

一种基于沿空留巷施工倒车硐室技术研究

郭海龙

国家能源集团蒙西煤化股份有限公司棋盘井煤矿东区, 内蒙古 鄂尔多斯

收稿日期: 2022年3月12日; 录用日期: 2022年4月14日; 发布日期: 2022年4月21日

摘要

本论文通过对棋盘井煤矿11101工作面运输顺槽沿空留巷施工倒车硐室的支护条件、施工工艺的认真分析; 并详细阐述了在巷道开口向里100 m、580 m、1200 m施工倒车硐室的施工步骤、注意事项、工艺要求等, 有力地促进了工作面安全高效地生产。

关键词

沿空留巷, 倒车硐室, 技术研究

Research on a Technology of Reverse Tunnel Construction Based on Gob-Side Entry Retention

Hailong Guo

Qipanjing Coal Mine, Mengxi Coal Chemical Co. Ltd., National Energy Group, Ordos Inner Mongolia

Received: Mar. 12th, 2022; accepted: Apr. 14th, 2022; published: Apr. 21st, 2022

Abstract

This paper carefully analyzes the support conditions and construction technology of the reversing chamber in the 11101 working face of Qipanjing Coal Mine, and elaborates on the construction of reversing at 100 m, 580 m and 1200 m inward from the opening of the roadway. The construction steps, precautions and process requirements of the chamber have effectively promoted the safe and efficient production of the working face.

Keywords

Gob-Side Entry Retention, Reversing Chamber, Technical Research

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

沿空留巷是指随着上区段推进,用专门的支护材料,在采空区维护好上区段运输平巷作为下区段采煤工作面的回风平巷[1]。沿空留巷是随着采煤工作面的推进,采用适当的巷旁充填方法,隔绝采空区,沿采空区留下巷道的一种采煤方法[2]。应用沿空留巷技术具有如下优越性:1)可以进行前进式的开采,工作面的运输顺槽和回风顺槽是随着工作面的推进,在采空区两侧留巷形成的。回采工作面的运输顺槽和回风顺槽可以随工作面的推进边采边掘,也可以直接由采煤机从上帮割到下帮,不需要事先把运输顺槽和回风顺槽掘出。前进开采适用于低瓦斯矿井、地质构造简单、煤层不易自燃、煤层厚度不太大的采煤工作面;2)可以在回采工作面,采空区侧留下一条尾巷,形成Y形通风,通过这条巷道排放瓦斯和热量,在瓦斯涌出量比较大时,有利于安全生产和改善工人的劳动环境;3)不论是前进式开采还是后退式开采,沿空留下的巷道均可作为开采下一个工作面的顺槽,一巷两用,节省掘进巷道的费用,避免采掘失调、接续紧张;4)沿空留巷省去了工作面的煤柱,大大提高了资源回收率[3]。但是在现实施工过程中也存在一些问题,例如在巷帮封闭不严的情况下容易出现采空区有害气体涌入巷道给人员生命安全带来伤害;另外,在采空区一侧的巷帮如果支护强度不够还容易出现顶板破碎冒落伤人事故,再者在采空区一侧的巷帮人工造一堵墙前期投入比较大等弊端[4]。因此国内许多科学院所都曾经展开了沿空留巷的技术研究,安徽理工大学的华心祝教授在其论文《我国沿空留巷支护技术发展现状及改进建议》中详细介绍了我国沿空留巷巷内和巷帮支护形式及其理论研究现状,分析了沿空留巷的适用条件,指出了我国沿空留巷目前所存在的主要问题是支护设计思路不合理,巷内支护多属于被动支护,巷旁支护存在于沿空留巷围岩变形不适应,对沿空留巷围岩控制机理研究不够深入,并提出了将沿空留巷技术视为一项系统工程,采用锚网索支护作为沿空留巷内基本支护等发展沿空留巷技术的建议[5]。徐州矿业集团公司的权学金在其论文《巷旁充填沿空留巷技术与应用》中根据沿空留巷围岩变形特征对巷旁支护体的力学要求,确定了经济合理的配比,并在徐州矿业集团张集煤矿9422工作面运输巷采用该材料进行了巷旁充填实现沿空留巷的工程实践为沿空留巷提供了一个新的技术途径[6]。综上所述,沿空留巷技术在煤矿实践中收到了较好的应用效果,但是沿空留巷技术必须结合各个煤矿的煤层地质条件、瓦斯含量、煤的自然发火特性等具体情况采取不同的施工工艺,不可千篇一律,也不可一触而就[7]。在沿空留巷施工倒车硐室存在顶板支护困难、矿压不稳定、顶板破碎等技术难题[8],例如山西朔州平鲁区后安煤炭有限公司在90105综合机械化放顶煤工作面回风顺槽沿空留巷施工倒车硐室的时候曾经发生过顶板冒落事故,虽然没有造成人员伤亡事故,但是埋压损坏了两台开关,造成了一定的财产损失,但是如果处理不善,极有可能造成人员伤亡事故发生,因此必须引起高度重视。本论文结合国家能源集团蒙西煤业股份有限公司棋盘井煤矿的11101工作面运输顺槽煤层地质条件、瓦斯含量等实际情况而展开的沿空留巷施工倒车硐室的技术研究,收到了较好的应用效果。

2. 矿井及工作面概况

国家能源集团蒙西煤化股份有限公司棋盘井煤矿(以下简称“棋盘井煤矿”)位于内蒙古自治区鄂尔多斯市鄂托克旗棋盘井镇。该矿含可采煤层 6 层,其中 9[#]和 16[#]煤层为全区可采煤层。区内煤层平均倾角 5°,属低瓦斯矿井。工作面采用倾斜长壁仰斜综合机械化采煤法,全部垮落法管理顶板,工作面为后退式回采。

棋盘井煤矿 11101 工作面布置在 9-1 煤层中,工作面长度 225 m,工作面走向长度 1753 m,平均厚度 3.05 m,设计可采储量约 170 万吨,采用走向长壁采煤法,一次采全高。11101 工作面胶运顺槽采用“110”工法自动成巷技术[9],设计留巷巷道为 11101 工作面运输顺槽,设计留巷长度为 1693 m。11101 运输顺槽切顶卸压自成巷作业。留巷长度为 1693 m,恒阻锚索施工 2975 根,顶板切缝孔施工 3400 个,爆破顶板切缝孔根据实际爆破为准[10]。

3. 分析问题

为了节约煤炭资源,并且依靠科技进步来降低劳动强度,提高生产效率,棋盘井煤矿的领导决定在 11101 工作面运输顺槽采用沿空留巷技术进行施工,但在沿空留巷施工倒车硐室存在顶板支护困难、矿压不稳定、顶板破碎等技术难题,基于这种考虑,展开了在在沿空留巷施工倒车硐室技术研究,收到了较好的应用效果。

4. 11101 工作面运输顺槽沿空留巷施工倒车硐室技术的实践及应用

4.1. 在开口向里 100 m 新掘倒车硐室

11101 运输顺槽非采煤一侧煤帮的稳定性对留巷段顶板的稳定性具有重要的影响,起到支撑上覆顶板不产生大量下沉的作用。因此在进行留巷段非采煤帮一侧开掘倒车硐室之前要进行巷道顶板以及非采煤帮一侧的加固。施工技术要求如下:

1) 首先进行巷道顶板的加固,在留巷的过程中顶板多少会产生一定的下沉量。开掘倒车硐室为等腰梯形结构 3800 × 4400 × 4000 mm,所以加固范围要大于倒车硐室宽度,以减小硐室边界效应产生的围岩变形量。这里加固范围延伸至硐室两侧各 20 m 范围之内,采用恒阻锚索加固(硐室前后 5 m 范围内加固三列恒阻锚索,超过 5 m 范围只加固第一列和第二列恒阻锚索),排距为 2000 mm,间距如图 1 所示。在施工锚索的过程中可能因顶板离层值过大而导致锚固剂不能到达钻孔的底部位置,可采取以下两个步骤来实施:① 首先在锚索钻孔完成之后,塞入一个空心塑料管穿越离层空间,然后通过塑料管把锚索锚固剂放置到离层位置之上,若这种方法可以,锚索的长度设置为 11300 mm,直径为 21.8 mm。② 若第一种方法不可实施,可在钻孔时记录下离层的大概位置,在打锚索时使得锚索的锚固段在离层位置之下。

2) 在 02 面一侧打混凝土墙来增加拐角处的支撑强度,混凝土墙位于倒车硐室的两侧,宽 1000 mm,长 5000 mm,在拐角处进行抹角处理,与顶底板相接。在施工之前需采用临时支护加固混凝土墙范围内的顶板,然后在煤帮上掏出 1 m 宽的立方空间来放置混凝土墙,待混凝土墙浇筑完成达到强度要求之后,再在混凝土墙的中间打锚索以增加抗侧向变形的能力,如图 2 所示,采用 Φ20 × 2800 mm 螺纹钢锚杆,锚杆间排距 750 × 800 mm,锚固力不小于 50 kN;锚索采用 Φ21.6 × 6200 mm 的钢绞线制作,排距 2000 mm,每排 1 根,托盘采用 300 × 300 × 14 mm 钢板制作,锚索锚固力不小于 100 kN;金属网规格采用直径 Φ6.5 mm 圆钢焊接,网孔 100 mm × 100 mm,搭接 100 mm,采用 14[#]镀锌铁丝双向连接,连接间距 200 mm。

3) 在以上两步完成之后,进行倒车硐室的开掘,按照图 1 所示的支护参数对顶板进行加固,在硐室开掘完之后要打设临时支护,临时支护的布置方式和留巷段一样,然后进行围岩变形量的观测,观测方

第三排恒阻锚索的间距为 1000 mm，第四列恒阻锚索的排距为 2000 mm。为了增加硐室口顶板的稳定性，在距离第四列恒阻锚索 1000 mm 的位置补打 6 根普通锚索，如图 3 所示。

2) 在 02 面一侧打混凝土墙来增加拐角处的支撑强度，混凝土墙位于倒车硐室的两侧，宽 1000 mm，长 6000 mm，在拐角处进行抹角处理，与顶底板相接。在施工之前需采用临时支护加固混凝土墙范围内的顶板，然后在煤帮上掏出 1 m 宽的立方空间来放置混凝土墙，待混凝土墙浇筑完成达到强度要求之后，再在混凝土墙的中间打锚索以增加抗侧向变形的能力，如图 3 所示，采用 $\Phi 20 \times 2800$ mm 螺纹钢锚杆，锚杆间排距 750×800 mm，锚固力不小于 50 kN；锚索采用 $\Phi 21.6 \times 6200$ mm 的钢绞线制作，排距 2000 mm，每排 1 根，托盘采用 $300 \times 300 \times 14$ mm 钢板制作，锚索锚固力不小于 100 kN；金属网规格采用直径 $\Phi 6.5$ mm 圆钢焊接，网孔 100 mm \times 100 mm，搭接 100 mm，采用 14#镀锌铁丝双向连接，连接间距 200 mm。

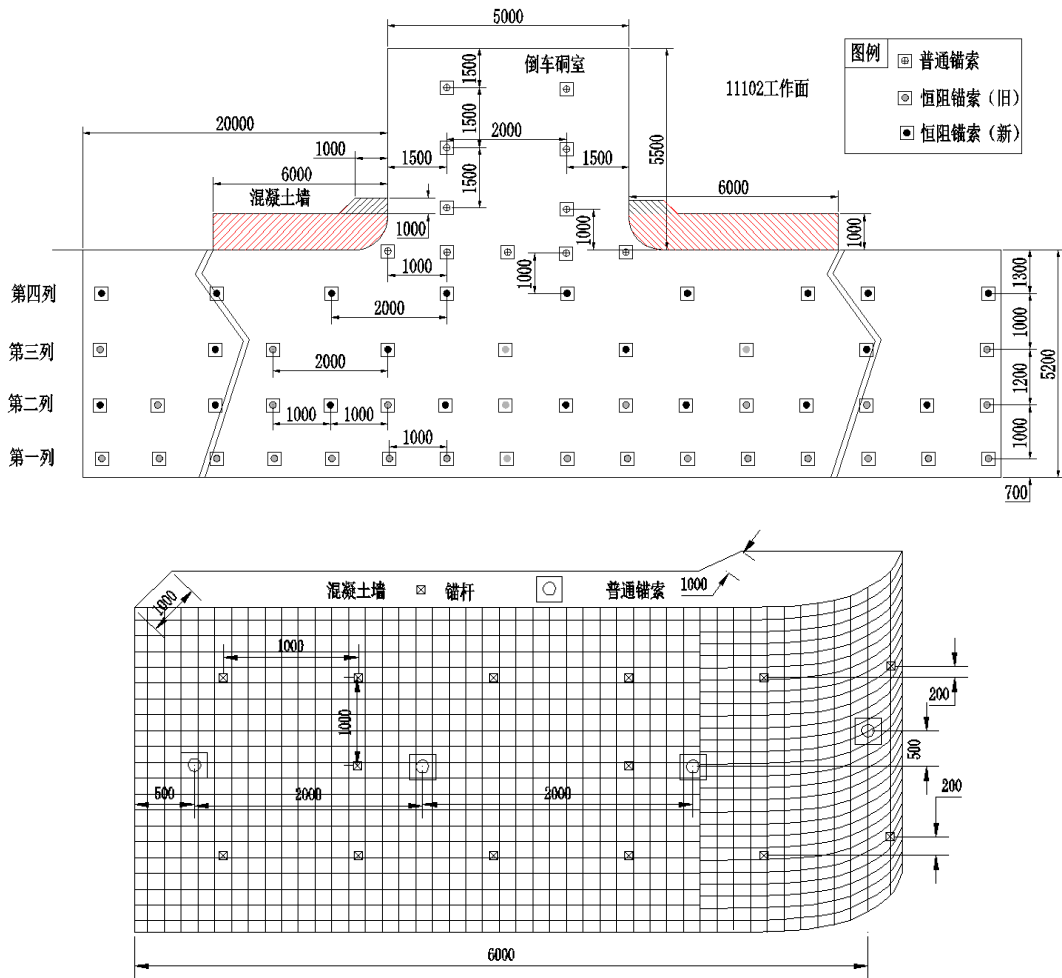


Figure 3. 580 m reversing chamber reinforcement scheme
图 3. 580 m 倒车硐室加固方案

4.3. 在开口向里 1200 m 新掘倒车硐室

11101 运输顺槽留巷段 1200 m 处(滞后工作面约 300 m)，根据现场打孔记录数据以及矿压观测数据，顶板最大离层有 600 mm，顶板下沉严重，再加上巷道围岩应力释放导致的底鼓，顶底板之间的实际高度为 1950 mm，严重影响了正常的行人及通车的要求。为了防止顶板下层量继续增大，采取了两个措施：

一是在倒车硐室前后对临时支护的密度进行加密；二是在倒车硐室处采取木垛支护，如图 4 所示。根据最近的矿压观测，顶底板的收敛量已经趋于稳定，如图 5、图 6 所示。

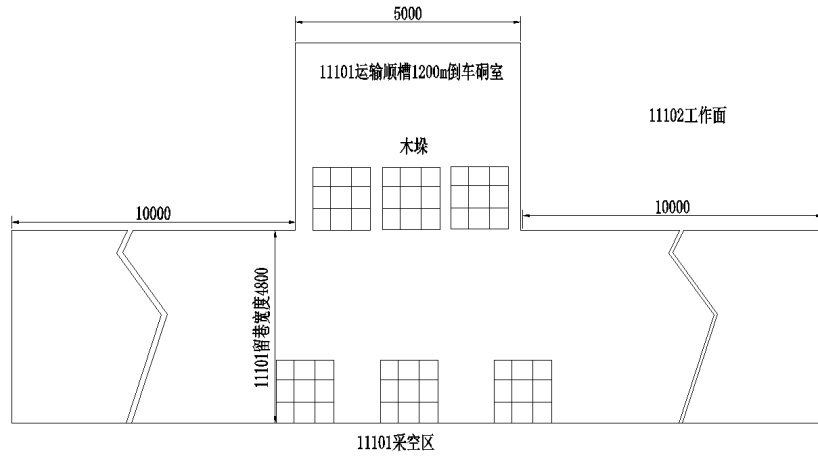


Figure 4. The position of the 1200 m reversing chamber in the gob-side entry
图 4. 沿空留巷 1200 m 倒车硐室离层位置

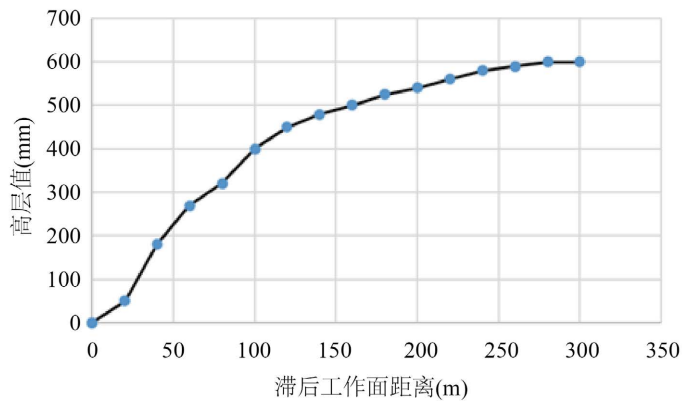


Figure 5. Variation of abscission values
图 5. 离层值变化

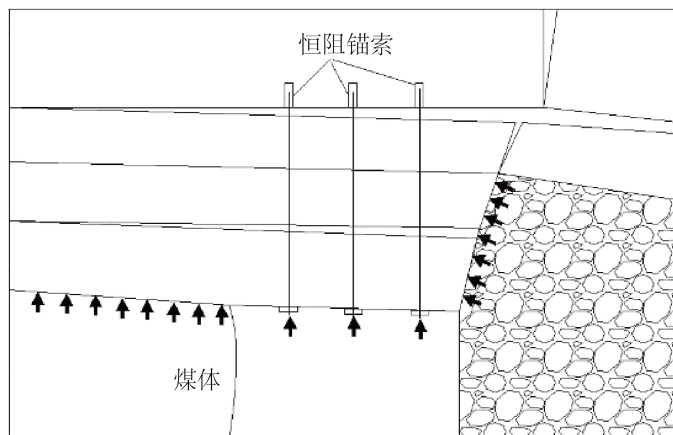


Figure 6. Schematic diagram of the force on the top plate
图 6. 顶板受力示意图

对于 1200 m 倒车硐室的处理方式，遵照“先底后顶，分段进行”的处理原则。

1) 对煤帮进行加固，可采取马丽散注浆加固或者锚索加固的方式。

2) 对巷道底部进行起底，按照分段进行的方式，首先处理第一部分的底板，然后采用补打锚索的方式对顶板进行加固。在第一部分的底板和顶板处理完之后再按照同样的处理顺序处理第二部分的顶底板。在处理第二部分的底板时要注意保证底板开挖边界与木垛边缘要有足够的安全距离(≥ 1000 mm)。

3) 这里加固范围延伸至硐室两侧各 15 m 范围之内，采用恒阻锚索和普通锚索加固：第一部分采用普通锚索加固，硐室口附近排距为 1000 mm，其余部分排距为 2000 mm。第二部分采用恒阻锚索加固，排距为 1000 mm。间距如图 7 所示。在施工锚索的过程中可能因顶板离层值过大而导致锚固剂不能到达钻孔的底部位置，可采取以下两个步骤来实施：① 首先在锚索钻孔完成之后，塞入一个空心塑料管穿越离层空间，然后通过塑料管把锚索锚固剂放置到离层位置之上，若这种方法可以，锚索的长度设置为 11300 mm，直径为 21.8 mm。② 若第一种方法不可实施，可在钻孔时记录下离层的大概位置，在打锚索时使得锚索的锚固段在离层位置之下。

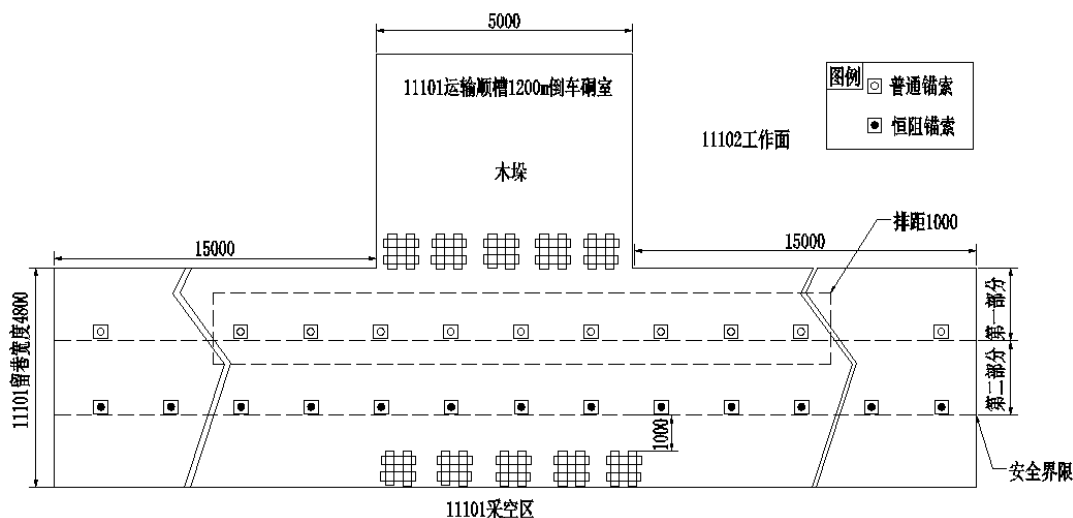


Figure 7. Schematic diagram of roadway treatment
图 7. 巷道处理示意图

5. 效果分析

- 1) 沿空留巷施工倒车硐室技术效果较好，杜绝了顶板破碎、垮落事故的发生；
- 2) 磕手碰脚事故下降了 90%，能较大幅度地提高煤矿的安全生产；
- 3) 工作效率比原来施工效率提高了 20% 左右，收到良好施工效果；
- 4) 该施工技术可以同类煤层条件下推广应用。

6. 结论

基于棋盘井煤矿 11101 工作面运输顺槽沿空留巷施工倒车硐室技术得出如下结论：

- 1) 棋盘井煤矿 11101 工作面运输顺槽沿空留巷施工倒车硐室技术是比较切实可行的，能够指导工作面安全高效地回采；
- 2) 棋盘井煤矿 11101 工作面运输顺槽沿空留巷施工倒车硐室技术是与棋盘井煤矿煤层地质条件、煤层的瓦斯含量、煤的自然发火期都是完全相适应、相匹配的；

3) 棋盘井煤矿 11101 工作面运输顺槽沿空留巷施工倒车硐室技术效果非常明显, 杜绝了顶板垮落事故的发生, 达到了安全高效生产的目的;

4) 棋盘井煤矿 11101 工作面运输顺槽沿空留巷施工倒车硐室技术研究具有非常重要的理论和现实意义。

参考文献

- [1] Su, X.G., Li, Y.B. and Yang, Y.K. (2011) A Research into Extra-Thick Compound Mudstone Roof Roadway Failure Mechanism and Security Control. *Procedia Engineering*, **26**, 516-523. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2200>
- [2] 李胜, 周利峰, 罗明坤, 等. 煤层群下行开采煤柱应力传递规律[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2015, 34(6): 661-667.
- [3] 姜耀东, 李波. 近距离煤层开采下位煤层巷道布置及支护技术研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国矿业大学(北京), 2012.
- [4] 原鸿鹄. 采空区煤壁下矿压分布规律及巷道稳定性控制研究[D]: [硕士学位论文]. 太原: 太原理工大学, 2015.
- [5] 华学祝. 我国沿空留巷支护技术发展现状及改进建议[J]. 煤炭科学技术, 2006, 34(12): 78-81.
- [6] 权学金. 巷旁充填沿空留巷技术与应用[J]. 煤炭科学, 2006(1): 20-21.
- [7] 郑新旺. 距离煤层采空区下底板破坏特征及影响分析[D]: [硕士学位论文]. 焦作: 河南理工大学, 2011.
- [8] 雷焱云. 近距离煤层外错式巷道失稳及其支护优化研究[J]. 煤炭工程, 2018, 50(S1): 42-46.
- [9] 徐军. 孤岛工作面沿空掘巷围岩控制技术实践[J]. 矿业安全与环保, 2016, 43(2): 91-94.
- [10] 李斌. 近距离煤层回采巷道布置方式研究[J]. 煤炭工程, 2012(z2): 27-29.