

某矿区采选扩建工程对地下水的影晌评价分析

祝融峰

(江西省地质局第八地质大队,江西 上饶 334001)

[摘要] 本文以某矿区采选扩建工程为研究对象,在详细介绍该扩建工程建设规模、采选工艺、供排水方案基础上,通过前期地质勘查、地形地貌调查、室内试验等方式,对区域工程地质条件、水文地质条件以及地下水存储情况进行了分析。采用预测模型概化手段,预测该扩建工程建设对地下水水质和地下水水位产生的影响,提出了源头控制、分区防控、强化监测等地下水环境保护措施。

[关键词] 地下水污染;预测模型;水质影响预测;水位影响预测

[中图分类号] X523 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-2423(2024)05-0087-05

DOI:10.19610/j.cnki.cn10-1873/tf.2024.05.013

0 前言

在全社会、全行业竞逐新质生产力的当下,如何实现矿山等传统大宗资源型企业高质量建设和高质量发展,对每位工程建设者提出了更高的要求。随着采选工艺的迭代更新以及产量的不断增长,某矿区的现有采选场地已经不能满足高质量生产的需要,亟需进行扩建^[1-3]。为了避免采选工程建设对某矿区地下水赋存情况产生影响,确保居民生活用水和矿区生产用水安全稳定供应,需要在开展扩建工程之前,对该矿区地下水赋存情况进行详细调研分析。本文结合地质勘察、地形地貌调查、室内试验结果,预测了某矿区采选扩建工程对地下水赋存状态的影响,并提出了相应的保护措施和建议。

1 工程概况

矿山采选改扩建工程沿用地下开采方式,现采选规模为2000 t/d,扩建后的开采范围包括A、B、C三个矿段。其中,C矿段处于开采状态,A和B矿段

尚未开发利用,为有效匹配后期A、B、C三个矿段同步开采,需要新建3000 t/d生产规模的选矿厂,最终形成3000 t/d的采选综合能力,主要建设内容包括井下开拓工程、采矿工业场地、选矿工业场地、废石场、尾矿库、炸药库和办公行政设施等。其中,井下开拓工程主要包括主副斜井改造、新建箕斗+罐笼混合竖井,并对通风方式进行优化;采矿工业场地主要包括出矿井改造、新建空压机房、变配电所、机修站、排班房、材料堆场等设施;选矿工业场地主要包括新建3000 t/d选矿厂1座;废石场主要包括新建废石场,更新废石场窄轨运输设备,整修废石场边坡,提升废石场利用率;尾矿库主要包括提高尾矿库坝顶标高,提升库容;炸药库主要包括新建起爆材料库、警卫值班室、消防水池、密实围墙和报警系统等设施;行政办公区主要包括新建办公楼、食堂等。

2 地下水环境影响分析

2.1 项目施工期间对地下水的影响

项目施工期间,地下水环境主要受施工废水、生活污水影响。其中,建筑施工废水的来源主要是建筑排水、车辆设备冲洗水。建筑施工废水的污染物主要是不含其他可溶性有害物质的泥沙悬浮颗粒和矿物油;生活污水以COD、BOD5和氨氮为主要污染物,污染物浓度低、水量小,呈间歇性排放。由于本项目施工期废水成分不复杂,采取适当措施后,施工期废水不会对当地水环境造成污染。

2.2 项目运行期间对地下水的影响

研究项目运行期间地下水受到的影响,一方面

[收稿日期] 2024-03-28

[作者简介] 祝融峰(1968—),男,浙江遂昌人,本科,高级工程师,主要从事水文地质、工程地质、环境地质勘探工作。

[引用格式] 祝融峰.某矿区采选扩建工程对地下水的影响评价分析[J].绿色矿冶,2024,40(5):87-91,107.

ZHU Rongfeng. Assessment and analysis of the impact of mining and ore dressing project on groundwater in a mining area [J]. Sustainable Mining and Metallurgy, 2024, 40(5): 87-91, 107.

要分析供水方案对地下水环境的影响,本项目用水对地下水环境的主要影响是地下排水和矿井用水可能导致区域地下水位下降;另一方面要分析排水方案对地下水环境的影响,主要包括地下涌水量和废石淋溶水,改扩建工程排水方案对地下水环境的影响包括:一是选厂废水收集池破裂,造成废水渗入含水层,污染地下水水质;二是泥浆泵破裂,造成废水渗入含水层,污染地下水。

2.3 尾矿库扩建和改造对地下水的影响

现有尾矿坝采取黏土筑坝,且铺设防渗层,防水能力较强,且广泛分布的千枚岩比较密集,基本上相当于一个隔水层。尾矿库坝肩两侧未发现大的断层带,岩石完好,结构也简单。尾矿坝下基岩较为完整,无发育的节理裂隙,无大的断裂构造,无向外导水构造,也无向池内周边渗漏通道。因此,尾矿库两侧坝肩的边坡是相对稳定的结构,不存在周边渗漏的风险。

2.4 井下充填系统对地下水的影响

目前,煤矿井下存在大量采空区,采用矿山正常生产期间选矿厂粗颗粒尾砂充填到矿山采空区,尾砂中 Cd、Cr⁶⁺、As、Pb、Hg 为第一类污染物。经过一段时间充填材料将会固结形成充填体。地下水流经填充物后,会将其中的重金属带出,从而受到污染。

综合来看,主要是地下水位和水质受到影响。井下排水、矿井用水可能造成区域地下水位下降;水质受到的影响表现为尾矿废水在非正常条件下渗入,造成地下水污染。

3 地下水环境影响预测

3.1 预测模型概化基本原理

预测模型概化是指通过查阅大量以往类似案例数据,并在分析数据内在规律的基础上,假设当前预测容易产生的问题依然满足以往数据规律,对问题相关因素进行分析并加以数据概化,进而构建预测模型,实现对未来数据进行有效预测的目的^[4~7]。预测模型主要包括数据处理、模型选择、参数设置以及优化等多个环节,构建模型的关键之处在于建立基于高质量模型和准确数据输入的有效映射关系,并通过多次迭代和调整实现最优的预测结果。

3.2 预测范围及期限

预测范围主要包括改扩建工程所涉及的采矿场、选矿场、尾矿库等施工区域,以及其分别对应的

水文地质单元。由于不同水文地质单元影响地下水的因素不同,本次将预测范围细化为地下水水质受影响范围和受水位受影响范围。其中,地下水水质受影响预测范围包括选矿场、尾矿库,总面积约 8.0 km²,属于相对独立的一级水文地质单元。地下水水质预测主要对象为潜水含水层和能被污染物直接污染到的含水层。地质调查结果显示,该区域地下水主要为第四系松散岩孔隙潜水以及少量基岩裂隙水,由于基岩裂隙水无供水意义和开发利用价值,所以本次重点针对第四系松散岩孔隙潜水开展水质影响预测工作。地下水水位影响预测范围主要包括改扩建施工过程中矿井内抽水、排水以及施工用水对地下水水位变化影响。

预测期宜选在易出现地下水污染和地下水水位下降的时期,其中地下水水质影响预测时间为产生水质污染问题后的第 1 年、第 5 年、第 10 年和第 15 年;地下水水位影响预测时间为采选工程扩建工程完工投入使用后的 15 年内。

3.3 地下水水质影响预测

3.3.1 预测情形、水质因子及泄漏源强设定

地下水水质影响预测主要考虑以下因素:一是选矿场废水池地面因混凝土不均匀沉降产生裂缝,选矿场废水渗入地下;二是尾矿库内渣浆泵年久失修、老化,导致防渗系统无法正常工作,废水渗入地下。为提高构建的预测模型的准确度,将选矿场废水水质因子进行了分类,并利用标准指数法对废水水质因子指数进行排序。该方法是一种通过构建指数来评价特定领域或资产表现的方法,简化了复杂的数据分析过程,具有简化数据分析、提高预测准确性、易于比较和跟踪等优点。

从每个分类中挑选指数最大的因子组成了预测因子(表 1)。同时,结合相关规范,对照现场实际,对两种情形下的泄漏源强进行了设定,设定选矿场废水池最大渗漏量为 502 L/d,设定渣浆泵最大渗漏量为 1 836 L/d。

3.3.2 预测内容及模型概化

在进行预测前,地下水水质氨氮因子值为 0.108~0.162 mg/L,小于《地下水质量标准》(GB/T 14848—2017)中三类水质限值(溶解性总固体≤1 000 mg/L,pH 值 6.5~8.5,总硬度(以 CaCO₃ 计)≤450 mg/L,硫酸盐≤250 mg/L,氯化物≤250 mg/L,氨氮≤0.2 mg/L 等);未检出六价铬因子。因此,预测模型应主要对地下水中氨氮因子变化情况进行预

表1 预测评价因子选择统计

污染物	指标	超标组分	预测评价因子
选矿废水	持久性有机污染物	pH、SS、COD、NH ₃ -N	NH ₃ -N
	重金属	Cu、Pb、As、Cd、Cr ⁶⁺ 、Hg	Cr ⁶⁺

测,计算时应叠加背景值(取0.114 mg/L),所以当预测的氨氮污染物浓度贡献值超过0.086 mg/L时,则说明地下水水质受到污染,降为三类水质以下。

在预测区域范围内,将水文地质情况概化为均质、各向异性、一维稳定地下水系统,将污染源概化为突发状况下瞬时排放的平面瞬时点源。从地勘结果看,预测区域内地下水的流动状态整体呈一维流动,因此当污染物泄漏到地下水中,其迁移可以概化成瞬时注入示踪剂(平面瞬时点源)的一维稳定流动二维水动力弥散问题。取地下水流动方向为 x 轴正方向,构建污染物浓度分部模型见式(1)。

$$C_{(x,y)} = \frac{m_M/M}{4\pi n \sqrt{D_L D_T t}} e^{-\left[\frac{(x-ut)^2}{4D_L t} + \frac{y^2}{4D_T t}\right]} \quad (1)$$

式中: x, y 为计算点处的位置坐标; t 为时间,d; $C(x, y)$ 为 t 时刻点 x, y 处的示踪剂浓度,g/L; M 为含水层的厚度,m; m_M 为瞬时注入的示踪剂质量,kg; u 为水流速度,m/d; n 为有效孔隙度; D_L 为纵向 x 方向的弥散系数,m²/d; D_T 为横向 y 方向的弥散系数,m²/d; π 为圆周率。

本次预测模型需要的参数及取值分别为:含水层厚度 M 取3.1 m;外泄污染物质量 m_M 取0.002~0.007 kg;有效孔隙度 n 取0.2;水流速度 u 取

0.016 m/d;污染物纵向弥散系数 D_L 取0.16 m²/d;污染物横向弥散系数 D_T 取0.016 m²/d。

3.3.3 预测结果

预测模型公式(1)可转换成:

$$\frac{(x-ut)^2}{4D_L t} + \frac{y^2}{4D_T t} = \ln \left[\frac{m_M}{4\pi n M C_{(x,y)} \sqrt{D_L D_T t}} \right] \quad (2)$$

根据式(2),可得污染物排放量和时间确定后,相同浓度的等值线呈椭圆状。代入相关参数后,可预测到第1年、第5年、第10年和第15年特征污染因子的运移情况。各时段污染物超标范围、影响范围、预测浓度值预测见表2~表4。由表2~表4可知,选厂废水收集池泄漏后,氨氮仅在第1年内超标,范围241.3 m²,距离15.6 m,第5年、第10年、第15年均不会超标;氨氮泄露在1年和5年内对地下水有一定影响,最大影响范围为772.54 m²,最大迁移距离为27.9 m,在第10年和第15年后对地下水无影响。渣浆泵废水泄漏后,第1年、第5年和第10年内氨氮均超标,第5年最大超标范围为861.56 m²,最大超标距离为29.4 m,会对地下水水质产生一定影响,且影响范围呈增大趋势,第15年最大影响范围为3 061.09 m²,最大运输距离为55.5 m,但此时不会超标。

表2 选矿场废水收集池氨氮污染物预测结果

距离/m	质量标准	mg/L							
		第1年		第5年		第10年		第15年	
		贡献值	预测值	贡献值	预测值	贡献值	预测值	贡献值	预测值
1	Ⅲ类	0.242	0.356	0.049	0.163	0.024	0.138	0.016	0.130
5	Ⅲ类	0.219	0.333	0.048	0.162	0.024	0.138	0.016	0.130
10	Ⅲ类	0.159	0.273	0.045	0.159	0.023	0.137	0.016	0.130
30	Ⅲ类	0.005	0.119	0.023	0.137	0.017	0.131	0.013	0.127
50	Ⅲ类	0	0.114	0.007	0.121	0.008	0.122	0.007	0.121
100	Ⅲ类	0	0.114	0	0.114	0.001	0.115	0.001	0.115
300	Ⅲ类	0	0.114	0	0.114	0	0.114	0	0.114

3.4 地下水水位影响预测

1) A矿段,主要用于涌水量预测。本矿区矿体最低标高为200 m,侵蚀基准面103 m以下矿体采斜井与巷道相结合。坑口充水量的来源主要是大气降水的下渗水量,这是因为矿区岩层透水能力差,断层带闭合,透水能力弱。根据矿床水文地质特征,生产矿坑排水资料完整,因此选择水文地质比拟法预测

-200 m高程矿坑涌水量。这种方法的基本原理是比较不同矿井之间的水文地质条件,通过相似矿井的历史数据来预测新矿井的涌水量。经计算,矿体最低高程为-200 m,水位下降372 m,矿区含水层渗透系数为0.000 08 m/d,影响半径为405.8 m。

2) B矿段,采用大井法,根据钻孔注水资料,对后续矿井涌水量进行预测。对于静态水位,采用算术平

表3 渣浆泵废水收集池氨氮污染物预测结果

mg/L

距离/m	质量标准	1年		5年		10年		15年	
		贡献值	预测值	贡献值	预测值	贡献值	预测值	贡献值	预测值
1	Ⅲ类	0.900	1.014	0.181	0.295	0.090	0.204	0.060	0.174
5	Ⅲ类	0.812	0.926	0.177	0.291	0.089	0.203	0.060	0.174
10	Ⅲ类	0.589	0.703	0.166	0.280	0.087	0.201	0.059	0.173
30	Ⅲ类	0.019	0.133	0.084	0.198	0.061	0.175	0.047	0.161
50	Ⅲ类	0	0.114	0.026	0.140	0.031	0.145	0.027	0.141
100	Ⅲ类	0	0.114	0	0.114	0.002	0.116	0.005	0.119
300	Ⅲ类	0	0.114	0	0.114	0	0.114	0	0.114

表4 废水收集池和渣浆泵废水氨氮超标影响范围

泄漏位置	污染因子	预测时间	标准限值/ (mg·L ⁻¹)	检出限/ (mg·L ⁻¹)	超标距离/m	超标范围/m ²	运移距离/ m	影响范围/ m ²
废水收集池	氨氮	第1年	0.2	0.025	15.6	241.3	23.1	528.01
		第5年			—	—	27.9	772.54
		第10年			—	—	—	—
		第15年			—	—	—	—
渣浆泵	氨氮	第1年	0.2	0.025	23.4	545.82	28.9	832.54
		第5年			29.4	861.56	48.1	2295.15
		第10年			10.7	114.52	54.8	2981.70
		第15年			—	—	55.5	3061.09

均法计算矿区分水岭64个探矿钻孔的最终孔水位,矿区静态水位高程为234.03 m。其次,根据渗透系数计算公式以及该矿区钻抽试验结果,含水层渗透系数为0.0008 m/d,最终影响半径为541.36 m。

3) C矿段,根据钻孔注水数据预测了井筒的最大涌水量。首先,采用静态水位进行计算。近20年来,该矿区的邻近矿区已经排水,地下水位有下降趋势,因此无法确定实际水位。该矿区静态水位高程为188.29 m,以矿区分水岭16个探矿钻孔的最终孔水位为基准,采用算术平均法计算。其次,根据渗透系数计算公式,以及矿区ZK4732孔注水试验结果(稳定注水量9.78 m³/d,孔中注水水头高度18.55 m,注水孔半径0.0375 m),渗透系数为0.00314 m/d,最终影响半径为118.0 m。

综上所述,各矿段开采时地下水水位影响范围为:A矿段地下水水位影响半径为405.8 m;B矿段地下水水位影响范围为541.36 m;C矿段地下水水位影响范围为118.0 m。

4 地下水环境保护措施与对策

按照“源头治理、分区防治、监测污染、应急响

应”的原则,从污染物产生、渗透、扩散和应急响应等环节入手,采取措施和对策,对本工程的地下水环境保护进行治理,切实做到防患于未然,根据预测评价结果,地下水环境主要受选矿厂和尾矿坝的废水和尾矿水泄漏的影响^[8-10]。鉴于此,环保措施从保护地下水环境的角度提出。

1) 源头控制措施。加强对各种生产单位和结构的检查和监测。在矿山运营过程中,要定期对选矿设备、尾矿坝及相关处理构筑物进行监测和维护,确保所有项目处于良好的运营和处理状态。当设备或构筑物出现异常运行时,应及时进行检查,避免设备和构筑物中的污染物和废水泄漏,努力将废水泄漏的环境风险事故降至最低。所有拟建工程的输排水管道必须做好防渗措施,杜绝各类废水渗入。此外,严格做好供水和废水管理,强调节水,防止污水“跑、流、滴、漏”,确保污水处理系统的连接。

2) 区域性的预防和控制工作。根据建设工程现场天然包气带的抗污染性能、污染治理难度及污染物特性等因素,提出防渗技术措施。根据建设项目现场天然包气带的抗污染性能(中度抗污染性能)、污染控制难度(难控污染)、污染物特性(氨氮

为主要污染因子)等,将矿山划分为重点防渗区、一般防渗区、简易防渗区。其中,重点防渗区主要包括各类废水收集池(如选矿厂废水收集池)和尾矿矿浆输送管道(渣浆泵);一般防渗区主要包括选矿厂地面;简易防渗区主要包括废石场等其他生产装置。重点防渗区要求尾矿水输送管道尽可能地上敷设,减少由于埋地管道泄漏而造成的地下水污染。一般防渗区厂房基础应建设在稳定的地层上,地面应分层利用压路机碾压或夯实,地面混凝土的抗渗性能、抗侵蚀性能要严格控制,下雨地面水量较大时,重点检查有无渗漏情况。简易防渗区废石场和其他生产区等地面采取水泥硬化,并视具体情况采取防控措施,地基按民用建筑要求处理即可。

3)地下水环境监测。一是为了掌握工程周边地下水环境质量动态变化情况,设置监测井,对工程所在地周边地下水水质、水位等进行监测,及时反馈地下水环境状况,为治理地下水环境问题提供重要依据;二是科学设置监测项目和监测频率。地下水水位高程及埋藏深度监测每年开展6次,每月监测1次;三是认真做好地下水监测管理工作,建立地下水监测数据信息管理制度,根据事故性质、类型、影响范围及造成的严重后果等,根据实际情况分级制定相应的预案;适时组织相关部门和人员进行应急演练,不断补充完善突发事件应急处置预案。

5 结论与建议

该采选扩建工程会对地下水水质造成一定的影响,氨氮污染物在运营期间会造成一定程度的污染,导致第四系孔隙水中超标,但超标的范围基本可控。此外,受污染地区地下水没有作为生活饮用水使用,与地下水环境相关的集中式饮用水源地、分散居住饮用水等保护区也不在地下水环境受影响范围。采取渗漏和应急措施后,选矿废水泄漏对地下水水质的影响仅限于构筑物附近;废水泄漏对下游地下水水质不会造成明显不良影响,对地下水环境质量不会造成恶化,对地下水利用现状也不会造成影响。

因此,从保护地下水环境的角度出发,这个采选扩建工程具有可行性。

建议在建设期和运营期间,从源头治理、防渗治漏、污染监测、事故应急处置等方面,做好地下水污染主动防渗与被动防渗工作。同时,需要建立地下水水质和水位长期监测点,对预测区域水质安全和矿井井下生产安全采取措施,确保水质变化趋势和水位变化整体可控,及时调整。若监测到地下水污染超标情况,第一时间进行专业调查和治理,确保能够及时遏制事故、消除隐患。

[参考文献]

- [1] 刘斌斌,孟凡林,薛建坤,等.榆树泉矿区地下水化学特征及水力联系程度分析[J].能源与环保,2023,45(8):73-79.
- [2] 谭海伟,张鸽,罗庆教,等.某有色金属矿区重金属污染调查及综合整治研究[J].矿山工程,2023,11(3):403-408.
- [3] 李俊琴,陈晓爽,刘杨,等.巴彦淖尔市乌拉特中旗矿区地下水资源金属污染特征分析[J].四川环境,2023,42(5):135-142.
- [4] 尹芝华,孙晖,任锋,等.基于Visual MODFLOW的西北某铜金属冶炼项目地下水环境影响预测模拟[J].有色冶金节能,2021,37(5):45-50.
- [5] 白少刚,季鹏飞,刘筱,等.基于DRAMIC模型典型金属矿区地下水重金属污染脆弱性评价[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2022(9):84-86.
- [6] 何雨明,高程,龙泉,等.四川某矿区地下水重金属污染风险评估[J].南方金属,2023(2):45-48.
- [7] 姜久宁.历史遗留场地黄金堆浸尾渣周边土壤及地下水污染状况研究[J].有色冶金节能,2023,39(3):78-72.
- [8] 吴洪,周蕤,刘勇.金属矿区地下水污染评价及防治措施[J].低碳世界,2023,13(3):40-42.
- [9] 方剑飞.探讨矿区水文地质勘察中地下水的问题及应对措施[J].中国金属通报,2023(4):160-162.
- [10] 张诚,张启军,黄彬.离子型稀土矿开采污染防治[J].有色冶金节能,2021,37(6):46-49.

(下转第107页)

Application of Intelligent Power Supply and Distribution System in Coal Preparation Plant

LI Zhijun

(Haerwusu Open-pit Coal Preparation Plant, CHN Energy Group, Ordos 010399, China)

Abstract: This paper discussed the application of intelligent power supply and distribution system in coal preparation plant, introduce the technology of automatic inspection tracking system, remote control system of equipment, on-line approval system of power outage and transmission, and introduced the composition, function and working principle of each system in detail. The system significantly improves the energy utilization efficiency and intelligent management level of the coal preparation plant, reduces the time waste and operation complexity under the traditional power supply and distribution mode, strengthens the safety and reliability of the power supply and distribution operation, helps to reduce energy consumption and production emissions, and promotes the transformation of the coal preparation plant to the direction of energy saving, environmental protection and green development. The reliability of the power supply and distribution system is realized through the three-layer locking protection mechanism, and the paperless and online mobile operation is realized in the whole business process, which greatly improves the work efficiency and production safety.

Key words: intelligent power supply and distribution; energy saving and environmental protection; green mine; automatic tracking of inspection, remote control; on-line approval

(上接第 91 页)

Evaluation and Analysis of the Impact of Mining and Ore Dressing Expansion Project on Groundwater in a Mining Area

ZHU Rongfeng

(The Eighth Geological Team of Jiangxi Geological Bureau, Shangrao 334001, China)

Abstract: In this paper, the mining and ore dressing expansion project of a mining area was taken as the research object. On the basis of introducing the construction scale, mining and ore dressing process, water supply and drainage scheme of the expansion project in detail, the engineering geological conditions, hydrogeological conditions and groundwater storage within the scope of the project construction were analyzed by means of preliminary geological exploration, topographic and geomorphological investigation and indoor test. At the same time, this paper used the prediction model generalization method to predict the impact of the expansion project construction on groundwater quality and groundwater level, and put forward groundwater environmental protection measures and countermeasures such as source control, zoning prevention and control, and strengthening monitoring.

Key words: groundwater pollution; prediction model; prediction of water quality impact; prediction of water level impact