

鞍山某大型铁矿露天开采对含水层影响的研究^{*}

单晓聃

(辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院, 辽宁 鞍山 114038)

摘要:以鞍山地区某大型铁矿山为研究对象,分析了露天开采对矿山水文地质条件的总体影响。重点从含水层结构破坏、地下水疏干和补径流排泄条件三个方面结合现状和预测两个角度进行研究,得出了鞍山地区铁矿露天开采会导致开采范围内含水层结构的彻底破坏,原有含水层被阻断,地下水系统在矿坑周边形成了新的流场和补给径流排泄等循环体系的结论。

关键词:铁矿;露天开采;含水层

中图分类号:TD804 文献标志码:B 文章编号:1001-0076(2014)06-0010-05

DOI:10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2014.06.003

The Effects of Strip Mining on Aquifer of Large Iron Ore in Anshan

SHAN Xiaodan

(The Geology Exploration Research Institute of Metallurgical Geology Exploration Bureau of Liaoning Province, Anshan 114038, China)

Abstract: The effects of strip mining on hydrogeology conditions in a large iron ore in Anshan was studied and predicted from three aspects of aquifer structure damage, groundwater drainage and drainage condition. The results indicated that the aquifer structure was thoroughly destructed and original aquifer was blocked. New drainage runoff flow and recharge system of the groundwater has formed in surrounding area of the pit.

Key words: iron ore; strip mining; aquifer

露天开采是我国铁矿开采的一个重要方式,有很多的优点,但是对环境的影响也是显而易见的,尤其是对矿区含水层有着非常严重的影响。露天采矿形成的露天采坑相当于一口大井,从客观上具备了汇集大气降水、地表径流和地下涌水的条件^[1],其对含水层可能造成的影响有:地下水含水层结构被破坏、地下水的流场和补径排关系发生变化;区域地下水水位下降;矿区地下水疏干;不同含水层(组)串通水质恶化;影响矿区及其周围地区产生

活供水等。因此,研究露天开采对含水层的影响是十分有必要的。

目前,我国对于矿山开采对含水层影响的研究以煤矿和井下开采矿山为主,对于铁矿山露天开采对含水层的影响尚未进行过系统的研究,国外对于铁矿山露天开采对含水层的影响的研究也很少。

本文是以鞍山某大型铁矿为例,研究其露天开采对含水层的影响。由于鞍山地区铁矿山开采需要抽排矿坑水,且其服务期时间已经很久,铁矿山露天

* 收稿日期:2014-09-12;修回日期:2014-10-25

作者简介:单晓聃(1982-),女,工程师,主要从事矿山地质环境治理、矿山水文地质、矿山土地复垦等工作。

开采必然会对矿山及其周围地区的水文地质环境造成影响。

1 研究区概况

矿区开采已有百年历史,目前生产能力为1 800万t/a,为大型矿区。矿区地处中纬度的松辽平原的东南部边缘,属暖温带大陆性季风气候区,四季分明,雨热同期,干冷同季。矿区内没有大的河流,仅在矿区西南侧有一条约3 m宽的季节性小河流经采场。干旱季节水量很小,主要来源是附近尾矿库的渗水,一般为 $0.16\text{ m}^3/\text{s}$,洪水期最大流量达 $34.5\text{ m}^3/\text{s}$ 。雨季时为四周的降雨径流,地表河流对矿床充水无影响^[2]。因地下水埋藏条件不同,降水渗入方式有所不同,有直接渗入也有间接补给^[3]。矿区内大气降雨是地下水的主要补给来源^[4]。

矿床范围内原地面最低标高为37.6 m,最高标高为234.7 m,相对高差197.1 m,总地势东高西低,坡度 $5^\circ\sim 25^\circ$ 。出露的地层岩性主要为第四系松散堆积物,基岩主要为太古代花岗岩、辽河群浪子山组千枚岩等。

2 露天开采对水文地质条件的总体影响

2.1 对含水岩组及富水性的影响

露天开采以后,大量剥岩使第四系的堆积成分和分布范围发生了较大的变化。

(1) 基岩裂隙含水岩组

岩组的基本特征未发生质的变化,但随着矿坑的开凿和扩大,原来覆盖有第四系的地貌暴露出基岩,而原来有些为基岩或第四系坡残基层(Q_4^{el+dl})的地貌却又堆积了废石岩渣(Q_4^{ml})。

(2) 第四系松散岩类含水岩组

从岩组富水性角度,第四系岩组中的冲洪积(Q_4^{al+pl})和坡残积(Q_4^{el+dl})并未发生质的改变。新增的人工堆积(Q_4^{ml})却是透水基本不含水的层组;而基岩含水岩组因是裂隙含水,在其形成过程中会具有局部承压性,在露天开采后,靠近矿坑地段的基岩裂隙水会因失去压力而释放弹性储量,那么其富水性就会有所减小。

2.2 矿区补给径流排泄条件的变化

露天开采以后,露天矿坑截断了原来地下水的

径流途径,在其周围形成了一个巨大的地下水涡流场,即在这个区域内地下水都流向矿坑,而矿坑实际上成为一个巨大的抽水井。目前在已形成的矿坑的周边可以看到如下现象:

(1) 西边坡处在沙河河谷区,在河床底部基岩之上覆盖了一层5~10 m厚含砾粘土,特别是在一些与右侧小河交汇的部位,粘土可厚达10 m且具多层次性。在粘土之上覆盖有10~25 m厚的河谷沙砾卵石层,二者接触面上有众多泉水呈小股状或面状流出汇向矿坑。西边坡第四系下部基岩亦有泉水出露,但其位置比东坡低20~30 m。

(2) 东侧边坡为基岩,在一些地表侵蚀低洼处,若下方基岩裂隙发育,则会有泉水呈细股状或细线状流出或渗出并汇向矿坑,泉水出露的高低视裂隙的闭合深度而定,泉水流量的大小与上部侵蚀洼地的规模密切相关。基岩泉水多出露在完整基岩面的上部,集中出现的高度为距坡顶30~50 m位置,个别较大裂隙的泉水也可深达90~100 m。

3 露天开采对含水层结构的影响

目前,该铁矿开挖的岩矿体已经位于地下水位及当地侵蚀基准面以下(见图1)。矿区的主要含水岩组是上部第四系含水岩组和下部基岩裂隙含水岩组。基岩裂隙含水的含水深度一般为上部80~90

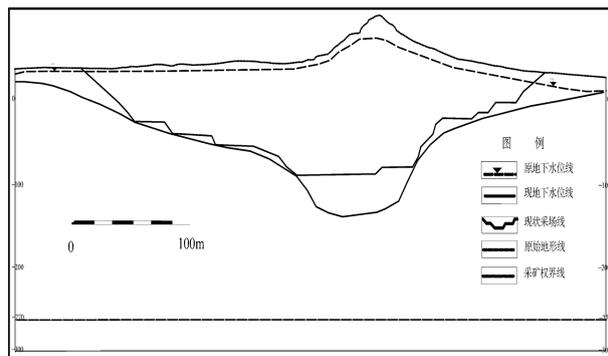


图1 铁矿床地下水水位及疏干降落漏斗变化示意图(现状)

m,采掘深坑形成后,含水岩组在采空部分已不复存在,仅在局部地段贴帮残留。随着这一含水层结构的改变,矿坑周围流场发生巨大变化。首先,原来空间上连续的含水层被阻断,深坑相当于巨大的抽水井(流入矿坑的水被抽排)。其次,地下水系统在矿坑周边形成了新的流场和补给径流排泄等循环体系。原来的地下水水面形状与原地形相似,地下水

在连续的含水介质中由高向低径流,含水介质被阻断后,地下水会依新的地形流向矿坑,在坑壁处溢出,形成跌水陡坎,地下水变成了地表水,矿坑也变成了地下水的排泄场所。

3.1 对地下水疏干的影响

目前该铁矿露天采矿场的涌水量:夏季平均为 19 200 m³/d 左右、冬季平均为 7 200 m³/d 左右,平均 14 400 m³/d。由于铁矿床周边没有大的地表水体补给含水层或者矿坑,露天采坑周边含水层经过长时间开采排水、变成地表水后引起大面积蒸发,降落漏斗不断外扩,净储量在不断消耗,含水层水位下降幅度较大,含水层对污染物质的净化作用小^[5]。

现状条件下矿坑疏干地下水主要有两部分:一是西边坡靠顶部的河谷第四系含水层流向矿坑的水;二是坑周基岩裂隙含水层流向矿坑的水。前者是在砂卵石与砂质粘土接触面以小股状或面状泉水的形式排出,其出露高度距坡顶 15 ~ 25 m;后者则从坑壁裂隙中以细股状或线状渗出,泉水多出露在完整基岩面顶部,距坡顶一般 30 ~ 50 m,也有裂隙泉深 90 ~ 100 m。从访问得知,西边坡第四系涌水集中,故汇集后直接排走,疏排量 1 000 ~ 1 200 m³/d,其余基岩泉水则汇集坑底排出,最干旱时排出量 1 200 m³/d。

矿区周边曾经分布有较多的民井,由于居民水源方式发生改变(改用城市自来水),这些民井已废弃或干涸,又因未曾布设钻孔监测矿区周边地下水水位的变化情况,故目前尚未能确切判定矿坑疏干排水对周边地下水的影响。正因为供水方式改变,故矿区疏干排水尚未对居民用水产生影响。

3.2 对水质的影响

矿区产生的废水主要为开采产生的矿坑排水和雨季时排土场的淋溶水。矿坑水中污染物主要是由于矿区开采活动所造成的,主要为如含硫、磷、铁、锰等污染物。

根据当地环境监测中心站提供的监测报告显示:铁矿矿坑水水质如下(详见表 1 ~ 4):pH 值 7.56,矿坑水中污染物简单,水质良好,澄清沉淀后回用于采场、排土场和路面洒水除尘等作业,因此正常情况下无废水外排入地表水体,采矿活动对水质的影响较轻。

表 1 露天采场地下水分析情况表 / (mg·L⁻¹)

项目	pH/无量纲	色度	COD	高锰酸盐指数	SS
含量	7.56	4	<10	1.45	4
项目	氨氮	六价铬	石油类	锰	
含量	0.053	<0.004	0.02	0.119	

表 2 露天采场地下水分析情况表 / (mg·L⁻¹)

项目	铁	铅	铜	锌	砷	汞
含量	0.211	<0.01	<0.01	<0.05	<0.007	<0.000 05

表 3 排土场地下水分析情况表 / (mg·L⁻¹)

项目	水温/℃	pH/无量纲	氟化物	高锰酸盐指数
含量	8	7.27	0.182	2.92
项目	氨氮	六价铬	硝酸盐(N)	亚硝酸盐(N)
含量	<0.025	<0.004	9.45	<0.003

表 4 排土场地下水分析情况表 / (mg·L⁻¹)

项目	总硬度	硫酸盐	锰	铁	铅
含量	497	198	<0.01	<0.03	<0.01
项目	铜	锌	砷	镉	镍
含量	<0.01	<0.05	<0.007	<0.001	0.000 02

4 预测露天开采对含水层结构的影响

4.1 对矿坑涌水量的预测

露天矿坑涌水量主要分为三部分,除基岩裂隙水、第四系含水层补给水外,还需加上矿坑上开口面积内的降雨(雪)积水。其公式表达为:

$$Q_{总} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

式中: $Q_{总}$ —矿坑涌水量(m³/d);

Q_1 —矿坑基岩涌水量(m³/d)(沿用 $Q_1 = 1.366 K_{cp} \frac{H_{cp}^2}{\lg R_0 - \lg r_0}$);

Q_2 —第四系含水层补给水(m³/d)(沿用 $Q_2 = BK'_{cp} \cdot H'_{cp} \cdot J$);

Q_3 —矿坑积存降水量(m³/d);

其中, Q_3 可分为两种情况:

a、正常年份 $Q_{31} = FH\alpha$

式中: Q_{31} —正常年份雨水平均汇入量(m³/d);

F —汇水面积(km²,依开发利用方案可取 4.47);

H —鞍山市区雨季日均降水量(m,取 0.0364);

α —雨洪径流系数(按经验取 0.5)。

b 、20 年一遇日降水 $Q_{32} = FH_p\alpha$

式中: F —汇水面积 (km^2 , 依开发利用方案可取 4.47);

H_p —20 年一遇日降水量 (m , 取 0.2356);

α —雨洪径流系数(按经验取 0.6);

在矿坑涌水量计算中,地下水计算时根据目前新掌握的一些资料对某些参数做出适当调整:

H_{cp} —含水层厚度,在现有矿坑寻找坑壁泉水的最低出露标高,以早期选取的平均水面标高为顶面,经计算此厚度为 90 m;

K_{cp} —渗透系数,根据相邻的矿山和本矿山的新资料

调整为 0.052 m/d;

R_0 —调整为 2 324 m;

r_0 —计算为 650 m;

第四系潜水涌水量计算中:

B —第四系潜水流向矿坑的边界宽度,取西坡渗漏段 1 000 m;

H'_{cp} —第四系含水层厚度,取西坡渗漏段实测值 4 m;

K'_{cp} —第四系渗透系数,取 8 m/d;

J —水力坡度,取略大于初期值为 0.02。

计算结果见表 5。

表 5 矿坑涌水量预测

开采水平 /m	基岩裂隙水 ($Q_1, \text{m}^3/\text{d}$)	第四系补给水 ($Q_2, \text{m}^3/\text{d}$)	大气降水汇集($Q_3, \text{m}^3/\text{d}$)		矿坑涌水总量($Q_{\text{总}}, \text{m}^3/\text{d}$)	
			一般年份	20 年一遇	一般年份	20 年一遇
138 ~ -270	1 040	640	81 350	631 880	83 030	633 564

由表 5 可知,矿坑涌水量预测正常年份为 83 030 m^3/d ,20 年一遇暴雨为 633 564 m^3/d 。相对而言,地下水进入量基本是恒量,最大的变数在于降水的不确定性。

4.2 对含水层结构破坏影响的预测

随着开采的进行,被开挖的含水层范围逐渐扩大。露天采场开采最低标高为 -270 m,开采最大深度 312 m。在矿区服务期内,随着开采深度的加大,采场周围形成地下水漏斗的范围和深度也将进一步的变大,开采面积增加了 73.13 km^2 ,含水介质在更大的范围内被挖掉,补给、径流、排泄关系发生彻底改变,范围更加扩大。

它主要表现在以下几个方面:(1)原来的地下水含水系统(含水层、含水裂隙)被采矿深坑切断,原有的系统连续性被打乱;(2)临近采坑的区间,地下水位会较大的下降,加大了水力坡度,增加了地下水的排放量;(3)排出的地下水,一部分由机械疏干,另一部分会形成蒸发排泄。

4.3 对地下水疏干影响的预测

通过水文地质计算^[6],矿区开采影响地下水的疏干半径 2 324 m。露天采场最终开采标高为 -270 m,疏干深度为 312 m。露天采场最终标高在侵蚀基准面以下,矿区开采结束后不进行回填,因此在采坑底部会形成水坑,地下水的水位将会明显下降,开采范围内地下水呈局部疏干状态,因此采矿活动对地下

水疏干的影响为严重。

未来扩采后,地下水的疏干状况与线状近似。只是随着采坑的扩大,基岩含水层进一步被挖损,坑周含水层中的存储量也进一步释放。因而,未来坑周含水层排向矿坑的地下水水量总体趋势是减少的。经采用大井法^[7]估算,未来第四系补给量为 640 m^3/d ,基岩补给量为 1 040 m^3/d ,地下水的总疏干量为 1 680 m^3/d 。

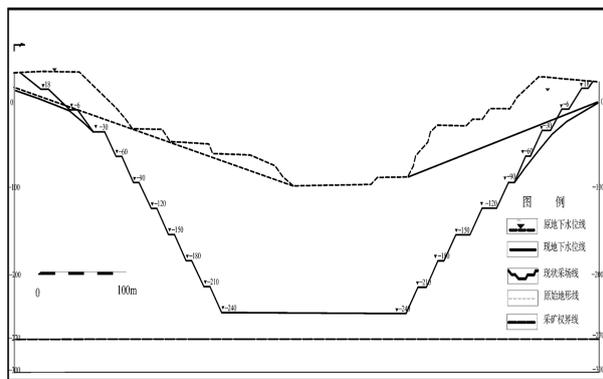


图 2 铁矿床地下水水位及疏干降落漏斗变化示意图(预测)

4.4 对水质影响的预测

在雨季时,部分矿坑水和排土场淋溶水可能进入地表水体。矿坑水和排土场淋溶水本身污染物浓度就较低,而矿区未来采矿工艺与现在开采工艺一致,不会增加新的污染物,且深部开采地下涌水量远大于现有矿坑排水量,水污染物将会被稀释,污染物

浓度将更低,因此矿区开采不会对地表水体环境质量构成影响。

矿石中主要化学组分有 Fe、Si、S、P、Mn 等,除了 Fe 以外,其他有益有害组分含量均较低。根据现状水质化学分析表,pH 平均值为 7.56,按照以往经验,随着时间的延长 PH 值会呈逐渐减小的趋势,矿化度则会逐渐增大。

考虑到铁矿已有多年开采历史,未发现由于矿石本身引发的环境污染,属于无毒、无害、无易燃物。岩石主要为坚硬的混合岩及含铁石英岩,部分为半坚硬的片岩,亦不含有毒有害成分,本区域含 Fe 量较高,经雨水淋溶后,在一定程度上含 Fe 量还有可能下降,下渗不会对地下水造成影响,因此采矿活动对地下水水质的影响较轻。

5 结论

鞍山地区铁矿露天开采导致开采范围内含水层结构的彻底破坏,原有含水层被阻断,地下水系统在矿坑周边形成了新的流场和补给径流排泄等循环体系。尽管目前鞍山地区铁矿露天开采对矿区及其周围地区生产生活供水没有造成太大的影响,但随着

开采的不断进行,地下下水的水位将会明显下降,开采范围内地下水呈局部疏干状态,会影响矿区疏干半径内居民的生产生活供水。鞍山地区铁矿山露天开采对地表水、地下水的水质不会造成影响,不会出现不同含水层(组)串通水质恶化情况。

参考文献:

- [1] 王瑞,杨国财. 水对露天开采的影响及其治理措施[J]. 铜业工程,2010(3):19-21.
- [2] 李康晓,王亮. 广东某铅锌矿矿区水文地质特征分析[J]. 采矿技术,2009(5):118-120.
- [3] 曹红. 金堆城全露天开采矿坑充水来源及涌水量预测[J]. 现代矿业,2013(9):48-49.
- [4] 曾先贵,辛小毛,等. 被盗采矿体开采水害防治技术措施[J]. 采矿技术,2009(5):56-58.
- [5] 吴勇. 铁矿露天开采对地下水的影响及保护对策[J]. 大科技,2013(9):237-238.
- [6] 王盛,许亚军. 矿区水文地质勘探关键问题的探讨[J]. 矿业工程,2009(6):8-10.
- [7] 乐建,李文平,等. 采动影响下多工作面顶板涌水量预计方法[J]. 矿业安全与环保,2009(6):22-27.

《矿产保护与利用》

2015年度开始征订

全年定价60元

本刊新开设了“地质与采矿”栏目
 欢迎赐稿 欢迎提出宝贵意见
 欢迎随时订阅 欢迎刊登广告