

条带式Wongawilli 采煤技术及其应用

Strip Wongawilli
Mining Technology and Its Application

谭毅 郭文兵 著

条带式



科学出版社

条带式 Wongawilli 采煤 技术及其应用

Strip Wongawilli Mining Technology
and Its Application

谭 毅 郭文兵 著

科 学 出 版 社

内 容 简 介

本书针对目前“三下”压煤开采技术存在的一些问题,创造性的提出了条带式 Wongawilli 采煤技术,针对条带式 Wongawilli 采煤特点,研究了条带式 Wongawilli 采煤法巷道布置方式、围岩控制技术、开采及支护工艺、设备选型及配套技术、合理采留宽度、安全保障措施、煤柱破坏演化特征、稳定性及控制以及覆岩与地表移动变形等问题,并结合工程实例,预计分析了地表移动、设计了地表观测站,分析了条带式 Wongawilli 采煤技术的合理性与科学性,针对性提出了地表建(构)筑物加固保护措施。

本书可作为采矿工程、测绘工程等专业本科生参考用书,也可供从事煤矿特殊开采、采动损害与保护技术研究的科研人员及矿山企业工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

条带式Wongawilli采煤技术及其应用=Strip Wongawilli Mining Technology and Its Application / 谭毅, 郭文兵著. —北京: 科学出版社, 2017.11

ISBN 978-7-03-054995-2

I. ①条… II. ①谭… ②郭… III. ①条带开采—采煤方法—研究 IV. ①TD823.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第261696号

责任编辑: 李 雪 韩丹岫 / 责任校对: 桂伟利

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 正典设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京建宏印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年11月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2018年1月第二次印刷 印张: 18

字数: 350 000

定价: 119.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



前 言

近年来,随着大量的煤炭资源从地下采出,开采所引起的地表沉陷不仅破坏了矿区生态环境,而且对地表建(构)筑物造成严重损害,也影响到矿区乃至社会的稳定和可持续发展,是亟待解决的社会和环境问题。我国煤炭资源分布广泛,“三下”压煤量大,特别是一些老矿区,可采煤炭资源逐渐枯竭,如何提高矿井生产服务年限,保证企业继续运转,确保“三下”压煤资源的回收等问题得到了企业及社会的广泛关注,采动损害与保护、资源与环境协调开采问题的矛盾也日益突出。

建(构)筑物采煤问题的关键是控制地表沉陷。目前控制地表沉陷的方法主要有充填开采、房柱式开采、离层注浆、协调开采、条带开采、Wongawilli 采煤等。充填开采是向采空区内充填水砂、矸石或粉煤灰等材料以支撑上覆岩层。由于充填投资较大、充填与采煤工艺相互影响、采煤效率低等原因,目前仅在少数煤矿试验研究。房柱式开采是在煤层内掘进一系列的煤房,煤房间用联络巷相连,形成近似于长条形的煤柱,煤柱可保留用以支撑顶板。离层注浆技术已在多个矿区进行了工程实践,取得了一定的成效,但工程实践表明离层注浆减沉效果并不理想。协调开采是通过合理布置工作面及开采顺序,抵消一部分地表变形、保护地面建筑物的采煤方法,但技术上实施难度较大。条带开采是将要开采的煤层区域划分为比较正规的条带形状,采一条、留一条,使留下煤柱支撑上覆岩层,地表只产生较小的移动和变形,但条带开采具有采出率低、掘进率高、采煤工作面搬家次数频繁、机械化程度和开采效率偏低等缺点。Wongawilli 采煤法是在房柱式采煤的基础上形成的高效短壁柱式采煤方法,该法的最大特点是工作面布置灵活,可回收边角煤及综采不便回采的煤炭资源,具有设备投资少、出煤快、设备运转灵活、工作面搬迁灵活、全员效率较高等优势,其资源回收率较长壁综采略低。

条带式 Wongawilli 新型采煤法是一种高效“三下”采煤技术,其结合了条带采煤巷道布置方式与 Wongawilli 开采工艺,通过优势互补,采用连续采掘技术实现高产高效,为建(构)筑物下的减沉开采提供了新思路。该技术既发挥了条带与短壁柱式采煤法有效控制地表下沉的优势,又实现了工作面快速搬家,并克服了 Wongawilli 采煤法过程中通风条件差、不规则煤柱与刀间煤柱系统缺乏长期稳定性的弊端,达到安全高效的回收建(构)筑物下压煤的目的,对实现“三下”压煤资源的安全、高效回收有重要意义。

本书在研究目前控制地表沉陷的方法的基础上,介绍分析了条带式

Wongawilli 采煤法的产生背景及研究意义, 主要研究了条带式 Wongawilli 采煤法巷道布置方式、围岩控制技术、开采及支护工艺、设备选型及配套技术、合理采留宽度、安全保障措施、煤柱破坏演化特征、稳定性及控制以及覆岩与地表移动变形等, 并结合工程实例预计分析地表移动, 设计了地表观测站, 验证分析了条带式 Wongawilli 采煤法合理性、科学性, 并针对性地提出了地表建(构)筑物加固保护措施。

本书由河南理工大学谭毅、郭文兵共同撰写, 全书共 7 章: 第 1 章、第 7 章主要由郭文兵撰写, 第 3 章、第 4 章、第 6 章主要由谭毅撰写, 第 2 章、第 5 章由谭毅、郭文兵共同撰写, 全书由谭毅统稿。本书得到了河南省矿产资源绿色高效开采与综合利用重点实验室、国家自然科学基金项目(51374092)的资助, 在撰写过程中, 河南理工大学博士研究生黄广帅、白二虎为本书提供了部分资料并参与了书稿的整理和编排工作, 作者在此向他表示衷心的感谢。

由于作者水平所限, 书中难免有不当和不足之处, 敬请读者批评指正。

作 者

2017 年 8 月

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 “三下”采煤方法	1
1.1.1 充填开采	1
1.1.2 协调开采	17
1.1.3 房柱式采煤	22
1.1.4 条带采煤	27
1.1.5 Wongawilli 采煤法	36
1.2 条带式 Wongawilli 采煤简介	37
1.2.1 条带式 Wongawilli 采煤法的提出	37
1.2.2 条带式 Wongawilli 采煤的适用条件	38
1.3 研究条带式 Wongawilli 采煤法的思路	38
1.3.1 条带开采现状	39
1.3.2 Wongawilli 采煤现状	39
1.3.3 条带式 Wongawilli 采煤应用研究	40
1.4 本章小结	41
第 2 章 条带式 Wongawilli 采煤法巷道布置及工艺	42
2.1 巷道布置方法及主要参数	42
2.1.1 巷道布置方法	42
2.1.2 主要参数	45
2.2 条带式 Wongawilli 采煤法支护	47
2.2.1 巷道支护	47
2.2.2 回采临时支护	48
2.2.3 煤柱补强支护	50
2.3 条带式 Wongawilli 采煤法采掘工艺	50
2.3.1 掘进工艺	50
2.3.2 采煤工艺	52
2.4 条带式 Wongawilli 采煤法运输系统及主要设备	54
2.4.1 运输系统	54
2.4.2 主要采掘设备	54
2.5 本章小结	57

第3章 条带式 Wongawilli 采煤法合理采留宽度确定	58
3.1 顶板破断理论分析及合理采宽的确定	58
3.1.1 条带式 Wongawilli 采煤法覆岩结构及煤柱载荷特征	58
3.1.2 条带式 Wongawilli 采煤法破断分析及合理采宽的确定	61
3.1.3 条带式 Wongawilli 采煤法合理采宽	68
3.2 条带式 Wongawilli 采煤法煤柱力学状态及煤柱宽度	69
3.2.1 条带式 Wongawilli 采煤法煤柱受力状态分析	70
3.2.2 煤柱塑性区宽度的确定	75
3.2.3 煤柱弹性区宽度的确定	78
3.2.4 条带式 Wongawilli 采煤法合理留宽	80
3.3 本章小结	81
第4章 条带式 Wongawilli 采煤法煤柱破坏演化特征、稳定性及控制	82
4.1 条带式 Wongawilli 采煤法煤柱破坏演化特征分析	82
4.1.1 煤柱变形及破坏演化特征物理模拟	82
4.1.2 条带式 Wongawilli 采煤法煤柱变形及破坏演化特征数值模拟	93
4.2 条带式 Wongawilli 采煤法煤柱稳定性	112
4.2.1 条带式 Wongawilli 采煤法煤柱形式及特点	112
4.2.2 条带式 Wongawilli 采煤法单一煤柱突变失稳分析	114
4.2.3 条带式 Wongawilli 采煤法煤柱系统失稳分析	127
4.3 煤柱稳定性控制技术	130
4.3.1 基本原理	130
4.3.2 控制技术	130
4.4 本章小结	132
第5章 条带式 Wongawilli 采煤法覆岩与地表移动变形分析	133
5.1 条带式 Wongawilli 采煤法覆岩移动规律	133
5.1.1 条带式 Wongawilli 采煤法关键层判断	133
5.1.2 覆岩移动规律	134
5.1.3 覆岩移动相似模拟	140
5.2 地表移动变形计算及分析	159
5.2.1 预计方法	159
5.2.2 预计参数的确定	185
5.3 现场监测方案	188
5.3.1 地表移动观测站设计	188
5.3.2 井下支巷矿压观测	195
5.4 条带式 Wongawilli 采煤法实施可行性分析及保护措施	199
5.4.1 条带式 Wongawilli 采煤法实施可行性分析	199

5.4.2 地面建(构)筑物加固保护措施	216
5.5 本章小结	226
第 6 章 条带式 Wongawilli 采煤法煤柱稳定性工程实例	227
6.1 煤柱稳定性理论	227
6.1.1 条带采煤法煤柱稳定性理论	227
6.1.2 Wongawilli 采煤法煤柱理论	231
6.1.3 条带式 Wongawilli 采煤法煤柱理论	231
6.2 条带式 Wongawilli 采煤法煤柱失稳与覆岩破坏工程实例	232
6.2.1 地质采矿条件	232
6.2.2 条带式 Wongawilli 开采煤柱稳定时覆岩两带分析	233
6.2.3 条带式 Wongawilli 开采煤柱失稳后覆岩两带分析	239
6.2.4 综合分析	242
6.3 本章小结	243
第 7 章 条带式 Wongawilli 采煤法设计实例	244
7.1 矿井概况及地质采矿条件	244
7.1.1 矿井概况	244
7.1.2 矿井地质特征	244
7.1.3 煤层地质采矿条件	245
7.2 地表建(构)筑物及压煤情况	246
7.3 建(构)筑物下采煤技术比选	248
7.4 条带式 Wongawilli 采煤设计	251
7.4.1 工作面地质采矿条件	251
7.4.2 XV2317 工作面开采设计	252
7.4.3 工作面设备配备	255
7.4.4 支巷断面与支护	258
7.4.5 劳动组织	260
7.4.6 生产系统	261
7.5 地表移动变形计算及分析	262
7.6 地表移动观测设计	266
7.6.1 设计所用参数分析	266
7.6.2 观测线位置的确定	266
7.6.3 观测线长度的确定	268
7.6.4 测点数目及其密度	269
7.7 本章小结	271
参考文献	272

第1章 概述

“三下”采煤的关键是控制岩层与地表的移动。目前，广泛认可并采用的控岩降沉采煤法主要有充填采煤法、协调开采、离层注浆、房柱式采煤、条带采煤、Wongawilli 采煤等。条带式 Wongawilli 新型采煤法是一种高效“三下”采煤技术，其结合了条带采煤巷道布置方式与 Wongawilli 开采工艺，通过连续采掘技术实现高产高效，为建(构)筑物下的减沉开采提供了新思路，该技术既发挥了条带与短壁柱式采煤法有效控制地表下沉的优势，又实现了工作面快速搬家，并克服了 Wongawilli 采煤法过程中通风条件差、不规则煤柱与刀间煤柱系统缺乏长期稳定性的弊端，达到安全高效的回收建(构)筑物下压煤的目的。

1.1 “三下”采煤方法

1.1.1 充填开采

传统的充填方法有水砂充填、矸石风力充填、矸石水力充填、矸石自溜充填等，其中水砂充填效果较好。由于充填材料来源缺乏、充填成本高、充填效果差等原因，我国在相当一段时间内没有采用充填方法开采。充填法管理顶板给采矿带来的问题包括：需要充填设备，要有足够的充填材料，生产工艺复杂，产量下降，吨煤成本提高，水砂充填时井下工作条件恶化等，这些都阻碍了充填法的进一步应用。

充填方法和充填密实度不同，则地表下沉系数不同(表 1-1)。采用全部跨落法管理顶板时，地表最大下沉值可达采厚的 60%~90%，一般为 80%左右；采用水砂充填管理顶板时，地表的最大下沉值仅为采厚的 8%~15%。

表 1-1 各种充填方法地表下沉系数

充填方法	下沉系数	备注
水砂充填	0.06~0.20	倾角>55°
加压水砂充填	0.05~0.08	
风力充填	0.4~0.5	
矸石自溜充填	0.45~0.55	
外来材料的带状充填	0.55~0.70	
混凝土充填	0.02	

与全部垮落法管理顶板相比，充填法管理顶板可有效地减小地表下沉，减轻地下开采对地面建(构)筑物的影响。我国曾在一些矿区应用(表 1-2)，日本、德国、法国、波兰等国家都不同程度地采用了充填法管理顶板。其中，波兰 80%左右的建筑物下采煤都采用充填法。波兰在贝托姆市下采煤时，采用水砂充填长壁采煤法和协调开采等措施，从 1949—1977 年，共采出 11 个分层，总采厚 28.8m，地表最大下沉为 3.6~3.72m，地表最大水平拉伸变形 4.1mm/m，最大水平压缩变形 -2.3mm/m，市区普遍下沉 2~3m。充填材料初期采用含泥量低于 12%的优质砂，近年改为掺入 30%~50%矸石的材料，以降低成本。

表 1-2 我国充填法管理顶板应用情况

矿名	煤层	采煤方法及顶板管理方法	应用目的	应用时间	充填材料	地表下沉系数
抚顺胜利矿	倾斜特厚煤层	V 型倾斜长壁上行水砂充填	建筑物采煤	1964—1972	废油页岩	0.10~0.22
新汶矿务局	缓倾斜厚、中煤层	走向长壁水砂充填	小汶河下采煤	1956—1973	河砂	0.15~0.20
井陘四矿	缓倾斜厚煤层	走向长壁上行水砂充填	绵河下采煤	1969—1972	河砂、卵石	
蛟河矿乌林立井	缓倾斜厚煤层	走向长壁矸石水力充填	水稻田下采煤	1971—1977	矸石	0.21
辽源太信矿三井	缓倾斜中厚煤层	走向长壁风力充填	预防地面水渗漏	1972—1973	山砂	
焦作演马矿	缓倾斜厚煤层	走向长壁风力充填	村庄下采煤	1968—1970	矸石	0.30~0.40
淮南孔集矿	急倾斜中厚煤层	平板型掩护支架矸石自溜充填	滨河下采煤	1970—1979	碎石	
南京青龙矿	急倾斜薄煤层	倾斜短壁矸石自溜充填	建筑物下采煤	1970 年前后	矸石	

进入 21 世纪，我国的矿山充填开采技术取得较大的进展，随着科技进步和充填成本的相对降低，充填开采方法又在各大矿区逐渐推广应用。目前常用的充填方法有：固体充填、膏体材料充填、超高水材料充填等。

1. 固体充填采煤技术

固体充填采煤技术是利用矸石、粉煤灰、黄土、碎石或炉渣等材料作为充填材料充填采空区，控制采空区覆岩岩层移动规律，从而达到解放“三下”压煤、控制地表沉陷的目的。本节主要介绍矸石、粉煤灰、黄土等固体废弃物直接充填采煤技术，包括掘巷充填采煤技术、长壁普采(或炮采)充填采煤技术、长壁综采充填采煤技术等。

1) 掘巷充填采煤技术

掘巷充填采煤技术是以岩巷、半煤岩巷掘进过程产生的矸石或煤流中的矸石等固体作为充填材料,通过在工业广场、条带开采留设的煤柱中布置充填巷,在掘出充填巷后利用矸石充填输送机将矸石充填于充填巷,以通过构筑充填体达到置换出煤炭资源、控制地表沉陷、实现矸石不上井的目的。

(1) 关键设备。

掘巷充填采煤技术实现矸石充填置换煤柱的目标,要有一整套能适应充填巷道的设备,并尽可能地实现机械化,提高充填速度及充填效果。充填设备要和矸石输送装置可靠配套,在充填部退移后,应能使整套装备通过自动调整而始终保持正常工作状态,或在简单地手动调整后,整套装备能够迅速恢复工作。

掘巷充填采煤技术中主要的设备有矸石充填输送机以及机尾驱动式矸石带式输送机,分别如图 1-1、图 1-2 所示。

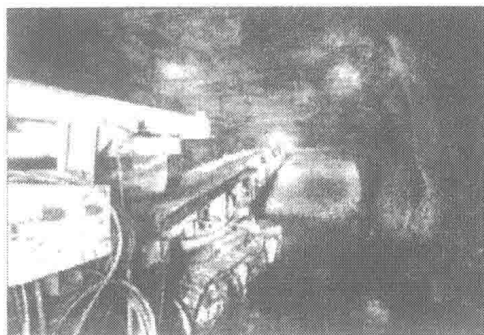


图 1-1 矸石充填输送机

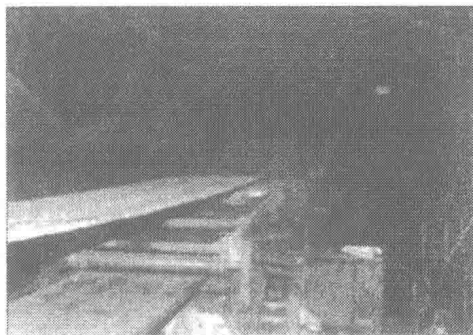


图 1-2 机尾驱动式矸石带式输送机

(2) 掘巷充填工艺。

充填巷的布置首先要根据充填区域的地质条件,合理地设计充填巷的尺寸、掘进、充填顺序,以及在条带煤柱或工业广场煤柱中的合理布置位置与布置数量,并确定充填巷合理支护技术方案与充填巷加固技术方案。

矸石置换开采的主要流程:岩巷掘进工作面产生的矸石→(装车后经各运输巷道)轨道大巷→充填工程上部车场→矸石仓上口→(由推车机、翻车机运输,经过破碎机把矸石破碎到 300mm 粒径以内)矸石仓叶给料机→(带式运输)充填巷工作面→抛矸机→充填巷工作面充填。充填系统工艺流程如图 1-3 所示。

充填工作面采用单班正规循环作业,每个循环充填进度 1.0m。充填的同时,每小班有专人负责清扫巷道和回撤风筒等工作。充填工作面应边充填边洒水,有利于矸石的堆集和抛矸产生的粉尘量的降低。

目前,掘巷充填采煤技术在我国河北金牛能源股份有限公司邢东煤矿、淄博矿业集团岱庄煤矿与许厂煤矿得到成功实施。掘巷充填开采技术以保证地表建筑物允

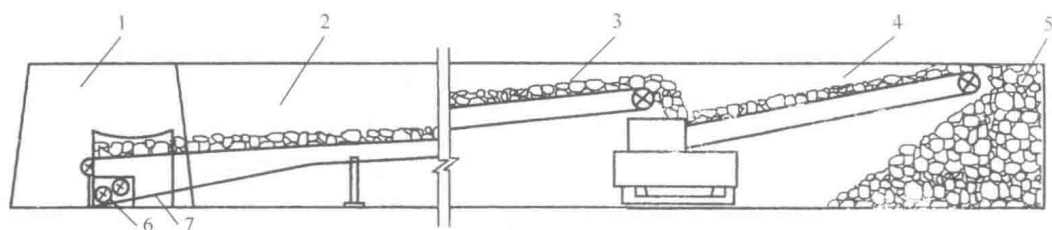


图 1-3 充填系统工艺流程

1-矸石充填配巷；2-矸石充填巷；3-机尾驱动式输送机；4-矸石充填机；5-充填矸石；

6-电动机；7-充填配巷带式输送机

许范围内的变形为前提，实现了矸石置换煤炭资源，提高了煤炭资源的采出率，同时可以将井下矸石直接处理变害为利，不但消除了地面矸石山及其坍塌或引爆危及人类的安全隐患，减少了侵占农田和对大气、环境的污染，而且还可以将矸石井下充填作为地下结构支撑体，在解决或降低地表沉降、塌陷问题的基础上，实现了回收部分建筑物下的煤炭资源。

2) 长壁普采(或炮采)充填采煤技术

长壁普采(或炮采)充填采煤技术总体技术思路为：将岩巷和半煤岩巷(煤矸分装)掘进矸石或地面矸石山矸石用矿车运至井下矸石车场，矸石经翻车机卸载后，由装载破碎机破碎，进入矸石仓。通过矸石仓下口，经过带式或刮板输送机将破碎后的矸石运入上下山，而后由带式或刮板输送机转载到采煤工作面的回风平巷，再由工作面采空区刮板输送机运至工作面采空区抛矸带式输送机尾部，由抛矸带式输送机向采空区抛矸充填。

(1) 关键设备。

在长壁普采(或爆破开采)充填采煤技术中，抛矸带式输送机、刮板输送机是充填开采工艺中最关键的设备，抛矸带式输送机主要包括运矸输送带、电动机、支架等，如图 1-4 所示。该抛矸带式输送机的带速可达 $5\sim 8\text{m/s}$ ，矸石的最大抛出距离可达 $4\sim 5\text{m}$ ，一次充填宽度可达 4m 以上，用抛矸动能使矸石充分接顶，提高堆矸密度和充填质量。为使抛矸带式输送机具有灵活、使用范围广的性能，对普通带式输送机进行了改造：一是在带式输送机尾处增加一套推力轴承系统，使输送带可左右摆动 90° ，更有利于现场使用和转向；二是带式输送机架构设计了调高系统，使抛矸带式输送机的高度可任意调节，适用于各种煤层厚度的工作面使用；三是将抛矸带式输送机驱动由机头滚筒改为机尾滚筒，有效解决了机头处环境差对设备使用带来不便的问题，同时可减少升降皮带时的工作阻力；四是抛矸带式输送机的调高系统采用单体液压支柱调高，可直接利用工作面乳化液泵站供给的液压动力，而不采用外加液压系统的方法，减少了系统设备的占用空间。

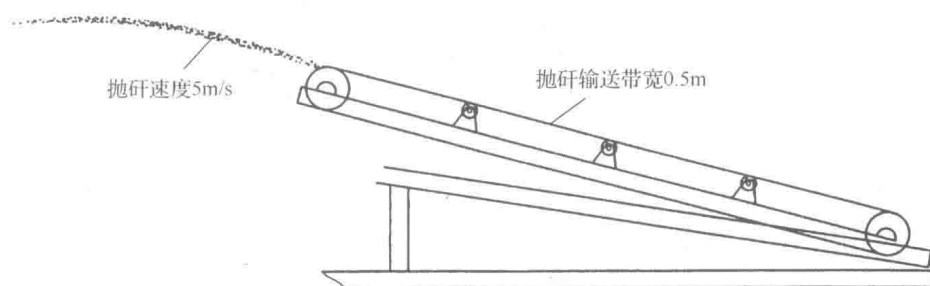
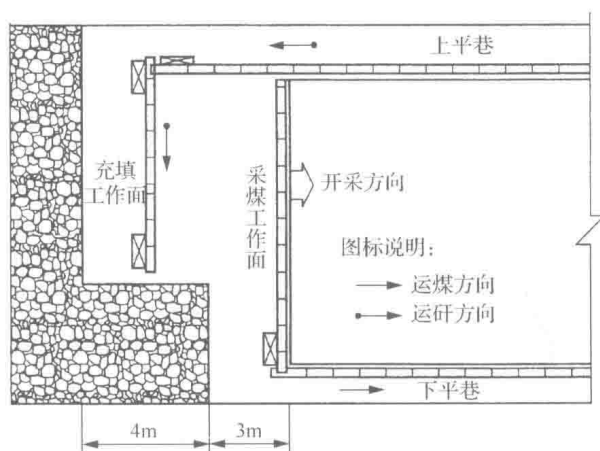


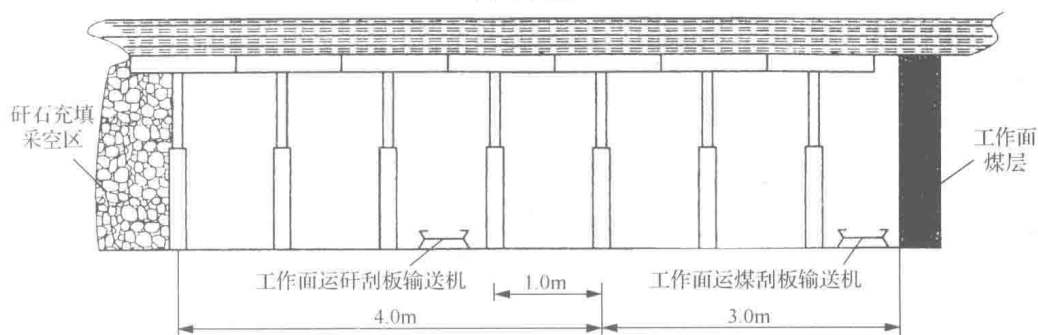
图 1-4 抛矸带式输送机示意

(2) 采煤与充填工艺。

长壁普采(或炮采)充填采煤工艺如图 1-5 所示。工作面采用单体液压支柱配合金属铰接顶梁支护,排距为 1m,柱距为 0.8m,工作面推进 7 排支柱后停采,开始做充填准备工作,在第 3 排支柱处沿工作面方向加密支柱,柱距变为 0.4m,再挂竹笆等作为充填挡墙。采空区中间沿工作面方向铺设刮板输送机与抛矸带式



(a) 平面图



(b) 剖面图

图 1-5 长壁普采(或炮采)充填采煤工艺

输送机,在分段回撤采空区及上循环充填挡墙支柱后,按由下向上的顺序开始充填,随充填接实顶板随回撤支柱,超前 2m 挂挡矸帘,挡矸帘高度为 1.5m。充填结束后,工作面每推进 4m 进行 1 次矸石充填,按充填量确定工作面推进时间。在矸石充填完毕前,工作面推进 4m,以实现间断开采,连续充填。

工作面下平巷运煤,上平巷运矸,工作面前部铺设一部运煤刮板输送机,后部铺设一部刮板输送机与抛矸带式输送机,运煤刮板输送机随工作面推进前移,一部刮板输送机与抛矸带式输送机随充填区域的缩短而缩短。

(3) 应用效果。

我国新汶泉沟煤矿于 2006 年最早开始实验和使用长壁普采(或炮采)充填采煤技术。该技术利用井下矸石充填采空区,充填系统简单,机械化程度较高,装备投资少,充填效果好,保护地面建筑物非常有效。但需要较多矸石,充填地点较远时运送矸石的距离长。实践证明,这种充填工艺实现了将采掘工作面产生的矸石全部充填到工作面采空区,基本上实现了矸石不升井的目的,并回收了煤炭资源,最终实现地面矸石零堆放、“三下”采煤地表沉陷控制的目标,具有显著的经济效益和社会效益。

3) 长壁综采充填采煤技术

长壁综采充填采煤技术总体技术思路:将地面矸石、粉煤灰等单一固体废弃物或者几种充填物以合适的比例混合后,通过井上下大垂深投料系统(防冲击力的缓冲系统、防止堵仓设备、井上下调度监控系统)、井下运输系统运至工作面,再通过充填开采输送机充填到长壁工作面采空区内,由夯实机进行夯实,置换出煤炭资源,从而达到解放“三下”压煤、控制覆岩运动及地表沉陷的目的。长壁综采充填采煤技术系统布置如图 1-6 所示。

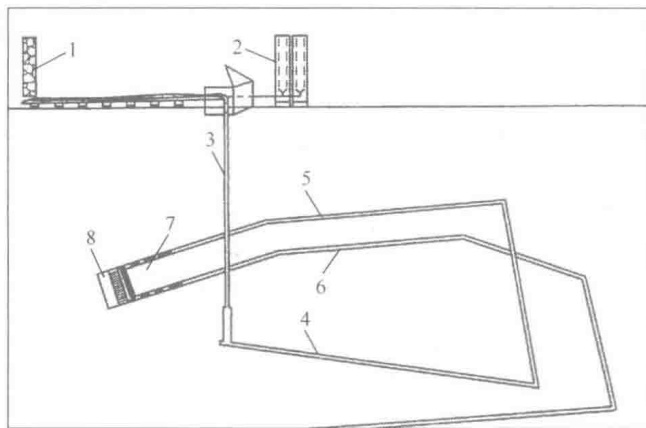


图 1-6 长壁综采充填采煤技术系统布置

1-储料仓 A；2-储料仓 B；3-投料井；4-井下运矸巷道；5-工作面运矸平巷；6-工作面运煤平巷；
7-充填采煤工作面；8-充填体

(1) 关键设备。

与综采相配套的充填设备主要包括自夯式充填开采液压支架、充填开采输送机等。自夯式充填开采液压支架维护了足够的工作空间,为综采工作面充填提供了基本条件,同时为充填料提供足够的夯实力,使充填料充分接顶且具有一定的强度。充填开采输送机实现充填料安全高效地充填入采空区的目的。

① 自夯式充填开采液压支架。

自夯式充填开采液压支架性能要求。自夯式充填开采液压支架是综合机械化充填开采工作面主要装备之一,其目的是为实现充填开采所需要的正常工作和维护的空间。因此,自夯式充填开采液压支架必须满足以下性能要求:

a. 自夯式充填开采液压支架后部必须提供可供充填机构工作所需的空间。设计的充填开采液压支架后部要安装充填开采输送机,为保证充填开采输送机能够正常工作和检修,充填液压支架后部必须提供可供充填开采输送机与夯实机构正常工作时所需的空间,而且充填开采输送机悬挂高度要尽可能增大。

b. 自夯式充填开采液压支架尾梁必须有足够的强度。由于自夯式充填液压支架比普通液压支架增加了尾梁结构,支架的控顶范围增大,顶板对支架特别是对支架尾梁的压力比较大,尾梁下还需要悬挂充填开采输送机。因此,尾梁必须有足够的强度,以满足工作要求。

c. 需要安设可调整充填开采输送机高度的设备。按照设计,自夯式充填开采液压支架的尾梁要与充填开采输送机用单挂链连接。为了方便管理和检修,充填开采液压支架的尾梁要安装有可调整高度的千斤顶,以便于调整支架尾梁高度。

d. 需要在支架尾梁下部设计滑道。按照采煤与充填工艺设计要求,必须在支架尾梁下部设计滑道,使充填开采输送机能够在伸缩机构的作用下在支架尾梁下部滑动,滑道长度为采煤机的一个截深。

e. 需要设计夯实机构将充填料推压夯实。由于充填材料在松散状态下的可压缩量较大,为了保证充填效果,以减少顶板来压时的下沉量,充填液压支架上需要设计一个机构,能将充填料充满并夯实,尤其是尾梁与充填开采输送机之间的空间必须尽量充满,见图 1-7 所示。

由于充填开采工作面的充填开采液压支架后部需安设充填开采输送机、夯实机等充填设备,当支架后部出现故障时,需要人工到后部处理故障,所以支架必须留有一定空间,方便人员到后部处理故障,因此选用四柱支撑掩护式支架。支架控顶范围在 7m 以上,支护高度为 2~5m,采用四连杆机构,其结构原理如图 1-8 所示。

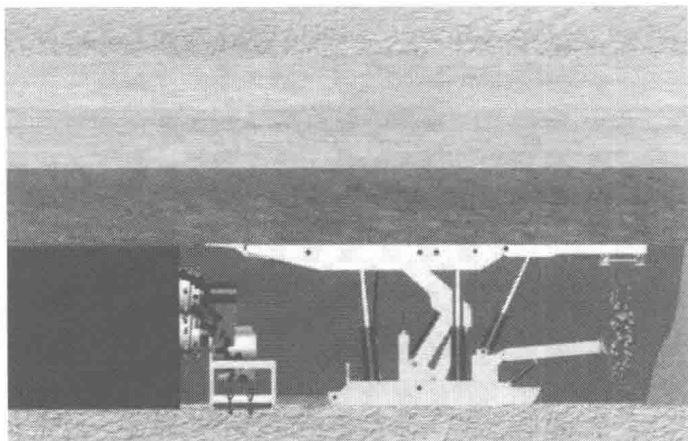


图 1-7 长壁综采充填采煤示意

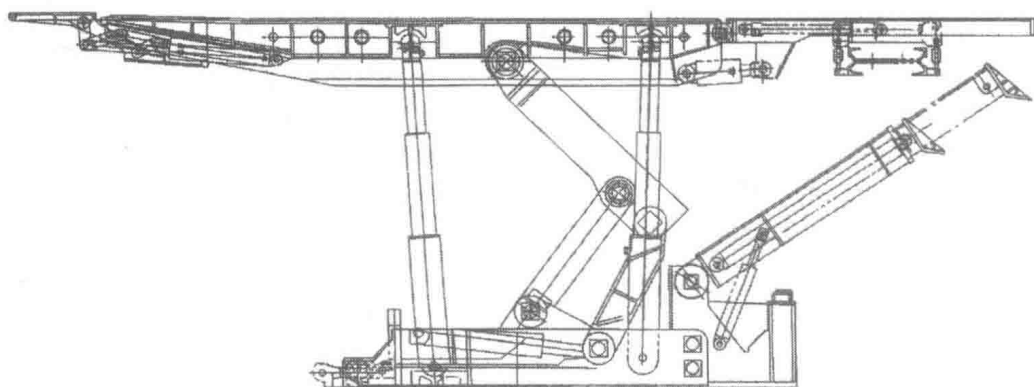


图 1-8 支撑掩护式充填开采液压支架结构原理

②充填开采输送机。

充填开采输送机由刮板输送机改造而成，悬挂于自扩式充填液压支架后部的尾梁下，其目的是为了实现充填料在工作面的运输及卸料，最终达到充填采空区的目的。因此，充填开采输送机的性能要求如下：

a. 满足工作面正常生产时对充填料运输量的需要。为了保证工作面煤炭的开采量，充填开采输送机的运输量必须满足工作面正常生产时对充填料运输量的需要。工作面正常生产时对充填料运输量与煤炭开采量有关，即根据开采煤炭与充填材料的容重比的大小，充填开采输送机的运输量相比煤炭运输量要有一定的富裕。

b. 设计落料量大且均匀的卸料孔形状及其合理间距。卸料孔的形状及其间距设计要充分考虑充填料塌落角、充填高度、充填料输送量，尽可能加大卸料孔间距，以减少孔的数量，简化操作工序，降低工人的劳动强度。

c. 充填开采输送机各部件应连接可靠、重量轻。由于充填开采输送机要悬挂在充填液压支架的尾梁上工作，相对于安设在底板上工作的刮板输送机稳定性差。

因此,充填开采输送机各部件的连接必须安全可靠、容易维修;重量应尽量减轻,以降低支架尾梁的载荷和便于工人安装。

d. 充填开采输送机应有足够的弯曲度。根据充填料充填技术方案,在充填料堆积到一定高度以后,充填开采输送机有一个从低到高逐渐抬高的过程,因此充填开采输送机不仅在水平方向上要有一定的弯曲度以适应移架的要求,而且在垂直方向也要有一定的弯曲度。

e. 充填开采输送机运行的可靠性要高。由于充填开采输送机悬挂在支架尾梁下的空间内,其工作环境比在工作面内要差,容易出现机电事故,由于空间小而使其维修难度大,因而其设备运行的可靠性要高。

此外,充填开采输送机的结构要考虑正常采煤生产工艺(随采煤机移架)的要求,保证输送机能够正常运行。

充填开采输送机的设计,应满足工作面正常生产时对充填料运输量的要求。对刮板输送机进行的主要改造设计包括:在刮板输送机中部槽上设置卸料孔;为有效控制充填料的充填量、速度及范围,在中部槽内增设插板插口,并安设液压缸推拉机械化插板,以控制卸料量;为增加刮板输送机的可调节范围,对刮板输送机槽两头进行改造,使刮板输送机槽连接方式由插接式改为螺栓连接方式,这样不仅增加了连接强度,还增加了充填开采输送机在垂直、水平方向的可弯曲程度;为增加充填垂直高度,确定将充填开采输送机悬挂在充填液压支架尾梁上,采用可调高单挂链悬挂刮板输送机槽。

设计的充填开采输送机卸料孔的形状为方形,卸料孔间距设计为 3m,如图 1-9 所示。



图 1-9 充填开采输送机尺寸与卸料孔形状

$L_1 \sim L_{16}$ 为卸料孔的间距

(2) 采煤与充填工艺。

充填工作在完成一刀采煤工作后进行。首先停止所有采煤工序,将支架移直后,调整好充填支架后部充填开采输送机,依次开动工作面充填开采输送机、自移式充填料转载机、运矸带式输送机等设备,进行采空区充填。

(3) 应用效果。

长壁综采充填采煤技术充填系统相对简单,具有机械化程度高、充填效果好的特点,可处理的矸石、粉煤灰等固体废弃物量大。现场应用可知,此项技术可实现采煤与充填的平行作业,月产煤炭 $(3 \sim 6) \times 10^4 \text{t}$,月处理矸石等固体废弃物 $5 \times 10^4 \text{t}$ 左右,可安全高效开采工业广场下、铁路下等煤炭资源,采出率达 80% 以上。