

水文地质

山东省苍山县沟西-西官庄铁矿沟西矿区 水文地质特征及涌水量预测

朱昶,许锦亮,刘邦军,张立,马腾,宋帅良

(山东省鲁南地质工程勘察院,山东 兖州 272100)

摘要:山东省苍山县沟西-西官庄地区赋存有隐伏的鞍山式低品位铁矿,矿区水文地质条件属于中等型。对勘探施工的51个地质孔全部进行了简易水文地质编录,9个水文地质孔进行分层抽水试验,查明了铁矿矿区水文地质条件,对矿床充水因素进行了分析,确定水文地质单元边界条件模型,采用承压—无压完整式巷道双边进水水平坑道计算公式,对坑道各水平涌水量预测。预测结果与相邻水文地质条件相似的开采矿山涌水量分析对比,基本与当地相邻矿山涌水量实际相符,能够为矿山开发利用提供地质依据。

关键词:水文地质条件;含(隔)水层;涌水量预测;对比分析;沟西铁矿;山东苍山

中图分类号:P64

文献标识码:A

1 地质背景

苍山县沟西-西官庄地区赋存有隐伏的鞍山式低品位铁矿,矿床规模大,矿体产出稳定,矿石质量较好。地质勘探共施工51个地质钻孔,9个水文地质孔,圈定了2条主矿带4个矿体(N①,N②,S①,S②),矿带延伸长度2 200 m,矿床平均品位TFe 30.86%,mFe 18.96%,共求得铁矿石资源量16 444.9万t^①。对勘探施工的51个地质孔全部进行了简易水文地质编录,9个水文地质孔进行分层抽水试验。

矿区地层由老到新主要为新太古代泰山岩群山草峪组,新元古代青白口纪土门群黑山官组、二青山组和震旦纪土门群佟家庄组,古生代寒武纪长清群李官组、朱砂洞组、馒头组。新太古代泰山岩群山草峪组是(鞍山式)铁矿的赋存层位^[1]。第四系分布于山前平地及沟谷两侧。

2 矿区水文地质条件

2.1 地形地貌

矿区位于鲁中台隆的南部丘陵区,地形西高东低,矿区西部二青山最高点标高+218.10 m,东南部双山屯南最低点标高+41.50 m。东北及南部为剥蚀冲洪积地形,地势较平坦,标高+40.70~+88.80 m。矿区面积约15.50 km²。当地最低侵蚀基准面标高47.50 m,该矿床矿体位于当地最低侵蚀基准面之下。

2.2 气象水文

区内气象属暖温带季风半湿润气候,四季分明,多年平均气温13.2℃。多年平均降水量787.7 mm(1958—2011年);年平均蒸发量1 385.9 mm,最大冻土深度31 cm。

矿区内地表水不发育,会宝岭水库位于矿区北西约4.5 km,为区外最大的地表水体,防洪水位高程78.25 m,总库容1.97亿m³。

2.3 含水层

因岩性、地质时代及富水程度不同和钻孔抽水试验^[2],分为盖层裂隙岩溶含水层和基岩水裂隙含水层。

2.3.1 裂隙岩溶含水层

(1)长清群馒头组裂隙岩溶含水层:岩性主要

收稿日期:2013-03-28;修订日期:2013-04-19;编辑:曹丽丽

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

①山东省鲁南地质工程勘察院,唐好生、安仰生、朱昶等,山东省苍山县沟西-西官庄矿区沟西矿段铁矿勘探报告,2012年12月。

为灰岩夹页岩、云斑灰岩,岩层倾向SE,倾角 $10^{\circ} \sim 12^{\circ}$,含水层厚度平均55 m,岩溶裂隙较发育,大部分隐伏于第四系之下,大气降水为主要补给来源,裂隙渗透性能、含水性较好,裂隙率3~5条/m,地下水位埋深3.95~5.02 m,泉涌水量2.222~5.556 L/s,钻孔单位涌水量0.312~2.96 L/s·m,为中等至强富水含水层^[3]。水化学类型 $\text{HCO}_3 - \text{Ca}$ 型或 $\text{HCO}_3 - \text{Mg} \cdot \text{Ca}$ 型水,矿化度小于0.61 g/L。含水岩层位于盖层顶部,对矿床开采无影响。

(2)长清群朱砂洞组裂隙岩溶含水岩层:分布矿区的中部,均被第四系所覆盖,呈NE,SW向展布。岩性为灰岩,岩层平均累计上、下灰岩段厚度105 m,岩层走向 $8^{\circ} \sim 38^{\circ}$,倾向SE,倾角 $15^{\circ} \sim 18^{\circ}$ 。裂隙较发育,以高角度裂隙为主,该组上、下灰岩段裂隙均较发育,裂隙率3~5条/m,下灰岩段岩溶孔径 $\varphi 0 \sim 4$ cm,钻孔单位涌水量0.185~3.605 L/s·m,为中等至强富水性含水层,水化学类型 $\text{HCO}_3 - \text{Ca}$ 型水,矿化度小于0.55 g/L。

(3)长清群李官组裂隙岩溶含水岩层:为矿区主要含水岩层,岩性为石英砂岩,分布在整个矿区的上部至中深部,7线以西出露地表,矿区东南部夏家庄一带也有零星出露,岩层倾向SE,倾角 $12^{\circ} \sim 15^{\circ}$,含水层厚度平均61.40 m。裂隙率4~6条/m,裂隙渗透性能较好,含水性较好,地下水位埋深4.12~5.15 m,泉涌水量小于2.222 L/s,钻孔单位涌水量0.114~0.162 L/s·m,为中等富水含水层。水化学类型沟西矿段 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca}$ 型或 $\text{HCO}_3 - \text{Mg}$ 型水,矿化度0.58~1.48 g/L。该组对矿床开采无直接影响。

2.3.2 基岩水裂隙含水层

岩性为黑云变粒岩、黑云角闪片岩及磁铁角闪石英岩等,是赋存矿的岩层,大部分岩石裂隙较发育,多为闭合型裂隙,含水极微弱,钻孔单位涌水量0.057~0.175 L/s·m,水化学类型为 $\text{HCO}_3 - \text{Ca}$ 或 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 型水,矿化度1.42~1.96 g/L。

2.4 隔水层

主要有长清群朱砂洞组余粮村页岩隔水层,佟家庄组、二青山组粉砂岩、页岩隔水层和黑山官组页岩隔水层。

2.4.1 长清群朱砂洞组余粮村页岩隔水层

该隔水层由紫色页岩组成,岩层平均厚

55.70 m,最厚86.50 m,自西向东逐渐增厚,西部由于剥蚀严重,厚度只有12.00 m,全区发育,岩石完整,结构较为致密,裂隙不发育,单位涌水量小于0.001 L/s·m,富水性极微弱,相对具较好阻水作用,为良好的隔水层。

2.4.2 佟家庄组二青山组粉砂岩页岩隔水层

隔水层主要由较厚的页岩组成,其次为粉砂岩,分布于全矿床,岩层稳定、连续,自西向东逐渐增厚,隔水层平均厚303.40 m,垂向上隔水性好,单位涌水量小于0.001 L/s·m,含水极微弱,相对隔阻水。

2.4.3 黑山官组页岩隔水层

该隔水层由黑山官组页岩及底砾岩组成,矿区内岩层厚度最厚为7.05 m,平均厚度2.83 m。岩石结构较为致密,裂隙不发育,起到一定的隔水作用,为局部发育的隔水层。

2.5 断层构造水文地质特征

区内断裂构造较发育,主要为枣庄断裂(F8)及其次级派生构造(F1, F2, F3, F4, F5, F6和F7断层),断裂构造对地下水有较强的控制作用^[4]。

F1, F2断层:位于矿区西北部,其中F1断层走向 25° ,延伸长度约1.4 km, F2断层走向 35° ,延伸长度约2.5 km,两断层多为第四系覆盖。由于断裂带透水性差,具有良好的阻水性,在南段形成泉溢出地表,泉涌水量1.881~9.429 L/s,随季节变化差异明显。断层最大断深至盖层的底部,对矿体没有影响。

F3, F4断层:位于矿区西部,其中F3断层走向 $35^{\circ} \sim 60^{\circ}$,延伸长2.1 km, F4断层走向 35° ,延伸长1.2 km,两断层出露地表,平行产出,倾向NW,倾角约 60° 。近断裂处矿体走向略有改变,扭曲现象明显,矿石较破碎,距离矿床较远,对矿床开采无影响。

F5断层:位于矿区中西部,多出露地表,局部为第四系覆盖,延伸长度约6.0 km,总体走向 47° ,倾向NW,倾角 78° ,为高角度正断层。断层破碎带宽一般0.8~2.5 m,带内角砾岩发育,该断层南段较窄,裂隙发育,为导水、透水断层,矿层有错动现象,对矿床开采将产生一定影响。

F6断层:位于矿区中部,多为第四系覆盖,北部出露地表,延伸长度约5.7 km,走向 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$,倾向NW,倾角 $49^{\circ} \sim 70^{\circ}$,为正断层。断层破碎带宽1~12 m,断层两盘地层垂直断距达110 m,水平断距22~80 m,断层切穿了矿区含矿地层及南北两矿带。通过SZK403钻孔抽水试验观测资料分析, F6断层

以西观测井与抽水孔产生水位同步下降,说明断层透水性较好,对矿床开采将产生一定影响。

F7 断层:位于矿区中东部,总体走向 36° ,倾向 NW,倾角 $52^\circ \sim 63^\circ$,为高角度正断层。断层两盘地层垂直断距约 80 m,水平断距约 60 m,断层以西含水丰富,以东钻孔施工无水,矿床西部地下水受该断裂阻水作用在东官庄溢出成上升泉,以东则形成弱富水区。该断层易对矿坑充水产生威胁,矿床开采不可揭露该断层。

枣庄断裂(F8):由矿区西官庄矿段南部通过,断层带走向近 EW,倾向 S,倾角 $60^\circ \sim 70^\circ$,破碎带宽度一般为 20~50 m,局部可达 500 m,发育断层角砾岩和断层泥,泥质、钙质胶结,角砾成分以断层两盘岩石为主,切割地层为泰山岩群山草峪组、土门群二青山组、佟家庄组及长清群朱砂洞组、馒头组。该断裂为南盘下降北盘上升阻水正断层,形成区域范围内地下水径流排泄最低排泄点,泉涌水量为 5.556L/s,为不透水挡水墙。

2.6 地表水体与含水层之间水力联系

矿区内会宝岭水库为矿区附近最大的地表水体,位于矿床北西部约 4.5 km,防洪水位高程 78.25 m,总库容 1.97 亿 m^3 ;水库与矿床之间有一近 NNE 走向的丘陵山脉,标高 88.9~100.20 m,丘陵山脉标高高于水库防洪水位标高,由于丘陵的阻隔,水库水不会溢入矿床内。矿区西侧白水牛石断层由水库东部穿过,断层破碎带内夹有约 4 m 厚的断层泥,在低凹处滴水润湿现象,极微弱透水。阻隔了会宝岭水库水与矿床各含水层的直接水力联系。

2.7 大气降水的影响

大气降水是该区地下水主要补给来源,降水一般集中在每年的 7,8,9 月份。根据地下水动态观测资料分析,最高水位标高 47.84 m,最低水位标高 43.15 m,矿区内地形起伏较大,地形坡降大于 6×10^{-3} ,地表径流快,不利于大气降水的入渗,因页岩泥灰岩裂隙不发育,隔水性较好,大气降水间接性补给矿坑地下水比较慢也比较弱,不会直接对矿坑产生充水危害。

3 坑道涌水量预测

3.1 矿床充水因素分析

矿床产于变质岩系岩层中,为隐伏矿体,矿体呈

陡倾斜的层状,沟西矿段矿体走向 $NW 280^\circ \sim 315^\circ$,北翼矿体 N①,N②矿体倾向 SW,倾角 $49^\circ \sim 87^\circ$,局部较直立甚至倒转;南翼矿体 S①,S②矿体倾向 NE,倾角 $60^\circ \sim 87^\circ$,局部近直立。矿体均为 E 向倾伏,并隐伏于盖层之下,由于上部矿体与盖层石英砂岩含水层呈不整合接触,盖层含水层的水易对采矿坑道产生充水危害,将产生一定影响;矿床内分布有 2 条断层,断层本身含水而透水,围岩含水性、断层含水性相一致,断层延伸规模较大,构造破碎带裂隙发育,其富水性较强,构造对矿床开采会直接造成较大威胁和影响。

3.2 边界条件的确定

矿床矿体沿走向呈舒缓波状展布,为弱—中等承压含水层,按区域水文地质条件评价,北起文峰山断裂,南至枣庄断裂,西邻白水牛石断裂,东至龙辉大断裂,形成一个完整的水文地质单元边界条件的模型,做为该次涌水量预测范围边界条件(图 1)。

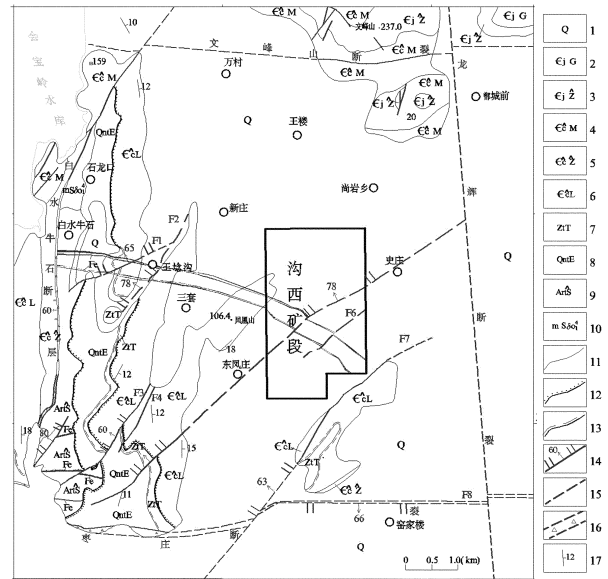


图 1 水文地质边界模型示意图

- 1—第四系;2—崮山组;3—张夏组;4—馒头组;5—朱砂洞组;
6—李官组;7—佟家庄组;8—二青山组;9—山草峪组;10—片麻状细粒黑云英闪长岩;11—地质界线;12—角度不整合界线;
13—平行不整合界线;14—断层及编号;15—推测断层;16—破碎带;17—地层产状

由于矿体均被第四系及盖层所覆盖,地下水为承压性质,沟西矿段均视为相对隔水底板的双边进水无限边界承压水完整井水文地质模型。

3.3 计算公式选择

矿山开采方式为巷道开采,矿体赋存于泰山岩群山草峪组黑云变粒岩中,根据水文地质编录情况,上部沉积盖层较厚,由于页岩隔水层的阻隔,盖层地下水与矿体顶底板含水层联系微弱,该次只预测矿体及矿体顶底板涌水量,即首采标高-600~-1000 m各标高水平矿床坑道涌水量。选用承压—无压完整式巷道双边进水水平坑道计算公式。

(1)承压—无压完整式巷道双边进水水平坑道计算公式^[5,6]:

$$Q = BK \frac{(2H - M)M}{R_0}$$

$$R_0 = 10S \sqrt{K} + r_0$$

$$Q_{\max} = 3Q$$

式中:Q—坑道正常涌水量(m³/d);B—坑道长度(m);K—渗透系数(m/d);H—承压水头高度(m);S—水位降深(m);M—含水层厚度(m);R₀—引用影响半径(m);r₀—坑道引用半径(m);Q_{max}—最大涌水量(m³/d)。

(2)计算参数的选取:B—开采坑道沿矿体走向

开挖的长度2 200 m;K—坑道渗透系数采用SZK202,SZK307,SZK403等9个水文孔矿层及矿层顶底板混合抽水试验平均值确定,K=0.08 m/d;H—各开采标高根据各钻孔平均稳定水位高程50.51 m计算;S—巷道需疏干,令S=H;r₀—选用矿体平均宽度的一半,即为9.80 m;M—根据水文地质钻孔统计各标高段黑云变粒岩中揭露的含水层平均厚度(m)。

(3)预测结果评述:通过对坑道的充水因素分析,矿体及其顶、底板围岩裂隙含水层以自身充水为主。预测坑道各水平涌水量结果(表1)。

4 相邻矿床开采涌水量分析对比

会宝岭铁矿位于沟西铁矿矿区西约1.5 km,水文地质条件相似,据2012年度正常生产的会宝岭铁矿矿坑涌水量资料:开采至-601 m标高,巷道长度约2 400 m,矿井最大涌水量为18 465.6 m³/d(1月23日),最小涌水量为13 029.6 m³/d(4月13日),日平均涌水量为14 687 m³/d(表2)。

表1 坑道涌水量预测结果

预测位置	预测标高(m)	坑道长度B(m)	坑道宽度L(m)	渗透系数K(m/d)	坑道引用半径r ₀ (m)	水位降深S(m)	水柱高度H(m)	含水层厚度M(m)	坑道影响半径R(m)	坑道引用影响半径R ₀ (m)	涌水量	
											正常Q(m ³ /d)	最大Q _{max} (m ³ /d)
坑道	-600					650.51	650.51	2.33	1839.9	1849.7	287.9	863.7
	-700					750.51	750.51	7.91	2122.8	2132.6	974.7	2924.1
	-800	2200	19.60	0.08	9.80	850.51	850.51	15.35	2405.6	2415.4	1885.4	5656.2
	-900					950.51	950.51	19.32	2688.4	2698.2	2371.3	7113.9
	-1000					1050.51	1050.51	22.04	2971.3	2981.1	2705.2	8115.6
计算公式: $Q = BK \frac{(2Sm)n}{R_0}$; $Q_{\max} = 3BK \frac{(2Sm)n}{R_0}$; $R = 10S \sqrt{K}$; $R_0 = 10S \sqrt{K} + r_0$												

表2 会宝岭铁矿2012年度矿坑涌水量

月份	日最大涌水量(m ³ /d)	日最小涌水量(m ³ /d)	日平均涌水量(m ³ /d)	备注
1	18465.6	15144.0	17138.4	会宝岭铁矿与该勘探区相邻,水文地质条件相似。开采标高-601m,巷道总长度约2400m。
2	18115.2	17299.2	17594.4	
3	16545.6	14001.6	15028.8	
4	13130.4	12940.8	13029.6	
5	13396.8	13185.6	13298.4	
6	14028.0	13884.0	13958.4	
7	13886.4	13749.6	13812.0	
8	14172.0	14028.0	14100.0	
9	14450.4	14316.0	14385.6	
10	14673.6	14462.4	14584.8	
11	14877.6	14462.4	14623.2	
日平均涌水量(m ³ /d)			14686.7	

由表2可知,会宝岭铁矿矿坑涌水量约为预测该勘探区矿坑最大涌水量的3倍,预测差异原因如下:①会宝岭铁矿西侧紧临变质岩裸露区,侧向补给条件较好;勘探区离西部变质岩裸露区距离较远,侧向补给条件差。②会宝岭铁矿矿体埋藏较浅,盖层较薄,易接受大气降水补给;该勘探区盖层相对较厚,有多层页岩阻隔,不易接受大气降水补给。③勘探区处于地下水径流区下游,会宝岭铁矿处于地下水径流区上游,由于会宝岭铁矿生产疏干排水,已对地下水径流量(该勘探区地下水接收的补给量)进行部分截流,导致该勘探区地下水补给量减少。④会宝岭铁矿巷道长度略长于该矿区巷道^[7,8]。

5 结论

该矿床产于变质岩系岩层中,为隐伏矿体,矿体呈陡倾斜的层状,矿区水文地质条件属于中等型。建议未来矿山企业在坑道设计、施工和开采过程中,上部矿体均应留一定厚度的防水保安矿柱,保护好黑山官组页岩的完整性不被破坏,防止盖层裂隙岩溶水直接溃入坑道,做到“早预测早预防,有疑必探、先探后掘”的防治水原则,防止发生矿井突水灾害。

参考文献:

[1] 张增奇,刘明渭.山东省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1996.

- [2] 薛禹群,朱学愚.地下水动力学[M].北京:地质出版社,1978.
- [3] GB12719-91.矿区水文地质工程地质勘探规范[S].1991.
- [4] 冯明,吴继伟,张先,等.构造地质学[M].北京:地质出版社,2007:13-15.
- [5] 地质矿产部水文地质工程地质技术方法研究队.水文地质手册[M].北京:地质出版社,1985:716-757.
- [6] 供水水文地质手册编写组.供水水文地质手册第二册水文地质计算[M].北京:地质出版社,1985.
- [7] 谢军民,姜文娟.栖霞香乔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.
- [8] 孙强,贾纪旺,魏宗红,等.山东济宁何岗煤矿下组煤水文地质条件研究[J].山东国土资源,2012,28(8):31-32.

Hydrogeological Characteristics and Prediction of Water Inflow of West Mine Area in Gouxi - Xiguanzhuang Iron Deposit in Cangshan County of Shandong Province

ZHU Chang, XU Jinliang, LIU Bangjun, ZHANG Li, MA Teng, SONG Shuailiang
(Lunan Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China)

Abstract: Hidden Anshan type low grade iron deposit occurred in Gouxi - Xiguanzhuang area of Cangshan county in Shandong province. Hydrogeological conditions in this area belong to middle type. 51 geological exploration and construction holes have been processed, and stratified pumping test of 9 hydrogeological holes have been carried out, hydrogeological conditions of iron deposit have been identified, water filling factors have been analyzed, and hydrogeological units boundary condition model has been determined. By using pressure——no pressure complete roadway level of bilateral water tunnel formula, water inflow to the tunnel level has been predicated. Comparing and analyzing predication results with adjacent hydrogeological conditions with similar exploitation water inflow, it is regarded that water inflows of adjacent mines can match the actual conditions. It can provide scientific basis for mine development and utilization.

Key words: Hydrogeological conditions; containing (septum) water layer; predication of water inflow; comparative analysis; Gouxi iron deposit; Cangshan county in Shandong province