

强化顶板安全管理 提高灾害管控水平

西山煤业15303综采工作面顶板安全管理技术探讨

马小东

山西长治联盛煤业投资有限公司, 山西 长治 047100

DOI:10.61369/SDR.2025020007

摘 要 : 对于煤矿井下采掘作业而言, 作业期间时常会遭遇陷落柱、断层等地质构造, 在这些地质构造的影响下, 周边煤岩体往往会改变自身特性, 造成煤体强度会下降。当采掘工作面通过顶板破碎区域时, 会降低整个工作面围岩稳定性, 从而引起顶板事故, 对矿井生产安全造成严重影响。因此, 工作面过地质构造的顶板安全管理尤为重要。

关 键 词 : 西山煤业; 综采工作面; 顶板安全管理

Strengthen Roof Safety Management and Enhance Disaster Control Levels Discussion on Roof Safety Management Technology of the 15303 Fully-Mechanized Mining Face of Xishan Coal Industry

Ma Xiaodong

Shanxi Changzhi Liansheng Coal Industry Investment Co., LTD. Changzhi, Shanxi 047100

Abstract : For underground mining and excavation operations in coal mines, geological structures such as collapse columns and faults are often encountered during the operation. Under the influence of these geological structures, the surrounding coal and rock masses often change their own characteristics, resulting in a decrease in the strength of the coal body. When the mining and excavation working face passes through the fractured roof area, it will reduce the stability of the surrounding rock of the entire working face, thereby causing roof accidents and having a serious impact on the production safety of the mine. Therefore, the safety management of the roof of the working face passing through geological structures is particularly important.

Keywords : xishan coal industry; fully-mechanized mining face; roof safety management

西山煤业面对顶板灾害的安全风险, 通过现场调研地质条件, 积极采取有效的顶板管控措施, 经过全体干部职工的同心协力, 最终保证了采掘工作面安全顺利地通过地质构造, 为实现矿井安全生产奠定了坚实基础。

一、加强掘进工作面破碎地带顶板支护强度

矿井采掘工作面总体地质条件简单, 但局部区域受断层、陷落柱、岩溶裂隙等地质构造的影响, 造成顶板存在破碎离层现象, 为加强支护强度, 确保顶板安全, 西山煤业对现场地质条件进行风险研判, 根据研判成果采取加强支护的安全措施。一是变更锚索打设排距, 由“三花”打设形式变更为逐排打设两根锚索, 遇特殊情况加长锚索长度, 长度由5米变更为8米; 二是采用工字钢进行复合支护, 并使用大板等支护材料确保接顶严实。通过加强特殊地段顶板支护, 进一步保障了现场顶板安全^[1]。

二、积极应用新工艺加强工作面顶板安全管理

15303综采工作面推进至运输顺槽1360m处, 受F₃逆断层影

响, 运输顺槽1250—1360m之间走向坡度 $\pm 21^\circ$, 局部伴有地质构造发育, 煤层赋存条件差。同时工作面倾向坡度不断变化, 倾向坡度为 $\pm 15^\circ$ 至 $\pm 39^\circ$, 煤层局部变薄, 底板陡升, 工作面5#至65#支架间局部存在大面积片帮。为确保顶板安全, 西山煤业通过采用注浆(充填)的新工艺和强有力的现场顶板安全管控措施, 实现安全通过地质构造区段200m, 为工作面末采结束创造有利条件^[2]。

(一) 充填模具施工工艺

通过对工作面顶板和煤体加注充填料, 使顶板和煤体连接成一个整体, 保证结构稳定, 具体操作如下:

1. 将采煤机停至片帮严重处, 防止煤矸窜落伤人, 便于工人操作。
2. 制作充填模具, 对片帮处进行固定, 结合西山煤业现场情况建模方法如下:

- ①使用规格4000mm×300mm大板进行竖向布置；
- ②大板空隙较大处用钢筋网片和旧风筒布进行覆盖，对煤壁侧进行维护，保证使模具形成一个整体，防止煤矸窜落；
- ③使用大板对模型进行横向连锁，确保模型稳固；
- ④模具连锁固定后，倾斜打设单体柱，将柱头对准模型，柱尾对准液压支架，确保单体柱打设稳固；
- ⑤模具固定后，由坡顶逐步向坡底处分段进行充填作业。

（二）顶板注浆材料选型

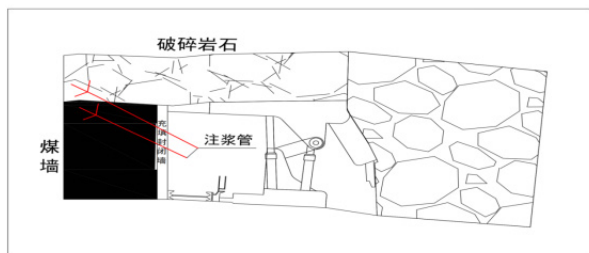
针对地质构造期间顶板破碎带，西山煤业采取顶板注浆方法进行顶板管控。注浆材料采用硅酸盐改性聚氨酯材料由A组分、B组分组成，按体积比1:1混合固化后生成的固结体具有力学性能高的特点，有效将原来松散、破碎、不连续的煤岩体胶结成连续、完整的固结体，并能够充填煤岩体裂隙空间，改变煤岩体应力分布情况，提高煤岩体承重能力（如图一）。



图一：硅酸盐改性聚氨酯材料A组分、B组分

（三）注浆工艺、工序

1. 钻孔：采用ZQSJ-90/2.4A气动手持式钻机打眼，并配备相应长度的注浆管。封孔、注浆采用QB6C型化学注浆泵。与注浆设备配套的进风管路为 $\Phi 19$ mm高压风管20m，出浆管规格为 $\Phi 13$ mm，长度10m需要2根（如图二）。



图二：注浆钻孔布置示意图

2. 在顶板破碎段液压支架下沿工作面推进方向每两架中间位置打设一个注浆孔，注浆孔距顶板1.2m，倾斜角 25° – 30° ，孔深和孔间距均为4m，孔径均为22mm，呈直线布置。
3. 注浆压力：当工作面供风风量不低于 $3\text{m}^3/\text{min}$ ，供风压力不低于0.5MPa时，设计注浆终压3MPa。
4. 扩散半径：依据破碎带煤岩体的破碎情况，保证实际有效扩散半径不小于1.2m。
5. 注浆顺序：采用顺序钻孔注浆，每两架中间打设注浆孔，然后依次进行注浆。

（四）注浆、充填作用机理

1. 破碎松散煤岩体中实施注浆加固，可以使巷道破碎煤岩体重新胶结成整体，形成新的承载结构，充分发挥围岩的自稳能

力，并与围岩原有支护体系共同作用，从而减轻原有支护体系承受的载荷，明显改善围岩应力分布，大大减少围岩变形量^[3]。

2. 在注浆压力的作用下，使浆液将相互连通的岩体裂隙充满，同时还将充填不到的封闭裂隙和空隙压缩，从而对岩体整体起到充填压实作用^[4]。

3. 当岩体中存在较大的裂隙时，当裂隙内充满加固材料后应力发生变化，岩石在三向受力状态下的强度极限将显著增大，并且脆性减弱，塑性增强，加固材料从而起到了增加岩体强度的作用。

（五）液压支架间采取防倒防滑措施

由于工作面局部最大坡度达到 39° ，为防止液压支架出现倒架、咬架现象，西山煤业通过在液压支架间加设防倒防滑装置控制支架，其中：

1. 硬连接防倒装置：在相邻两架液压支架的顶梁上设置双作用的防倒千斤顶，其可推可拉调节性能好^[5]。

2. 软连接防倒装置：在相隔一组液压支架间设置由千斤顶防倒链连接斜拉式防倒装置，即一端连接上方液压支架的底座，另一端连接下方液压支架的顶梁。

3. 在液压支架上安装底座前部防滑，在相邻两液压支架的底座前部，按照隔一设一的方式，加设液压千斤顶。

（六）推行专项安全管控措施

西山煤业根据现场地质条件变化，制定、优化并严格落实各项安全管控措施，确保了现场作业期间的安全，其中：

1. 班前会由带班矿领导和分管矿领导主持会议，开展风险研判工作，并根据风险研判结果制定安全风险管控措施^[6]。

2. 实行带班矿领导、安全监察专员、安全员及职能科室负责人的现场交接班制度，现场跟班期间，紧盯工作面各施工环节，实时掌握工作面过地质构造期间的动态变化，严格监督落实现场安全管控措施，确保现场作业期间的安全。

3. 安排正队长和常务副队长进行现场带班，加大调度会议精神的执行力度，确保各项风险管控措施落实到位。

4. 在工作面液压支架前柱加设挡矸网和挡矸板，防止大块岩石滚落伤人。

5. 工作面拉架作业前，在端头支架处设置警戒，将拉架作业点以下的所有人员撤离至安全地点，拉架困难的地方由班组长现场指导，现场作业人员不低于三个人，一人负责操作拉架、两人负责监护顶板动态变化情况。

三、注浆（充填）工艺实施效果对比

（一）注浆工艺加固煤墙稳固性

受 F_3 逆断层和陷落柱构造双重影响，工作面 $5^{\#}$ – $65^{\#}$ 液压支架间存在大面积片帮， $20^{\#}$ – $35^{\#}$ 液压支架在打开护帮板控制顶板后，片帮深度超出液压支架控顶距约3米，导致空顶区域增大，顶板应力集中，增加了人员作业期间的安全风险。西山煤业采取超前拉架的方式解决现场空顶问题，但效果较差，因此西山煤业根据首阳山煤业注浆工艺，邀请厂家技术人员到矿进行现场考察，并结合工作面实际地质条件制定了注浆方案，通过实施注浆，破碎煤

体进行了有效粘结,从而进一步控制了煤墙片帮的问题,解决了大面积空顶造成的安全风险^[7]。

（二）充填工艺保障顶板整体性

15303综采工作面端头至34#液压支架揭露冲刷带地质构造时,顶板存在裂隙和离层,导致局部顶板垮落,一是增加了顶板垮落伤人的安全风险,二是现场采用爆破作业破碎大块岩石,影响推行进度的同时也造成爆破伤人的安全风险。西山煤业根据现场地质条件调整了注浆方案,采用煤矿聚氨酯发泡材料进行充填作业后,固化后的泡沫与煤岩体固结成一体,强度满足要求,在控制顶板碎石掉落的同时减少了作业人员劳动强度,充分发挥了充填工艺的可靠性和安全性。

（三）调整注浆布局 and 方案,进一步加固煤岩体强度

由于工作面过地质构造期间煤墙整体结构不稳定,使用的茂森加固 II 号粘结性较差,强度较低,不能满足工作面条件变化后的煤体加固要求。因此,西山煤业临时调整注浆用料,采用强度更高的茂森加固 I 号加固煤岩体结构,效果显著^[8]。

另外由于顶板局部出现跳台构造,顶板破碎较为严重,原方案注浆钻孔间距和深度均为4m,西山煤业为加强煤岩体注浆强度,将注浆钻孔间距调整为3m,深度调整为6m,确保注浆扩散效果深入顶板1.5—2m,方案的调整与实施,有效加强了工作面煤岩体注浆强度,确保了工作面顶板安全^[9]。

（四）调整工作面循环进尺,加快注浆进度

西山煤业本着安全快速通过地质构造区段的原则,进一步加快注浆进度,使用两台注浆机进行同步作业,同时注浆时间由单班调整至1.5班,确保工作面完成当天生产任务的同时前方留设2m的稳定加固带^[10]。

通过科学的正规循环作业,最终安全保障了15303综采工作面过地质构造期间的安全,并于3月30日正式结束末采作业。届时,15303综采工作面历时5个月的地质构造区段推进工作圆满结束,且工作面停采时间相比原计划提前了十天,为提前开展三采区巷道部署,实现采区顺利衔接奠定了坚实基础。

参考文献

- [1] 张五一, 张泽心. 煤矿井巷顶板在线监测安全管理闭环管控技术 [J]. 建井技术, 2023, 44(05): 35-42. DOI: 10.19458/j.cnki.cn11-2456/td.2023.05.007.
- [2] 常鑫. 煤矿综采工作面顶板管理技术探讨 [J]. 当代化工研究, 2021, (07): 58-59.
- [3] 余璐璐. 8120 工作面顶板安全管理技术措施研究 [J]. 江西化工, 2019, (03): 166-167. DOI: 10.14127/j.cnki.jiangxihuagong.2019.03.058.
- [4] 李水长. 浅探顶板技术管理在安全管理中的应用 [J]. 冶金管理, 2019, (07): 125+127.
- [5] 高刘奇. 掘进巷道破碎区安全管理技术措施研究 [J]. 山东煤炭科技, 2020, (07): 208-210.
- [6] 蔡锦仙. 微差控制爆破技术在采场顶板安全管理中的应用 [J]. 中国矿山工程, 2017, 46(05): 5-7. DOI: 10.19607/j.cnki.cn11-5068/tf.2017.05.002.
- [7] 宋红亮. 关于煤矿顶板管理的现状 & 解决对策研究 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2019, (22): 151. DOI: 10.13487/j.cnki.imce.015800.
- [8] 徐国华. 新驿煤矿复合顶板安全管理探索与实践 [J]. 山东煤炭科技, 2015, (07): 52-53.
- [9] 朱常胜. 煤矿顶板安全管理经验与技术探讨 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2015, (05): 99-100. DOI: 10.13487/j.cnki.imce.006589.
- [10] 杨立功. 煤矿顶板安全管理经验与技术探析 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2014, (08): 92+94. DOI: 10.13487/j.cnki.imce.005290.