

Hydrogeological Characteristics Analysis and Pit Inflow Calculation of a Mine in Inner Mongolia

Jun Zhao, Dongjiang Geng

Research Institute of Surveying and Mapping of Baotou Iron and Steel Group, Baotou Inner Mongolia
Email: 512599335@qq.com

Received: Feb. 4th, 2017; accepted: Feb. 20th, 2017; published: Feb. 23rd, 2017

Abstract

The mine area is divided into bedrock fissure water area and Quaternary alluvium and alluvial pore water area. The hydrogeological unit in the area where the mining area belongs is magmatic rock and no annual surface water flow in the western Yinshan. Because of the distance from the mining area and low-lying, there is not effect on water filling. The calculation parameters of the water inflow in the mining area are determined. The results are close to the prediction results in 1987, which indicates that the calculation formula is reasonable and can be used as the basis for the future mining.

Keywords

Mine Pit, Water Discharge Prediction, Permeability Coefficient, Hydrogeological Characteristics

内蒙古某矿区水文地质特征及矿坑涌水量计算分析

赵 军, 耿东江

包钢勘察测绘研究院, 内蒙古 包头
Email: 512599335@qq.com

收稿日期: 2017年2月4日; 录用日期: 2017年2月20日; 发布日期: 2017年2月23日

摘 要

根据水文地质条件, 矿区分为基岩裂隙水区及第四系洪积层和冲积层孔隙水区两个水文地质区。矿区所在区域
作者简介: 赵军, 男, 34岁, 安徽和县人, 工程师, 主要从事水文地质和工程地质方面研究工作。

水文地质单元属阴山西部岩浆岩、变质岩裂隙较贫水区，山脉属阴山山系大青山山脉以北构造剥蚀的低山丘陵区，区内无常年性地表水流，间歇性河流因远离矿区又地势低洼，对矿床充水无影响。通过水均衡法及相关分析法计算确定矿区涌水量计算参数。计算预测结果与1987年勘察时预测结果比较接近，说明本次计算采用的公式比较合理，水文地质参数选取的比较准确，并符合实际，可以做为矿山今后开采的依据。

关键词

矿坑，涌水量预测，渗透系数，水文地质特征

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

内蒙古矿产资源蕴藏丰富，近年来矿产资源的开发力度以及相关工业的建设规模有了很大的发展。矿区在开采过程中矿坑涌水量的计算与预测备受关注。文章在对矿区的水文地质条件分析的基础上，确定了矿坑涌水量计算的参数，得到矿坑涌水量的预测结果，并与1987年勘察时预测结果进行对比，二者结果符合良好，证明了本次涌水量计算的参数选取是准确的，可做为今后矿山开采的依据。

矿坑涌水量预测在地质勘探中占有重要位置，它直接关系到矿山开发远景和生产安全，同时矿床充水程度又是决定矿山取舍的条件之一，因此做好矿坑涌水量的预测工作对矿床的设计和开发有着重要意义[1]。正确地预测矿坑涌水量是在详细查明影响矿坑充水的因素及获得可靠计算参数的基础上进行的，进而根据矿床开采设计选择相应的计算公式。影响矿坑涌水量的因素很多，采用的计算方法也很多，但许多方法只能近似计算预测的矿坑涌水量和开采实测涌水量相差很大，目前使用较多的方法是水文地质比较法及水均衡法[2]。

相关分析在矿坑涌水量预测过程中是一种统计分析方法，具体应用中需要结合矿井涌水量和相关影响因素进行相应的统计学分析，建立相应方程[3]。这种方法应用的前提条件是要建立在Q-s曲线(即水量与降深关系曲线)基础上，对矿坑涌水量预测方法对原始材料有着严格的要求，其数据必须是一个水文年以上的动态观测数据，在预测过程中，要保证预测对象一致。相关分析法优点是避免了预测过程中各个参数对涌水量的影响，处理比较简单，缺点是需要大量的原始数据，模型建立具有一定地域性，适应性不高[4]。

水均衡法是结合某一时期矿区内地下水的各个均衡组分之间存在的某种关系，结合物质守恒定律建立地下水量均衡方程，从而利用已知组分的变化矿坑涌水量进行预测和分析。水均衡法适合长期观测的矿床，并且矿坑内的各个组分容易确定。应用水均衡法优点是需要的参数数据较少，对相应的数据资料要求不太高，但是计算精度不高，难以确定地下水分的各个组成部分[5][6]。

2. 区域水文地质条件

区内第四系孔隙水按其埋藏条件分为潜水含水层和承压水含水层。不同地带、不同类型的含水层的特征和富水性各不相同。

2.1. 地形、地貌

矿区所在区域水文地质单元属阴山西部岩浆岩、变质岩裂隙较贫水区，该区属内蒙古北部高原的一部分，山脉属阴山山系大青山山脉以北构造剥蚀的低山丘陵区，海拔1400~1800 m，相对高差10~200 m。区内无常年

性地表水流，有阿木赛尔河支流哈拉脑包河、布拉格河支流阿希克套河、阿德格音乌素河等 3 条内陆间歇性小河，分布在矿区的南部、西北部、北部，因远离矿区又地势低洼，故对矿床充水无影响。

2.2. 气象

该区气候属高原大陆性气候，气候干燥、少雨、多风、昼夜温差大。年最高气温 34.6℃，年最低气温-33.2℃，年平均气温 4.3℃。近 10 年年平均降水量 234.6 mm，年均蒸发量 2754.3 mm，是降水量的 11.7 倍；而且降雨多集中在 6~9 月，又常以暴雨形式出现。

2.3. 水文地质条件

矿区处于低山丘陵区，属地下水补给区，降雨后多形成地表洪流向山间沟谷排泄，所以地下水的入渗补给条件较差。在此地形和气象等条件影响下形成了低山丘陵水量贫乏的基岩裂隙水区。根据水文地质条件，本区域分为两个水文地质区：I 区为基岩裂隙水区，II 区为第四系洪积层和冲积层孔隙水区。

基岩裂隙水区分布于白云区以北，出露地层主要为中元古界白云鄂博群。岩性由白云岩、石英岩、砂质板岩、云母岩、铁矿、花岗岩、混合岩等组成，尚有部分火山岩等。以上各类岩石致密坚硬基本为不透水层，但近地表部分分布着风化裂隙带，形成了风化带裂隙含水层，该含水层发育普遍，埋藏深度据钻探资料最大可达 160 m 左右。按时代和岩类可进行了如下划分：

1) 中元古界白云鄂博群含风化带裂隙水板岩、云母岩、白云岩、石英岩系(S)：见于白云鄂博，都拉哈拉、白云布拉格等地。

2) 微含风化带裂隙水火成岩、混合岩系(r)：分布在白云区东西和都拉哈拉西北一带。

3) 推断微含风化带裂隙水火山岩系(a)：分布在阿德格音乌苏及乌兰布拉格一带。

4) 微含风化带接触带铁矿体(Fe)：分布在白云鄂博铁矿主、东矿体、东介勒格勒铁矿体和菠萝头、东部接触带、高磁异常区矿体中。

5) 推断含裂隙、孔隙水红色砂岩和砾岩层(Tr)：主要分布在乌兰布拉格东北及阿德格音乌苏一带。

这些变质岩、火成岩、火山岩类由于层理、节理和风化裂隙很不发育，故含水极微弱。据钻孔抽水试验涌水量 0.011~0.044 L/s (0.94~3.78 m³/d)，降深最小者为 2.0~8.0 m，中等者 13.0~26.0 m、最大达 187 m，水位埋深 8.15~43.4 m，静止水位标高 1608.0 m 左右。单位涌水量 0.0004~0.0029 L/s·m，渗透系数为 0.000034~0.0021 m/d。水化学类型以 HCO₃-Na 和 HCO₃·SO₄-Na、Ca 型水为主，矿化度 0.27~0.62 g/L，低山丘陵区中基岩风化带裂隙水，主要接受大气降水的入渗补给，它沿白云鄂博近东西向分水岭向南、向北补给高平原、河谷洼地、山间沟谷洼地中的第四系松散岩类孔隙潜水。

第四系松散岩类孔隙水区按岩相和富水性可分为两个区：

1) 第四系洪积层孔隙潜水含水层(D1-Q1)

主要分布在白云区南部高平原和北、西北部河谷、沟谷与山麓间之过渡地带。含水层岩性为砂砾石和砂碎石层，水位埋深随地形而异，一般小于 5 m，最深达 25 m，据民井抽水资料，涌水量 0.03~0.12 L/s (2.59~10.02 m³/d)，降深 0.43~1.0 m，单位涌水量 0.06~0.76 L/s·m，渗透系数 3.2~28.6 m/d。水化学类型以 HCO₃-Ca·Na 和 HCO₃·SO₄-Na·Mg 型为主，矿化度一般小于 1 g/L，少量 1.011~1.15 g/L。第四系洪积层孔隙水接受大气降水和基岩风化带裂隙水补给后，沿沟谷补给第四系冲积层孔隙潜水。

2) 第四系冲积层孔隙潜水含水层(D1-Q2)

主要分布在西北、北部河、沟谷洼地中，哈拉脑包河和乌兰忽洞东西一带也有少量分布。含水层岩性为冲积含砾粗砂和砂砾石层，含水层厚度 2.5~6.5 m。赋存于山间沟谷洼地中的孔隙潜水量较小，降深 0.24~0.7 m 时涌水量为 0.20~1.01 L/s，(17.2~87.26 m³/d)单位涌水量 0.66~1.75 L/s·m，渗透系数为 8.71~189.39 m/d。水化学

类型以 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Mg}$ 型为主, 个别为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Mg}\cdot\text{Na}$ 型水, 矿化度 $0.31\sim 0.81\text{ g/L}$ 。分布在阿希克套河和哈拉脑包河河谷洼地中的孔隙潜水含水层, 由于汇水范围大、含水层透水性强故水量丰富, 枯季泉流量达 $1002\sim 1540\text{ m}^3/\text{d}$, 水化学类型为 $\text{HCO}_3\text{-Na}\cdot\text{Ca}$ 和 $\text{HCO}_3\text{-Mg}$ 型水, 矿化度 $0.27\sim 0.33\text{ g/L}$ 。哈拉脑包河河谷中水质较差, 矿化度 1.24 g/L 。第四系冲积层中的孔隙潜水接受大气降水, 基岩风化带裂隙水和第四系洪积层中孔隙潜水补给后, 以泉和地下径流形式向下游排泄。

3. 矿坑涌水量预测

该矿区属露采矿区, 露天采矿场涌水量主要为地下水流入采矿场的水量。露天采矿场平均海拔高度 1635.0 m 。矿区地势相比周围地势高, 建议在采坑坡顶修筑截水沟, 防止地表径流进入基坑, 影响边坡安全, 所以不考虑降水后的地表径流量。地下水流入采矿场的总涌水量等于地下水的储存量和径流量之和, 其中地下水的径流量系指抽水降落漏斗形成以后的固定涌水量。

3.1. 计算分段

根据地形、静止水位和基岩裂隙含水层底板的最大深度来确定的, 分为三段:

矿区静止水位以上为饱气带无地下水, 露天采矿场地形较四周高, 建议在采坑坡顶修筑截水沟, 防止地表径流进入基坑, 影响边坡安全, 所以该段不作计算。

静止水位之下, 与基岩裂隙含水层底板之间作为一个计算段。根据勘查施工的水文地质孔的岩芯采取率、岩芯完整程度、波速测试、抽水试验以及前人在本区的工作成果综合分析, 将本区基岩裂隙底板即含水层相对隔水底板最大深度标高确定为 1400 m , 含水层厚度为 $5.10\sim 185.33\text{ m}$, 矿区含水层平均厚度 79.39 m 。

基岩裂隙以下即含水层相对隔水底板之下, 由于岩石相对完整已不含水, 露天采矿场达到该深度以下, 上部地下水仍可流入, 但涌水量不再增加, 故不作计算。

3.2. 矿坑涌水量计算公式选择和参数确定

露采采矿场开采时期, 考虑消耗地下水贮存量和径流量时, 矿坑涌水量将用大井法公式计算公式为:

$$Q = \frac{1.366K(H^2 - h^2)}{\log R_0 - \log r_0} \quad (1)$$

式中: 含水层厚度(H)采用钻孔含水层厚度平均值, $H = 79.39\text{ m}$; K 为透系数, 采用抽水试验 K 值的平均值:

$$K = \frac{0.0154 + 0.0186 + 0.0215}{3} = 0.0185(\text{m/d})$$

抽水井中水柱高度(h): 水位下降至含水层底板时, 则 $h = 0$ 。

引用半径公式为:

$$r_0 = \sqrt{S/\pi} = 821\text{ m} \quad (2)$$

影响半径(R): 影响半径, 根据水文地质手册的经验数字确定为 100 m 。

引用影响半径(R_0)等于影响半径 R 和引用半径之和即

$$R_0 = R + r_0 = 100 + 821 = 921\text{ m} \quad (3)$$

矿坑总涌水量是疏干整个含水层后的矿坑总涌水量, 即:

$$Q = \frac{1.366K(H^2 - h^2)}{\log R_0 - \log r_0} = \frac{1.366 \times 0.0185 \times (79.39^2 - 0^2)}{\log 921 - \log 821} = 3191\text{ m}^3/\text{d} \quad (4)$$

Table 1. Comparison of prediction results of water inflow in mine**表 1.** 矿坑涌水量预测结果对比

项目	计算方法	矿坑总涌水量(m ³ /d)	1500 m 涌水量(m ³ /d)
1987 年勘查预测值	地下水开采模数法	3079.6	2325
本次勘查预测值	大井法	3191	2751

开采至 1400 m 时矿坑涌水量为疏干整个含水层的矿坑总涌水量, 因为本矿区含水层底板最大深度标高为 1400 m, 当开采至 1400 m 以下时, 矿坑涌水量不再增加, 本次勘查采矿计算底标高为 1210 m, 所以开采 1400~1210 m 时矿坑涌水量为疏干整个含水层的矿坑总涌水量, 即 $Q = m^3/d$ 。

3.3. 矿坑涌水量的对比

1987 年对该矿区勘探时, 利用矿区排水资料采用地下水开采模数对矿坑涌水量进行了预测, 矿区圈定了 2 个采坑, 一个是 30~46 线(东采坑), 一个是 16~24 线(西采坑东半部分), 圈定的汇水面积分别为 2.73 km² 和 1.1km²。预测矿坑涌水量最大值约为 3079.6 m³/d。

如表 1 所示, 本次计算预测结果与 1987 年勘查时预测结果比较接近, 说明本次计算采用的计算公式比较合理, 水文地质参数选取的比较准确, 符合实际, 可以作为矿山今后开采的依据。

4. 结论

1) 矿区处于低山丘陵区, 属地下水补给区, 降雨后多形成地表洪流向山间沟谷排泄, 所以地下水的入渗补给条件较差。在此地形和气象等条件影响下形成了低山丘陵水量贫乏的基岩裂隙水区。根据水文地质条件, 矿区分为两个水文地质区: I 区为基岩裂隙水区, II 区为第四系洪积层和冲积层孔隙水区。

2) 确定矿区涌水量计算参数为: 透系数 $k = 0.0185$ m/d; 含水层厚度 $H = 79.39$ m; 引用影响半径 $R_0 = 821$ m, 计算得到矿坑预测总涌水量 $Q = 3191$ m³/d。

3) 本次计算预测结果与 1987 年勘查时预测结果 3079.6 m³/d。比较接近, 说明本次计算采用的计算公式比较合理, 水文地质参数选取的比较准确, 符合实际, 可以作为矿山今后开采的依据。

参考文献 (References)

- [1] 区永和, 陈爱光, 王恒纯. 水文地质学概论[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988.
OU Yonghe, CHEN Aiguang and WANG Hengchun. Introduction to hydrogeology. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1988. (in Chinese)
- [2] 房佩贤, 卫中鼎, 廖资生. 专门水文地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1987.
FANG Peixian, WEI Zhongding and LIAO Zisheng. Specialized hydrogeology. Beijing: Geological Publishing House, 1987. (in Chinese)
- [3] 李俊亭, 王愈吉. 地下水动力学[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
LI Junting, WANG Yuji. Groundwater dynamics. Beijing: Geological Publishing House, 1993. (in Chinese)
- [4] 陈崇希, 唐仲华. 地下水流动问题数值方法[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994.
CHEN Chongxi, TANG Zhonghua. Numerical method for groundwater flow problem. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1994. (in Chinese)
- [5] 水文地质干部进修班编著. 矿坑涌水量预测方法[Z]. 1990.
Hydrological Geology Cadet Training Course. Method of forecasting water bursting of mine.1990. (in Chinese)
- [6] 曹万金. 地下水资源计算与评价[M]. 水利电力出版社, 1987.
CAO Wanjin. Groundwater resources calculation and evaluation. Water Conservancy and Electric Power Press, 1987. (in Chinese)