

# 唐山矿大倾角厚煤层错层位综放开采技术研究

宋平<sup>1</sup>, 刘宝珠<sup>2</sup>

(1. 华北理工大学 矿业工程学院, 河北 唐山 063009; 2. 开滦集团 唐山矿, 河北 唐山 063009)

**[摘要]** 通过对唐山矿大倾角厚煤层开采过程中遇到的技术难题进行分析, 提出了大倾角厚煤层错层位综放开采这一新技术。该技术采用立体化巷道布置方式, 通过起坡段将工作面角度减小, 甚至摆平。这种创新性巷道布置方式, 实现了主动解决工作面设备防倒防滑难题, 且煤层倾角越大, 这一优势越明显。同时通过对唐山矿 Y294 大倾角厚煤层错层位综放工作面观测研究分析发现, 工作面支架满足生产要求, 但工作面中、上、下部支架的受力情况不同, 工作面同样具有初次和周期来压, 但呈不对称性分布, 出现来压不同步现象。大倾角厚煤层错层位综放开采技术、经济和社会效益明显, 为类似条件矿井的安全高效回采提供了新思路。

**[关键词]** 大倾角; 厚煤层; 错层位; 三段式回采工艺; 防倒防滑

**[中图分类号]** TD823.4 93 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1006-6225 (2017) 04-0028-04

## Study of Fully Mechanized Coal Mining with Large Inclined Angle and Thick Coal Seam Stagger Arrangement of Tangshan Coal Mine

大倾角煤层已成为我国中西部许多矿区或矿井的主采煤层, 另外, 随着煤炭开采强度的日益提高, 赋存条件优越的煤层越来越少, 条件恶劣的复杂煤层开采势在必行, 特别是大倾角复杂条件下的煤层开采<sup>[1-2]</sup>。但大倾角煤层在开采过程中存在一系列没有解决的基本问题, 如设备的防倒防滑问题等<sup>[3-4]</sup>, 其开采技术水平远低于缓倾斜煤层, 因而对大倾角煤层开采技术的研究将具有重要意义。

### 1 大倾角厚煤层开采存在的技术难题

唐山矿岳胥区煤层具有倾角大、煤层厚、地质构造复杂等特点, 其中 Y294 工作面开采 8, 9 号煤层, 平均厚度为 10.5m, 煤层倾角 27~33°, 煤的密度为 1.48t/m<sup>3</sup>, 煤层坚固性系数  $f=1.97$ , 工作面走向长度为 944m, 倾斜长度为 85m。

在唐山矿大倾角厚煤层工作面开采过程中存在以下技术难题<sup>[5-6]</sup>:

(1) 由于工作面倾角大, 人员施工、行走困难, 另外在开采过程中, 顶板的破断岩石(冒落矸石)沿工作面向下滚(滑), 易砸伤人员和砸倒工作面设备。

(2) 在上覆岩层和自身重力分量的作用下, 工作面支架和设备下滑、倾倒的可能性急剧增加, 进而需考虑解决工作面设备的防倒防滑问题。

(3) 由于 8, 9 号煤层存在较厚夹矸, 无法实

现合理分层开采, 而改为将两煤层合采, 采用传统放顶煤采煤法, 需留设较宽煤柱, 另外端头不放煤, 丢煤多, 煤炭采出率相对低。

(4) 在煤层中开掘回采巷道, 煤层的坚固性系数  $f=1.97$ , 煤质较软, 受工作面回采超前支承压力等的影响, 巷道变形量大, 维护困难。

(5) 由于设备和工人作业环境等因素的影响, 工作操作过程中效率较低, 大量的生产实践表明, 需要对目前的采煤方法和工艺进行革新, 提高其安全系数和效率。

### 2 大倾角厚煤层开采关键技术

#### 2.1 大倾角厚煤层错层位综放采煤法

针对唐山矿大倾角厚煤层工作面开采过程中存在的技术难题, 提出了大倾角厚煤层错层位综放开采技术<sup>[7]</sup>, 图 1 为唐山矿工作面传统和错层位综放开采巷道布置示意图。

从图 1 中可以看出, 与传统综放开采巷道布置相比, 错层位综放采煤法有一起坡段, 起坡段可以根据工作面实际需要, 尽量减小工作面开采时倾角, 即将大倾角工作面角度减小, 甚至逐渐摆平。

唐山矿 Y294 工作面煤层平均厚度为 10.5m, 采高为 3.0±0.1m, 采放比 1:2.5, 第 1 个支架抬高 7.9°, 从第 2 个开始每架抬升 1.5°, 第 18 个支架抬升到 30°, 其错层位巷道布置下起坡段设计方

**[收稿日期]** 2016-12-15

**[DOI]** 10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2017.04.008

**[作者简介]** 宋平(1987-), 男, 安徽安庆人, 博士, 讲师, 主要从事矿山压力及其控制、错层位采煤法等方面的科学研究工作。

**[引用格式]** 宋平, 刘宝珠. 唐山矿大倾角厚煤层错层位综放开采技术研究 [J]. 煤矿开采, 2017, 22(4): 28-30.

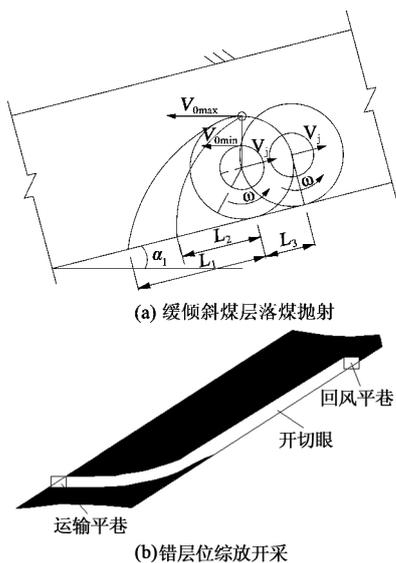


图1 传统和错层位综放开采巷道布置示意图

案如图2所示。

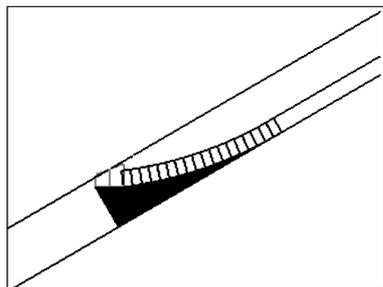
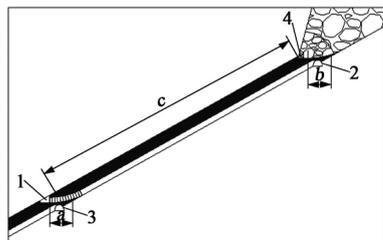


图2 错层位巷道布置下起坡段设计

大倾角厚煤层错层位综放采煤法采用三段式回采工艺，即综合集成放顶煤、分层的上层铺网和下层网下3种回采工艺，3种工艺用于工作面的不同位置，形成独特的“三段式”回采工艺。3种工艺用于工作面的不同位置<sup>[8]</sup>。其中接续工作面巷道可布置在上一起坡段下方的应力降低区内，这样就形成“无煤柱”开采，如图3所示。



1—区段运输平巷；2—区段回风平巷；3—下一工作面区段回风平巷；4—上一工作面区段运输平巷；a—铺网工艺段；b—网下回采工艺段；c—放顶煤工艺段

图3 错层位巷道布置下的“三段式”回采工艺

## 2.2 工作面设备防倒防滑措施

Y294工作面煤层倾角达到了30°左右，这给生产组织和安全管理，特别是顶板管理带来了很大

的困难。采用错层位采煤法使得工作面安全情况得到很大程度的改善，由于错层位巷道系统形成的下段变平部分成为防治工作面设备下滑的关键技术因素，上部的液压支架受下部水平稳定液压支架支持和限制，可有效防止液压支架滑动。与传统巷道布置相比，错层位巷道布置，有利于工作面设备防倒防滑，即利用改变大倾角工作面巷道布置方式，实现了主动解决工作面设备防倒防滑难题，且煤层倾角越大，这一优势越明显。在此基础上，为了保证工作面安全，还需对工作面设备配备相应的防倒防滑措施<sup>[9]</sup>。

(1) 液压支架 Y294工作面最适用的回采工艺是双输送机低位放顶煤回采，设计选用型号为ZFS6200/16/32的放顶煤液压支架。排头支架采用ZQFG6200-20/32，液压支架每隔10组加支架防倒防滑装置。

回采时，保证工作面架间的防倒防滑装置使用完好，连接牢固。移动液压支架时2人配合分段进行操作，每段10组液压支架，移架按照由下向上的顺序逐段依次进行操作，在移架过程中要对液压支架进行调整，确保移架后液压支架迎山有劲，不挤架咬架，不倒架，与工作面输送机保持垂直。

(2) 刮板输送机 输送机下滑主要原因是由于输送机自身重力以及沿工作面倾角向下运煤阻力造成，唐山矿Y294工作面前后部刮板输送机每隔10组加装防滑装置，移溜时必须按要求使用。移溜时2人配合操作，1人适当拉紧刮板输送机防滑枪，另一人进行移溜工作，施工期间及时观察刮板输送机与转载机的搭接，根据搭接长度及时调整使用好防滑装置，保证合理的搭接量。

(3) 采煤机 大倾角工作面开采过程中，由于采煤机自身重力和大块煤矸或物料在输送机刮板链的带动下等因素，引起采煤机下滑。为防止采煤机下滑，工作面采用单向割煤、单向移溜方法，即采煤机下行割煤，上行跑空刀、移架移溜的方式。

唐山矿Y294工作面同时采取了多种技术措施，如通过安装支架防倒和刮板输送机防滑装置、合理调整工作面伪斜量、工作面封闭联网等措施，有效解决了大倾角工作面的防倒防滑、顶板控制、矸石飞溅等一系列难题，确保了安全生产，如图4所示。

## 3 支架对顶板适应性分析

### 3.1 观测方案

为了准确掌握大倾角厚煤层错层位综放工作面

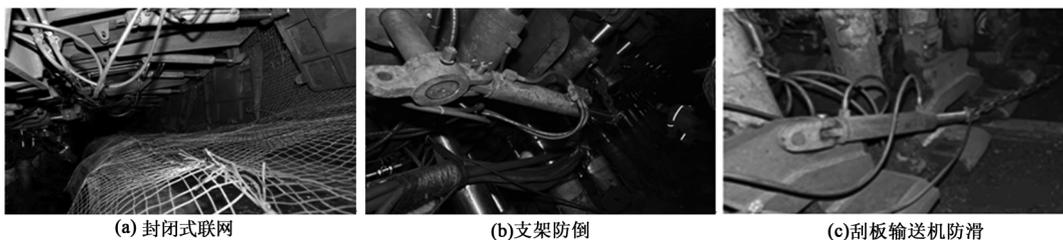


图 4 错层位综放工作面防倒防滑措施

液压支架的受力及运行状态，分析工作面回采过程中矿压显现规律，以及对综放液压支架与围岩变化之间的适应性进行评价，根据大倾角工作面矿压分布总体规律以及错层位巷道布置的特殊性（起坡段），特在工作面上部、中部和起坡段布置 3 个测区，测区布置如图 5 所示<sup>[10]</sup>。

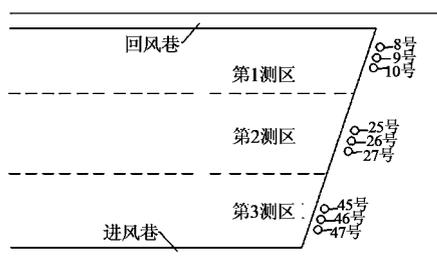


图 5 测区布置

### 3.2 观测数据分析

#### 3.2.1 支架支护阻力频率分布

工作面支架工作阻力分布在 15~32MPa 之间，可满足工作面实际开采需求。

#### 3.2.2 支架初撑力和末阻力工作特性与适应性

工作面支架设计初撑力的利用率较低，仅为综放液压支架额定初撑力的 57.1%~76.9%，支架实测的平均末阻力和最大末阻力分别占综放液压支架额定工作阻力的 39.5%~47.8% 和 67.3%~68.5%。

通过对 Y294 工作面液压支架初撑力和末阻力与适应性分析发现：

(1) 支架平均初撑力：工作面中部>工作面上部>工作面下部起坡段；支架最大初撑力：工作面上部>工作面中部>工作面下部起坡段。

(2) 工作面支架初撑力的利用率较低，从安全以及支架与围岩的相互作用关系角度考虑，应进一步提高支架的初撑力。

(3) 支架平均末阻力：工作面下部起坡段>工作面中部>工作面上部；支架最大末阻力：工作面上部>工作面下部起坡段>工作面中部。

#### 3.2.3 支架整体平均受力分析

通过对 3 个测区支架整架平均工作阻力的分析发现，大倾角厚煤层错层位工作面不同位置支架上

的工作阻力不同，工作面中部工作阻力>工作面下部起坡段工作阻力>工作面上部工作阻力，支架上的工作阻力均没有超过其额定值。

#### 3.2.4 支架来压分析

通过对 Y294 工作面矿压显现进行观测，发现大倾角厚煤层错层位综放工作面也同样具有初次和周期来压，但在工作面倾斜方向上呈不对称分布，工作面全长出现来压不同步现象。具体表现为在工作面中部矿压显现剧烈，持续时间长；上部次之，下部矿压相对平缓，持续时间短。

### 4 技术效果、经济和社会效益分析

#### 4.1 技术效果分析

大倾角厚煤层错层位综放开采在巷道布置、工艺参数及现场施工等方面采取了一系列先进和科学的方法，确保了大倾角厚煤层的安全高效开采，具体表现在以下几个方面：

(1) 由传统平面二维巷道布置方式，改为采用立体化巷道布置方式，优化了工作面设计。

(2) 在布置接续工作面时，可以取消区段之间煤柱的留设，进而提高了采区煤炭采出率。

(3) 通过增设起坡段，将工作面角度局部减缓，甚至变为水平，改善了大倾角工作面设备的倾倒和下滑问题，安全性得到大幅度提高，同时为大倾角工作面设备的防倒防滑提供了新的思路<sup>[11]</sup>。

#### 4.2 经济效果分析

Y294 工作面开切眼后仅用 5d 达产，每月生产原煤 404.1kt，平均达到了 2868t/d，通过创新、创效措施，解决了减少煤柱损失、大倾角安全管理等问题，减少了巷道工程量及材料、用工消耗，提高了生产效率，实现了安全高效生产。

#### 4.3 社会效益分析

唐山矿 Y294 大倾角厚煤层工作面采用错层位综放开采，达到以下效果：

(1) 实现了大倾角厚煤层的成功开采，在一定程度上缓解了唐山矿的生产接替紧张，保证和提高了矿井产量。

(2) 采用先进的综合机械化采煤法取代炮采

和普采工艺,大幅度改善了大倾角工作面安全生产条件,改善和降低工人劳动环境和劳动强度,安全性上更有保证。

(3) 错层位采用“无煤柱”开采方式,减少了采区煤炭损失,提高了大倾角煤层煤炭采出率。

总之,大倾角厚煤层错层位综放开采技术的成功实现,为推广错层位采煤法提供了依据。

## 5 结束语

大倾角厚煤层错层位综放开采技术在唐山矿大倾角厚煤层开采条件下试验应用取得了成功。由于采用了创新性立体化巷道布置方式,有利于主动解决工作面设备防倒防滑难题,且煤层倾角越大,这一优势越明显。在采用其他防倒防滑补充措施后,保证了工作面的安全高效开采。

通过研究分析发现唐山矿 Y294 工作面支架工作阻力比较富裕,可以满足工作面实际开采需求,工作面中、上、下部支架受力不同,支架上的工作阻力均没有超过其额定值;同时研究发现,大倾角厚煤层错层位综放工作面同样具有初次来压和周期来压,但在工作面倾斜方向上呈不对称分布,工作面全长出现来压不同步现象。

大倾角厚煤层错层位综放开采与传统开采技术相比,其技术、经济和社会效益显著,实现了对大倾

角厚煤层安全高效开采的目标,为大倾角厚煤层的开采提供了新思路,具有一定的应用和推广价值。

## [参考文献]

- [1] 伍永平, 贺东风, 张森丰. 大倾角煤层综采基本问题研究 [J]. 煤炭学报, 2000, 25 (5): 465-468.
- [2] 袁永. 大倾角特厚煤层综放开采技术的研究与应用 [J]. 煤矿安全, 2009 (11): 48-50.
- [3] 周昌明, 陈光强. 大倾角综采工作面输送机 and 支架整体防滑 [J]. 煤矿开采, 1999 (3): 55-56.
- [4] 伍永平. 大倾角煤层开采“R-S-F”系统动力学控制基础研究 [D]. 西安: 西安科技大学, 2003.
- [5] 胡祥科. 大倾角中厚煤层矿压显现及其顶板控制 [J]. 矿山压力, 1987 (1): 33-39, 64.
- [6] 伍永平, 贺东风, 周邦远, 等. 绿水洞煤矿大倾角煤层综采技术研究与应 [J]. 煤炭科学技术, 2001, 29(4): 30-32.
- [7] 赵景礼. 厚煤层错层位巷道布置采全厚采煤法的研究 [J]. 煤炭学报, 2004, 29 (2): 142-145.
- [8] 赵景礼. 厚煤层全高开采的三段式回采工艺 [P]. 中国专利: 2004100395750.0, 2004-12-29.
- [9] 张东升, 吴鑫, 张炜, 等. 大倾角工作面特殊开采时期支架稳定性分析 [J]. 采矿与安全工程学报, 2013, 30 (3): 331-336.
- [10] 张海明. 大倾角煤层整体顶梁工作面矿压观测分析研究 [J]. 煤炭技术, 2011, 30 (8): 127-128.
- [11] 赵景礼. 错层位立体化巷道布置技术发展展望 [J]. 煤炭工程, 2014, 46 (1): 1-3. [责任编辑: 周景林]

(上接 12 页)

应力,地应力场受构造运动影响明显,属于典型的构造应力场类型。应力场量值属于中等应力场量值。

(2) 二维、三维地应力测量结果同时表明:寺河矿区最大水平主应力大致呈近水平、东西方向,中间主应力方向均为铅垂方向或近铅垂方向。考虑寺河矿区地质构造复杂,地应力场具有多变形性,本次二维和三维测量结果具有较好一致性。一般条件下传统二维水压致裂地应力测量也能满足采掘工程设计的需要。

(3) 巷道轴线与最大水平主应力方向平行时,地应力对巷道围岩的变形与破坏影响最小<sup>[7]</sup>,因此,建议寺河矿区主要巷道,尤其是服务期限较长巷道在条件许可情况下,巷道布置最佳方向为其轴线沿东西向布置,有利于巷道支护与围岩稳定。

## [参考文献]

- [1] 蔡美峰. 地应力测量原理与技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.

- [2] 郑书兵. 寺河煤矿三维地应力场分布和巷道布置优化 [J]. 煤炭学报, 2010, 35 (5): 717-722.
- [3] 康红普, 姜铁明, 张晓, 等. 晋城矿区地应力场研究及应用 [J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28 (1): 1-8.
- [4] 刘允芳, 刘元坤. 水压致裂法三维地应力测量方法的研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 1999, 19 (3): 66-68.
- [5] 冯书韬. 古书院矿支承压压力区域围岩力学测试分析 [J]. 科技情报开发与经济, 2012, 22 (10): 118-122.
- [6] 师修昌, 鞠远江, 孟召平. 新集矿区地应力场特征研究 [J]. 煤田地质与勘探, 2014, 42 (6): 68-72.
- [7] 肖同强, 支光辉, 张治高. 深部构造区域地应力分布与巷道稳定关系研究 [J]. 2013, 30 (5): 659-664.
- [8] 康红普, 林健. 我国巷道围岩地质力学测试技术新进展 [J]. 煤炭科学技术, 2001, 29 (7): 27-30.
- [9] 陈群策, 李方全, 等. 水压致裂法三维地应力测量的实用性研究 [J]. 地质力学学报, 2001 (7): 69-78.
- [10] 康红普, 林健. 我国巷道围岩地质力学测试技术新进展 [J]. 煤炭科学技术, 2001, 29 (7): 27-30.
- [11] 康红普, 林健, 张晓. 深部矿井地应力测量方法研究与应用 [J]. 岩石力学与工程学报, 2007, 26 (5): 929-933.
- [12] 张晓. 小孔径水压致裂地应力测量技术研究及现场应用 [D]. 北京: 煤炭科学研究总院, 2004.

[责任编辑: 邹正立]