

# 比拟法在矿区矿坑涌水量预测应用实例

黄卓广<sup>1</sup>, 黄钟煊<sup>2</sup>, 黄梅新<sup>3</sup>

(1. 广东省有色地质勘查局九三五地质大队, 广东 惠州 516008; 2. 广东省惠州市惠城区建筑工程监督站, 广东 惠州 516008;  
3. 广东省惠州市东江建安集团总公司, 广东 惠州 516001)

摘要: 通过工程实例, 介绍比拟法计算坑涌水量的具体方法。

关键词: 含水量; 矿坑涌水量; 渗透系数

## 1 工程概况

场区位于广东省广州市花都区, 该区为丘陵山地, 四面环山盆地地貌, 相对高差 346.70m。

矿段属亚热带海洋性气候, 据花都区气象局 2000 年前 20 年观测资料, 年平均气温 21.7℃, 最低气温 0.4℃, 最高气温 38.1℃, 以 1 月份气温最低, 7~8 月份最高。年降雨量 1194.30mm(1993 年)~2403.70mm(1997 年), 年平均降雨量为 1843.70mm, 4~8 月雨量最多, 月最大降雨量 573.00mm, 日最大降雨量 269.50mm(1997 年), 时有台风暴雨, 连续七日最大降雨量 344.00mm, 连续降雨最长为 37 天。但日平均降雨量很小, 平均为 4.68mm。

矿段地貌基本形态为山间小盆地, 地形有利于地表水的汇集。中洞水库位于矿段中南部, 地表汇水面积 3.48km<sup>2</sup>, 总库容 282×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>, 正常蓄水库容 214×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>, 正常蓄水位标高 20.00m, 最高洪水位标高 20.30m, 死水位标高 10.80m。

## 2 地下水类型及含水层特征

矿段内主要含水层为石炭系下统石磴子组第二段(C<sub>1</sub>dsh<sup>2</sup>)灰岩, 地下水类型属碳酸盐岩类岩溶裂隙水, 次为矿床外围石灰

系下统测水组(C<sub>1</sub>dc)石英砂岩和三叠系上统小坪组(T<sub>3xp</sub>)砂岩含水层, 地下水类型属层状岩类裂隙水。分述如下:

(1) 碳酸盐岩类岩溶裂隙水层: 岩溶裂隙水主要赋存于矿段中部石磴子组第二段(C<sub>1</sub>dsh<sup>2</sup>)岩溶裂隙中, 为矿床主要充水水源。含水层灰岩倾向北东为主, 倾角 30°~50°, 局部受构造影响, 倾角 70°~88°。该层北部和西部与三叠系小坪组呈不整合接触, 为埋藏型岩溶裂隙含水层; 中部多为第四系土层所覆盖, 属隐伏型岩溶裂隙含水层。从采坑和钻孔岩芯可见, 大量的裂隙已被后期的碳酸钙质充填, 仅少量裂隙未被充填。岩溶裂隙主要发育于标高-50m 以上, 岩溶率 5.72%, 含水层平均厚度 65.83m。标高-50~-80m 岩溶及渗透裂隙不发育, 岩溶率 1.18%, 岩体完整, 含水性弱, 可视为弱含水段。据 CK13 采坑泉 1 所测, 枯水期泉流量 0.091L/s, 丰水期泉流量 1.046L/s, 灰岩含水层富水性弱; 据 CK13 采坑 ZK4004、ZK4204 孔简易抽水试验结果, 单位涌水量 0.010~0.614L/s·m, 含水层渗透系数 0.030~0.865m/d, 灰岩含水层富水性及透水性较弱, 且具不均匀性。

ZK4004、ZK4204 孔简易抽水试验结果见表 1。

表 1 ZK4004、ZK4204 孔简易抽水试验结果表

孔号	孔深 (m)	钻孔半径 r(m)	静止水位 (m)	降深 S (m)	含水层厚度 H(m)	涌水量 Q (m <sup>3</sup> /d)	影响半径 R(m)	渗透系数 K(m/d)	计算公式
ZK4004	125.11	0.055	15.61	2.67	65.61	141.6	40.23	0.865	$K=0.732Q(\lg R-\lg r)/(2H-S)S$
ZK4204	115.08	0.055	2.12	37.50	52.12	32.0	93.78	0.030	$R=2S\sqrt{HK}$

(2) 层状岩类裂隙水层:

① 测水组(C<sub>1</sub>dc)砂岩裂隙水层: 主要分布于矿段东南部罗山岭一带。浅部岩体破碎, 裂隙较发育, 含裂隙水, 含水层平均厚度 12.50m。雨季见泉水出露, 据前人测定, 泉流量为 0.022~0.755L/s, 旱季泉水干涸, 富水性弱;

② 小坪组(T<sub>3xp</sub>)砂岩裂隙水层: 分布于矿段北部中洞岭一带, 南部龙凤中—山口岭一带。砂岩倾向北东, 倾角 30°~44°, 浅部岩体破碎, 裂隙发育, 含裂隙水, 含水层平均厚度 31.64m。雨季在采坑与灰岩接触处, 多见裂隙泉水溢出, 据前人测定, 泉流量为 0.0186~2.473L/s, 旱季泉水干涸; 富水性弱, 局部中等。

(3) 隔水层: 矿段四周环山, 自然地形形成了矿段良好的隔水边界。矿段范围内相对隔水层有石炭系下统石磴子组中的第一段泥灰岩夹页岩, 测水组中的砂页岩和页岩, 三叠系小坪组中

的粉砂质页岩及底部碳质页岩夹层和第四系覆盖层。

(4) 岩溶、构造破碎带发育程度及含水性、导水性: 从采坑 CK12~CK15 揭露的情况观察, 采坑的顶部与三叠系交界面不平整, 溶槽、溶沟、石芽、溶蚀沟随处可见, 灰岩顶板岩溶发育; 根据矿段钻孔揭露统计, 钻孔见洞率 45.45%, 溶洞一般分布在 15~-15m 标高段, 岩溶率为 8.06%, 表明该标高段岩溶发育。岩溶洞高多为 0.20~4.20m, 个别大于 5.00m, 最大洞高 9.67m, 洞内多数被砾质粉质粘土或碎砾石充填, 含水性较差, 少量未被充填, 含水性较好。ZK4406、ZK3804 孔抽水无水, 表明浅部岩溶与中部岩溶的连通性较差。

## 3 水文地质条件

(1) 补给条件: 中洞矿段属亚热带气候区, 四季分明, 温和湿润, 雨量充沛, 年降雨量 1194.30~2403.70mm, 为矿坑地下水的

补给提供了充足的水源。矿段四面环山,地貌形态为山间小盆地,地形有利于地表水的汇集,而不利于地下水的自然排泄。地下水主要来自大气降雨补给。矿段中部分布有中洞水库,集水面积较大,雨季库区地表水位升高,蓄水量增大,可为地下水补给提供少量水源。

(2) 径流、排泄条件:矿段内基本形成一个独立的水文地质单元,天然状态下,补给区、排泄区与径流区基本一致。周边地形坡度较陡,大气降雨大部分沿地表向中部径流汇集,少部分渗入砂岩裂隙中由高向低径流补给地下水,局部在坡脚及采坑周边以泉的形式或沿裂隙发育带溢出排泄;矿段中部地形较平缓,第四系覆盖层厚度较大,渗透性差,大气降雨多沿地表排走,降雨的渗入补给量较少;矿床灰岩含水层岩溶裂隙较发育,但连通性较差,地下水径流条件较差。矿段内有多处采坑正在开采,采坑的疏干排水将局部人为地改变地下水的径流、排泄条件。由矿段钻孔所测地下水水位可知,天然状态下地下水总的流向是由北东向南西,通过水库大坝沟口以地下径流形式流出区外。

(3) 地下水动态变化:矿段地下水原天然状态下一般具承压性,地下水水位季节变幅不大,现由于受多处采坑疏干排水的干扰影响,水位变幅较明显,旱季地下水水位下降,层状岩类裂隙泉水干涸,渗透补给量减少,雨季渗透补给量增加,地下水水位上升。ZK3810和ZK3806钻孔作为长期观测孔,测得钻孔水位为14.29~14.78m和15.58~16.82m,变化幅度0.49~1.24m,增加ZK4204自流钻孔为临时观测孔,测得钻孔水位为1.99~2.13m,变化幅度0.14m。

(4) 地表水、地下水化学特征:水库地表水经取水样分析,水化学类型属低矿化 $SO_4-Ca \cdot Na$ 型水;三迭系上统小坪组砂岩裂隙水经取水样分析,水化学类型属低矿化 $SO_4 \cdot Cl-Mg$ 型水;据前人资料,石炭系下统测水组砂岩裂隙水水化学类型属 $HCO_3 \cdot SO_4-Ca$ 型水;灰岩岩溶裂隙水经取水样分析,水化学类型属 $SO_4 \cdot HCO_3-Ca \cdot Na$ 型水。

#### 4 矿坑涌水量预测

(1) 矿坑充水因素:矿坑主要充水因素有露天采场的大气降水和地下水水源,次为地表水水源。

① 大气降水:矿坑露天开采时,大气降水可直接落入矿坑,成为矿坑充水的主要水源。矿坑涌水量与降雨量密切相关,雨季充水量增加,尤其暴雨对矿坑充水往往构成较大的威胁。

② 地下水:矿坑露天开采揭露了灰岩含水层,储存于灰岩含

水层中的地下水成为矿坑主要和直接的充水水源,从采坑的开采情况看,采坑地下水的涌水量较小,对矿体开采不构成威胁。采坑涌水量调查情况见表2;

表2 采坑涌水量调查情况表

采坑 编号	开采面积 ( $m^2$ )	目前开采 标高(m)	矿坑涌水量 Q 小值		矿坑涌水量 Q 大值	
			(L/s)	( $m^3/d$ )	(L/s)	( $m^3/d$ )
CK13	52000	+1.30	0.221	19.10	2.172	187.66

③ 地表水:矿坑虽距中洞水库较近,但因覆盖土层的厚度较大,土的渗透性较差,水库地表水体与地下水无直接的水力联系,一般认为分布有厚度大于5m的粘性土相对隔水层时,可有效地阻止地表水进入矿坑,且矿坑开采后,水库的汇水条件也发生改变,蓄水量大大减小,地表水渗入补给地下水汇入矿坑的水量不大,为矿坑充水的次要因素。

(2) 矿坑涌水量预测:

① 大气降雨充水量:依据公式:

$$Q = F \cdot A \cdot \phi / 1000 + F_0 \cdot A / 1000$$

式中:Q——大气降雨时流入矿坑的水量, $m^3/d$ ;

$F_0$ ——按可采边界圈定的矿坑面积, $m^2$ ;

F——扣除矿坑面积外的集水面积, $m^2$ ;

A——日降雨量,mm;

$\phi$ ——大气降雨地表径流系数,取0.6。

② 地下水涌水量:根据水文地质条件相似的邻近东方红采矿坑露天开采的实际排水资料,采用比拟法来预测新建矿坑的涌水量。

一般关系式为:

$$Q_2 = Q_1 (2H_2 - S_2) r_2 S_2 / (2H_1 - S_1) r_1 S_1$$

式中: $Q_2$ ——预测新建矿坑的涌水量, $m^3/d$ ;

$Q_1$ ——生产矿坑的涌水量, $m^3/d$ ;

$r_2$ ——新建矿坑的引用半径, $m^2$ ;

$r_1$ ——生产矿坑的引用半径, $m^2$ ;

$S_2$ ——新建矿坑的水位降深,m;

$S_1$ ——生产矿坑的水位降深,m;

$H_2$ ——新建矿坑的水头值,m;

$H_1$ ——生产矿坑的水头值,m。

计算参数见表3。

表3 计算参数表

生产矿坑涌水量		生产矿坑引用		CK13 矿坑引用		生产矿坑水位降		CK13 矿坑水位降		生产矿坑水头值		CK13 矿坑水头值	
$Q_1 (m^3/d)$		半径 $r_1 (m)$		半径 $r_2 (m)$		$S_1 (m)$		$S_2 (m)$		$H_1 (m)$		$H_2 (m)$	
平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大
616	3828	280		228		24.75	33.05	65.42	70.3	57.25	70.3	65.42	70.3

计算结果CK13在-50m平均涌量 $Q_2 = 966.43 m^3/d$ ;CK13在-50m最大涌量 $Q_2 = 4333.89 m^3/d$ 。

注:生产矿坑涌水量均值采用详查阶段所测涌水量的平均值,最大值采用前人所测涌水量数值。

由大气降雨充水和地下水涌水量的计算结果,初步推荐矿床开采至-50m标高时,矿坑正常涌水量为 $2220.67 m^3/d$ ,最大

涌水量 $76559.89 m^3/d$ 。

参考文献:

[1] 水文地质手册[M].地质出版社,1978.

[2] 广东省广州市花都赤坭石灰岩矿区中洞矿段水泥灰岩矿详查地质报告[R].广东省地质勘查局七〇三地质大队,2004.