

干或水位降低, 然后进行开采。联合疏降是根据地质采矿条件、含水层特点, 采用巷道、钻孔联合疏降水体。具体为先掘进疏水巷道和石门, 然后再在其中打钻孔穿过含水层放水, 进行疏降。开采疏降就是通过开采离含水层远的工作面, 使含水层水通过这些工作面的采动影响缓慢流出, 以降低含水层水位, 达到疏降的目的。开采疏降适合于弱含水层和补给来源有限的含水层。多矿井分区排水联合疏降是根据地下水连通的特点, 采用多个矿井排水联合疏降, 以达到快速疏水的目的。

## 2) 处理水体补给来源

处理水体补给来源就是在工作面开采前采用水文地质、工程地质的方法, 对补给水体的主要来源进行处理。具体的方法有:

(1) 河流改道, 即使河流不流经采空区上方, 达到安全开采的目的。

(2) 帷幕注浆堵水, 是通过成排的钻孔将水泥、黏土等材料注入含水层中, 形成地下挡水帷幕, 切断地下水补给的通道。该法适用于含水层厚度较小但流量较大、水文地质条件清楚并具备可靠的隔水边界的含水层下开采。

(3) 巷道截水。对于山地矿区或露天矿区, 在岩层内开掘专门巷道截水, 是切断含水层补给的一种有效方法。另外, 还可通过采取修筑地面拦洪坝、建水库、填裂缝、铺河床、修水渠等措施, 使地面水与井下不连通。

## 3. 开采措施

采用开采措施的目的是减小顶底板岩体的破坏范围, 以达到安全采煤的目的。开采措施主要有充填开采、柱式开采、分区开采、分层间歇开采、协调开采等。

### 1) 充填开采

充填开采通过外来材料对采空区进行充填, 以减少采出空间, 减小覆岩移动破坏范围, 从而达到安全采煤的目的。对水体上采煤而言, 充填开采可减小支承压力、增加底板的压力、减少底板上鼓量和破坏深度, 使在承压水上开采安全。现场实测表明, 充填开采顶板压力集中系数是全部垮落法开采的  $1/12 \sim 1/5$ , 压力变化幅度值为全部垮落法开采的  $1/15 \sim 1/6$ , 底板破坏最大深度为 5m 左右。

### 2) 柱式开采

柱式开采包括条带开采、房柱式开采、刀柱式开采等短壁开采方法。其目的是减小工作面的开采宽度, 从而减小顶、底板的破坏范围, 使破裂范围不触及含水层, 达到安全采煤的目的。理论和实践表明, 在工作面条件基本相同的条件下, 工作面斜长增加 3.3 倍, 底板破坏深度增加 4 倍; 在底板隔水层厚度不变的前提下, 减小工作面斜长可减小底板破坏深度, 增大相对隔水层厚度, 增强抵抗水压的能力。目前, 国内在水体上采煤时大多采用条带开采, 有时也采用柱式开采。

### 3) 分区开采

分区开采有两种方法, 一是在同一矿井(或井田)内隔离采区进行开采; 二是建立若干个单独矿井同时开采或分别开采。该方法的目的是使各采区相互独立, 防止矿井突水时淹没整个矿井。在浅部开采和水源补给充足的条件下常采用此方法。

### 4) 分层(分阶段)间歇开采

分层间歇开采是将厚煤层分成几个分层进行开采的方法。从前面的垮落带、导水裂缝带高度计算式中可见, 垮落带、导水裂缝带高度随煤层采动次数的增加, 其增加幅度逐渐

减小。即分层开采时覆岩的垮落带、导水裂缝带高度比一次采全厚时要小得多,同时使整个覆岩破坏均衡,对水体下采煤有利。对于厚松散层下浅部煤层的开采或安全煤岩柱中基岩厚度较小的条件,分层间歇开采具有明显的效果。

在倾斜分层走向长壁开采时,要尽量减小第一分层、第二分层的采厚,同时增大分层开采的时间间隔。上、下分层位于同一位置的采煤间隔时间应为4~6个月,如果覆岩坚硬,间隔的时间还要更长。

在急倾斜煤层开采时,应把一个开采水平分成几个小阶段开采,并尽量减小第一小阶段的垂高,同时加大走向方向连续采煤的长度。

#### 5) 协调开采

协调开采是水体上采煤减小底板采动破坏的有效方法。其目的是通过适当布置两煤层的工作面,以减小采动的支承压力和底板岩体破坏的深度。协调开采可分为不同煤层的协调开采和同一煤层的协调开采。

除了以上方法外,还有减小开采厚度、底板加固采煤法等。各种方法都具有一定的优缺点和适用条件,在实际生产中应结合具体的条件来选取,以达到安全、经济采煤的目的。

### 6.4 固体充填采煤技术

#### 6.4.1 固体充填采煤技术现状

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。

近年来,我国的矿山充填开采技术取得较大的进展,主要代表为矸石、粉煤灰等固体废弃物直接充填采煤技术、膏体充填技术、高水材料充填技术。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,下面分别进行介绍。

#### 6.4.2 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者煤流中的矸石等固体材料作为充填材料,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。

##### 6.4.2.1 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,始终保持正常工作状态,或在简单地手动调整后,能使整套装备迅速恢复工作。

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,它们分别如图4-6-49、图4-6-50所示。其中矸石充填输送机的主要技术参数见表4-6-6。



图 4-6-49 矸石充填输送机



图 4-6-50 机尾驱动式矸石带式输送机

表 4-6-6 矸石充填输送机技术参数

项 目	参 数 名 称	参 数 值
适用条件	巷道高度/m	2.8~4.0
	巷道宽度/m	2.5~4.5
	巷道下倾角度/(°)	0~5
	矸石运量/(t·h <sup>-1</sup> )	100
	矸石粒度/mm	≤150
	巷道长度/m	≤1000
机头受料部分	电机功率/kW	40
	输送带宽度/mm	650
储带与自动张紧部分	绞车功率/kW	5.5
	液压泵站功率/kW	4
抛射部分	输送带宽度/mm	650
	输送带速度/(m·s <sup>-1</sup> )	2.5
	电滚筒功率/kW	7.5
	输送带上倾角度/(°)	≤16
	电滚筒直径/mm	400
行走装置	行走电机功率/kW	2×15
	行走速度/(m·s <sup>-1</sup> )	0.5
卸载滚筒部分	卸载滚筒直径/mm	320
	卸载架调偏角度/(°)	9
	卸载架调偏行程/mm	400
	调平机构调平角度/(°)	18
液压系统	溢流阀工作阻力/MPa	0~21
	系统最高使用压力/MPa	6
	压力表指示压力/MPa	0~25
	节流阀流量调节范围/(L·min <sup>-1</sup> )	0~80

表 4-6-6 (续)

项 目	参 数 名 称	参 数 值
操纵方式	手动控制 (抛射部分升降、回转、电动滚筒启动、停止, 行走部分前进、后退、转向、制动, 千斤顶的支撑和抬起); 自动控制 (卸载滚筒自动调向、调偏、调平、650 皮带的自动张紧)	
配套设备	配套泵站	XRB2B-80/20 型乳化液泵站
自移充填部	质量/t	约 14

#### 6.4.2.2 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。某煤矿矸石充填巷布置如图 4-6-51 所示。

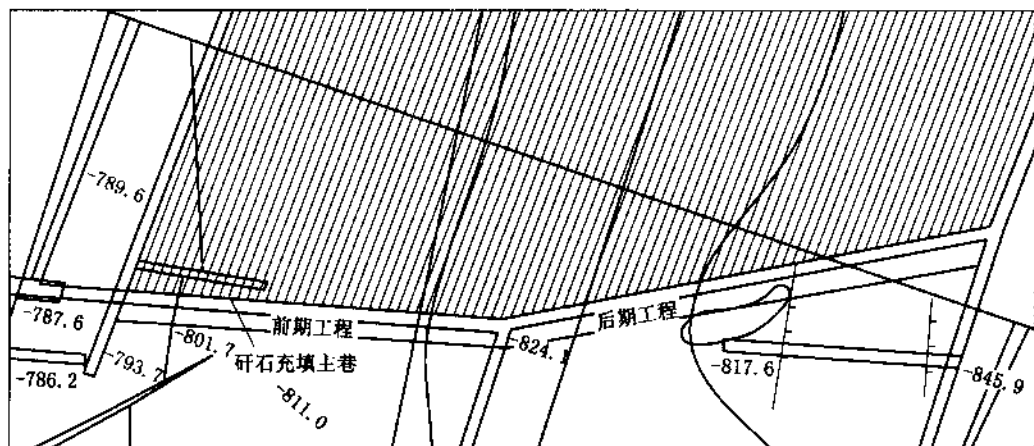


图 4-6-51 某煤矿矸石充填巷布置

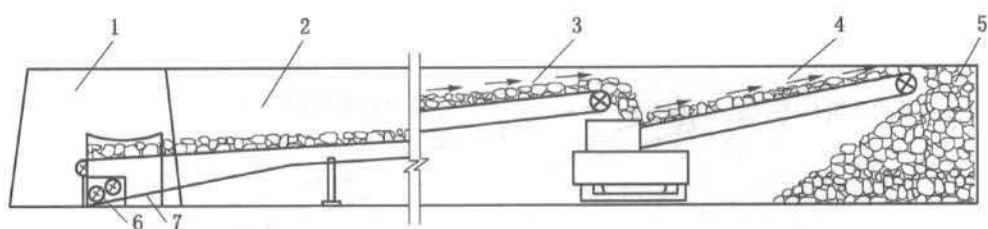
矸石置换开采的主要流程: 岩巷掘进工作面产生的矸石→(装车后经各运输巷道)轨道大巷→充填工程上部车场→矸石仓上口→(由推车机、翻车机运输, 经过破碎机把矸石破碎到 $\leq 300\text{mm}$ 粒径)矸石仓→给料机→(带式运输)充填巷工作面→抛矸机→充填巷工作面充填。充填系统工艺流程如图 4-6-52 所示。

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。在充填工作面, 应边充填边洒水, 这样不但有利于矸石堆集, 而且可有效降低抛矸产生的大量粉尘。

井下实拍掘巷充填技术充填巷工作面接顶情况, 如图 4-6-53 所示。

#### 6.4.2.3 应用效果

目前掘巷充填采煤技术在我国河北金牛能源股份公司邢东煤矿、淄博矿业集团岱庄煤



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

图 4-6-52 充填系统工艺流程

矿与许厂煤矿得到成功实施。掘巷充填开采技术在保证地表建筑物在允许的变形范围内的前提下，实现了矸石置换煤炭资源，提高煤炭资源的采出率，同时可以将井下矸石直接处理变害为利，这不但可消除地面矸石山、减少侵占农田、减少对大气和环境的污染、消除矸石山坍塌或引爆危及人类的事故隐患，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和塌陷问题的基础上，实现回收部分建筑物下的煤炭资源。

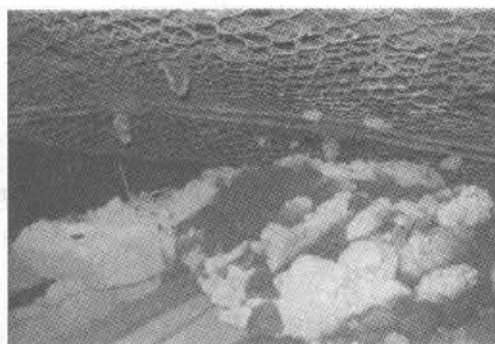


图 4-6-53 充填巷工作面接顶情况

#### 6.4.3 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，经翻车机卸载后矸石经过装载破碎机破碎后，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。

##### 6.4.3.1 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 4-6-54 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  $4\text{m}$  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能够具有灵活性、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  $90^\circ$ ，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，可有效解决机头处环境差、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

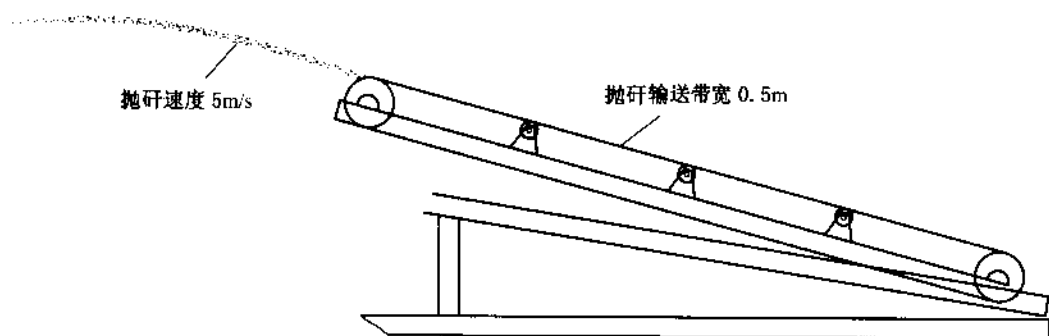
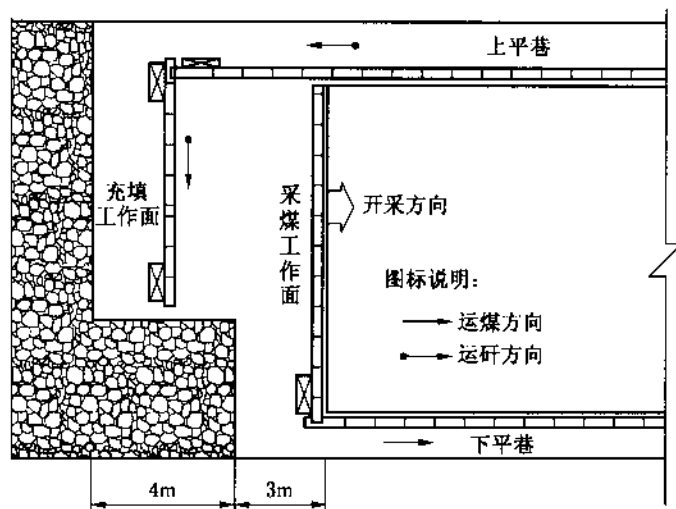


图 4-6-54 抛矸带式输送机示意图

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。

#### 6.4.3.2 采煤与充填工艺

长壁普采（或炮采）充填采煤工艺如图 4-6-55 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。抛矸带式输送机抛矸充填示意图如图 4-6-56 所示。



(a) 平面图

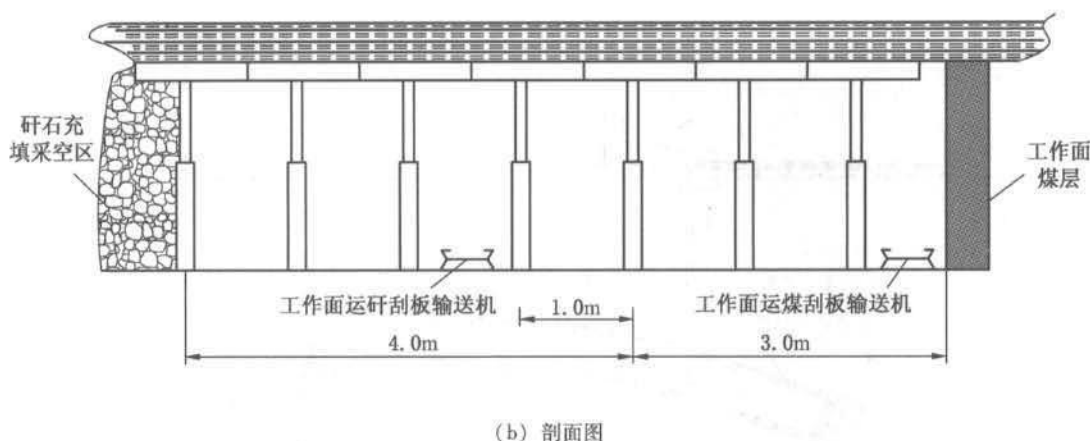


图 4-6-55 长壁普采（或炮采）充填采煤工艺

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。

#### 6.4.3.3 应用效果

我国新汶泉沟煤矿于2006年最早开始试验和使用长壁普采（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。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。实践证明，采煤工作面矸石充填可以实现矸石不升井，并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。

#### 6.4.4 长壁综采充填采煤技术

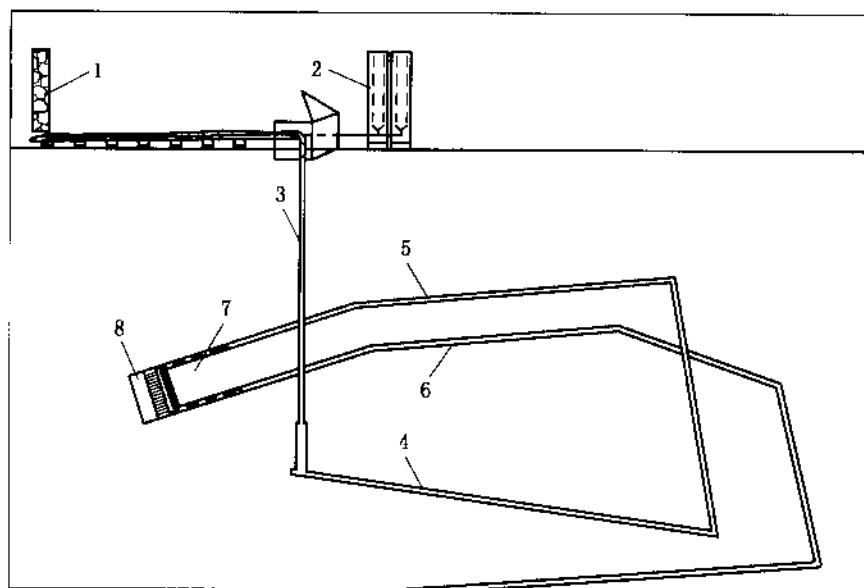
长壁综采充填采煤技术总体技术思路：将地面矸石、粉煤灰等单一固体废弃物或者几种充填物以合适的比例混合后，通过井上下大垂深投料系统（防冲击力的缓冲系统、防止堵仓设备、井上下调度监控系统）、井下运输系统运至工作面，再通过充填开采输送机充填到长壁工作面采空区内，由夯实机进行夯实，置换出煤炭资源，从而达到解放“三下”压煤，并控制覆岩运动及地表沉陷的目的。长壁综采充填采煤技术系统布置如图4-6-57所示。

##### 6.4.4.1 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



图 4-6-56 抛矸带式输送机抛矸充填示意图



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

图 4-6-57 长壁综采充填采煤技术系统布置

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. 自攥式充填开采液压支架

#### 1) 自攥式充填开采液压支架性能要求

自攥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，自攥式充填开采液压支架必须满足以下性能要求：

(1) 自攥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。

(2) 自攥式充填开采液压支架尾梁必须有足够的强度。由于自攥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。

(3) 需要安设可调整充填开采输送机高度的设备。按照设计，自攥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。

(4) 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。

(5) 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。

## 2) 自夯式充填开采液压支架结构原理

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,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 4-6-58 所示。

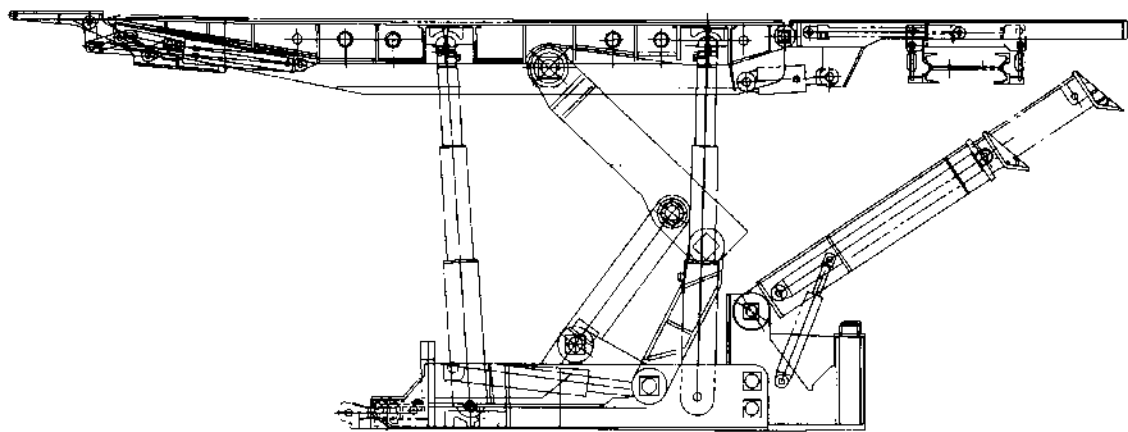


图 4-6-58 四柱支撑掩护式充填开采液压支架结构原理图

## 2. 充填开采输送机

### 1) 充填开采输送机性能要求

充填开采输送机由刮板输送机改造而成,悬挂于自夯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:

(1) 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量。

(2) 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到充填料塌落角、充填高度、充填料输送量,在满足上述条件下,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。

(3) 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,且容易维修;重量应尽量减轻,以降低支架尾梁

的载荷和便于工人安装。

(4) 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。

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。

(5) 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。因此,设备运行的可靠性要高。

## 2) 充填开采输送机的结构原理

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。对刮板输送机进行改造设计,主要进行了如下改造:

(1) 在刮板输送机中部槽上设置卸料孔。

(2) 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。

(3) 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造为螺栓连接方式,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。

(4) 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。

所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4-6-59所示。



图4-6-59 充填开采输送机尺寸与卸料孔形状示意图

### 6.4.4.2 采煤与充填工艺

充填工作在完成一刀采煤工作后进行,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。

#### 1. 充填工作原理

充填工作主要靠后二机(充填开采输送机和夯实机)共同完成。充填料的混合物料从地面通过投料井、运矸带式输送机等相关运输设备,运至工作面充填开采输送机上,通过充填开采输送机的卸料孔将充填物料充填入采空区内,然后利用夯实机将充填物料压实并接顶。

#### 2. 工艺流程

支架移直后,将充填开采输送机移至支架尾梁后部,进行充填。充填顺序由充填开采输送机机尾向机头方向进行,当前一个卸料孔卸料到一定高度后,即开启下一个充填卸料孔,随即启动前一个卸料孔所在支架后部的夯实机千斤顶推动夯实板,对已卸下的充填材料进行夯实,如此反复几个循环,直到夯实为止,一般需要2~3个循环。当整个工作面全部充满,停止第一轮充填,将充填开采输送机拉移一个步距,移至支架尾梁前部,用夯实机构把充填开采输送机下面的充填料全部推到支架后上部,使其接顶并压实,最后关闭所有卸料孔,对充填开采输送机的机头进行充填。第一轮充填完成后将充填开采输送机推移一个步距至支架尾梁后部,开始第2轮充填。

### 3. 充填工艺过程

充填工作由4名充填工同时协调进行,在完成一刀采煤工作后,开始充填工作,其工艺过程如下:

(1) 每班按照正规循环割完一刀煤(进尺0.6m)、移架、推刮板输送机,然后停止割煤。在移架过程中要保证移后支架在一条直线上。

(2) 移直充填开采输送机的机头与机尾,检查充填系统完好情况,准备开始充填工作。

(3) 首先启动工作面充填开采输送机,然后依次启动充填料转载机与运矸带式输送机等运输设备,进行采空区充填。

(4) 从充填开采输送机机尾向机头方向依次充填,即先打开充填开采输送机机尾的第1个卸料孔,对该段架后采空区进行充填,同时打开充填开采输送机第2个卸料孔,待第1个卸料孔对应的架后区域充填料充填至一定高度,即充填料充填后经刮板输送机的下部链条将充填的物料拉平到一定高度时,关闭第1个卸料孔。

(5) 关闭第1个卸料孔时,同时打开第3个卸料孔,往第2、3个卸料孔卸料,并启动第1个卸料孔下的充填区域内支架后部夯实机对已充填物料的中上部进行夯实,推压充填物料,使其与支架后部的顶板接顶并压实。

(6) 待第2个卸料孔充填区域内充填料充填至一定高度时,关闭第2个卸料孔,对第1个卸料孔后部夯实后出现的充填空间进行了充填,同时启动第2个卸料孔充填区域内支架后部的夯实机对已充填物料的中上部进行压实,推压充填物料,使其与支架后部的顶板接顶并压实。

(7) 待第1个卸料孔后部夯实后出现的充填空间充填完毕时,关闭第1个卸料孔进行夯实,同时对第2个卸料孔后部夯实后出现的充填空间进行充填。

(8) 待前2个卸料孔空间充满压实后,若第3个卸料孔后部区域充填工作完成,则打开第4、5个卸料孔后部空间进行充填,同时对第3个卸料孔后部区域进行夯实,若第3个插板充填区域内充填工作没完成,可打开第4个插板对架后的空间进行充填。

如此在一个卸料孔区域内物料充填和夯实工作反复2~3次,保证充填的物料被压实接顶,同样在其他卸料孔区域完成上述工序,至整个工作面全部充填并压实完毕,停止第一轮充填。

(9) 将充填开采输送机拉移一个步距,从机尾到机头开始,重复以上工序,将充填开采输送机下面的充填料向充填开采输送机后面夯实,使充填料充分接顶、夯实,最后关闭所有卸料孔,对机头部分进行充填,结束第一轮充填工作。

(10) 停止采空区物料充填工作,进行采煤、推刮板输送机、移架工作时,要尽量保证割煤后工作面煤壁平直度,移架后支架摆放的一致性,并使每次割煤步距达到0.6m。

(11) 割完第二刀煤后,即割煤、推刮板输送机、移架后,调整充填支架后部的充填开采输送机,做好物料的充填工作。

#### 6.4.4.3 应用效果

长壁综采充填采煤技术充填系统相对简单,机械化程度高,充填效果好,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。

