

白音华三号矿边坡疏干井设计与实践

高靖宇 张弘 李岳山

内蒙古白音华蒙东露天煤业有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v8i5.2329

[摘要] 为解决白音华三号露天矿二采区开采边坡水害风险,基于首采区90眼疏干井运行经验、采区水文地质勘察成果,结合白音华三号矿勘查范围及开采境界及采区划分情况,开展边坡疏干井设计与优化研究。通过地面物探、水文地质钻探等手段查明含水层特征,系统对比三种疏干井方案的工程量、经济性及疏干效果,最终确定最优方案:沿2027年西边界布设36眼深浅结合疏干井,总工程量2904m。该方案可有效拦截西南向东北主径流地下水,降低地下水位与孔隙水压力,兼顾疏干效果与长期经济性,为首采区延续开采及二采区超前防治水提供技术支撑,也为同类草原露天矿疏干工程提供实践参考。

[关键词] 矿边坡; 疏干井; 设计; 最优方案

中图分类号: U416.1+4 **文献标识码:** A

Design and Practice of Slope Dewatering Well in Baiyinhua No.3 Mine

Jingyu Gao Hong Zhang Yueshan Li

Inner Mongolia Baiyinhua Mengdong Open-pit Coal Industry Co., Ltd.

[Abstract] To mitigate slope water hazards in the second mining area of Baiyinhua No.3 Open-pit Mine, this study conducts slope dewatering well design and optimization research based on operational experience from 90 dewatering wells in the first mining area, hydrogeological survey results, and the exploration scope, mining boundaries, and mining area division of Baiyinhua No.3 Mine. Through ground geophysical exploration and hydrogeological drilling, the study identifies aquifer characteristics and systematically compares the engineering volume, economic feasibility, and dewatering effectiveness of three well design schemes. The optimal solution is determined: deploying 36 combined deep and shallow dewatering wells along the western boundary in 2027, with a total engineering volume of 2,904m³. This scheme can effectively intercept the main runoff groundwater from southwest to northeast, reduce the groundwater level and pore water pressure, and give consideration to the drainage effect and long-term economy. It provides technical support for the continuous mining in the first mining area and the advanced water control in the second mining area, and also provides practical reference for the drainage engineering of similar grassland open-pit mines.

[Key words] mine slope; dewatering well; design; optimal scheme

引言

露天矿边坡稳定性是矿山安全开采的核心问题之一,地下水的赋存与运移是诱发边坡失稳的关键因素^[1]。疏干井系统通过降低地下水位、削减孔隙水压力,可显著提升边坡岩土体强度,是露天矿防治水的主流技术^[2]。

白音华三号露天矿是国家规划的蒙东大型煤电基地核心项目,2004年国家发改委以发改能源〔2004〕2339号文件批复其生产规模为1400万吨/年,后提升至2000×10⁴t/a^[3]。首采区已开采多年,90眼疏干井系统运行稳定,但二采区即将进入大规模开采阶段,其西南向东北的地下水主径流特征可能引发边坡失稳。本文基于该矿水文地质勘察报告、采区布局图件及首采区疏干数据,开展二

采区边坡疏干井设计与优化,为矿山安全高效开采提供技术保障。

1 工程概况与水文地质条件

1.1 工程概况

白音华三号露天矿位于内蒙古锡林郭勒盟西乌珠穆沁旗巴彦花镇,距巴拉嘎尔高勒镇北东91km,地理坐标采用2000国家大地坐标系。采矿许可证号为C1000002009121110053938,采矿权人为内蒙古白音华蒙东露天煤业有限公司,矿面积46.566km²,开采标高995~620m,生产规模2000×10⁴t/a,开采矿种为煤,许可证有效期自2013年6月13日至2036年3月30日,由中华人民共和国国土资源部核发^[4]。矿权范围由27个拐点圈定,矿区呈不规则多边形展布。

该矿是白音华煤田四大露天矿之一，勘查面积46.23km²，采矿权范围与勘查区域高度重合^[5]。结合图1“露天矿开采境界及采区划分平面图”，矿区划分为首采区（已开采）、二采区（待开采）及后备区，二采区位于矿区中部，2025年推进方向为西南向东北，是本次疏干井设计的核心区域，其开采安全直接影响矿山整体生产计划^[6]。

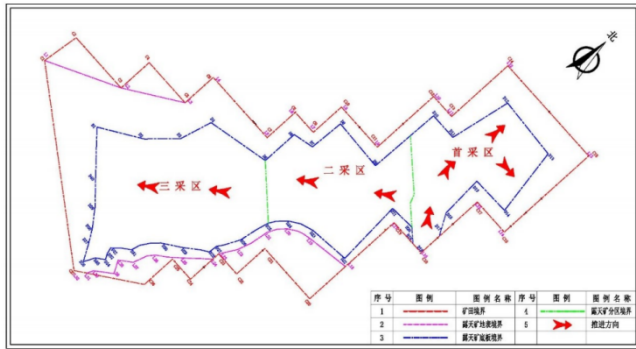


图1 “露天矿开采境界及采区划分平面图”

1.2 现有疏干井与水文地质特征

内蒙古煤炭地质勘查(集团)二零九有限公司通过地面物探、水文地质测绘、抽水试验等手段，查明首采区已建设疏干井90眼，其分布及水文特征如表1所示^[7]。该区域水文地质条件受白垩系与第四系地层控制，主要涌水层位为标高880~950m的白垩系孔隙裂隙承压水，单位涌水量1.2~3.5L/(s·m)，水量较大；局部发育第四系孔隙裂隙潜水，单位涌水量小于0.3L/(s·m)，水量较小。经十余年开采，首采区地下水位趋于稳定，疏干井日均排水量维持在8600m³左右，为二采区设计提供了精准的水文地质参数。

表1 首采区现有疏干井分布及水文特征

布井位置	数量(眼)	涌水层位标高(m)	含水层类型	水量特征
西带	40(含2眼实验井)	880-950	白垩系孔隙裂隙承压水	较大
东带	48	880-950	白垩系孔隙裂隙承压水	较大
西带南侧	2	局部区域	第四系孔隙裂隙潜水	较小

2 边坡疏干井设计方案与优化

2.1 设计依据与原则

设计依据包括：国家发改委发改能源〔2004〕2339号文件对矿区开发的要求、首采区90眼疏干井运行数据、二采区地下水主径流方向、矿山未来3~5年采掘计划。设计原则为“源头拦截、深浅结合、经济适配、绿色安全”，采用浅井(井深30~50m)疏干第四系含水层、深井(井深80~120m)同步疏干第四系与煤系地层含水层的组合方式，井径统一为500mm，富水区间距较常规80m优化为100~120m。

2.2 设计方案对比与优化

针对二采区共设计三种疏干井方案，核心参数对比如表2所示。

表2 二采区疏干井设计方案对比

方案	疏干井数量(眼)	总工程量(m)	布井核心思路	优缺点分析
一	167	12270	采矿权界外布井拦截主径流，富水区专设井	疏干效果好，但征地难、投资大、资源利用率低
二	32	2560	现有征内地布井，缩减富水区井数	成本低，但疏干范围不足，易引发局部水害
三	36	2904	沿2027年西边界布井，现有征内地内调整，富水区针对性布井	深浅井结合，拦截范围广，兼顾短期成本与长期适应性

方案三为最优方案，核心优势体现在三方面：①布井位置沿2027年西边界，将未征地范围井体调整至现有征内地内，规避短期征地难题，减少政策风险；②采用500mm统一井径，富水区间距按100m布设，较方案一减少冗余工程，单井疏干影响半径覆盖80~100m，与含水层渗透性匹配；③深浅井按1:2比例组合布设，浅井覆盖0~50m第四系含水层，深井延伸至80~120m煤系地层，实现分层疏干，避免不同含水层串流。现场试验表明，该方案可使目标区域地下水位平均下降12.5m，孔隙水压力降低40%以上。

3 疏干井施工技术与质量控制

3.1 钻井方法选择

结合地层岩性(上部为第四系砂土层、下部为白垩系砂岩)，选用XY-4型旋转钻施工，钻进速度控制在8~10m/h，较冲击钻效率提升60%，孔壁垂直度偏差小于1%。富水段采用优质膨润土泥浆护壁，泥浆密度1.1~1.2g/cm³、黏度18~22s，每钻进5m检测一次孔壁稳定性，遇砂层加厚泥浆护壁厚度至20cm。施工安全措施包括：钻场设置1.2m高防护围栏，配备便携式瓦斯检测仪与应急水源，雷雨天气暂停露天作业；针对钻孔偏斜风险，采用随钻测斜仪实时监测，偏斜超限时采用纠偏器调整。

3.2 井管与滤水管安装

井壁材料选用钢筋混凝土管(抗压强度≥C30)，滤水管采用缠丝包网型(孔径1.5mm)，安装位置对应含水层段(标高880~950m)。安装过程中采用居中器固定，偏差控制在±5cm内，确保滤水管与含水层精准对应。

3.3 填砾与止水

填砾选用粒径5~10mm的石英砂，填砾厚度≥10cm，覆盖滤水管全段；止水采用水泥黏土浆(水泥:黏土=1:3)，在含水层顶部以上5m处封堵，避免不同含水层串流。

4 成本与效益分析

4.1 成本估算

基于方案三的成本估算采用工程量清单法，结合2024年蒙东地区建材与施工市场价格，详细费用如表3所示。其中，抽水设备选用200QJ50-100型深井泵，单泵流量50m³/h、扬程100m，适配疏干井出水量需求；施工管理费包含安全监理与质量检测费用。疏干水储存设计采用“就近利用+集中储存”模式，在二采区西南侧现有低洼地修建倒排水地，占地面积1.2万m²，有效容积5万m³，采用土工膜防渗处理，满足日均8600m³疏干水储存需求，储存水可用于矿山降尘与绿化，实现水资源循环利用。

表3 方案三成本估算清单

费用类型	计算依据	费用(万元)	占比
地质勘察费	46.566km ² 2.58万元/km ²	12	4.20%
疏干井建设费	钻井2904m×500元/m+井管36眼×1万元/眼+填砾止水18万元	199.2	70.30%
抽水设备费	36台×2万元/台(含安装)	72	25.40%
施工管理费	前三项合计×3%	8.4	3.00%
合计(初期投资)	—	291.6	100%
年均运维费	设备折旧+电费+人工	25	—

4.2 效益评估

4.2.1 经济效益

经济效益采用动态评估法(基准收益率8%),主要体现在三方面:①边坡稳定性提升使年安全事故损失减少80万元,较无疏干措施时降低90%;②消除地下水干扰后,采掘设备效率提升5%,年增加煤炭产量100×10⁴t,按坑口价300元/t计算,年新增收益3000万元;③疏干水回收利用减少地下水开采量,年节省水资源费12万元。经测算,项目投资回收期为1.2年,经济净现值达2860万元,经济效益显著。

4.2.2 社会效益

社会效益聚焦生态保护与安全保障:①疏干井系统有效控制边坡失稳风险,避免滑坡对周边草原生态的破坏,保护以针茅、羊草为主的原生植被约2.3km²;②减少地下水无序排放,倒排水地储存的疏干水用于矿山绿化,年新增绿化面积0.8万m²,改善区域生态环境;③保障二采区1200名作业人员安全,避免水害事故引发的民生影响,符合《煤矿安全生产条例》要求,为蒙东草原矿区绿色开发提供示范。

5 结论

本文以白音华三号露天矿边坡安全开采为目标,整合水文地质勘察成果、首采区疏干经验及采掘计划,系统开展疏干井设计与优化研究,形成兼具科学性与实用性的技术方案,主要结论

如下:

(1)矿区主要控水层为标高880~950m的白垩系孔隙裂隙承压水,单位涌水量1.2~3.5L/(s·m),局部第四系潜水水量较小;首采区90眼疏干井日均排水8600m³,验证了深浅结合疏干模式的有效性,为二采区设计提供了可靠参数支撑与实践依据。

(2)二采区最优疏干方案为沿2027年西边界布设36眼深浅结合疏干井,总工程量2904m,井径500mm、富水区间距100m;该方案通过征地范围优化与分层疏干设计,既实现地下水位平均下降12.5m的疏干目标,又将初期投资控制在291.6万元,兼顾技术可行性与经济合理性。

(3)旋转钻+膨润土泥浆护壁的施工工艺,配合随钻测斜与安全防护措施,可有效控制钻孔偏斜与施工风险;疏干水回收用于降尘绿化的模式,实现“防治水-水资源利用”协同。研究成果为同类草原露天矿超前防治水提供了技术参考,具有显著的推广价值。

[参考文献]

- [1]李树刚,赵毅鑫,成连华.露天矿边坡地下水疏干技术及应用[J].煤炭学报,2020,45(5):1789-1798.
- [2]张东升,马立强,缪协兴.大型露天矿采区疏干井优化布置研究[J].中国矿业大学学报,2021,50(3):521-529.
- [3]王连国,李明远.露天矿边坡稳定性与地下水疏干协同控制技术[J].岩石力学与工程学报,2020,39(S1):2890-2898.
- [4]周宏伟,谢和平,左建平.孔隙裂隙含水层疏干井设计参数优化方法[J].工程地质学报,2022,30(4):1123-1131.
- [5]刘传孝,李化敏,卢义玉.露天矿疏干井施工技术及其质量控制标准[J].采矿与安全工程学报,2020,37(6):1214-1221.
- [6]黄庆享,范立民,王双明.西北露天矿地下水疏干与生态保护协同模式[J].煤炭科学技术,2021,49(8):132-140.
- [7]张吉雄,巨峰,周楠.露天矿采区推进与疏干井布置协同设计方法[J].采矿工程学报,2022,7(5):489-496.

作者简介:

高靖宇(1998--),男,汉族,内蒙古自治区赤峰市人,本科,助理工程师,地质及煤矿等相关方向。