

矿井顶板安全控制研究

李育平（山西高平市应急管理局，山西 高平 048400）

摘要：本文将9106综采一次性采全高工作面末采作为研究对象，对工作面末采环节应当采取的技术要点从未采总体工艺、铺网阶段、支架上铺钢丝绳、撤架通道作业、端头及超前支护等方面进行了研究，同时，为了确保末采环节开采的安全性，对9106综采放顶煤工作面末采过程中应当采取的安全控制措施进行了剖析。

关键词：综采开采；一次性采全高工作面；末采技术；质量控制；研究

1 概况

四明山煤矿是一座低瓦斯矿井，水文地质中等，煤层厚度约1.3m~1.6m，9106综采工作面综采面位于一采区北部，顺槽长度为1125m，切眼长度为210m。采用综合机械化一次采全高采煤法，平均煤厚1.51m，采用自然垮落法管理顶板。工作面内布置一部SGZ764/320型刮板机、一部MG2×125/600-WD型采煤机、127架ZY5000/11/23型液压支架和12架ZYG5000/14/28型过渡液压支架。运输顺槽内布置一部SZZ764/160型转载机，一部DSJ100/100/2×200型带式输送机，工作面采用“110工法”无煤柱开采技术，针对本次搬家到面工作从施工方案、施工工艺和流程、安全技术措施方面进行详细描述。

2 施工方案

①工作面进入末采前分别在9106运输顺槽回风绕道、9106回风顺槽回风绕道内打设三排单体柱，其单体柱距帮为1m，间距为1m，中间一排单体柱在巷中打设，长度不低于5m；②工作面进入末采前在9106回风顺槽风门处打设两排单体柱，防止回采过程中压力较大将风门压坏。其单体柱距巷帮0.5m，单体柱间距1.5m，长度不小于10m；③当工作面回采至距停采线15m时（工作面中间支架顶梁端距停采线），控制采高1.6~1.8m（为工作面上聚酯纤维网做准备）；④当工作面中间支架顶梁端距停采线10.5m时，采高控制在1.6~1.8m，在支架顶梁端面开始打设锚杆并挂网；推进至距停采线8m时，采煤机开始割底作业，每循环0.8m割底下刹约3~5cm，挂网同时开始挂钢丝绳（7道）。推进至距停采线2.4m时，工作面高度达到1.9~2m，支架停止移架，采用单体柱进行推溜，直至撤架通道形成；⑤撤架通道采用锚网索联合支护；⑥采煤工作面末采期间要加强矿压观测与数据分析工作，认真研究采煤工作面回采速度与周期来压规律之间的关系，掌握工作面顶板的周期来压步距，调整工作面的推进速度及停采线位置，避免周期来压对末采工作造成重大影响；⑦在停采期间，每班设置一名质检员全程监管、监督停采支护施工质量。质检员与当班带班队长、班组长和盯面安监工成立停采支护质量验收组，对每班停采支护质量进行验收，并做好当班《支护质量全过程验收记录单》，停采支护质量不合格时，必须当班整改；⑧工作面停采后，要组

织相关单位验收，一方面保证支护质量符合措施要求；另一方面要对设备回撤路线、巷道断面进行详细检查，为回撤设备提供有利条件。

3 末采流程、工序及要求

3.1 末采施工工艺流程

①在距挂聚酯纤维网前2~3天开始将绞盘运输至9106工作面并进行安装；②在距挂聚酯纤维网前1~2天采用铲板车将聚酯纤维网运至9106回风顺槽并放置不影响行人的地方；③工作面在推进至距停采线20m时，必须保证工作面煤壁与停采线平行；④当工作面回采至距停采线15m时（工作面中间支架顶梁端距停采线），控制采高1.6~1.8m（为工作面上聚酯纤维网做准备）；⑤当工作面回采至距停采线10.5m时顶部开始打设锚杆并铺设聚酯纤维网；⑥当工作面回采至距停采线8m时开始上第一道钢丝绳，剩下每0.8m上一道钢丝绳，共上7道；⑦当工作面回采至距停采线8m时开始每个循环割底下刹3~5cm，割煤至距停采线2.4m处开始停止支架前移，采高控制在1.9~2.0m；⑧当工作面回采至距停采线2.4m时，采用单体柱进行推溜，采高控制在1.9~2.0m，施工撤架通道，并对通道顶部、帮部进行锚网索支护；⑨在采用采煤机割撤架通道最后一刀煤时只割煤。

支护材料表

序号	材料	规格	单位	数量
1	聚酯纤维网	强度400×400kN，长125×宽11m	卷	1
2	手动绞盘	配套聚酯纤维网	个	45
3	钢丝绳	Φ15-20mm，长125m	根	7
4	螺纹钢锚杆	Φ20×500mm	根	45
5	螺纹钢锚杆	Φ18×2000mm	根	530
6	锚固剂	MSK2335	支	350
7	锚固剂	MSK2360	支	550
8	锚索	Φ17.8×6300/8300mm	根	10
9	铁丝网	1.8m×2.6m	卷	50
10	钢带	间距为1.6m	根	2
11	联网丝	14#	盘	10
12	钢丝绳	15m/根	根	45
13	单体柱	DW31.5-350/110X	根	200
14	锚杆钻机	MQT-130/2.8	台	2

3.2 挂网施工工序及要求

①高强聚酯纤维网提前1~2天用铲板车运至9106回

风顺槽回风绕道附近处；②当工作面回采至停采线 15m 时（工作面中间支架顶梁端距停采线），控制采高 1.6–1.8m（为上网提前做准备）；③距停采线 10.5m 时开始挂聚酯纤维网。

3.2.1 运网工序及要求

①在需采用采煤机运网时提前割一刀煤但不进行移架（需将工作面支架前探梁伸出保证端面距不超 300mm 且支架接顶严实）及推溜；②将采煤机开至机尾处，并将工作面刮板输送机上浮煤拉空并停电闭锁；③在回风顺槽拐角处打设三根单体柱，距煤帮 200mm、间距 0.8m 左右，成扇面型，并用旧皮带护住煤帮，以防拖移纤维网过程中将网撕破；④运网前，利用钢丝绳或锚链将纤维网一端捆扎并固定在采煤机摇臂上；⑤确认具备运网条件后，开始慢速由机尾向机头牵引，牵引过程中需安排专人在语音喊话器附近看守，防止网片卷曲、刮损。如有挂卡网片现象，立即喊话将采煤停止，处理好后再次牵引（运网时网片折叠部分靠支架侧）；⑥纤维网进入工作面后，将固定网片的锚链或钢丝绳松开，折叠部分由人工绕过机组上方。

3.2.2 打第一次挂网的短锚杆

在支架梁端两个架间处打注 $\phi 20 \times 500\text{mm}$ 短锚杆固定网片，采用 MSK2335 锚固剂一支，每 2 架打设一根，锚杆外露长度为 50–80mm，以便将纤维网用铁丝挂在短锚杆上。

3.2.3 上网

①将手动绞盘钢丝绳穿过纤维网，并采用 14# 铁丝双股对折与纤维网网边连接，最后将纤维网网边固定在顶板上 $\phi 20 \times 500\text{mm}$ 的短锚杆上；②将绞盘拉起；③配套的手动绞盘、滑轮与支架形成整体循环铺网的系统。

3.2.4 正常割煤

网片吊到顶板后开始正常割煤，每割 20 架停机并将网片放下。然后推溜子、移架，支架前移后再用手动绞盘将网片全部收起到顶梁下方。

3.2.5 聚酯纤维网与 9106 运输顺槽、回风顺槽永久支护进行联网

聚酯纤维网与 9106 运输顺槽、回风顺槽内永久支护网片搭接部分采用 14# 双股铅丝进行联接，要求联接牢固，孔孔相连、呈两排“三花”布置，拧结量不小于 3 圈。

3.3 挂钢丝绳工序及要求

当工作面推进至距停采线 8m 时开始上第一道钢丝绳。

3.3.1 运钢丝绳

①钢丝绳提前 2–3 天运至 9106 回风顺槽内。（钢丝绳规格： $\phi 15\text{--}20\text{mm}$ 、长 125m）；②钢丝绳采用人工由机尾拖拽至工作面。

3.3.2 挂钢丝绳

①将采煤机开至靠近机尾位置，并停电闭锁工作面刮板输送机及采煤；②挂钢丝绳时采用钢丝绳中间向两边延伸，挂时必须将钢丝绳拉直，钢丝绳每隔 200mm 与网片进行连接，连接使用 14# 双股铅丝扭紧，每道扭

结不少于 3 圈。每道钢丝绳间距 0.8m，钢丝绳共计 7 道；（钢丝绳位置分别位于工作面距停采线 8m、7.2m、6.4、5.6m、4.8m、4m、3.2m）

3.3.3 打设固定钢丝绳锚杆

如挂设的钢丝绳无法与巷道内永久支护进行连接时需在 9106 运输顺槽或 9106 回风顺槽进行打设锚杆，锚杆采用 $\phi 20 \times 1000\text{mm}$ 的螺纹钢锚杆，钢丝绳端部搭接长度不小于 800mm。如钢丝绳不够 125m 长，可采用钢丝绳与钢丝绳搭接，搭接长度 $\leq 3\text{m}$ ，搭接处每隔 700mm 采用绳卡用于固定两根钢丝绳。

3.4 单体柱推溜割煤工序及要求

3.4.1 拆除工作面支架与刮板输送机连接部分

当支架前梁距停采线 2.4m 时，将支架推移千斤顶连接耳与刮板输送机分离，准备分离前支架工必须备足所使用的工具。①取掉推拉杆上面的挡销装置；②前后移动推拉油缸并使用一字螺丝刀挑住卡销尾部将其卡销拔出。（如无法拔出时采用小锤将卡销敲出）

3.4.2 采用单体柱推溜

①将 2m 长的单体柱柱头顶至支架底座，柱头顶至刮板输送机（单体柱柱头（柱尾）与支架（溜槽）搭接时必须加垫木板防止单体柱打滑）；②使用注液枪依次对单体柱进行注液使刮板输送机向前移动一个步距。（每两架摆放一根单体柱，每 10 根单体柱推一次溜槽）；③推溜时，必须保证溜槽平、直。最后三刀煤采高控制在 1.9–2.0m，必须保证底板平整，最后一刀煤采高控制在 1.5m 左右，底板留 0.4m 左右台阶。

3.5 撤架通道施工工序及要求

3.5.1 撤架通道顶部支护

距停采线 2.4m 时，工作面高度已调整为 1.9–2m，开始停止移架，采用单体柱推溜。顶板采用锚网支护，工作面每割一刀煤为一个支护循环。工作面人员分为四组，每组 3 个人，一组负责 1#–20# 支架，二组负责 21#–40# 支架、三组负责 41#–60#、四组负责 61#–80#。（在永久支护前需采用单体柱对顶板进行临时支护）。

锚杆支设工序：闭锁工作面采煤机及刮板输送机电源——敲帮问顶——对工作面顶板进行临时支护——钻孔、清孔——安装锚固剂和锚杆——用锚杆机搅拌锚固剂至规定时间（一般为 30–45s）——停止搅拌等待 1min 左右——采用扭矩扳手上紧螺母——打设其他顶部锚杆。

锚杆支护规格：采用 $\phi 18 \times 2000\text{mm}$ 左旋螺纹钢树脂锚杆，间距为 1200mm，共打设 3 排，排距为 700mm，第三排锚杆距煤壁帮 300mm，采用一支 MSK2335 和一支 MSZ2360 锚固剂进行锚固，锚固力不小于 125kN，预紧力不小于 300N·m。

锚杆托盘：150 × 150 × 10mm 的高强度拱形托盘，配套使用调心球垫和尼龙垫片。

3.5.2 撤架通道帮部支护

待割煤至停采线时，开始由两端头向中间打设帮部

锚杆。帮部锚杆采用 $\phi 18 \times 2000\text{mm}$ 的螺纹钢锚杆。

锚杆支设工序：敲帮问顶——用手持风钻钻孔、清孔——安装锚固剂和锚杆——搅拌锚固剂至规定时间（一般为 30–45s）——停止搅拌等待 1min 左右——挂网片——采用扭矩扳手上紧螺母——安装其他帮部锚杆，安装完成后进行下一排支护。

锚杆支护规格：采用 $\phi 18 \times 2000\text{mm}$ 的螺纹钢锚杆对帮部进行支护，排距为 1.2m，间距为 1m，第一根距顶板 300mm 打设。采用一支 MSZ2360 锚固剂进行锚固，锚固力不小于 100kN，预紧力不小于 200N·m。

网片规格：采用网孔为 50×50mm 的菱形铁丝网，网片搭接不小于 200mm，使用不低于 14# 双股铅丝联接，要求联接牢固，孔孔相连，双丝双扣，呈两排“三花”布置，拧结量不得少于 3 圈。

在打设撤架通道内帮部锚杆时如遇巷帮片帮或帮部煤质松软必须加设 W 钢带托盘。

3.6 交叉口处补强支护

①在 9106 回风顺槽与撤架通道口处的三角区采用锚索配合钢带进行补强支护，共打设两排锚索，第一排锚索距顺槽煤壁线 0.3m，第一根锚索距支架顶梁 0.8m，第二根锚索距第一根锚索 1m，第三根锚索距第二根锚索 1m，并加设钢带。第二排锚索距顺槽煤壁线 1m，第一根锚索距支架顶梁 0.8m，第二根距第一根 1m，距煤壁线 0.6m。锚索采用 $\phi 17.8 \times 6300\text{mm}$ 的 7 股钢绞线，钻孔深 6.1m，外漏长度 150–200mm，每根锚索使用一支 MSK2335 和两支 MSZ2360 进行锚固，快速在前，中速在后，预紧力不小于 200kN。锚索托盘：采用 300×300×16mm 的钢板；②在 9106 运输顺槽与撤架通道口处的三角区采用锚索配合钢带进行补强支护，共打设两排锚索，第一排锚索距顺槽煤壁线 0.3m，第一根锚索距支架顶梁 0.8m，第二根锚索距第一根锚索 1m，并加设钢带。第二排锚索距顺槽煤壁线 1m，第一根锚索距支架顶梁 0.8m，第二根距第一根 1m。锚索采用 $\phi 17.8 \times 8300\text{mm}$ 的 7 股钢绞线，钻孔深 8.1m，外漏长度 150–200mm，每根锚索使用一支 MSK2335 和两支 MSZ2360 进行锚固，快速在前，中速在后，预紧力不小于 200kN。锚索托盘：采用 300×300×16mm 的钢板。

4 安全控制措施

根据 9106 综采工作面末采专项辨识评估结果，末采过程中要加强顶板、机电设备、机械的安全监管，结合 9106 综采工作面末采专项辨识评估结果，针对顶板管理、机电设备安全管理、作业环境管理、施工技术及现场操作管理等方面，特制订以下安全技术措施：

①工作面进入末采前分别在 9106 运输顺槽回风绕道、9106 回风顺槽回风绕道内打设三排单体柱，其单体柱距帮为 1m，间距为 1m，中间一排单体柱在巷中打设，长度不低于 5m；②工作面进入末采前在 9106 回风顺槽风门处打设两排单体柱，防止回采过程中压力较大将风门压坏。其单体柱距巷帮 0.5m，单体柱间距 1.5m，长

度不小于 10m；③施工期间要严格执行敲帮问顶及围岩观测制度。工作面铺网、铺钢丝绳、打锚杆及各工种作业前，班组长必须对工作面安全情况进行全面检查，遇有危岩活矸，人员必须站在安全地点用长柄工具进行处理，确认无危险后，方准人员进入工作面。若工作面支架梁端距大于 300mm，必须将支架前探梁伸出，人员站在有支护的地点作业，严禁空顶作业；④永久支护前，必须在支护范围内打上单体柱配板梁作为临时支护；⑤锚杆支护严格执行质量标准要求。锚杆打设完成后由队组进行自检，合格率必须达到 100%，然后由生产技术科进行抽检；⑥工作面末采期间必须加强工作面工程质量，每班由当班副队长验收，发现问题及时整改；⑦末采期间，加强支架检修，保证液压系统完好。如工作面出顶板较破碎，应及时拉架，以防顶板出现冒顶事故；⑧支架工每班要对全工作面液压支架进行一次全面认真的检查，发现问题及时处理，确保顶板的支护质量；⑨人员进入煤帮侧前必须先就近同时闭锁两个以上刮板输送机有效闭锁键，在采煤机附近 15m 区域内作业时，还必须切断采煤机电源，悬挂停电牌，摘掉滚筒离合器，并把隔离开关手把打至零位，设专人看管，专人负责停电。严格执行谁闭锁谁解锁制度；⑩如遇更换采煤机截齿和滚筒时，采煤机上下 3m 范围内，必须护帮护顶，禁止操作液压支架。必须切断采煤机前级供电开关电源并断开其隔离开关，断开采煤机隔离开关，打开截割部离合器，并对工作面输送机施行闭锁；⑪作业前，先检查作业地点范围内的顶帮支护情况，将该处支架伸缩梁伸出，确保顶板支护完好；⑫检查安全退路是否畅通，如安全退路畅通方可进入煤壁侧作业；⑬采用单体柱对顶板进行临时支护，如遇片帮及时打设贴帮柱，并使用木板将其背紧；⑭严格执行“敲帮问顶”制度，检查作业区域顶帮及周围支护情况，及时用长柄工具捣掉活煤（矸），然后班组长、安全员复查作业区域顶帮及周围支护情况，确保无安全隐患后方可开始作业。

5 结束语

综上所述，在综采放顶煤末采环节为了保证整个开采的顺利开展，应当充分结合作业面所处的实际地质条件，采取针对性的措施，全面提升综采放顶煤开采技术效果。同时，在具体开采的过程中，需要采取针对性的措施，全面提升工作面开采的安全性。

参考文献：

- [1] 高李王. 石灰岩顶板综采工作面水力压裂放顶技术实践 [J]. 江西煤炭科技, 2020(01):60-62.
- [2] 张会宾, 李连祥, 李春祥, 尚建卫. 基于相似模拟实验的综采放顶煤工作面覆岩破坏规律研究 [J]. 机械设计与制造工程, 2019, 48(10):105-108.
- [3] 靳树轩. 某矿大采高综采放顶煤工作面运输设备能力核验及安全管理措施研究 [J]. 中国矿山工程, 2019, 48(04):30-32.