

近距离煤层下分层综掘机配锚索快速掘进推广应用

钟 军

四川省古叙煤田开发股份有限公司 四川泸州 646000

【摘要】针对传统近距离煤层掘进支护采用架设金属三节棚，掘进材料消耗费用高、效率低、工序复杂、单进低、职工劳动强度高等缺点，已不能较好满足现有综掘快速掘进的要求。乐山白鹤煤矿东翼采区K10S煤层使用EBZ-132型硬岩掘进机+锚索支护方式进行试验应用，成功实现了近距离煤层下分层掘进采用锚索支护替代金属三节棚支护，较好的解决了下分层掘进施工锚索穿上覆煤层采空充填区卡钻和安装树脂药卷的问题，最大程度上缩短临时支护和永久支护时间，提高开机率的目的，减少支护环节，降低职工劳动强度。提高了掘进安全系数，达到了“快速、高效、可靠”的支护效果。

【关键词】近距离煤层掘进；锚索支护；降低职工劳动强度

前言

减员增效、推广应用新工艺是建设安全高效矿井的必由之路。白鹤煤矿现目前主要开采K10d煤层，根据矿井的采掘部署要求准备接替东翼采区K10s煤层，K10d煤层属于K10s煤层上覆煤层。K10d煤层与K10s煤层间距0.95m~1.85m，该采区K10d煤层采用充填法管理采空区顶板（已回采）。K10s煤层回采巷道掘进属于近距离煤层掘进。针对近距离煤层顶板支护问题，经矿技术部和生产技术科研究决定在K10S煤层回采巷道掘进时采用锚索+锚网+锚杆支护和金属三节棚支护两种支护方式，并在其中优选一种支护方式，K10s煤层掘进属于白鹤煤矿首次，支护方式经过多方论证和试验决定采用锚索+锚网+锚杆支护工艺。K10d煤层掘进较长一段时间以来采用综掘机掘进，顶板支护采用锚杆+锚网+钢筋梁，作为白鹤煤矿较为成熟的掘进工艺，技术和应用上已发展到了相对较高的水平。由于金属三节棚架设人工搬运材料劳动强度大，巷道较宽架棚支护安全风险系数较高，掘进材料消耗费用高、效率低、工序复杂、单进低等缺点，很大程度上制约了掘进单进的提高，特别是但随着矿井机械化程度的提高，如何满足采掘部署需要，如何有效缓和采掘接替的紧张关系已成当务之急。因此K10s煤层掘进采用锚索+锚网+锚杆支护工艺方可提高掘进速度。

1 工程概况

四川乐山白鹤煤矿有限公司（简称白鹤煤矿）位于四

川乐山市犍为县罗城镇境内，矿井核定生产能力为30万吨/年。矿井开采三迭系上统须家河组煤层，煤层倾角1~3°，矿井可采煤层自上而下分别为K10d、K10S、K9煤层。根据矿井采掘部署安排，决定在矿井东翼采区K10s煤层布置回采巷道。东翼采区K10d煤层于2010年9月投产2012年4月回采结束（回采后K10d煤层顶板垮落基本稳定，K10d煤层开采采用充填法管理采空区顶板）。矿井于2019年10月开工掘进K10s煤层回采巷道（110S1回风巷），探索出了近距离煤层下分层使用综掘机+锚索+锚杆+锚网支护支护顶板快速掘进的道路。

2 K10s煤层巷道掘进顶板支护方式探索实践及存在不足

K10s煤层巷道掘进在白鹤煤矿尚属首次，属于摸索和探索阶段。借鉴川南片区（宜宾地区）近距离煤层掘进经验，采用金属三节棚支护顶板，经过半个月的实践，存在工字钢搬运劳动强度大、施工进度慢、架设质量不符合要求、安全系数低等一系列问题。综掘机掘进配金属三节棚支护，临时支护架设难度大，临时支护不能跟进碛头安全风险较大。临时支护不到位容易发生大面积冒顶。各个工序衔接不上，导致单班进度只有1.5m。制约了矿井的可持续发展，容易造成采掘失调。

3 K10s煤层巷道掘进顶板支护方式优化

鉴于金属三节棚支护顶板存在问题较多，经技术安全风险和技术经济对比，矿技术部研究决定采用锚杆+锚索支护

顶板，并对锚索施工进行了优化。先采用锚杆+锚网对K10s煤层巷道顶板上方1.6-2.0m段岩层进行锚固支护形成“挤压加固梁”形式，再使用锚索是将该岩层和K10d采空段锚固在K10d煤层坚硬老顶，并施加一定预紧力，将顶板自身压力及支护应力传递到顶板深部稳定岩层内的主动支护手段。锚杆+锚网支护已将顶板岩层锚固形成一个“挤压加固梁”，在此基础上加打锚索，相应加厚了“梁”的厚度，而且起到了将下位挤压梁固定到深部稳定岩层中的悬吊作用，从而有效地控制了围岩变形，提高了巷道围岩强度和整体性。临时支护可操作性强，顶板支护强度满足要求。

K10d煤层采空区虽采用了充填法管理顶板，采空区顶板垮落完全稳定。在K10s煤层巷道掘进施工锚索时，穿过采空区时，出现了无法进行树脂药卷的安装和搅拌工作，无法达到锚索支护的预期效果。经多次验证分析，采空区顶板虽垮落稳定，在锚索施工过程中采空区未严实的矸石受到震动，钻孔施工到位退钻杆的同时，矸石会垮落堵塞锚索孔进而无法进行树脂药卷的安装。针对这个问题，矿采用了直径 $\phi 28\text{mm}$ 的小钻头开孔再使用 $\phi 38\text{mm}$ 大钻头穿采空区施工锚索钻孔进行扩孔，确认穿过采空区后，使用直径 $\phi 32\text{mm}$ PVC管下导管，再使用直径 $\phi 28\text{mm}$ 的小钻头继续钻进至到锚索钻孔的长度符合要求为止。下好导管后继续钻进避免了矸石垮孔的问题。

4 近距离煤层下分层半煤岩巷锚索支护方案及施工工艺

4.1 支护参数

支护方式：采用联合支护，即先锚杆+锚网+钢筋梁进行支护，由于为近距离煤层掘进上部为复合顶，再使用锚索进行加强支护。

断面设计：为满足综采设备运输要求，采用梯形断面进行掘进，上宽2800mm，下宽3400mm，巷高2500mm。

支护材料及参数：①锚索：锚索锁体材料采用7股 $\phi 5\text{mm}$ 高强度钢绞线，长度6.3m。②锁具：锚索的锁具采用瓦片式。③锚索最小锚固长度：树脂锚固剂（CK2350）锚固长度1.5m。④锚索的间排距：经公式计算和采用工程类比法确定巷道中线施工1排锚索，锚索间距为1m。④锚索托盘：

锚索托盘采用凹槽型托盘，规格 $300\text{mm}\times 300\text{mm}\times 12\text{mm}$ 。⑤锚杆：型号为 $\phi 18\text{mm}\times 1500\text{mm}$ 无纵筋左旋螺纹钢锚杆，锚杆托盘规格为 $100\text{mm}\times 100\text{mm}\times 12\text{mm}$ （长度 \times 宽度 \times 厚度），每根锚杆配树脂锚固剂（CK2350）1筒，锚杆支护间排距为 $800\text{mm}\times 1000\text{mm}$ 。⑥钢筋梁：钢筋梁采用 $\phi 10\text{mm}$ 的螺纹钢制成，其规格为 2800mm （长） $\times 50\text{mm}$ （宽） $\times 10\text{mm}$ 。⑦锚网：采用 $\phi 5\text{mm}$ 钢筋焊接而成，锚网规格为 $2800\times 1000\text{mm}$ （长 \times 宽），网格大小为 $100\times 100\text{mm}$ ，两锚杆间距断面范围内铺设一张锚网。⑧套管：直径 $\phi 32\text{mm}$ PVC管，长度4m。⑨钻头：小钻头直径 $\phi 28\text{mm}$ ，大钻头直径 $\phi 38\text{mm}$ 。支护断面图如图1。

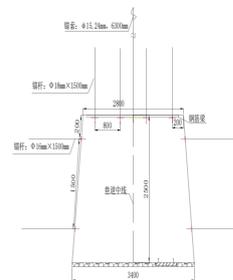


图1

4.2 施工工艺

锚索施工分为钻孔、锚固、张拉3个工序。

本次课题难点是解决了施工锚索钻孔穿充填区卡钻问题，采用“小钻头+大钻头+套管”方式进行施工，提高了支护效率。

钻孔施工：采用直径 $\phi 28\text{mm}$ 钻头开孔，施工钻杆4根（钻孔深度4m）穿过K10d煤层采空充填区，终孔于K10d煤层老顶，然后退钻杆。使用直径 $\phi 38\text{mm}$ 钻头对钻孔进行扩孔，扩孔完成后退钻杆，使用直径 $\phi 32\text{mm}$ PVC管穿采空充填区。套管安装好后，要及时将PVC管周边空隙卡紧，再采用直径 $\phi 28\text{mm}$ 钻头+钻杆在PVC套管内继续钻进2m。完成6m

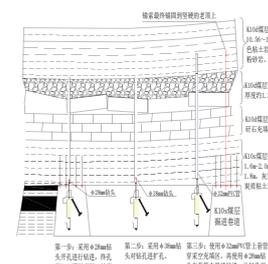


图2

钻孔深度后退钻进行下一步锚固工作。套管可回收重复利用。钻孔施工步骤如图2。

锚固：采用树脂锚固剂，按先后顺序将快速树脂锚固剂1筒和中速树脂锚固剂2筒送入孔内，用钢绞线轻轻与钻机连接起来，开动钻机，边搅拌边推进，搅拌15-20s，将钢绞线卷入孔底，不落钻机停转，等待1~2min，落下钻机，卸下搅拌接头，完成锚固。

张拉：树脂药卷锚固养护1h。养护好后再装托盘、锁具，并使他们贴紧顶板，挂上张拉千斤顶，开泵进行张拉，观测压力表读数不低于30MPa。若千斤顶行程不够，应迅速回程，然后继续张拉，达到设计预力时，停止张拉，卸下千斤顶。

5 效果分析评估

5.1 安全效益成果

锚索加固支护解决了金属三节棚支护架设人工转运金属横梁劳动强度大、巷道高度较高架设困难、巷道成型效果质量差以及施工安全系数较低的问题。锚索加固支护操作简便劳动强度低，安全性高。经过测试锚索预应力测试能达到35Mpa。达到了快速安全掘进的目标。

5.2 经济效益成果

金属三节棚支护材料采用 π 型钢梁制作，单根 π 型钢梁价格600元，每架一棚材料和人工要花费近2000元，成本费用高。根据现场试验，架一棚花费时间近1.5小时，时间较长，功效低，经计算金属三节棚百米巷道掘进材料消耗是锚索+锚杆+锚网+钢筋梁支护工艺的7.6倍，成本价格高；然而架设一组锚索+锚杆+锚网+钢筋梁价格300元，材料消耗成本低；施工时间不到1小时，施工时间较短；顶板支护较为完好，巷道变形量小。架设金属三节棚单班进度为1.5m，采用锚索支护单班掘进达到了3m，掘进进尺效率提高了1倍。节约工期，为煤矿下一步升能机械化改造和优化采掘部署提供了有力的保障。

5.3 技术效益成果

近距离煤层上覆采空充填区域施工锚索容易卡钻的问题在本次试验中成功得到了解决。采用上套管方式穿采空区施工锚索钻孔在该巷道掘进过程中得到了很好的运用。锚索支护效果达到了预期目标。为相邻地区两河口以及陶家河等煤矿K10s煤层掘进提供技术参数和技术支撑。

6 结语

对于解决近距离煤层下分层半煤岩巷掘进顶板支护困难、掘进速度慢、安全系数低的问题，乐山白鹤煤矿突破传统局限思维（架设金属三节棚），勇于尝试新工艺，成功试验锚索加固支护运用于近距离煤层掘进。创新钻孔施工方法，使用PVC塑料套管有效的解决钻孔穿采空区卡钻的问题。从正在施工的110S1回风巷巷道支护情况来看，支护效果明显，经济效益明显。为普通锚杆支护创造了可靠的加固前提条件，而且能在支护体的作用下，促成控制范围内的围岩形成一个多层组合拱，扩大了支护结构的有效承载范围，在一定程度上量变形中保持良好的抗压强度，提高了围岩整体性和承载能力，从而提高了巷道掘进的安全性。扭转了很多煤矿对近距离煤层下分层掘进只能采用金属三节棚支护的传统观念，强化了锚杆支护性能，充分利用锚索悬吊作用。对相邻煤矿K10S煤层掘进提供参考依据和借鉴价值。

参考文献：

- [1] 闫卫国. 锚索支护机理与应用技术研究 [M]. 河北: 河北煤炭期刊, 2007.
- [2] 唐海芮. 软岩大变形隧道预应力锚索快速锚固技术研究 [D]. 2022.

作者简介：

钟军（1988-），男，四川自贡人，采矿工程师，中级注册安全工程师，爆破初级工程师，2011年毕业于重庆工程职业技术学院，先后工作于川煤集团芙蓉公司白皎煤矿和乐山犍为县白鹤煤矿从事采掘技术管理。现任职于四川省古叙煤田开发股份有限公司安全环保部。