受大气降雨补给,直接与下部基岩含水层接触,中间无隔水岩层存在,地表水通过节理裂隙及溶洞、溶蚀裂隙垂直下渗补给基岩含水层,水力联系密切。

2、基岩之间的水力联系

矿区内基岩地下水主要为碳酸盐岩溶洞水、岩溶裂

隙水，为矿坑充水重要来源之一。各含水岩层之间无连续隔水岩层，节理裂隙发育，岩溶中等发育，水力联系密切。采坑内沿断层面未见渗水现象，地球物理勘探显示为连续高阻体，为相对隔水断裂，受断裂阻水影响，矿区分为东西两个独立含水水体，相互水力联系不密切。

(四) 断裂构造含(隔)水性特征

区内断裂构造发育主要有两种类型，一类为矿区含水导水构造，一类为弱含水弱倒水相对隔水构造。断层主要发育有北东向、北西向、北西西向三组，多数断层导水性好，为矿区地下水径流的主要通道，断层之间相互沟通，在主干断裂汇集。

部分平移断层泥质充填，部分断层充填角砾，角砾以灰岩为主，见少量石英、硅质岩角砾和页岩碎片，胶结致密，硅化强烈，为弱含水、弱导水构造及相对隔水构造。

三、地下水补、径、排条件及地态特征

区内地下水补给来源为两个方面：一为大气降水，是地下水的直接补给源，大气降雨后通过土壤的孔隙或基岩的节理裂隙下渗补给地下水，为区内地下水的主要

补给来源；二为老采坑积水及水塘等地表水体，是通过基岩节理裂隙渗漏补给地下水，是矿区地下水的补给源之一。

天然状态下，地下水通过基岩节理裂隙及溶洞、溶隙向地形低洼处径流。目前矿区正在进行凹陷式开采，受矿坑排水疏干影响，地下运动方向发生变化，地下水向矿坑运动。目前矿区东西两端大部分泉水均已被疏干，形成了以采场为中心的降落漏斗(见图1)。

四、地下水涌水量预测

矿床的充水因素主要为大气降水和地下水，其次为地表水体，包括老采坑积水、水塘等。矿床为凹陷式露天开采，矿坑水接受大气降水直接补给，是矿坑充水的重要来源。灰岩矿层产于构造、溶蚀裂隙较发育的碳酸盐岩裂隙溶洞含水层中。采坑四周岩层岩溶裂隙水及溶洞水渗漏补给矿坑水，是矿坑充水的重要来源；地表水体以及老采坑积水通过渗漏补给矿坑水，是矿坑充水来源之一。

(一) 计算原则

(1) 矿山开采为凹陷露天开采，各采场之间仅保

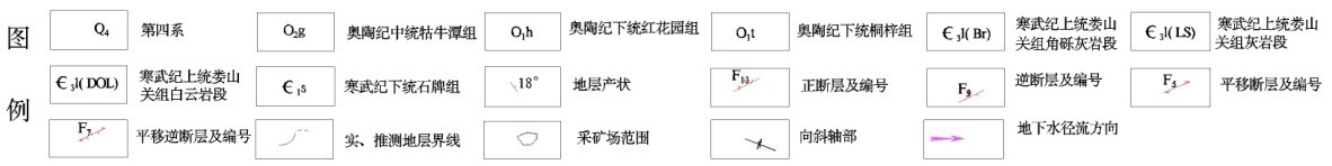
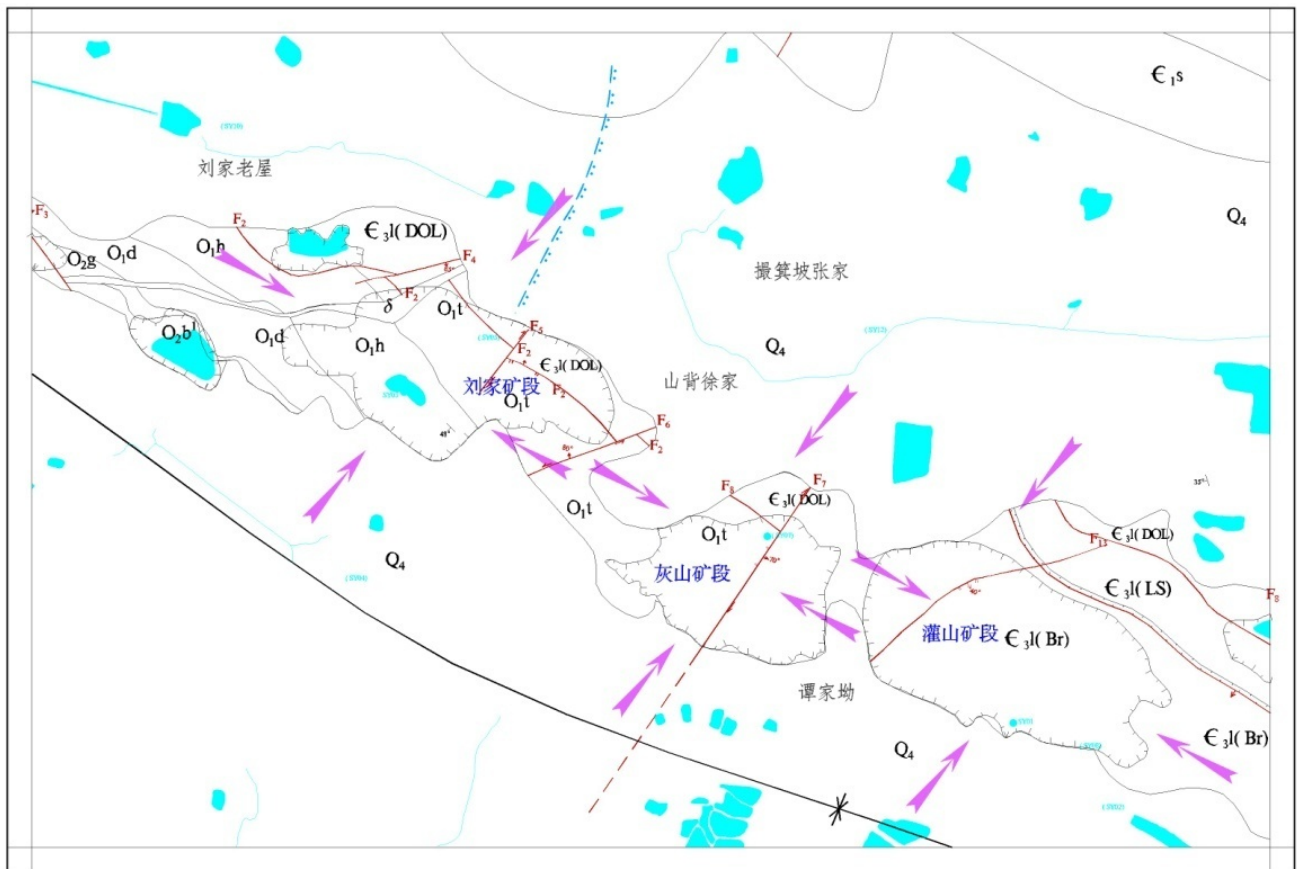


图1 矿山地下水流场现状图

留配套设施保护矿柱，三个采场同步往下开拓时，区内无完整隔水层，各采场之间水力联系密切，故视作一个大井分别按+20m、0m、-20m三个开采标高进行露采场涌水量预测。

(2) 矿区外围无完整隔水层分布，故可视为无限含水边界。据区域资料，岩溶发育深度在-100m左右，而采场最低为-20m，上部无隔水层，故上下边界为潜水有限厚度边界条件。

(二) 预测方法的选择

目前本矿区开采方式为露天开采，且当前采场最低开采面均已低于本区静止水位面标高，根据水工环勘查资料及矿山资料，地下水涌水量采用大井法进行预测。

对于地下水涌水量，本矿区预测方法选择大井法。各采场之间仅保留配套设施保护矿柱，三个采场同步往下开拓时，区内无完整隔水层，各采场之间水力联系密切，故视作一个大井。虽然矿坑的形状不规则，但在理论上可将形状复杂的采坑系统看成是一个大井在工作，采坑面积相当于大井的面积，整个采坑的涌水量，就相当于大井的涌水量，从而可以近似应用裘布依的稳定流基本方程计算矿坑涌水量。

本区为露天开采，上部覆盖层已剥采。根据地质勘查资料分析，地下水属于承压转无压类型，本次选用无限边界承压转无压公式计算矿山涌水量。即：

$$Q = \frac{1.366K(2H-S)S}{\lg(R_0/r_0)}$$

$$R = 2S\sqrt{HK}$$

$$r_0 = \sqrt{F/\pi}$$

$$R_0 = R + r_0$$

式中：

- Q—标高涌水量，m³/d；
- K—渗透系数，m/d；
- H—潜水含水层厚度，m；
- R—影响半径，m；
- S—水位降深；m；
- r₀—引用大井半径，m；
- R₀—引用影响半径，m；
- F—巷道垂直投影面积，m²；

(1) 渗透系数(K)。矿区下伏岩性为奥陶系下统和寒武系娄山关组碳酸岩，取渗透系数值K=0.151m/d。

(2) 潜水含水层厚度(H)。静止水位至各开采平面标高之差。静止水位标高为74.7 m。

(3) 引用大井半径(r₀)。根据露天采场的平面面积求取大井半径；

(4) 水位降深(S)。即静止水位标高与各开采标高之差。

(5) 影响半径(R)。根据各开采标高的水位降低带入公式分别计算影响半径。

(6) 引用影响半径(R₀)。经计算出的各开采标高影响半径加上各开采标高的引用大井半径。

(7) 采场最大涌水量：结合湖南矿山矿床取值正常涌水量的1.5-2.0倍作为矿坑最大涌水量计算，本矿区地处湘北洞庭湖区及水文地质条件，取平均值1.75倍预测各开采标高最大涌水量，即Q_{max}=Q×1.75。

将各相应参数代入公式中，求得出各中段预测的地下水涌水量：

五、结语

矿区为溶蚀丘陵地貌，部分矿体位于地下水位和当地侵蚀基准面以下。矿区地层岩性以碳酸盐为主，岩溶发育。区内降雨量较大，入渗强烈，直接补充地下水。地下水主要在溶洞发育带富集，溶洞之间由溶隙、构造裂隙沟通。溶洞充水是矿山的重要充水因素。大气降雨亦为矿山的重要充水因素。

根据大井法的计算结果，本次预测矿山20m标高地

表1 矿山地下水涌水量预测表

预测标高	k	R	r ₀	R ₀	H	S	Q	Q _{max}
	m/d	m	m	m	m	m	m ³ /d	m ³ /d
20	0.151	314	781	1096	54.7	54.7	4202	7352.9
0	0.151	502	781	1283	74.7	74.7	5342	9349.3
-20	0.151	716	781	1497	94.7	94.7	6546	11456.3

下水正常涌水量为4202m³/d，最大涌水量为7352m³/d；0m标高地下水正常涌水量为5342m³/d，最大涌水量为9349m³/d；-20m标高地下水正常涌水量为6546m³/d，最大涌水量为11456m³/d，可供今后矿山建设设计参考利用。

参考文献

[1] 谭稳. 临湘市灰山矿区水泥用石灰石矿水文地质

工程地质勘查报告. 2020. 05.

[2] 王欣然. 水文地质勘查技术在污染场地环境调查中的应用[J]. 世界有色金属. 2020(03): 150-151.

[3] 朱志军, 韩丽. 浅析水文地质评价在工程勘查设计中的作用[J]. 西部资源. 2019(04): 120-121.