

WONGXIE MEICENG ROUXING YANHU ZHIJIA CAIMEI FA

中国矿业大学图书馆藏书

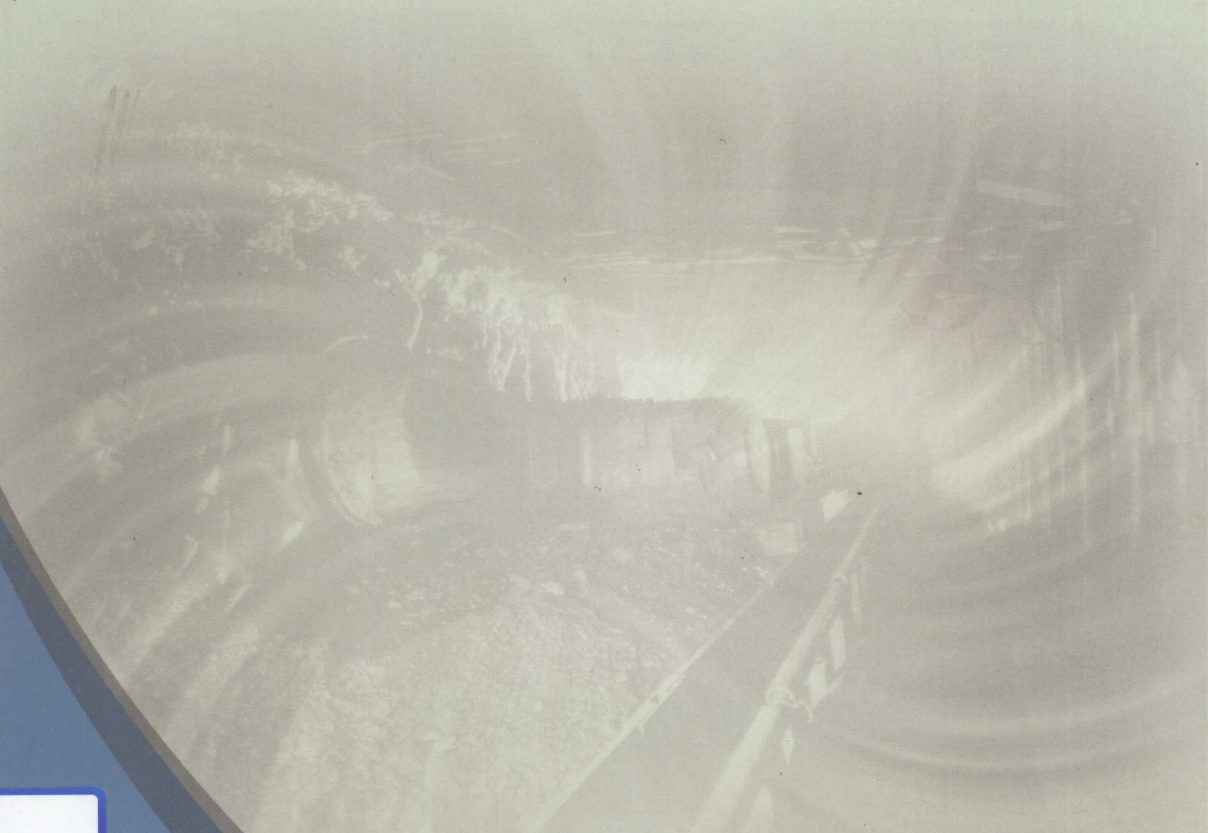


C01652307

急(倾)斜煤层 柔性掩护支架采煤法

—— 淮南矿区安全高效开采技术

◎ 李俊斌 著



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

1

TD823.21
L-412

急(倾)斜煤层柔性掩护支架采煤法

——淮南矿区安全高效开采技术

李俊斌 著



中国矿业大学图书馆藏书



C01652307

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是系统论述淮南矿区急(倾)斜煤层柔性掩护支架开采理论和实用技术的专著。书中总结了作者近 10 年来有关柔性掩护支架安全高效开采方面的论文,基于淮南矿区 50 多年的急(倾)斜煤层开采历史和形成的宝贵的工程实践经验,构建了淮南矿区急(倾)斜煤层柔性掩护支架安全高效开采技术体系。本书主要内容包括柔性掩护支架工作面几何尺寸及巷道布置,支架结构及强度计算,侧向放煤技术,安全控制技术,以及急(倾)斜煤层柔性掩护支架安全高效开采在孔集矿的工程实践及采煤作业规程编制等。

本书可供从事采矿工程领域的科技工作者和工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

急(倾)斜煤层柔性掩护支架采煤法:淮南矿区安全高效开采技术/李俊斌著. —徐州:中国矿业大学出版社,2011.2

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0944 - 3

I. ①急… II. ①李… III. ①急倾斜煤层—煤矿开采—掩护支架采煤法 IV. ①TD823.21②TD823.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 004204 号

书 名 急(倾)斜煤层柔性掩护支架采煤法
——淮南矿区安全高效开采技术

著 者 李俊斌

责任编辑 陈 慧 姜 华

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 江苏徐州新华印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 13.25 字数 253 千字

版次印次 2011 年 2 月第 1 版 2011 年 2 月第 1 次印刷

定 价 38.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

序

在安全放在首位,优先考虑经济效益的大形势下,建设安全高效矿井是世界煤矿开采技术发展的主导潮流,也是我国煤炭工业的发展方向。受形成初期地壳不均衡沉降、冲蚀作用及后期褶皱与断裂运动作用,急(倾)斜煤层的地质条件要复杂得多,与近水平、缓(倾)斜和中斜煤层相比,急(倾)斜煤层的安全高效开采是世界性的难题。急(倾)斜煤层开采普遍存在机械化程度低、安全条件和作业环境差、人工劳动强度大、生产能力小、采出率低、巷道掘进率高、技术经济效益差等问题。我国急(倾)斜煤层的储量和产量约在4%,但在南方缺煤地区占相当比重,安全高效开采一直是我国开采这类煤层矿区的重大课题。优化巷道布置、合理开采部署、创新采煤工艺、保障安全生产、改善作业环境、提高单产水平和技术经济指标对发展急(倾)斜煤层安全高效开采技术具有重大的现实意义。

20世纪60年代,我国淮南矿区首创了伪倾斜柔性掩护支架采煤法,该采煤法简化了顶板管理,减轻了工人劳动强度,极大地改善了作业环境条件和技术经济指标,具有产量大、生产系统简单、巷道掘进率低、采煤工序少、生产安全、材料消耗少和劳动效率高等优点,是急(倾)斜煤层开采技术的一大进步,并得到迅速推广。本书以淮南矿区开采急(倾)斜煤层的矿井地质和技术条件为依据,以50多年的开采经验为依托,采用实践经验与理论分析相结合、技术论证与经济分析相结合、现场实例与模拟实验相结合的研究方法,系统地研究、分析和总结了10多年来淮南矿区伪倾斜柔性掩护支架采煤法向高产高效开采目标推进的过程及技术革新,内容涉及巷道布置、工作面及支架参数、支架安装、采煤工艺过程、技术管理、侧向放煤原理、安全隐患及防治技术。伪倾斜柔性掩护支架架后侧向放煤技术是急(倾)斜煤层开采的重大技术进步和创新,为该条件下高产高效开采提供了方法、途径和范例,由此形成了相对完整的安全高效开采技术体系,这对矿区类似条件下开采具有极高的参考和实用价值。

作者长期工作在生产第一线,亲历和参与了相关的技术创新,本书内容是在实际研究的基础上作出的科学总结,同时还提供了进一步发展的思路。

祝贺本专著的出版,愿本书能吸引采矿工作者更多的关注,以促进急(倾)斜煤层安全高效开采的理论与技术在更高层次上有更大的发展。

杜计平

2011年1月

前 言

我国急(倾)斜煤层煤炭储量占煤炭总储量的4%,其储量丰富,分布范围较广。随着煤炭资源开采强度的增加,急(倾)斜煤层开采问题备受关注,由于其开采条件的特殊性,采煤方法选择、巷道布置、工作面安全技术保障等都影响着采煤工作面生产能力。淮南矿区作为我国开采急(倾)斜煤层的大型矿区之一,其开采实践为同类煤层的开采积累了很多宝贵经验,同时也证明,随着采煤科学技术的发展,实现急(倾)斜煤层安全高效开采是完全有可能的。

本书是在作者参加工作25年来一直关注和研究淮南矿区柔性掩护支架开采技术的基础上,围绕着解决制约急(倾)斜煤层安全高效开采的主要问题,基于对淮南矿区急(倾)斜煤层掩护支架50多年的开采历史和工程实践经验准确把握,正确地运用了理论分析、数值模拟和工程实践相结合的方法,系统地研究分析了此类煤层的开采问题,从而形成一整套安全高效开采技术。全书共分7章。第一章简要回顾了淮南矿区急(倾)斜煤层开采发展概况和技术现状,并分析国内外急(倾)斜煤层开采研究现状及发展趋势。第二章研究了现有技术条件下急(倾)斜煤层伪倾斜柔性掩护支架采煤法安全高效开采的工作面几何参数及巷道布置,解释了正规循环作业、循环产量的计算及有关参数的选择。第三章通过对淮南矿区柔性掩护支架应用发展过程的研究,确定了开采效果最好、应用范围最广的支架结构及其已成系列的产品的的基本参数,分析了为提高工作面生产能力在支护体系方面所做的改进,并用理论分析方法进行了支架受力分析,进而得到支架钢梁和钢丝绳强度校核公式。第四章结合长期工程实践,确定了伪倾斜柔性掩护支架工作面两柱支撑式安装和单柱站立式安装的支架快速安装关键技术,并结合理论分析对急(倾)斜厚煤层柔性掩护支架架后侧向放煤的安全高效开采技术进行了系统研究;第五章结合理论分析的方法,深入研究了瓦斯积聚、煤尘、煤层自燃及矿井水害等各种制约工作面生产能力的因素,并提出针对性的综合防治措施,同时对采区溜煤眼事故的预防与处理及工作面常见事故进行了分区式重点研究,划分了工作面危险区域,并制定出相应对策,完善了工作面安全保障体系。第六章介绍了急(倾)斜煤层安全高效开采技术在孔集矿的工程实践,并通过利用FLAC 3D数值模拟软件模拟开采过程、现场观测工作面矿压数据和实验室分析相结合的方法,探索了工作面的矿压显现特征和围岩控制。第

七章提出探索发展机械化开采装备与工艺是急(倾)斜煤层安全高效开采的主要发展方向。附录介绍了孔集矿—250 m W₅ 采区 A₁、A₃ 两层煤同采的放顶煤采煤工作面作业规程。

作者的研究工作是在中国矿业大学杜计平教授的悉心指导下完成的,导师渊博的学识、严谨治学的态度、亲切待人的作风、高尚的思想品德和对煤炭事业的敬业献身精神,使自己受益匪浅。在此向导师表示衷心的感谢和崇高的敬意!

淮南矿区孔集、李嘴孜、李一、李二等各急(倾)斜煤层开采矿井为本书提供了重要的编写资料,第四章第二节与中国矿业大学李涛硕士的研究内容息息相关,李嘴孜矿蔡跃章副矿长、张瑞华总工程师、生产技术科张静副科长和朱集矿项目部徐中玉科长在本书编写过程中给予了许多帮助,在此一并表示感谢。编著本书是根据导师杜计平教授的提议,结合淮南矿区伪倾斜柔性掩护支架开采长期持续的改进、完善、巩固和提高,并已创新发展成一整套成熟技术的现状,为了巩固宣传该技术并将其推广,特著此书,以供全国相关煤炭企业工程技术人员学习参考。

由于水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

著 者

2011 年 1 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 淮南矿区急(倾)斜煤层开采发展概况及主要问题	1
第二节 国内外急(倾)斜煤层开采研究现状及发展趋势	4
第三节 研究内容与研究方法	9
第二章 伪倾斜柔性掩护支架工作面几何参数、巷道布置及 作业方式演化	12
第一节 工作面几何参数	12
第二节 巷道布置演化	15
第三节 正规循环作业	21
第三章 柔性掩护支架结构、工作面支护及强度计算	27
第一节 柔性掩护支架结构	27
第二节 柔性掩护支架工作面支护	32
第三节 柔性掩护支架强度计算	36
第四章 伪倾斜柔性掩护支架采煤工艺及架后侧向放煤技术	45
第一节 伪倾斜柔性掩护支架采煤法采煤工艺	45
第二节 伪倾斜柔性掩护支架架后放煤理论研究	61
第三节 伪倾斜单腿支撑式“八”字形柔性掩护支架采煤法架后侧向 放煤技术	83
第五章 伪倾斜柔性掩护支架工作面安全技术	93
第一节 瓦斯管理	93
第二节 煤尘管理	101
第三节 综合防灭火	103
第四节 水患综合防治技术	108
第五节 伪倾斜柔性掩护支架工作面常见事故分析与防治	112

第六章 急(倾)斜煤层安全高效开采技术在孔集矿的工程实践·····	118
第一节 矿井概况·····	118
第二节 工作面地质条件·····	119
第三节 采煤方法·····	119
第四节 正规循环作业和主要技术经济指标·····	124
第五节 工作面矿压显现特征·····	125
第七章 主要结论与展望·····	136
第一节 主要结论·····	136
第二节 展望·····	138
参考文献·····	140
附录 淮南矿业集团孔集煤矿采煤工作作业规程范例·····	145

第一章 绪 论

煤层倾角是影响采煤方法选择和矿井开拓部署的关键因素。根据我国采煤技术水平,将倾角在 45° 以上的煤层称为急(倾)斜煤层^[1]。我国急(倾)斜煤层分布范围较广,储量丰富,其储量占我国煤炭总储量的4%左右。其中,北方的急(倾)斜煤层储量约占全国急(倾)斜煤层总储量的62%,南方约占38%,而南方地区80%的矿区赋存有急(倾)斜煤层。据不完全统计,全国626处国有重点煤矿和地方煤矿中,开采急(倾)斜煤层的矿井有103处,占16.5%。急(倾)斜煤层储量主要集中在乌鲁木齐、北京、淮南等20多个矿区,其可采储量约占国有重点煤矿急(倾)斜煤层总可采储量的90%以上^[2]。

急(倾)斜煤层开采的原则和方法与近水平、缓(倾)斜、中斜煤层基本一致^[3],但由于煤层开采条件的特殊性和复杂性,我国急(倾)斜薄及中厚煤层开采存在机械化程度低、工人劳动强度大、生产能力小、煤炭损失率高、巷道掘进率高、通风安全条件差、开采效益差等的主要问题^[2,4],这些情况严重制约着急(倾)斜煤层的安全高效开采。因此,研究急(倾)斜煤层安全高效开采技术对于改善我国急(倾)斜煤层开采状况至关重要。

与近水平、缓(倾)斜、中斜煤层开采一样,放顶煤采煤法也是急(倾)斜煤层实现安全高效开采的重要发展方向。水平分段综采放顶煤是急(倾)斜煤层开采方法改革的重要成果之一,它真正实现了厚度在20 m以上急(倾)斜煤层的高产高效开采。然而,我国特别是南方矿区,急(倾)斜煤层厚度大部分在10 m以下,以中厚煤层居多,这些煤层的开采方法种类虽多,但大部分还不成熟。伪倾斜柔性掩护支架架后侧向放煤采煤法为该煤层的安全高效开采找到了一条有效的技术途径。

第一节 淮南矿区急(倾)斜煤层开采发展概况及主要问题

一、发展概况

淮南矿区采用柔性掩护支架采煤法开采急(倾)斜煤层已有50多年的历史,声誉远播中外。自1956年开始,淮南矿区对急(倾)斜煤层的开采问题进行了长

期的研究与探索。1965年,大通煤矿试验成功了开采急(倾)斜煤层的伪倾斜柔性掩护支架采煤法,并将这种采煤方法逐步推广至九龙岗、孔集、李一、李二、李嘴孜等矿。1981年,单体液压支柱在淮南矿区采煤工作面的首次使用,再次带动了柔性掩护支架采煤法的改革与创新。

在淮南矿区长期的生产实践中,先后试验了从木结构的平板型、撬板型、“<”形、“人”字形,到钢结构的弧形、弓形、“<”形、“八”字形等近十种架型,最终形成了开采效果好的钢结构“一”字形和“八”字形两种架型^[5]。“一”字形又称平板型掩护支架,以孔集矿的应用最为典型;“八”字形掩护支架的应用代表是李一矿。孔集矿在架宽5.6 m、煤层倾角80°、工作面长56 m的“一”字形掩护支架工作面创下了月产34 540 t,回采工效5.3 t/工的生产记录;李一矿在架宽2.1 m、煤层倾角48°、面长50 m的“八”字形掩护支架工作面实现了月产原煤37 675 t,回采工效4.3 t/工。

通过多年的工业性试验,淮南矿区对柔性掩护支架采煤法进行了一系列的改革和完善,形成了目前普遍使用的单腿支撑式“八”字形柔性掩护支架采煤法,这是一种适用性强、安全可靠、经济指标先进、技术工艺成熟的开采急(倾)斜煤层的采煤方法^[6,7]。掩护支架架内支柱逐步发展成单排支柱支撑式和双排支柱支撑式两种形式。1991年以前,掩护支架架内普遍采用木柱、钢管支柱作为支撑点柱。1991年以后,则将架内点柱改成单体液压支柱,并不断发展、完善成能实现半机械化操作的双进液自移式单体液压支柱;同时将掩护支架架后铺设的荆条大笆或竹笆改为菱形金属网,并将架间等宽方木或大板改为塘材棍(捆)充塞,之后为了降低吨煤成本,又将架间代用梁以及架后的铺笆(网)等材料取消。1994年开始,在掩护支架工作面推广运用了毫秒爆破技术。1995年以后,采取了合理布置巷道、简化与优化生产系统、规范工作面长度、淘汰硝铵炸药并推广应用乳胶炸药等措施。2000年1~4月,淮南矿区在孔集矿—530 m W₃C₁₃槽急(倾)斜不稳定煤层(0.2~7.5 m)中,对采用“八”字形双排支柱支撑式掩护支架采煤法的工作面开展了掩护支架架后放煤的试验研究,并获得成功,创新出急(倾)斜厚及中厚煤层掩护支架架后放煤采煤法^[8]。经过多年来不间断的改进、发展和完善,掩护支架架后放煤安全高效开采技术日趋成熟,生产指标已达到国内领先水平,并取得了显著的经济效果和社会效益。目前淮南矿区最高单面生产纪录是:架宽2.0 m的双排支柱支撑式掩护支架工作面2010年最高年产量达34万t,最高月产达33 452 t,架宽2.2 m的单排支柱支撑式掩护支架工作面1997年最高年产量达19万t。

伪倾斜柔性掩护支架采煤法适用于倾角38°以上、赋存稳定、构造简单、厚度1.3~8.7 m的煤层^[5,9]。淮南矿区50多年的生产实践证明,伪倾斜柔性掩

护支架采煤法是开采急(倾)斜煤层的有效方法,具有极大的发展空间和推广价值。

二、存在的主要问题

通过对淮南矿区急(倾)斜煤层开采实践的总结以及国内急(倾)斜煤层开采矿区的调查研究,认为制约柔性掩护支架采煤工作面生产能力提高的因素主要有如下几个方面:

(1) 因柔性掩护支架采煤法尚处于发展阶段,还未形成系统的确定采区参数及巷道布置方式的有效依据。

(2) 急(倾)斜煤层安全高效开采的柔性掩护支架结构及其钢梁、钢丝绳强度等参数以及支护体系等方面有待于进一步改进和完善。

(3) 工作面的回采工艺及支架安装技术在很大程度上影响着工作面的推进速度和生产能力,这使得急(倾)斜中厚及厚煤层的安全高效开采问题尚未得到有效的解决。

(4) 柔性掩护支架采煤法开采技术易于造成工作面瓦斯积聚、煤尘量大、煤层自燃及水害等,这些因素都严重制约着工作面生产能力的提高。

(5) 急(倾)斜煤层采场矿压显现特征尚未明确,用常规采煤方法的围岩控制技术指导柔性掩护支架工作面的围岩控制,在一定程度上影响工作面的技术经济指标。

三、研究的目的是意义

煤炭是我国的主要能源。据预测,到 2050 年,煤炭仍将占我国能源需求的 70% 以上,因此对地下各种赋存条件煤炭资源的开采将是一项长期的任务^[10]。

随着煤炭资源开采强度的增加,我国东部矿区赋存条件“优越”的煤层储量越来越少,促使急(倾)斜煤层的开采问题受到高度重视,如山东兖州矿区、河北邢台矿区和开滦矿区、安徽淮南和淮北矿区、江苏徐州矿区等,这些矿区的急(倾)斜煤层开采问题日益突出。我国西部矿区 50% 以上的矿井开采急(倾)斜煤层,如四川、重庆、云南、贵州、新疆、甘肃、宁夏等主要产煤省(自治区)市地区,急(倾)斜煤层是许多矿区或矿井的主采煤层。对急(倾)斜煤层安全高效开采技术的研究,将是西部煤炭开采的重大课题,也是世界主要产煤国家在不远的将来需要研究与发展的重要领域。

由于目前急(倾)斜煤层开采的技术发展水平远低于近水平、缓(倾)斜和中斜煤层,存在着一系列没有解决的基本技术难题,因而研究急(倾)斜煤层的开采方法、安全技术、岩层控制理论与技术,就成为既非常必要又十分迫切的

重大课题。

在淮南矿区 50 多年伪倾斜柔性掩护支架采煤法应用实践的基础上,本书系统地研究了急(倾)斜煤层安全高效开采技术,所取得的研究成果为我国急(倾)斜煤层的安全高效开采提供了理论支持和技术保障。该项研究无论是对煤层开采新方法的探讨和向岩层控制理论与技术未知领域的拓展,还是对社会发展和国民经济建设;都具有重要的现实意义与实用价值。

第二节 国内外急(倾)斜煤层开采研究现状及发展趋势

一、急(倾)斜煤层开采技术研究现状

倾角在 60° 以上的急(倾)斜特厚煤层采用水平分段放顶煤采煤法已成为共识,而急(倾)斜薄煤层、中厚煤层以及厚煤层则在开采技术上存在一系列特殊的难点,这些难点都是国内外尚未完全解决的问题。

对于急(倾)斜煤层来说,倾角是影响其采煤方法选择和矿井开拓部署的最主要因素。国内外研究表明,倾角 35° 是冒落矸石的自然安息角,在急(倾)斜煤层工作面,冒落的直接顶不可能在原地停留堆积,而是沿倾斜向下滚(滑)动,形成采场控顶区下部填满、上部悬空的特征,从而影响围岩移动与矿压显现;倾角 35° 以上时,工作面底板岩层会发生滑移破坏,底板一旦破坏,由于煤层倾角大于垮落矸石的自然安息角,煤层也会向下滑移,而且破坏滑移区还可能向上蔓延,从而引发工作面支护失稳,导致生产和安全事故。因此,这类煤层是国际上目前开采难度最大的煤层类型。

1. 国内急(倾)斜煤层开采技术研究现状

(1) 急(倾)斜煤层开采方法的历史沿革

我国急(倾)斜煤层开采技术的发展,从新中国成立初期到目前大致经历了以下 5 个发展阶段^[11-13]。

第一阶段:从 20 世纪 50 年代到 60 年代初,主要进行了采煤方法的改革。各矿区根据不同的煤层赋存条件,推行倒台阶工作面、水平分层、巷道长壁和沿俯斜推进的掩护支架等采煤方法。部分矿区采用风镐落煤、刮板运输机运煤和机械式回柱,用垮落法处理采空区,取得了提高工作面生产能力、减轻劳动强度、改善安全状况的效果,初步改善了急(倾)斜煤层开采矿井落后的技术状况。

第二阶段:从 20 世纪 60 年代到 70 年代中期,急(倾)斜煤层开采技术的进步主要表现为掩护支架结构的研究与巷道布置的改革。为扩大掩护支架的

使用范围,淮南、开滦、徐州等矿区先后在掩护支架采煤法中成功应用“八”字形掩护支架,克服了平板型支架的一些缺点,取得了较好的技术经济效益。此外,一些开采急(倾)斜煤层的矿井还进行了矿井开拓和采准巷道布置改革,降低了巷道的万吨掘进率,改善了巷道的维护条件。同时对工作面回采工艺进行了改革,开始应用金属支柱和金属铰接顶梁,在水平分层工作面中采用金属网假顶,或因地制宜地利用竹笆、荆笆等作假顶材料,均取得了较好的技术经济效益。

第三阶段:从20世纪70年代后期到80年代末,主要在急(倾)斜煤层开采工作面进行了采煤工艺的试验。为进一步提高急(倾)斜煤层开采的机械化程度,北京、鸡西等矿区试验了滚筒式采煤机,四川攀枝花矿区试验了冲击式刨煤机,开滦、淮南矿区试验了用于掩护支架下机械化落煤的地沟机。此外,在南桐矿区等还进行过急(倾)斜煤层综合机械化采煤的试验。但总体来说,机械化试验成功率不高,能推广的甚少。

第四阶段:从20世纪80年代末至21世纪初,急(倾)斜煤层采煤方法得到进一步的改进,表现为加大工作面长度、提高单产、提高机械化水平、进一步改善安全生产条件。如四川芙蓉矿务局巡场煤矿试验成功的俯伪斜走向长壁分段密集采煤法,广能集团绿水洞煤矿急(倾)斜煤层综合机械化采煤技术,以及其他矿井的水平分段放顶煤技术和巷道放顶煤技术等,这些都具有产量大、通风条件好、便于顶板管理等优点。

第五阶段:从21世纪初至今,以淮南矿区急(倾)斜煤层伪倾斜柔性掩护支架架后侧向放煤采煤法的应用、发展和完善为主要标志。淮南矿区在伪倾斜柔性掩护支架采煤法的基础上,结合煤层开采的具体条件,创新出伪倾斜柔性掩护支架架后侧向放煤采煤法,从而解决了急(倾)斜薄、中厚、厚煤层的安全高效开采问题。随着工程应用与发展,使得该采煤法产量大、生产系统简单、巷道掘进量小、回采工序少、生产安全、材料消耗低和劳动效率高等优点得以充分发挥。另外,还进行了急(倾)斜煤层综合机械化开采技术的研究,最大开采煤层倾角达到 60° ,并取得了成功。

(2) 急(倾)斜煤层主要开采方法评述

① 俯伪斜走向长壁分段密集采煤法

俯伪斜走向长壁分段密集采煤法工作面呈俯伪斜直线布置,降低了作业面倾角,避免了煤壁片帮伤人,减少了煤炭自溜过程中因撒落采空区造成的丢煤,也为进一步实现采煤机械化创造了条件。其不足之处在于:工作面支柱和回柱工作量较大,区段煤柱损失较大,分段走向密集下方的“三角区”通风较差,易积存瓦斯。

② 仓储采煤法

仓储采煤法利用仓内所储煤炭暂时支撑顶板,因而当顶板坚硬稳定时,工作面内基本不用支护;工作面采落的煤炭大部分储存在仓房内,落煤和放煤工作互不干扰。其缺点是:当采用仓间留煤柱的倾斜条带布置方式时,巷道掘进率高,煤尘飞扬;当顶板有淋水时,仓内的煤炭不易放尽;当煤层较坚硬时,溜煤小眼易被大块煤卡住。当煤层顶板不稳定时,仓内煤矸易混杂。这种采煤方法已被淘汰。

③ 长孔爆破采煤法

长孔爆破采煤法回采工艺比较简单,人员不进入采煤工作面,具有一定的灵活性,除可用于正规的采煤工作面外,还可用于煤柱和边角煤的回收,也可用于水力采煤中的炮采水运。其不足之处在于:产量低,煤质难以保证,顶板不易控制,部分乏风易进入采空区,不易进行通风管理。

④ 滑移顶梁(悬移)支架放顶煤采煤法

滑移顶梁(悬移)支架是介于单体液压支柱和综合机械化液压支架之间的一种过渡型支架,我国于20世纪80年代中期在急(倾)斜煤层中使用这种支架放顶煤,初期投资少,支架体积小、重量轻,能自移。其缺点是支架自稳性较差,且反复卸载支撑顶煤,易破坏顶板的完整性,影响安全生产;支架移架工序多、速度慢,使用寿命短。

⑤ 水平分段综采放顶煤采煤法

急(倾)斜特厚煤层水平分段综采放顶煤采煤法是急(倾)斜煤层开采方法改革的重要成果之一。它充分利用了急(倾)斜煤层倾角大、煤层易垮落、顶板稳定性相对较好的特点,利用了综采放顶煤的优势,形成了自己较为完整的矿压控制及回采工艺的理论体系,真正实现了急(倾)斜煤层开采的高产高效,是急(倾)斜煤层采煤方法改革的一个里程碑。然而,水平分段综采放顶煤采煤法受煤层赋存条件限制大,适应性不强,只能用于厚度在20 m以上、倾角较大的急(倾)斜煤层中。

⑥ 急(倾)斜煤层巷道放顶煤采煤法

急(倾)斜煤层巷道放顶煤采煤法是在一个采区内沿倾斜方向按照一定的高度(15~30 m)划分若干个区段,在每个区段的下部布置放煤巷道,放煤巷道的两端分别与采区内的进回风系统相连,构成全风压通风系统。所有的工艺和工序都在放煤巷道内进行,放煤巷道是在松散煤体保护下的一种沿空留巷方式。因此,巷道放顶煤采煤法综合应用了综采放顶煤开采理论和急(倾)斜煤层沿空留巷理论,是放顶煤技术和沿空留巷技术的综合运用。这种采煤法的放煤效果取决于煤层的可放性及顶板条件。

⑦ 柔性掩护支架采煤法

柔性掩护支架采煤法是我国开采急(倾)斜煤层的一种主要方法,工作面沿走向推进,具有走向长壁采煤法的优点;采用 25° 左右的伪倾斜工作面,使工作面内行人、操作比较方便,减轻了工人的体力劳动强度,工作安全可靠;掩护支架受力较小,支架可以多次回收复用,在回采过程中只消耗一些竹(荆)笆或金属网,使矿井的材料消耗和生产成本降低。其缺点是工艺虽然简单,但难以实现机械化,对煤层厚度的稳定性及倾角要求比较严格,并且拆装支架的劳动强度较大。

综上所述,在开采急(倾)斜煤层的多种方法中,一部分是把开采倾角较小煤层的方法直接用在了急(倾)斜煤层的开采上,而多数是煤炭科技工作者和工程技术人员针对不同的煤层赋存条件,结合对急(倾)斜煤层开采技术的研究,因地制宜地发明创造出来的,其中最具代表性的是具有中国特色的伪俯斜柔性掩护支架采煤法,其应用与发展对于我国急(倾)斜煤层的安全高效开采具有重大意义。

2. 国外急(倾)斜煤层开采技术研究现状^[14-17]

国外急(倾)斜(大倾角)煤层的开采主要集中在原苏联所属地区,同时在德国、法国、西班牙和印度等国家也有一些开采矿井。

早在20世纪70年代,苏联就在急(倾)斜煤层的机械化开采方面进行了一定的研究,研制了应用于急(倾)斜煤层的各类综采支架及采煤机,并在此基础上对开采工艺进行了较系统的研究,基本奠定了急(倾)斜煤层开采的科学技术基础。

乌克兰顿涅茨煤矿机械设计院自1986年开始为顿巴斯的龙恩—亚卡矿井和奥尔忠尼基煤炭工业管理局所属的叶娜基也夫卡娅煤矿设计了急(倾)斜煤层采煤机及其相配套的支护设备,并装备了54个综采工作面,为了保证采煤机在急(倾)斜煤层工作面上行时牵引部所必须具有的牵引力,在工作面巷道(上部的回风巷)中装备了绞车,并将采煤机牵引部连接到滑(绞)车系统之上。

德国将赫姆夏特液压支架[设计用于缓(倾)斜煤层]进行改装,用于开采急(倾)斜煤层。在应用过程中,与曼斯菲尔德支架(可用于倾角 70° 以上的煤层)或威斯特伐里亚支架结合以辅助防倒、防滑。

另外,印度以其东北部煤田为基地,研究了应用于急(倾)斜煤层的柔性支架采煤法、巷柱充填采煤法、掩护支架采煤法、综合机械化采煤法。西班牙在帕里奥和圣安托尼奥煤田的HUNOSA矿井使用机械化装备开采了倾角大于 40° 的煤层。

总体来说,俄罗斯、波兰、英国、德国、法国、美国和澳大利亚等国,由于其急

(倾)斜煤层的赋存条件好、构造相对简单,且经济发达、科学技术先进、产业政策合理,生产力发展水平高,煤矿机械化程度高、煤炭采出率高、人工工效高、经济效益好,因此,急(倾)煤层的采煤方法是以机械化开采为主。采煤方法的种类比我国要少,主要有水平分段放顶煤采煤法、巷道放顶煤采煤法和房柱式采煤法,在工艺上以普采和综采为主。

综上所述,在急(倾)斜煤层开采技术方面,国外的相关研究较少,且主要集中在开采装备方面;国内急(倾)斜煤层开采以非机械化为主,但综合机械化开采的研究水平居于国际该领域的前沿。1998年,由西安科技大学(原西安矿业学院)与四川华蓥山矿务局及煤炭科学研究总院北京开采所合作完成的“绿水洞煤矿大倾角煤层综采技术研究”成果,使我国大倾角煤层综合机械化开采的研究处于国际领先地位。

二、急(倾)斜煤层采场矿压研究现状

1. 国内急(倾)斜煤层采场矿压研究现状

国内在急(倾)斜煤层采场矿压方面所做的研究主要包括以下几部分内容:

戴华阳、王金庄^[18]认为,急(倾)斜煤层开采后岩层破坏移动方式为:层梁沿煤岩层法向弯曲垮落和移动,形成喇叭形的垮落裂缝带;深部岩层呈双支座梁弯曲,浅部岩层呈单支座悬臂梁弯曲,喇叭口上由于岩层的不同步弯曲,地表沿层面产生裂缝;移动边界线沿边界角向外弯曲;地表移动曲线呈现波浪形,规律性不强,而沿层面的移动曲线则平缓、规则,规律性强,说明了急(倾)斜开采岩层沿法向弯曲的移动方式。

石平五^[19]指出,急(倾)斜煤层由于开采边界不规则及其他地质和技术因素,顶板破断具有明显的随机性。在相互挤压的破断板块系统中,2~3个关键板块对工作面矿压显现有决定影响。在“回转下沉—反转上升”运动中,上升区如处于控顶区上方,就会使支架卸载造成顶板灾害。石平五^[20,21]通过现场观测研究表明:急(倾)斜长壁工作面也有较明显的周期性矿压显现,但顶板沿走向很难形成“砌体梁”结构,由于工作面倾斜方向矸石充填的差异,造成工作面倾斜不同区域来压时序和强度的不同。石平五、刘晋安、周宏伟^[22]和张立志^[23]分别进行了急(倾)斜煤层底板稳定性分析,阐述了底板下滑的原因及控制底板下滑的措施。高召宁、石平五^[24]运用弹性力学古典狭长薄板理论,建立了急(倾)斜水平分段放顶煤开采顶板变形力学模型,分析了其变形特征及破断规律,得出了煤层倾角、水平分段高度对顶板变形的影响关系曲线,给出了顶板破断的判据。吴绍倩、石平五、陈文伟^[25,26]对不同急(倾)斜煤层长壁工作面进行了矿压观测,并结合相应的实验室相似材料模拟、计算机模拟和理论分析的方法,较系统地研究