

# Characteristics of water occurrence in shallow weathered rock layers of Hongliulin Coal Mine and its impact on upper coal seam mining

Ping Li<sup>1</sup> Juanli Chen<sup>2</sup> Yan Li<sup>3</sup> Shaokun Guo<sup>4</sup> Hui Gao<sup>5</sup>

Shaanxi Hancheng Tianjiu Grouting Exploration Co., Ltd., Hancheng Shaanxi, 715400, China

Shaanxi Mineral Resources Survey and Evaluation Center, Xi'an, Shaanxi, 710000, Chian

Shaanxi Coal Group Shenmu Hongliulin Mining Co., Ltd., Shenmu, Shaanxi, 719300, China

Shenmu City Natural Resources and Planning Bureau, Shenmu, Shaanxi, 719300, China

Xi'an Geological and Mineral Exploration and Development Institute Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710100, China

## Abstract

In order to reveal the impact mechanism of shallow weathered rock layer water on the upper coal seam mining of Hongliulin Coal Mine, based on drilling data and RQD analysis results, the hydrogeological characteristics and rock engineering properties of weathered rock formations in the West First, North Second, and South Second Pan areas were studied. The influence of rock layer water on the stability of upper coal seam mining was analyzed, and prevention and control suggestions were proposed. The results show that the weathered rock formation in the study area is a weak rock type with low saturated uniaxial compressive strength, low RQD value, poor rock integrity, and developed secondary fractures, which are conducive to the occurrence of rock water; The weathered rock layer water reduces the stability of the coal seam roof and floor through softening the rock mass, and the 2-2 coal seam is most affected. The research results can provide theoretical basis for the prevention and control of mine water hazards and the optimization of support schemes.

## Keywords

Weathered rock water; Upper coal seam; Mining impact; Stability evaluation

# 红柳林煤矿浅层风化岩层水赋存特征及对上部煤层开采的影响

李萍<sup>1</sup> 陈娟丽<sup>2</sup> 李研<sup>3</sup> 郭少昆<sup>4</sup> 高辉<sup>5</sup>

1. 陕西韩城天久注浆勘探有限责任公司, 中国·陕西 韩城 715400

2. 陕西省矿产资源调查评审中心, 中国·陕西 西安 710000

3. 陕煤集团神木红柳林矿业有限公司, 中国·陕西 神木 719300

4. 神木市自然资源和规划局, 中国·陕西 神木 719300

5. 西安地质矿产勘查开发院有限公司, 中国·陕西 西安 710100

## 摘要

为揭示浅层风化岩层水对红柳林煤矿上部煤层开采的影响机制, 基于钻孔数据和RQD分析结果, 研究了西一、北二、南二盘区风化岩组的水文地质特征、岩体工程性质, 分析了岩层水对上部煤层开采稳定性的影响并提出防控建议。结果显示, 研究区风化岩组为软弱岩类, 饱和单轴抗压强度低, RQD值不高, 岩体完整性差、次生裂隙发育, 利于岩层水赋存; 风化岩层水通过软化岩体等作用降低煤层顶底板稳定性, 2-2煤层受影响最重。研究成果可为矿井水害防控及支护方案优化提供理论依据。

## 关键词

风化岩层水; 上部煤层; 开采影响; 稳定性评价

## 1 引言

煤炭安全高效开采关系国民经济发展, 红柳林煤矿

2026 - 2030年重点回采的煤层开采区域风化基岩广泛分布, 风化岩层水赋存条件复杂。原研究表明风化岩组岩石结构破坏严重、次生裂隙发育。这类地下水易引发安全隐患, 但相关专项研究较少。因此, 分析风化岩层水赋存特征及其对开采的影响, 对保障矿井安全生产意义重大。

【作者简介】李萍(1990—), 女, 中国陕西合阳人, 硕士, 工程师, 从事地质工程研究。

## 2 研究区浅层风化岩层水文地质与工程地质特征

### 2.1 风化岩组空间分布与岩性构成

研究区风化岩组为软弱岩类，主要分布于基岩顶部，覆盖三个盘区上部煤层开采区域。岩性包括多种砂岩、泥岩

岩性	泥岩	砂质泥岩	粉砂岩	细粒砂岩	中粒砂岩	粗粒砂岩
RQD(%)	0 ~ 73 26.8	34 ~ 77.0 60.75	23 ~ 73 58.33	50 ~ 85 70.5	33 ~ 81 61.33	44 ~ 87 69.88
Rc(MPa)	0 ~ 13.02 13.02	10.55	10.28	12.57	5.71	3.82 ~ 8.69 6.01

风化岩组属弱富水性含水层，但分布广、距采掘空间近、受开采扰动影响大。

### 2.3 风化岩体力学性质

风化使岩体力学性能大幅退化，各岩性单轴饱和抗压强度远低于正常基岩。02MPa，粗粒砂岩平均6.01MPa，均满足软弱岩类判定标准。岩体质量系数(Z值)法评价显示，风化基岩中除细粒砂岩体质量“一般”外，其余岩组Z值均小于0.3，岩体质量等级为“坏”；岩体质量指标(M值)法评价显示，泥岩、中粒砂岩M值小于0.15，岩体质量“差”，其余岩组M值0.14-0.30，岩体质量“中等”。两类评价方

等，整体岩石质量劣至中等、岩体完整性差至中等。

### 2.2 风化岩层水赋存条件

风化岩组工程地质特性为岩层水赋存创造条件：岩体碎裂结构显著，形成导水通道；岩石孔隙率较高，有储水空间；与上部含水层水力联系密切，大气降水等可补给。

法均表明，风化岩体完整性差、强度低、抗水软化能力弱。

## 3 浅层风化岩层水对上部煤层开采的影响机制

### 3.1 软化岩体，降低力学强度

风化岩体含大量粘土矿物，遇水发生水化反应，颗粒间联结力减弱，岩体强度显著降低。原钻孔力学测试数据显示，风化泥岩饱和抗压强度较天然状态下下降35-50%，砂质泥岩下降20-30%。上部煤层开采时，顶板风化岩体受岩层水浸润软化，单轴饱和抗压强度降至5.71-13.02MPa，易引发顶板垮落，如2<sup>-2</sup>煤顶板砂质泥岩受影响后顶板稳定性恶化，被判定为不稳定顶板。

可采煤层	顶底板岩性	RQD 值 (%)	饱和状态下抗压强度 Mpa	岩石强度完整性级别，顶底板稳定性
2 <sup>-2</sup> 煤顶板	砂质泥岩	24 ~ 77 56.47	7.27 ~ 22.18 12.97	岩石质量软弱，岩体完整岩体差，不稳定顶板
	粉砂岩	48 ~ 77 65.75	10.14 ~ 17.50 14.94	岩石质量软弱，岩体中等完整，不稳定顶板
	细粒砂岩	73	/	岩体中等完整，不稳定顶板
	中粒砂岩	54 ~ 79 67.2	15.92	岩石质量软弱，岩体中等完整，不稳定顶板
	粗粒砂岩	74 ~ 75 74.5	12.39	岩石质量软弱，岩体中等完整，不稳定顶板
2 <sup>-2</sup> 煤底板	砂质泥岩	59 ~ 87 70.93	15.51 ~ 37.44 20.24	岩石质量软弱，岩体中等完整，不稳定底板
	粉砂岩	36 ~ 89 70	19.60	岩石质量软弱，岩体中等完整，不稳定底板
	细粒砂岩	68 ~ 79 74	11.32 ~ 22.81 16.85	岩石质量软弱，岩体中等完整，不稳定底板

### 3.2 扩张裂隙，加剧导水通道发育

风化岩组原生裂隙在岩层水作用下发生物理化学变化，水的渗透压力使裂隙宽度扩张，水中物质与岩石矿物反应使裂隙深度延伸。钻孔观测显示，受岩层水长期作用，裂隙宽度可从0.1-0.5mm扩张至1-3mm，裂隙连通率提高40-60%，形成贯通性导水网络。在2<sup>-2</sup>、3<sup>-1</sup>煤层开采中，扩张后的裂隙加剧顶底板淋水，破坏岩体完整性，RQD值下降10-15%。

### 3.3 引发特殊灾害，威胁开采安全

#### 3.3.1 顶底板失稳

风化岩层水的软化与渗透作用，使煤层顶底板岩体抗剪强度降低，内摩擦角减小5-8°，粘聚力下降20-30%。2<sup>-2</sup>煤底板泥岩遇水膨胀软化引发地鼓，影响采掘设备运行；3<sup>-1</sup>煤顶板泥岩伪顶受水浸润垮落，形成冒顶隐患。

#### 3.3.2 局部水害

风化岩组属弱富水性含水层，开采扰动使裂隙贯通，

导水能力提升,岩层水易涌入采掘空间。开采工作面揭露风化岩组与第四系松散层接触带时,可能引发突水,造成工作面积水,威胁施工人员安全。原研究中 B23 - 17 号钻孔揭露的烧变岩组,因与风化岩组裂隙连通,成为开采安全潜在风险点。

### 3.4 不同上部煤层受影响程度差异

根据各煤层顶底板稳定性评价结果,浅层风化岩层水对上部煤层影响差异显著:

2<sup>-2</sup>煤层:顶底板以砂质泥岩、粉砂岩为主,岩体完整

性差,饱和抗压强度 12.39 - 20.24MPa,受岩层水软化影响最大,顶底板均不稳定。

3<sup>-1</sup>煤层:顶板砂质泥岩、粉砂岩中等完整至较完整,但泥岩伪顶易垮落,底板砂质泥岩、细粒砂岩不稳定至较稳定,受影响程度次之。

4<sup>-2</sup>、5<sup>-2</sup>煤层:顶板部分为半坚硬细粒砂岩,抗压强度 25.28 - 37.62MPa,抗水软化能力强,底板以半坚硬砂质泥岩为主,较稳定,受风化岩层水影响小。相对较小(见表 9、10)<sup>[10]</sup>。

可采煤层	顶底板岩性	RQD 值 (%)	饱和状态下抗压强度 Mpa	岩石强度完整性级别,顶底板稳定性
3 <sup>-1</sup> 煤顶板	砂质泥岩	58 ~ 81 69.17	9.05 ~ 23.28 15.76	岩石质量软弱,岩体中等完整,不稳定顶板
	粉砂岩	84 ~ 85 84.5	21.16 ~ 23.34 22.25	岩石质量软弱,岩体较完整,不稳定顶板
	细粒砂岩	82	/	岩体较完整
3 <sup>-1</sup> 煤底板	砂质泥岩	57 ~ 84 68	23.74	岩石质量软弱,岩体中等完整,不稳定底板
	粉砂岩	78	15.7 ~ 19.52 17.61	岩石质量软弱,岩体较完整,较稳定底板
	细粒砂岩	77 ~ 91 85	16.38 ~ 24.58 20.48	岩石质量软弱,岩体较完整,较稳定底板

## 4 防控建议

**加强水文地质探测:**采用“钻孔探测+地球物理测井”综合手段,开采前精准探测上部煤层顶板风化岩组厚度、岩性、裂隙发育程度及含水性,标注裂隙密集带及富水区域。对 2<sup>-2</sup>煤层等受影响严重区域,加密探测钻孔,间距 30 ~ 50m,明确岩层水补给来源及渗透路径。

**优化采掘与支护方案:**针对风化岩层水影响特征调整开采参数,2<sup>-2</sup>、3<sup>-1</sup>煤层采用短壁开采,工作面长度 150 ~ 200m,减少顶板扰动;采用“锚网索+喷浆”联合支护,支护密度较常规区域提高 20%,喷浆厚度增至 100 ~ 150mm,增强岩体整体性。对底板易发生地鼓区域,增设底梁支护并预留变形空间。

**强化排水与隔水措施:**在采掘工作面设临时排水系统,配备流量不小于 50m<sup>3</sup>/h 排水设备,及时排出渗透水;在风化岩组与煤层顶板间用水泥-水玻璃双液注浆,形成 5 ~ 8m 厚隔水帷幕,阻断岩层水渗透通道。对第四系松散层厚度大区域,在地表设截排水沟,减少大气降水入渗补给。

## 5 结语

(1) 红柳林煤矿浅层风化岩组属软弱岩类,岩性以泥岩、砂质泥岩、各类砂岩为主,RQD 值 26.8 ~ 70.5%,饱和单轴抗压强度 5.71 ~ 12.57MPa,岩体完整性差、次生裂隙发育,为岩层水赋存提供条件;风化岩层水受第四系松散层水及大气降水补给,属弱富水性含水层,但导水性强、影

响范围广。(2) 浅层风化岩层水通过三大机制影响上部煤层开采:软化岩体使抗压强度降 20 ~ 50%;扩张裂隙提高导水能力;引发顶底板失稳、地鼓及局部水害,2<sup>-2</sup>煤层受影响最严重,顶底板均不稳定。(3) 针对风化岩层水影响,提出“探测先行、支护强化、排水隔水结合”防控策略,通过精准探测、优化支护方案、强化排水隔水措施,可降低岩层水不利影响,保障上部煤层安全高效回采。

## 参考文献

- [1] 黄庆享.浅埋煤层的矿压特征与浅埋煤层定义[J].岩石力学与工程学报, 2002,21(8):1174 - 1177.
- [2] 路波.神南矿区红柳林煤矿水害及防治水工作探讨[J].企业技术开发, 2015,34(24):173 - 174.
- [3] 李海军.红柳林煤矿浅埋煤层群开采覆岩导水裂隙带发育规律研究[D].西安科技大学, 2019.
- [4] 屈慧升.浅埋薄基岩煤层盘区巷道支护方案优化研究[D].西安科技大学, 2020.
- [5] 李炜焯.红柳林煤矿综采工作面矿压显现规律研究[J].能源与节能, 2016,(12):8 - 9.
- [6] 李俊虎.红柳林煤矿多煤层开采覆岩破碎规律及矿压规律研究[D].西安科技大学, 2019.
- [7] 朱世森.神府矿区红柳林井田可采煤层煤质特征分析[J].陕西煤炭, 2016,35(4):22 - 24.
- [8] 红柳林煤矿钻孔力学样化验成果资料[内部资料],2025.
- [9] 红柳林煤矿工程地质勘察报告[内部资料],2025.
- [10] 红柳林煤矿主采煤层顶底板稳定性评价报告[内部资料],2025.