

煤矿技术创新的 实践与探索

MEIKUANG JISHU
CHUANGXIN DE
SHIJIAN YU TANSUO

陈立武 主编



煤炭工业出版社

煤矿技术创新的实践与探索

陈立武 主编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以专题论文的形式,从高架综采高产高效开采技术、巷道锚杆支护快速掘进技术、机电一体化及信息技术、地测与通风安全以及产品创新与经营管理5个方面进行了阐述,比较系统地总结了东庞矿技术创新方面的实践经验,其中许多新方法、新技术可为其他煤炭生产单位所借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿技术创新的实践与探索/陈立武主编. —北京:
煤炭工业出版社, 2005

ISBN 7-5020-2616-9

I. 煤… II. 陈… III. 煤矿开采-研究-文集
IV. TD82-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第010693号

煤炭工业出版社 出版发行
(北京市朝阳区芍药居35号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷

*
开本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 21³/₄
字数 508千字 印数 1—1,200
2005年5月第1版 2005年5月第1次印刷
社内编号 5387 定价 66.00元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

编 审 委 员 会

顾	问	宋士岭				
主	任	白忠胜	杜士波			
编	委	陈立武	李万春	赵兵文	尚多江	张文海
		杨少军	赫孟合	刘宝田	张吉运	张志国
		单占会				
主	编	陈立武				
执行编辑		廖安文	李冰强	郎安年	张有朝	

序

东庞矿始建于1977年12月，于1983年12月投产，设计矿井生产能力1.8Mt/a，2001年矿井实际生产能力突破2.6Mt，矿井选煤厂经过技术改造后原煤入选能力达到3Mt/a；矿井安全生产取得了令人鼓舞的成绩，已连续实现9个安全年；2000年获得“河北省质量管理奖”。

目前，东庞矿主采2号煤。煤的牌号主要为1/3焦煤，具有低灰、低磷、特低硫、高灰熔融性等特点，是优良的动力煤或炼焦配煤。主要产品有精煤、混煤、块煤和水煤浆等，6级精煤获国家银质奖，8、9级精煤为部优、省优产品，并远销巴西、日本和韩国等国家；1998年生产精煤已通过ISO 9002质量体系认证。

东庞矿坚持“科技兴矿”发展战略，制订了技术创新发展规划、高产高效发展规划、市场开发规划3个指导性文件；以建设高产高效矿井为重点，实施集约化生产，提高劳动生产率和经济效益。投产后东庞矿进行了一系列的生产环节技术改造和扩建改造，将3t底卸式矿车大巷运煤方式改造成强力胶带运输；加大采区走向长度、阶段和水平高度，实行上下山开采；优化综采工作面设备配套，引进大功率刮板输送机、带式输送机、采煤机和4.5~5m支架一次采全高，实现了配套设备先进的高架综采开采工艺，形成了一井一面的矿井生产格局，工作面单产达到近2Mt/a；大胆创新，使高架综采开采倾角提高到20°~30°，局部达35°以上；研究对接、扇采、续架、撤架、边角煤带采以及冲积层煤柱小于10m工作面回采等复杂地质条件下的生产工艺，实现了复杂地质条件下高产高效综采技术；引进锚杆支护技术，走产、学、研相结合之路，开展科技攻关。1991年开始试验研究煤巷锚杆支护，并且围绕锚杆支护巷道的快速掘进进行了大量的实践与探索；1996年以来，试验并推广应用了高强锚杆支护系统，煤巷全部实现锚杆支护，改善了巷道围岩状况，解决了长期以来高架综采端头支护难、推进速度慢的难题。

东庞矿在发展壮大过程中，不仅围绕高产高效、快速掘进为龙头的技术创新，而且在地测与通风安全技术、机电一体化及信息技术、矿压乃至生产技术管理等等的技术创新，同时在产品创新与经营管理等方面也做了大量的创新工作。

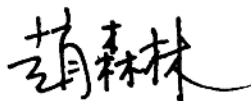
东庞矿积极推广应用新技术、新材料、新工艺、新设备，截止2001年已获得省、部级以上科技进步奖15项。其中：“4.5m厚煤层一次采全高综采设

备及工艺”获1990年国家科技进步二等奖；“煤巷锚杆支护新技术及围岩活动规律”获1996年国家科技进步三等奖；“综采工作面顶板与支护质量监控系统”获1996年国家科技进步三等奖；“液压钻车斜巷施工应用技术研究”获1996年河北省科技进步三等奖；“直流提升机全数字拖动计算机电控系统”和“大倾角高架综采工作面设备配套与回采工艺研究”分别获得2000年河北省科技进步二等奖和三等奖。

本书仅仅收集了东庞矿建矿投产近20年尤其是最近10年以建设高产高效综采技术、快速掘进技术为龙头，相关专业技术人员在技术发展、技术创新中积累与总结的实践经验，记录了一代人在东庞矿奋斗的历程。

随着矿井开采年限的增长，矿井开采深度不断加大，在生产中不断遇到新的技术问题，如地压升高、局部瓦斯超限、地质与水文条件复杂化、下组煤安全开采等问题，这些生产中的技术难题都需要我们技术工作人员去不断的研究、解决。本书的出版既是对东庞矿在过去20年来技术工作的概括和总结，也是今后技术创新工作的又一个起点，东庞矿的技术工作人员本着“求实、创新、争一流”的企业精神，一定能创造出更加美好的明天。

邢台矿业(集团)
有限责任公司总经理



2005年1月6日

前 言

河北金牛能源股份有限公司东庞矿始建于1977年12月,于1983年12月投产,设计矿井生产能力1.8Mt/a,2001年矿井实际生产能力突破2.6Mt,矿井选煤厂经过技术改造后原煤入选能力达到3Mt。

东庞矿煤系地层为二叠系下统山西组和石炭系上统太原组、中统的本溪组,煤系地层总厚为180~301m,平均为242m,含煤9~20层。主要含煤地层厚176~225m,平均216m(山西组和太原组),共含可采与局部可采煤层6层,其中稳定可采有2层(2号煤层与9号煤层),平均总厚10.57m;不稳定局部和大部可采煤层4层(3号、6号、7号、8号煤层),平均总厚3.07m。截止2000年末,东庞矿煤炭地质储量535.63Mt,工业储量167.68Mt,可采储量105.03Mt;其中2号煤地质储量164.91Mt,工业储量153.66Mt,可采储量94.16Mt。

东庞矿从投产以来,主采2号煤。煤的牌号主要为1/3焦煤、气煤、肥煤。主要产品为洗精煤、洗混煤、筛混煤、块煤和水煤浆等,具有低灰、低磷、特低硫、高灰熔融性等特点,是优良的动力煤或优质的炼焦配煤。6级精煤获国家银质奖,8、9级精煤为部优、省优产品,产品远销巴西、日本和韩国等地。1998年生产精煤的质量保证体系已通过ISO 9002质量体系认证;2000年获得“河北省质量管理奖”。

东庞矿建矿投产以来,坚持“科技兴矿”发展战略,以建设高产高效矿井为重点,实施集约化生产,提高劳动生产率和经济效益,增强了市场的竞争力。严密组织,科学规划,制订了技术创新发展规划、高产高效发展规划、市场开发规划等指导性文件。1989~1993年进行了生产环节技术改造和扩建改造,将一水平南北翼运输系统由投产初期的3t底卸式矿车大巷运输方式改造成强力胶带运输;加大采区走向长度、阶段和水平高度,实行上下山开采,工作面长度由150m增长到200m;优化综采工作面设备配套,引进英国大功率刮板输送机,引进大功率的采煤机功率,支架由投产初期的3.5m液压支架分层开采改进为4.5~5m支架一次采全高,实现了先进配套设备的高架综采工作面开采工艺,形成了一井一面的矿井生产格局,工作面单产突破1Mt,最高达到2Mt。大胆创新,扩大5m支架综采工作面的开采范围,开采冲积层煤柱缩小到7m的煤炭,工作面倾角由不到15°提高到平均20°~30°,局部达到35°以上;改进开采工艺,研究高架综采工作面对接、扇采、过底硐、续架、撤架及边角带采等复杂生产技术条件下的生产工艺,实现了高架综采工作面各种条件下的高产高效开采,提高了煤炭产品的技术含量。随着综采工作面配套设备技术改造,研究复杂的生产工艺,使工人的技术素质和管理水平发生了质的飞跃。在巷道掘进方面,积极推广应用综掘机械化,大大提高了煤岩巷单进水平。煤巷掘进由炮掘改进为掘进机掘进,运煤方式由刮板输送机改进为胶带跟头运输;岩巷引进液压钻车机械化作业线,简化了运输环节,提高了劳动生产率,保证了工作面及矿井水平的正常衔接。

从巷道布置设计及支护改革方面,引进先进的支护工艺,加强企校(院)、企研所的

横向联合，走产学研相结合之路，开展科技攻关，以煤代岩，多做煤巷，煤巷应用锚杆支护技术方面，取得了重大突破和进展。特别是1996年以来，试验推广应用了高强锚杆支护系统，扩大了煤巷锚杆支护的应用范围，改善了巷道围岩状况，解决了长期以来高架综采工作面端头支护难、推进速度慢的各种难题，为综采工作面快速推进和高产高效创造了良好的技术条件。

在资源回收方面，采用无煤柱沿空掘巷开采技术，煤柱由25~30m缩小到3~5m；开采冲积层煤柱由40m缩小到7m，解放了大量的采滞优质煤炭。积极探索复杂地质条件下的综采开采工艺，如扇采、续架、对接、带采及跨巷开采等，减少了断层煤柱的损失，减少矿井采滞煤量。

机电运输方面，积极围绕制约矿井高产高效、提高矿井生产能力及矿井辅助运输的各种不利因素进行攻关。改造主、副井多绳提升系统，采用计算机控制，调整运行加速度，缩短提升循环时间，矿井年提升能力比原来提高了0.3Mt；综采工作面积推广应用大功率的采煤机、刮板输送机及转载机、大功率流量泵和下巷带式输送机，采煤机功率由300kW提高到500kW，刮板输送机功率由500kW提高到750kW；工作面辅助运输由多台绞车接力运输改造为辅助卡轨车运输。掘进机由S-100型提高到EBJ-160HN型，功率提高了60kW。

通风安全方面，工作面通风方式作了重大改造，由初步设计时期的上行通风方式改为下行通风方式，杜绝了上巷大型设备运输时风门被撞坏或频繁开启时通风系统紊乱，同时节省了大量的巷道工程；通风安全监控系统、粉煤灰中央注浆系统等安全技术措施的投入，对火、瓦斯、煤尘等重大灾害事故的预防与处理更加科学、完善，安全保障程度、安全可靠性得到提高。实行“高额安全风险抵押”制度，进一步增强了每位职工的安全生产风险意识，“三违”人员实行档案化管理，逐渐减少了“三违”作业现象。总之，东庞矿通过创新，加强管理，实现了连续6个安全年的好成绩。

自建矿以来，东庞矿积极应用新技术、新材料、新工艺、新设备，大胆改革，积极创新，实现部级矿井质量标准化、现代化矿井、国家一级企业。为此，东庞矿获得省部级以上科技进步奖15项，其中：“4.5m厚煤层一次采全高综采设备及工艺”获1990年国家科技进步二等奖；“煤巷锚杆支护新技术及围岩活动规律”获1996年国家科技进步三等奖；“综采工作面顶板与支护质量监控系统”获1996年国家科技进步三等奖；“大及特大断面回采巷道锚杆组合支护研究”获1993年煤炭部科技进步三等奖；“特大半煤岩硐室快速承载锚索支护技术研究与应用”获1994年煤炭部科技进步三等奖；“液压钻车斜巷施工应用技术研究”获1996年河北省科技进步三等奖；“直流提升机全数字拖动计算机电控系统”获2000年河北省科技进步二等奖；“大倾角高架综采工作面设备配套与回采工艺研究”获2000年河北省科技进步三等奖。

总之，该书仅仅收集了东庞矿建矿投产以后10年以建设高产高效矿井为技术龙头，全面推进地测、采掘机运通、洗选加工、营销及“三产”等技术发展、技术创新中广大工程技术人员实践经验的积累与总结，记录了一代人在东庞矿奋斗的历程。书中收集的论文虽然不能完全代表东庞矿发展壮大的历史，但从中表现出了东庞矿特有的“求实、创新、争一流”的企业精神。

目 录

序
前言

一、高产高效综采技术

东庞矿 5m 综采跨上山连续开采技术	王德胜	陈立武	郎安年 (1)
依靠科技进步实施科学管理 全面推进高产高效矿井建设			白忠胜 (8)
大倾角高架综采工作面设备配套及回采工艺研究	赫孟合		李世波 (12)
高架综采工作面带采开采技术	李世波		廖安文 (17)
贴近冲积层 5m 支架一次采全高综采开采实践	廖安文		李平江 (22)
高架综采工作面上端头底三角煤回收工艺		陈永现	(26)
4.5~5.0m 综采面支架-围岩保障系统的深入与完善	陈立武		李永军 (28)
贴近冲积层高架综采可行性论证报告	谢忠党		郎安年 (32)
大倾角俯采高架综采设备配套及回采工艺		赵彦青	(35)
2309 综采工作面过大断层组及对产量影响的分析		付玉科	(39)
冲积层工作面续架技术与管理	庞民贵		白广志 (41)
综采工作面快速搬家工艺		谷国生	(45)
东庞矿区风化顶板注浆加固工艺	彭 鉴		张有朝 (48)
煤巷高强度锚杆应用技术研究	郭励生	赵庆彪	张志国 (52)
顶板离层指示仪在煤巷中的应用	张志国		崔振科 (56)
快速承载锚索支护技术	赵庆彪	杨绿刚	赵计生 (59)
锚梁网支护技术在大断面煤巷快速掘进中的应用	赵庆彪	李万春	杨绿刚 (62)
机掘大断面煤巷高强度锚杆支护快速掘进技术	谢忠党		赵兵文 (65)

二、快速掘进技术

新型等强度螺纹钢锚杆的应用研究	张志国	廖安文	(70)
支承压力作用期沿空掘巷锚网支护技术		廖安文	(73)
澳大利亚锚杆支护技术在东庞矿的演示		赵林广	(76)
小孔径锚索支护技术的研究及应用	李常富	陈立武	(80)
影响机掘锚杆支护巷道快速掘进的诸因素分析	马国学		赵兵文 (84)
液压钻车斜巷施工技术	郭励生	赵庆彪	杨绿刚
LM-120 型反井钻机施工斜井技术		李振江	(91)
岩巷快速掘进设备配套及工艺	董洪星		刘爱军 (94)
地质构造复杂地区工作面设计研究与探讨		赵增辉	(97)
2900 采区运煤系统施工设计方案优化		于 军	(100)

谈综采工作面设备配套设计	刘千晟 (103)
CAD 技术在煤矿中的应用及发展	李冰强 (108)
综合物探在矿井地质方面的应用	刘重举 (112)
东庞矿北六采区地质构造分析	李钦锋 (116)
地测保障信息技术系统在东庞矿的应用	李永军 (118)
采空区积水探放技术	彭中鑫 (121)

三、地测、通风与安全技术

瓦斯重点地区高架综采带采段通风技术	高文军 赵俊明 (125)
2712 主采面重点瓦斯地区通风及瓦斯治理	王敬国 (128)
东庞矿通风系统降阻节能改造	岳惠铭 单占会 (131)
高架综采工作面二次负压降尘技术	王志海 石 刚 (135)
东庞矿 2 号煤瓦斯赋存规律研究	石 刚 王志海 (138)
利用生命节律理论 指导安全生产	白胜民 李英川 (145)
实行高额安全抵押 确保煤矿的安全生产	刘际东 (147)
“三违”人员实行档案管理 促进安全生产	赵星泽 (151)

四、机电一体化及信息技术

对采煤机埋链牵引系统在我矿使用中出現问题的初步分析	张西洋 (154)
MXA-300/4.5m 采煤机的技术改造	张西洋 苏忠武 (156)
MXG-500/4.5m 采煤机的研制及其特点	苏忠武 (163)
5m 综采液压支架大倾角适应性改造探讨	王文清 高 健 (165)
引进英国刮板输送机及转载机存在问题的改进	白忠胜 谢瑞峰 (169)
SSJ1200/3×250 可伸缩胶带输送机使用与改造	赫孟合 谢瑞峰 (175)
高架综采工作面大流量泵的应用与分析	赵彦青 (178)
进口输送机电控系统的应用与改进	李 海 黄贺江 (181)
英国 LC33 负荷中心故障分析及预防措施	赫孟合 黄贺江 李 海 (185)
MRH-S100-41 掘进机几項改进措施	张西洋 苏忠武 (191)
EBJ-160HN 型掘进机在东庞矿井下应用中存在的问题及 改进效果	苏忠武 (194)
简易卡轨车设计及应用	李存东 庞桂东 (196)
掘进巷道辅助运输研究	高 健 (200)
GHH 多绳提升机液压制动系统国产化改造及可靠性	赫孟合 孟庆华 (204)
多绳提升张力自动平衡装置的研究和应用	孟庆华 (206)
矿井高压多级供电系统接地故障进退式拉闸查找方式利弊分析	周伯省 (209)
副井 2 号提升机数字化拖动计算机控制系统可靠性分析	李田兴 (211)
副井 2 号提升机的安全回路	李田兴 张文海 (215)
堆取料机改造设计	柴秀红 (218)
信息技术在企业的作用	张文海 (224)

论计算机在煤矿测量中的开发与应用	杨立平 (228)
计算机提升行程-速度控制器在东庞矿副井的应用	白忠胜 沈瑞良 (232)
论东庞矿网络终端计算机改进方案	魏永勇 (234)
选煤厂计算机控制及局部管理网络研究	王秋记 吴 薇 (237)

五、产品创新与经营管理

百万吨高产高效队伍建设与管理	付玉科 (243)
岩巷快速掘进作业线建设的体会	李振江 (246)
煤巷快速掘进队伍的建设及管理	赵兵文 李炳泉 陈新奎 (249)
“评估”管理法研究与应用	陈新奎 (252)
统筹法在煤矿生产建设中的应用	高志刚 (257)
——主暗斜井及 2900 输送机巷改造工程施工组织	
目标分解管理在煤炭企业的应用	李爱华 赵多林 (261)
从东庞矿发展看煤炭企业加强成本管理的必要性	李爱华 (267)
东庞矿井田煤质特征研究	杨少军 杨 涛 李明海 赵 维 (272)
跳汰床层动力学描述与松散状况检测	李明海 (280)
高浓度煤泥浆制取技术及在流化床锅炉燃烧的 研究和设计	李明海 齐明强 由振甫 (284)
XJM-S16 型浮选机的应用	杨 涛 刘秀影 王 璞 (287)
合理确定分界灰分 争创最大经济效益	杨 涛 张 艳 孙爱军 (290)
管理信息系统在煤炭营销工作中的应用	王秀军 徐 涛 孟祥云 (298)
浅论东庞矿矸石电厂的可持续发展	李恒英 (306)
流化床锅炉掺烧高水高灰煤泥浆须注意的几个关键性问题	翟爱林 (309)
东庞矿 6kV 配电所母线附近短路对电厂的影响及解决办法	刘惠平 (312)
多芯电缆故障部位的快速查找方法	韩仁山 (315)
利用坑口电厂蒸汽改造矿区供热系统	郝文庆 (317)
煤矿安全生产的通信保障系统	谷文玲 (322)
科学组织绝处逢生 技术创新战胜灾害	白忠胜 (325)
矿区自备井生活供水系统存在问题与对策	李冬东 (330)
编后语	(334)

一、高产高效综采技术

东庞矿 5m 综采跨上山连续开采技术

王德胜 陈立武 郎安年

摘 要 综采跨上山连续开采是实现高产高效的重要方面,采用以高强锚杆支护为主,锚索支护为辅,并配以 U 型钢支护和局部巷道围岩注浆、粉煤灰充填的综合加固技术,是大采高综采面过大跨度、大高度平交平行老巷、斜交老巷及近距离上山开采的有效措施。矿压观测表明,跨采巷道围岩变形控制在预计的范围内,效果良好。

关键词 大采高 近距离 跨采 加固技术 效果分析

高架综采频繁的搬家倒面准备工作量大、费用高,已成为向更高目标迈进的关键,长距离连续采煤是实现高产高效的有效途径;由于受地质条件影响,采区边界已经圈定,要实现长距离连续采煤,跨上山开采成为必然。

东庞煤矿 2700 采区走向长 1500~2100m,倾向长度 750~1700m,主采 2 号煤,煤层厚 3.6~4.87m,倾角 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$,直接顶大部分为黑灰色粉砂岩,老顶为粉砂岩、细砂岩,厚 2.86~24.4m,一般 8m 底板为灰白色砂岩,厚约 3.0m,采用走向长壁 5.0m 一次采全高综合机械化采煤。

2707 和 2708 工作面是采区的第四区段左右两翼,工作面斜长 140m,走向长 2058m,开采深度 450~460m。2700 采区的两条下山均为沿煤层底板布置,在跨采范围内距 2 号煤底板 5~36m,两条下山均为半圆拱形锚喷支护,断面为 $4\text{m}\times 3\text{m}$ 。跨采期间推过的三中、四中车场为煤层或半煤岩巷道,最大跨度 7m,最大高度 7.5m。

1 采煤方法及采煤工艺

1.1 采煤方法

该工作面采用单一厚煤层一次采全高走向长壁后退式全部跨落法。

1.2 采煤工艺

(1) 落煤方式。采用 MXA-300/4.5 型双滚筒采煤机,双向穿梭采煤,前滚筒割顶部,后滚筒割底部。

(2) 采煤机进刀方式。采用端头斜切进刀,割三角煤,与拉架顶溜顺序进行。采煤与移溜间隔距离 15~20m。

(3) 装煤方式。利用机组滚筒螺旋桨叶片和输送机铲板将煤自行装入输送机。

(4) 运煤方式。工作面利用 LX(6B)1500-800/750 刮板输送机运煤。

(5) 支护。工作面采用 BY3200-23/45 液压支架支护顶板, 并及时支护煤壁。

(6) 作业方式。采用四班作业, 三采一准, 正规循环作业。

2 2707~2708 跨采加固实施情况

2.1 2700 胶带下山加固

在加固过程中, 对整个加固区均采用 25U 型钢支护 (700mm 一架) 和锚梁网支护, 在施工中由于下部受胶带影响, 空间狭小, 锚杆安装困难。胶带以上的巷道顶帮均按 900mm×900mm 间排距锚杆支护。在确定不同的加固区域时, 2705 煤仓下口以上 30m、以下 50m 范围内还采用 35mm 小锚索 2m×2m 间排距加强支护, 并进行了以水泥浆为主的双液预防性加固措施。

注浆采用自下而上分段注浆的方法, 即按巷道周边打一排、注一排的顺序上行注浆, 选用水泥—水玻璃双液注浆。水泥为 525 号普通硅酸盐水泥, 水玻璃模数为 2.4~2.8, 水玻璃浓度 35~42 波美度, 水泥浆的水灰比为 1:1~0.6:1, 水泥浆与水玻璃的体积比为 1:0.3~1:0.6, 注浆初、终凝固时间控制在约 14h。为提高岩体抗压强度, 外加剂选用醇胺、氯化钠, 添加量分别为水泥重量的 0.05%、0.5%。凿岩机具采用 7655 风钻、43mm 一字型钻头、B22 中空六角钢钻杆钻凿注浆孔, 注浆设备选用 ZTGZ-60/210 双液调速高压注浆泵及配套的 JL-200 型立式小型水泥搅拌筒和自制的储液筒、清水筒。注浆孔沿巷道周边布置间排距为 1m×3m, 孔深 2~3m。注浆管为 0.6~1.0m 长的金属管, 注浆压力不小于 1.5MPa, 扩散半径约 7.0m。

2.2 轨道下山加固

轨道下山在加固时除按设计对巷道进行 25U 型钢支护外, 在重点加固区域 F_{13} 测点以上 30m、以下 20m 的 50m 区域内, 还实施锚杆加强支护和预防性注浆加固措施。由于此段巷道原为 25U 型拱架喷浆支护, 巷道顶帮均出现程度不同的裂隙、空洞现象, 导致锚杆无法安装。通过对围岩注浆加固, 填充了裂隙、空洞, 增强了巷道围岩自身强度, 并使锚杆安装工作顺利进行。

2.3 三中车场煤巷、半煤巷部分

三中车场煤巷、半煤巷部分原设计为充填支护, 由于原支护工字钢喷浆, 托顶煤 0~4.5m, 给工字钢回撤工作造成困难。在实际施工中, 先把此段巷道的原支护拆除改为锚梁网支护, 并放顶煤, 在顶板打点锚索, 用矸石电厂粉煤灰全断面充填, 保证了采面顺利推过。

2.4 四中车场加固

四中车场是加固的重点和难点, 其中 100m 煤巷、半煤岩巷原为工字钢或 U 型钢喷浆支护, 托顶煤 2.8~4.5m。改为锚网支护后, 巷道跨度 5.5~6.5m, 巷高 4.5~7.5m, 根据断面大、动压大、易冒落切顶情况, 对巷道采用了联合支护的形式, 在原有高强锚杆支护基础上, 在巷道顶帮用 6.5m 长锚索以间排距 1m×2m 的密度加强支护, 并将巷道内 2 号煤顶板以下 3.5m 外的空间用矸石电厂粉煤灰全部充填, 在与采面平行的两帮分别用锯齿形浇注水泥垛等加强支护, 经受住了推采和停采两个班的考验。

3 加固效果分析

为观测跨采过程中采区下山及车场巷道围岩活动规律, 考察各种加固措施对围岩变形

[illegible]

— 3 —

3.1 跨采过程中轨道下山围岩活动规律

2700 轨道下山原支护方式为：锚喷支护。全长 235m 的加固段采用了 3 种加固措施，整个轨道下山加固段矿压显现可分为 3 个部分，其矿压显现特征见表 1。

表 1 轨道上山矿压显现观测整理表

测 站	顶底板移近量/mm			支护方式
	顶 沉	底 鼓	顶底板	
测站 1	32	39	71	注浆 + 锚网 + U 型钢
测站 2	61	284	345	U 型钢

现场观测可以看出，跨采中轨道上山的矿压显现有如下特点：

(1) 轨道下山加固上段采用 U 型钢 + 锚梁网 + 注浆有效地控制了围岩的活动。在跨采中（标高范围 +250 ~ -150m），围岩的顶底板移近量为 71mm，两帮移近量 50mm。

(2) 加固下段采用 25U 型钢加固，基本控制了围岩的运动，在跨采中（标高范围 +250 ~ -150m），围岩的顶底板移近量为 345mm，两帮移近量 207mm。

(3) 当工作面推进到距上山 70m 时，跨采的影响开始在轨道上山有所反映，而当工作面推过上山 40m 以后，上山围岩的运动已趋于稳定，说明跨采对上山的的影响范围主要是在跨采前后 110m 距离内。

(4) 在跨采过程中加固上段围岩的最大收敛速度，顶底板在工作面前方 34m 处为 5mm/d，跨采后在 -18 ~ -30m 的范围内围岩的收敛速度最大为 3mm/d，之后逐步趋于稳定；而加固下段围岩的最大收敛速度发生在跨采后 -10 ~ 25m 的范围内，其顶底板最大为 44mm/d，两帮为 31mm/d，说明在跨采后的一定区域内对下山的影响最大。

(5) 从围岩收敛曲线可以看出，当跨采工作面推到轨道上山正上方时，跨采对上山的的影响有一个缓冲过程，此时跨采的影响程度较前后均小。

(6) 在跨采过程中，轨道上山顶底板的移近量要大于两帮的移近量。加固上段顶底板移近量为 71mm，两帮移近量 50mm；加固下段顶底板移近量为 345mm，两帮移近量 207mm。相比较可以看出，顶底板移近量是两帮移近量的 1.5 倍左右，说明跨采对顶底板的影响程度要大于对两帮的影响程度。

(7) 加固上段围岩注浆、顶板下沉和底鼓量基本相当，而加固下段顶底板移近量主要是由底鼓造成的，底鼓占 80% 以上，通过卧底清理可不影响巷道使用。

(8) 跨采过程中，工作面上部侧向影响的范围为 60m，60m 以外跨采的影响甚微。

(9) 现场观察表明，在推进方向背侧巷道边角及顶部出现原支护的喷层脱落现象，说明跨采后对上山的的影响破坏程度要大于跨采之前。

3.2 跨采过程中胶带下山围岩活动规律

胶带下山加固段全长 290m，采用了 4 种加固措施，整个胶带下山加固段矿压显现可分为 3 部分，其矿压显现特征见表 2。

表2 胶带上山矿压显现观测整理表

测 站	顶底板移近量/mm			支护方式
	顶 沉	底 鼓	顶底板	
测站 8	443	760	1203	锚网+U型钢
测站 4	66	88	154	注浆+锚网+U型钢+锚索
测站 9	55	145	200	锚网+U型钢

(1) 回采工作面下方胶带下山加固区域上段采用锚梁网+锚索+U型钢+注浆综合加固措施,在跨采过程中(标高范围-260~-133m),围岩的顶底板移近量为154mm,两帮移近量189mm,有效地控制了围岩的运动。

(2) 采用锚网+U型钢加固措施,在跨采过程中(标高范围+260~-133m),围岩的顶底板移近量为200mm,两帮移近量185mm,说明所采用的加固措施已能满足跨采的要求。

(3) 从围岩收敛曲线可以看出,在工作面推进过程中,当距上山80m以外时,下山围岩的变形可忽略不计;而当工作面跨过下山40m以后,工作面下方的胶带下山的运动已逐步趋于稳定,说明跨采对下山的剧烈影响范围是在跨采前后的120m范围内。

(4) 在跨采过程中,当工作面推进到距下山65~35m的范围内,围岩的移动出现一个高潮,此时顶底板最大移近速度为8mm/d,两帮最大移近速度为7mm/d;之后,随着工作面的推进,在跨采前后的+35~-5m范围内,围岩的运动相对缓和;在工作面跨采过后的-5~40m范围内,围岩的运动又出现第二次加剧,此时顶底板最大移近速度为8.5mm/d,两帮最大移近速度达20mm/d。从以上分析可以看出,跨采后的一定区域内对下山的影响程度最大。

(5) 回采工作面侧上方胶带下山加固区域采用综合加固措施,在跨采后期围岩运动急剧变化,顶底板移近量为1203mm,两帮移近量1820mm,下山断面积缩小30%~60%,支架出现多处损坏,巷道变形严重,跨采后需二次整修才能满足需要。

(6) 跨采对回采工作面侧向上方胶带下山的影响范围是90m,其中紧靠2707上巷的30m为剧烈影响区,30~90m为一般影响区。在跨采过程中,跨采前以及跨采后50m范围内对此段下山的影响较小,围岩的移近量占其最终移近量的10%左右;当跨采推进50m以后,围岩的变形急剧增加,到80m达到高潮,顶底板最大移近速度达135mm/d,两帮最大移近速度达225mm/d;跨采推过130m以后,围岩的运动趋于缓和,这一区域在矿压显现上表现出与轨道上山相应地段不同的显现特征。

3.3 跨采过程中采区车场围岩活动规律

跨采中车场的部分巷道须保留,部分巷道加以喷浆充填。现以四中车场为例,说明跨采中车场巷道的矿压显现。四中车场距煤层底板垂深10m,采用锚梁网+U型钢进行加固,在跨采中(标高+223~-171m)矿压显现特征见表3。

表3 四中车场矿压显现观测整理表

测 站	顶底板移近量/mm			两帮移近量 /mm	最大移近速度/mm·d ⁻¹	
	顶 沉	底 鼓	顶底板		顶底板	两 帮
测站 3	80	131	211	211	13	15

四中车场的矿压显现有如下特点:

(1) 在整个跨采期间,巷道的顶底板移近量为 211mm,两帮移近量 211mm,稍加卧底即满足需要,说明所采用的加固措施能满足跨采的要求。

(2) 当跨采工作面推到距车场 40m 时,围岩开始运动;当跨过 60m 后,围岩的移近速度降到 1mm/d 以下,且逐渐减小,所以跨采的主要影响在跨采前后 100m 范围内。

(3) 跨采对车场的剧烈影响发生在跨采前后各 30m 范围内,在此区内围岩的收敛速度最大,达到 15mm/d,并且在跨采采线到达巷道正上方时巷道受到较大的应力作用。

(4) 车场巷道距煤层底板垂深较小,在跨采过程中,巷道的顶底板移近量和两帮移近量基本一致,说明巷道周围所受的垂直应力和水平应力大小相当。

3.4 2707 跨采面回采巷道围岩活动规律

在跨采过程中,在 2707 中间巷和下巷布点进行了矿压观测,基本掌握了回采巷道的矿压显现规律。

跨采面回采巷道围岩活动规律如下:

(1) 工作面前方影响的范围约 120m,120m 以外巷道内顶底板两帮移近速度均在 1mm/d 左右,说明工作面前方 120m 以外巷道围岩的变形主要与时间因素有关。

(2) 在巷道矿压影响范围内,巷道顶底板的总移近量为 464mm,两帮的移近量为 539mm,占巷高和巷宽的 13.2% 和 12%,完全能满足巷道的使用。

(3) 在工作面前方 40m 以内属采动影响显著地带,在这个区域内顶底板移近速度急剧增加,移近量加大,巷道顶板断面不断收缩。

(4) 在整个观测期间,巷道顶底板和两帮的变化基本属同步进行,说明在采动影响下巷道周围的应力分布趋于一致。

3.5 加固区域围岩活动特点分析

(1) 不同垂深底板巷道受力特点。从前面论述的跨巷跨采巷道的矿压显现特征可以看出,在距煤层底板垂深较小(小于 10m)的加固区域内围岩的变形两帮和顶底板的移近量相当,而垂深较大的加固区域内围岩的变形顶底板要大于两帮的移近量。由此说明,在工作面下方一定范围内,跨采巷道不仅受到垂直应力作用,水平应力也较大;一定范围以外,巷道主要受到垂直应力的作用,水平应力相对较小。

(2) 注浆是加固围岩、提高围岩强度的一条有效途径。比较四中车场和轨道下山加固区域上段的加固效果,两者所处的层位基本相同,所采用的基本加固措施也相同,区别只是轨道又进行了注浆加固,结果是注浆后围岩的运动得到了很好的控制。两者相比,其顶底板移近量从 211mm 下降到 71mm,两帮移近量从 211mm 下降到 41mm,围岩移动的剧烈程度大幅减缓。由此说明,巷道周边注浆是加固围岩的一条有效途径。

(3) 跨采巷道的围岩破坏特征。跨采的 3 条主要巷道四中车场、轨道下山、胶带下山由于所处层位不同、跨采的时间不同,因此表现出不同的围岩破坏特征。四中车场跨采时影响最大,而轨道下山、胶带下山跨采后影响程度要大于跨采前的影响,并且在巷道正上方时跨采的影响要小,反映在巷道两帮的移动上,推进侧的移动要大于反推进侧,并且最先在推进侧的侧帮及其拱顶部出现原支护的喷层脱落。

(4) 胶带下山难支护段原因分析。①这部分巷道距煤层底板垂深小于 5m,处于工作面开采后侧下方的剪切滑移区,使巷道围岩破碎,在注浆过程中出现脱浆,导致注浆效果