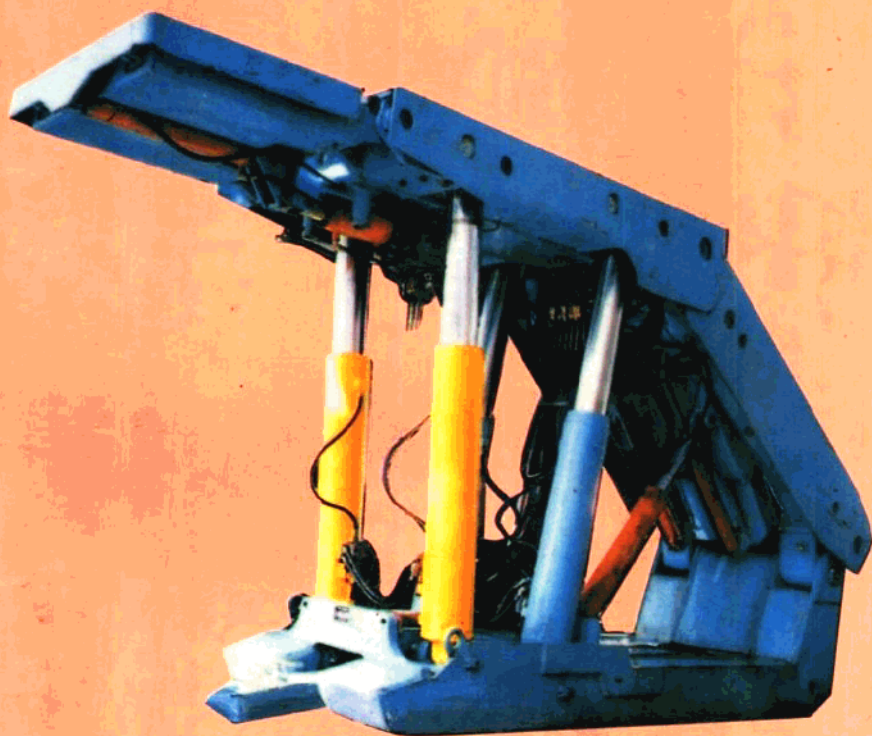


放顶煤开采技术与放顶煤液压支架

主编 杨振复 罗恩波

审校 李鸿昌



煤炭工业出版社

放顶煤开采技术与放顶煤液压支架

主编 杨振复 罗恩波

审校 李鸿昌

编 著 者 第一章 杨振复 第二章 罗恩波
第三、四、六章 朱诗顺
第五章(第一、二、三节) 刘九丰
第七章 吕法仁 第八章 董江林
第九章 祝炳梁 第十章 高有进
第十一章 王连惠
第十二章 第五章(第四节) 王维孝
附 录 王 钦

技术顾问 戚欣初
顾 问 刘怀礼 凌政书 鲁广文 刘国安
王宝山 唐 斌

煤炭工业出版社

805007

(京)新登字042号

图书在版编目(CIP)数据

放顶煤开采技术与放顶煤液压支架/杨振复, 罗恩波主编. —北京: 煤炭工业出版社, 1995

ISBN 7-5020-1142-0

I. 放… I. ①杨…②罗… II. ①煤矿开采-放顶-技术②煤矿开采-放顶-液压支架 IV. TD 823

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第00960号

放顶煤开采技术与放顶煤液压支架

主编 杨振复 罗恩波

审校 李鸿昌

责任编辑: 黄朝阳 刘瑾 孙辅权

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 787×1092mm¹/₁₆ 印张19¹/₄

字数 453千字 印数 1—4,790

1995年7月第1版 1995年7月第1次印刷

ISBN 7-5020-1142-0/TD823

书号 3910 定价 22.00元

序 言

放顶煤综采近年来在我国得到迅速的发展。放顶煤综采技术的推广使用,扩大了综合机械化开采的使用范围,简化了矿井的采掘系统和生产组织,大幅度地提高了综采工作面的劳动生产率和产量,降低了煤炭的生产成本,在煤矿生产上取得了显著的技术经济效益。

在科研、设计和生产部门的共同努力下,放顶煤综采技术已逐步趋于成熟,放顶煤综采设备已经系列化。在放顶煤综采中普遍关注的问题,有些已经得到解决,有些正在逐步解决。但是,放顶煤综采在我国的发展历史不很长,在放顶煤综采的实践中,要不断地总结经验,不断改进提高。

郑州煤矿机械厂近年来积极开展放顶煤液压支架的研制与生产,为我国放顶煤综采技术的发展和推广,做出了贡献。他们在总结放顶煤液压支架生产和使用经验的基础上,组织编写了《放顶煤开采技术与放顶煤液压支架》一书,做了一件有意义的工作。该书将有助于煤矿、工厂的领导、工程技术人员和生产工人了解和掌握放顶煤综采的适用条件和一般技术,以及放顶煤液压支架的性能、结构、工作原理、操作和维护保养技术。

尽管我国在综采放顶煤技术的发展和放顶煤综采设备的研制上已取得了很大的成绩,但仍然存在一些重大的技术问题没有得到彻底的解决,如煤炭回收率问题,工作面降、灭尘问题,采空区发火问题等。希望科研、设计、制造和使用单位紧密配合,努力解决放顶煤开采中存在的问题,不断发展适合我国地质条件的、多品种、多系列的高产、高效、低成本的成套放顶煤综采设备,为推动我国的采煤机械化做出更大的贡献。

煤炭工业部副部长 范维唐
中国工程院院士

一九九五年六月

410 9/7 05

前 言

我国煤炭储量十分丰富,1979年世界能源会议估计我国煤炭资源为15000亿t,其中煤层厚度大于3.5m的厚煤层占40%左右。从采煤工艺看,我国1972年开始装备综合机械化采煤,至1990年已达到29.8%。当时对厚度在3.5~5m的煤层多采用一次采全高工艺,特别是大采高支架,平均单产可超过3万t,最高超过6万t,最高月产142211t。然而,对于厚度大于5m的特厚煤层的开采,存在着产量低、效率低、劳动强度大、安全差等问题,尽管分层开采技术较为成熟,但其成本高、工序多,影响效率。

自60年代法国率先研制节式放顶煤支架开采特厚煤层取得成功以来,70年代法国、英国、匈牙利、原联邦德国、前苏联等国家又先后研制出插板式、开天窗式、后开门式放顶煤液压支架,使特厚煤层采煤工艺有了新的突破,产量与效率不断提高。以匈牙利奥伊克矿为例,使用VHP-730型支架,开采厚6.2m煤层,其平均月产量达到3.39万t,效率26.1t/工,工作面回收率91%。

我国综采放顶煤开采始于1982年,是由郑州煤矿机械厂、煤炭科学研究总院北京开采所、沈阳煤研所共同研制的FY400-14/28中位放顶煤支架在沈阳局蒲河矿安装试验;10多年来得到了迅速的发展,截止到1993年,已经在13个省的26个矿务局59个工作面使用,达到了日产万t,月产31万t,年产253万t的生产水平,成为世界上综采放顶煤开采技术发展最快、拥有放顶煤液压支架数量最多的国家。

实践证明,在特厚煤层中,采用放顶煤开采较分层开采等具有明显的优越性,主要有:(1)煤层掘进量小,掘进费用低,缓和了采掘关系;(2)减少了搬家倒面次数,节省了综采面设备搬迁、安装的工作量及费用;(3)较分层开采减少了铺网工序、材料、工资及巷道维护等费用;(4)对急倾斜厚煤层,较普通法开采的工作面产量提高1~3倍;(5)提高了煤炭的块炭率,增加煤炭的售价;(6)减少了设备的运行费,特别是采煤机,相对减少了吨煤设备折旧费或租赁费;(7)有利于矿井的集中控制,实现减面、减人,提高工效的目标;(8)提高劳动生产率,降低成本,比一般回采工效提高2~5倍,经济效益十分显著,吨煤成本一般降低8~20元/t。

基于上述原因,我国放顶煤液压支架从1984年至1992年上半年已发展到42套,32个品种,占世界总数的66%。当然,放顶煤开采也有急待解决的问题,主要是:(1)煤尘大,比分层开采高出1~3倍,甚至更高;(2)回采率偏低,一般在80%左右,造成一定的煤炭损失;(3)自然发火问题尚未得到很好的解决;(4)对高瓦斯矿井,瓦斯涌出量大,有局部积聚的危险。因此,煤炭工业部提出要有试点地进行,稳步发展的方针。然而,由于放顶煤开采的优点十分突出,并对存在的问题逐步得到解决的同时,使这一新的特厚煤层的开采工艺从东北、西北迅速扩展到华北,1992年初又推广到华东四个矿务局,并首先在兖州兴隆庄矿创出了月产11万t的好成绩(1994年月产已达25万t),可以预计,今后将会更快地发展。

为更好地研究和推广放顶煤开采技术,尽快解决或基本解决存在的问题,充分发挥其

优点，创造更大的效益，郑州煤矿机械厂在设计、研制和生产35套、26种放顶煤支架的基础上，组织编写了“放顶煤开采技术与放顶煤液压支架”一书。全书共12章，包括有我国放顶煤开采概述；国外放顶煤开采及放顶煤液压支架；放顶煤综采工作面矿山压力；放顶煤开采工艺；放顶煤综采的适应条件和液压支架选型；放顶煤综采技术经济分析；高位放顶煤液压支架；中位放顶煤液压支架；低位放顶煤液压支架；放顶煤液压支架受力分析与强度校核；放顶煤综采设备配套；放顶煤液压支架的应用实例及附录（包括特性表、图例、配套简图）等，可供给煤矿企业，科研、设计和制造单位工程技术人员、管理干部，以及矿业院校师生参考。

本书在编写过程中，得到了中国矿业大学北京研究生部已故高荣教授的关心，有关矿务局也给予了大力协助，特别是中国矿业大学李鸿昌教授对全书作了全面、细致的审校，在此一并表示衷心感谢。

由于特厚煤层放顶煤开采技术属发展中的应用科学，某些规律还在探索，不少措施还在研究和逐步完善之中，有的内容尚需进一步在实践中验证和成熟，加之编者的水平所限，书中不足之处，敬请读者批评指正。

作 者

1994年8月

内 容 提 要

本书重点阐述了放顶煤开采技术的发展状况,放顶煤开采工艺,工作面矿山压力规律及其观测研究方法,放顶煤综采的适应条件和支架选型以及放顶煤支架的设计、使用与维护技术;介绍了放顶煤综采的技术经济分析方法,设备配套原则及高、中、低位放顶煤液压支架的应用实例等。

本书可供煤矿企业和科研、设计、制造单位的工程技术人员、管理干部及矿业院校师生学习参考。

目 录

第一篇 放顶煤开采技术

第一章 我国放顶煤开采概述	1
第一节 我国厚煤层分布与赋存状况	1
第二节 厚煤层综采的发展历史及现状	2
第二章 国外放顶煤开采及放顶煤液压支架	10
第一节 国外放顶煤开采发展历史	10
第二节 国外主要产煤国家放顶煤开采现状	13
第三节 国外放顶煤液压支架	17
第三章 放顶煤综采工作面矿山压力	23
第一节 缓斜厚煤层综放工作面矿压显现	23
第二节 急斜厚煤层综放工作面矿压显现	35
第三节 放顶煤综采工作面矿压观测与研究方法	38
第四节 放顶煤液压支架工作阻力的确定	47
第四章 放顶煤开采工艺	56
第一节 放顶煤采煤方法的发展	56
第二节 普通机械化放顶煤开采	56
第三节 综合机械化放顶煤开采	61
第五章 放顶煤综采的适应条件和液压支架选型	69
第一节 放顶煤综采的适应条件与液压支架选型原则	69
第二节 放顶煤液压支架特点及其适应性分析	76
第三节 放顶煤液压支架选型实例分析	81
第四节 放顶煤液压支架的液压系统	86
第六章 放顶煤综采技术经济分析	91
第一节 放顶煤综采技术分析	91
第二节 放顶煤综采的经济效益分析	92
第三节 放顶煤综采工作面的回收率计算	93
第四节 放顶煤综采与分层综采的经济效益对比分析	95

第二篇 放顶煤液压支架

第七章 高位放顶煤液压支架	101
第一节 高位放顶煤液压支架的分类	101
第二节 高位放顶煤液压支架的主要结构	103
第三节 高位放顶煤液压支架的辅助结构及喷雾灭尘系统	113
第四节 高位放顶煤液压支架的液压系统	117
第五节 高位放顶煤液压支架的使用与维护	124

第八章 中位放顶煤液压支架	128
第一节 中位放顶煤液压支架的分类	128
第二节 中位放顶煤液压支架的主要结构	138
第三节 中位放顶煤支架的液压系统	147
第四节 中位放顶煤液压支架的使用与维护	148
第九章 低位放顶煤液压支架	152
第一节 低位放顶煤液压支架的类型	152
第二节 低位放顶煤液压支架的主要结构	156
第三节 喷雾降尘系统	164
第四节 低位放顶煤液压支架的液压系统	165
第五节 低位放顶煤液压支架的使用与维护	168
第十章 放顶煤液压支架受力分析与强度校核	172
第一节 高位放顶煤液压支架受力分析	172
第二节 中位放顶煤液压支架受力分析	177
第三节 低位放顶煤液压支架受力分析	181
第四节 放顶煤支架的稳定性分析	186
第五节 放顶煤支架结构件的强度计算与校核	190
第六节 立柱及千斤顶的设计计算与强度校核	205
第七节 销轴强度计算与校核	216
第十一章 放顶煤综采设备配套	221
第一节 概述	221
第二节 放顶煤综采设备配套与选型原则	221
第三节 放顶煤综采设备配套与选型设计计算	223
第四节 放顶煤综采总体配套对所需主要设备的要求	224
第五节 放顶煤过渡支架配套设计	234
第六节 放顶煤综采端头支架配套	241
第七节 放顶煤综采设备配套实例	245
第十二章 放顶煤液压支架的应用实例	253
第一节 高位放顶煤液压支架的应用实例	253
第二节 中位放顶煤液压支架的应用实例	255
第三节 低位放顶煤液压支架的应用实例	258
附录1. 放顶煤液压支架性能特征表	261
附录2. 缓倾斜回采工作面顶板分类修订方案	282
附录3. 煤矿用液压支架产品型号编制方法	290
附录4. 法定计量单位	293
参考文献	298

第一篇 放顶煤开采技术

第一章 我国放顶煤开采概述

本章主要对我国厚煤层分布赋存状况,厚煤层综采的发展历史、现状及放顶煤综采存在的主要问题及应用前景进行综合论述,以便有一概括的了解。

第一节 我国厚煤层分布与赋存状况

我国煤炭资源十分丰富,1985年全国累计探明煤炭总储量为7822亿t,其中厚煤层的储量占首位,接近总储量一半。根据1988年我国统配煤矿统计,原煤产量按薄、中厚及厚煤层的比重分别为10.40%、43.97%及45.63%;若以可采储量统计,则分别为17.36%、37.84%及44.80%。

我国厚煤层赋存几乎遍及全国,其中以东北及西北地区尤为丰富,15个省46个矿务局赋存有5m以上的特厚煤层,储量超过100亿t,但地质条件比较复杂。厚煤层可采储量所占比重最高的省及自治区为甘肃(93.96%),新疆(70.14%)及宁夏(65.06%)。在山西、河南、河北、山东及陕西省,3.5~8m厚煤层的储量也占很大比重。

东北地区1987年统配煤矿的储量为102亿t,其中井工开采的矿井占有储量95.8亿t,占总储量的94%;而此储量中,厚煤层储量为35亿t,占井工矿井总储量的36.5%,分布在抚顺、阜新、北票、铁法、沈阳、南票、辽源、通化、舒兰(营城)、珲春(蛟河)、鹤岗、双鸭山、平庄、扎赉诺尔和大雁等15个矿区,其厚煤层采出量为井工开采的全部采出量的46.7%,也就是说厚煤层储量占1/3以上,厚煤层矿井生产能力占1/2以上,而每年厚煤层采出量占将近1/2。

在甘肃省的预测煤炭储量1860亿t中,1986年探明储量为67.4亿t,其中华亭、靖远及窑街矿区占探明储量的80.4%,窑街、靖远及阿干三个统配煤矿的厚煤层储量占95.32%,而且绝大多数煤层厚度为10m以上,华亭矿区的特厚煤层储量占99%。在甘肃省的煤炭储量中,煤层倾角大于35°以上的占很大比重,其中窑街矿区的煤层倾角在45°以上的储量占39.6%,靖远、王家山煤田中35°以上的煤炭储量占76.8%,华亭矿区37°~80°倾角的煤层占总储量的12.48%。这类煤层的开采一般是困难的,而放顶煤开采试验的成功为其提

表 1-1-1 各类煤层的储量

煤 厚		倾 角		顶 板	
厚度 (m)	比重 (%)	倾角 (°)	比重 (%)	类 别	比重 (%)
<1.3	7.5	<15	87.7	不 稳 定	54.48
1.3~3.5	39.8	15~25	9.4	中 等 稳 定	31.71
>3.5	52.7	>25	2.9	稳 定、坚 硬	13.81

供有效的技术途径。

据大同、开滦及阳泉等38个矿务局在1985年的统计,适合采用综合机械化开采的各类煤层的总储量为84.4亿t,其各种赋存条件下煤层的储量比重见表1-1-1。

由表1-1-1可见,在适合综采的煤炭储量中,以不稳定顶板的缓倾斜厚煤层所占比重最大。在此类煤层中采用具有高产、高效及安全的开采方法,是今后相当长时期改革、提高采煤技术的主要方向。

第二节 厚煤层综采的发展历史及现状

我国对煤层厚度的分类标准是按1.3m及3.5m为界,分为薄煤层、中厚煤层及厚煤层;按煤层倾角以25°及45°为界,分为缓倾斜、倾斜及急倾斜三类。本节着重研究煤层厚度在3.5至5m范围内的厚煤层一次采全高综采;大于5m的特厚煤层分层铺网综采;大于45°的急倾斜特厚煤层综采和厚度大于5m的缓倾斜煤层放顶煤综采。

一、缓倾斜厚煤层整层垮落一次采全高综采

近年来,国内外采用大采高支架(结构高度大于3.5m)、利用整层垮落一次采全高方法开采缓倾斜厚煤层(采高在3.5~5m之间)取得了较好的经济技术效果。我国大采高支架已研制10余种架型,可分为两柱掩护式和四柱支撑掩护式两类;支架结构高度为3.8、4.2、4.5、4.7及5.0m;支架阻力从800、2000、2400、3200、3600、4000、4800、5200、5600至10000kN/架。从支架使用效果看可分为三种情况:

(1) 架型与煤层赋存条件适应,使用效果较好的有德国G320-23/45型、BY320-23/45和BY360-25/50型掩护支架,并在开滦范各庄矿、林南仓矿及邢台东庞矿,均实现了年产百万吨。

(2) 实际采高在3.5m左右,未完全显示出大采高特点的有QY320-20/38型、ZY400-18/38型及BC480-22/42型支架,在徐州庞庄矿701采煤工作面、兖州兴隆庄矿5301采煤工作面和西山官地矿18301采煤工作面使用,前两种分别达到工作面月产66139t和69568t。

(3) 因架型或参数与煤层赋存条件不适应,试验效果不佳的有铜川局李家塔矿使用的JZ-1型掩护支架和金华山矿使用的YZ-I、II型掩护支架,以及开滦范各庄矿试用的BYZ型掩护支架。

国内邢台矿采用大采高支架综采工作面的经济指标是最好的,主要表现在:

(1) 单产高。平均超过3万t/月,最高可达142211t/月,比一般分层开采高40%。

(2) 回采工效高。平均超过12t/工,最高达25t/工,比一般分层开采高30%。

(3) 万吨掘进率低,降低生产费用。如东庞煤矿的掘进率降低50%,节约535714元/面。

(4) 节约了支护材料,降低生产成本。如东庞煤矿仅金属网及支护材料两项每吨煤就节约1.55元。

(5) 工作面搬迁少,可减缓采掘关系紧张。与分层开采相比可节约搬迁费约40~60万元/工作面。

大采高支架不仅在中国,在原苏联、德国、波兰、法国、捷克和斯洛伐克等国多数使用效果较好,然而,也还存在不少问题,主要是:

(1) 架型或参数与煤层赋存条件不适应,尤其表现在支架工作阻力偏低,造成支

架变形,损坏严重,乃至被迫停产。

(2) 支架稳定性差,造成支架倾倒。这主要是由于支架高宽比过大,加之零、部件间隙过大,当使用在倾角大于 12° 左右的煤层时,形成支架顶梁组件向支架顶、底面垂直线的倾斜下方严重偏移,受载后使支架零、部件损坏、甚至倾倒。

(3) 掩护梁易开裂,四连杆变形。造成这种损坏的主要原因是,底座与顶梁发生水平错动并产生扭转变形造成的。

(4) 两柱式掩护支架的平衡千斤顶易损坏。主要原因是当掩护梁与顶梁间夹角过大,使平衡千斤顶活塞杆全部伸出形成刚性受力时,造成导向套被拉出缸口或结构件耳子拉裂、销轴变形。

(5) 煤壁易片帮,工作面与巷道交接处的端头三角煤难以维护。

由此可见,要使大采高支架在缓斜厚煤层整层一次采全高达到高产、高效、降低成本、节约费用的目的,就必须解决好上述存在的问题,做到充分了解煤层的赋存条件,合理选择支架工作阻力及主要技术参数;优化结构设计,保证足够的安全系数;认真加强管理和维护,选好配套设备才能获得良好的使用效果。

二、分层铺网综采

缓斜厚煤层分层铺网液压支架的综合机械化开采,是我国60年代开始研制、70年代到80年代得到发展和日渐成熟的一种解决厚煤层开采的主要方法。其中,缓斜、倾斜厚煤层的年产量已占全国国有重点煤矿煤炭产量的 $1/3$ 左右,绝大部分工作面采用走向长壁后退式开采,而分层开采采用了单一长壁开采的全部综采设备,在80年代已取得了较好的经济效益。近几年来,分层开采年产百万吨以上的综采队,约占全国年产百万吨综采队的60%以上。

1. 铺网支架的分类

按其金属网在支架的顶部或底部,可分为:

铺顶网支架。即网卷在支架顶梁前端展开,沿顶梁上方铺设并随支架的移动进入采空区,并把上方顶板与下分层待采煤炭隔开,从而在开采下分层时形成人工假顶。

第二类是铺底网支架。主要特点是网卷沿底板铺设,其原理同上。

两种铺网方式都取得了较好的效果,但由于铺底网支架比铺顶网支架的网卷铺设简单、易行、劳动强度小,以及减少了顶网网卷在进入采空区的边缘处受垮落顶板冲击而造成的破损,因此,1985年以后铺底网开采发展较快。

从网卷展开在支架前、后位置又分为架前铺底网和架后铺底网两种类型的支架。如1989年由煤科总院太原分院、唐山分院,以及郑州煤矿机械厂为大同矿务局研制的PLZ600-17/35型支撑掩护式铺网支架,在忻州窑矿使用取得了一定效果并通过了部级鉴定,但由于铺网机构在架前占有较大空间,迫使顶梁和前探梁总长比普通支撑掩护式支架增加1m以上,使支架易低头而失稳,加之前方空顶过大使顶板难于维护,1990年以后不得不将铺网机构拆除,缩短顶梁而改为普通支撑掩护式支架,用于开采下分层。

当前用得较多的是架后铺网方式,如郑州煤矿机械厂为潞安矿务局研制的PY400-17/35型铺网支架,由于后部铺联网空间较大(1.5~1.7m),Y型连杆结构形成1m宽的空间,便于工人运网卷、铺联网和设备的维修,同时可使用不同规格形式的金属网和塑料网,并采用机械化铺网、手工联网,取得了很好的技术经济效益,从1985年到1989年连续

多年多队创百万吨的好水平。北京煤矿机械厂研制的BC_{7A}400/17/35型支架在晋城矿务局古书院矿10303上分层综采工作面使用,也创造了最高日产0.87万t、平均月产7.07万t的好成绩。

2. 机械化铺底网较人工铺顶网的优越性

实践表明机械化铺底网较人工铺顶网具有下列优越性:

(1) 能保证铺网质量,特别是可改善下分层假顶的受力状况,避免在升、移架过程中顶板和矸石对网的破坏;

(2) 可改善工人的安全健康状况;

(3) 减少铺联网工作量,节省人力,减轻工人劳动强度;

(4) 可使工作面生产效率提高10%左右;

(5) 有利于操作管理;

(6) 可减少假顶材料消耗10%~25%。

在机械化铺网方面我国已走在世界的前列,但机械联网技术是实现分层开采全部工序机械化的关键,其中北京煤机厂制造的BC_{7A}400/17/35P型支架和郑州煤机厂制造的PLZ 600/17/35型支架分别在晋城矿务局和大同矿务局通过了部级鉴定。

目前在联网技术上可归纳为三种方法:一是采用人工联网;二是机械联网;三是加大搭接量不联网。上述三种方式的分析比较见表1-1-2。

表 1-1-2 三种联网方式的比较

人工联网	优点	(1) 适应性强,能在各种复杂地质条件下使用不同材质、规格及型式的网,如经纬网、菱形网等金属网 (2) 需要时可增加联网密度、采取补联等措施,以保证假顶质量
	缺点	需专职联网工,有一定劳动强度,安全性差
机械联网	优点	(1) 实现工作面全部工序机械化 (2) 减少工作面作业工序,减少联网工
	缺点	(1) 需增加相当于支架价格5%~15%的投资费及使用维护费 (2) 适应性差,联网率一般只有70%~90% (3) 仍需一定的补充联网,甚至人工补联网
不联网	优点	省去联网工序,不需联网人员
	缺点	(1) 需增加网的搭接量100~250mm,增加材料消耗10%~25%,相当于吨煤增加0.3~1元 (2) 对顶板条件差,“再生”能力低的情况,采下分层时假顶仍易被拉开,造成漏顶现象

因此,在选择联网方式时,必须从不同地质条件和效益要求出发,综合考虑各种因素确定。可以认为,机械铺网而人工联网在当前和今后较长时间内仍不失为一种可行的联网方式,只要加强管理,提高工人的素质仍可实现安全生产和创造出较高的经济效益。

三、放顶煤综合机械化开采

放顶煤综合机械化开采的实质是:在开采煤层的底部(沿底板或在煤层中某一高度范围的底部)布置综采工作面,除用正常的三机(采煤机、输送机及液压支架)采煤外,还利用矿山压力或辅以人工松动方法使工作面上方的顶煤破碎,并随工作面推进而在前方或

后方放出并回收, 这样的采煤法称为放顶煤综采。

我国在缓斜中硬厚煤层、三硬(顶板坚硬, 底板坚硬、煤质硬 $f \approx 4$)厚煤层, 三软(底板抗压强度 $< 0.8\text{MPa}$, 顶煤及煤质松软 $f \approx 0.3 \sim 0.6$)厚煤层; 倾斜厚煤层($\approx 37^\circ$)及急斜特厚煤层水平分段综采等均取得较好的经济技术效果, 并在采煤工艺和放顶煤液压支架装备水平上有新的突破。

1. 缓斜中硬厚煤层放顶煤综采

该类综采放顶煤工作面是我国放顶煤工作面最多、技术经济效益最好的一类, 截止到1992年底共装备了30多个。这类煤层硬度 $f = 1.2 \sim 3$, 煤层开采厚度在 $5 \sim 20\text{m}$, 工作面长度为 $38 \sim 200\text{m}$, 主要分布在东北地区、山西和山东等省。由于各工作面地质条件相差较大, 以及使用的先后不同, 加之设备选型、组织管理技术水平等原因, 取得效果也大不相同。如早在1984年研制的综采放顶煤液压支架(FY400/14/28型)及放煤工艺在沈阳局蒲河矿缓斜特厚煤层中试验时, 开始效果尚好, 后因支架稳定性差, 四连杆强度不足而损坏严重, 加之设备配套等问题, 支架不能前移, 造成煤层发火中止了试验, 但人们已看到这种放顶煤综采技术的前景。1987年平顶山矿务局一矿引进了匈牙利VHP-732型高位插底式放顶煤液压支架, 并进行了试验。该煤层厚 8.2m 、倾角 9° , 工作面长 $87 \sim 120\text{m}$, 煤层硬度 $f = 1 \sim 1.8$, 采高 2.8m , 放煤高 5.4m , 试采3年采完2个工作面, 平均月产 44206t , 最高月产 55000t , 回采率 79.6% , 平均工效 25.5t/工 , 获得了初步成功。

1988年12月, 由郑州煤矿机械厂制造的FD4400/16/26型放顶煤支架在阳泉矿务局8605工作面开始使用。该工作面煤厚 6.9m , 倾角 5° , 工作面长 $114 \sim 135\text{m}$, 煤质硬度 $f = 2 \sim 2.6$, 采高 2.4m , 放煤高度 $3.4 \sim 4\text{m}$, 工作面装备35架放顶煤支架, 开始就取得月单产 3万t 、工效 17.5t/工 的好成绩。扩大试验后(即100架)平均单产 58524t/月 , 工效 25.1t/工 。1989年5~8月平均月产 124465t , 最高月产 140888t , 平均日产 4545t , 最高日产 6705t , 平均工效 52.1t/工 。由于阳泉一矿综放取得了良好的技术经济效益, 当年决定在二、三、四矿各装备一综放采煤工作面, 于1990年6月投入生产, 并开始使用液压过渡支架。放煤工艺为单轮间隔放煤, 采放平行作业, 不仅使脊背煤损大为减少, 而且使采面煤炭回收率达到 80% 。该四个综放工作面除二矿综采四队由于投产时间晚(7月投产)外, 其余三个队均创年产百万 t (表1-1-3), 取得良好的技术经济效益(表1-1-4)。1991年又取得突破月产 16万t 的好成绩。1992~1993年采用了高产高效(200万t/a)的大功率、大截深(800mm)、高强度放顶煤液压支架(ZFS5400/16.5/26型)后, 产量和效率又上一层楼。

表 1-1-3 阳泉矿务局综放工作面产量与工效

采煤法	队别	年总产量(t)	单产(t)	效率(t/工)
放顶煤综采	一矿74队	1040237	87415	37.63
	四矿综二队	1024665	95937	36.14
	三矿五队	1014858	82767	36.24
	二矿综四队	628360	74269	26.92
分层开采	全局平均	51619 (最高月产)	44619	23.34

表 1-1-4 1990年阳泉局综放工作面技术经济指标

矿 名	一 矿	三 矿	四 矿
月 份	1~8	3~8	3~8
工作面长度 (m)	116	114	114
平均单产 (t)	91882	48416	92554
最高月产 (t)	148880	85929	114616
平均日产 (t)	3063	1612	3037
最高日产 (t)	6800	3857	5244
平均月进 (m)	78.1	38.3	83.8
工作面效率 (t/工)	39.0	23.0	34.2
回采率 (%)	85.06	78.64	79.80

潞安矿务局在平顶山一矿之后首先采用了由郑州煤机厂制造的国产高位放顶煤液压支架。王庄矿和漳村矿都在同一煤层中使用,煤层厚度7.02m,倾角7°,煤质硬度系数 $f=1.5\sim 2.5$,含三层夹石,顶部两层各厚0.26m,底部一层厚0.14m,顶板为砂质页岩和中粒砂岩,底板为砂质页岩。

王庄矿1989年5月在4309工作面开始试生产,面长118m,使用ZFD4000/17/30型单输送机放顶煤液压支架,用D₁ZY35型端头支架维护端头顶板,预注水软化顶煤,月产煤达8.28万t,回采率87.82%。

在对王庄矿插底式单输送机放顶煤液压支架进行较大改进后,一种新型不插底单输送机放顶煤液压支架在漳村矿投入使用,采用单轮间隔均匀放煤,两采一放,1991年工作面产量182万t。1992年又装备了“四个一”,即一矿、一面、一条原煤运输线、日产煤1万t,工作面年产原煤达230万t,创国内外放顶煤综采最高纪录。同时该局王庄矿还创造了低位放顶煤支架综采面月产27万t的国内最高纪录。

2. 缓斜硬厚煤层放顶煤综采

对于煤质硬度大于3的厚煤层能否采用放顶煤开采,在1990年以前一般均认为是“禁区”,但在硬煤层中,若层节理发育并呈脆性的煤层可否采用放顶煤综采,经对放顶煤矿压理论分析后,开始认为选用高阻力支架和注水软化顶煤等措施后,还是可以试验的。于是,首先在晋城矿务局凤凰山矿进行了试验,并采用了ZFS5200/17/32型强力放顶煤支架,尽管工作面多次遇到无炭柱,使支架不能正常运行,但也曾出现日产7000t的好水平。

大同矿务局一矿采用了ZFD5600/24/32型单输送机强力放顶煤液压支架进行放顶煤试验。该工作面煤厚10m,采用预采顶分层铺金属网、沿底板回采并放顶煤的工艺,由于未能充分利用地压破煤,致使顶煤块度过大、难以从放煤口放出,而不得不采用人工破煤,影响了放煤效果及产量。1993年4月该局对此套支架进行了改进,并将继续投入试验。

3. 缓斜软厚煤层放顶煤综采

我国软厚煤层的赋存分布较为广泛,储量丰富,如东北的辽源、西北的乌鲁木齐、淮南、淮北,山西轩岗及河南郑州矿务局等。其煤层厚度一般为5~20m,除前两局为急斜煤层外,其他均为缓斜。目前一般以 $f < 1$ 的煤称为软煤。在软厚煤层中采用放顶煤综采

的有利条件是,可以不考虑顶煤能否破碎的问题,但实践表明,由于煤的强度极低,当支架梁端支撑力不足以及支架封闭性能不良时,会造成顶煤的破断角前倾,矿山压力向煤壁方向转移,形成前方顶煤破碎、冒落,煤壁片帮,使支架顶梁上方冒空不能接顶,造成支架难于前移;同时软煤层的底板常是抗压强度小于1.0MPa的软底,又会出现支架底座前端压入而使支架前倾,因而常有放顶煤开采“怕软不怕硬”的说法。经过近几年广大煤矿企业包括煤机厂科技人员及工人的共同努力,已较为成功地解决了这一难题。

轩岗矿务局刘家岗矿5111工作面,采用ZFS3000/16.5/26型三软煤层放顶煤支架。该工作面平均煤厚7m,煤硬度系数 $f=0.7$,工作面倾角 15° ,长度75m,顶板破碎,底板为黑色页岩并遇水变软膨胀。

在近两年的生产过程中,基本实现了不片帮、不冒顶、不扎底,支架密封性能好,月产量超过6万t,取得了良好的技术经济效益。

郑州矿务局米村矿1992年使用改造后的ZFS4000/19/28型放顶煤支架,工作面倾角 $3^\circ\sim 8^\circ$,煤质硬度系数 $f=0.3$,煤厚8m,在运输条件不完全配套的条件下,由81m长的工作面创出月产5万t的好水平。郑州局为了充分发挥设备潜力,扩大使用范围,于1993年将工作面加长至140m以上,增设40架新支架,为创出年产百万吨的新水平而努力。

4. 倾斜厚煤层放顶煤综采

在倾斜厚煤层实现放顶煤综采是国内外采煤工艺改革的一大难题,因为它不仅要解决顶煤冒落,而且要解决工作面设备的正常推进,包括支架、输送机和采煤机的下滑及支架防倒、采煤机的爬坡、端头的锚固及维护等问题。在倾角小于 15° 的缓斜工作面中一般不需考虑上述问题,而急斜工作面通常在特厚煤层中采用水平分段综采放顶煤开采,其工作面呈近水平状态,也无问题可言。因此,倾斜煤层综采放顶煤开采乃是国内一大攻关项目。

石炭井矿务局与郑州煤机厂共同开发、研制的成套综放支架(低位放顶煤液压支架、过渡支架及端头支架)在乌兰矿5321工作面使用,从1992年11月5日至1993年2月28日正常运行后,通过了宁夏科委的鉴定,取得了良好的技术经济效益,填补了我国的空白。

1) 工作面概况。

乌兰矿三层煤为该矿主采煤层,平均煤厚6.79m,倾角 $17^\circ\sim 37^\circ$,煤质硬度系数 $f=0.6\sim 1.2$,工作面长44.5m,走向长165.6m。煤尘具有爆炸危险,指数为32%,煤自燃发火期18个月,直接顶为泥质粉砂岩,老顶为浅灰色中厚层状细砂岩,平均厚度为7.21m。

工作面主要设备:ZFSB3200/16/28型低位放顶煤支架29架

ZFG3400/20/30型过渡支架4架

ZTE8900/20/30型端头支架2架

MBP-240型采煤机1台

SGD-630/110型前部输送机1台

SGD-630/110型后部输送机1台

SZZ-730/110型转载机1台

SGW-44型胶带输送机1台。

2) 回采工艺。

经该局、矿生产实践,总结出“二刀一放,单轮顺序放煤,四个由下而上”的新工艺

方法。“二刀一放”即放煤步距为两次截割步距之和1.2m,这样可保证放煤结束后,上方及后方的矸石同时到达放煤口,实现最大限度地回收顶煤。一般放煤步距与顶煤厚度有关,厚度大则步距也应加大,否则将使顶煤丢入采空区,降低回收率。

“单轮顺序放煤”这是由大倾角煤层的放煤规律所决定的。因放煤漏斗向倾斜上方发育,且放煤口之间形成的脊背煤也向上偏斜,这种放煤顺序可保证上覆顶煤依次回收,否则将会由于上下放煤漏斗相交见矸而过早关闭放煤口,降低煤炭回收率。

“四个由下而上”即割煤、移架、推溜及放煤均由下向上进行,这样可以保证下方支架对上侧支架的支撑定位和移架导向。由于工作面呈伪斜布置($5^{\circ}\sim 7^{\circ}$),这样不仅可使已发生的支架上窜或下滑及时调整,确保输送机不下滑,而且端头支架起到锚固作用,支架不会出现倒架。

3) 几种主要技术经济指标分析。

(1) 提高了资源回收率。

工作面回采率达84.98%,采区回采率达77.7%。经实践验证,放顶煤工作面煤炭损失主要包括:①初采损失,即由于顶板未初次垮落暂不放煤的损失,约占3%~6%;②末采损失,一般离停采线约8~12m开始不再放顶煤而铺设金属顶网,以便于回撤设备,这部分煤损约占2%~4%;③放煤口高度损失,因放煤口离底板有一定高度,造成部分煤炭移架后损失,一般占3%~4%(中位放煤可达6%~12%);④放煤工艺不合理引起顶煤垮落不规则造成的损失。由以上各项可见,工作面愈长(120~150m),相对煤损愈小,回采率增高。乌兰矿原分层铺网开采时四个区段的回采率仅58%~64%,平均为61%,其煤损较放顶煤开采时高出16.4%。

(2) 提高了产量和工效。

5321试验工作面从1992年11月6日投产至1993年2月,前2个月主要试验设备的配套和性能,2月份最高日产达1288t,15天完成16369t,工效提高到19.44t/工。

(3) 安全可靠、经济效益好。

根据对以前开采的三层煤统计,百万吨死亡率为3.18人,而该倾斜煤层采用综放开采四个月未发生过轻伤以上事故,支架防倒防滑功能及支护顶板的全封闭(前探梁也具备侧护板)性能可靠。综放比分层开采,吨煤增收14.74元,经济效益十分显著。

为了扩大使用范围,充分发挥综放设备和管理效能,该局又增订了45台液压支架,准备在面长120m的三层煤投入使用。

5. 急斜特厚煤层水平分段放顶煤综采

由于煤田地质构造的原因,我国急斜特厚煤层多数倾角大于 55° ,煤厚在20~80m之间,硬度系数 $f < 1.5$,发育良好,很适合放顶煤开采。

早在1986年,我国开始用FY280-14/28型支架在窑街二矿急斜特厚煤层试验综采放顶煤开采。该矿煤厚20m,倾角 55° ,工作面长22m,分段高10m,采高2.5m,放煤高度7.5m,采放比1:3。1990年上半年平均日产1903.6t,平均月产25715t,平均工效15.26t/工,采面回采率81.59%。支架与新研制的MGD150-NW型采煤机配套,其产量是以前使用的倾斜分层及普采水平分层的1.57倍,工效为3.35倍,实现了安全生产。四年的实践说明,在急斜特厚煤层中应用综采放顶煤水平分段开采,可较传统开采方式获得更好的技术经济效果。