

易冒松散软煤综放回采巷道围岩控制技术研究

李文忠 暴 斌

(山西兰花科技创业股份有限公司伯方煤矿分公司)

摘 要:主采 3#煤层在井田内局部偏软,掘进工作面局部随掘随冒,即使采用“锚梁网索”的联合支护方式也不能有效维护巷道,局部巷道变形大,底臃严重,断面不能满足运输和通风的需要,给矿井的安全快速掘进带来了严重威胁。本文主要针对 3203 综放面回风巷条件,提出了初步的预应力锚杆控制技术方案和顶板超前化学注浆加固技术方案,来实现巷道安全快速掘进。

关键词:锚网索支护;波雷因;注浆;工艺要求

1 工程概况

位于高平市西北 10km 处的伯方煤矿,现核定生产能力 180 万吨/年,井田属于山西省沁水煤田高平矿区王报井田的一部分,井田面积 27.5092km²。可采煤层为 3#、9#、15#,现主采 3#煤层,属优质无烟煤,保有储量 9865.381 万吨,可采储量 6289.15 万吨。由于工作面产量的不断加大,巷道掘进速度仍停留在较低的水平,再加上主采 3#煤层在井田内局部偏软,掘进工作面局部随掘随冒,即使采用“锚梁网索”的联合支护方式也不能有效维护巷道,导致矿井接替紧张、工作面掘进、回采困难,制约着矿井的安全高效生产。针对该条件,我矿与科研院所就《易冒松散软煤综放回采巷道围岩控制技术》项目进行了合作研究,确定了技术方案,通过多次试验,技术效果明显。

2 试验巷道情况

2.1 地质条件

试验巷道为二盘区 3203 综放工作面回风巷,巷道位于井田西北方向,地面相对位置位于小沟子村的西北侧,地面标高为+955m-+1030m,井下标高为+680m-+770m。煤层顶底板情况见下表。

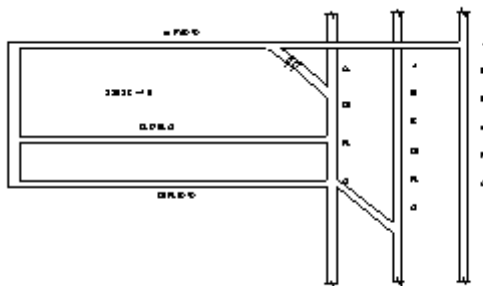
3#煤层顶底板赋存情况

顶底板名称		岩石名称	厚度 (m)	岩性描述
顶板	老顶	灰色细砂岩	4.5	灰色细砂岩,缓波状层理较明显,局部为中砂岩,下部节理发育,其上部有绿色水锈。
	直接顶	深灰色粉砂岩	1.21	深灰色粉砂岩,局部为泥岩,团块状含少量植物化石。
底板	老底	灰黑色泥岩	0.15	灰黑色泥岩,富含植物碎片、性脆。
	直	灰色细砂	0.33	灰色细砂岩,层理较明显,局部泊层状,夹

	接底	岩		泊层粉砂岩。
--	----	---	--	--------

2.2 开采条件

工作面东侧为 3202 工作面（已采），南侧为 3201 工作面（未采）。工作面两侧均为实体煤，对巷道掘进无影响，已掘出的瓦斯尾巷，可能会对 3203 工作面回风巷有不利影响。



2.3 原支护存在问题

（1）巷道目前采取的临时支护方案已不能满足要求，巷道顶板随掘随冒，不但影响了巷道掘进速度，而且留下了安全隐患，巷道局部存在冒顶的危险，需要采取注浆等措施进行顶板控制。

（2）巷道两帮变形大，频繁爆顶导致帮锚杆屡屡失效。

（3）巷道锚杆支护基本支护理念、支护材料、施工质量不能充分发挥其作用，且顶板锚索偏少，巷道存在大面积整体冒顶的危险。

3 预应力控制技术方案

针对原支护存在问题，提出新的支护方案。方案主要为巷道基本的支护参数及一些辅助支护措施。锚杆技术方案主要参数如下：

3.1 巷道断面

断面仍为矩形（沿底板掘进）断面规格：宽×中高=4.0×2.8m。

3.2 顶板支护（锚索+锚杆+钢筋托梁+金属网联合支护）

锚杆布置

排距 850mm，间距 850mm，每排 5 根，锚杆布置如图所示。

锚杆规格

φ20×2200mm 左旋高性能螺纹钢锚杆。

锚杆固定方式

加长锚固，考虑到顶板赋存有较厚的易冒煤岩层，顶板螺纹钢锚杆采用树脂加长锚固，每根顶板锚杆采用 2 节树脂药卷，钻孔底部 1 节规格为 CK2335 的快速树脂药卷，外部 1 节为 Z2360 的中速树脂药卷，锚固长度 1000mm。

锚杆安装角度

靠近巷帮顶锚杆安装角度与垂直方向成 20° 角，且距离巷帮必须保证 300mm，其余与顶板垂直布置。

钢筋托梁（梯）

采用 14#钢筋制作，全宽 78mm，长度 3700mm，在安设锚杆位置各焊两根纵筋。

菱形金属网

长 4.5m、宽 1.0mm（网孔为 50×50mm），采用 12#铁丝编制而成。

锚索

每隔 1.8m 布置 2 根，打在两排锚杆正中，与巷道两帮距离相符。达到排距要求后应及时打注，严禁滞后。锚索规格为 $\varnothing 15.24 \times 8000\text{mm}$ ，锚固方式为端头锚固，锚固长度为 1600mm。

3.3 巷帮支护

锚杆布置

排距 850mm，间距 850mm，每排 3 根，锚杆布置如图所示。两帮靠顶板处的锚杆均距顶板为 300mm，两帮靠底板处的锚杆均距底板为 400mm。

锚杆规格

$\varnothing 20 \times 2200\text{mm}$ 左旋高性能螺纹钢锚杆。

锚杆固定方式

加长锚固，考虑到顶板赋存有较厚的易冒煤岩层，顶板螺纹钢锚杆采用树脂加长锚固，每根顶板锚杆采用 2 节树脂锚卷，钻孔地步 1 节规格为 CK2335 的快速树脂药卷，外部 1 节为 Z2360 的中速树脂药卷，锚固长度 1000mm。

锚杆安装角度

靠近巷帮顶锚杆安设角度与垂直方向成 20° 角，且距离巷帮必须保证 300mm，其余与顶板垂直布置。

钢筋托梁（梯）

采用 14#钢筋制作，全宽 78mm，长度 3700mm，在安设锚杆位置各焊两根纵筋。

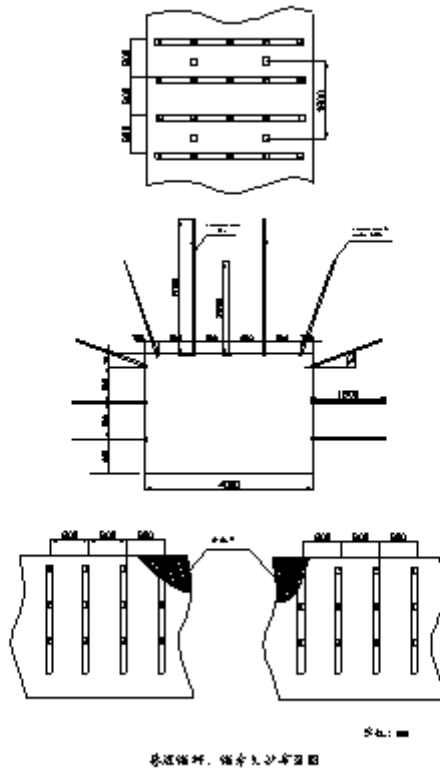
菱形金属网

长 2.5m、宽 1.0mm（网孔为 50×50mm），采用 12#铁丝编制而成。

3.4 特殊地段的支护方案

正常情况下，巷道支护初步选用上述施工方案，但在特殊地段，如断层、褶曲、受上部煤层开采影响等区域中，施工中必须采取特殊的处理方式：

- （1）适当增加锚杆的布置密度。
- （2）适当增加锚杆的锚固长度。
- （3）考虑在两帮中布置部分圆钢锚杆或螺纹钢锚杆。
- （4）利用小孔径锚索或钢绞线预拉力衍架或三维锚索加固顶板。
- （5）如煤层松软、围岩变形较严重或顶板冒落严重时，采用架棚支护，钢棚的间距不大于 800mm。但锚杆支护不能撤销，仍要按照设计进行施工；

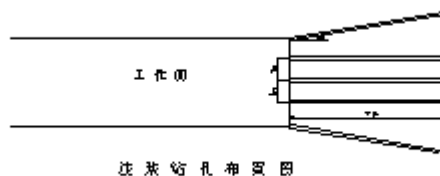


当围岩破坏严重，不能通过上述措施解决问题时，必须针对现场的具体条件，做出新的围岩控制技术方案的现场实践。

4 顶板超前化学注浆技术方案

4.1 注浆孔布置

设计采用预先超前加固 7m 再向前推进 4m，预留 3m 保护帽的注浆施工方案。巷道两帮根据掘进后的围岩情况再定是否需要注浆加固。巷道前方顶部设计单排注浆孔，每孔孔深 6-8m，注浆管长 3-5m，封孔段长 1.5-2m（直径 42mm），每个注浆循环掘进工作面煤壁布置 4-6 根注浆管，从工作面断面的上部开孔，根据现场注浆量及跑漏浆情况，孔间距暂定为 0.7-1m，对注浆管密度、深度和角度随时进行调整，钻孔布置示意图如图所示。



4.2 注浆压力

根据断层带煤体的承受能力和最小抵抗面及工作面围岩条件，当工作面供风风量不低于 3m³/min，供风压力不低于 0.5Mpa 时，设计注浆终压 10-15Mpa，扩散半径 1.1m 左右。

4.3 注浆量预计

(1) 单孔注浆量按下列公式计算:

$$Q_{\text{单}} = JALR2nBM/1.4$$

式中:

A—浆液的损耗系数, 取 1.05

R—浆液有效扩散半径, 取 1.1m

H—注浆段长度, 取 5

n—孔隙率, 取 0.6%

B—浆液充填系数, 取 0.8

1.3—平均重复注浆系数,

M—浆液密度, 1200Kg/m³

则: $Q_{\text{单}} = 1.05 \times 3.14 \times 1.12 \times 5 \times 0.006 \times 0.8 \times 1200 / 1.3 \approx 88\text{Kg}$

(2) 每个注浆循环注浆量 Q 循环

$$Q_{\text{循环}} = Q_{\text{单}} \times N = 88\text{Kg/孔} \times 5 \text{孔} = 440\text{Kg}$$

$$W_{\text{min}} = W \times 15 = 352\text{Kg} \times 15 = 5280\text{Kg}$$

每循环向前掘进 4m, 则平均每米进尺需要注浆量约 110Kg。

4.4 注浆材料

波雷因化学浆是一种高分子聚合物, 具有较好的渗透性, 与煤岩体均有较高的粘合力, 在压力作用下可渗透到微裂隙之中, 混合后反应膨胀凝固, 形成致密的网络骨架体, 对工作面顶板可煤壁起到有效的固结作用, 其广泛应用于煤矿煤岩体加固工程, 矿用波雷因加固材料, 由专用包装桶包装, 每桶净重 25Kg。

技术指标

1. 单液指标

指标	A 组份	B 组份
25℃的密度 (g/cm ³)	0.95-1.2	1.10-1.25
25℃的粘度 (mpa·s)	210-230	220-250
混合比例 (体积比)	1	1
储存期限 (月)	6	6
储存温度 (℃)	5-30	5-30
包装	25Kg 塑料桶	25Kg 塑料桶

2. 聚合物

反应时间 (s)	90	90
固化时间 (s)	150	150
膨胀比 (s)	1-2	1-2
抗压强度 (Mpa)	≥35	≥35
粘合强度 (Mpa)	≥5	≥5

4.5 注浆加固设备

钻孔采用风动锚杆钻机打眼，并配备相应长度的钻杆和相应数量的 $\phi 42\text{mm}$ 钻头。

封孔、注浆均采用 QB-12 型气动高压双液化学注浆泵，与注浆设备配套的进风管路为 $\phi 25\text{mm}$ 高压风管 20m，出浆管规格为 $\phi 16\text{mm}$ ，长度 10m、5m、2m 各若干根，总计 40m 长。

4.6 施工工艺

标孔→钻孔→检查钻孔质量→安装注浆管及封孔部件→封孔→准备浆液→开泵注浆→凝固→检查注浆质量→验收

4.7 注意事项

(1) 注浆人员在施工期间必须佩戴防护眼镜、橡胶手套等防护用品。作业场所必须备有一定量的清洁用水。

(2) 在高处打眼及安装注浆管时必须搭好平稳、牢固的工作平台，底下支撑物必须牢固，并且要有人观察。

(3) 在操作封孔器时，不能正面面对，必须在注浆管内脉冲压力释放后再开启注浆阀门。

(4) 与注浆无关人员及注浆前方观察人员，必须在注浆加固区域 10m 以外，远距离观察，并佩戴好相应防护用品，随时与司泵人员取得联系。

(5) 司泵人员密切注意泵的压力和吸泵量的变化，并随时与前方观察人员联系。

(6) 配浆人员应保持浆液不吸孔，随时观察泵的吸泵情况，保持两浆液的配比适中。

(7) 注浆完毕后，应立即用清水清洗管路，清洗完毕后应将泵、管路等归整码放整齐。

(8) 如浆液不慎溅到皮肤或眼睛内，应立即用大量清水冲洗，严重者应立即就医，人体不得接触化学注浆材料。

(9) 进行打眼、埋管、封孔、连管等作业时，应预先检查周围安全状况，尤其检查迎头顶板维护情况，不可违章作业。

(10) 注浆时连接管路的扁销必须使用正规的扁销。

(11) 施工前，施工地点要敲帮问顶，排除顶、帮浮矸危岩后再打眼、注浆施工。

(12) 一旦发现有煤壁松动、跑（漏）浆、注浆压力突然骤降等异常情况，应立即停止注浆，查明原因，采取措施后才准恢复注浆施工。

(13) 任何参与注浆人员必须熟知要加固地点相关的作业规程及操作规程要求，熟悉避灾路线并保证在实际工作中严格遵守。

4.8 施工中存在问题及采取的措施

一是浆液从钻孔和封口器之间、或迎头煤岩体裂隙中渗透、冒出。二是用水冲洗机具不彻底造成堵管。采取的措施：根据煤岩体裂隙发育情况，合理地确定封口器埋设的深度。埋设前将封口器位置注孔内的煤粉块清理干净，保证封口器膨胀后与孔壁结合紧密。对煤岩渗透出的少量浆液采用棉纱封堵，若冒出浆液过大则要重新布孔重新注浆，确保注浆效果。每循环注完后要用机油对所有的管路进行清洗一遍，确保管路无残留浆液凝固。

5 技术特点

5.1 超前注浆

掘进工作面在煤岩体开挖前进行预注浆，利用浆液来充填和固结围岩（煤层）的裂隙面，可显著提高巷道围岩承载能力，改善巷道成型和维护状况。

5.2 充填压密及转变围岩破坏机制

超前注浆时浆液在泵压的作用下,除了将一些较大的裂隙充填满,还可将一些充填不到的封闭裂隙和小裂隙压缩,甚至使其闭合,提高围岩的弹性模量和强度。能降低围岩体的孔隙率,可大幅度提高围岩体的强度。

5.3 浆液固体可形成网络骨架

浆液经挤压或渗透到围岩纵横交错的裂隙中固结,会形成网络骨架结构,固结材料的网络以其良好的韧性和粘结强度起到骨架作用,提高了围岩的残余强度,限制其破坏的扩展,从而改善了维护状况。

以上特点表明,工作面顶板(煤体)超前化学注浆预注浆技术是一种经济有效的巷道稳定手段。

6 结 语

针对巷道围岩破碎,尤其是顶板易垮冒(随掘随冒)的地质条件,通过在3203回风巷580m、640m处及回采工作面进行预应力锚杆控制技术与顶板超前化学注浆技术试验,确保了揭露顶板之后、永久支护之前托顶煤不垮落,提高了工作面顶板的整体强度,单进由0.9m/班提高到2.7m/班,满足了安全生产的需要,为工作面的安全、快速推进创造了良好的工作条件,技术经济效益显著。但盘区及工作面顺槽等大部分煤层巷道掘进、回采时裂隙较发育,冒顶、顶煤破碎、片帮严重,而加固材料波雷因材料成本费用较高,投入较大。