

* 山东省郯山稀土矿矿区西部水文地质条件分析

朱昶¹, 刘怀思¹, 王强², 张立¹, 宋帅良¹, 马腾¹

(1. 山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 兖州 272100; 2. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013)

摘要:通过地球物理勘探、水文地质调查、钻孔和抽水试验,结合区域水文、气象和地质等资料,对矿区西部的水文地质条件有了初步认识。区内将含水岩层划分为松散岩类孔隙含水岩层和岩浆岩类裂隙含水岩层;选用“大井法”与“比拟法”相对比,以“大井法”为主对矿坑涌水量进行了预测;通过水质分析结果,认为自然条件下微山湖地表水体对矿坑充水无补给作用。

关键词:稀土矿;含水层;地表水体;矿坑涌水量预测;郯山;山东省

中图分类号:P641

文献标识码:B

山东微山湖稀土有限公司郯山稀土矿为生产矿山,矿山西部矿产资源尚未开发利用,由于生产矿山在掘进施工中实际矿坑排水量与原地质报告预测涌水量相差甚大且矿区西部紧邻微山湖,研究矿区西部水文地质条件,对于矿区西部未来的开发利用方案设计具有重要意义^①。

1 矿区西部水文地质概况

区内属暖温带大陆性季风气候,四季分明,年平均降水量 842.3 mm,日最大降水量 148 mm,年蒸发量 1 622.5 mm;微山湖为矿区附近的主要地表水体,湖面面积 1 300 km²,流域面积 31 700 km²,全湖防洪库容 47.31 亿 m³,常年湖水水位标高 32 m 左右,年变化幅度 1~2.5 m,历年最高洪水水位达 36.99 m(1935年9月)。

矿区西部地处微山东岸湖积平原水文地质区的西部边缘,为地下水排泄区,区内第四系松散岩类岩层分布较广,厚度一般在 0.5~3.5 m,滨湖地带厚 4~5 m,由东向西逐渐增厚,富水性差。分布在单元内的裂隙水富水性不均,裂隙地下水的补给主要来源于大气降水和西南、北西河水的渗漏补给,根据原 ZK86 多孔抽水试验,降落漏斗呈 NW—SE 向的椭圆形展布(图 1)。

2 含水岩组划分及地下水赋存特征

根据区内含水介质地层岩性组合特征及地下水赋存条件、富水程度,将含水岩层划分为:松散岩类孔隙含水岩层、岩浆岩类裂隙含水岩层。

2.1 第四系松散岩类孔隙含水岩层(I)

该含水岩组为冲洪积堆积物,发育广泛,位于北部、东部及河流两侧地带,成分为砂砾石及钙质结核砂质粘土组成,厚度不大,厚度一般 0.5~2.0 m。位于湖滨区第四系厚 0.3~5.0 m,为湖积黑色淤泥和棕红色砂质粘土,大部分由于位于地下水位之上,形成透水而不含水的相对隔水层,单位涌水量小于 0.1 L/s.m,为弱富水区,地下水类型为 HCO₃·Cl-Ca 型水,矿化度大于 1.0 g/L。

2.2 岩浆岩类裂隙含水岩层

(1) 岩浆岩风化裂隙含水岩层弱富水区(II1)

该含水岩层主要为花岗闪长岩,均分布于矿床区和矿床的东北部,次为霓辉石英正长岩、黑云斜长角闪岩、闪长玢岩等,裂隙较发育,单位涌水量 0.002~0.07 L/s.m,渗透系数 0.02~0.146 m/d,为弱富水区,水化学类型为 HCO₃·Cl-Ca 型水,因含水层位于上部风化层中,受钙质淋滤作用,地下水矿化

* 收稿日期:2012-11-23;修订日期:2013-03-14;编辑:曹丽丽

作者简介:朱昶(1981—),男,山东微山人,工程师,主要从事水工环地质勘查及评价工作;E-mail:zhuchangh@163.com。

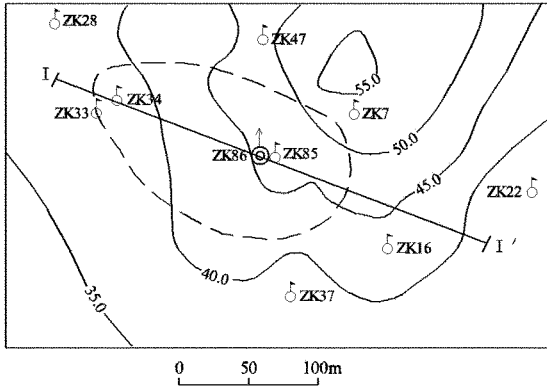
①山东省鲁南地质工程勘察院,徐迎臣,朱昶,马腾,等,山东微山湖稀土有限公司郯山稀土矿矿区西部水文地质调查报告,2012年。

度略高,矿化度大于 1.0 g/L。位于深部水质较好矿化度小于 1.0 g/L。

(2)岩浆岩风化裂隙含水岩层中等富水区(Ⅱ2)

该含水岩层分布在区内田楼北部刘傲村一带,岩性为花岗闪长岩,水位埋深 3.00 m,单位涌水量

0.1~1.0 L/s·m,民井单位涌水量最大可达 10.00 m³/d·m,随季节性变化明显,属含水极不均匀的裂隙水。含水层富水性中等,属富水性不均匀的裂隙水,也是该区的主要含水层。水质类型为 HCO₃·Cl-Ca,矿化度小于 1.0 g/L。



ZK86孔抽水试验降落漏斗平面示意图

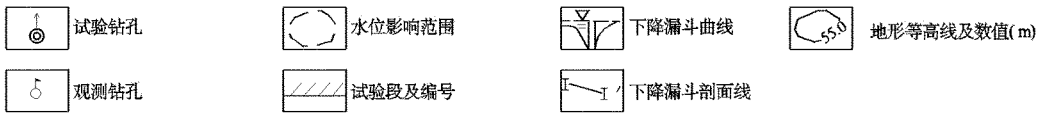
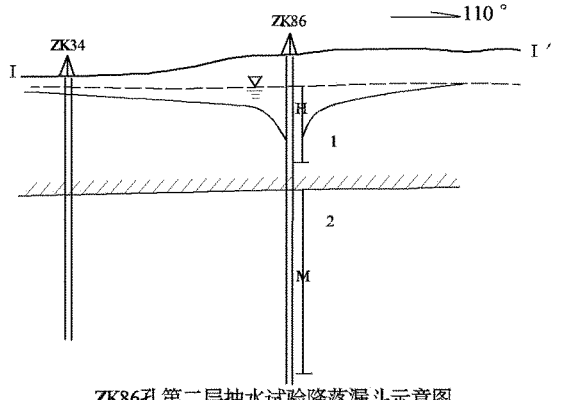


图 1 ZK86 孔抽水试验降落漏斗平面示意图



ZK86孔第二层抽水试验降落漏斗示意图

3 构造水文地质特征

断裂构造对地下水有较强的控制作用^[1,2],矿床内共分布有 F1,F2,F3,F4,F5,F6 断层,其中 F1,F2 走向 NW,倾角 75°,F6 走向 NE,倾角 70°~80°,均为压扭性逆断层,断裂破碎带为绢云母、绿泥石化矿物充填,受挤压弯曲变形并有斜列擦痕,为阻水断裂;2011 年当坑道揭露 F3 断层时垂向上勾通了浅

层地下水,,西部部分村民压水井干枯无水,F3,F4,F5 均为 NW 向张性正断层,倾向 SW,倾角 60°~80°,表现为上盘裂隙发育透水,下盘岩石完整,裂隙不发育无水现象。F6 在坑道揭露时上下盘均无水。根据物探资料在西部 F1,F2 断层两侧为低阻带,岩石完整,富、导水性较差,为隐伏阻水构造,说明在矿床内分布的逆断层均为阻水断层(图 2),对矿床开采影响较小。

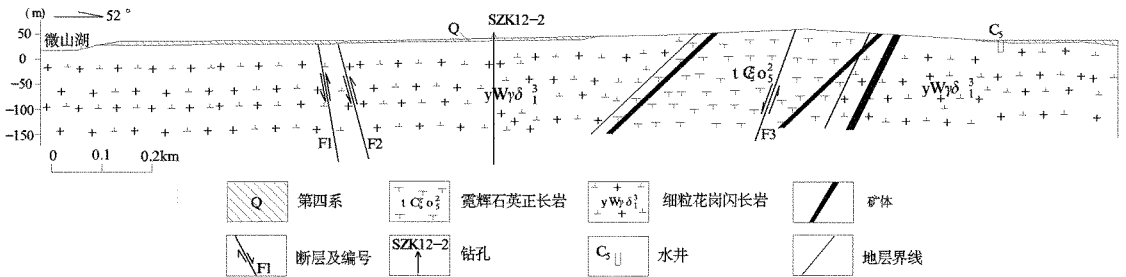


图 2 断裂构造阻水示意图

3.1 构造裂隙水子系统

裂隙含水岩组是祁山稀土矿矿区裂隙水系统的主要构成,主要含水层为花岗闪长岩,构成了裂隙水系统的主要的直接补给区。构造裂隙是地下水的主要储水空间及传输通道,由于其分布不均,含水岩层富水性差异较大。在-40 m 及-100 m 坑道中断层上盘涌水量 792.6 m³/d,受 F3 断裂影响坑道下盘 4 号、5 号脉坑道则无水。子系统裂隙水均为潜水状态,水质良好,矿化度小于 1.0 g/L,为 HCO₃·Cl-Ca 型水。

3.2 水动力特征

裂隙水系统是以裂隙的沟通、张扭及压扭为主裂隙构成的地下网络系统,水流渗流性质,流态以层流为主。地下水水力坡度在汇集区的强径流带受坑道排水影响大于 5×10⁻³。由于断层的阻隔、长期坑

道排水降落漏斗形成及裂隙发育不均匀性,无统一的区域水位。

4 水文地质试验

矿区西部 SZK12-2 钻孔进行了分段抽水试验^[3],分别为+29.91~-20 m 标高段、-20~-118 m 标高段、-118~-468 m 标高段(图 3、图 4、图 5),从 3 张曲线图中可以看出,水位降深与涌水量均比较稳定,但涌水量自上而下逐渐增大,单位涌水量也随之增大。中段抽水试验经计算渗透系数较大,是由于标高-52~-80 m 见有 2 处破碎段,裂隙发育,含水性较好,未有与断裂构造相沟通,主要是先期构造压扭活动和后期张扭构造活动造成坚硬岩石破碎,而形成裂隙发育破碎带,为储水并导水性较好的含水段。

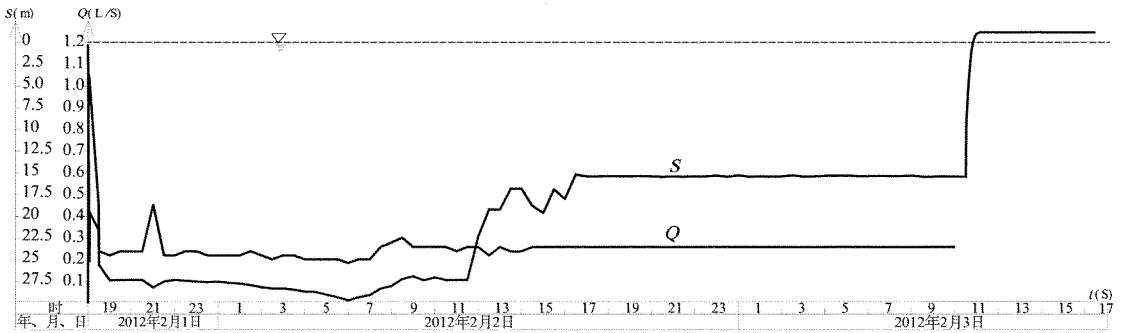


图 3 -20 m 标高段以上抽水试验段 QS—f(t) 曲线图

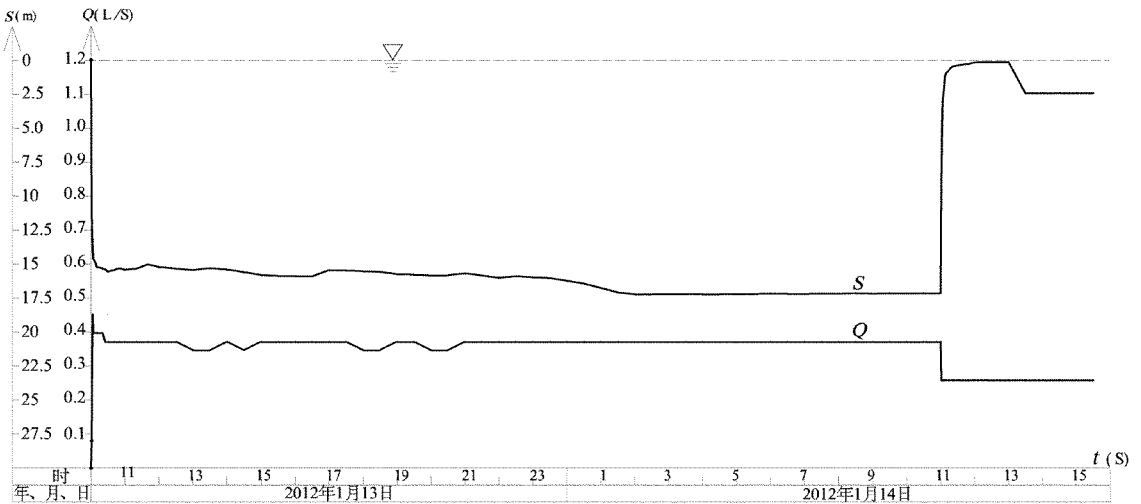


图 4 -20~-118 m 标高段抽水试验段 QS—f(t) 曲线图

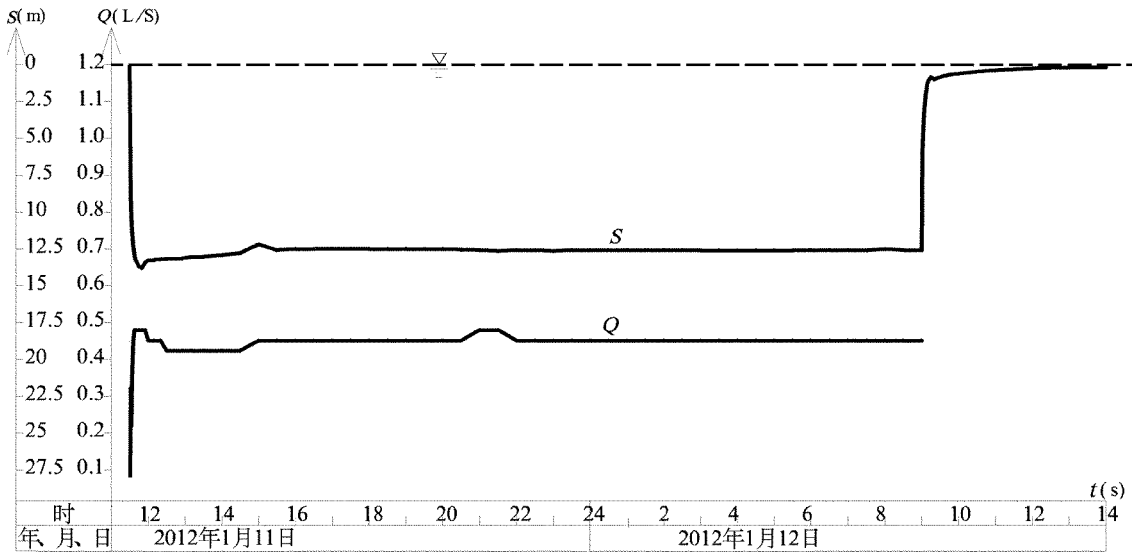


图 5 -118~-468 m 标高段抽水试验段 QS—f(t) 曲线图

5 矿井坑道涌水量预算

5.1 矿床充水因素分析

该矿床产于泰山岩群黑云斜长片麻岩和火成岩系岩层中,大部分埋藏于湖水位标高以下。依据矿床的埋藏条件及构造水文地质条件,矿床充水因素上部主要为风化层中潜水充水,下部为构造裂隙充水,西部沟渠渗漏充水。

5.2 边界条件的确定

该矿床含水层呈带状 NW—SE 向展布,围岩为花岗闪长岩出露,含水层为郟山丘陵降水补给及沟渠渗漏补给,西部虽为微山湖地表水体,但有隐伏 F1, F2 断层阻隔, F3, F4, F5, F6 断层均被矿床开采坑道所穿过揭露,其他三方向均为无限边界条件。通过抽水试验和水位观测,风化层裂隙水与下部脉状裂隙水有着直接水力联系,因此下部并无完整的隔水底板,相对完整段岩石作为隔水层,并且深部含水带具有微承压性。

预测矿体及矿体顶底板涌水量,以稳定流抽水试验进行计算,矿体为半隐伏陡倾斜的脉状矿体,矿体埋藏延伸较深,赋存于泰山岩群黑云斜长片麻岩和火成岩中,上部第四系较薄,以 SZK12-2 孔地面标高为基础,地下水水位标高 +30.62 m,下部确定开采地段开采水平标高 -500 m 原则计算,依照矿体的 NW—SE 走向和分布,涌水量预测范围大致为

NW—SE 向展布的不规则多边形,考虑到 F1, F2 断裂边界的阻水,采用深部多条巷道开采,经综合分析,采用稳定流裘布公式(单边阻水大井法)计算和比拟法计算^[4,5]。

(1)大井公式:

$$Q = 1.366K \frac{(2H - m)m}{2\lg R_0 - \lg 2r}$$

$$Q_{\max} = 1.3 \times 1.366K \frac{(2H - m)m}{2\lg R_0 - \lg 2r}$$

$$R = 10S \sqrt{K}$$

式中:Q 为坑道正常涌水量(m³/d);Q_{max} 为坑道最大涌水量(m³/d);K 为渗透系数(m/d);S 为水位降深(m);H 为水柱高度(m);m 为含水层厚度(m);R₀ 为引用影响半径(m);r 为大井半径(m)。

(2)比拟公式为

$$Q = Q_0 \frac{S}{S_0}$$

式中:Q 为预测标高坑道正常涌水量(m³/d);Q₀ 为已生产坑道正常涌水量(m³/d);S 为预测标高水位降深(m);S₀ 为已生产坑道标高水位降深(m)。

(3)计算参数的确定

K 为坑道渗透系数 0 m 标高以上,采用原普查勘探报告 ZK52, ZK58, ZK78 钻孔渗透系数的平均数 K=1.171 m/d 与 SZK12-2 孔抽水试验平均值确定, K=0.604 m/d。0 m 标高以下采用 SZK12-2 孔抽水试验平均值确定。S 为根据 SZK12-2 钻孔稳定水位标高确定为 30.62 m;R₀ 为选用库萨金

公式 $R_o = 10 \cdot S \sqrt{K} + r_o$ 进行计算,考虑到疏干水平不同,令 $S = H$; r_o 为大井几何图形(不规则多边形),故采用:

$$r_o = \frac{\rho}{2\pi}$$

式中: $\rho = 46100$ (m) 为大井计算范围周边长; M 为选用 SZK12-2 钻孔揭露的试验段含水层厚度 (m); Q_o 为依据 -160 m 中段坑道涌水量确定; S_o 为根据 SZK12-2 钻孔稳定水位标高确定为 30.62 m。

(4) 预测结果评述

通过对坑道的充水因素分析,已查明矿床充水来源,一是大气降水补给,二是矿体及其顶、底板围岩裂隙含水层自身充水。由于采用坑道开采方式,因此对各水平坑道涌水量进行预测(表 1)。

表 1 坑道涌水量预测结果

预测位置	坑道预测标高 (m)	渗透系数 (m/d)	大井半径 (m)	含水层厚度 (m)	水位降深 (m)	水柱高度 (m)	大井影响半径 (m)	大井引用半径 (m)	涌水量	
									正常 (m³/d)	最大 (m³/d)
	K		γ	M	S	H	R	R_o	Q	Q_{max}
单边阻水大井法	0	0.604	734	29.91	29.91	29.91	254	988	262	341
	-100	0.146		126.91	130.19	130.19	460	1194	1131	1470
	-200	0.024		178.61	230.62	230.62	1085	1819	494	642
	-300			233.07	330.62	330.62	1700	2434	756	983
	-400	0.02		307.11	430.62	430.62	2527	3261	1204	1565
	-500		316.57	530.62	530.62	3457	4191	1579	2053	

5.3 矿床开采涌水量分析对比

郓山稀土矿山 1971 年始该矿由微山县建成小型稀土矿山进行开采,因稀土矿尚未进行 -160 标高以下深部开采和开拓,只是浅部的 -40 m, -100 m,

-160 m 巷道掘进中; -40 m 与 -100 m 坑道正常涌水量 792.63 m³/d, 最大涌水量 1030 m³/d, 最大涌水量是正常涌水量的 1.3 倍; 在 -160 m 坑道中正常涌水量 249 m³/d, 最大涌水量 358 m³/d, 最大涌水量是正常涌水量的 1.4 倍, 与该矿床西部预测涌水量相差不大。由于矿床西部裂隙较发育, 含水层厚度大, 埋藏深、地下水具有承压性, 水压力大、岩石渗透性均大于上部风化层, 故该次大井法预测涌水量随深度的增加, 略大于已采坑道矿床涌水量。

坑道比拟法预测正常涌水量是在 -160 m 标高中段坑道基础上向下预测的, 预算结果与大井法相比偏小, 其原因是为现实坑道开采范围较小, 大井法预测范围大所造成的汇水面积之差, “比拟法” 计算采用坑道揭露范围影响面积 6347 m², 二者差 2.3 倍, 若对盲矿体进行延伸扩大开采时, 与大井法预测应相接近。

6 微山湖湖水渔塘与地下水水质分析

根据取样分析结果: 微山湖内水水化学类型为 SO₄ · HCO₃ - Mg · Na · Ca 型水, pH 值 7.5, 矿化度 0.98 mg/L; 渔塘与地下水水化学类型为 Cl · HCO₃ - Ca · Mg 型水, pH 值 7.5, 矿化度 0.81 mg/L; 湖水中的 SO₄ 离子含量高于地下水和渔塘中的 SO₄ 离子含量, 而地下水和渔塘 Cl 离子含量高于湖水 Cl 离子含量, 地下水、渔塘与微山湖湖水水质相差较大, Na, Ca, SO, Cl, NO, TDS 离子含量不同表现最为突出(表 2)。

表 2 水化学分析结果统计

分析项目 (mg/L)	地下水			渔塘	微山湖湖水
	-160 m 坑道	-40 m 坑道	SZK12-2 钻孔		
K	2.88	2.18	2.38	8.15	6.67
Na	87.27	92.73	62.61	71.30	118.26
Ca	263.63	267.62	223.68	107.85	80.69
Mg	34.40	46.99	31.73	49.90	62.74
HCO₃	293.59	346.75	361.25	206.60	254.93
SO₄	178.06	172.32	48.82	59.35	336.98
Cl	264.23	293.69	238.99	300.00	107.29
NO₃	203.97	224.14	190.98	3.65	10.99
TDS	1359.24	1476.32	1185.27	814.17	981.09
水化学类型	Cl - Ca	Cl · HCO₃ - Ca	Cl · HCO₃ - Ca	Cl · HCO₃ - Ca · Mg	SO₄ · HCO₃ - Mg · Ca · Na

7 结语

地下水污染程度由补给区向排泄区逐渐减弱,

微山湖湖水 SO₄ 浓度由西向东逐渐变得较低, 而深部花岗闪长岩含水层中 SO₄ 浓度由东向西逐渐变低。在水岩相互作用的过程中, 主要是岩浆岩的溶解过程从外界不断获得碱性离子析出所需的 CO₂,

水岩相互作用得以持续进行,花岗闪长岩中地下水矿化度 TDS 由东至西得以不断升高,钙镁离子总浓度得以不断上升趋势。反之,若微山湖湖水补给矿坑水时,矿坑水污染也重,矿化度应较低,说明地表水体对矿坑充水无补给作用。

参考文献:

[1] 冯明,吴继伟,张先,等.构造地质学[M].北京:地质出版社,

2007:13-15.

[2] 谢军民,姜文娟.栖霞香沱东部石灰岩矿区水文地质条件分析[J].山东国土资源,2012,28(10):33-37.

[3] 薛禹群,朱学愚.地下水动力学[M].北京:地质出版社,1978.

[4] 采矿手册编写组.采矿手册[M].北京:冶金工业出版社,1989:40-42.

[5] 供水水文地质手册编写组.供水水文地质手册(第2册:水文地质计算)[M].北京:地质出版社,1985.

Analysis on Hydrogeological Conditions of Western Xishan Rare Earth Mining Areas in Shandong Province

ZHU Chang¹, LIU Huaisi¹, WANG Qiang², ZHANG Li¹, SONG Shuailiang¹, MA Teng¹

(1. Lunan Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China; 2. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Through regional hydrological, meteorological and geological data, geophysical exploration, hydro-geological surveys, drilling and pumping tests, hydrogeological conditions of the west of the mining area have been introduced preliminarily. Aquifer rock formations in this area can be divided into porous aquifer of unconsolidated rock strata and magmatic rocks fractured rocks rock formations. Comparing "big well method" with "analogy method", and selecting "big well method" as the main method, pit inflow has been forecasted. Through water quality analysis, it is regarded that under natural conditions, Weishanhu surface water has non-recharging to water-filled pit.

Key words: Rare earth mine; aquifer; surface water body; pit inflow forecast; Xishan; Shandong province