

矿山安全技术教育通用教材

# 机电安全技术

柴 常 王存莲 编



化学工业出版社  
教材出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

机电安全技术/柴常, 王存莲编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 11

(矿山安全技术教育通用教材)

ISBN 7-5025-7889-7

I. 机… II. ①柴…②王… III. 煤矿-机电设备-安全技术-技术教育-教材 IV. TD608

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 135279 号

---

矿山安全技术教育通用教材

机电安全技术

柴常 王存莲 编

责任编辑: 张双进 程树珍

文字编辑: 李玉峰

责任校对: 周梦华

封面设计: 胡艳玮

\*

化学工业出版社  
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 9 字数 167 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7889-7

定 价: 16.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

# 前 言

煤炭生产是我国生产领域中的最重要行业之一，而在世界地下资源日益匮乏的今天，它的重要性变得更加突出。但由于煤矿生产主要是地下作业，煤矿地质条件复杂多变，故经常受到瓦斯、水、火、煤尘、顶板等灾害的威胁，再加上技术装备水平相对落后、职工队伍素质普遍不高、安全管理意识淡薄，导致了煤矿一直是中国工矿企业中事故数和伤亡人数最多的行业，特别是近几年来由于一些煤矿过分追求暴利，无视国家的相关法规，违章作业，管理松懈，重、特大事故频频发生，使安全生产形势更加严峻。因此，为了贯彻落实《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国煤炭法》及《煤矿安全规程》等法律法规中有关安全生产教育和培训的规定，贯彻国家煤矿安全监察局加强和规范安全生产培训工作的要求，提高煤矿职工整体安全技术素质和防灾抗洪能力，编写了这套全国煤矿安全技术教育系列教材。

本书内容分三部分。

第一部分为基础知识部分，介绍煤矿用电和常用机电设备的一般知识，包括矿井供电系统和安全用电；矿用电气设备和电缆；矿井提升设备；矿井运输设备和主要通风设备；采掘机械设备，共五章。

第二部分为操作技能部分，介绍常用机电设备的使用与维护知识，包括矿井防爆电气设备的使用及维护；矿用电缆的使用与维护；矿井提升、运输与通风设备的使用与维护；采掘机械的使用与维护，共四章。

第三部分为机电事故分析与预防部分，介绍一些典型机电事故案例。

本书由柴常、王存莲编写。在编写过程中本着简洁、实用、可操作的原则，力求具有较强的系统性、科学性和实用性，成为煤矿机电安全教育的理想教材。

由于编者能力有限，时间仓促，书中难免有疏漏之处，恳请有关专家和读者批评指正。

# 目 录

## 基础知识部分

第一章 矿井供电系统和安全用电 .....	1
第一节 矿井供电系统 .....	1
第二节 安全用电 .....	12
第三节 井下电网保护 .....	18
第四节 井下电气设备的完好标准及检修质量标准 .....	30
第二章 矿用电气设备和电缆 .....	34
第一节 矿用电气设备 .....	34
第二节 矿用电缆及连接器 .....	38
第三章 矿井提升设备 .....	42
第一节 概述 .....	42
第二节 单绳缠绕式提升机 .....	43
第三节 多绳摩擦式提升机 .....	49
第四章 矿井运输设备和主要通风设备 .....	52
第一节 常见运输设备 .....	52
第二节 主要通风设备 .....	57
第五章 采掘机械设备 .....	60
第一节 采煤机械 .....	60
第二节 液压支架和乳化液泵站 .....	62
第三节 掘进机械 .....	66

## 操作技能部分

第六章 矿井防爆电气设备的使用及维护 .....	69
第一节 防爆电气设备的通用要求 .....	69
第二节 隔爆型电气设备失爆的原因及预防措施 .....	72
第三节 自动真空开关常见故障及检修 .....	73
第四节 防爆电气设备的检查和维护 .....	79
第七章 矿用电缆的使用与维护 .....	83
第一节 电缆的选用 .....	83

第二节	电缆的敷设 .....	85
第三节	矿用电缆的维护和检修 .....	88
第八章	矿井提升、运输与通风设备的使用与维护 .....	92
第一节	提升设备的使用与维护 .....	92
第二节	运输设备的使用、维护及故障处理 .....	101
第三节	通风机的使用及维护 .....	105
第九章	采掘机械的使用与维护 .....	108
第一节	采煤机械的使用、保养与维护 .....	108
第二节	液压支架的使用及乳化液泵站的安全运行 .....	113
第三节	刮板输送机的安全运行 .....	115
第四节	掘进机械的安全运行 .....	119

### 机电事故分析与预防部分

第十章	机电事故分析与预防 .....	125
第一节	事故一般分类及预防 .....	125
第二节	典型煤矿机电事故案例 .....	128
参考文献	.....	137

# 基础知识部

## 第一章 矿井供电系统和安全用电

电是煤矿生产的主要动力源，对矿井主要机电设备中断供电，不仅会影响矿井生产，而且会对矿井和正在矿井中工作的人员安全构成严重威胁。

### 第一节 矿井供电系统

#### 一、矿井供电系统

煤矿用电来自电力系统或矿区发电厂，输出电压一般在 110kV，送到矿山变电所的电压是 35kV。为保证矿山供电的可靠性，矿山地面变电所应有两个独立的电源。距供电电源较近时，用平行双回路方式供电；距供电电源较远时，一般由电源送一回路，另外在相邻矿区地面变电所之间设一回路联络线，形成环形供电，保证每个矿山地面变电所有两个独立电源。

井下供电系统一般由井下电缆、中央变电所、分区变电所、采区变电所、防爆移动变电所、采区配电点以及用于相互供配电用的各类电缆等组成。煤矿井上、井下系统如图 1-1 所示。

井下用电由矿区地面变电所用两条高压电缆，把 6kV 的高压电经井筒送到井下中央变电所，然后再分配给各高压用户。为保证供电可靠性，地面变电所和井下中央变电所采用分段母线。

井下中央变电所主结线采用分段母线，保证供电不间断，如将主水泵的供电分别接在两段母线上，井下车场低压用电由设在中央变电所的降压变压器供电。另外，用高压电缆将 6kV 高压电能送至采区变电所（或移动变电所），经降压后向采区低压设备供电。

目前，我国井下采煤工作面供电方式主要有：干线式、辐射式、混合式、移动变电所四种。井下各配电电压和各种电气设备的额定电压等级如下：

高压不应超过 10000V；

低压不应超过 1140V；

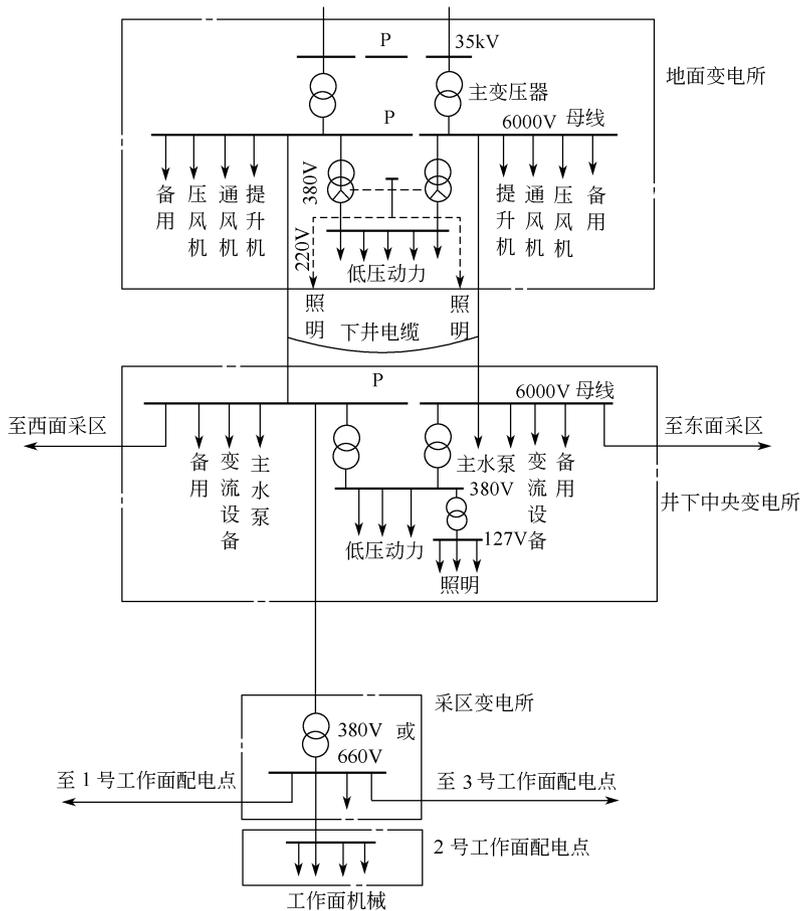


图 1-1 煤矿供电系统

照明、手持式电气设备的额定电压和电话、信号装置的额定供电电压，都不应超过 127V；

远距离控制线路的额定电压不应超过 36V。

井下低压网络的标准电压等级及其相应的平均电压为：

标准电压/V	127	380	660	1140	3300	6000
--------	-----	-----	-----	------	------	------

平均电压/V	133	400	690	1200	3460	6300
--------	-----	-----	-----	------	------	------

计算短路电流时，应按平均电压计算。

### 1. 矿井供电的一般规定

① 矿井应有两回路电源。在正常情况下应在运行状态下互为备用，以减少线路损失。当任一回路电源发生故障时，不影响矿井供电。由于电源系统或断电保护等原因不能长期并联运行时，必须采用带电热备用方式。

② 地面供电线路发生任何故障，至少应有一路电源不中断供电，即两路电源和线路不得同时受到损害，并且任一回路都能担负矿井全部负荷。

③ 采用一个回路运行时，另一回路应带电热备用，保证已运行回路停车时，能迅速查明停电原因并进行必要的倒闸操作。

④ 在发生任何故障时，应由值班人员进行必要的操作，迅速恢复一个电源供电，并能担负矿井的全部负荷。

⑤ 矿井地面变电所的电能应分别来自电力网中的两个区域变电所和发电厂。

⑥ 年产 60000t 以下的矿井采用单回路供电时，必须有备用电源；备用电源的容量必须满足通风、排水、提升等要求。

⑦ 矿井的两回路电源线路上，不得分接其他负荷。但经有关部门批准后，其中一个回路可不受分接负荷的限制。

⑧ 矿井电源线路上严禁装有负荷定量器。

⑨ 小型矿井采用 10kV 以下电压作为矿井架空电源进线时，两回路电源线路不得共杆架设。

⑩ 矿井多回路（多于 2 路）电源供电，部分线路可共杆架设，同时遵守下列规定：

a. 线路不得通过塌陷区；

b. 共杆架设部分，在任一回路正常运行情况下，另一回路必须具有正常维护和检修的条件；

c. 共杆架设的线路发生故障停止供电时，其他电源线路仍能担负矿井的全部负荷。

⑪ 井下各水平中央变（配）电所、主排水泵房和下山开采的采区排水泵房的供电线路，不得少于两回路。当任一回路停止供电时，其余回路应能承担全部负荷的供电。主要通风机、提升人员的立井绞车、抽放瓦斯泵房等主要设备机房，应各有两回路直接由变（配）电所馈出的供电线路，在受条件限制时，其中的一回路可引自上述同种设备机房的配电装置，即绞车与绞车、瓦斯泵与瓦斯泵可互引一回路作为备用。上述供电线路应来自各自的变压器和母线段，线路上不应分接任何负荷。上述设备的控制回路和辅助设备，必须有与主要设备同等可靠的备用电源。

⑫ 井下各级配电电压和各种电气设备的额定电压等级应符合下列要求：

a. 高压不应超过 10000V；

b. 低压不应超过 1140V；

c. 照明、手持式电气设备的额定电压和电话、信号装置的额定供电电压都不应超过 127V；

d. 远距离控制线路的额定电压不应超过 36V。采区机械设备的额定供电电

压超过 3300V 时，必须制定专门的安全措施。

⑬ 井下低压配电系统同时存在两种或两种以上电压时，低压电气设备（电动机、变压器、馈电开关、启动器、检漏继电器等）上，应明显地标出其电压额定值。

⑭ 每一矿井必须备有地面、井下配电系统图，井下电气设备布置示意图和电力、电话、信号、电机车等线路平面敷设示意图，并随着情况变化定期填绘。图中应注明：

- a. 电动机、变压器、配电设备、信号装置、通信装置等装设地点；
- b. 每一设备的型号、容量、电压、电流种类及其他技术性能；
- c. 馈电线的短路、过负荷保护的整定值、熔断器熔体的额定电流值以及被保护干线和支线最远点两相短路的电流值；
- d. 线路电缆的用途、型号、电压、截面和长度；
- e. 保护接地装置的地点；
- f. 风流方向。

⑮ 电气设备不应超过额定值运行。井下防爆电气设备变更额定值使用和进行技术改造时，必须经国家授权的矿用产品质量监督检验部门检验合格后，方可投入运行。

⑯ 直接向井下供电的高压馈电线上，严禁装设自动重合闸。手动合闸时，必须事先同井下联系。在井下低压馈电线路路上装有可靠的漏电、短路检测闭锁装置时，可采用瞬间 1 次自动复电系统。如果在局部通风机线路上发生故障而停机时，首先必须排除故障，但严禁在停风区内或瓦斯超限的巷道中处理故障，然后按照规程的有关规定执行。

⑰ 为了防止地面雷电波及井下引起瓦斯、煤尘以及火灾等灾害，必须遵守下列规定：

- a. 经由地面架空线路引入井下的供电线路（包括电机车架线），必须在入井处装设避雷装置；
- b. 由地面直接入井的轨道，露天架空引入（出）的管路，都必须在井口附近将金属体进行不少于两处的良好的集中接地；
- c. 通信线路必须在入井处装设熔断器和避雷装置。

⑱ 煤电钻必须设有检漏、漏电闭锁、短路、过负荷、断相、远距离启动和停止煤电钻的综合保护装置。煤电钻综合保护装置在每班使用前必须进行 1 次跳闸试验。

⑲ 严禁井下配电变压器中性点直接接地。严禁由地面中性点直接接地的变压器或发电机向井下供电。

⑳ 一切容易碰到的、裸露的电气设备及其带动的机器外露的转动和传动部分（靠背轮、链轮、胶带和齿轮等），都必须加装护罩或遮拦，防止碰触危险。

## 2. 井下配电变压器运行方式

井下配电变压器采用中性点直接接地的危害主要有两方面：一是人体触电时大大增加了人体的触电电流；二是单相接地时形成了单相短路。因此，中性点直接接地对人身安全和矿井安全都极为不利。如图 1-2 所示，当人体触及一相带电导体时，跨接于人体的是一相电压，通过人体的触电电流按欧姆定律计算，当电源电压为 380V 时为 220mA，660V 时为 380mA（由于井下潮湿，人身电阻定为  $1000\Omega$ ）。此时的电流路径为：电源 U 相→人身→大地→接地体→电源中性点。研究资料表明，当人体通过 5mA 电流时，就有触电感觉；通过 30mA 电流时，就有危险；通过 50mA 时可以致死；通过 100mA 时绝对致死。中性点直接接地时，通过人体的触电电流达 380mA，极其危险。设计漏电保护时，假定人身电阻为  $1000\Omega$ ，通过人体的触电电流不超过 30mA 为安全电流。

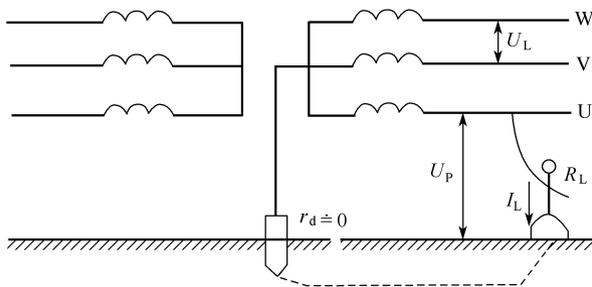


图 1-2 变压器中性点直接接地，人触及一相带电导体时的情况

单相接地线路如图 1-3 所示，此时电流路径为：电源 U 相→大地→接地体→电源中性点。显而易见，这时电流没有经过阻抗而直接流回到了电源，形成了单相短路。

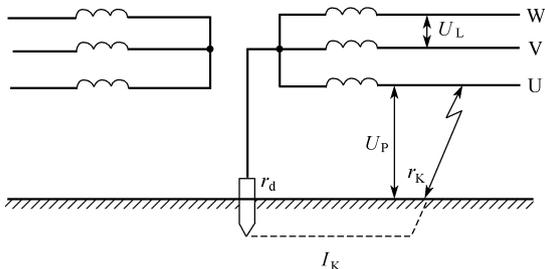


图 1-3 变压器中性点直接接地，单相线路接地时的情况

当单相短路电流很大时，在接地点将产生很大的电弧，有可能引起瓦斯和煤尘爆炸以及电雷管提前引爆。

因此，《煤矿安全规程》规定：严禁井下配电变压器中性点直接接地。严禁

由地面中性点直接接地的变压器或发电机直接向井下供电。

中性点不直接接地供电系统如图 1-4 所示,  $r_U$ 、 $r_V$ 、 $r_W$  分别是电缆三相芯线的绝缘电阻,  $C_U$ 、 $C_V$ 、 $C_W$  分别为三相芯线的对地电容。假如忽略电缆的对地电容, 则人身的触电电流通过路径为: 电源 U 相→人身→大地→V 相、W 相绝缘→V 相、W 相芯线→电源中性点。

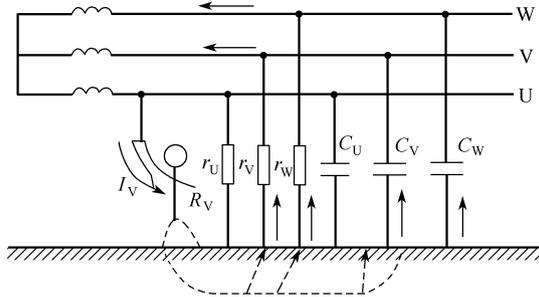


图 1-4 变压器中性点不接地, 人触及一相带电导体时的情况

设电网每相绝缘电阻在 380V 时为  $90\text{k}\Omega$ , 660V 时为  $35\text{k}\Omega$  [实际上常为兆(百万)欧级], 而人身电阻仍为  $1000\Omega$ , 通过计算, 其触电电流分别为  $7\text{mA}$  和  $30\text{mA}$ 。由此可知, 在中性点不直接接地时, 通过人体的电流是安全的。

由于分布电容不应忽略, 目前采用在漏电继电器中加零序电抗线圈来补偿对地电容电流。

### 3. 电源进出线输、配电原则

① 对双回路供电的进线, 必须经两台专用高压开关后, 才能与高压母线连接, 且必须分别接在两段母线上。如果高压开关为断路器或高压配电箱, 应采用断路器两侧设有隔离开关的形式, 从而保证至少有一回路能对负荷正常供电。

② 对第一类负荷的两路电源配出线, 必须分别接在两段高压母线上。当第一类负荷设有备用设备时, 如井下主排水泵等, 必须按台数尽可能均匀地分布在两段母线上, 并由各自的高压配电箱进行控制。

③ 对井底车场低压负荷供电的降压变压器, 必须分别接在两段母线上。如果降压变压器的台数为 3 台以上, 应按负荷大小尽可能均匀地分布在两段母线上。

### 4. 井下中央变电所高、低压供电系统

井下中央变电所是井下供电的枢纽。根据开采方法, 一般来说, 井底车场是全井的负荷中心。因此, 中央变电所设在井底车场附近与水泵房相连。

如图 1-1 所示为井下中央变电所高、低压供电系统图, 其上半部分为高压电源部分, 下半部分为井底车场的低压供电系统。

由于井下中央变电所的高压负荷大部分为第一类负荷和比较重要的第二类负荷，因此其接线方式必须遵守下列几个原则。

① 自地面变电所来的两路入井高压电源，应分别经过高压配电箱后，才能接到高压母线上。

② 采用分段单母线系统，由一台高压配电箱作为分段母线的联络开关。

③ 对井底车场低压负荷供电的两台降压变压器，必须分别接在两段不同的母线上，并由各自的高压配电箱进行控制。

④ 如果主排水泵采用高压（6kV）电源供电时，所有水泵必须按台数尽可能均匀地分布在两条母线上，并分别设置高压配电箱进行控制。

⑤ 其他所有第一类负荷和采用双回路供电的第二类负荷的两路电源，都必须分别接在不同的母线上，并设置专用的高压配电箱进行控制。

⑥ 其他高压负荷也尽可能地均匀分布在两段母线上。

从上述接线方式得知，这种接线方法对保证煤矿井下供电的安全性、可靠性、灵活性和操作方便等都是比较好的。

## 二、采区供电系统

采区变电所是采区用电的中心。它的电源由中央变电所提供，其主要任务是将高电压变为低电压，并将此电压分配到本采区所有采掘工作面及其他用电设备。采区变电所的位置取决于低压供电电压、供电距离、采煤方法及其巷道布置方式、煤岩地质条件和机械化程度等因素。因此，一般情况下采区变电所设在采区用电负荷的中心，以保证采区所有用电设备（特别是大容量设备如大功率采煤机等）的端电压不低于设备额定电压的95%。对于较大的采区，考虑到供电电缆上的电压损失可能超过允许值，而影响供电质量，可在该采区设置两个以上的变电所。

采区变电所高压侧接线方式：对于单电源进线如果没有高压出线并且只有两台变压器，可以不设电源进线开关，如果有高压出线则要设进出线开关，对于双回路电源如果一回路供电、一回路备用的接线方式要设进出线开关，两回路同时供电时，两回路均设进线开关，且母线分段，设分段开关，正常情况下分段开关断开，以保持电源的分列运行状态。

采区变电所内要求通风良好，硐室围岩坚固，无淋水，易维修。硐室的其他安全措施基本与中央变电所相同。

### （一）综采工作面供电系统

综采工作面的供电系统如图 1-5 所示。

#### 1. 综采工作面供电系统的一般原则

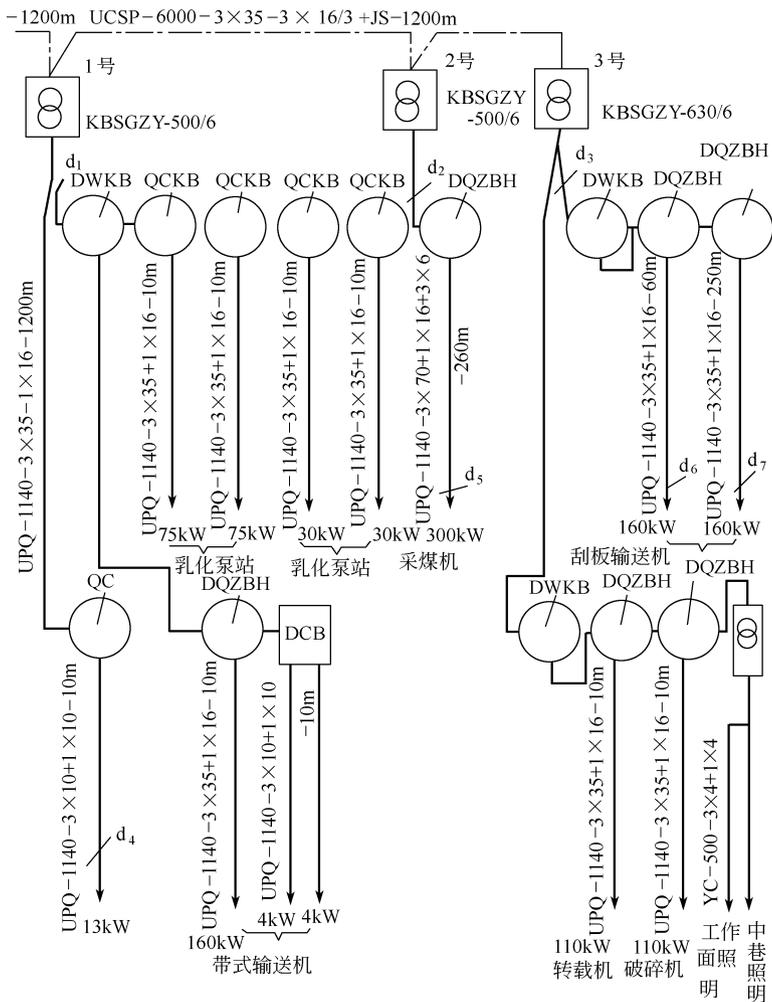


图 1-5 综采工作面供电系统

① 力求减少开关、启动器的使用台数，原则上 1 台启动器控制 1 台电动机；1 个配电点并联的启动器在 3 台以下时，一般不设进线用总馈电开关。

② 综采工作面各生产机械宜采用辐射式单独电缆供电。

③ 刮板输送机有多台电动机，容量都不太大时，应采用干线电缆供电；容量都较大时，可采用辐射式单独电缆供电。

④ 工作面配电点最大容量电动机的启动器应靠近配电点的进线，以减小启动器之间连接电缆的截面。

⑤ 力求减少电缆的长度，尽量减少重复供电。所选电缆总线截面不超过

70mm<sup>2</sup>。橡套电缆长度按敷设路径长度乘以 1.1，铠装电缆长度按敷设路径长度乘以 1.05。

## 2. 综采工作面供电系统的特点与组成

### (1) 综采工作面供电系统的特点

提高供电电压可以减小电动机的工作电流，从而减少电缆上的压降，保护电气设备能够正常运行，但须提高电缆、电动机、控制开关等设备的各部分绝缘。综采工作面供电电压提高到 1140V，电压升高后，供电距离增大，而且电动机的转矩损失大大减小。

采用移动变电站，可以缩短变电站和机采工作面动力设备的距离，减少压降，能适当加长工作面的走向长度，提高了采区供电的质量。移动变电站与工作面距离一般大于 100m，小于 300m，对供电距离最远的电动机，最大的采煤机的距离一般不大于 500m。

由于采用了移动变电站，高压进入工作面顺槽，高压线路较长，所以要求高压开关内设置的保护系统，在高压电缆出现故障时，能很快切断高压电源。

提高和改善电气设备及供电系统的电气保护性能。在电缆方面，除加强橡套的强度外，还必须有屏蔽层。在电气方面，要求具有良好的防爆性能，电气绝缘具有防潮性能，大修周期和工作寿命长，便于安装运输等。在供电系统保护装置方面，过载、短路、漏电等保护装置应广泛采用性能良好的电子插件。

### (2) 综采工作面供电系统的组成

6kV 高压系统的组成：由高压防爆配电箱、高压双屏蔽软电缆（613 型电缆）、高压电缆连接器和移动变电站等组成。

低压 1140V 系统的组成：移动变电站将 6kV 降为 1140V，由低压馈电开关（设有漏电、过流、短路保护装置）经由屏蔽电缆接至真空磁力启动器，通过屏蔽电缆馈电给各用电设备。

## 3. 对综采工作面供电系统的要求

① 综采工作面设备多，用电容量大，采区范围广，回采速度快，使用固定变电所已不能满足要求，为此，普遍采用移动变电站的供电方式，以缩短低压 1140V 供电电缆的长度，减少压降，提高供电质量。

② 为了保证大容量（如采煤机组）电动机启动和正常工作，要求提高采区的供电电压。

③ 电气设备应有良好的保护装置与指标装置（如设置过负荷、短路、欠电压、漏电闭锁、漏电保护等，与电流、电压、故障等有关的指示装置），一旦发生电气事故，能立即切断电源。

④ 采用安全性较高的屏蔽电缆和双屏蔽电缆。

⑤ 配电站应设有一定数量的备用启动器与开关，以便开关损坏后随时更换。

- ⑥ 真空磁力启动器的控制回路采用安全火花电路。
- ⑦ 电气设备的安装、移动和拆卸应迅速方便。

## (二) 局部通风机供电系统

为保证高瓦斯矿井掘进工作面的局部通风机可靠运转，局部通风机都实行“三专”（专用变压器、专用开关、专用线路）供电。“三专”供电可用以下两种供电方式实现。

① 采区变电所内，设立专供局部通风机使用的高压防爆开关、变压器、低压馈电开关、漏电继电器和供电电缆，如图 1-6 (a) 所示。

② 同一采区内相邻的两个掘进巷道内的局部通风机，可用 1 条电缆从采区变电所为其供电，也可分开供电，供电系统图如图 1-6 (b) 所示。

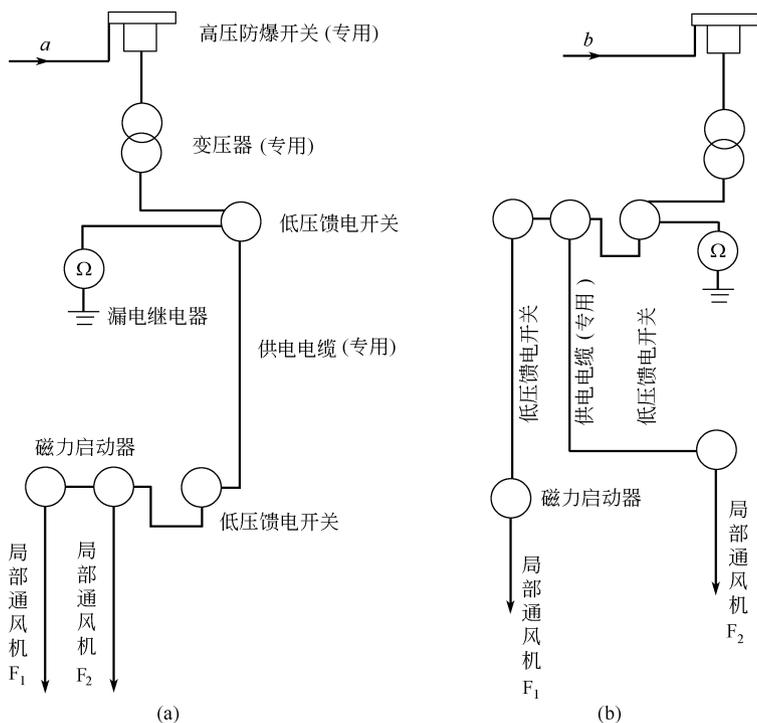


图 1-6 “三专”简单供电系统图

## (三) 工作面配电点

工作面配电点是将采区变电所送来的低压电能再分配给采掘工作面的用电设备。主要起配电作用，其次是用于干式变压器将电压降为 127V，供煤电钻和照

明使用。

工作面配电点设在低压开关集中的地方，因为经常随工作面移动。所以一般不需要开设专门的硐室，大都直接设在工作面附近的运输平巷或回风巷的一侧，位置距工作面 70~100m 处。

对于掘进工作面的配电点，大都设在掘进巷的一侧或掘进巷道的联络巷内，距工作面 80~100m 处。

对于使用采煤机的工作面，配电点大都设在回风巷。这是因为当采煤机割完煤后，停放在回风巷附近，工作面内无电缆。当采煤机出现故障时，也可利用回柱绞车较方便地将采煤机运出工作面。另外，在输电方面可与回柱绞车及回风巷其他设备共用一路电缆。典型的采煤工作面配电点，如图 1-7 所示。

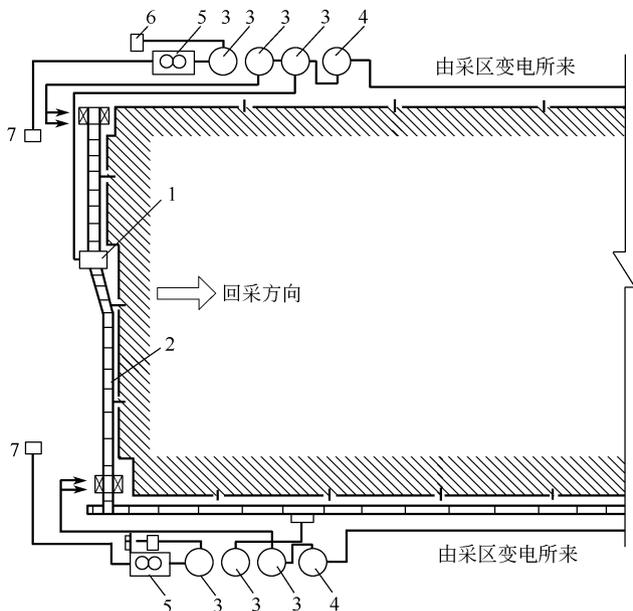


图 1-7 采煤工作面配电点布置及配电示意图

- 1—采煤机；2—运输机；3—磁力启动器；4—自动馈电开关；  
5—电钻综合启动器；6—回柱绞车；7—煤电钻

采掘工作面的电气设备随工作面的推进需经常移动，且它们的负荷大、启动频繁，加之工作的自然环境较差，为了保证其安全运行及日常维修，一般每个配电点都设置一台电源进线总开关。与其他开关放置在一起，以利于停、送电操作。当其他开关出现因触点粘连机构失灵等故障时，就能立即通过总开关迅速断开故障电源，避免发生事故。

为保证采区供电系统安全运行，机电区队长应定期下井并对系统进行检查，并注意以下问题。

① 采区变电所和工作面配电点的电气设备布置状况是否合理；高压配电装置仪表指示及变压器运行是否正常；低压馈电开关和启动器的包机牌上的技术参数是否符合实际，特别注意继电保护装置整定值是否合适；移动变电站运行是否正常；保护接地系统是否完好；观察漏电继电器欧姆表读数，判断电网绝缘水平是否正常；防护装置、绝缘用具和消防器材是否齐全；隔爆设备是否有失爆现象等。

② 电缆的敷设与连接是否符合要求，护套或铠装是否有破损。

③ 煤电钻综合保护装置和掘进工作面“三专”、“两闭锁”使用情况。

④ 电动机运转是否正常（声音、外壳温度等）。

⑤ 采区内存放油脂的地点是否合适（有无污染、距电气设备的远近等），种类是否齐全，数量是否充足。

⑥ 维护、操作人员有无违章行为，并询问采区供电系统内还存在哪些不安全因素和事故隐患。

⑦ 做好检查记录，如发现违章行为，应立即纠正；对急需处理的事故隐患，应安排专人限期进行处理；其余存在的问题，可根据不同情况，安排在设备大、中、小修中处理，使采区供电系统中的设备和线路经常处于完好状态，确保系统安全运行。

## 第二节 安全用电

### 一、安全用电的通用要求

为了加强井下电气管理，改善井下电气安全状况，减少井下电气事故，消灭失爆现象，杜绝因电气火花造成的瓦斯、煤尘爆炸事故。原煤炭部制定了井下电气安全 10 条措施，其中井下供电必须做到以下“十不准”。

① 不准带电检修。

② 不准甩掉无压释放器、过电流保护装置。

③ 不准甩掉漏电继电器、煤电钻综合保护和局部通风机风电、瓦斯电闭锁装置。

④ 不准明火操作、明火打点、明火放炮。

⑤ 不准用铜、铝、铁丝等代替保险丝。

⑥ 停风、停电的采掘工作面，未经检查瓦斯，不准送电。

⑦ 有故障的供电线路，不准强行送电。

⑧ 电气设备的保护装置失灵后，不准送电。

⑨ 失爆电气设备，不准使用。

⑩ 不准在井下拆卸矿灯。

此外，井下供电还应做到“三无、四有、两齐、三全、三坚持”，其具体内容如下。

“三无”，即无鸡爪子；无羊尾巴；无明接头。

“四有”，即有过电流和漏电保护装置；有螺钉和弹簧垫；有密封圈和挡板；有接地装置。

“两齐”，即电缆悬挂整齐；设备硐室清洁整齐。

“三全”，即防护装置全；绝缘用具全；图纸资料全。

“三坚持”，即坚持使用检漏继电器；坚持使用煤电钻、照明和信号综合保护；坚持使用风电和瓦斯电闭锁。

## 二、供电安全作业制度

供电安全作业制度主要有：工作票制度；工作许可制度；倒闸、试验操作票和工作监护制度；停、送电制度。井下电气设备的操作、检修及停、送电作业必须按照《煤矿安全规程》的规定执行，做到安全用电，具体要求如下。

① 高压停、送电的操作，可根据书面申请或采用其他可靠的联系方式，得到批准后，由专责电工执行；严格执行谁停电、谁送电的停电制度，严禁有约时停、送电现象发生；断开了的隔离开关的操作机构必须锁住，并在操作把手上悬挂“有人作业，禁止合闸”的标志牌。

② 电气设备的检查、维护、修理和调整工作，必须由专责的或临时指派的电气维修工进行。高压电气设备的修理和调整工作，应有工作票和施工措施。在特殊情况下，采区电工可对变电所内高压电气设备进行停、送电操作，但不得擅自打开电气设备进行修理。经维修单位机电主管人员授权者，不受此限。

③ 检修和搬迁井下电气设备电缆和电线前必须停电；用与电源电压相适应的验电器验电，确认无电后再在三相上挂装接地线，对电气设备进行放电，控制设备内部安有放电装置的不受此限。验电、接地、放电工作，在煤矿井下应在瓦斯浓度为1.0%以下时进行。所有开关的闭锁装置必须能可靠地防止擅自送电、防止擅自开盖操作，开关把手在切断电源时必须闭锁，并悬挂“有人工作，不准送电”字样的警示牌，只有执行这项工作的人员才有权取下此牌送电。

④ 部分停电作业应有遮挡。检修完恢复送电时，应由原操作人员取下标示牌，然后合闸送电。

⑤ 高压线路倒闸操作时，必须实行操作制度和监护制度。操作人员必须填写操作票，操作票中必须写明被操作设备的线路编号及操作顺序。严禁带负荷拉

开隔离开关的现象发生。

⑥ 操作时，必须有两人执行，一人操作，一人监护。操作中必须执行监护复诵制度。操作人员必须使用试验合格的绝缘工具，戴绝缘手套，穿绝缘靴或站在绝缘台上。手持式电气设备的操作手柄和工作中必须接触部分必须有良好的绝缘。

⑦ 井下防爆电气设备的运行、维护和修理，必须符合防爆性能和各项技术要求。防爆性能受到破坏的电气设备，必须立即处理或更换，不得继续使用。各矿机电部门必须建立防爆检查、电气管理、小型电器管理、电缆管理等专业组。电气设备防爆检查员必须由有业务能力并经过专业训练持有合格证的人员担任，还应按数量配齐。

⑧ 矿井应按表 1-1 的规定对电气设备和电缆进行检查和调整。检查和调整结果应记入专用的记录簿内。检查和调整中发现的问题，应指派专人限期处理。

⑨ 电气设备使用的绝缘油的物理、化学性能和电气耐压试验，每年应进行 1 次，但对其中操作频繁的电气设备使用的绝缘油，每半年应进行 1 次电气耐压试验。

油断路器经 3 次切断短路故障后，其绝缘油应做 1 次电气耐压试验，并检查有无游离碳。

不合标准的绝缘油，必须及时处理或更换。油浸电气设备的绝缘油量，应定期检查，并保持规定油量。

向电气设备内补充的绝缘油，应同原运行中的绝缘油有相符的物理、化学性能和电气耐压强度。

矿用电气设备绝缘油的更换和试验，应有专用的记录簿，并应保存在矿机电科。

⑩ 电缆悬挂整齐，设备硐室清洁整齐。防护装置全，绝缘用具全，图纸资料全。坚持使用检漏继电器，坚持使用煤电钻、照明和信号综合保护，坚持使用甲烷断电仪和甲烷风电闭锁装置。

### 三、触电的危害及防治措施

#### (一) 电流对人体的作用

煤矿井下空间狭小、潮湿、有淋水、矿尘大，容易造成电气设备漏电。因此，煤矿井下发生触电事故的可能性较大。触电事故是指人体触及带电体，或人体接近高压带电体时有电流流过人体而造成的事故。电流对人体的伤害大致可分为两大类：即电击和电伤。电击是指电流通过人体内部，造成人体内部器官损伤和破坏。电伤是指强电流瞬间通过人体的某一局部或电弧对人体表面造

成的烧伤。在触电死亡事故中，多数是电击死亡事故。因此，触电事故主要是指电击事故。电气设备和电缆检查项目见表 1-1。

表 1-1 电气设备和电缆检查项目

序号	检查项目	周期	备注
1	使用中的防爆电气设备的防爆性能检查	每月一次	每日应由分片负责的电工检查 1次外部
2	配电系统继电保护装置检查整定	每半年一次	负荷变化时应及时整定
3	高压电缆的泄漏和耐压试验	每年一次	
4	主要电气设备的绝缘和外部检查	每半年一次	
5	固定敷设的电缆的绝缘和外部检查	每季一次	每周由专职电工检查一次外部 和悬挂情况
6	移动式电气设备的橡套电缆绝缘检查	每月一次	每班由当班司机或专责电工检 查一次外皮有无破损
7	接地网电阻值测定	每季一次	
8	新安装的电气设备绝缘电阻和接地电阻的测定	投入运行前	

### 1. 流过人体的电流

电流通过人体时会引起神经或肌肉功能的紊乱和电烧伤，影响呼吸、心脏和神经系统。电流出入人体点和沿人体的电路会有不同程度的刺痛和麻木，并伴随着肌肉收缩。肌肉收缩会影响呼吸，使触电者窒息而死。电流通过中枢神经系统的呼吸控制中心也可使呼吸停止而死亡。但通常是引起心室颤动，阻碍心脏向大脑供血，因大脑缺氧而迅速死亡。

引起心室颤动所需的电流  $I$  与作用时间有关。一般地讲，凡是能引起心室颤动的电流或者使触电者不能自主地摆脱带电体的电流均是危险电流。只有触电者能自主地摆脱带电体的电流才是安全电流。一般认为：通过人体的电流超过 50mA 时，就有生命危险；超过 100mA 时，只要很短时就会使人停止呼吸，失去知觉而死亡。煤矿井下取 30mA 为人体触电电流安全极限（不计入电网的电容电流）。电流对人体的影响见表 1-2。

### 2. 人身电阻及安全电压

安全电压取决于人体电阻和安全电流的大小。人体的电阻由体内电阻和皮肤电阻组成。体内电阻由细胞、血管、神经等组成，一般不受外界影响，其阻值不低于 500Ω。皮肤电阻受外界影响较大：当皮肤表面角质层完好，其电阻高达 10kΩ 以上；当皮肤潮湿、多汗、损伤或有导电性粉尘时，其电阻急剧下降，但不低于 650Ω。因此，人体的电阻可按 1000~1500Ω 来考虑。对于干燥而触电危险性较小的环境，其安全电压一般不大于 40V；但对于潮湿而触电危险性较大的环境，安全电压不应大于 12V。

表 1-2 电流对人体造成的影响

I/mA	作用情况	
	50Hz 的交流电	直流电
0.6~1.5	开始有感觉,手指有麻木	没有感觉
2~3	手指有强烈麻刺,颤抖	没有感觉
5~7	手部痉挛	感觉痒、刺痛、灼热
8~10	手已难以摆脱带电体,但是还能摆脱,手指尖部到手腕有剧痛	热感觉增强
20~25	手迅速麻痹,不能摆脱带电体,剧痛,呼吸困难	热感觉增强较大,手部肌肉不强烈收缩
50~80	呼吸麻痹,心房开始震颤	有强烈热感觉,手部肌肉收缩,痉挛,呼吸困难
90~100	呼吸麻痹,持续 3s 或更长时间,则心脏麻痹,心室颤动	呼吸麻痹
300 及以上	作用时间 0.1s 以上,呼吸和心脏麻痹,机体组织遭到电流的热破坏	

## (二) 触电方式

从触电方式上分,触电事故可分为接触性触电和非接触性触电两种。

### 1. 接触性触电

接触性触电是指人体直接与带电体接触的触电方式。接触性触电又可分为两相触电和单相触电两种,以单相触电较多。

两相触电是指人体同时接触带电的两根相线(火线)的触电。由于电气设备的两根相线相距较近,触电电流仅通过人体的一小部分,因此,发生两相触电死亡事故比较少。

单相触电是指人体接触一相带电体,这时触电的危险程度取决于电网中性点是否接地和触电环境,如图 1-8 所示。电网中性点不直接接地时,通过人体的电流为中性点绝缘时,各相导线对地电阻为绝缘电阻,由于各相导线分布电容的存在,还应考虑分布电容的作用。因此,人体触电电阻为人体电阻与各相导线对地阻抗串联后的结果。正常情况下,通过大地的电流较小,但在故障时,流入大地的电流较大。由于大地电阻的存在,在不同两点间就存在着电压。人体两脚接触在地面时,所承受的电压为跨步电压。人承受到跨步电压时,虽然电流是从脚经腿和胯部又回到脚与大地形成回路,没有经过心脏等重要器官,但当承受较高跨步电压时,双脚就会抽筋、倒地。这时,通过人体的电流通路就会改变,就会通过人体的重要器官,如从头到手或脚。

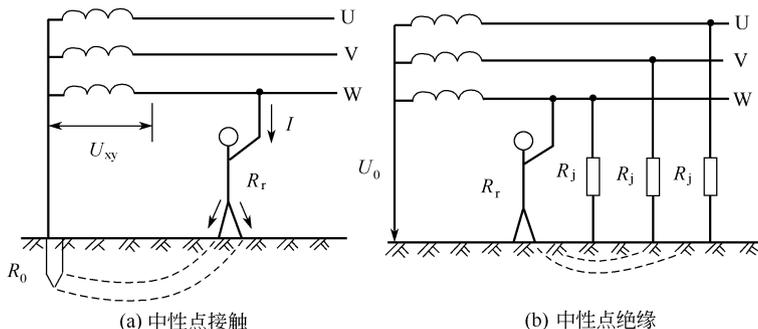


图 1-8 单相触电

## 2. 非接触性触电

当人靠近高压带电体，距离小于或等于放电距离时，人与高压带电体之间就会产生放电。这时，通过人体的电流虽然很大，但人会被迅速击倒而脱离电源，有时不会导致死亡，但会造成严重烧伤。

### (三) 防止触电的措施

为防止触电事故发生，在电气设备设计、制造、使用和维护中，要认真执行《煤矿安全规程》等有关规定，做到安全用电。防止触电的主要措施如下。

- ① 严格遵守电气作业安全的有关规章制度，提高作业人员的操作水平。
- ② 不得带电检修、搬迁电气设备、电缆和电线。
- ③ 使人体不能触及或接近带电体。首先，将人体可能触及的电气设备的带电部分全部封闭在外壳内，并设置闭锁机构，只有停电后外壳才能打开，外壳不闭合送不上电。对于那些无法用外壳封闭的电气设备的带电部分，采用栅栏门隔离，并设置闭锁机构。将电机车架空线这种无法隔离的裸露带电导体安装在一定高度，防止人无意触及。
- ④ 设置保护接地。当设备的绝缘损坏，电压窜到其金属外壳时，把外壳上的电压限制在安全范围内，防止人身触及带电设备外壳而造成触电事故。
- ⑤ 在井下高、低压供电系统中，装设漏电保护装置，防止供电系统漏电造成人身触电和引起瓦斯或煤尘爆炸。
- ⑥ 采用较低的电压等级。对那些人身经常触及的电气设备（如照明、信号、监控、通信和手持式电气设备），除加强手柄的绝缘外，还必须采用较低的电压等级。例如，手持式煤电钻和照明装置的额定电压不应大于 127V，矿井监控设备的额定电压不应大于 24V。
- ⑦ 维修电气装置时要使用保安工具，如绝缘夹钳、绝缘手套、绝缘套鞋等。

### 第三节 井下电网保护

#### 一、漏电保护

井下常见的漏电故障可分为集中性漏电和分散性漏电两种。集中性漏电是指电网的某一处或某一点发生漏电，而其他部分对地绝缘仍正常。分散性漏电是指某条线路的整体绝缘水平降低到安全值以下。

##### (一) 造成漏电故障的原因

① 电气设备长期超负荷运行造成绝缘老化，导致漏电。

② 电缆受到挤、压、砸、过度弯曲、铁器划伤或针刺，出现裂口和缝隙后，长期受潮气的浸蚀造成绝缘损坏或导电芯线外露。

③ 导线连接接头不牢固、有毛刺、防松措施差或无防松措施等，会造成接头脱落、接头松动，使相线与金属外壳直接搭接，或由于接头处发热使绝缘损坏而造成漏电。

④ 电气设备因绝缘受潮或进水，造成绝缘老化，从而导致漏电。例如，长期浸泡在水中的电缆、接线盒进水等。

⑤ 操作电气设备时，由于弧光放电造成一相接地，而导致漏电。

⑥ 维修电气设备时，将工具和材料等导电体遗留在设备内部，造成一相线接金属外壳。

⑦ 维修电气设备时，由于停、送电操作错误，带电作业，造成人身触电而发生漏电。

⑧ 移动频繁的电气设备，电缆反复弯曲使芯线部分折断，刺破电缆绝缘与接地芯线接触而造成漏电。

⑨ 在电气设备内增加其他部件，使带电导体与外壳之间的电气间隙或爬电距离小于安全值时，造成对外壳放电。

导致电网漏电故障造成的危害主要有漏电电流产生的电火花，当其火花能量达到最小点燃能量（0.28mJ）时，如果漏电点的瓦斯浓度也在爆炸浓度范围内，即能引起瓦斯、煤尘爆炸；当人身触及一相漏电导体或漏电的设备外壳时，如果流过人身的漏电电流大于极限安全电流  $30\text{mA} \cdot \text{s}$  时，可能造成人员触电伤亡；如果超过  $50\text{mA}$ ，可能引爆电雷管；此外，如果漏电故障不能及时发现和排除而长期存在，可能扩大成相间短路，造成更严重的危害。

## （二）预防漏电故障的措施

- ① 严禁电气设备及电缆长期过负荷运行。
- ② 导线连接要牢固、无毛刺，防松装置要完好，接线方式要正确。
- ③ 维修电气设备时要按规程操作，检修结束要认真检查，严禁将工具和材料等导体遗留在电气设备中。
- ④ 避免电缆、电气设备浸泡在水中，防止电缆受挤压、碰撞、过度弯曲、划伤、刺伤等机械损伤。
- ⑤ 不在电气设备中增加额外部件，若必须设置时，要符合有关规定的要求。
- ⑥ 设置保护接地装置。
- ⑦ 设置漏电保护装置。漏电保护装置应能连续监测电网的绝缘状态，并且只监视电网对地的绝缘电阻值，而不反应其电容的大小。当电网绝缘电阻降低到规定值时，快速切断供电电源。当电网的绝缘电阻对称下降或不对称下降时，其动作电阻值不变。其动作电阻值不应受电源电压波动的影响，并具有自检功能。漏电保护装置检测电路的电阻应足够大，不应降低电网对地的阻抗，不增加人身触电的危险。漏电保护装置必须灵敏可靠，既不能拒动，也不能误动。漏电保护装置应能对电网对地电容电流进行补偿，减小人体触电电流。漏电保护装置在电网送电之前应能对电网的绝缘状态进行监测，一旦发现漏电，将电源开关闭锁。漏电保护装置动作应有选择性，以缩小停电范围。将漏电保护装置与屏蔽电缆配合使用，当相线绝缘损坏发生漏电时，由于通过屏蔽层接地，而屏蔽层外部又有绝缘外护套保护，因此，在漏电火花还未外露之前，漏电保护装置就已经动作，切断电源，杜绝了在空气中出现漏电火花的可能性，即实现了超前切断。

## （三）漏电保护的作用及要求

漏电保护的作用主要如下。

- ① 防止人身触电。漏电保护可以缩短人身触电的时间，减小通过人身的电流，以保证人身的安全。
- ② 防止漏电电流烧毁电气设备。在电网中出现漏电故障后，漏电保护装置立即动作，切断电源。
- ③ 防止漏电电流产生的火花引起矿井瓦斯、煤尘爆炸的危险。
- ④ 对于由短路引起的接地故障，漏电保护还可起短路保护的后备保护作用，一旦短路保护装置拒动，漏电保护装置还可使开关跳闸。

目前使用的漏电保护装置很多，对煤矿井下低压漏电保护装置应满足以下要求。

### (1) 安全性

漏电保护首先要保证供电安全，包括人身安全、矿井安全、设备安全。为了防止人身触电，检漏保护装置的动作速度越快越好。我国煤矿井下采取  $30\text{mA} \cdot \text{s}$  作为人身触电的安全限值，即人身触电电流与触电时间的乘积不应超过  $30\text{mA} \cdot \text{s}$ ，只有这样，才能保证人身安全。对设备来说，漏电电流会使绝缘老化，但所需的漏电电流和漏电时间要超过人身触电的安全要求。因此，漏电保护能满足人身触电的安全条件，就可满足电气设备的安全要求。对矿井来说，漏电电流可能引起瓦斯、煤尘爆炸，通过漏电保护的作用，可以减小漏电电流和缩短漏电时间，降低出现严重事故的可能性。

### (2) 可靠性

漏电保护必须灵敏可靠，一是不拒动，二是不误动。检漏保护装置本身最好具有自检功能。

### (3) 选择性

漏电保护必须具有选择性，即切除漏电故障部分，而非故障部分继续运行。其目的是为了减小出现故障时的停电范围。选择性分为横向选择性和纵向选择性。横向选择性是指漏电保护系统只切断漏电故障所在支路。漏电故障不在本保护系统保护的支路上，而是在电网的其他支路上时，保护系统不应动作。纵向选择性是指保护系统只切断漏电故障所在段的电源，并保护其他正常段的供电。如果故障点在下级磁力启动器的保护范围内，同时磁力启动器已切除了故障支路，那么本级保护就不应再动作，否则是越级动作，失去纵向选择性。

### (4) 灵敏性

漏电保护的灵敏性是指保护装置针对不同程度漏电故障的反应能力，要求对于最小的漏电故障，保护装置也能可靠动作，即对临界漏电故障具有较强的反应能力。

### (5) 全面性

煤矿井下的低压电网，多是 1 台动力变压器为一单独的供电单元。全面性是指保护范围应覆盖整个供电单元，没有动作死区，无论该供电单元的何处发生什么类型的漏电故障（对称或不对称的），漏电保护都能起到保护作用。

## (四) 漏电保护方式

对于井下变压器中性点绝缘的供电单元，最常用的漏电保护方式有附加电源直流检测式、零序电流方向式、旁路接地式、自动复电式等几种。

### 1. 附加电源直流检测式漏电保护

#### (1) 工作原理

电网若发生漏电故障，最容易检测到的是故障相对地的绝缘电阻下降。这

样，如果在三相电网与大地之间附加一独立的直流电源，则在三相对地的绝缘电阻将有一直流电源通过，该电流的大小变化就直接地反映了电网对地绝缘电阻的变化。有效地检测和利用该电流，就可以构成附加电源直流检测式漏电保护。

这种保护的电气原理如图 1-9 所示。

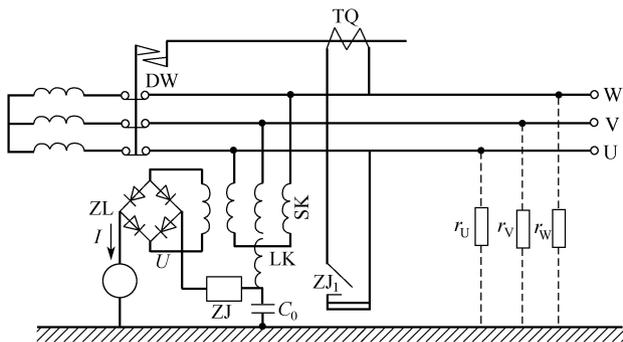


图 1-9 直流检测式漏电保护的电气原理

直流电流  $I$  由电源  $U$  的正极流出入地，经绝缘电阻  $r_U$ 、 $r_V$ 、 $r_W$  进入三相线路，再由三相电抗器  $SK$ 、人为中性点、零序电抗器  $LK$ 、直流继电器  $ZJ$  返回负极。图 1-9 中， $SK$  作为直流回路与三相交流电网的联系元件； $LK$  用于保证电网对地的绝缘水平，并作为电容电流的补偿元件。由于电容对直流为开路，故检测电流由下式求得：

$$I = U / (R_{\Sigma} + r_{\Sigma})$$

式中， $U$  为附加直流电源电压； $R_{\Sigma}$  为  $SK$ 、 $LK$ 、 $ZJ$  等元件的直流电阻之和， $R_{\Sigma} = 300\Omega$ ，变化不大； $r_{\Sigma}$  为  $r_U$ 、 $r_V$ 、 $r_W$  的并联值。

$r_{\Sigma}$  为变动值，若电网一相绝缘电阻降低为  $r$ ，其余两组为正常（趋于  $\infty$ ），则  $r_{\Sigma} = r$ ；若  $a$ 、 $b$  两相绝缘电阻同时降低，且  $r_U = r_V = r_W$ ，则  $r_{\Sigma} = r/2$ ；若  $r_U = r_V = r_W$ ，且同时同量变化，则  $r_{\Sigma} = r/3$ 。

由于  $U$  和  $r_{\Sigma}$  为定值，因此当  $r_{\Sigma}$  下降到一定程度（发生漏电），使检测电流  $I$  达到  $ZJ$  的动作电流时， $ZJ$  便动作，其常开或常闭接点将接通自动馈电开关的分励脱扣线圈，或断开其无压释放线圈，使自动馈电开关跳闸，实现漏电保护。

## (2) 动作值整定

作为直流检测型的漏电保护装置，其动作值应能直接反映电网对地的绝缘状态，所以不能以  $ZJ$  的动作电流来作为动作值，而应以  $r_{\Sigma}$  作为动作值并加以整定， $r_{\Sigma}$  的整定值应满足使人身触电电流小于  $30\text{mA}$  的条件。由于人身安全电流是  $30\text{mA}$ ，因此以  $660\text{V}$  电网为例，通过计算可以求出满足上述条件的  $r$  值为  $35\text{k}\Omega$ 。这说明对于  $660\text{V}$  电网，各相对地实际绝缘水平必须保持在  $35\text{k}\Omega$  以上，

单相漏电动作值为  $11.7\text{k}\Omega$ ，两相漏电动作值为  $11.7 \times 2 = 23.4$  ( $\text{k}\Omega$ )。

图 1-9 中，电容器  $C_0$  的作用是阻止交流电流通过直流继电器，以免影响其动作值。 $C_0$  连接在零序电抗器与大地之间，构成电网对地的交流通路，因电网对地阻抗不平衡（或发生漏电）而产生的交流电流（零序电流）被  $C_0$  旁路入地，不再通过 ZJ；另一方面， $C_0$  具有隔直功能，它不影响 ZJ 的正常工作。

### (3) 电容电流的补偿

由于电网对地电容的存在，会使漏电电流或人身触电电流显著增大，而单纯提高绝缘电阻，到一定程度后反而会使漏电电流或人身触电电流增大。从电网运行的角度看，则希望绝缘电阻越高越好。这一问题和矛盾，只有电容的作用基本消失，或者电容电流被完全补偿的情况下，才能得到解决。从电工理论可知，在电感与电容并联的电路中，电感电流和电容电流反相，前者滞后电源电压  $90^\circ$ ，后者超前电压  $90^\circ$ ，因此，在图 1-9 中增设了一条由 LK、 $C_0$  组成的可调感性支路，利用零序电流流过 LK 所产生的电感电流与电网对地电容电流相抵消，实现对电容电流的补偿，使故障处的漏电电流或人身触电电流大为降低。

### 2. 零序电流方向式漏电保护工作原理

在变压器中性点不接地的放射式电网中，如果某一条支路发生了不对称漏电故障或人身触电，则所有的支路都将有零序电流（主要是电容电流）流过，而漏电电流或人身触电电流便等于各路零序电流的总和，如图 1-10 所示。

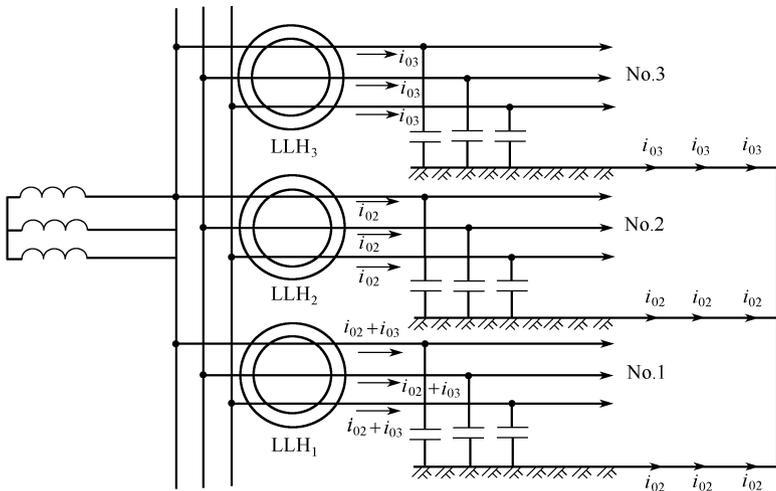


图 1-10 零序电流方向式漏电保护工作原理

从图 1-10 可知，流过故障支路的零序电流，不仅大小而且方向都和非故障支路不同，在故障支路中流过的各非故障支路零序电流之和，而各非故障支路只流过本支路的零序电流，所以其值必然小于前者。利用装设在各支路首端的零序

电流互感器来反映各支路零序电流的大小，可以做到有选择性的漏电保护，这就是利用零序电流幅值的保护原理。

另外，故障支路零序电流的方向是由线路流向母线，而各非故障支路的零序电流方向则是由母线流向线路并入地；二者的相位基本相反。当电网对地绝缘电阻为无限大时发生单相直接接地故障，二者的相位恰好相差  $180^\circ$ ，前者滞后零序电压  $90^\circ$ ，后者超前零序电压  $90^\circ$ 。利用故障支路和非故障支路零序电流的方向不同也可以做到有选择性的漏电保护，这就是利用零序电流方向的保护原理。

### （五）漏电保护装置的整定

漏电继电器动作电阻值是以网路绝缘电阻为基准确定的，即低压电网绝缘水平下降到对人触电有危险时，漏电继电器应动作，并切断电源。因此，把这个对人身触电有危险的电网极限绝缘电阻值，定为漏电继电器的动作电阻值。

对于不同电压等级的低压电网，漏电保护装置的电阻整定值如下：

1140V	20k $\Omega$
660V	11k $\Omega$
380V	3.5k $\Omega$
127V	1.5k $\Omega$

对于有漏电闭锁功能的漏电继电器，其闭锁电阻的整定值为动作电阻整定值的 2 倍。

## 二、过电流保护

过电流故障是指实际通过电气设备或电缆的工作电流超过了额定电流值。常见的过电流故障有短路、过负荷和断相三种。

### （一）引起过电流故障的原因

#### 1. 短路

在电网和电气设备中，若不同相线之间通过导体直接短接或通过弧光放电短路均会产生过电流。短路电流的大小取决于电网电压、由短路点形成的回路的电阻及短路点的位置，一般是额定电流的几十倍以上。在三相供电的电网中，如果采用中性点不接地的系统，仅有三相短路和两相短路两种。造成短路故障的原因主要如下。

① 绝缘击穿。由于电缆接头存在毛刺、松动或外部导体影响了导体之间的电气间隙和爬电距离，产生电弧放电而引起短路或由于电气设备和电缆受潮、绝缘老化或机械损伤，引起绝缘击穿而造成短路。

② 机械损伤。电气设备和电缆由于冒顶砸压、机械碰撞等原因造成短路。

③ 误操作。由于误操作造成短路故障，如两台不同相序的变压器并联运行等。

短路电流值很大，它能够在极短时间内烧毁电气设备，甚至引起火灾或引燃井下瓦斯、煤尘，或造成瓦斯、煤尘爆炸事故。短路还会引起电网电压急剧下降，影响电网中其他用电设备的正常工作。

## 2. 过负荷

过负荷是指电气设备的工作电流不仅超过了额定电流值，而且超过了允许的过负荷时间。过负荷在电动机、变压器和电缆线路中较为常见，是烧毁电动机的主要原因之一。过负荷电流一般比额定电流大1~2倍。造成电动机过负荷的原因主要如下。

① 电源电压过低。当机械负载不变时，电源电压降低，就会造成电动机工作电流加大，电动机的温度就会上升，当过负荷时间较长，电动机的温度就会超过允许温度而烧毁。

② 频繁启动。异步电动机的启动电流为正常工作电流的5~7倍，如果电动机频繁启动，就会使电动机的温度上升造成过负荷。

③ 重载下启动电动机。带负荷启动往往会造成启动时间长、电动机温度高的过负荷情况。

④ 机械卡堵。由于电动机轴承损坏、转子被卡或电动机所拖动的负荷被卡等都会造成电动机过负荷。

## 3. 断相

三相电动机在运行过程中出现一相断线，这时电动机仍然会运转，但其输出转矩比三相运行时要小得多。由于机械负载不变，电机的工作电流会比正常工作时的电流大很多，从而造成过负荷。造成断相的主要原因如下。

① 熔断器熔断。采用熔断器作为短路保护的磁力启动器，由于熔断器在电流的作用下会发生氧化脱皮现象，使熔片截面变小，从而在正常启动或工作时熔断，造成断相。

② 电缆芯线有一相断线。

③ 电缆与电动机或开关的连接头脱落。电动机的定子绕组与接线端子的连接头脱落；电缆芯线中有一相断线等。

## (二) 预防措施

过电流事故多数是由于设备选择不合理，缺乏日常维护检修和巡回检查，检修质量不高，没有定期进行预防性电气试验，缺少必要的保护装置，工作人员违反操作规程而引起的。为迅速排除过电流故障，应设置并正确计算和选择过流保护装置。

### (三) 过流保护

过流保护包括短路保护、过负荷保护和断相保护等。目前煤矿井下低压电网过流保护装置主要有电磁式过流继电器、热继电器、熔断器等。

矿井低压供电系统中短路电流、过载电流的大小和持续时间的长短，决定了对供电系统中电气设备的危害程度，必须采取有效措施将短路电流、过载电流的危害限制在最小程度。为此，应采取下列措施：

① 正确选择和校验电气设备，其短路分断能力要大于所保护供电系统可能产生的最大短路电流；

② 正确整定过电流、短路电流保护装置，使之在短路故障发生时，保证过流装置能准确、可靠、迅速地切断故障。

对各种过流故障虽采用预防措施但仍有可能发生，所以对电气设备和馈线路还必须设置过流保护装置。过流保护装置的额定电流或动作电流必须进行正确的选择或整定，不然的话不仅起不到保护作用，还能引起严重的事故。

#### 1. 熔断器

熔断器的熔体通常用低熔点的铅、锡、锌合金制成，串接在被保护的电气设备的主回路中，当电气设备发生短路时，流过熔体的大电流使熔体温度急剧升高并使它熔断，这样将故障线路与电源分开，达到保护的目。严禁使用熔点较高的铁丝、铜丝等代替熔体，防止失去保护作用而造成电气设备烧毁等事故。

熔体额定电流的选择方法如下。

① 对保护电缆支线的熔体，按下式计算：

$$I_R \approx \frac{I_{Qe}}{1.8 \sim 2.5}$$

式中， $I_R$  为熔体的额定电流； $I_{Qe}$  为电动机的额定启动电流，若被保护的是几台同时启动的电动机，则应为这几台电动机额定启动电流之和；1.8~2.5 为容量最大的电动机启动时保证熔体不熔化的系数，对不经常启动和轻载启动的电动机取 2.5，对频繁启动或带负载启动者可取 1.8~2。

② 对保护电缆干线的熔体，按下式计算：

$$I_R \approx \frac{I_{Qe}}{1.8 \sim 2.5} + \sum I_e$$

式中， $I_{Qe}$  为容量最大的 1 台笼型电动机的额定启动电流； $\sum I_e$  为其余电动机额定电流之和。

③ 对保护照明负荷的熔体，按下式计算：

$$I_R \approx I_e$$

式中， $I_e$  为照明负荷的额定电流。

为保证在熔断器保护范围内出现最小短路电流时熔体能可靠熔断，应按下式进行短路电流校验：

$$I_d^{(2)} / I_R \geq 4 \sim 7$$

式中， $I_d^{(2)}$  为被保护范围末端的最小两相短路电流；4~7 为保证熔体及时熔断的系数。电压为 380V、660V 时：熔体额定电流为 100A 及以下时，系数取 7；熔体额定电流为 125A 时，系数取 6.4；熔体额定电流为 160A 时，系数取 5；熔体额定电流为 200A 及以上时，系数取 4。电压为 127V 时，系数一律取 4。

## 2. 电磁式过电流继电器

电磁式过电流继电器主要装设在 DW 系列框架式空气断路器以及 DZ 系列空气断路器组成的矿用隔爆型馈电开关中，是一种直接动作的一次式过流继电器，作为变压器二次侧总的或配出线路的短路保护装置。它的动作电流整定值，是靠改变弹簧的拉力进行均匀调节的，其调节范围一般是开关额定电流的 1~3 倍。当继电器的动作电流一经整定好后，只要流过继电器线圈的电流达到或超过整定值时，继电器就迅速动作。电磁式过流继电器的整定方法如下。

① 保护电缆支线的装置按下式计算：

$$I_z \geq I_{Qe}$$

式中， $I_z$  为电磁式过流继电器的整定动作电流； $I_{Qe}$  为电动机的额定启动电流。

② 保护电缆干线的装置按下式计算：

$$I_z \geq I_{Qem} + \sum I_e$$

式中， $I_{Qem}$  为容量最大的电动机额定启动电流； $\sum I_e$  为其余电动机的额定电流之和。

③ 灵敏度校验，即

$$K_s = I_d^{(2)} / I_z \geq 1.5$$

式中， $I_d^{(2)}$  为被保护范围末端的最小两相短路电流； $I_z$  为过流继电器动作电流整定值； $K_s$  为保证保护装置可靠动作的灵敏度系数。

## 3. 热继电器

热继电器作为过载保护装置，对其基本要求是要有反时限的保护特性。所谓反时限保护特性是指过载程度越重，允许过载时间越短；反之，允许过载时间越长。动作延时随过载程度的增加而减少。为了取得反时限保护特性，在井下常用的是以双金属片为主体构成的热继电器。一方面，因为双金属片有热惯性，从设备开始出现过载到双金属片因受热而产生显著变形，以致断开触点起保护作用，需要经过一段延时。另一方面，过载程度越大，双金属片的温度升高越快，动作延时越短；反之，则动作延时越长。

热继电器的整定计算如下。

① 保护单台电动机时按下式计算：

$$I_z = I_e$$

式中， $I_z$  为热继电器的整定电流； $I_e$  为电动机的额定电流。

② 保护多台电动机时按下式计算：

$$I_z = \sum I_e$$

式中， $\sum I_e$  为各电动机的额定电流。

### 三、保护接地

在井下变压器中性点不接地系统中，将电气设备正常情况下不带电的金属部分（外壳、构架等），用导线与埋在地下的接地极连接起来，称为保护接地。其保护原理是：如果没有保护接地时，当人身触及因某一相绝缘损坏而带电的设备外壳时，电流将全部通过人身入地，再经过其他两相对地绝缘电阻及电网对地分布电容流回电源。如图 1-11 所示，当电网对地绝缘水平较低及网路较长时，通过人身的电流可能超过极限安全电流，造成人身触电伤亡事故。

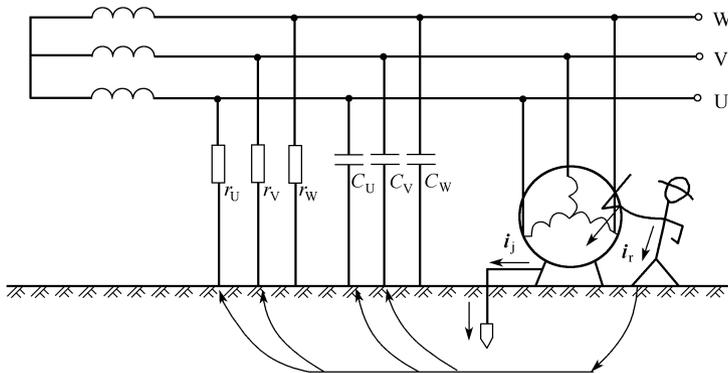


图 1-11 有保护接地时人体触电示意图

当有保护接地时，如果人身触及带电的设备外壳，电流将通过接地极和人体两条并联路径入地，再经过电网其他两相对地绝缘电阻和分布电容流回电源，如图 1-11 所示。由于接地装置的分流作用，且电阻很小（不超过  $2\Omega$ ），绝大部分电流通过接地装置流入大地，使通过人身的电流大大减小，从而保证了人身安全。

按照《煤矿安全规程》规定：井下 36V 以上的电气设备的金属外壳、构架等，都必须装设保护接地。井下保护接地网由主接地极、局部接地极、接地母线、连接导线等几部分组成，如图 1-12 所示。

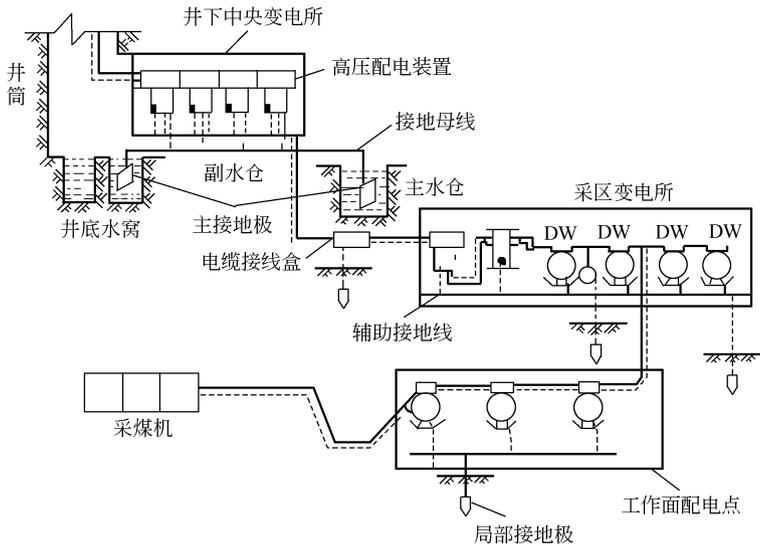


图 1-12 井下保护接地网示意图

接地网上任一保护接地点测的接地电阻值，不得超过  $2\Omega$ 。移动设备或手持式设备同接地网之间的保护接地用的电缆芯线（或其他相当接地导线）的电阻值，都不得超过  $1\Omega$ 。

所有电气设备的保护接地装置（包括电缆的铠装、铅皮、接地芯线）和局部接地装置，都应同主接地极连接成一个总接地网。

### 1. 主接地极

主接地极应在主、副水仓中各埋设一块。主接地极应用耐腐蚀的钢板制成，其面积不小于  $0.75\text{m}^2$ 、厚度不小于  $5\text{mm}$ 。

主接地极的表面积大，矿井水的电导率高，使得接地电阻要比其他接地极小，又因其位于接地网的中心因此主接地极在整个保护接地网中起着十分重要的作用。矿井有几个水平时，各个水平都要设立主接地极，如果该水平没有水仓，不能设立主接地极时，则该水平的接地网必须与其他水平的主接地极相连；矿井内分区独立供电者（包括电钻供电），可以单独在井下或井上设置分区的主接地极，但其总接地网的接地电阻也应符合不超过  $2\Omega$  的要求。

### 2. 局部接地极

《煤矿安全规程》规定，在下列地点应装设局部接地极：

- ① 每个装有电气设备的硐室；
- ② 每个（套）单独装设的高压电气设备；
- ③ 每个低压配电点，如果采煤工作面的机巷、回风巷和掘进巷道内无低压

配电点时，上述巷道内至少应分别设置一个局部接地极；

④ 连接动力铠装电缆的每个接线盒。

在机巷或回风巷的局部接地极应尽量设在靠近工作面的地方，为了避免接地极过于频繁移动，一般设在距工作面约 50m 处。设这一局部接地极的作用是：当供机巷或回风巷电气设备电缆线路的接地芯线断裂时，仍能起着保护人身触电的作用。据测定，在 660V 或 380V 低压供电系统中，单相接地电流值一般最大不超过 500mA。因此，靠近工作面的局部接地极的接地电阻，可按下式计算，应不大于  $80\Omega$ ：

$$R=U/I_e=40/0.5=80(\Omega)$$

式中， $R$  为靠近工作面局部接地极电阻； $U$  为交流安全电压，一般取 40V； $I_e$  为低压电网的单相接地电流。

局部接地极最好设置于巷道旁的水沟内，以减小接地电阻值。如无水沟时，则应埋设在潮湿的地方。对于埋设在巷道水沟或潮湿地方的局部接地极，可采用面积不小于  $0.6\text{m}^2$ 、厚度不小于 3mm 的钢板；如矿井水含酸性时，也应采取与主接地极相同的措施。

至于埋设在其他地点的局部接地极，可采用镀锌钢管。钢管直径不得小于 35mm、长度不得小于 1.5m，管子上至少要钻 20 个直径不小于 5mm 的透眼，并灌注盐水，以降低接地电阻值。

### 3. 接地母线和辅助接地母线

井下中央变电所和水泵房均应设置接地母线；采区变电所、采区配电点及其他机电硐室则应设置辅助接地母线。接地母线及辅助接地母线应采用断面不小于  $100\text{mm}^2$  的镀锌扁钢（或镀锌铁线）或断面不小于  $50\text{mm}^2$  的裸铜线。采区配电点及其他机电硐室的辅助接地母线应采用断面不小于  $50\text{mm}^2$  的镀锌扁钢（或镀锌铁线）或断面不小于  $25\text{mm}^2$  的裸铜线。接地母线和辅助接地母线均应分别和主接地极、局部接地极连接。连接接地极的接地导线应采用断面不小于  $50\text{mm}^2$  的镀锌扁钢（或镀锌铁线）或断面不小于  $25\text{mm}^2$  的裸铜线。

### 4. 连接导线和接地导线

各个电气设备的金属外壳、铠装电缆的钢带（或铜丝）和铅包均应通过单独的连接线直接与接地母线或辅助接地母线连接。连接导线和接地导线均应采用断面不小于  $50\text{mm}^2$  的镀锌扁钢（或镀锌铁线）或断面不小于  $25\text{mm}^2$  的裸铜线。对于移动式电气设备，应用橡套电缆的接地线芯进行连接，并要求每一移动式电气设备与总接地网或局部接地极之间的接地电阻，不得超过  $1\Omega$ 。

此外，与漏电保护装置配合使用的电缆屏蔽层，也应可靠接地。低于或等于 127V 的电气设备的接地导线和连接导线，可采用断面不小于  $6\text{mm}^2$  的裸铜线。

禁止采用铝导体作为接地极、接地母线、辅助接地母线、连接导线和接地导线。

### 5. 维护

在矿井中禁止使用无接地线芯（或无其他可供接地的护套，如铅皮、铜皮套等）的橡套电缆或塑料电缆。凡有值班人员的机电硐室和有专职司机的电气设备，交接班时必须由值班人员和专职司机对保护接地进行一次表面检查，而其他设备的保护接地，则由维修人员每周至少进行一次表面检查。表面检查时，应着重观察整个接地网的连接情况，务必使其连续不断。对于接触不良或严重锈蚀等，应立即处理，否则将使接地电阻值增大。

此外，每年至少要将主接地极和局部接地极从水仓或水沟提出来，详细检查一次。主接地极应是一个检查，一个工作，不能同时都提出，以免影响安全。矿井水含酸性较大时，应适当增加检查次数。为了降低接地电阻值，对于局部接地极（除设置在水沟中外），特别是管状局部接地极，应经常灌注盐水，以保护良好的导电状态。

电气设备在每次安装、检修或迁移后，应详细检查其接地装置的完善情况。对于那些振动性较大及经常移动的电气设备，应特别注意，必须随时加强检查，务必使其接地良好。如果发现接地装置有损坏时，应立即处理。凡电气设备的保护接地装置未修复以前，禁止向其送电。

井下总接地网接地电阻值的测定，要有专人负责，每季至少进行一次，并将测量结果记入记录簿内，以便查阅。新安装的接地装置，应在投入运行前，对其接地电阻值进行测量。

在有瓦斯及煤尘爆炸危险的矿井内，进行接地电阻测量时，应采用本质安全防爆型测量仪表。例如，采用普通型仪表时，只准在瓦斯浓度为1%以下的地点使用，并采取一定的安全措施。

## 第四节 井下电气设备的完好标准及检修质量标准

### 一、制定井下电气设备的完好标准及检修质量标准的意义

井下电气设备的完好标准及检修质量标准是为适应煤炭企业转换经营机制的新形势，加强煤炭行业的机电基础工作和现场管理，减少并消除事故隐患，保证矿井安全生产，确保国有资产的保值、增值和设备的完好运行而建立的。

对于每个企业的具体要求是：管好、用好机电设备，完成年度机电工作计划；无特大机电直接责任事故；有便于操作的机电质量检查验收组织、检查制度及奖惩制度。

#### 1. 应具备的规章制度

- ① 操作规程（装订成册）。
- ② 岗位责任制（装订成册）。
- ③ 设备运行、维修保养制度。
- ④ 设备定期检修制度。
- ⑤ 机电干部上岗、查岗制度。
- ⑥ 设备管理制度。
- ⑦ 电气试验制度。
- ⑧ 安全活动制度。
- ⑨ 事故分析、追查制度。
- ⑩ 设备包机制度。
- ⑪ 防爆设备入井安装、验收制度。
- ⑫ 电缆管理制度。
- ⑬ 小型电气管理制度。
- ⑭ 油脂管理制度。
- ⑮ 配件管理制度。

## 2. 机电设备操作人员的要求

- ① 知设备结构，知设备技术性能，知安全保护原理。
- ② 会操作、会维修、会保养、会排除一般故障。
- ③ 严格执行交接班制度、岗位责任制度、巡回检查制度、要害场所管理制度、操作规程。

## 二、机电设备完好标准

### 1. 要求原则

- ① 零部件齐全完整。
- ② 设备性能良好、出力达到规定。
- ③ 安全防护装置齐全可靠。
- ④ 设备环境整洁。
- ⑤ 与设备完好有直接关系的记录和技术资料齐全准确。

### 2. 机电设备完好状态的要求

- ① 设备性能良好。机械设备能稳定地满足生产工艺要求，动力设备的功能达到原设计或规定标准，运转无超温、超压等现象。
- ② 设备运转正常，零部件齐全，安全防护装置良好，磨损、腐蚀程度不超过规定的标准，控制系统、计量仪器、仪表和润滑系统工作正常。
- ③ 原材料、燃料、润滑油、功率等消耗正常。基本无漏油、漏水、漏气（汽）、漏电现象，外表清洁、整齐。

### 三、机电设备检修质量标准

对机电设备检修的主要要求如下。

- ① 消除设备缺陷和隐患。
- ② 对设备的隐蔽部件进行彻底的解体检查。
- ③ 对关键部件、部位进行无损探伤。
- ④ 对安全保护装置和设施进行试验，检查其动作的可靠性和准确性。
- ⑤ 对设备的性能、出力进行全面的技术测定、鉴定。
- ⑥ 对设备的技术改造。
- ⑦ 进行全面彻底的清扫、换油、除锈、防腐等。
- ⑧ 处理故障或进行事故性检修。

检修中要有预防设备损坏和人身伤害事故发生的安全措施。制定的措施应从防火、防断、防倒、防碰、防坠、防撞、防触电、防滚滑、防中毒、防爆炸等方面考虑。

### 四、井下电气设备的完好标准及检修质量标准的实现途径

#### 1. 设备维修保养

设备维修保养的主要内容是：清洁、润滑、紧固、调整、防腐。对设备进行维修保养，是管好、用好设备的前提条件。加强维护保养，可以使设备减少磨损、改善设备的使用状况、保证正常运转、延长设备使用寿命。及时处理设备运转中出现的问题，可以减少事故的发生。

#### 2. 巡回检查

巡回检查的方法一般采取看、摸、听、嗅、试、量等手段。

- ① 看——从外观检查，看仪表指示。
- ② 摸——用手摸，感触其振动、温度，或用手槌敲击，检查其紧固程度。
- ③ 听——听其音响，有无异声。
- ④ 嗅——用鼻闻是否有异味。
- ⑤ 试——试验安全保护装置是否灵敏可靠。
- ⑥ 量——简单量具测试。

#### 3. 设备包机制

包机制是生产责任制的一种基本形式，对每一台设备、每一条电缆、每一条管线、每一种安全保护装置、每一段环境卫生都要落实到人，做到岗位固定、分工包干、挂牌留名、责任到人、任务明、职责清。包机制实行五包：即包生产出勤、包机电设备完好、包安全经济运行、包文明生产和质量标准化达标。

#### 4. 区队机电设备的检查

区队机电设备安全运行检查分日常检查、定期检查和重点抽查三种形式，主要检查内容如下。

#### (1) 日常检查

包括班前、班后交接班时的检查和机电设备运行中的巡回检查，主要由包机者和操作工人进行，可与日常保养维护结合起来，发现问题立即排除，有较大问题立即报告，及时组织处理。

#### (2) 定期检查

主要由专业维修工人负责，操作工人参与按规定时间进行的检查，其任务是全面检查设备性能，以便确定修理时间和种类。在检查中，可对设备进行清洗和换油。

#### (3) 重点抽查

为了保证设备的安全运转，除日常检查和定期检查外，还要对机电设备易出现问题的部位进行重点抽查，为检修计划做好准备工作。

## 第二章 矿用电气设备和电缆

### 第一节 矿用电气设备

井下电气设备分矿用一般型电气设备和矿用防爆电气设备。

#### 一、矿用一般型电气设备

矿用一般型电气设备是专为煤矿井下条件生产的不防爆的一般型电气设备，这种设备与通用设备比较对介质温度、耐潮性能、外壳材质及强度、进线装置、接地端子都有适应煤矿具体条件的要求，而且能防止从外部直接接触及带电部分及防止水滴垂直滴入，并对接线端子的漏电距离和空气间隙有专门的规定。

#### 二、防爆电气设备的分类

煤矿井下生产特别是在采掘过程中，有发生瓦斯、煤尘爆炸的危险，为保证矿井安全，防止电气设备引爆。人们在生产实践中不断总结经验，采取各种措施制造了不同类型的防爆电气设备。

① 隔爆型电气设备 d。具有隔爆外壳的电气设备。该外壳既能承受其内部爆炸性气体混合物引爆产生的爆炸压力，又能防止爆炸产物窜出隔爆间隙点燃外壳周围的爆炸混合物。

② 增安型电气设备 e。在正常运行条件下，在不会产生电弧、火花和可能点燃爆炸性混合物的高温的设备结构上采取措施，提高安全程度，以避免在正常和认可的过载条件下出现这些现象的设备。

③ 本质安全型电气设备 i。全部电路均为本质安全电路的电气设备。所谓本质安全电路是指在规定的试验条件下正常工作和规定的故障状态下产生的电火花和热效应均不能点燃规定的爆炸性混合物的电路。

④ 正压型电气设备 p。具有正压外壳的电气设备。即向外壳内充入正压惰性气体或新鲜空气，以防止外壳外部的爆炸性混合物进入壳内的电气设备。

⑤ 充油型电气设备 o。可能产生火花、电弧和危险温度的带电部件浸在油中，使其不引起油面上爆炸性混合物爆炸的电气设备。

⑥ 充砂型电气设备 q。外壳内部充填砂粒材料，在规定的使用条件下，外壳内产生的电弧、传播的火焰、外壳壁或砂粒材料表面的过热温度，均不能引燃该

设备周围的爆炸混合物。

⑦ 特殊型电气设备 s。凡在结构上不属于上述基本防爆类型及其类型组合的电气设备，经充分试验又确定证明具有防止引爆设备周围爆炸性气体混合物能力的设备。

### 三、电气设备的防护等级、电气间隙与爬电距离

#### (一) 电气设备的防护等级

电气设备应具有坚固的外壳，外壳应具有一定的防护能力，并达到一定的防护等级标准。防护等级就是防外物和防水的能力。

防外物是指防止外部固体进入设备内部和防止人体触及设备内的带电或运动部分的性能，简称防外物。防水是防止外部水分进入设备内部，对设备产生有害影响的防护性能，简称防水。

防护等级用字母 IP 连同两位数来标志。例如，IP43 中的 IP 是外壳防护等级标志，第一位数字 4 表示防外物 4 级，第二位数字 3 表示防水 3 级。数字越大表示等级越高，要求越严格。防外物共分 7 级，防水共分 9 级。外壳防护等级标准见表 2-1。

表 2-1 电气设备外壳的防护等级

防护等级	防外物能力分级		防水能力分级	
	简称	说明	简称	说明
0	无防护	没有专门的保护	无防护	没有专门的保护
1	防护大于 50mm 的固体	能防止直径大于 50mm 的固体异物进入壳内	防滴	垂直的滴水应不能直接进入产品内部
2	防护大于 12mm 的固体	能防止直径大于 12mm 的固体异物进入壳内	15°防滴	与铅垂线成 15°角范围内有淋水应不能直接进入产品内部
3	防护大于 2.5mm 的固体	能防止直径大于 2.5mm 的固体异物进入壳内	防淋水	与铅垂线成 60°角范围内有淋水应不能直接进入产品内部
4	防护大于 1mm 的固体	能防止直径大于 1mm 的固体异物进入壳内	防溅	任何方向的溅水对产品应无有害影响
5	防尘	能防止影响产品正常运行的灰尘进入壳内	防喷水	任何方向的喷水对产品应无有害影响
6	尘密	完全防止灰尘进入壳内	防强力喷水	强力喷水对产品应无有害影响
7	—	—	浸水	产品在规定的压力和时间下浸在水中，进水量应无有害影响
8	—	—	潜水	产品在规定的压力下长时间浸在水中，进水量应无有害影响

#### (二) 电气间隙与爬电距离

由于煤矿井下空气潮湿、粉尘较多、环境温度较高，严重影响电气设备的绝

缘性能。为了避免电气设备由于绝缘强度降低而产生短路电弧、火花放电等现象，对电气设备的爬电距离和电气间隙做出了规定。

电气间隙和爬电距离是既有区别又有联系的两个不同概念。电气间隙是指两个裸露的导体之间的最短距离，即电气设备中有电位差的金属导体之间通过空气的最短距离。电气间隙通常包括：

- ① 带电零件之间以及带电零件与接地零件之间的最短空气距离；
- ② 带电零件与易碰零件之间的最短空气距离。电气间隙应符合表 2-2 的规定。

只有满足电气间隙的要求，裸露导体之间和它们对地之间才不会发生击穿放电，才能保证电气设备的安全运行。

表 2-2 电气间隙与爬电距离

额定电压/V	最小电气间隙/mm	最小爬电距离/mm			
		a	b	c	d
36	4	4	4	4	4
660	10	12	16	20	25
60	6	6	6	6	6
1140	18	24	28	35	45
127	6	6	7	8	10
3000	36	45	60	75	90
220	6	6	8	10	12
6000	60	85	110	135	160
380	8	8	10	12	15
10000	100	125	150	180	240

注：表中 a、b、c、d 是绝缘材料按相对泄痕指数的分级。

爬电距离是指两个导体之间沿其固体绝缘材料表面的最短距离。也就是在电气设备中有电位差的相邻金属零件之间，沿绝缘表面的最短距离。爬电距离是由电气设备的额定电压、绝缘材料的耐泄痕性能以及绝缘材料表面形状等因素决定的。额定电压越高，爬电距离就越大；反之，就越小。绝缘材料表面施加污染液或污垢杂质之后，在两个电极之间的电场作用下，这些导电液体或污垢杂质将产生微小的火花放电，使绝缘材料发生局部破坏，那么绝缘材料抵抗这种破坏的能力就称为耐泄痕性能。防爆电气设备是在有爆炸危险的场所使用的，环境中含有各种污染液和污垢杂质，设备绝缘材料的耐泄痕性能是十分重要的。绝缘材料的耐泄痕性能通常是用耐泄痕指数来表示。耐泄痕指数是指固体绝缘材料能够承受 50 滴或 100 滴以上的电解液而没有形成漏电的最高电压。绝缘材料根据相对泄痕指数分为 a、b、c、d 共 4 个级，a 级最高，d 级最低。常用绝缘材料耐泄痕指数分级见表 2-3。由此可见，绝缘材料耐泄痕性能越好，爬电距离就越小；反之，就越大。

表 2-3 绝缘材料按相对泄痕指数分级

级别	相对泄痕指数	试验电压/V	滴数	绝缘材料
a		600	>100	上釉的陶瓷、云母、玻璃
b	500	500	>50	三聚腈胺石棉耐弧塑料、硅有机石棉耐弧塑料
c	380	380	>50	聚四氟乙烯塑料、三聚腈胺玻璃纤维塑料、表面用耐弧漆处理的环氧玻璃布板
d	175	175	>50	酚醛塑料、层压制品

#### 四、矿用井下电气设备的选择

矿用井下电气设备的选择见表 2-4。

表 2-4 矿用井下电气设备的选择

使用场所  类别	煤(岩)与瓦斯 突出矿井和瓦斯 喷出区域	瓦斯矿井				
		井底车场、总进风巷 或主要进风巷		翻车机 硐室	采区进 风道	总回风道、主要回风 道、采区回风道、工 作面和工作面进风、 回风道
		低瓦斯 矿井	高瓦斯 矿井			
高低压电动机 和电气设备	矿用防爆型 (矿用增安型除 外)	矿用一 般型	矿用一 般型	矿用防 爆型	矿用防 爆型	矿用防爆型(矿用 增安型除外)
照明灯具	矿用防爆型 (矿用增安型除 外)	矿用一 般型	矿用一 般型	矿用一 般型	矿用一 般型	矿用一般型(矿用 增安型除外)
通信、自动化 装置和仪表、 仪器	矿用一般型 (矿用增安型除 外)	矿用一 般型	矿用一 般型	矿用一 般型	矿用一 般型	矿用一般型(矿用 增安型除外)

#### 五、隔爆型电气设备隔爆面的三要素

隔爆型电气设备除要求其外壳具有一定耐压强度外，更主要的是具有不传爆性。不传爆性由隔爆接合面的长度、间隙和粗糙度三要素来保证。

① 接合面的结构参数见表 2-5。

② 快动式门或盖的隔爆接合面的最小有效长度  $L$  须不小于 25mm。

③ 当操纵杆直径  $d$  不大于 6.0mm 时，隔爆接合面长度须不小于 6mm；直径不大于 25mm 时，长度  $L$  须不小于直径  $d$ ；直径大于 25mm 时，长度  $L$  须不小于 25mm。

④ 当操纵杆与杆孔的配合间隙  $W$  因磨损而增大时，可采取在杆孔处嵌镶衬套等措施进行修复。

⑤ 在检修中除去隔爆接合面的法兰厚度，不得超过维修余量的数值。

⑥ 隔爆接合面表面粗糙度不大于 3.2，操纵杆的表面粗糙度不大于 1.6。

表 2-5 接合面的结构参数

接合面形式	隔爆接合面长度 $L/\text{mm}$	接合面内缘至螺 栓孔距离/ $\text{mm}$	间隔 $W/\text{mm}$	
			外壳容积 $V/\text{L}$	
			$V < 0.1$	$V > 0.1$
平面、止口或圆筒 结构	6.0	6.0	0.30	—
	12.5	8.0	0.40	0.40
	25.0	9.0	0.50	0.50
	40.0	15.0	—	0.60
带有滚动轴承的圆 筒结构	6.0	—	0.40	0.40
	12.5	—	0.50	0.50
	25.0	—	0.60	0.60
	40.0	—	—	0.80

⑦ 隔爆结合面须有防锈措施，如电镀、磷化、涂防锈油等，但不准涂油漆。

⑧ 螺纹隔爆结构如下。

- a. 根据 GB 3836.2—33 螺纹精度须不低于 3 级，螺距不小于 0.7mm。
- b. 螺纹的最小啮合扣数、最小拧入深度，必须符合表 2-6 的规定。

表 2-6 螺纹的最小啮合扣数、最小拧入深度规定

外壳净容积 $V/\text{L}$	最小拧入深度/ $\text{mm}$	最小啮合扣数
$V \leq 0.10$	5.0	6
$0.1 < V \leq 0.20$	9.0	6
$0.2 < V$	12.5	6

## 第二节 矿用电缆及连接器

由于井下潮湿、巷道狭小、有落顶和岩石塌陷等现象，为了保证供电的可靠与安全，对井下供电线路禁止使用导线（电机车架空线除外），必须使用电缆。

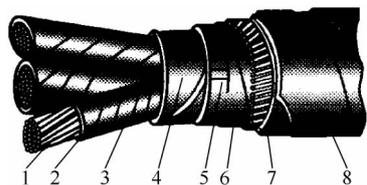


图 2-1 铠装电缆的结构

- 1—铜或铝导电芯；2—相间浸渍纸绝缘；
- 3—浸渍麻填料；4—统包浸渍纸绝缘；
- 5—铅包层内护套；6—涂沥青纸防腐带；
- 7—内黄麻保护层；8—钢丝或钢带铠装

矿用电缆分为铠装电缆、橡套电缆和塑料电缆。

### 一、铠装电缆

铠装电缆即电缆用钢丝或钢带铠装起来的。由于钢丝耐拉力强，所以钢丝铠装电缆多用于立井井筒或急倾斜巷道中；而钢带铠装电缆多用于水平巷道或缓倾斜巷道。铠装电缆的构造如图 2-1 所示。

其型号、结构及使用场所见表 2-7。

表 2-7 常用矿用铠装电缆型号、结构及其使用场所

型号	电缆结构	使用场所
ZQ20	铜芯、油浸纸绝缘、铅包、裸钢带铠装	敷设在 45° 以内及水平巷道中具有可燃性支架的场所及井下硐室内
ZLQ20	铝芯、油浸纸绝缘、铅包、裸钢带铠装	同 ZQ20, 但须符合铝芯电缆在井下使用范围
ZQP20	铜芯、干绝缘、铅包、裸钢带铠装	敷设在高差不大于允许高差的井巷(包括垂直巷道), 但须用中间支撑点
ZQP30	铜芯、干绝缘、铅包、裸细钢丝铠装	敷设在垂直或 45° 以上巷道中, 能承受拉力垂直, 高度不大于 100m, 中间有支撑点
ZQP50	铜芯、干绝缘、铅包、裸粗钢丝铠装	敷设在井筒中, 高差在 100m 以内
ZLQP20	铝芯、干绝缘、铅包、裸钢带铠装	同 ZQP20, 但须符合铝芯电缆在井下使用范围
ZLQP30	铝芯、干绝缘、铅包、裸细钢丝铠装	同 ZQP30, 但须符合铝芯电缆在井下使用范围
ZLQP50	铝芯、干绝缘、铅包、裸粗钢丝铠装	同 ZQP50, 但须符合铝芯电缆在井下使用范围
ZQD30	铜芯、不滴流铅包、裸细钢丝铠装	敷设在垂直或 45° 以上巷道中, 垂直高度不限
ZQD50	铜芯、不滴流铅包、裸粗钢丝铠装	敷设在井筒中
ZLQD30	铝芯、不滴流铅包、裸细钢丝铠装	敷设在垂直或 45° 以上巷道中, 但须符合铝芯电缆在井下使用范围
ZLQD50	铝芯、不滴流铅包、裸粗钢丝铠装	敷设在井筒中, 须符合铝芯电缆在井下使用范围

图 2-1 中, 1 为铜或铝绞线制成的主芯线; 2 为相间绝缘层; 3 为麻绳填料, 保证电缆成缆后为圆形; 4 为统包纸绝缘层, 为了增加相线对地的绝缘; 5 为铅包层, 是防止潮气进入纸绝缘层而降低绝缘水平, 同时与铠装一起作为接地线; 6 用来保护铅包层不受空气和水的腐蚀; 7 的作用是避免铠装和铅包之间互相摩擦而损坏铅包层; 8 的作用是承受机械力不致损伤电缆。有的电缆将相间和统包纸绝缘层的浸渍剂预先滴干, 即成为“干绝缘电缆”。有的电缆则采用一种特殊浸渍剂, 在常温下浸渍剂不会在铅包中流动, 即为“不滴流”电缆。这两种电缆适用于高差很大的井筒中。

在井下铠装电缆多用于对固定或半固定设备的供电。铠装电缆最大的优点是纸的绝缘强度高, 故适于用作高压电缆, 其机械强度、耐热和安全性都好。铠装电缆的缺点是弯曲半径大, 移动不方便, 敷设麻烦及接头与封端要求工艺高。

## 二、橡套电缆

橡套电缆可以分为普通橡套电缆和屏蔽电缆。

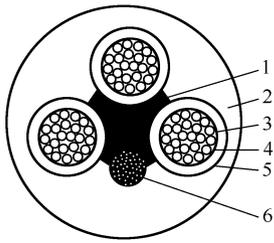


图 2-2 矿用屏蔽电缆  
的结构图

- 1—屏蔽材料垫芯；2—内护套；  
3—主芯线；4—绝缘套；  
5—屏蔽层；6—地线

普通橡套电缆的芯线是用多股铜丝拧成的。芯线分动力芯线和辅助芯线，辅助芯线包括控制芯线和接地芯线。每个芯线包一层橡胶内护套，内护套的作用主要是使芯线间绝缘。在芯线内护套之间又包一层橡胶外护套，这就是普通橡套电缆的一般构造。橡套电缆根据芯线数目有三芯、四芯、六芯、七芯等。动力芯线截面有  $1.5 \sim 90 \text{mm}^2$ 。

屏蔽电缆主要用于采区工作面以提高工作的安全性。屏蔽电缆和普通橡套电缆构造基本相同，其差别是在普通橡套电缆内护套外又包了一层屏蔽层，在屏蔽外再加上一层橡胶外护套。屏蔽层用半导体材料或用铜丝尼龙网。图 2-2 为矿用屏蔽电缆结构图。

屏蔽电缆克服了电缆主芯线绝缘破坏时会造成相间短路的严重事故。因为屏蔽层是接地的，主芯线首先碰到屏蔽造成接地故障，使检漏继电器动作，切断电源，不会形成严重的相间短路的危险事故。屏蔽电缆的另一优点是避免了由于电缆损坏使人触电的危险。因为当电缆主芯线绝缘损坏时首先碰到屏蔽层，造成接地故障，这样就超前切断了电源，保证了人身安全。此外，屏蔽电缆与检漏继电器配合有超前切断故障线路电源的作用，可有效地防止漏电火花或短路电弧的产生，因此它特别适用于有瓦斯或煤尘爆炸危险的场所和移动频繁的电气设备。井下采区常用橡套电缆的型号及用途见表 2-8。

表 2-8 井下采区常用橡套电缆的型号及用途

型 号	名 称	用 途
UZ-500	电钻电缆	井下电钻
U-1000	矿用移动橡套电缆	井下各种移动电气设备
UP-100	矿用移动屏蔽橡套电缆	井下各种移动电气设备
UC-1000	采掘机用橡套电缆	井下采煤机及掘进机
UCP-1000	采掘机用屏蔽橡套电缆	井下采煤机及掘进机
UGSP-6000	高压双屏蔽橡套电缆	移动变电站
UM	矿灯软电缆	矿工头灯专用

### 三、塑料电缆

塑料电缆的芯线绝缘和护套全部采用塑料制成。这种电缆外部如加铠装，则与铠装电缆相似；不加铠装，则与橡套电缆相似。

塑料电缆的优点是允许工作温度高，绝缘性能好，护套耐腐蚀，敷设的落差不受限制，因此在条件适合时应尽量采用。

## 四、连接器

### 1. 电缆连接器的结构

① 户内冷浇型环氧树脂终端接线盒。主要由接线端子、耐油橡胶管、出线套、聚丙烯壳体、垫圈、铅包、接地线、卡子、钢带和一些附件组成。

② 三芯分机屏蔽电缆终端头。主要由接线端子、防雨罩、软铅线制成的屏蔽环、三芯分支首套等部分组成。

③ 热灌绝缘胶的铠装电缆中间接线盒。主要由电缆麻皮、电缆钢带、铅包、铅套管、封铅、铅帽、接地连线、瓷隔板、连接管等部分组成。

### 2. 电缆连接的有关规定

① 电缆与电气设备的连接，必须用与电气设备性能相符的接线盒。电缆线芯必须使用齿形压线板（卡爪）或线鼻子与电气设备进行连接。

② 不同型号电缆之间严禁直接连接，必须经过符合要求的接线盒、连接器或母线盒进行连接。

③ 同型号电缆之间直接连接时必须遵守下列规定。

a. 橡套电缆的修补连接（包括绝缘、护套已损坏的橡套电缆的修补）必须采用阻燃材料进行硫化热补或与热补有同等效能的冷补。在地面热补或冷补后的橡套电缆，必须经浸水耐压试验，合格后方可下井使用，在井下冷补的电缆必须定期升井试验。

b. 塑料电缆连接处的机械强度以及电气、防潮密封、老化等性能，应符合该型矿用电缆的技术标准。

### 3. 电缆连接器的运行及故障处理

① 每日对高压防爆连接器逐台进行观察，检查防潮、外壁挂水及接地状况，发现问题及时处理。

② 高压电缆连接器至少每周检查一次绝缘及连接器外壳温度变化情况，有异常的应及时拆开处理。

③ 每月至少对高压防爆连接器进行拆开检查，检查绝缘及连接情况，发现异常及时处理或更换。

④ 冲刷井下巷道时，严禁直接冲淋电缆连接器。

⑤ 电缆线路发生短路或漏电故障时要逐台检查连接器情况。

⑥ 检查漏电故障时，对使用多台连接器的线路，一般先从线路中间段拆开一台高压连接器，使用 2500V 的摇表分段检查故障。

# 第三章 矿井提升设备

## 第一节 概 述

### 一、矿井提升设备的任务与组成

矿井提升设备的任务是提升煤炭和矸石，下放材料，升降人员和设备。它是矿山大型设备之一，在矿山生产中占有特别重要的地位。在提升设备运转中，要求其具有安全性、可靠性和经济性。

矿井提升设备主要由提升容器、提升钢丝绳、提升机、天轮、井架、装卸载设备及电气设备等组成。

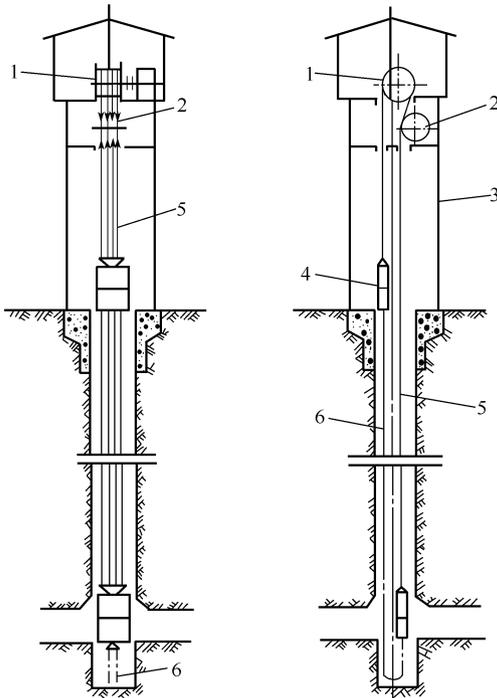


图 3-1 塔式多绳摩擦提升机罐笼提升系统示意图

1—提升机；2—导向轮；3—井塔；4—罐笼；

5—提升钢丝绳；6—尾绳

### 二、矿井提升设备的分类

提升设备可从不同角度进行分类。

① 按用途分，可分为主井提升设备和副井提升设备。主井提升设备主要用于提升煤炭或矿物；副井提升设备主要用于提升矸石，升降人员、设备，下放材料等。

② 按提升容器分，可分为箕斗提升设备和罐笼提升设备。箕斗提升设备用于主井提升；罐笼提升设备，大型矿井用于副井提升，小型矿井也可兼作主井提升。

③ 按提升机类型分，可分为缠绕式提升设备和摩擦式提升设备。

④ 按井筒倾角分，可分为立井提升设备和斜井提升设备。

图 3-1 为塔式多绳摩擦提升机罐笼提升系统示意图。

图 3-2 为地面布置的单绳缠绕式提升机箕斗提升系统示意图。煤炭由矿车运

到井底车场的翻轮硃室，把煤卸入煤仓内，再通过装载设备装入位于井底的箕斗，同时位于井口的另一个箕斗把煤卸入井口煤仓。上、下两个箕斗分别与两根钢丝绳连接，两根钢丝绳绕过井架上的天轮后，以相反方向缠绕于提升机滚筒上。当提升机运转时，钢丝绳就一上一下往返提升重箕斗和下放空箕斗，完成提升煤炭的任务。

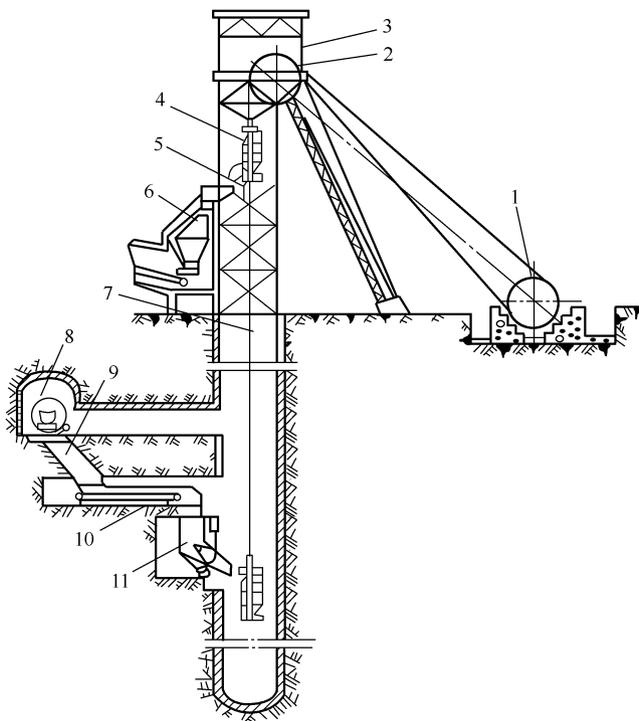


图 3-2 单绳缠绕式提升机箕斗提升系统示意图

1—提升机；2—天轮；3—井架；4—箕斗；5—卸载曲轨；6—煤仓；  
7—钢丝绳；8—翻笼；9—煤仓；10—给煤机；11—装载设备

矿井提升机是矿井提升设备中的动力部分，由电动机、减速器、主轴装置、制动装置、深度指示器、电控系统和操纵台等组成。它是矿井投资大、构造复杂的设备之一。我国目前广泛使用的提升机可分为两大类：单绳缠绕式提升机和多绳摩擦式提升机。

## 第二节 单绳缠绕式提升机

单绳缠绕式提升机的工作原理是：把钢丝绳的一端固定到提升机的滚筒上，

另一端绕过井架上的天轮悬挂提升容器。这样，利用滚筒转动方向不同，将钢丝绳缠上或松放，以完成提升或下放容器的工作。

按滚筒数目不同，单绳缠绕式提升机有单滚筒及双滚筒提升机两种。双滚筒提升机在主轴上装有两个滚筒，其中一个与主轴用键固接，称为固定滚筒或死滚筒；另一滚筒滑装在主轴上，通过调绳离合器与主轴连接，称为游动滚筒或活滚筒。将两个滚筒做成这种结构的目的是，为了在需要调绳及更换提升水平时，两个滚筒可以有相对运动。单滚筒提升机只有一个滚筒，一般用于单钩提升。JK系列提升机的布置如图 3-3 所示。

## 一、主轴装置

双滚筒提升机主轴装置结构简图如图 3-3 所示。主轴装置是提升机的主要工作和承载部分，包括滚筒、主轴、主轴承以及调绳离合器等。固定滚筒的右轮毂用切向键固定在主轴上，左轮毂滑装在主轴上。游动滚筒的右轮毂经衬套滑装在主轴上，装有专用润滑油杯，以保证润滑，衬套用于保护主轴和轮毂，避免在调绳时轴和轮毂的磨损和擦伤。左轮毂用切向键固定在轴上，并经调绳离合器与滚筒连接。滚筒为焊接结构，轮辐由钢板制成。筒壳外边一般均装有木衬，木衬上车有螺旋绳槽，以便使钢丝绳有规则地排列，并减少钢丝绳的磨损。

双滚筒提升机都装有调绳离合器，其作用是使游动滚筒与主轴连接或脱开，以便需要调节绳长或更换提升水平时，两个滚筒可以有相对运动。调绳离合器主要有三种类型：齿轮离合器、摩擦离合器和蜗轮蜗杆离合器。应用最多的是齿轮离合器。

如图 3-4 所示为 JK 系列提升机齿轮调绳离合器结构。齿轮的离合采用液压控制。游动滚筒的左轮毂通过键与主轴相连，在该轮毂上沿圆周的三个孔中装有离合油缸，离合油缸的另一端插在外齿轮的孔中，当外齿轮与固定在滚筒轮辐上的内齿轮啮合时，离合油缸便与三个销子将轮毂与外齿轮连在一起，将力矩传到滚筒上。离合油缸的左端盖同缸体一起，用螺钉固定在外齿轮上，外齿轮滑装在游动滚筒的左轮毂上，因此当压力油进入油缸时，活塞不动，而缸体沿缸套移动。若向油缸左腔供压力油，右腔接油池，缸体便同外齿轮一起向左移动，使外齿轮与内齿圈脱离啮合，游动滚筒与主轴脱开；若向油缸右腔供油左腔回油，离合器接合，游动滚筒与主轴相连。

## 二、减速器

提升机主轴的旋转速度一般在  $20\sim 60\text{r/min}$ ，而拖动电动机的旋转速度一般在  $480\sim 960\text{r/min}$ 。因此，除采用低速直流电动机拖动外，必须经减速器拖动提

升机。JK 型提升机的减速器为二级圆弧齿轮减速器，传动比为 10.5，11.5，15.5，20，30 等。

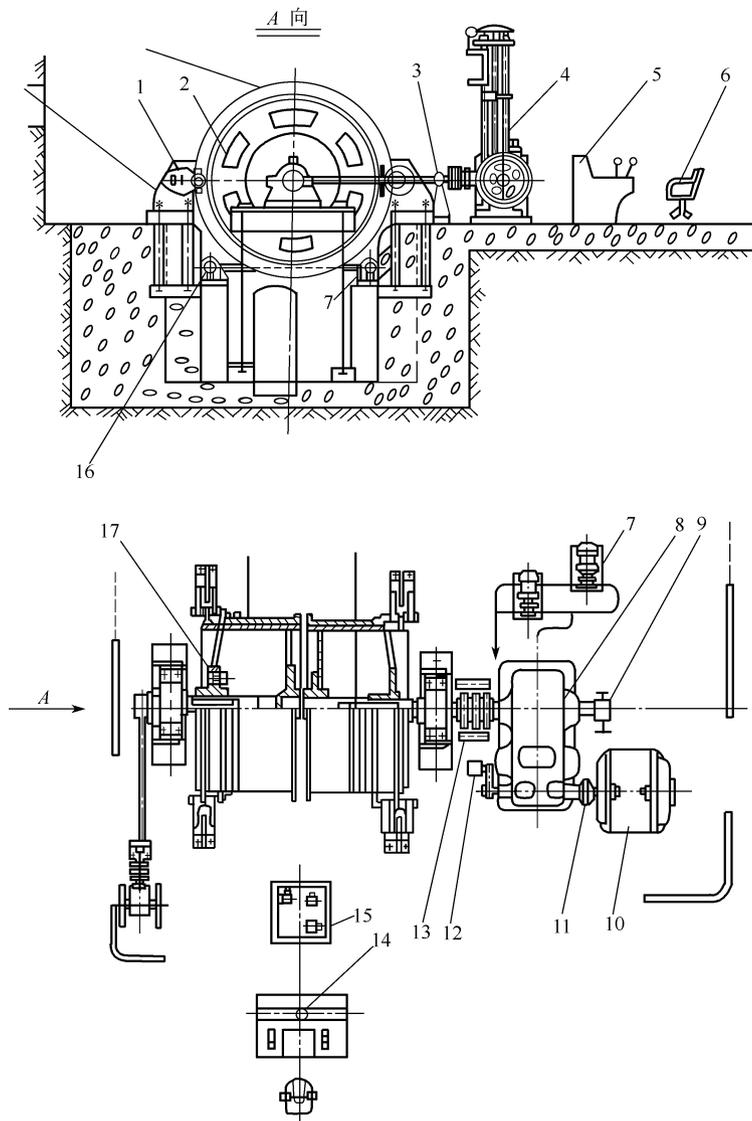


图 3-3 JK 型提升机布置示意图

- 1—制动器；2—主轴装置；3—深度指示器传动装置；4—牌坊式深度指示器；  
 5—操纵台；6—椅子；7—润滑油站；8—减速器；9—圆盘式深度指示器传动  
 装置；10—电动机；11—弹簧联轴器；12—测速发电机；13—齿轮联轴器；  
 14—圆盘式深度指示器；15—液压站；16—锁紧器；17—齿轮离合器

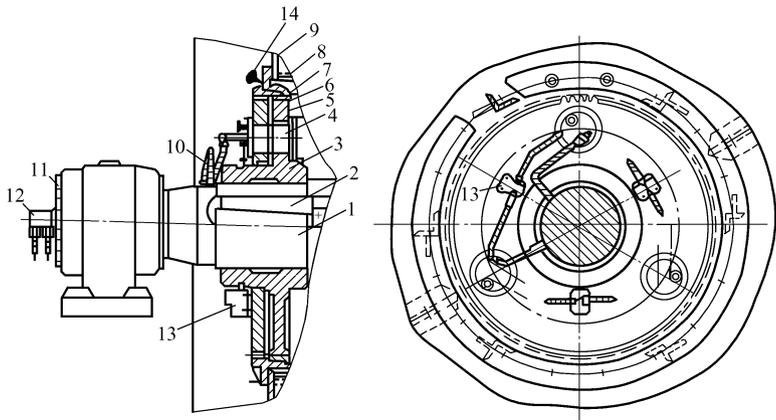


图 3-4 齿轮调绳离合器结构

- 1—主轴；2—键；3—轮毂；4—离合油缸；5—橡胶缓冲垫；  
6—齿轮；7—尼龙瓦；8—内齿轮；9—滚筒轮毂；10—油管；  
11—主轴承；12—密封头；13—联锁阀；14—油杯

### 三、深度指示器

深度指示器的作用是：向司机指示提升容器在井筒中的位置；容器接近井口停车位置时发出减速信号；当提升容器过卷时，使装在深度指示器上的终点开关动作，切断安全保护回路，进行安全制动；在减速阶段，通过限速装置进行超速保护等。目前，我国提升机应用较多的是圆盘式深度指示器和机械牌坊式深度指示器。

圆盘式深度指示器由发送部分和接收部分组成，其基本原理是传动轴经齿轮传动，将提升机旋转运动传给发送自整角机，该自整角机再将信号传给圆盘深度指示器上的接收自整角机，二者组成电轴，实现同步联系，从而达到指示容器位置的目的。深度指示盘装于司机台上，有粗针和精针两个指针。精针只在容器接近井口才转动，以便指示精确的停车位置。

### 四、制动系统

制动系统的作用：在提升机停止工作时，能可靠地闸住提升机，即正常停车；在减速阶段及下放重物时参与提升机的控制，即工作制动；当发生紧急事故时，能迅速而又合乎要求地闸住提升机，即安全制动；双滚筒提升机在更换水平、调节绳长或更换钢丝绳时，能闸住游动滚筒。

制动系统由制动器（闸）和传动机构组成。制动器是直接作用于制动轮或制动盘上产生制动力矩的部分，分为盘式闸和块式闸；传动机构是控制及调节制动

力矩的部分，分为油压、气压和弹簧式。JK 型提升机采用的是由液压站与盘式闸配合构成的盘式闸制动系统。

### 1. 盘式制动器（盘式闸）

盘式闸制动力矩是靠闸瓦沿轴向从两侧压向制动盘产生的，为了使制动盘不产生附加变形，主轴不承受附加轴向力，盘式闸都成对使用，每一对叫做一副。根据所要求的制动力矩的大小，每一台提升机可以同时布置两副、四副或多副制动器。

盘式制动器的工作原理如图 3-5 所示。它是依靠盘形弹簧产生制动力，靠油压松闸的。当压力油充入油缸，推动活塞压缩盘形弹簧，并带动简体和闸瓦离开制动盘，呈松闸状态；当油缸内油压降低，盘形弹簧就恢复其压缩变形，靠弹簧力推动简体、闸瓦，带动活塞移动，使闸瓦压向制动盘进行制动。制动状态时，制动力的大小取决于油缸内工作油的压力，当缸内压力为最小值时，弹簧力几乎全部作用在活塞上，此时制动盘上正压力最大，呈全制动状态；反之，当工作油压为系统最大油压时，呈全松闸状态。

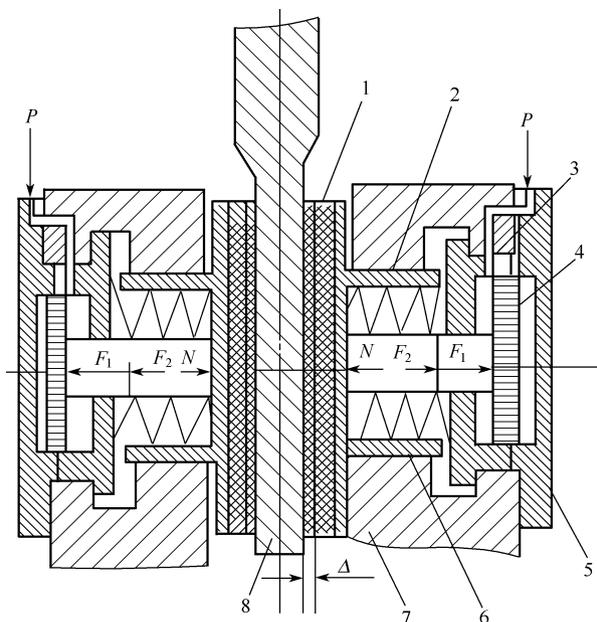


图 3-5 盘式制动器的工作原理

- 1—闸瓦；2—盘形弹簧；3—油缸；4—活塞；5—后盖；  
6—简体；7—制动器；8—制动盘

### 2. 液压站

液压站的用途为：在工作制动时，产生不同的工作油压，以控制盘式制动器

获得不同的制动力矩；在安全制动时，能迅速回油，实现二级安全制动；产生压力油，控制双滚筒提升机游动滚筒的调绳装置。

液压站的工作原理如图 3-6 所示。液压站有两套压力源，一套工作，一套备用。

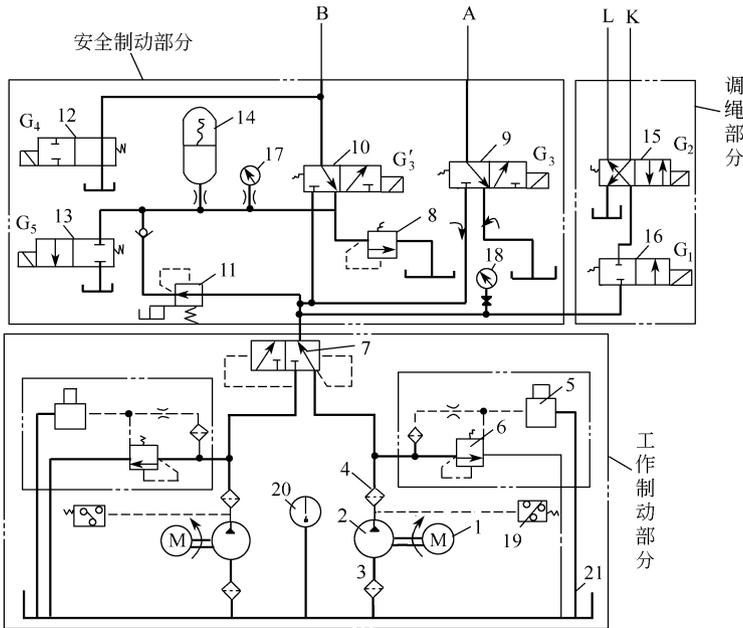


图 3-6 液压站的工作原理

- 1—电动机；2—油泵；3—网式滤油器；4—纸质滤油器；5—电液调压装置；6、8—溢流阀；  
7—液动换向阀；9、10—安全制动阀；11—减压阀；12、13—电磁阀；14—弹簧蓄能器；  
15—二位四通阀；16—二位二通阀；17、18—压力表；19—压力继电器；  
20—温度表；21—油箱

### (1) 工作制动

正常工作时，电磁铁  $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_5$  断电， $G_3$ 、 $G'_3$  和  $G_4$  通电，叶片油泵产生的压力油经纸质滤油器 4、液动换向阀 7、安全制动阀 9、10 的右位，经过 A 管、B 管分别进入固定滚筒和游动滚筒的盘式制动器油缸。工作油压的调节，由并联在油路的电液调压装置 5 及溢流阀 6 相互配合进行。制动时，司机将制动手把拉向制动位置，在全制动位置时，自整角机发出的电压为零，对应的电液调压装置里动线圈输入电流为零，挡板在最上面位置，油从喷嘴流出，液压站压力最低，盘式制动器进行制动；松闸时，将手把推向松闸位置，在全松闸位置时，自整角机发出的电压约为 30V，相应的动线圈输入电流约为 250mA，挡板在最下面位置将喷嘴全部盖住，液压站压力为最大工作油压，进行松闸。制动手把位置

不同, 液压站供油压力不同, 从而可以产生不同的制动力矩。

### (2) 安全制动

安全制动时, 为保证既能以足够大的制动力矩迅速停车, 又不产生过大的制动减速度而给设备带来过大的动负荷, 要求采用二级安全制动。二级安全制动就是将提升机的全部制动力矩分成两级进行。施加第一级制动力矩后, 使提升机产生符合《煤矿安全规程》规定的安全制动减速度, 然后再施加第二级制动力矩, 使提升机能平稳可靠地停车。工作原理如下。

当发生紧急情况时, 电气保护回路中的有关接点断开 (图 3-6), 电动机 1、油泵 2 停止转动, 电磁铁  $G_3$ 、 $G'_3$  断电, 与 A 管相通的制动器中的油经阀 9 的左位迅速流回油池, 该部分闸的制动力矩全部加到制动盘上; 与 B 管相通的闸此时仅加上一部分制动力矩, 提升机停住, 实现第一级制动。经延时后, 与 B 管相连的闸再把全部制动力加上, 进行第二级制动。一级制动油压值由减压阀 11 和溢流阀 8 调定, 通过减压阀 11 的油压值为  $p'_1$ , 故弹簧蓄能器 14 的油压为  $p'_1$ , 溢流阀 8 的调定压力为  $p_1$ ,  $p_1$  比  $p'_1$  大  $0.2\sim 0.3\text{MPa}$ ,  $p_1$  即为第一级制动油压。当紧急制动时, 由于  $G'_3$  断电, 与 B 管相连的制动器压力油通过阀 10 的左位, 一部分经过溢流阀 8 流回油箱, 另一少部分进入弹簧蓄能器 14 内, 使其油压由  $p'_1$  增加到第一级制动油压  $p_1$ , 经过电气延时继电器的延时后,  $G_4$  断电, 使与 B 管相连的制动器的油压降到零, 实现全制动。

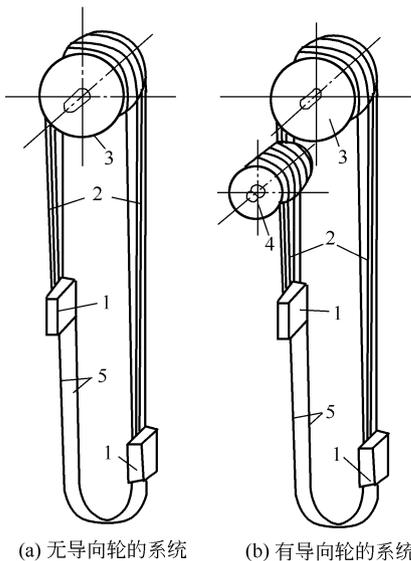
蓄能器的作用为: 在正常工作时, 油泵经减压阀 11 向蓄能器充油, 在一级制动后的延时过程中, 若因泄漏引起一级制动油压降低时, 蓄能器则向其补油, 使一级制动油压保持基本稳定。

### (3) 调绳

调绳时, 使  $G_3$ 、 $G'_3$  断电, 提升机处于全制动状态。当需要打开离合器时, 使  $G_1$ 、 $G_2$  通电, 高压油经阀 16、15 右位及 K 管进入调绳离合器的离开腔, 使游动滚筒与主轴脱开。此时, 使  $G_3$  通电, 使固定滚筒解除制动, 进行调绳; 调绳结束, 使  $G_3$  断电, 固定滚筒又处于制动状态。使  $G_2$  断电, 压力油经阀 15 左位及 L 管进入调绳离合器油缸, 合上腔, 使游动滚筒与主轴合上。最后使  $G_1$  断电, 切断油路, 并解除安全制动, 恢复正常提升。在整个调绳过程中, 各电磁铁的动作及联锁作用均由操纵台的调绳转换开关控制。

## 第三节 多绳摩擦式提升机

多绳摩擦提升的工作原理如图 3-7 所示。数根 (一般 4 根或 6 根) 钢丝绳等距离地搭放在主导轮 (摩擦轮) 的衬垫上, 两端各悬挂一个提升容器 (也有一端



(a) 无导向轮的系统 (b) 有导向轮的系统

图 3-7 多绳摩擦提升的工作原理

1—提升容器或平衡锤；2—提升钢丝绳；  
3—主导轮；4—导向轮；5—尾绳

悬挂平衡锤的)。尾绳的两端分别与两容器底部相连，自由地悬挂在井筒中，用来平衡提升钢丝绳所造成的两端张力差。当电动机带动主导轮转动时，通过衬垫与提升钢丝绳之间产生的摩擦力，带动提升钢丝绳及容器往复升降，完成提升任务。导向轮用于增加钢丝绳在主导轮上的围包角或缩小提升中心距。

摩擦式提升设备根据布置方式不同，可分为井塔式和落地式两种类型。井塔式是把提升机安装在井塔上，其优点是布置紧凑，节省工业广场占地，改善了钢丝绳工作条件，但投资较高；落地式摩擦提升是把提升机安装在地面上，井架建造费用小，减少了矿井初期投资，并且可提高抵抗地震灾害的能力。

多绳摩擦提升与单绳缠绕式提升比较，主要优点为：提升高度不受滚筒容绳

量限制，适用于深井提升；载荷由多根钢丝绳承担，钢丝绳直径较相同载荷下单绳提升小；摩擦轮直径小，提升机总质量小；提升电动机的容量和耗电量降低；钢丝绳工作条件好；采用偶数根提升钢丝绳，其捻向是左右捻各半，消除了提升容器在提升过程中的转动，减少了容器与罐道的摩擦阻力；采用多根钢丝绳，提升安全性提高。缺点是：数根钢丝绳的悬挂、更换、调整、维护检修工作复杂；因不能调节绳长，双钩提升不适用多水平提升；在超深井中，钢丝绳应力波动较大。

国产多绳摩擦提升机有JKM型、JKMD系列和JKD系列。JKM型多绳摩擦提升机由主轴装置、制动装置、减速器、深度指示器、车槽装置及其他辅助设备组成。

### 一、主轴装置

主轴装置由主导轮、主轴、两个滚动轴承和锁紧器组成。主导轮的筒壳上装有带绳槽的摩擦衬垫，摩擦衬垫用固定衬块固定在筒壳上。由于摩擦提升是靠摩擦力来传递动力的，并且摩擦衬垫还要承担着提升钢丝绳、容器、货载、尾绳的重力及运行中产生的动载荷与冲击载荷，所以要求摩擦衬垫必须具有足够的摩擦因数和较高的抗压强度及耐磨损能力。目前经常使用的摩擦衬垫有胶带、皮革、

聚氯乙烯塑料和聚氨酯橡胶等。

## 二、车槽装置

车槽装置的用途是在机器安装和使用过程中在主导轮衬垫上车制绳槽，并根据磨损情况，不定期地对绳槽进行车削，以保证各绳槽直径相等，磨损均匀，并使各钢丝绳张力达到平衡，安装在主导轮下方。

## 三、减速器

摩擦提升机采用带有液压阻尼器的弹簧基础、两级齿轮传动、中心驱动、共轴式减速器。

## 四、深度指示器

多绳摩擦提升深度指示器上增加了一个自动调零机构。所谓“调零”，就是每次运行后，消除由于钢丝绳的滑动、蠕动和伸长等原因引起的容器实际停车位置与深度指示器指针预定零位之间的误差。

## 五、钢丝绳张力平衡装置

为使各提升钢丝绳的张力保持平衡，在容器与钢丝绳连接处设有张力平衡装置。张力平衡装置大致可分为四种：平衡杠杆式平衡装置、角杆式平衡装置、弹簧式平衡装置和液压式平衡装置。

# 第四章 矿井运输设备和主要通风设备

## 第一节 常见运输设备

煤矿运输系统是整个矿井生产的动脉。运输机械设备主要指用于煤矿井下和地面生产运输系统中的设备，它是煤矿企业生产中不可缺少的设备。其任务：一是将回采工作面采出的煤炭及掘进工作面破落下的岩石运往地面或其他地点；二是将采煤生产中所需要的材料、各种设备及器材由地面运往工作场所。此外，矿井运输设备还担负接送人员的任务。

煤矿运输机械设备的类型：电机车运输设备，包括各种矿车以及电机车配套设备；输送机设备，主要是刮板输送机和带式输送机两类；钢丝绳运输设备，由各种绞车、钢丝绳、轨道和车辆组成，主要形式有单轨吊车、无极绳运输设备（单钩串车或双钩串车设备）、无极绳运输设备等。本节主要介绍输送机设备，即刮板输送机和带式输送机。

### 一、刮板输送机

刮板输送机在综采工作中起着承载、运煤和采煤机导向以及液压支架推移支撑等作用。

#### （一）刮板输送机的类型及结构

刮板输送机的类型很多，主要有四种分类方法。

① 按刮板链布置形式分为：边双链型、准边双链型、中单链型、中双链型和三链型刮板输送机。

② 按中部槽结构分为：开底式和封底式刮板输送机。

③ 按传动方式分为：电动和液动刮板输送机。

④ 按承重类型分为：轻型（配套单电机 75kW 以下）、中型（配套单电机 75~110kW）、重型（配套单电机 132~200kW）和超重型刮板输送机（配套单电机 200kW 以上）。

各种类型的刮板输送机随其运输能力和结构特点不同，而适用于不同的工作条件。

综采工作面刮板输送机的主要部件有机头部、机尾部、溜槽及其附件、刮板

链及紧链装置、防滑及锚固装置和推移装置等。

### 1. 机头部及传动装置

机头部是将电动机的动力传递给刮板链的装置，它主要包括机头架、传动装置、链轮组件、盲轴及电动机等部件。利用机头传动装置驱动的紧链器和链牵引采煤机牵引链的固定装置也安装在机头部。其中，机头架是支撑、安装链轮组件、减速器、过渡槽等部件的框架式焊接构件。为适应左右采煤工作面的需要，机头架两侧对称，可在两侧安装减速器。

传动装置由电动机、联轴器和减速器等部分组成。当采用单速电动机驱动时，电动机与减速器一般用液力耦合器连接；当采用双速电动机驱动时，电动机与减速器一般用弹性联轴器连接。减速器输出轴与链轮轴的连接有的采用花键连接，有的采用齿轮联轴器连接。

链轮组件由链轮和两个半滚筒组成，它带动刮板链移动。

盲轴安装在无传动装置一侧的机头、机尾架侧板上，用以支撑链轮组件。

### 2. 机尾部

综采工作面刮板输送机一般功率较大，多采用机头和机尾双机传动方式。部分端卸式输送机的机头、机尾完全相同，并可以互换安装使用，如德国 EKF3-E74V 型刮板输送机。因为机尾不卸载，不需要卸载高度，所以一般机尾部都比较低。为了减少刮板链对槽帮的磨损，在机尾架上槽两侧装有压链块。由于不在机尾紧链，机尾不设紧链装置。为了使下链带出的煤粉能自动接入上槽，在机尾安设回煤罩。机尾的传动装置都与机头相同，如 SGB764/264 型刮板输送机。

### 3. 溜槽及附件

溜槽分为中部溜槽、调节溜槽和连接溜槽三种类型。中部溜槽是刮板输送机机身的主要部分；调节溜槽一般分为 0.5m 和 1m 两种，其作用是当采煤工作面长度有变化或输送机下滑时，可适当地调节输送机的长度和机头、机尾传动部的位置；连接溜槽，又称为过渡溜槽，主要作用是将机头传动部或机尾传动部分别与中部溜槽较好地连接起来。

溜槽作为整个刮板输送机的机身，除承载货物外，在综采工作面，机身还将是采煤机的导轨，因而要求它有一定的强度和刚度，并具有较好的耐磨性能。

溜槽的附件主要是挡煤板和铲煤板。

在溜槽上一般都装有挡煤板，其主要用途是增加溜槽的装煤量，加大刮板输送机的运载能力，防止煤炭溢出溜槽；其次考虑利用它敷设电缆、油管和水管等设施，并对这些设施起保护作用。有些挡煤板还附有采煤机导向管，对采煤机的运行起导向定位作用，防止采煤机掉道。

为了达到采煤机工作的全截深和避免刮板输送机倾斜，就必须在输送机推移时先清除机道上的浮煤，因此在溜槽靠煤壁侧帮上安装有铲煤板。需要特别指出

的是，铲煤板只能清除浮煤，不能代替装煤，否则会引起铲煤板飘起、输送机倾斜，因而造成采煤机割不平底板，甚至出现割顶、割前探梁等事故。

#### 4. 刮板链

刮板链是刮板输送机的重要部件，它在工作中拖动刮板沿着溜槽输送货物，要承受较大的静载荷和动载荷，而且在工作过程中还与溜槽发生摩擦，所以，要求刮板链具有较高的耐磨性、韧性和强度。

#### 5. 紧链装置

刮板链过松会发生刮板链堵塞在拨链器内，使链子跳出链轮和发生断链事故，还可能使链子在回空段出现刮板链掉道事故。为了保证刮板链能正常工作，必须通过紧链装置拉紧刮板链使其处于合适的张紧状态。常用的紧链装置有棘轮紧链装置、闸盘式紧链装置等。

#### 6. 防滑及锚固装置

倾斜工作面铺设的刮板输送机，设有可靠的防止输送机下滑的装置，刮板输送机防滑装置主要有以下几种：千斤顶防滑装置、双柱锚固防滑装置、滑移梁锚固防滑装置等。

#### 7. 推移装置

综采工作面推移刮板输送机和移动液压支架是紧密联系在一起，一般都把推移装置的液压千斤顶装在液压支架中。

### (二) 液力耦合器的结构及安全工作原理

#### 1. 液力耦合器的基本结构

液力耦合器是安装在电动机与负载（减速器）之间，应用液体传递能量的一种传动装置。它的主要元件是泵轮 1 和涡轮 2，如图 4-1 (a) 所示。泵轮 1 与电动机轴 4、外壳 3 连接，涡轮 2 与减速器轴 7 连接。为了达到稳定的工作特性，

实际结构上又增加了前、后辅助室，如图 4-1 (b) 所示。

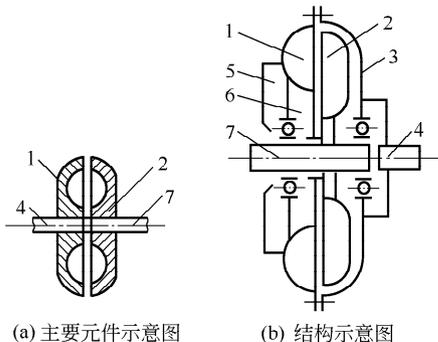


图 4-1 液力耦合器示意图

1—泵轮；2—涡轮；3—外壳；4—电动机轴；  
5—后辅助室；6—前辅助室；7—减速器轴

#### 2. 液力耦合器安全工作原理

当电动机带动泵轮旋转时，装在泵轮内的工作液也随之旋转。由于两个工作轮是在一个封闭的壳体内，因此，作用在液体上的离心力使液体沿径向叶片之间的通道向外流动到外缘后进入涡轮中。由于液体的连续性，在靠近旋转轴线的泵轮内缘，液体从涡轮又流向泵轮，于是工作液体循环地作环流运动，在泵

轮中被加速增压后，将机械能转换为液体的动能。当液体将其动能传给涡轮，涡轮则以机械能的形式输出做功。

YOXD560 型水介质液力耦合器如图 4-2 所示。

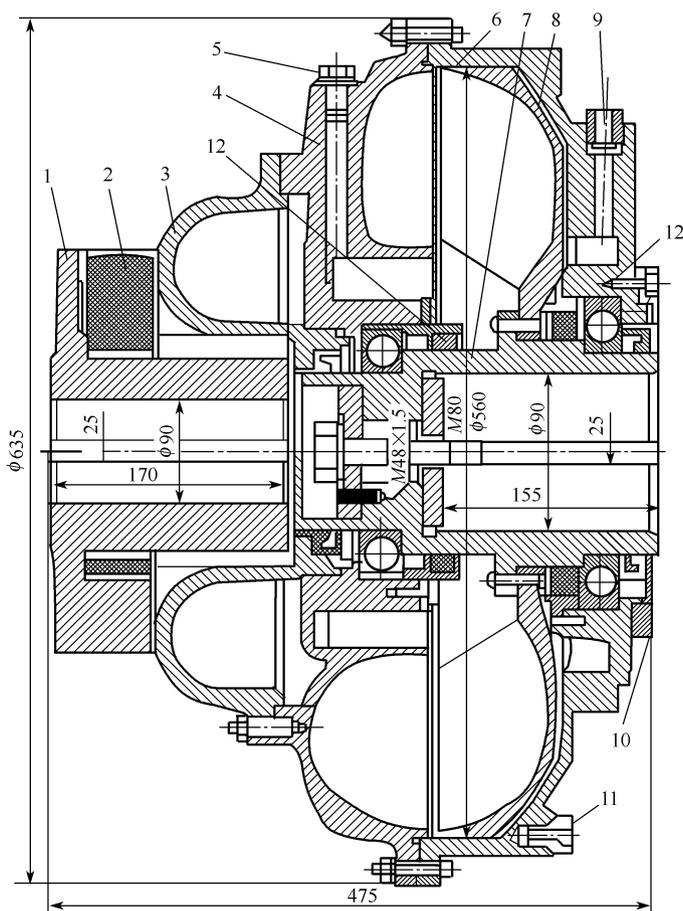


图 4-2 YOXD560 型水介质液力耦合器 (单位: mm)

- 1, 2—弹性联轴器; 3—后辅助室外壳; 4—泵轮; 5—注液塞; 6—外壳;  
7—轴套; 8—涡轮; 9—易爆塞; 10—密封盖; 11—易熔塞; 12—油封

当输送机负荷过载超过额定转矩的两倍左右时，在离心力作用下，工作腔内的工作液逐渐减少，传递力矩降低，涡轮的转速迅速降低，大量工作液则储存在辅助室内，电动机处于轻载运转，从而保护电动机不致过载。随着负荷继续增大，最后涡轮停止转动，起到过载保护作用。一旦外负荷减小，工作液逐渐在离心力作用下又进入工作腔，液力耦合器便又自动恢复正常工作状态。

当液力耦合器长时间过载运转时，由于泵轮与涡轮之间的转速相差较大，工

作腔内的工作液因摩擦加剧而使工作液温度不断升高。当工作液为水时，水的蒸汽压力不断加大，当温度升高到允许极限或压力加大到允许极限时，易熔塞内易熔合金被熔化或易爆塞内的易爆片爆破，工作液即由此孔喷出，使涡轮停止转动，从而保护了整个传动装置。

易熔塞由外壳与易熔塞两部分组成，这两部分均用黄铜制成，在易熔塞内铸有直径 5mm 的易熔合金。MT/T205—1995“刮板输送机用液力耦合器”规定：易熔塞易熔合金熔化温度为  $(115 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

易熔合金在液力耦合器上，当水温达到熔化温度后，它与易熔塞相接触的部分首先熔化，在耦合器腔内压力作用下呈柱状向外喷出，使电动机和其他传动元件得到保护。易熔合金喷出后，维修电钳工只需用螺丝刀将空心易熔塞拆出，重新更换新品即可。

易爆室由易爆塞座、压紧螺塞、爆破孔板、密封垫和爆破片等零件组成。

当耦合器内压力达到  $(1.4 \pm 0.2)$  MPa 时，爆破片破裂，水液喷出，电动机及传动元件得到保护。因此，维修电钳工必须携带备用易爆塞，以便更换。易爆塞应由指定的专门厂家生产，不得自行制作。

## 二、带式输送机

### (一) 带式输送机的类型

带式输送机是用无极挠性输送带载运物料的输送机，有固定式输送机和可伸缩式输送机。在井下主要运输巷道中，多使用通用固定式普通型带式输送机。在采区巷道中随采煤工作面推进需要快速伸缩和拆装，可采用无螺栓连接机架落地式和绳架吊挂式两种可拆卸带式输送机。

随着综合机械化采煤工艺的迅速发展，工作面推进速度加快。为了减少拆移顺槽带式输送机的次数，出现了可伸缩式输送机，它已成为综合采煤机械化配套设备之一。其结构特点是，较普通型带式输送机多一套储带装置，可以实现机身输送带伸缩。

### (二) 带式输送机的结构和工作原理

带式输送机主要由机头部、托辊及机架、机尾部、输送带、拉紧装置和清扫装置等组成。输送带绕经驱动滚筒和机尾滚筒形成一个无极环形带，中间的上、下输送带都支撑在托辊上。拉紧装置给输送带以正常运行所需的张紧力。工作时，驱动滚筒通过它和输送带之间的摩擦力带动输送带运行，将上股输送带上的货载运送到机头卸载（利用专用的卸载装置，也可以在中间卸载）。由于采区使用的带式输送机均是靠滚筒驱动运行，因此，又叫滚筒驱动带式输送机。

带式输送机的输送带既是牵引机构，又是承载机构。为了增加它的承载能

力，一般将上股输送带用槽形托辊支撑，形成槽形断面。

综采用伸缩带式输送机由机头部、储带装置、中间机身部和机尾部四部分组成，如图 4-3 所示。

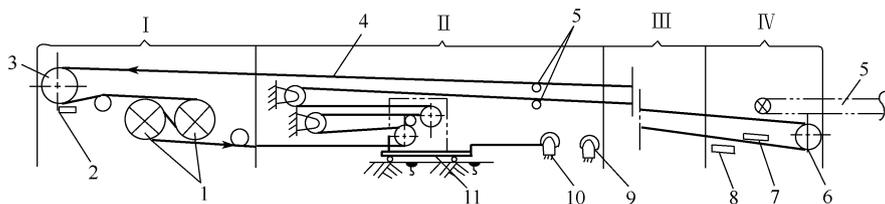


图 4-3 伸缩带式输送机传动系统

I—机头部；II—储带装置；III—中间机身部；IV—机尾部

1—驱动装置；2—机头清扫器；3—机头滚筒；4—输送带；5—上、下托辊；6—机尾滚筒；  
7—机尾清扫器；8—机尾推移装置；9—卷带装置；10—张紧装置；11—储带装置

- ① 机头部的主要部件有驱动装置、清扫器和机头卸载滚筒等。
- ② 储带装置的主要部件有卷带装置、张紧装置和储带装置等。
- ③ 中间机身部的主要部件有中间架，上、下托辊和输送带等。
- ④ 机尾部的主要部件有机尾滚筒、缓冲托辊、机尾清扫器和机尾移动装置等。

## 第二节 主要通风设备

矿井机械通风就是利用扇风机的运转给空气一定的能量，造成通风压力以及克服矿井通风阻力，使地面空气不断地进入井下，沿着预定的路线流动，然后将污风再排出井外。由于矿井主扇时刻都在不停地连续运转，矿井通风设备的耗电量约占全矿总用电量的 20%~30%，个别矿井可达 50%，因此，合理地选择和使用扇风机，不仅对确保安全生产，同时在降低成本上也具有重大意义。矿井主要的通风设备是扇风机。

### 一、矿用扇风机的分类

根据扇风机的构造不同，可分为离心式扇风机与轴流式扇风机两类。

#### 1. 离心式扇风机

离心式扇风机由叶轮、机壳、前导器、轴等部件组成，见图 4-4。叶轮由前盘、后盘和固定在两盘之间的叶片组成，叶轮和轴固定在一起，组成风机转子。当风机叶轮被电动机拖动旋转时，叶片之间的气体质点受到叶片推动获得一

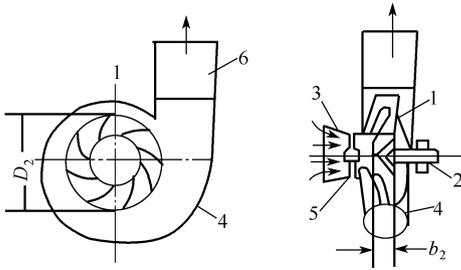


图 4-4 离心式扇风机简图

- 1—叶轮；2—机轴；3—进风口；4—螺旋形机壳；  
5—前导器；6—锥形扩散器

定能量，在离心力的作用下，从叶轮中心流向叶轮外缘，汇集于螺旋形机壳中，然后由扩散器出口排出。同时，由于叶轮中气体外流，因而在叶轮入口处形成低于大气压力的负压，外部空气在大气压作用下，经风机入口进入叶轮，然后又连续不断地沿叶轮径向排出，形成连续风流。风由轴向进，径向出，故称之为离心式。

扇风机的作用是把原动机的机械能传递给气体，使气体获得在网路（空气流经的巷道）中运动所需的能量。风机中的叶轮是传递能量的执行部件。

## 2. 轴流式扇风机

扇风机运转时，风流经集风器、流线体进入一级叶轮，再经中间整流进入第二级叶轮，又经后整流器进入扩散器，最后流入大气空气经扇风机叶轮后，获得能量，造成扇风机进风口与出风口侧的压差，用来克服井巷阻力，达到通风的目的，如图 4-5 所示。

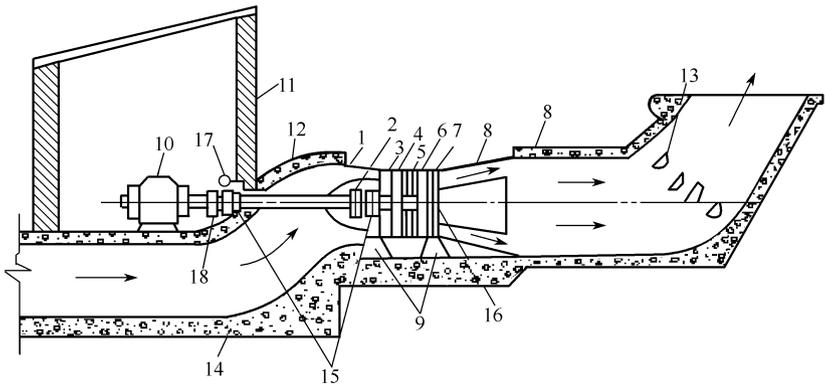


图 4-5 轴流式扇风机构造示意图

- 1—集风器；2—流线体；3—前导器；4—第一级叶轮；5—中间整流器；6—第二级叶轮；  
7—后整流器；8—环形扩散器与水泥扩散器；9—机架；10—电动机；11—机房；12—风硐；  
13—导风板；14—基础；15—径向轴承；16—止推轴承；17—制动闸；18—齿轮联轴器

## 二、离心式扇风机与轴流式扇风机的比较

过去由于轴流式扇风机的效率高于离心式扇风机，因此，轴流式扇风机在矿井通风中得到广泛的应用。近年来，离心式扇风机有了很大发展，特别是高效率

离心式扇风机的研制，应当对离心式扇风机和轴流式扇风机的优缺点重新加以评价。

#### (1) 结构方面

轴流式扇风机的优点是结构比较紧凑，体积小，质量较轻，转速高，并可直接与电动机连接。其缺点是结构比较复杂，且各个部件都装在机壳内部，检查、检修不方便，噪声大，由于运转速度高，个别零件容易损坏，故障较多。离心式扇风机则结构简单，造价低，维修方便，噪声小。

#### (2) 性能方面

离心式扇风机在工作范围内，当矿井总风阻变化时，风量变化较小。因此，它适用于风阻变化大而要求风量变动小的矿井。轴流式扇风机则相反。

轴流式扇风机启动功率大，风量增加时功率变化不大，不致过载，离心式扇风机则相反，特别是启动时必须关闭闸门，否则很可能过载，烧坏电动机。

轴流式扇风机风量调节比较方便，反风方法较多。而离心式扇风机除用反风道反风外，没有其他方法。

轴流式扇风机并联工作的稳定性差，而离心式扇风机并联工作的稳定性较好。

由上面的分析可看出，这两种类型的扇风机各有优缺点，特别是在性能方面各有其特点。因此，应根据具体条件，因地制宜地合理选用某种类型的扇风机。

# 第五章 采掘机械设备

## 第一节 采煤机械

采煤机械在机械化采煤工艺中承担落煤和装煤工序，我国目前使用最多的是滚筒式采煤机，也有少量刨煤机。

滚筒采煤机分为单滚筒采煤机和双滚筒采煤机。如图 5-1 所示，单滚筒采煤机由截割部、牵引部、电动机和辅助装置组成。电动机是采煤机的动力源，通过传动机构将动力传递给截割部的工作机构和牵引部的牵引机构。截割部由固定减速器 4、摇臂减速器 3、螺旋滚筒 2 和挡煤板 1 组成。固定减速器和摇臂减速器是截割部的传动机构，用于将电动机的转速降低到螺旋滚筒要求的转速。摇臂箱体也是使螺旋滚筒能根据采煤要求实现升降的部件。螺旋滚筒和挡煤板是工作机构，螺旋滚筒转动中，装在其上的截齿便将煤壁上的煤破碎下来，并由螺旋叶片和挡煤板将落下的煤装入输送机中。牵引部由牵引部减速器 5 和牵引机构组成。减速器将电动机转速降低到牵引机构要求的速度并实现调速。牵引机构（链牵引）由主链轮 6、辅助链轮 7 和锚链 10 组成。锚链绕过主链轮和辅助链轮后，在工作面输送机的机头、机尾架上固定。因此，当主链轮转动后，因锚链不能被带动，主链轮便带动采煤机在输送机槽帮上移动而实现牵引。采煤机就是在牵引过程中由螺旋滚筒不断地将煤破落下来并装入输送机中的。采煤机的辅助装置包括底托架 11、电缆架 9、喷雾冷却装置和防滑装置等。

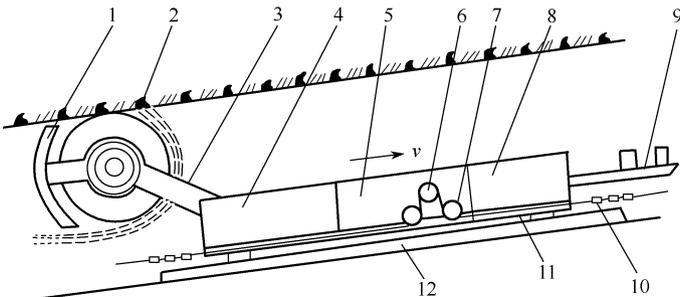


图 5-1 单滚筒采煤机的组成

- 1—挡煤板；2—螺旋滚筒；3—摇臂减速器；4—固定减速器；5—牵引部减速器；6—主链轮；  
7—辅助链轮；8—电动机；9—电缆架；10—锚链；11—底托架；12—输送机槽

双滚筒采煤机与单滚筒采煤机的主要区别是多了一个截割部，同时电动机可根据功率要求配置 1 台或 2 台，以及采用拖移电缆装置等，基本组成部分如图 5-2 所示。

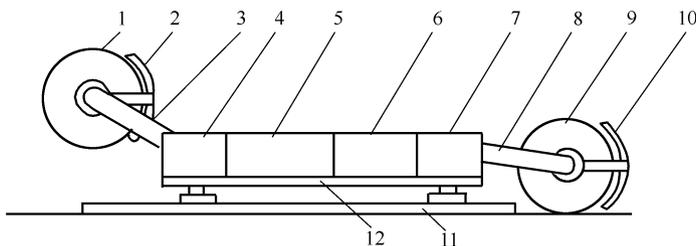


图 5-2 双滚筒采煤机的组成

- 1, 9—螺旋滚筒；2, 10—挡煤板；3, 8—摇臂减速器；4, 7—固定减速器；  
5—牵引部；6—电动机；11—输送机槽；12—底托架

刨煤机是一种截深浅而牵引速度快的采煤机械，与工作面输送机配合，可实现工作面落煤、装煤和运煤的机械化，如图 5-3 所示。

刨煤机主要由煤刨 1、煤刨传动装置 6、牵引机构（链轮 5 和牵引链 4）和电气控制装置等组成。煤刨的刨头上安装若干刨刀，其掌板两端与牵引链连接，牵引链绕过两端链轮形成无极链，链轮转动后，通过牵引链拖动煤刨沿工作面输送机槽运行，刨刀则将一定厚度的煤（30~100mm）破落下来，并由煤刨上的犁板将煤装入输送机槽内，随着煤刨的运行，推移装置将输送机推向新的煤壁。煤刨运行到工作面端头后，由行程控制器使之停止牵引。电动机反转时，链轮通过牵引链拖动煤刨反方向运行进入下一刀刨煤作业。

上述刨煤机，由于刨头上的所有刨刀几乎同时截割煤壁，每把刨刀基本上都处于封闭截割状态，以及刨煤机在工作面需往返换向采煤，只能开采松软的煤层，并且限制了工作面单产和劳动生产率的提高。

新型的刨削式采煤机械——连续长壁采煤机（英文缩写 CLM），将采、装、运功能集于一体，并且采取了合理的截割力分配原理和定向连续的采煤工作方

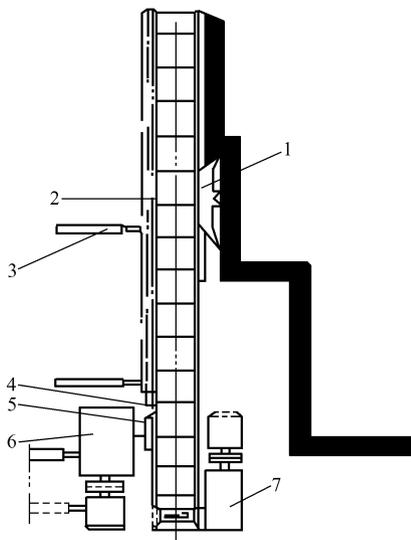


图 5-3 刨煤机

- 1—煤刨；2—工作面输送机；3—推移千斤顶；4—牵引链；5—链轮；6—煤刨传动装置；7—输送机传动装置

式，在解决上述问题中取得了突破性的进展。

如图 5-4 所示，连续长壁采煤机由机头和机尾的传动装置 2、4，煤刨 3、7，输送机 8，圆环链 6，控制系统和推移系统等组成。

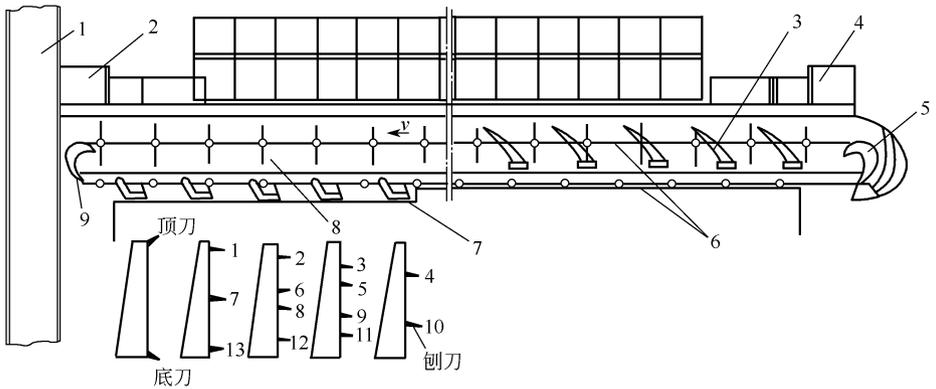


图 5-4 连续长壁采煤机的工作原理

1—转载机；2、4—传动装置；3、7—煤刨；5、9—导向体与斜置链轮；6—圆环链；8—输送机

圆环链水平封闭铺设，上面装有刮板和两组煤刨。每组煤刨由若干刨头组成（图 5-4 中为 5 个），个数依煤质条件而定。两组煤刨的位置相差  $180^\circ$ ，当一组在煤壁刨煤时，另一组在槽中运行。圆环链离开溜槽转入煤壁侧运行时，刨头和刮板需由水平位置转为垂直位置，通过具有空间曲线形状的导向体和斜置链轮的特殊组合，可以实现这种转向并避免圆环链扭曲。

工作时，转入煤壁侧运行的煤刨实现采煤作业，首先由最前面的刨头掏槽，后面的刨头则在前面刨头开出的截槽两侧截割，最后一个刨头上安装顶刀和底刀，以完成整个煤层厚度的截割，破碎下来的煤由安装在刨头上的铲斗装入输送机。当煤壁侧煤刨的最后一个刨头离开煤壁转入输送机时，位于输送机中的煤刨的第一个刨头刚好转入煤壁侧，从而实现了由下向上运行的定向连续采煤。

连续长壁采煤机适用于在硬而韧的薄煤层中使用，并能提高工作面单产和劳动生产率以及增加工作面长度。

## 第二节 液压支架和乳化液泵站

### 一、液压支架的类型、结构与工作原理

液压支架是以高压的液体作为动力，由液压元件（液压缸和液压阀）与金属

构件组成的一种支撑和管理顶板的综采设备之一。

它能实现将支撑、降架、移架和推移输送机等工序全部机械化。液压支架按其对付顶板的支护方式和结构特点不同，分为支撑式、掩护式和支撑掩护式三种基本架型。

液压支架由承载结构件、执行元件、控制和操纵元件、辅助装置、传动介质等组成。承载结构件有顶梁、掩护梁和底座等。执行元件有立柱和各种千斤顶。控制和操作元件有操作阀、隔离阀及各种油缸和控制阀等。辅助装置包括推移装置、挡矸、防滑、喷雾、照明等装置。

综采工作面常用的液压支架有：支撑式（ZD1600/7/13 等型号）、掩护式（ZY3200/17/38、ZY3600/25/50 等型号）、支撑掩护式（ZZ4000/17/35、ZZ7200/20.5/32 等型号）和放顶煤支架（ZFS4400/19/28、ZFD4400/26/32 等型号）。

### 1. 支撑式支架

支撑式支架是有顶梁、没有掩护梁的液压支架，包括垛式和节式支架，节式支架目前已基本停止使用。

支撑式支架主要由顶梁、底座、立柱、推移装置、操纵装置及挡矸装置等组成，利用立柱（多为四柱式）和较长的顶梁直接支撑和控制工作面的顶板。

其特点如下。

- ① 采用宽面刚性顶梁。
- ② 对底板的比压分布较均匀，对底板比压较小。
- ③ 立柱支撑力的合力作用点距煤壁较远。立柱直立支撑，支撑效率高，切顶能力强。
- ④ 支架的通风断面大。
- ⑤ 顶梁长、控顶面大，反复支撑次数多，易造成顶板破碎；梁端支撑力较小，对端面顶板的支护不利。
- ⑥ 立柱被座箱中的复位橡胶及复位千斤顶扶持，中部承受侧向力，易造成立柱弯曲变形。
- ⑦ 相邻支架顶梁之间有较宽的空隙没有支护，易造成漏矸冒落的矸石，易砸坏设备和伤人。
- ⑧ 对采空区的挡矸能力差。

### 2. 掩护式支架

掩护式支架是具有掩护梁的液压支架。掩护式支架主要由顶梁、掩护梁、底座、立柱、推移装置和操纵装置等组成，利用立柱、顶梁和掩护梁来支护顶板和防止矸石落入工作面。

其特点如下。

① 采用四连杆机构，顶梁近似垂直升降，梁端距变化小，支架能承受水平力作用。

② 立柱向前倾斜支撑，支撑力的合力作用点离煤壁的距离较近，能对煤壁前方顶板进行有效地支撑。

③ 在顶梁、掩护梁甚至后连杆上设有活动侧护板，挡矸性能好，并有利于支架的防倒和架间距离的调整。

④ 支架的调高范围比较大，支架通风面积小，行人空间较窄。

### 3. 支撑掩护式支架

支撑掩护式支架是具有顶梁和掩护梁，有两排立柱的液压支架。

支撑掩护式液压支架主要由前梁，顶梁，前、后立柱，掩护梁，前、后连杆，底座和推移装置等部分组成。

这种支架在结构和性能上综合了支撑式和掩护式支架的特点，它以支撑为主，掩护为辅，靠支撑和掩护作用来维持一定的工作空间。例如，ZZ4000/17/35 型支撑掩护式液压支架的结构尺寸如图 5-5 所示。

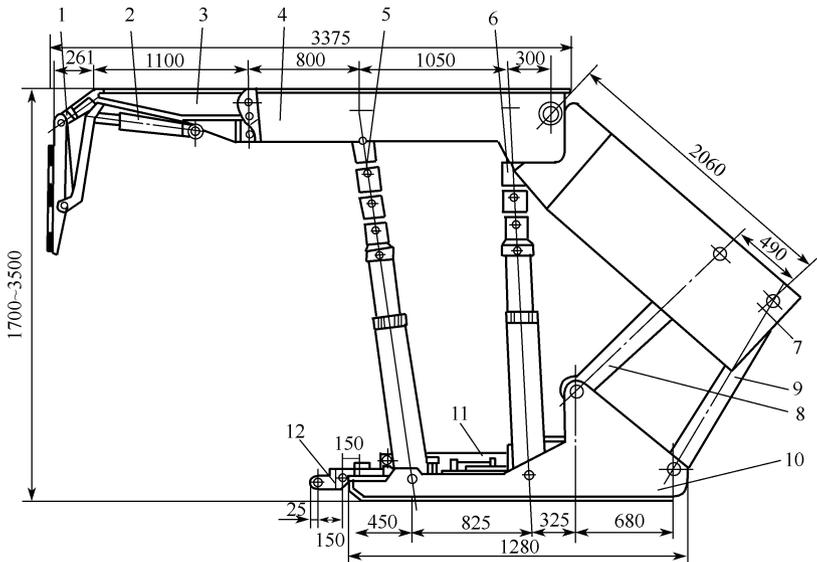


图 5-5 ZZ4000/17/35 型支撑掩护式液压支架 (单位: mm)

- 1—护帮装置；2—护帮千斤顶；3—前梁；4—顶梁；5—前立柱；6—后立柱；7—掩护梁；  
8—前连杆；9—后连杆；10—底座；11—推移千斤顶；12—推移框架

其特点如下。

① 顶梁较长，一般为前后分段式宽面铰接结构。

② 采用四连杆机构。

③ 前后两排立柱支撑，支撑合力作用点离煤壁较远，支架的支撑力大，切顶能力强。

④ 底板比压分布均匀，对底板比压小。

⑤ 在顶梁、掩护梁甚至后连杆都设有活动侧护板，对顶板和采空区的挡矸性能好。

⑥ 支架的通风断面较大。

⑦ 支架的纵向长度长，造价比掩护式支架高。

#### 4. 特种支架

特种支架是为了满足某些特殊要求而发展起来的液压支架。在结构形式上仍属上述某种基本架型。

##### (1) 放顶煤支架

用于特厚煤层放顶煤采煤工艺的专用液压支架。上部冒落式放顶煤支架的工作面，冒落的顶煤从支架上方的放煤口流入工作面输送机。后部冒落式有两种形式，一种是在掩护梁上开设放煤口，另一种是在掩护梁与底座之间设有放煤口。

##### (2) 铺网支架

具有沿顶（底）板铺设垫网功能的液压支架。特厚煤层采用分层开采时，使用铺网支架既能支护顶板又能自动铺网，它是在一般的掩护式或支撑掩护式支架的基础上再增设铺网机构而成的。

##### (3) 端头支架

用于采煤工作面端头处的液压支架。主要用于工作面两端与上、下顺槽连接处的支护，该处顶板暴露面积较大，机械设备较多，又是人员安全进出口，因此要求端头支架不仅能有效地支撑顶板，而且要与端部的各种设备相配套。端头支架的结构大都是以掩护式或支撑掩护式工作面支架做基型，增加前顶梁、前立柱和前底座等而成。

## 二、乳化液泵站的结构与工作原理

### 1. 乳化液泵站的组成

乳化液泵站由乳化液泵组和乳化液箱两大部分组成，它是将常压乳化液转化成高压乳化液，向综采工作面液压支架及推移装置输送高压乳化液的设备。它是采煤工作面液压支架及液压推移装置的动力源。主要包括电动机，乳化液泵，乳化液箱和控制、保护、监视等元件，以及连接管路等设备与部件。

### 2. 乳化液泵工作原理

目前，向工作面液压支架提供压力液的泵大多采用卧式三柱塞乳化液泵，有

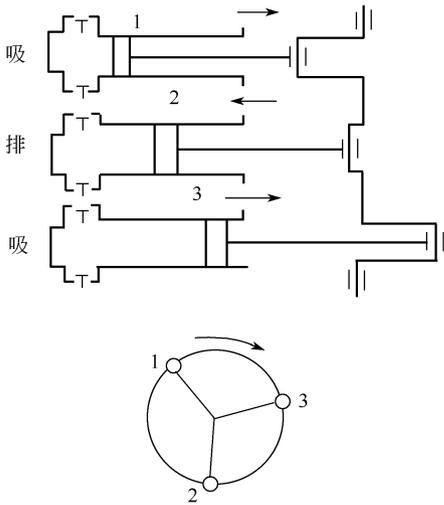


图 5-6 卧式三柱塞泵工作原理图

的采用五柱塞乳化液泵。

三柱塞泵的传动轴是一个三曲拐轴，并相互错开  $120^\circ$ ，工作原理如图 5-6 所示。

当曲轴回转时，三个柱塞将交替吸液和排液。当柱塞 1 吸液时，柱塞 2 排液。在每一瞬时内，至少有一个柱塞，最多有两个柱塞在排液，同时有两个或一个柱塞吸液。电动机带动曲轴不停地转动，柱塞泵也就源源不断地将油液压入排液管。

综采工作面常用乳化液泵主要有：XRB110/31.5、WRB160/35、WRB200/31.5、GRB250/40、GRB315/31.5 等。

### 第三节 掘进机械

掘进机是掘进机械中的主要机械。使用掘进机就可以取消打眼放炮，一次完成破碎和装载的全部工序，因此，国内外都非常重视掘进机的研制和应用。

目前掘进机正按两大方向发展。一是部分断面掘进机，采用截割方式破落煤岩，主要用于煤巷和半煤岩巷。所谓部分断面掘进，即截割部分只能占巷道断面的一部分，截割机构通过上下左右移动完成全部断面的截割，然后向前推进。二是全断面掘进机，采用滚压方式破落岩石，主要用于岩巷掘进。所谓全断面掘进，即在巷道全部断面上同时破落岩石，掘进机沿整个断面向前推进。

在煤和半煤岩巷掘进机后接皮带输送机或刮板输送机运输的称为综合掘进机械，简称综掘。综掘和综采配套，使矿井机械化迈上一个新的台阶。

除从国外引进一些煤和半煤岩巷掘进机外，我国 20 世纪 70 年代已能生产 ELMA、EM-30 等型号的煤和半煤岩巷掘进机，1986 年又研制成功并批量生产 ELMB-55 型掘进机，性能比 ELMA 型有了很大提高。1988 年又在 ELMB-55 型基础上作了部分改进，研制成功 ELMB-75 型并于 1989 年初通过鉴定。ELMB-75 型掘进机的主要性能指标已达到国外同类产品水平。

ELMB-75 型掘进机为部分断面掘进机。从整体上看，可以把它看成是蟹爪装载机加装悬臂截割头而成。为了延长转运距离，在刮板输送机后又加装了皮带转载机。

掘进机包括截割部、装运部、转载部、行走部和液压系统、电气系统，以及喷雾除尘和冷却系统等。

### 1. 截割部

截割部又称工作机构，它由截割头、工作臂、行星减速器、电动机、回转座、导轨架及油缸等组成。

截割头为截锥形滚筒，上有双头螺旋叶片，叶片边缘镶有截齿。截割头工作时，一边旋转，一边向煤壁推进，截齿破煤，螺旋叶道出煤，完成破落煤岩动作。

截割头的旋转动力是一台 75kW 电动机，通过两级行星齿轮减速将动力传给截割头。截割头转速为 50r/min。

截割头的推进动力是一对推进油缸，可使截割头在导轨上实现轴向伸缩 500mm。

装有截割头的工作臂装在机架的回转座上，两个水平回转油缸实现工作臂在水平面内摆动（左 40°，右 40°），升降油缸则使工作臂在垂直面内摆动（上 40°，下 23.5°），从而使截割头移动截割煤壁，形成所需形状的断面。利用液压控制，可使截割头摆动速度在 0.05~0.13m/min 内变化，以适应不同硬度的煤或半煤岩层的掘进。

### 2. 装运部

掘进机装运部由装载机构和运输机构组成，其作用是将截割头破落的煤岩装运至转载部。装载机构为蟹爪式，运输机构为双链刮板输送机，两者实现装-运联动，即由刮板机的机尾轴输出作为蟹爪耙的动力输入。

装运部的动力为两台摆线油马达。

### 3. 转载部

掘进机转载部为桥式皮带转载机，型号为 SZ-2。利用本身的外转座悬臂连接在掘进机主体上。它的作用是将装运部送来的煤岩转载到后续配套设备上去。

转载机动力为一台摆线油马达。转载机的升降油缸使转载机卸载高度在 730~2160mm 内可调；水平回转油缸，可实现转载机水平摆动（左 20°，右 20°）。因而转载机可以适应各种后续设备以及巷道起伏、弯曲等变化。

### 4. 行走部

掘进机行走部采用履带式，左右履带分别由内曲线低速大扭矩油马达驱动。履带张紧装置采用单作用活塞式油缸。

### 5. 液压系统

ELMB-75 型掘进机除截割头旋转运动采用电动机通过机械传动外，其余各部分动作均采用液压传动。液压泵站由一台 45kW 双轴伸电动机同时驱动两台双联齿轮泵，分别向上述部件的四个独立的液压系统供油。

## 6. 电气系统

掘进机由于工作条件恶劣，故对驱动电动机的要求很高。截割头驱动电动机为 YBUS75-4 型、壳外水冷式、4 极 75kW 隔爆电动机。液压泵站电动机为 YBKU45-4 型、4 极 45kW 隔爆电动机。

电气控制系统由电气箱和操作箱等组成。

## 7. 内外喷雾灭尘

煤巷和半煤巷掘进机工作中的粉尘严重污染空气，影响操作者呼吸；降低巷道中的能见度，影响操作者视线。因此，掘进机设内、外喷雾以降低粉尘。

外喷雾即在机外设喷雾装置，引水直接向尘区喷雾；内喷雾是引水进入截割头，通过截割头上的许多细孔在掘进机工作时不断向煤壁喷雾。内、外喷雾结合，大大降低了空气中的粉尘含量。

## 8. 煤巷和半煤岩巷掘进机易损配件

煤巷和半煤岩巷掘进机易损配件包括：截齿、齿座、滚筒、传动齿轮、轴、液压系统中的液压元件、蟹爪部件、刮板链及链轮、皮带拖滚等。

# 操 作 技 能 部 分

## 第六章 矿井防爆电气设备的使用及维护

### 第一节 防爆电气设备的通用要求

#### 一、通用要求

不同类型的防爆电气设备具有不同的特性，需要对它们做出专用的规定。但就所有防爆电气设备而言，它们又有共同的特性，即对防爆电气设备的通用要求。无论何种类型的电气设备都必须在符合通用要求和专用规定的情况下，才能保证其防爆性能。通用要求主要包括：防爆电气设备使用的环境温度，对外壳、紧固件、联锁装置、绝缘套管、接线盒、连接件、引入装置及接地的要求等。

① 防爆电气设备使用的环境温度为  $-20 \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，环境气压为  $(0.8 \sim 1.1) \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

② 防爆电气设备如果采用塑料外壳，须采用不燃性或难燃性材料制成，并保证塑料表面的绝缘电阻不大于  $1 \times 10^9 \Omega$ ，以防积聚静电，还必须承受冲击试验和热稳定试验。

③ 防爆电气设备限制使用铝合金外壳，防止其与锈铁摩擦产生大量热能，避免形成危险温度。

④ 紧固件是防爆电气设备的主要零件。常用的紧固件是由螺栓和螺母及防松用的弹簧垫组成。对于要用特殊紧固件的防爆电气设备必须用特殊紧固件。例如，隔爆型电气设备外壳各部分的连接必须用护圈式紧固件，以防无关人员随意打开外壳，使外壳失去防爆性能。使用护圈式紧固件应符合以下几点要求。

- 螺栓头或螺母要放在护圈内，并且只有使用专用工具才能打开。
- 紧固后的螺栓头或螺母的上平面不能超出护圈。
- 各种规格螺栓的通孔直径、护圈高度、护圈直径应符合有关规定。

d. 护圈可设开口，开口的圆心角不大于  $120^\circ$ 。

e. 护圈要与主体牢固地连在一起。无论何种紧固件都应采用不锈钢材料制成或经防锈处理。

⑤ 为了防止电气设备误操作造成事故，防爆电气设备应设置联锁装置。联锁装置在设备带电时，设备可拆卸部分不能拆卸。当可拆卸部分拆开时，设备不能送电，以保证安全。

⑥ 对于固定在设备外壳隔板上用来使导线穿过隔板的绝缘套管，必须用不易吸湿的绝缘材料制成，绝缘套管的使用不能改变电气设备的防爆形式。如果绝缘套管或电气设备需要使用胶结剂，胶结剂必须具有抗机械、热和化学的能力。

⑦ 为了保证电气设备导线和电缆连接牢固，防止电气设备运行中产生火花、电弧，引燃爆炸性混合物，对正常运行产生火花、电弧或危险温度的电气设备，功率大于  $250\text{W}$  或电流大于  $5\text{A}$  的 I 类电气设备，其电缆和导线的连接都应使用接线盒和连接件。接线盒的形式根据使用环境及有关技术要求决定。接线盒应符合下列条件：接线盒内要留有导线弯曲半径的空间；接线盒内裸露导体间的电气间隙、爬电距离要符合相应防爆类型的有关规定；为防止电弧、闪络现象，接线盒内壁应涂耐弧漆。

⑧ 连接件是置于接线盒内，供引入电缆或电线接线用的（又称接线端子）。连接件要有足够的机械强度和结构尺寸，要保证导线连接可靠，保证在振动和温度的影响下连接不松动，不产生火花、过热和接触不良等现象。对于与铝芯电缆连接的连接件要用铜铝过渡接头。

⑨ 引入装置是防爆电气设备外电路的电缆或电线进入设备内的过渡装置，是防爆电气设备的薄弱环节，因此引入装置的密封是十分重要的。常用的密封引入装置有以下三种。

a. 密封圈式引入装置。该种引入方式应用最广泛，包括压盘式引入装置和压紧螺母式引入装置两种。

b. 浇封固化填料密封式引入装置。

c. 金属密封环式引入装置。

引入装置所用密封圈的材料要用弹性好、不易老化、不易龟裂的橡胶材料或其他类似材料制成，其硬度应达到邵尔氏硬度  $45^\circ\sim 55^\circ$ 。密封圈只有硬度适宜才能起到密封和防松的作用，保证防爆性能。引入装置必须具有防松和防止拔脱装置。

⑩ 为了防止电气设备外壳带电时发生人身触电或对地放电引起周围可燃性气体混合物爆炸，防爆电气设备必须进行良好接地。电气设备的接地主要包括设备金属外壳的外接地端子和设备接线盒内的内接地端子。内、外接地端子都应标

接地符号“⊥”。接地零件要用不锈钢材料制成或经防锈处理，无论是内接地端子还是外接地端子，所选用的规格必须与电气设备容量大小相匹配，设备功率越大所用接线端子直径应越大。对于便携式或运行中需要移动的电气设备，可不设置接地装置，但必须使用有接地芯线的电缆，其外壳与接地芯线连接并与井下总接地网可靠连接。

① 无论何种形式的防爆电气设备，都应有明显的防爆标志，它是由防爆电气设备的类型、类别、级别、组别和防爆设备的总标志“Ex”构成，矿用电气设备没有级别和组别之分。因此，不用引出级别和组别。单一型防爆电气设备标志，按前面所述内容标出即可。例如，“Exd I”表示是 I 类隔爆型防爆电气设备；“Exib I”表示是 I 类本质安全型  $i_b$  等级防爆电气设备。复合式防爆电气设备必须先标出主体防爆形式，后标出其他防爆形式。例如，“Exib I”表示是 I 类隔爆兼本质安全型防爆电气设备。复合型电气设备，还应分别在不同防爆形式的外壳上标出相应的防爆形式。防爆标志一定要制作在防爆电气设备的最明显处。其标志牌可铆或焊在外壳上，也可以采用凹纹标志。防爆电气设备必须设置铭牌，在铭牌的右上方标出“Ex”字样。铭牌应包括以下内容：防爆标志（形式、类别、级别、温度组别等），防爆合格证编号，其他要标出的特殊条件，有关防爆形式专用标准规定的附加标志，出厂日期或产品编号。铭牌可用青铜或不锈钢制成，厚度应不小于 1mm。标志应清晰可见，经久不褪。

由于煤矿井下环境潮湿，还有煤块、岩石冒落的危险，并存在爆炸性混合物，因此用于煤矿井下的电气设备应具备一些基本条件，也就是矿用电气设备的通用要求：

- a. 电气设备的外壳应具有一定的防护性能；
- b. 具有良好的防潮性能，以保证电气设备良好的绝缘性能；
- c. 各种类型的电气设备在满足技术要求的前提下，应尽量减少体积、减轻质量、便于操作、维修方便，以适合井下工作环境狭小的特点；
- d. 无论何种形式的防爆电气设备必须具有良好的防爆性能，这是至关重要的一点。

## 二、防爆电气设备的选用

由于煤矿井下条件特殊，对井下电气设备的选用，必须按照《煤矿安全规程》的要求，根据井下不同的使用场所，选用不同类型的矿用电气设备。井下电气设备的选用应符合表 2-4（见第 37 页）的要求，否则必须制定安全措施，报省（区）煤炭局批准。

普通型携带式电气测量仪表，只准在瓦斯浓度 1% 以下的地点使用。

## 第二节 隔爆型电气设备失爆的原因及预防措施

### 一、隔爆型电气设备常见的失爆现象

电气设备的隔爆外壳失去了耐爆性或隔爆性（即不传爆性）就是失爆。井下隔爆型电气设备常见的失爆现象如下。

① 隔爆外壳严重变形或出现裂纹，焊缝开焊以及连接螺丝不齐全，螺扣损坏或拧入深度少于规定值，致使其机械强度达不到耐爆性的要求而失爆。

② 隔爆接合面严重锈蚀，由于机械损伤、间隙超过规定值，有凹坑、连接螺丝没有压紧等，达不到不传爆的要求而失爆。

③ 电缆进、出线口没有使用合格的密封胶圈或根本没有密封胶圈；不用的电缆接线孔没有使用合格的密封挡板或根本没有密封挡板而造成失爆。

④ 在设备外壳内随意增加电气元、部件，使某些电气距离小于规定值或绝缘损坏，消弧装置失效，造成相间经外壳弧光接地短路、使外壳被短路电弧烧穿而失爆。

⑤ 外壳内两个隔爆腔由于接线柱、接线套管烧毁而连通，内部爆炸时形成压力叠加、导致外壳失爆。

### 二、隔爆型电气设备失爆的原因及预防措施

① 电气设备维护和检修不当防护层脱落，使得防爆面落上矿尘等杂物，紧固对口接合面时会出现凹坑，有可能使隔爆接合面间隙增大。因此，维修人员在检修电气设备时，一定要注意防爆接合面，防止有煤尘、杂物沾在上面。

② 井下发生局部冒顶砸伤隔爆型电气设备的外壳，移动和搬迁不当造成外壳变形及机械损伤都能使隔爆型电气设备失爆。为此电气设备应安装在支护良好的地点，移动和搬迁设备时要小心轻放。

③ 由于不熟悉设备的性能，在装卸过程中没有采用专用工具或发生误操作。如拆卸防爆电动机端盖时，为了省事而用器械敲打，可能将端盖打坏或产生不明显的裂纹，可能发生传爆的现象。拆卸时零部件没有打钢印标记，待装配时没有对号而误认为是可互换的，造成间隙过小，间隙过小对活动接合面可能造成摩擦现象，破坏隔爆面，所以每个零部件一定要打钢印标记，装配时对号选配。

④ 螺钉紧固的隔爆面，由于螺孔深度过浅或螺钉太长，而不能很好地紧固零件。为此应检查螺孔是否有杂质，螺扣是否完好，装配前应进行检查和处理。

⑤ 由于工作人员对防爆理论知识掌握不够，对各种规程不能正确贯彻执行，

以及对设备的隔爆要求马虎大意，均可能造成失爆。为此应加强理论知识和规程的学习，克服麻痹大意的思想。

### 三、隔爆型电气设备防爆结合面的防锈处理

煤矿井下湿度大，隔爆型电气设备的接合面极容易生锈，如果锈蚀严重，对其隔爆性能影响极大，甚至造成失爆。为此，应采取如下防锈措施。

① 涂防锈油剂。在隔爆接合面上直接涂 204-1 防锈油。

② 涂磷化底漆。这是一种新的防锈涂漆，能代替钢铁的磷化处理。其特点是：漆膜薄，仅有  $8\sim 12\mu\text{m}$ ，且坚韧耐久，具有极强的附着力；涂抹方便，仅用半小时即可自然干燥；漆膜不怕瓦斯爆炸时的瞬时高温。

③ 热磷处理。隔爆接合面经热的磷酸盐溶液处理后，在金属表面便形成一层难溶的金属薄膜，即磷化膜，可防止隔爆面的氧化锈蚀。

对在热磷处理时形成的质量差的磷化膜，可用浓度为  $10\%\sim 15\%$  的盐酸 (HCL) 溶液（即氯化氢水溶液）或加热的浓度为  $15\%\sim 20\%$  的苛性钠 (NaOH) 溶液（也叫火碱溶液）擦洗磷化膜，即可除去，也可用砂布等方法清除。

④ 冷磷处理。隔爆接合面经大修后，一般采用冷磷处理，使其形成一层难溶的金属氧化膜，以防止隔爆接合面氧化锈蚀。

## 第三节 自动真空开关常见故障及检修

### 一、真空开关的工作原理

#### (一) 结构特点

真空开关管根据其用途、使用场合及开断容量的不同，分为断路器用真空开关管、负荷开关用真空开关管、接触器用真空开关管等多种结构形式。但无论采用哪种结构形式，它们都由外壳、屏蔽罩、波纹管、动静触头、动静触杆及其他零部件组成。图 6-1 为真空开关管灭弧室原理结构图。

真空灭弧室是一个用玻璃或陶瓷做成的绝缘外壳，内装屏蔽罩、动静触头，动静触头与动静

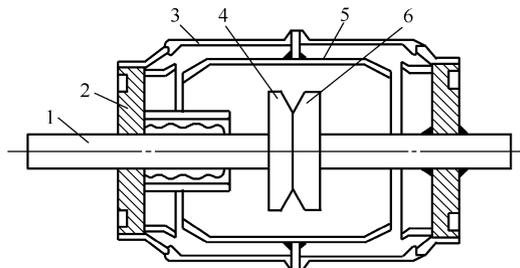


图 6-1 真空开关管灭弧室原理结构图

1—动触杆；2—波纹管；3—外壳；4—动触头；  
5—屏蔽罩；6—静触头

触杆连接，动触杆与操作机构（图中未画出）连接，以完成开关的开、合动作。动触杆外套有可伸缩的不锈钢波纹管，以保证动触杆在一定范围内运动时保持灭弧室的真空度。真空灭弧室的真空度，出厂时不应低于 $1.333 \times 10^{-4}$  Pa，运行当中应保证在 $1.333 \times 10^{-4}$  Pa 以上。

屏蔽罩的作用如下。

- ① 防止触头在燃弧过程中产生大量的金属蒸气和液滴喷溅，污染外壳的内壁，以免造成绝缘外壳内真空度降低或产生闪络。
- ② 改善开关管内的电场分布，有利于开关管的小型化。
- ③ 吸收一部分电弧能量，冷却电弧生成物，有利于提高触头间介质恢复速度，保证开关管的开断容量。

## （二）真空灭弧原理

带电触头在真空中分离时也会产生电弧，但真空电弧与其他介质中的电弧，在表现形式和特性上有本质的不同。在气体电弧中，触头间存在大量的游离的气体，而在真空电弧中，气体非常稀薄，触头之间的残存气体几乎不起作用，而是在触头刚分离瞬间，在极高电场的作用下，由触头材料本身产生的金属蒸气电离后，使触头间隙击穿，从而形成真空电弧。显然，真空电弧受到触头材料的影响。

为了有利于真空电弧的熄灭、对触头材料的选择和形状设计有一定要求。通常触头材料选用铜钨合金，其优点是金属蒸气少，导电、导热性能好。多用具有外螺旋槽的旋弧触头，如图 6-2（a）所示。

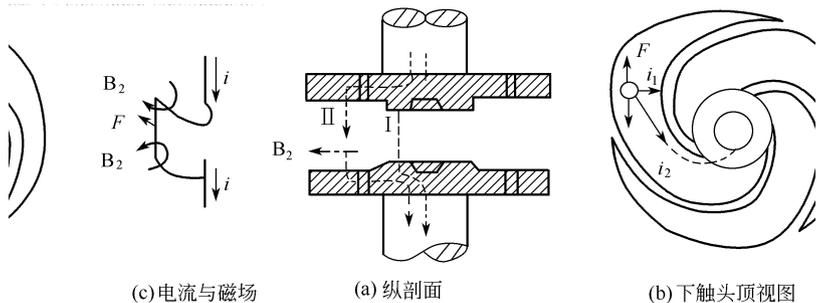


图 6-2 外螺旋槽触头

由图 6-2 可见，触头中部为环形接触面的主触头，外侧为具有螺旋槽的旋弧触头。当触头分开时，因触头中心凹进，电弧电流呈曲折形，如图 6-2（b）所示，曲折部分电流的磁场  $B_2$  对弧隙电流产生电磁力，使电弧向外移入旋弧触头。由于螺旋槽的影响，电弧电流中有一个圆周分量  $i_2$  所产生的径向磁场作用

于电弧,使电弧沿螺旋槽方向高速旋转,如图 6-2 (c) 所示,使电弧被分割拉长,很快得到冷却,当电流为零时,电弧迅速熄灭。

### (三) 检查和判断真空开关管的真空度

检查真空开关的真空度有以下方法。

#### (1) 火花计法

这种方法很简单,只可做定性检查。检查时,将高频火花打开,让火花计触丝在开关管玻璃壳表面移动,观察开关管的发光情况。若管内有淡青色辉光,可以判断真空度在  $1.333 \times 10^{-2}$  Pa 以上;若管内有红蓝色光,可以判断真空管已漏气失效;若管内处于大气状,则不发光。

#### (2) 观察开断电流的弧光

这种方法观察判断不太容易,需凭经验,仅有参考价值。正常开关管开断电流时的弧光为淡青色,经屏蔽罩反射后呈黄绿色;若弧光颜色为紫红色,可能管子已漏气失效。

#### (3) 工频耐压法

这是一种较可靠的检查方法。检查时将真空开关管两触头拉至额定开距,逐渐增大触头间的工频电压,如果开关管不能耐受额定工频电压 1min,即可认为开关管已经漏气失效;否则,认为真空度正常。

#### (4) 用真空度测试仪测试

这是一种比较准确的检查方法,有条件的单位可以采用。它可以迅速而准确地测出管内真空度的高低。使用真空度测试仪测试时,需将开关管从机构上拆下。

### (四) 真空开关管产生操作过电压的原因及其抑制方法

#### 1. 操作过电压产生的原因

操作过电压是开关在开、合瞬间由于断流能力极强而产生的。操作过电压有以下几种。

##### (1) 截流过电压

真空开关分断电弧时,由于其灭弧能力极强,没等电弧电流过零时,电弧即被强行熄灭,这种现象叫截流现象。在开断感性负载时,由于电流被突然切断,负载上的剩余电磁能量就会产生过电压,称为截流过电压。这种电压将对电网及负载带来危害。

##### (2) 多次重燃过电压

这种过电压是由于截流过电压而使触头间隙再次击穿,电弧重燃而后又熄灭,形成多次反复重燃,引起高频振荡过电压,它可以危及电动机匝间和层间

绝缘。

### (3) 合闸过电压

在开关接通电路时，触头间距逐渐变小，在触头接触之前间隙被击穿，产生高频电流，当电流为零时又被开断，类似开断时的情况，也会产生过高的过电压。

## 2. 真空开关过电压的抑制方法

真空开关过电压的抑制方法可从两个方面着手：一方面是从真空开关本身考虑；另一方面是从它所带负载方面考虑，加装以下保护装置。

① 研制低截流和低重燃率的真空触头。这种低截流和低重燃率触头的截流值在  $0.5\sim 1\text{A}$  以下。

② 负载并联电容器。在感性负载上并联电容器，可以有效地降低负载的波阻抗，从而降低截流过电压。

③ 负载端并联电阻-电容，可以有效地降低截流过电压和减少或阻止电弧重燃，因此，用来保护电动机等负载，效果很好。

## 二、常用真空开关

### 1. 矿用隔爆型真空馈电开关

DKZB-400/1140 矿用隔爆型真空馈电开关，主要用在煤矿井下，额定电压  $1140\text{V}$  或  $660\text{V}$ 、频率  $50\text{Hz}$  的配电系统中作线路总开关或分支开关，所控制电路的负荷电流为  $400\text{A}$ 。

#### (1) 组成部分

本馈电开关主要由隔爆外壳、真空断路器、控制回路电源开关、芯板组件、检查开关、故障信号指示等组成。

#### (2) 技术特征

馈电开关额定电压  $1140\text{V}$ 、 $660\text{V}$ ，额定电流  $400\text{A}$ 。最大分断能力  $7500\text{A}$ ，分断时间从接到漏电继电器动作信号起，到分断完毕，时间不大于  $0.03\text{s}$ ，分合额定电流  $3000\text{A}$ ，机械寿命  $1500$  万次。开关可外接主令开关，实行远方分励。

#### (3) 保护性能

① 过电流脱扣器具有过载长延时动作和短路瞬时动作两段保护特性。过载保护整定电流从  $160\sim 400\text{A}$  六挡，短路保护整定电流从  $1200\sim 4000\text{A}$  六种。

② 开关具有欠压脱扣线圈、分励脱扣线圈及电子式过电流脱扣器，欠压脱扣线圈与分励脱扣线圈亦是过电流脱扣器的执行环节。欠压脱扣线圈 F 的释放电压为  $35\%\sim 65\%$  额定电压时失压线圈脱扣，开关脱扣、分闸。

失压保护：当电网停电时失压线圈脱扣，开关脱扣、分闸。

③ 漏气闭锁：开关分闸后，任一真空开关管漏气时，开关闭锁而不合闸。

漏电保护与检漏继电器配合使用,对线路实行漏电保护,从接到漏电继电器动作信号起,到分断完毕,时间不大于 0.03s。

当配电线路发生过载、短路或欠压等故障时,馈电开关能根据要求自动切断电路。

#### (4) 常见故障原因及处理方法

根据故障信号指示灯分析判断,白色为过载信号,跳闸后燃亮;红色为短路信号;蓝色为真空开关漏气信号,合闸前指示。

常见故障原因及处理方法见表 6-1。

表 6-1 常见故障原因及处理方法

序号	故障现象	产生原因	处理方法
1	指示灯不亮	1. 指示灯泡松动或损坏 2. 熔断器 4RD 断开	1. 拧紧或更换灯泡 2. 更换熔断器 4RD
2	馈电开关不能合闸	1. 开关故障跳闸后(短路与过载)未复位 2. 某一开关漏气,断电 3J 动作 3. 试验开关 HK 误打至过载或短路位置 4. 26、27 连线松动或脱落	1. 将电源开关打至复位后再送电 2. 更换漏气的开关 3. 将试验开关 HK 打至中间位置 4. 接好 26、27 连线
3	馈电开关合闸后即跳闸 (无短路与过载情况下)	辅助接点 FC2 滞后,1-3LJ 接点断开	将辅助接点下移并紧固好
4	馈电开关试验时振动	1. 试验开关 HK 接点接触不良 2. 保护插件损坏	1. 调整好接点 2. 更换保护插件

## 2. 磁力启动器常见故障原因及处理方法

矿用隔爆型真空磁力启动器,是一种新型矿用低压电器产品,真空接触器把电弧封闭在真空开关管内,具有分断能力高、燃弧时间短,触头磨损小的特点,因而电寿命长。介质绝缘强度恢复速度快,适用于频繁操作。开距小,耗散功率小,而且又没有喷弧距离。体积小、质量轻、不飞弧、保护齐全,便于检修。在煤矿高、低压开关中已广泛运用。

### (1) BQD<sub>7-80</sub> 矿用隔爆型真空磁力启动器

BQD<sub>7-80</sub> 矿用隔爆型真空磁力启动器主要用作就地或远距离控制,电压 660V、频率为 50Hz 的矿用隔爆型三相笼式电动机的启动和停止,并在停机时进行换向。

① 组成。启动器主要由圆筒形隔爆外壳,两个接线箱,正面圆形主腔安装电气元件,真空接触器,限流热继电器,漏电保护插件,熔断器等组成。

② 技术特性。启动器额定电压 660/380V、额定电流 80A。当电压为 660V 时,控制电动机功率 55kW。机械寿命 150 万次,电寿命 JK<sub>3</sub>60 万次,JK<sub>4</sub>6 万次。真空接触器极限分断能力 2500A,换向隔离开关分断能力 1200A。启动器长

期工作制可靠工作条件  $U_e$  为 75%~110%。

③ 保护性能。启动器具有过载保护、断相保护、短路保护、漏电闭锁电阻（整定值为 660V 时 22k $\Omega$ ），还有用来吸收操作时过电压的阻容式过电压保护装置。可进行集中控制和电气闭锁，壳盖和切换开关间具有坚固可靠的机械闭锁。

④ 故障诊断。常见故障原因及处理方法见表 6-2。

表 6-2 常见故障原因及处理方法

序号	故障现象	产生原因	处理方法
1	不启动	1. JR9 触点没有闭合 2. 漏电闭锁插件损坏 3. 真空接触器整流桥烧坏 4. 启动器漏电	查出故障根源，排除后更换新元件并调整好
2	不能可靠吸合	1. 控制电压低于 26V 2. 反力弹簧过大 3. 运动机构卡住 4. 整流桥局部烧毁 5. 真空开关管漏气	查出故障后，重新检查调整方轴、套轴、限位电器杆，更换新元件
3	释放缓慢	1. 反力弹簧损坏 2. 启动器线圈有短路匝或接交流侧	1. 更换弹簧 2. 检查、处理或更换线圈
4	漏电插件开关在位、信号灯不亮	1. 发光二极管损坏 2. 稳压器、三极管、电阻和电容等电气元件个别损坏 3. 插件中小型继电器常闭触点接触不好	1. 更换发光二极管 2. 检查、测量、更换不合格的电气元件 3. 检查、调整常闭触点，使之接触良好

## (2) BQD<sub>4</sub>-80、120D 矿用隔爆真空电磁启动器

BQD<sub>4</sub>-80、120D 矿用隔爆型真空电磁启动器可作为就地或远距离控制交流电压 380V、660V 的矿用隔爆型三相异步电动机的启动或停止，在允许变压器一端接地时可实现程序控制，启动器可在所控制电动机停止时换向。

① 组成。启动器主要由隔爆电缆接线腔、鼓形隔爆主腔、隔离开关手柄、按钮、主腔内胶木板上固定着的低压真空接触器 JDB-80（120G）电动机保护器、变压器、熔断器等电气元件组成。

② 技术特性。启动器额定工作电压 380V、660V，额定工作电流 80A、120A，控制电路电压 36V。当电压为 380V 或 660V，控制电动机最大功率分别为 65kW、160kW。极限分断能力 2500A，3 次，换相隔离开关分断能力 320~360A，正反各 3 次，吸合电压  $U_e$  为 75%~110%，释放电压  $U_e$  不低于 10%。

③ 保护性能。启动器分断能力强、动作可靠，保护齐全，JDB-120G 采用过载保护、短路保护、断相保护、漏电闭锁。熔断器用于降压变压器短路保护，BLX 小型熔断器用于对控制电路的短路保护。停止按钮和隔离开关手柄有电气联锁和机械联锁。

④ 故障诊断。常见故障原因及处理方法见表 6-3。

表 6-3 常见故障原因及处理方法

序号	故障现象	产生原因	处理方法
1	不启动	1. 变压器副边没电,矿用千伏级熔体烧坏 2. 控制电路有断线地方 3. 启动按钮接触不良 4. 控制电压低于 36V 使中间继电器不能可靠吸合 5. 真空接触器两个线圈接线错误,作用于衔铁的电磁吸力抵消 6. 真空接触器整流桥烧坏	1. 更换熔体 2. 接上断线 3. 调整或更换按钮 4. 提高控制电压 5. 调换其中线圈首尾 6. 更换整流桥
2	不能可靠工作	1. 控制电压低于 36V 2. 真空接触器反力过大 3. 真空接触器辅助触头 XLC2、XLC3 接触不良 4. 真空接触器的运行机构卡住或别动 5. 真空接触器整流桥局部损坏,二极管开路 6. 真空接触器开关管漏气	1. 提高控制电压 2. 重新调整反力弹簧 3. 检修辅助触点组 4. 检查方轴、轴套限位螺杆并排除故障 5. 检查整流桥二极管并更换 6. 更换开关管
3	释放缓慢	1. 真空接触器反力弹簧损坏 2. 真空接触器控制线圈有短路匝,控制点接在交流侧	1. 检查并更换弹簧 2. 修复或更换线圈,改装直流侧
4	温度高	1. 真空接触器线圈绝缘不良或短路 2. 真空接触器辅助点 XLC2、XLC3 不能正常开断	1. 修复或更换线圈 2. 检修接点组
5	不停止	1. 停止按钮失灵 2. 中间继电器反力弹簧损坏	1. 调整或更换停止按钮 2. 修复并更换弹簧

## 第四节 防爆电气设备的检查和维护

防爆电气设备入井前,应由指定的经培训考试合格的电气设备防爆检查工检查其“产品合格证”、“防爆合格证”、“MA 准用证”及安全性能检查合格后方准入井。

### 一、隔爆型电气设备的检查

① 隔爆型电气设备必须经过考试合格的防爆电气设备检查员检查其安全性能,并取得合格证。

② 外壳完好无损伤,无裂痕及变形。

③ 外壳的紧固件、密封件、接地元件齐全完好。

④ 隔爆接合面的间隙、有效宽度和表面粗糙度符合有关规定,螺纹隔爆结

构的拧入深度和螺纹扣数符合规定。

⑤ 电缆接线盒及电缆引入装置完好，零部件齐全，无缺损，电缆连接牢固、可靠。一个电缆引入装置只连接一条电缆。密封圈外径与电缆引入装置内径之差，应符合下列要求：

- a. 密封圈外径不大于 20mm 时，其内径差不大于 1.0mm；
- b. 密封圈外径大于 20mm、不大于 60mm 时，其内径差不大于 1.5mm；
- c. 密封圈外径大于 60mm 时，其内径差不大于 2.0mm，密封圈内径与电缆公称外径之差不大于 1.0mm。电缆与密封圈之间严禁包扎其他物。不用的电缆引入装置用厚度不小于 2.0mm 的钢板堵死。

⑥ 接线盒内裸露导电芯线之间的电气间隙和爬电距离应符合规定；导电芯线无毛刺，接线方式正确，上紧接线螺母时不能压住绝缘材料；壳内部不得增加元部件。

⑦ 连锁装置功能完整，保证电源接通打不开盖，开盖送不上电；内部电气元件、保护装置完好无损、动作可靠。

⑧ 在设备输出端断电后，壳内仍有带电部件时，在其上装设防护绝缘盖板，并标明“带电”字样，防止人身触电事故。

⑨ 接线盒内的接地芯线必须比导电芯线长，即使导线被拉脱，接地芯线仍保持连接；接线盒内保持清洁，无杂物和导电线丝。

⑩ 隔爆型电气设备安装地点无滴水、淋水，周围围岩坚固；设备放置与地平面垂直，最大倾斜角度不得超过 15°。

## 二、本质安全型电气设备的检查

① 本质安全型电气设备必须经过考试合格的防爆电气设备检查员检查其安全性能，并取得合格证。

② 本质安全型电气设备应单独安装，尽量远离大功率电气设备，以避免电磁感应和静电感应。

③ 外壳完整无损，无裂痕和变形。外壳的紧固件、密封件、接地件齐全完好。

④ 连接的电气设备必须通过联检，并取得防爆合格证。

⑤ 外壳防护等级符合使用环境的要求。

⑥ 本质安全型防爆电源的最高输出电压和最大输出电流均不大于规定值。

⑦ 本安电路的外部电缆或导线应单独布置，不允许与高压电缆一起敷设。外部电缆或导线的长度应尽量缩短，不得超过产品说明书中规定的最大值。本安电路的外部电缆或导线禁止盘圈，以减小分布电感。

⑧ 两组独立的本安电路裸露导体之间、本安电路与非本安电路裸露导体之

间的电气间隙与爬电距离符合有关规定。

⑨ 设有内、外接地端子的本安型电气设备应可靠地接地。内接地端子必须与电缆的接地芯线可靠地连接。

⑩ 设备在使用和维修过程中，必须注意保持本安电路的电气参数，不得高于产品说明书的额定值，否则应慎重采取措施。更换本安电路及关联电路电气元件时，不得改变原电路电气参数和本安性能，更不得擅自改变电气元件的规格、型号，特别是保护元件更应特别注意。更换的保护元件应严格筛选，保证与原设计一致。

⑪ 应定期检查保护电路的整定值和动作可靠性。

⑫ 在井下检修本安型电气设备时，也应切断前级电源，并禁止用非防爆仪表检查测量本安电路。

### 三、增安型电气设备的检查

① 增安型电气设备必须经过考试合格的防爆电气设备检查员检查其安全性能，并取得合格证。

② 外壳完整无损，无裂痕和变形。

③ 外壳的紧固件、密封件、接地件齐全完好。

④ 外壳防护等级符合使用环境要求。

⑤ 裸露导体间的电气间隙和爬电距离符合有关规定。

⑥ 绝缘材料的绝缘性能符合有关规定。

⑦ 设备的工作温度符合有关规定。

⑧ 电路和导线的连接可靠，并符合有关规定。

### 四、浇封型电气设备的检查

① 浇封型电气设备必须经过考试合格的防爆电气设备检查员检查其安全性能，并取得合格证。

② 浇封剂不得有缝隙、剥落等现象，被浇封部件不得外露。

### 五、气密型电气设备的检查

① 气密型电气设备必须经过考试合格的防爆电气设备检查员检查其安全性能，并取得合格证。

② 气密外壳必须完整无损，无裂痕和变形。

### 六、充砂型电气设备的检查

① 充砂型电气设备必须经过考试合格的防爆电气设备检查员检查其安全性

能，并取得合格证。

- ② 充砂型外壳必须完整无损，无裂痕和变形。
- ③ 填料覆盖高度符合要求。

## 七、正压型电气设备的检查

① 正压型电气设备必须经过考试合格的防爆电气设备检查员检查其安全性能，并取得合格证。

- ② 正压型外壳必须完整无损，无裂痕和变形。
- ③ 联锁装置完好。
- ④ 压力监控器完好。
- ⑤ 通风机等通风换气设备完好。

## 八、矿用一般型电气设备的检查

① 矿用一般型电气设备必须经过考试合格的防爆电气设备检查员检查其安全性能，并取得合格证。

- ② 矿用一般型外壳必须完整无损，无裂痕和变形。
- ③ 联锁装置完好。
- ④ 外壳防护等级符合要求。

## 九、矿用防爆电气设备的维护

防爆电气设备的维护工作必须有专职的电气工进行，必须符合防爆性能的各项技术要求。防爆性能受到破坏的电气设备，应立即处理或更换，不得继续使用；对使用中的防爆电气设备要定期进行表面清理，去除表面沉积粉尘和酸碱油污；对防爆电气设备要建立小修、中修、大修的维护管理制度。

# 第七章 矿用电缆的使用与维护

## 第一节 电缆的选用

### 一、电缆的选用

① 必须选用经检验合格的，并取得煤矿矿用产品安全标志的阻燃电缆。严禁采用铝包电缆。

② 由于铅皮纸绝缘铠装电缆敷设的水平差，当超过允许值后，将出现接头漏油或铅皮变形，影响电缆寿命。因此，规定电缆实际铺设地点的水平差，应与电缆规定的允许敷设水平差相适应。

③ 一般铅皮铠装电缆的铅皮和其铠装，均可作为保护接地的导体。但采用塑料和橡套绝缘的电缆，必须有单独的足够截面的导体供接地之用，以便连接接地网络。电缆应带有供保护接地用的足够截面的导体，即保证作保护接地用的电缆芯线，其电阻值应不超过规定值。用于移动式和手持电气设备的电缆芯线的电阻值、作保护接地用的电缆芯线电阻，都不得超过  $1\Omega$ ；其他电气设备用的电缆、作保护接地用的电缆芯线电阻值，不得超过  $2\Omega$ 。

④ 对固定敷设的高压电缆应注意以下几点。

a. 在立井井筒或倾斜  $45^\circ$  及其以上的井巷内，由于机械强度的要求，规定要采用钢丝铠装不滴流铅包纸绝缘电缆，钢丝铠装交联聚乙烯绝缘电缆，钢丝铠装氯乙烯绝缘电缆或钢丝铠装铅包纸绝缘电缆或铠装聚氯乙烯护套电力电缆，交联聚乙烯绝缘粗钢丝铠装聚氯乙烯护套电力电缆。如果电缆敷设的高差超过电缆允许的要求时，应在中间设堵油接头，以保证电缆能长期稳定使用。

b. 从经济安全出发，在水平巷道或倾角在  $45^\circ$  以下的井巷内，应采用钢带铠装不滴流铅包纸绝缘电缆，聚氯乙烯绝缘钢带或细钢带铠装聚氯乙烯护套电力电缆，交联聚乙烯钢带或细钢丝铠装聚氯乙烯护套电力电缆。

⑤ 非固定敷设的高压电缆必须采用符合 MT818 标准的橡套软电缆。

⑥ 铝芯电缆：在进风斜井、井底车场及其附近、井下中央变电所至采区变电所之间的电缆可采用铝芯电缆，其他地点的电缆必须采用铜芯电缆。

采区低压电缆严禁采用铝芯电缆。

发现铝芯电缆的接线盒温度较高时，必须停电处理。

接地线不能使用铝芯电缆。

⑦ 由于移动变电站在工作中经常移动，且使用地点接近工作面，所以对移动变电站的供电电缆，应采用监视型屏蔽橡胶电缆。

⑧ 低压动力电缆：固定敷设的电缆应采用 MVV 铠装或非铠装电缆，或对应电压等级的移动橡套软电缆。

非固定敷设的低压电缆，必须采用符合 MT818 标准的橡套软电缆。移动式 and 手持式电气设备应使用专用橡套电缆。

照明、通信、信号和控制用电缆应采用铠装或非铠装通信电缆、橡套电缆或 MVV 型塑力缆。

## 二、电缆截面的选择

井下高压动力电缆截面的选择原则如下。

- ① 按经济电流密度确定电缆截面。
- ② 按长时允许电流校验电缆截面。
- ③ 按电缆通过正常负荷电流时，电网允许的电压损失校验电缆截面。
- ④ 按最大运行方式下发生三相短路故障，校验电缆的热稳定性。
- ⑤ 当电缆通过最小两相短路电流时，必须满足过电流保护装置最小灵敏度要求。

井下低压动力支线电缆截面的选择原则如下。

- ① 按机械强度选择电缆截面，其芯线截面应不小于各种用电设备按机械强度要求所规定的最小截面。
- ② 按电缆实际通过的最大工作电流，不超过电缆长时允许电流进行校验。
- ③ 当用熔断器作短路保护时，熔断器中熔件的额定电流应与所选电缆截面相配合。

井下低压动力干线电缆截面的选择原则如下。

- ① 按低压系统允许电压损失选择电缆主芯线截面。
- ② 按电缆的长时允许电流校验电缆截面。
- ③ 按启动条件校验所选电缆截面，校验时，距电源最远、容量最大的一台电动机启动而其余电动机正常运行时的电压损失应小于电网的允许电压损失。
- ④ 当电缆通过最小两相短路电流时，应满足过电流保护装置最小灵敏度的要求。

## 三、电缆长度的确定

- ① 铠装电缆的实际选用长度  $L$ ，应比敷设电缆巷道的设计长度增加 5%。

② 固定敷设的橡套电缆的实际选用长度  $L$ ，应比敷设电缆的巷道设计长度增加 10%。

③ 移动设备的橡套软电缆的实际选用长度  $L$ ，按使用最远点的计算长度，另加 3~5m 活动长度。

④ 电缆接地芯线除用作监测接地回路外，不得兼作它用。

#### 四、电缆芯线数的选择

① 动力干线电缆，一般选用 4 芯电缆。

② 向采掘机械供电的电缆，要根据具体设备的控制方式、信号系统的要求增加控制芯线数。

③ 专用通信电缆的芯线数，要按通信、信号及控制系统的实际要求数选取，并留有一定数量的备用线数。

④ 电缆接地芯线除用作监测接地回路外，不得兼作它用。

## 第二节 电缆的敷设

### 一、电缆敷设

井下电缆一般都沿井筒和巷道敷设，在具体敷设时应首先注意以下问题。

① 立井开拓时，考虑到便于电缆检修与避免被煤岩块砸坏，一般井下电缆都敷设在副井井筒，不敷设在主井（箕斗井）井筒。

② 在木支架的井筒中，不允许敷设电缆。因为此时一旦电缆着火，火势将迅速蔓延扩大，很难扑灭。

③ 斜井开拓时，根据《煤矿安全规程》的规定，用机械提升的进风斜井中，禁止敷设电缆。这一方面是为了防止由于跑车、矿车掉道等事故而损坏电缆；另一方面也是为了防止电缆着火时，火势顺风流蔓延至井下巷道。

④ 井下其他用机械提升的进风的倾斜井巷（但不包括运输机上山、下山）禁止敷设电缆。但在个别情况下，对电缆有可靠保护措施的，不受限制。

⑤ 井下溜放煤、矸、材料的溜道，禁止敷设电缆。这是为了防止电缆受机械损伤。

⑥ 总回风巷和专用回风巷中不应敷设电缆。

⑦ 在有煤（岩）与瓦斯突出危险的矿井中，应将电缆敷设在进风巷道内，或开凿专门的电缆巷道。如果需要在回风井巷中敷设电缆时，应采取保护措施。

⑧ 在倾斜井巷和水平巷道中敷设电缆时，最好利用行人的井巷，并将电缆敷设在人行道的另一侧，既便于检查维护电缆，又可防止行人攀扶。

电缆悬挂时必须注意以下事项。

① 在水平巷道或倾角  $30^\circ$  以下的井巷中，电缆应用吊钩悬挂；在立井井筒或  $30^\circ$  及其以上的井巷中电缆应用夹子、卡箍或其他夹持装置进行敷设。夹持装置应能承受电缆重量，并不得损坏电缆。

② 水平巷道或倾斜井巷中悬挂的电缆应有适当的松弛度，并在承受意外重力时能自由坠落。其悬挂高度应使电缆在有矿车掉道时不致受撞击；在电缆坠落时，不致落在轨道或输送机上。

③ 电缆悬挂点的间距：在水平巷道或倾斜井巷内不得超过 3m；在立井井筒内不得超过 6m。

④ 沿钻孔敷设的电缆必须绑紧在钢丝绳上，钻孔必须加装套管。

⑤ 电缆不应悬挂在压风管或水管上，不得遭受淋水或滴水。在电缆上严禁悬挂任何物件。如果电缆同压风管、供水管在巷道同一侧敷设时，必须设在管子下方，并保持 0.3m 以上的距离。在有瓦斯抽放管路的巷道内，电缆（包括通信、信号电缆）必须与瓦斯抽放管路分挂在巷道两侧。电缆同风筒等易燃物品应分挂在巷道的两侧，否则相互之间应保持 0.3m 以上的距离。盘圈或盘 8 字形的电缆不得带电，但给采、掘机组供电的电缆不受此限。

⑥ 敷设电缆的最小允许弯曲半径，应符合如下规定：

- a. 油浸纸绝缘电力电缆的弯曲半径，应不小于电缆外径的 15 倍；
- b. 交联聚乙烯绝缘电力电缆的弯曲半径，应不小于电缆外径的 15 倍；
- c. 矿用铠装电话电缆的弯曲半径，应不小于电缆外径的 12.5 倍；
- d. 聚氯乙烯绝缘电力电缆的弯曲半径，应不小于电缆外径的 10 倍；
- e. 橡套电缆的弯曲半径，应不小于电缆外径的 6 倍。

⑦ 井筒和巷道内的通信和信号电缆，应同电力电缆分挂在井巷的两侧，如果受条件限制：

- a. 在井筒内，应敷设在距电力电缆 0.3m 以外的地方；
- b. 在巷道内，应敷设在电力电缆的上方 0.1m 以上的地方。

⑧ 高、低压电力电缆敷设在巷道同一侧时，高低压电缆相互的间距应大于 0.1m；高压电缆之间和低压电缆之间的距离不得小于 50mm，以便摘挂。

⑨ 井下巷道内的电缆，沿线每隔一定距离，在拐弯或分支点以及连接不同直径电缆的接线盒两端，穿墙电缆的墙内两边都应设置注有编号、用途、电压和截面的标志牌，以便识别。

⑩ 立井井筒中所用的电缆，中间不得有接头。如果因井筒太深需设接头时，应将接头设在中间水平巷道内，以便检修维护。运行中因需要增设接头而又无中间水平巷道可利用时，可在井筒中设置接线盒，并应妥善放置接线盒，并应妥善放置在托架上，不应使接头承载力。

⑪ 硐室内和木支架的井巷中敷设的电缆，必须将黄麻外包皮剥除，并应定期在铠装层上加涂防锈油漆。电缆穿过墙壁部分，应用套管保护，并严密封堵管口。

⑫ 硐室内电缆应沿墙壁悬挂或敷设在电缆沟内，电缆沟应有5%的坡度，以防积水。

⑬ 电缆进出硐室穿过墙垛时，为使电缆不受顶板压力的影响，必须用钢管保护，并严密封堵管口；通过底板引向机器的电缆也应用钢管保护，并严密封堵管口。

⑭ 移动式机械（如采煤机、装岩机、耙斗机、电钻等）用的电缆要妥善保护，避免被机器撞击、碾压、炮崩和工具损伤。在工作面悬挂电缆可用木楔子。

⑮ 电缆在运行中要定期检查，注意电缆的绝缘电阻及温升，观察电缆的悬挂状态是否会受到机械损坏；经常观察电缆连接处的情况，发现问题要及时处理。

⑯ 电缆、接线盒、终端盒在敷设和运行中都不受到很大的拉力。

## 二、电缆连接

① 电缆同电气设备的连接，必须使用与电气设备防爆类型（各种矿用防爆型、矿用一般型等）相符的接线盒。电缆芯线必须使用齿形牙线板（卡爪）或线鼻子同电气设备进行连接。

② 不同类型电缆（如纸绝缘电缆、橡套电缆或塑料电缆）之间不得直接连接，必须用符合要求的接线盒、连接器或母线盒进行连接。

③ 同类型电缆之间连接时，除按不同型电缆之间的连接方法进行连接外，还可以直接连接，但必须遵守下列规定。

a. 纸绝缘电缆必须使用符合要求的电缆接线盒连接，高压纸绝缘电缆接线盒必须灌注绝缘充填物。

b. 橡套电缆的连接（包括绝缘、护套已损坏的橡胶电缆的修补），必须使用硫化热补或与热补有同等效能的冷补，在地面热补或冷补后的橡胶电缆，必须进行浸水耐压试验，合格后方可下井使用。

c. 塑料电缆的连接，其连接处的机械强度以及电气、防潮密封、老化等性能应符合该型矿用电缆的技术标准要求。

④ 电缆与电缆的连接以及电缆与电气设备的连接，应通过电缆接线盒、插销连接器、母线盒等连接装置，不得有明接头、冷包头和“鸡爪子”、“羊尾巴”。

⑤ 电缆应整体进入电缆引入装置，并用防止电缆拔脱装置压紧并且密封要良好。

⑥ 高压油浸纸绝缘电缆相互连接用的电缆接线盒中应灌注绝缘充填物。设

在平巷或斜巷的接线盒，应放置在托架上或吊起，注意接头不得承载力，接线盒上方无淋水。对使用沥青绝缘充填物的电缆接线盒，在其前后 10m 以内的井巷中，不应有易燃物。如果有易燃物时，应用石棉板等难燃物或不燃物遮盖，以防电缆接线盒爆炸时带火的沥青充填物溅上而引起燃烧。

⑦ 井下橡套电缆直接连接时，应按规定采用硫化热补或同硫化热补有同等效能的冷补工艺进行连接，不应有冷接头。井下应急连接或修补橡套电缆时，应采用与热补同等效能的冷浇注工艺，线芯连接采用压接工艺。冷补的电缆在采掘工作结束后，应进行浸水耐压试验，试验合格的电缆方可继续使用。

⑧ 接线装置完整、齐全、紧固、导电良好。

### 第三节 矿用电缆的维护和检修

井下电缆除正确选择，按《煤矿安全规程》要求进行敷设和连接外，还应加强运行中的管理，进行日常维护与检查，才能保证电缆的安全运行。

#### 一、电缆的定期维护和日常检查

##### 1. 定期维护制度

① 定期预防性试验制度。对运行中的高压电缆进行定期预防性试验，是发现电缆缺陷的重要手段，对试验不合格的电缆应及时更换。电缆的绝缘电阻数值随电缆的长度和温度而变化。为便于比较，应换算成温度为 20℃ 时每公里长的数值。铠装电力电缆每一芯线对外皮的绝缘电阻（20℃ 时每公里长的数值）标准应符合如下要求。

a. 额定电压为 1~3kV。

黏性浸渍电缆或不滴流电缆：50MΩ。

滴干绝缘电缆：100MΩ。

b. 额定电压为 6~10kV。

黏性浸渍电缆或不滴流电缆：100MΩ。

滴干绝缘电缆：200MΩ。

② 定期清扫电缆上的煤尘，根据矿井煤尘大小，确定清扫周期。

③ 电缆防护制度。在对井下巷道进行整修、粉刷和冲洗作业时，必须对电缆线路加以保护。应将电缆从电缆钩上取下，平整地将电缆放在巷道一侧，并用专用的木槽或铁槽护住电缆，以防损伤电缆。当巷道整修结束后，应有专人将电缆重新挂在电缆钩上。电缆带电摘挂时，应制定安全措施，带好防护用具。

④ 裸铠装电缆定期防腐制度。裸铠装电缆应进行定期涂漆防腐，其周围应

根据实际情况确定。一般采区巷道敷设的电缆最多不超过 2 年；主要运输大巷为 2 年；立井井筒为 2~3 年。

## 2. 制定电缆日常检查制度

① 检查高压电缆悬挂情况和运行状态。电缆悬挂应符合《煤矿安全规程》有关规定，日常维护应有专人负责，每日巡回检查一次。有顶板冒落危险或巷道侧压力过大的地区，应有专职维护人员及时将电缆放落到巷道底板一侧，并妥善覆盖保护。对线路状态，如电缆接线盒、辅助接地极连接是否良好、线路温度是否正常等，做好记录，如有不正常状态，应及时做相应的处理。

各类电缆芯线及外皮的最高允许温度见表 7-1。

表 7-1 各类电缆芯线及外皮的最高允许温度

电缆种类	油浸纸绝缘铅包电缆			橡套电缆
	1~3	6	10	
额定电压/kV	1~3	6	10	3 及以下
芯线最高允许温度/℃	80	65	60	65
表皮最高允许温度/℃	50~55	35~40	35	50~55

② 各种移动设备（如采煤机、装煤机、装岩机等）的电缆管理和维护，应有专职人员每班检查。工作面掘进头附近电缆余下部分，应呈“S”形悬挂，不准在带电情况下呈“O”字形盘放。电缆应严防被炮崩、煤岩撞砸或用力拖曳。

③ 低压电网中的防爆三通、四通和插销，应由专人每月进行一次检查维护，检查中应注意端子的连接情况，有无松动、因接触不良而产生过热等现象，对防爆面应清洗（擦）涂油。

④ 每一矿井应有专职人员对电缆实行全面管理。生产单位的维修人员应积极配合，有计划地对电缆的负荷情况、保护装置的设置等情况进行检查。新采区投产时，应跟班进行负荷测定；对正常生产采区，则应每月进行一次，以保证电缆的安全运行。

⑤ 高压电缆的铠装层（钢带、钢丝）如有断裂松动，应及时绑扎。例如，有高压电缆跨越电机车架空线时，跨越部分，应妥善加以保护，以免火花灼伤电缆；当电缆穿越淋水区时，不应设接线盒，如有接线盒，应有防水措施，并由专人每日检查一次。

⑥ 立井井筒的电缆日常检查维护，至少应由两人进行，每月至少检查一次，如有固定电缆的夹持装置松动或损坏，应及时处理或更换。

## 二、电缆常见故障及处理

### （一）电缆短路故障

对铠装电缆而言，造成电缆短路故障的原因如下。

① 在制作电缆头时，由于三叉处绝缘受损或绝缘处理不当，工艺不符合质

量要求等原因，经常在电缆头的三叉处发生短路事故。为了防止该处发生事故，在制作电缆头时，必须遵守电缆头制作的工艺过程，特别注意处理好三叉口的绝缘，不允许让潮气进入三叉口，破坏其绝缘。

② 电缆铠装刚带裂口，铅包裂纹，由此进潮气，使绝缘破坏而造成短路事故。其常见的原因之一是在搬运或敷设过程中，电缆弯曲半径过小。为了防止事故的发生，在搬运或敷设过程中，应特别注意电缆的弯曲半径应按规程要求。

③ 由于冒顶、矿车掉道等碰撞、挤压，使电缆短路。如果电缆敷设吊挂适当，便可以避免这种事故的发生。

④ 较长时间库存或没有使用的电缆，电缆的两个端头没有铅封，在制作电缆头时又没有将已经受潮的部分截掉或截掉的长度不够，从而造成短路。防止措施是将库存电缆长期不使用时，对两头进行铅封；在制作电缆头时，必须截去一段电缆并做耐压试验。

对橡套电缆而言，造成短路故障的主要原因是机械损伤，如镐刨、炮制、冒顶、撞、挤等直接造成相间短路。使用时间过长，绝缘老化也是原因之一。同样，如果电缆吊挂按规程要求做，便可避免这种事故的发生。

## （二）电缆漏电故障

矿用电缆一相漏电接地，是井下低压电缆常见故障。由于电缆在潮湿环境中使用，容易造成绝缘电阻下降到危险值而漏电接地；还有电缆受机械损伤造成一相绝缘破坏；电缆与设备的连接头与外壳相碰，线头脱落接外壳；电缆热补质量差等造成一相漏电接地；另外，还有电缆连接中存在“鸡爪子”、“羊尾巴”、明接头，这都是造成电缆漏电接地的直接原因。

## （三）电缆断线故障

电缆整根被折断的故障，其原因是电缆被小绞车的钢丝绳或它所拉的物体刮住，或者是被刮板输送机的链板等刮住硬拉断。造成这些故障的原因是违章作业，维护不当，选择电缆截面时机械强度不够等。

## （四）电缆着火

电缆着火事故，其原因是发生相间短路故障后，熔断器、过电流继电器等保护失灵，强大的短路电流产生的高温点燃了橡套电缆的胶皮，引起火灾。防止措施：一是加强电缆维护；二是加强过电流保护的管理；三是采取阻燃电缆。

## （五）井下电缆发生故障时的处理方法

① 电缆故障发生后，首先根据故障的现象和状态，正确判断故障类型，并

及时向矿调度和机电主管部门汇报，组织有关人员迅速进行处理。

② 当电缆因故障引起火灾时，应立即切断故障电缆的电源，并不失时机地灭火救灾。当火势蔓延过快不能立即扑灭时，应当即通知附近采（掘）区，并向矿领导汇报，进一步采取灭火措施，或按矿井的救灾计划进行灭火。

③ 当采用地面测试方法测试井下铠装电缆的故障时，进风巷道风流中的瓦斯浓度必须在 1% 以下时，方可进行。对于井下采（掘）工作面，使用普通型携带式电气测量仪表来测定电缆故障时，必须由瓦斯检查员检查该地点的瓦斯含量，只有瓦斯浓度在 1% 以下时，方可使用。

④ 当井下橡套电缆发生故障后，应根据故障现象进行分析和判断，确定故障类型和故障点。在处理故障时，必须将故障电缆与其他电缆完全隔开，才可进行测试和处理。

⑤ 当连接电缆的开关跳闸时，应由维修电工负责查明原因，并由瓦斯检查员检查故障电缆所在地段的瓦斯浓度，当浓度在 1% 以下时，才能进行检测。对有煤（岩）与瓦斯突出的矿井和瓦斯喷出区域内的故障电缆，严禁用试送电的方式进行故障判断和寻找故障点。

# 第八章 矿井提升、运输与通风设备的使用与维护

## 第一节 提升设备的使用与维护

### 一、提升机的安全保护装置

提升装置能否做到安全运转，安全保护装置将起到十分重要的作用。提升装置的安全保护装置主要包括制动装置、微拖动装置、防止过卷装置、防止过速装置、深度指示器、闸瓦过磨损保护装置、过负荷和欠电压保护装置等。

#### 1. 制动装置

制动装置有以下作用。

- ① 在提升机停止工作时，能可靠地闸住提升机，即正常停车。
- ② 在减速阶段及下放重物时，参与提升机的控制，即工作制动。
- ③ 当发生紧急事故时，能迅速而合乎要求地闸住提升机，即安全制动。
- ④ 双滚筒提升机在更换水平、调节钢丝绳长度或更换钢丝绳时，应能闸住提升机的活滚筒，松开死滚筒。

制动装置是矿井提升机的重要安全装置。制动装置要绝对保证处于正常可靠状态，一旦制动装置失灵，将会造成重大事故。所以《煤矿安全规程》对制动装置提出了下列要求。

① 提升绞车必须装设司机不离开座位即能操纵的常用闸和保险闸，保险闸必须能自动发生制动作用。

② 常用闸和保险闸共同使用 1 套闸瓦制动时，操纵和控制机构必须分开。双滚筒提升绞车的 2 套闸瓦的传动装置必须分开。

③ 严禁司机离开工作岗位、擅自调整制动闸。

④ 对具有 2 套闸瓦只有 1 套传动装置的双滚筒绞车，应改为每个滚筒各自有其控制机构的弹簧闸。

⑤ 保险闸必须采用配重式或弹簧式的制动装置，除可由司机操纵外，还必须能自动抱闸，并同时自动切断提升装置电源。

⑥ 常用闸必须采用可调节的机械制动装置。对现用的使用手动式常用闸的绞车，如设有可靠的保险闸时，可以继续使用。用于辅助物料运输的滚筒直径在 0.8m 及其以下的绞车或提升重量在 8t 以下的凿井用稳车，可用手

动闸。

⑦ 立井、斜井缠绕式提升绞车除有制动装置（常用闸和保险闸）外，应加设定车装置，以便调整滚筒位置或修理制动装置时使用。

⑧ 保险闸或保险闸第一级由保护回路断电时起至闸瓦接触到闸轮上的空动时间：压缩空气驱动闸瓦式制动闸不得超过 0.5s；储能液压驱动闸瓦式制动闸不得超过 0.6s；盘式制动闸不得超过 0.3s。对斜井提升，为保证上提紧急制动不发生松绳而必须延时制动时，上提空动时间不受此限。盘式制动闸的闸瓦与制动盘之间的间隙应不大于 2mm。保险闸施闸时，杠杆和闸瓦不得发生显著的弹性摆动。

⑨ 提升绞车的常用闸和保险闸制动时，所产生的力矩与实际提升最大静荷重旋转力矩之比  $K$  值不得小于 3。对质量模数较小的绞车，上提重载保险闸的制动减速度超过有关规定的限值时，可将保险闸的  $K$  值适当降低，但不得小于 2。

凿井时期，升降物料用的绞车  $K$  值不得小于 2。

在调整双滚筒绞车滚筒旋转的相对位置时，制动装置在各滚筒闸轮上所发生的力矩，不得小于该滚筒所悬重量（钢丝绳重量与提升容器重量之和）形成的旋转力矩的 1.2 倍。

计算制动力矩时，闸轮和闸瓦摩擦系数应根据实测确定，一般采用 0.30～0.35；常用闸和保险闸的力矩应分别计算。

对摩擦轮式提升绞车常用闸和保险闸的制动，除必须符合《煤矿安全规程》的规定外，还必须满足以下防滑要求。

a. 各种载荷（满载或空载）和各种提升状态（上提或下放重物）下，保险闸所能产生的制动减速度的计算值，不能超过滑动极限。钢丝绳与摩擦轮间摩擦系数的取值不得大于 0.25。由钢丝绳自重所引起的不平衡必须计入。

b. 在各种载荷及提升状态下，保险闸发生作用时，钢丝绳都不出现滑动。

## 2. 防止过卷装置

过卷事故就是当提升容器被提升到地面井口正常停车位置而没有停车，而是越过正常停车位置继续向上提升造成的事故。防止提升机发生过卷事故的装置叫防止过卷装置。对防止过卷装置的要求是：当提升容器超过正常终端停止位置（或出车平台）0.5m 时，必须能自动断电，并能使保险闸发生制动作用。为了提高过卷保护的可靠性，必须分别在井架上和深度指示器上各装设一套防止过卷装置，后者应先动作。

## 3. 防止超速装置

当提升速度超过最大速度 15% 时，必须能自动断电，并能使保险闸发生作用。

## 4. 限速装置

提升速度超过  $3\text{m/s}$  的提升绞车必须装设限速装置，以保证提升容器（或平衡锤）到达终端位置时的速度不超过  $2\text{m/s}$ 。如果限速装置为凸轮板，其在 1 个提升行程内的旋转角度应不小于  $270^\circ$ 。

防止过卷装置能做到过卷后保险闸立即动作，但这并不能完全保证提升的安全，因为保险闸动作后，提升绞车并不能立即停止运转，需要有一个制动过程，而制动过程时间的长短取决于保险闸开始动作的提升速度。所以，必须用限速装置来保证提升容器到达井口时的速度不超过  $2\text{m/s}$ ，否则仍会造成严重事故。例如，某矿提升绞车的防止过速装置拆除后未再装上，由于司机思想不集中，提升容器提至井口仍未减速，虽然防止过卷开关动作了，但提升绞车并未立即停止运转，提升容器升到天轮才被卡住，结果提升钢丝绳被拉断，提升容器坠到井底，打坏井筒设备，造成严重事故。

#### 5. 深度指示器及其失效保护装置

深度指示器是司机对提升绞车运行情况的监视器，没有它随时可能发生提升事故。例如，某矿由于深度指示器发生故障，提升绞车司机只好通过观察滚筒上钢丝绳的绳记开车，由于绳记不醒目，结果提升容器到井口也没有减速，幸好防止过卷装置动作进行了保险制动，但井底的提升容器仍发生碰罐事故。所以，《煤矿安全规程》作了以下规定。

① 提升绞车必须装设深度指示器、开始减速时能自动示警的警铃。

② 提升装置必须装设深度指示器失效保护装置：当指示器失效时，能自动断电并使保险闸发生作用。

#### 6. 闸间隙保护装置

提升绞车的停车，完全是依靠制动闸来实现的。在操作过程中，靠的是闸瓦与闸轮或闸盘间的摩擦力产生制动力矩，所以闸瓦是易磨损零件，当磨损到极限程度时，固定闸瓦的铜螺钉就要与闸轮或闸盘相摩擦而产生沟痕，减少制动力矩，或由于闸瓦间隙超限而不能产生制动力矩。因此，《煤矿安全规程》规定：提升装置必须装设闸间隙保护装置，当闸间隙超过规定值时，能自动报警或自动断电。

#### 7. 过负荷和欠电压保护装置

过负荷保护装置也叫过电流保护装置，用来保护提升电动机的过载和短路及其他设备的安全运行。欠电压保护装置装在电源开关柜内。当电压低于允许值时，使电源开关自动脱扣跳闸，实现安全制动。

#### 8. 安全回路

在提升绞车电控线路中，设有必要的保护和联锁装置。它的作用是：当由于某种原因使安全接触器断电时，一方面使换向器及线路接触器线圈电路断开，从而使高压换向器断开，使提升电动机停电；另一方面使安全制动电磁铁释放，进

行安全制动，使提升绞车停车。

### 9. 松绳保护装置

缠绕式提升绞车必须设置松绳保护装置并接入安全回路和报警回路，在钢丝绳松弛时能自动断电并报警。箕斗提升时，松绳保护装置动作后，严禁受煤仓放煤。

### 10. 满仓保护装置

箕斗提升的井口煤仓满时能报警和自动断电。

### 11. 减速功能保护装置

当提升容器（或平衡锤）到达设计减速位置时，能示警并开始减速。

## 二、提升钢丝绳的检查与维护

### （一）提升钢丝绳的检查

为确保钢丝绳的使用安全，防止断绳事故发生，对提升钢丝绳要进行定期的检查。

《煤矿安全规程》规定：提升钢丝绳必须每天检查一次；对易损坏和断丝或锈蚀较多的一段应停车详细检查；检查结果应记入钢丝绳检查记录簿。

各种股捻钢丝绳在一个捻距内断丝断面积与钢丝总面积之比，达到下列数值时，必须更换。

① 升降人员或升降人员和物料用的钢丝绳为 5%。

② 专为升降物料用的钢丝绳为 10%。

以提升钢丝绳标称直径为准计算的直径减小量达到 10% 时，必须更换；使用密封钢丝绳外层钢丝厚度磨损量达到 50% 时，必须更换。

钢丝绳在运行中遭受到卡罐、突然停车等猛烈拉力时，必须立即停车检查，发现下列情况之一者，必须将受力段刹掉或更换全绳。

① 钢丝绳产生严重扭曲或变形。

② 断丝超过《煤矿安全规程》的规定。

③ 直径减小量超过《煤矿安全规程》的规定。

④ 遭受猛烈拉力的一段长度伸长 0.5% 以上。

在钢丝绳使用期间，断丝数突然增加或伸长突然加快，必须立即更换。

钢丝绳的钢丝有变黑、锈皮、点蚀麻坑等损伤时，不得用作升降人员。钢丝绳锈蚀严重，或点蚀麻坑形成钩纹，或外层钢丝松动时，不论断丝数多少或绳径是否变化，都必须立即更换。

主要提升装置必须备有检验合格的备用钢丝绳。

在检查钢丝绳时，采用慢速运行（一般为 0.3m/s 以下速度）对提升钢丝绳进行外观检查，同时可用手将棉纱围在钢丝绳上。如有断丝，其断丝头就会把棉

纱挂住。要特别注意检查绳头端和容易磨损段，还要注意不得有漏检。人工检查的方法只能检查出外部钢丝的情况，对内部断丝是检查不出来的。为了提高检查质量，保证提升安全，应该逐渐完善钢丝绳电磁探伤器，并推广使用。

## （二）钢丝绳的维护

钢丝绳的维护，最主要的工作就是涂油，但其他方面的工作也不可忽视。如新绳试验后应放在避光、遮雨、干燥的棚内，下部应用方木垫起，使外层钢丝绳距地面不小于 0.2m，以免受潮锈蚀。入库后的绳，每年雨季前要检查一次，如发现锈蚀，应解卷检查并涂油。运搬绳时要避免与地面接触，以免擦去绳油或沾上砂土及碰伤。移动绳时，不能用铁棍撬绳，装车吊运缠绳时，不准直接吊绑在钢丝绳上，卸车时不准从车上往下推卸等。

钢丝绳使用过程中应注意涂油，良好地、定期地涂油对提高钢丝绳的使用寿命影响很大。

《煤矿安全规程》规定：对使用中的钢丝绳，应根据井巷条件及锈蚀情况，至少每月涂油一次。摩擦轮式提升装置的提升钢丝绳，只准涂、浸专用的钢丝绳油（增磨脂）；但对不绕过摩擦轮部分的钢丝绳，必须涂防腐油。

对油的要求如下。

- ① 黏稠性能好，振动、淋水甩冲不掉。
- ② 有较好的黏温性能，低温不硬化（龟裂），高温不流失。
- ③ 防锈和润滑性要好，不含碱性，并有一定的透明度，以便发现磨损和断丝。

涂钢丝绳用油，采用我国生产的专用钢丝绳油。并注意与钢丝绳厂家制造时所用的油脂相适应。

严禁用布条之类的东西捆缚在钢丝绳上作提升容器位置的标记，这样会破坏钢丝绳在捆缚处的润滑，导致该处严重锈蚀，国内外都曾因此发生过断绳事故。

## 三、提升设备常见故障

### 1. KJ 型提升机制动器和液压传动装置的常见故障及处理

① 闸瓦发热和磨损。这是 KJ 型提升机制动器经常出现的问题。下放重载时，若不用动力制动，而是利用工作闸下放，这种问题更为突出，有时由于各连杆安装不精确，使制动力在两副制动器的闸瓦上分配不均匀，造成一副闸瓦发热和过度磨损。所以，应尽可能采用动力制动。

② 角移式闸瓦各铰接处销轴的主要故障是因为长期不注意润滑而锈蚀，应经常注意其润滑。

③ 制动缸的活塞卡缸。制动缸的活塞卡缸将使制动力矩减小。卡缸原因可

能是由于活塞皮碗老化变硬；压力油过脏，过滤器失效；活塞皮碗太紧；活塞杆受侧向力作用；活塞底部的压环螺帽松动脱落等。所以应当定期检查皮碗，发现异常应及时更换、定期清洗管路、油箱、过滤器、阀门等液压元件，消除安装偏差，拧紧压环螺帽。

④ 角移制动器的长方形断面主连杆被拉断。这种重大事故，KJ 型提升机上已发生多起。其原因有：安装误差太大；主连杆的端部出现集中应力；材质不好等。应加强检查，如发现损伤应立即进行更换。

## 2. 盘形制动器及其液压站的常见故障

① 各副盘形制动器必须同时进行调整，使闸瓦与制动盘间的间隙相等。调整好的间隙应在 1mm 左右。在使用中闸瓦间隙不应大于 2mm。闸瓦的厚度约为 15mm。黏结的闸瓦如磨损到只有 5mm 时必须更换。用铜螺钉装在衬板上的闸瓦应使螺钉头不研磨制动盘。

② 液压站的维护及常见故障的处理检修或调整液压站时，应使二级制动安全阀电磁铁断电。油箱的油面应在油位指示器规定的范围内。经常清洗滤油器，每半年应更换一次油。电液调压装置的磁钢一般不拆卸、敲打，以免影响其性能。永久磁钢应装配后充磁，不应单独充磁后再装配。每个工作班均应对二级制动安全阀的动作进行检查。在各液压管路内不许留有空气。

当制动油无压力时，可能的原因是油泵吸油口接头未拧紧，滤油器堵塞，二级制动安全阀电磁铁通电后衔铁未将滑阀压下，溢流阀内的节流孔堵塞。找出原因后进行相应的处理。

制动缸内虽有油压，但达不到最大值。其原因可能如下。

① 电液调压装置挡板位置不合适，应重新调整。当挡板端面不平时，应精确磨平。

② 输入电液调压装置动线圈的直流讯号偏小，应在允许范围内增大。

③ 溢流阀与电液调压装置间的连接管路漏油。

若残压过大，则可能是挡板与喷嘴间的原始距离偏小，应将十字弹簧上端的螺母拧紧稍许，以提高挡板位置；溢流阀节流孔直径太大，应更换直径较小的节流孔。

## 3. KJ 型滚筒筒壳损坏

滚筒筒壳的损坏是 KJ 型矿井提升机普遍存在的问题。造成筒壳变形和开裂的主要原因有：理论计算的误差过大；加工装配的缺陷；使用维护不合理；钢板材质的缺陷等。在查明造成筒壳损坏的原因之后，应结合产品使用时间、筒壳损坏情况以及今后的使用要求，研究处理方案和措施，如焊补开裂处、在滚筒内增设加强支环、采用较厚衬木等。

## 4. 提升机圆弧齿轮减速器的破损

提升机圆弧齿轮减速器的破损形式有点蚀、擦伤、胶合、疲劳折断、脆性折断、塑性变形等。早期点蚀是齿轮在使用初期齿面出现麻点或小坑，如不及时处理，将会很快发展成为大坑，逐渐连接成片，从而造成齿面剥落。主要原因是齿面接触不良、接触部位不正确和过负荷等。

圆弧齿轮副的中心距偏大或偏小，将造成凹齿齿顶或凸齿齿顶过早点蚀。中心距偏大的消除方法是，在加工和刮瓦时控制中心距，使其适当偏小些。例如，因轴瓦磨损而使中心距变大，则应更换。组成人字齿轮的两个斜齿轮在啮合过程中不能同时良好接触，则用跑合的方法来改善齿面的接触情况。如果人字齿轮减速器啮合齿面一端接触或对角接触，这可能是齿轮轴不平行或扭斜，必须精确测量，以便在刮瓦时予以消除。擦伤是指齿面出现垂直于齿向的沟纹；胶合是指齿面金属互相转移，即一个齿面上的金属粘到另一个齿面上去；塑变是齿面出现大的塑性变形，齿表面层的金属被碾压到齿顶和齿端，整个齿形也遭到破坏。一般认为，跑合方法和润滑油特性对齿面的擦伤和胶合影响很大。经验证明，当齿面在未完全跑合好时就迅速加载，润滑油黏度过低以及模数比较大的圆弧齿轮，其齿面较易出现这种现象。

为了减少提升设备在运转中的故障，精确安装是特别重要的，所以各部件的安装必须符合标准。

#### 四、斜井串车提升事故预防

斜井串车提升的主要事故是跑车。所谓跑车就是提升容器脱离提升钢丝绳的牵引沿着倾斜井巷自由跑下，造成车辆、轨道、巷道支护以及其他重要设施的损坏，甚至造成跑车起点下方行人和作业人员的重大伤亡事故。

发生斜井跑车事故的原因如下。

##### 1. 钢丝绳断裂跑车

###### (1) 钢丝绳损伤，强度降低

① 钢丝绳断丝超过安全规定。例如，某矿提升人员和物料的斜井，井筒淋水较大，钢丝绳锈蚀，断丝超限，提升物料起车时发生断绳。

② 绳径减小过限或密封钢丝绳外层钢丝厚度磨损过限。例如，某矿45层绞车道，由于使用绳径减小过限的钢丝绳，在下山放车时断绳跑车，将在下部喷浆的1名工人撞伤致死。

③ 钢丝绳钢丝锈蚀过限。例如，某矿一430m西五绞车道，由于巷道淋水，钢丝绳局部锈蚀过限，重车上提时断绳跑车。

④ 钢丝绳出现硬弯或扭结。例如，某矿3号井，斜井串车提升，钢丝绳扭结，启动加速时断绳跑车。

###### (2) 钢丝绳张力过大

① 多拉车，提升过载。例如，某矿五井主井，斜井串车提升，钢丝绳磨损严重，提升超载一倍，启动加速过程中断绳跑车。

② 刮卡车辆。例如，某矿北新 1.6m 绞车道，巷道凸凹不平，坑木车所装木料探出车体，提升时顶在硃帮上，造成断绳跑车。

③ 拉掉道车辆。例如，某矿 11 号井，对钢丝绳检查不细，未发现钢丝绳直径已经缩小，并有断丝，矿车掉道还继续拉，结果断绳跑车。

## 2. 连接件断裂跑车

① 连接件有疲劳隐裂或裂纹。例如，某矿斜井串车提升，一辆矿车的横销因有裂纹被拉断，造成跑车事故。

② 刮卡车辆张力过大。例如，某矿南井提升过程中，上提至井口附近，串车的第二节重车的 4 个车轮全部脱轨，顶掉了地滚又顶在井口阻车器的轴上被挡住，信号工慌忙发出事故信号。突然一声巨响，链环断裂。脱链的矿车朝井底飞滚，造成井底车场 1 名挂钩工人死亡。

③ 使用不合格的连接件。例如，某矿北绞车道，提升中由于使用自制的不合格的连接环，钩头链环折断，造成 4 辆矿车跑车。又如某矿掘井队挂车工人连接矿车时，发现矿车没有三环链，便私自用矿车插销小链代替三环链连接矿车。当提升到三巷道岔时，小链折断跑车。

## 3. 矿车底盘槽钢断裂跑车

① 底盘槽钢锈蚀过限，失于管理未发现。

② 超期服役，疲劳过限或遭受严重脱轨冲击形成隐患。例如，某矿主斜井绞车道，提升 6 辆重车，由下车场运行距井口 50m 处，矿车底盘槽钢折断，致使 6 辆重车跑车。途中又将下行的空车钢丝绳撞断，5 辆空车在距井下车场 50m 处跑至下车场。

## 4. 连接销窜出脱钩跑车

没按规定使用不能自行脱落的连接装置，当轨道或矿车质量低劣时，车辆运行严重颠簸或脱轨导致脱销跑车。例如，某矿副井，信号工从 +75m 水平往 +137m 水平送一组车，打点提升时，发现第三辆矿车掉道，又继续提升一段以便矿车上道。当尾车刚过道岔时，第六辆矿车插销窜出跑车。

## 5. 制动装置不良引起跑车

① 由于制动装置故障引起制动力矩不足。例如，某矿 604 绞车道，对已停运 5 个多月的绞车换绳。当时基础坑积水淹没绞车滚筒轮缘，非常脚踏开关、保险闸锈蚀失灵。换完钢丝绳，既未认真全面检查，也未试运转，就用该绞车将参加换绳的 19 人由 -520m 水平往 -635m 水平运送，由于工作闸轮上有污水制动力不足，保险闸又失灵，造成带绳跑车，矿车脱轨，死亡 1 人，重伤 1 人，轻伤 10 人。

② 由于对保险闸制动力矩调定不当引起的保险制动减速度或力矩过大。

a. 当向上提升保险制动时，由于制动力矩过大使绞车减速度大于串车自然减速度时产生松绳，因此，会坠车冲击断绳，造成跑车事故。例如，某矿五井东暗斜井，单钩串车提升，重载车上提因电压低跳闸，发生保险制动，造成松绳冲击，冲断钢丝绳事故。

b. 提升钢丝绳承受的最大张力，除了刮卡事故之外，主要有两部分：一是下放额定载荷时的最大静张力；二是与其减速度成正比的减速动张力。因此，下放重载紧急保险制动时，减速度过大或制动力矩过大，则提升钢丝绳所承受的张力也过大。这时，在钢丝绳强度损失较大处容易发生断绳，造成跑车事故。

#### 6. 工作失误造成跑车

① 没挂钩或没挂好钩就将矿车从平巷推下斜巷，造成跑车。例如，某矿把钩工责任心不强，没有把插销插上，就把矿车推下去，造成跑车，撞倒 4 架支架，顶板冒落，停产 8h。

② 未关闭阻车器就推进矿车造成跑车。例如，某矿副斜井，井口平巷车场，由于信号工未关闭阻车器，脱离岗位进把钩房。推车工没有与信号工联系，也没有检查阻车器，就推进矿车，造成跑车。

③ 推车过变坡点存绳，造成坠车冲击，断绳跑车。例如，某矿挂钩工违章，在松绳 8~9m 的情况下，把挂上的重车推过变坡点送入斜坡道，车辆在重力作用下加速运行，当松绳伸直时产生很大的冲击力，造成断绳跑车。

④ 连接插销不到位造成脱钩跑车。例如，某矿 -312m 水平至 -428m 水平中央轨道下山，下料时，由于坑木长出材料车，车链不能挂，把钩工就用一根长 2m 的  $\phi 16$  绳扣，将重叠的绳扣环置于矿车鸭嘴内，但插销只插进一环，未经检查就发信号提升，结果绳扣脱钩跑车。

⑤ 下放重载，电动机未送电又没施闸造成带绳跑车事故。例如，某矿斜井用串车单钩提升，在下放矿车时，司机违反操作规程，在电动机不给电情况下松闸放车。当矿车运行速度很快时，想用闸控制，但已控制不住，发生了跑车事故。由于电动机转速过高被离心力甩坏。

为了预防斜井串车提升的跑车事故，除应针对各种产生跑车事故的原因分别采取不同的措施外还应遵守《煤矿安全规程》以下的有关规定。

倾斜井巷内使用串车提升时必须遵守下列规定。

① 在倾斜井巷内安设能够将运行中断绳、脱钩的车辆阻止住的跑车防护装置。

② 在各车场安设能够防止带绳车辆误入非运行车场或区段的阻车器。

③ 在上部平车场入口安设能够控制车辆进入摘挂钩地点的阻车器。

④ 在上部平车场接近变坡点处，安设能够阻止未连挂的车辆滑入斜巷的阻

车器。

⑤ 在变坡点下方略大于 1 列车长度的地点，设置能够防止未连挂的车辆继续往下跑车的挡车栏。

⑥ 在各车场安设甩车时能发出警号的信号装置。

上述挡车装置必须经常关闭，放车时方准打开。兼作行驶人车的倾斜井巷，在提升人员时，倾斜井巷中的挡车装置和跑车防护装置必须是常开状态，并可靠地锁住。

倾斜井巷使用绞车提升时必须遵守下列规定。

① 轨道的铺设质量符合《煤矿安全规程》第三百五十三条的规定，并采取轨道防滑措施。

② 托绳轮（辊）按设计要求设置，并保持转动灵活。

③ 倾斜井巷上端有足够的过卷距离。过卷距离根据巷道倾角、设计载荷、最大提升速度和实际制动力等参量计算确定，并有 1.5 倍的备用系数。

④ 串车提升的各车场设有信号硐室及躲避硐；运人斜井各车场设有信号和候车硐室，候车硐室具有足够的空间。

斜井提升时，严禁蹬钩、行人。

运送物料时，开车前把钩工必须检查牵引车数、各车的连接和装载情况。牵引车数超过规定，连接不良或装载物料超重、超高、超宽，或偏载严重有翻车危险时，严禁发出开车信号。

## 第二节 运输设备的使用、维护及故障处理

### 一、轨道运输常见安全事故及安全注意事项

#### （一）电机车运输常见安全事故及安全注意事项

##### 1. 电机车运输常见安全事故

电机车运输的常见事故主要是机械事故、电气事故和运行事故。

##### （1）常见的机械事故

① 车架的事故。由于电机车掉道和受撞击等原因，造成车架变形或接口脱焊。

② 制动系统的事故。由于连接件磨损严重、间隙增大，或由于闸瓦过度磨损，使制动失灵。

③ 撒砂系统的事故。造成这类事故的原因主要是连杆缺油操作不灵活；砂子硬结，不流动；砂管歪斜，砂子流不到轨面上。

④ 轮对的事。轮对受到剧烈的撞击后，轮毂产生裂纹或圆根部松动，或

轮碾面磨损超过 8mm 而引起机车掉道。

⑤ 齿轮传动装置的事故。齿轮由于缺油，或齿间掉进杂物，或过载，致使齿轮严重磨损，间隙过大，致使轮齿断裂。

⑥ 轴箱的事故。由于轴箱缺油或油质不好、密封不严而混进污物，使轴承发热烧坏。

⑦ 弹簧托架的事故。由于弹簧受到剧烈撞击而引起弹簧片断裂，或在卡箍中松动。

## (2) 常见的电气事故

① 电动机的事故。主要是整流子严重冒火，电动机过热甚至烧毁。

② 控制器的事故。主要是触头接触不良或触头烧毁。

③ 集电弓子的事故。主要是弓子磨出深槽导电不良；弓子弹簧断裂，弓子被拉坏。

## (3) 电机车运行事故

① 电机车运行中由于轨道不平整造成机头掉道。

② 由于轨道与车轮之间的黏着系数太小，车轮打滑，运行困难。

③ 由于司机思想疏忽，注意力不集中，或其他特殊情况，而造成机车撞人、压人，机车相撞事故。

## 2. 电机车运输安全注意事项

① 列车或单独机车都必须前有照明，后有红灯。

② 正常运行时，机车必须在列车前端。

③ 同一区段轨道上，不得行使非机动车辆。如果需要行使时，必须经井下运输调度站同意。

④ 列车通过的风门，必须设有当列车通过时能够发出在风门两侧都能接收到声光信号的装置。

⑤ 巷道内应装设路标和警标。机车行进巷道口、硐室口、弯道、岔道、坡度较大或噪声大的地段，以及前面有车辆或视线障碍时，都必须减低速度，并发出警号。

⑥ 必须有用矿灯发送紧急停车信号的规定。非危险情况，任何人不得使用紧急停车信号。

⑦ 两机车或两列车在同一轨道同一方向行使时，必须保持不少于 100m 的距离。

⑧ 列车的制动距离每年至少测定一次。运送物料时不得超过 40m；运送人员时不得超过 20m。

⑨ 在弯道或司机视线受阻的区段，应设置列车占线闭塞信号；在新建和改扩建的大型矿井井底车场和运输大巷，应设置信号集中闭塞系统。

## (二) 单轨吊车运输的安全注意事项

① 单轨吊车的运行坡度、运行速度和载荷重量不得超过设定的数值。设备最突出部分与巷道之间以及对开列车最突出部分之间的间隙,必须符合《煤矿安全规程》第二十二条和第二十三条的规定。

② 单轨吊车的牵引机车和驱动绞车应具有可靠的制动系统,并满足以下要求。

a. 保险制动和停车制动的制动力应为额定牵引力的 1.5~2 倍。

b. 必须设有既可手动又能自动的保险闸。保险闸应具备以下性能:

运行速度超过额定速度 15% 时能自动施闸;

施闸时的空动时间不大于 0.7s;

在最大载荷、最大坡度上以最大设计速度向下运行时,制动距离应不超过相当于这一速度下 6s 的行程;

在最小载荷、最大坡度上向上运行时,制动减速度不大于  $5\text{m/s}^2$ 。

c. 保险制动和停车制动装置,应设计成失效安全型。

③ 在单轨吊车的牵引机车或车头上,必须装设车灯和喇叭,列车的尾部设有红灯。在钢丝绳牵引的单轨吊车的运输系统内,必须备有列车司机与牵引绞车司机联络用的信号和通信装置。

## (三) 人力推车的注意事项

① 一次只准推一辆车。严禁在矿车两侧推车。同向推车的间距,在轨道坡度小于或等于 5‰ 时,不得小于 10m;坡度大于 5‰ 时,不得小于 30m。

② 推车时必须时刻注意前方。在开始推车、停车、掉道、发现前方有人或有障碍物,从坡度较大的地方向下推车以及接近道岔、弯道、巷道口、风门、硐室出口时,推车人必须及时发出警号。

③ 严禁放飞车。

④ 巷道坡度大于 7‰ 时,严禁人力推车。

⑤ 不得在能自动滑行的坡道上停放车辆。确需停放时,必须用可靠的制动器将车辆稳住。

## 二、带式输送机的保护装置

为了保证胶带输送机正常运行,除了电动机设有短路保护外,还应装设以下一系列保护装置。

### (1) 胶带打滑保护

借助专门的胶带监视器进行监视,利用测速发电机的电压与胶带速度正比的

关系，一旦胶带打滑，实际速度低于给定值，测速发电机的电压相应低于给定值，使延时继电器断开电动机控制回路，输送机停止工作。

#### (2) 胶带跑偏保护

胶带运行，一般利用1个带柄的滚式开关进行监视。胶带跑偏时，胶带碰到滚式开关，胶带输送机电机控制回路因断电而停车。这种监视装置通常装在驱动装置、尾部反向站和排料滚筒附近。

#### (3) 装煤过量保护

采用往复式开关、灯光信号盘等保护装置，在胶带上的煤量超过一定高度时停止向胶带给煤，以防止胶带上煤量过多而造成严重撒煤事故。

#### (4) 温度保护

胶带输送机的温度保护采用热电偶元件或热敏电阻作为监视温度的传感器。对于运动部件（如胶带传动滚筒）是利用铁磁材料的磁导率与温度的变化关系，用磁感应脉冲发送器作为传感元件。一旦温度过高，保护装置动作，输送机停机。

#### (5) 胶带撕裂保护

这种保护装置由一个挠性吊挂式托辊和一个限位开关组成，安设在装载点的托架内。胶带被刺透撕开时，胶带托辊通过插入胶带的铁器而改变位置，于是带动限位开关使胶带输送机断电停机。

### 三、带式输送机的使用和维护

#### 1. 带式输送机的使用安全注意事项

① 胶带输送机司机必须经过安全技术培训，考试合格并持证上岗，遵章守纪。

② 所有保护装置，如胶带打滑、跑偏、满仓停机、信号闭锁系统、沿线开关、制动装置等均正确维护、使用，灵敏可靠，不得任意拆除。特殊情况需要拆除时，应制定安全技术措施，报矿总工程师批准，但不得长时间在缺保护状态下运转。

③ 禁止用胶带输送机运送超重、超长设备，如电动机、钢轨、钢梁等。

④ 禁止开倒车，特殊情况下须有总工程师批准的安全技术措施，方可倒车。

⑤ 除准许乘人的钢丝绳牵引胶带输送机以外，禁止乘坐其他胶带输送机。

⑥ 要维护、检修好输送机，不得带病运转，电气防爆部不得失爆。

#### 2. 带式输送机的维护要点

① 每班工作前必须仔细检查液力联轴器有无漏油现象，定期检查其充油量，发现油量不足应立即按规定补充。

② 经常检查机身钢丝绳的张紧度，发现松弛现象时应立即张紧，但紧绳后应注意观察胶带是否跑偏。

- ③ 经常检查胶带接头，发现断裂，及时修理或更换。
- ④ 经常检查清扫装置的工作状况。清扫后的胶带以及传动滚筒表面，不允许黏附煤或煤粉。
- ⑤ 皮带输送机的工作场所必须随时保持清洁，保证电动机和传动装置具有良好的散热条件。
- ⑥ 一般情况应空载启动，尽量避免频繁启动。皮带机开机时，要先点动，并发出信号，待没有异常情况方可开机，投入运行。
- ⑦ 托辊应定期检修，检修时密封圈内必须填满润滑脂，转动不灵活的托辊应立即更换。
- ⑧ 发现胶带跑偏应立即调正，不允许产生磨胶带边缘的现象。
- ⑨ 绳卡上的斜楔必须打紧，严禁在运输的煤炭中有较长的铁器，以防胶带跑偏时划破胶带。
- ⑩ 皮带机的驱动装置、液力耦合器、传动滚筒、尾部滚筒等要设置保护罩和保护栏杆，工作中禁止取掉保护罩。

### 第三节 通风机的使用及维护

#### 一、通风机的完好标准和故障处理

《煤矿矿井机电设备完好标准》中，对通风机的完好标准作了规定，其主要内容如下。

- ① 螺栓、螺母、背帽、垫圈、开口销、铆钉等，要求齐全、完整、紧固。
- ② 对机壳和叶轮的安装、叶轮的质量，叶片安装质量要求如下。
  - a. 机壳不漏风，防锈良好。
  - b. 叶片、辐条齐全、紧固、无裂纹。
  - c. 轴流式叶片角度安装一致，误差不超过 $\pm 1^\circ$ 。
  - d. 保持叶轮平衡，能在任何位置上停止。
- ③ 对传动装置的要求如下。
  - a. 联轴器的端面间隙及同心度要按规定要求安装和调整。
  - b. 皮带轮平行对正，两皮带轮轴向错位不超过 2mm，端面偏差不大于轮径的 2%，皮带松紧程度适宜。三角皮带和皮带槽底部应有间隙，皮带根数符合厂家要求。
  - c. 齿轮联轴器的齿厚磨损不超过原齿厚的 30%。
  - d. 弹性联轴器的胶皮圈外径与孔径差不大于 2mm。
- ④ 对轴和轴承的要求如下。

- a. 主轴及传动轴的水平偏差不大于 0.2‰。
- b. 轴承间隙不能超过规定要求。
- c. 滚动轴承温度不大于 75℃，滑动轴承温度不大于 65℃。
- d. 油质合格，油量适当，油圈转动灵活，不漏油。
- e. 运转无异常，无异常振动。
- ⑤ 电动机、启动设备、开关柜符合其完好标准，接地装置合格。
- ⑥ 水柱计、温度计、电压表、电流表等指示正确。
- ⑦ 反风门关闭严密，风门小绞车操作灵活。
- ⑧ 设备与机房整洁；风道、风门、电缆沟无杂物；有反风系统图、运转日志和检查、检修记录。

通风机的常见故障及处理方法见表 8-1。

表 8-1 通风机的常见故障及处理方法

故障现象	产生原因	排除方法
电动机电流过大或温升过高	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由于短路吸风,造成风量过大</li> <li>2. 电压过低或电源单相断电</li> <li>3. 联轴器连接不正,皮圈过紧或间隙不均匀</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 消除短路吸风现象</li> <li>2. 检查电压、变换保险丝</li> <li>3. 进行调整</li> </ol>
叶轮损坏或变形	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 叶片表面或铆钉腐蚀磨损</li> <li>2. 铆钉和叶片松动</li> <li>3. 叶片变形后歪斜过大,使叶轮径向跳动或端面跳动过大</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 如个别损坏应更换;如损坏过半数,应更换叶轮</li> <li>2. 用小冲子紧位,仍无效时,更换铆钉</li> <li>3. 卸下叶轮,用铁锤校正或将叶轮放平,压轮壳某侧边缘</li> </ol>
轴承箱振动剧烈	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 通风机轴与电动机轴不同心,联轴器装歪</li> <li>2. 基础刚度不够或不牢固</li> <li>3. 机壳或进风口与叶轮摩擦</li> <li>4. 叶轮铆钉松动或轮盘变形</li> <li>5. 叶轮、联轴器或皮带轮与轴松动</li> <li>6. 机壳与支架、轴承箱与支架、轴承盖与座等连接螺栓松动</li> <li>7. 皮带轮安装不正,两皮带轮轴不平行</li> <li>8. 转子不平衡</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整或重新安装</li> <li>2. 进行修补或加固</li> <li>3. 修理进风口或叶轮</li> <li>4. 修理</li> <li>5. 修理机轴、叶轮、联轴器或皮带轮,或重新配键、重新装配</li> <li>6. 紧固螺栓</li> <li>7. 进行调整、重新找正</li> <li>8. 重新找平衡</li> </ol>
轴承温升过高	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 轴承箱振动剧烈</li> <li>2. 润滑油脂质量不良或充填过多</li> <li>3. 轴承箱盖与连接螺栓过紧或过松</li> <li>4. 机轴与滚动轴承安装歪斜,前后两轴承不同心</li> <li>5. 滚动轴损坏</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 查明原因,进行处理</li> <li>2. 更换或去掉一些,滚动轴承的注油量应为容油量的 2/3</li> <li>3. 调整螺栓松紧度</li> <li>4. 重新安装和调整找正</li> <li>5. 更换轴承</li> </ol>
发生不规则振动,且集中于某一部分,噪声的频率与转速相符,在启动或停机时可以听到金属弦声	<p>通风机内部有摩擦</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 叶轮歪斜与机壳内壁相碰,或机壳刚度不够,产生左右摇晃</li> <li>2. 叶轮歪斜,与进风口相碰</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 修理叶轮和止推轴承,对机壳进行补强</li> <li>2. 修理叶轮和进风口</li> </ol>

## 二、防爆门及反风装置的维护

防爆门是防止矿井发生瓦斯、煤尘爆炸毁坏通风机的保护性设施，也是风井口的密闭设施。《煤矿安全规程》规定：装有主要通风机的出风井口应安装防爆门，防爆门每6个月检查维修一次。

防爆门由钢板焊成，下缘放入井口圈的凹槽中，槽内要盛油密封，以防漏风。防爆门用四根钢丝绳绕过滑轮用平衡锤牵住，这样容易被爆炸波冲开，把爆炸波的能量泻放到大气中去，达到保护通风机的目的。

反风装置是实现矿井风流反向的一种设施。它可以防止进风井筒或井底车场附近发生火灾时产生的有害气体侵入采区。有时为适应救护工作的需要，也实行反风。《煤矿安全规程》规定：生产矿井主要通风机必须装有反风设施，并能在10min内改变巷道中的风流方向；当风流方向改变后，主要风机的供给风量不应小于正常供风量的40%。每季度应至少检查1次反风设施，每年应进行1次反风演习，矿井通风系统有较大变化时，应进行1次反风演习。

防爆门和反风装置平时很少使用（发生恶性事故的可能性很小），因此对它们的检查和维护就十分重要。对防爆门、反风装置的检查和维护内容如下。

- ① 定期对防爆门、反风装置检查，检查其动作是否灵活、可靠。
- ② 反风门的关、开要灵活，不能冻结、卡死。
- ③ 对主要零部件，如滑轮、钢丝绳、转动部件要求运转灵活，并要定期注油。损坏、锈蚀的零部件必须更换。
- ④ 操作风门的小绞车要经常维护检修，确保运行正常。
- ⑤ 维修通风机时，要把维护防爆门、反风装置的内容纳入。
- ⑥ 建立岗位责任制。防爆门、反风装置的维护要有专人负责。

# 第九章 采掘机械的使用与维护

## 第一节 采煤机械的使用、保养与维护

### 一、采煤机的安全运行

操作时的注意事项如下。

- ① 采煤机司机必须经过培训，持证上岗。无司机证的人员不得开车。
- ② 严禁采煤机带负荷启动和频繁开动。
- ③ 一般情况下不允许通过隔离开关或断路器实施停机（紧急情况除外）。
- ④ 无冷却水或冷却水的压力、流量达不到要求时不准开机；无喷雾装置或喷雾装置损坏不准开机割煤。
- ⑤ 截割滚筒上的截齿应无缺损。
- ⑥ 严禁采煤机滚筒截割支架顶梁和刮板输送机铲煤板等物体。
- ⑦ 采煤机运行时，随时注意电缆的拖移情况，防止拉坏电缆及电缆车翻倾。
- ⑧ 必须在电动机停机的情况下才能操作截割部离合器。
- ⑨ 煤层倾角在  $15^{\circ}$  以上时必须装设可靠的防滑装置。
- ⑩ 采煤机在割煤过程中要割直、割平，并严格控制采高及截深，防止出现工作面弯曲、顶板和底板出现台阶等现象。
- ⑪ 牵引部的手动操作旋钮（柄），只允许在处理事故中使用。
- ⑫ 检查滚筒、更换截齿或在滚筒附近工作时，必须打开截割部离合器及隔离开关。
- ⑬ 开机前，应注意查看采煤机附近有无人员及可能危害人身安全的隐患，然后发出信号及大声喊话，只有得到反馈信号后方准开车。
- ⑭ 司机在翻转挡煤板时要正确操作，防止其变形。
- ⑮ 严禁输送机上的大块煤矸及其他异物通过采煤机。

### 二、采煤机的保养与维护

#### （一）采煤机的检查

滚筒式采煤机的日常维护，主要由班检、日检、周检和月检四部分组成。

### 1. 班检

由当班司机负责进行，检查时间不少于 30min。

① 检查各部位螺栓的紧固情况，主要是机身对底托架、滚筒、摇臂与弧形挡煤板等部位。

② 检查各部位是否漏油、渗油。

③ 检查各种信号、压力表和油位指示。

④ 检查各操作手把和按钮是否灵活可靠。

⑤ 更换、补充磨损或丢失的截齿，检查齿座的磨损情况。

⑥ 检查电缆、电缆夹的连接与拖曳情况。

⑦ 检查牵引链、各连接环及张紧装置有无损坏和连接不牢固情况。

⑧ 检查冷却、喷雾供水系统的压力、流量是否符合规定，喷雾效果是否良好。

⑨ 检查防滑与制动装置是否可靠。

⑩ 检查滑靴及导向滑靴与溜槽导向管的配合情况。

⑪ 经常擦拭机体表面，保持机体清洁。

⑫ 倾听各部运转声音是否正常，发现异常要查清原因并处理好。

⑬ 电牵引采煤机还应检查变频器的工作情况。

### 2. 日检

由司机及有关人员在检修班进行检查处理时间不少于 6h。

① 解决班检中未处理的问题。

② 检查各部油位和注油点，并及时注油。

③ 检查冷却喷雾系统的供水压力和流量，并处理漏水和喷雾泵故障。

④ 紧固滑靴、机身对口连接螺栓和弧形挡煤板等处的螺栓。

⑤ 检查和处理操作手把和按钮故障。

⑥ 检查调斜、调高油缸是否漏油及销子固定情况。

⑦ 检查和处理牵引链、连接环和张紧装置的故障。

⑧ 检查和处理防滑装置的故障。

⑨ 处理电缆、电缆夹和水管的故障。

⑩ 检查变频器及牵引电动机的工作情况。

⑪ 检查滚筒端盘，叶片有无开裂、严重磨损及齿座短缺、损坏情况，发现有严重问题应及时更换。

⑫ 检查电气防爆性能。

⑬ 检查过滤器，更换滤芯。

### 3. 周检（旬检）

由单位主要领导和技术负责人以及日检人员参加，检查时间不少于 6h。

① 处理日检中处理不了的问题。

- ② 按润滑图表加注油脂，油质符合规定，油量适宜并取油样进行外观检查。
- ③ 检查、清洗安装在牵引部外面的过滤器和磁性过滤器。
- ④ 检查支撑架、底托架各部的连接情况。
- ⑤ 检查电气防爆。

#### 4. 月检

由主管综采的副矿长或相应管理机构的负责人组织周检人员参加，检查处理时间一般不少于 6h，可根据任务量适当延长。

- ① 处理周检查中处理不了的问题。
- ② 按油脂管理细则规定取油样化验和进行外观检查，按规定换油、清洗油池，处理各连接部位的漏油。
- ③ 更换磨损过限的滑靴、牵引链和连接环。
- ④ 对电动机进行绝缘性能测试。
- ⑤ 检查滚筒有无裂纹、磨损、开焊及螺栓的齐全、紧固情况，并处理存在的问题。

### (二) 采煤机的维修

除了做好采煤机日常维护工作，必须执行强制性检修制度，检修内容如下。

- ① 截割部的机壳、端盖、轴承杯、三轴、摇臂套、小摇臂的修复或更换。
- ② 摇臂的机壳、轴承座、行星轮架（系杆）、连接凸缘的修复或更换。
- ③ 截割滚筒的整形及配合面的修复。
- ④ 调高、调斜、张紧千斤顶的修复或更换。
- ⑤ 牵引部液压泵、液压马达、辅助泵和所有阀件及其他零件的修复或更换。
- ⑥ 牵引部行星轮机构的修复。
- ⑦ 冷却及喷雾系统的修复。
- ⑧ 电动机整机重绕或更换部分线圈，以及防爆接合面的修复。

### 三、采煤机常见事故预防及处理

#### (一) 截煤滚筒伤人事故

由于违章操作，采煤机截煤滚筒曾引发多起伤人事故。造成该类事故的主要原因是采煤机司机或其他人员违章作业所造成。

《煤矿安全规程》规定：“采煤机因故暂停时，必须打开隔离开关和离合器。采煤机停止工作或检修时，必须切断电源，并打开其磁力启动器的隔离开关。启动采煤机前，必须先巡视采煤机四周，确认对人员无危险后，方可接通电源。换截齿或距滚筒上下 3m 以内有人工作时，都必须切断电源，打开采煤机隔离开关和离合器。”该类事故的发生都是违背上述规定所致。

预防措施如下。

① 加强工作面的技术管理，教育司机及其他人员严格遵守《煤矿安全规程》规定。检修机组时一定要打开离合器。

② 采煤机司机必须经过培训持证上岗。

③ 更换或检查截齿需要转动滚筒时，不得开电动机转动，必须在打开离合器的状态下用手扳动。

④ 为了防止工作面片帮砸伤更换截齿人员，更换截齿地点应尽可能避免在工作面中部进行，选择在工作面上、下两端头进行较为安全，如必须在工作面中部进行时，应注意顶板情况，确认安全可靠后方可进行。

## （二）下滑伤人事故

锚链牵引采煤机在倾角较大的工作面作业时，在故障状态下容易引起下滑伤人事故。下滑的原因如下。

① 无防滑装置。《煤矿安全规程》规定，工作面倾角在  $15^\circ$  以上时，必须装有可靠的防滑装置。

② 牵引链上端头连接装置损坏。牵引链强度不够折断，采煤机下滑伤人。

③ 采煤机两端头无紧链装置，采用刚性连接。

④ 使用磨损过限的导链器。为了防止牵引链打卷，在采煤机两端各设有一个空十字形的导链器，当导链器磨损过限，失去导链作用时，牵引链就易打卷，从而被链轮咬坏。

⑤ 牵引链拆除后对采煤机没有采取可靠的防滑措施。采煤机安装、撤除或检修更换牵引部无大链时，对采煤机支撑不牢固，从而下滑；在拆去牵引链更换牵引部时，支撑采煤机的支柱，因顶板破碎而倾倒，造成机组下滑；采煤机在拆去牵引链时，用刮板输送机运输顶梁，致使支撑采煤机的支柱倾倒，采煤机下滑。

预防措施如下。

① 从采煤工艺上防止采煤机的下滑。在工作面倾角较大时，为了防止采煤机断链下滑，可以从采煤工艺上采取一定的措施，防止采煤机下滑。

当采煤机向下割煤时，由于下滚筒受煤壁阻力的作用，采煤机不可能下滑；当采煤机向上割煤时，由于断链，采煤机就有下滑的可能。为此，在采煤机向上割煤后，应及时推溜、拉架，在允许条件下，使输送机的弯曲段尽量靠近采煤机。一旦发生断链，采煤机下滑时，使采煤机下滚筒能沿输送机的弯曲段插入煤壁，阻止下滑。

当采煤机向上割煤在工作面中间停止时，将采煤机停在刮板机的弯曲段，使下滚筒紧贴煤壁。采煤机紧链时，将采煤机的下滚筒置于缺口内，使用这种方法只可防止采煤机长距离下滑，当工作面倾角大于  $15^\circ$  时还必须设置防滑

装置。

② 使用防滑杆装置。小型采煤机在倾斜工作面上使用时，可在底托架的下端，安装一个防滑杆。当采煤机沿工作面向上割煤时，将防滑杆放在溜槽上，如果采煤机在割煤过程中发生断链事故下滑时，防滑杆即顶住输送机的刮板，来阻止采煤机下滑。

③ 使用安全液压绞车防止采煤机下滑。

④ 加强工作面设备维护，及时紧固松动的挡煤板，更换磨损过限的牵引链、导链器、导向管和接链环，保证设备完好。

⑤ 使用紧链器，使牵引链紧端张力减轻，松端松弛度减小。

⑥ 在综采工作面，推广使用无链牵引采煤机，因为它在整个工作面链轮始终与齿条或销轨等啮合，且其牵引部液压马达的传动系统中有制动装置，因此不能下滑。

### （三）牵引链弹跳伤人事故

采煤机牵引链弹跳伤人的主要原因有两个方面。

① 工作面不平直。

② 爆破崩链。采煤工作面爆破时震动牵引链，牵引链也将产生弹性跳动，如人员触及亦发生人身事故。

预防措施如下。

① 严格执行《采煤工作面质量标准》“煤壁切割成直线，机道宽度不大于作业规程规定的 200mm，不小于 100mm”，保持牵引链在挡煤板内。

② 工作面底板割平，不出凹凸、不留台阶。

③ 采煤机牵引前，必须先喊话或发出信号，防止因牵引链（绳）跳动伤人。

④ 工作面爆破时，所有人员必须避开牵引链（绳），以免跳动伤人。

⑤ 地质构造复杂的工作面要特别注意采煤机牵引链的工作情况，防止被卡。

### （四）断链伤人事故

采煤机牵引链折断的原因很多，如制造质量问题、疲劳损坏问题，也有与采煤机断链下滑相同的原因，如牵引链两端无紧链装置，使用磨损过限的导链器等原因。除此以外，还有下列情况，也能引起牵引链的折断。

#### 1. 溜槽损坏

当溜槽插销损坏未及时更换时，接头就会出现落差，采煤机滑靴通过时，将受卡阻，牵引力增大，负载急剧增加导致断链。

#### 2. 导向管损坏

有些刮板输送机导向管销子丢失，或挡煤板座松动，致使导向管端头磨损，

出现落差和端面距离加大，采煤机滑靴通过时，将增加阻力，导致断链。

### 3. 接链环损坏

牵引链接链环种类很多，当前国内生产的是侧卸式与锯齿式两种。侧卸式接链环，它是用侧块把开口连接起来，侧块与开口环是用弹性圆柱销固定在一起。有些单位由于缺少弹性圆柱销而用铁丝代替，固定不牢，使用中侧块丢失，造成断链。

预防措施与下滑伤人事故基本上相同。除此之外，应及时更换损坏的刮板输送机的溜槽、导向管以及接链环等。

## 第二节 液压支架的使用及乳化液泵站的安全运行

### 一、液压支架搬运、安装时的安全措施

#### 1. 液压支架在搬运时的安全措施

① 起吊设备时，必须有专人检查起吊工具和绳索。发现有断股、断丝变形的禁止使用。起吊钢丝绳的破断力要大于设备重量的5倍。

② 在设备装、卸点，必须派专人监护安全工作，禁止钩头下方和起吊点下停留人员。

③ 装、卸设备所用的工具要进行认真的检查，无问题后再使用，起吊设备时必须有人观看起吊点棚梁的动静。发现异常，立即停止起吊，处理后再开始起吊。

④ 在装、卸车点，必须有顶板管理人员进行敲帮问顶，发现有活矸和煤块要及时处理，并检查周围支护情况，确无问题后再进行起吊。

⑤ 装车后，应注意光洁面、电器元件、电缆、高压胶管、密封面的防尘、防水、防撞等保护，必要时加防护罩。

⑥ 设备装车后一定要捆绑牢固，设备都要标号，按次序装卸车，超长件要用刚性连接杆连接平板车。

⑦ 运输中各交叉点、下放、上提点都要设专人按运输安全管理来指挥车辆通过。

#### 2. 液压支架在工作面调向入位的安全措施

① 支架在调向入位中要注意调向区的支柱，要根据实际情况进行回柱，支架入位后要及时支护，要防止在调架过程中撞倒支柱发生冒顶事故。

② 指定专人观察顶板和支护情况，及时打掉活矸和煤块，若顶板压力大、支柱变形时，回柱前要先支好点柱再回单体柱。回柱时，要先清理好退路，一人站在支护完整的安全地点扶柱，另一人用放液工具慢慢放液，同时观察顶板，如

有变化及时撤离。

③ 拉架时，必须有专人站在支护完整、绞车拉架的相反方向，观察顶板；其他人员要在观察人员的后面。回柱和拉架调向时，要有统一的指挥信号。调向区内严禁有人。

④ 支架进入工作面期间，要停止其他作业，工人要撤离开绞车的绳道。支架下方不得有人。

⑤ 在调向和运输中，要随时补上碰倒的点柱和棚梁。拖运支架的小绞车，必须安装牢固。

⑥ 液压支架在安装或撤离时，所用工具，必须连接牢固，支撑牢靠，防止滑脱或断裂伤人。此外滑轮的吊钩开口应向下，并用绳绑好。

⑦ 牵引支架的绳扣，必须固定在支架的底座上，不得固定在底座以上的其他部位，以免重心不稳发生翻倒。

3. 液压支架在安装、撤除时，要认真贯彻执行《综合机械化采煤设备运输、安装、拆除安全技术暂行规定》。

## 二、乳化液泵站的安全运行

乳化液泵站是综采工作面关键设备之一，泵站是否运行正常、安全，直接影响工作面的生产与安全。为保证乳化液泵站的安全运转，应做好下列工作。

① 操作人员要注意观测泵站压力是否稳定、在调定范围之内；压力变化较大时，应立即停泵，查明原因进行处理。

② 操作人员要注意设备运转声音是否正常。要观察阀组动作的节奏、压力表和管路的跳动情况。发现有异常现象时，要立即停泵。

③ 注意润滑油油面高度，应不低于允许的最低油面高度，油温应低于 $70^{\circ}\text{C}$ 。操作人员应具备一定的灭火知识，泵站的灭火设施要完好。

④ 泵站在运行过程中，如发现危及人身或设备安全的异常现象或故障时，应立即停泵检查，在未查明原因和排除故障之前，严禁再次启动。

⑤ 检修泵体，更换密封圈、连接件、管接头、软管等承压件时，必须先停泵，并将管路系统中的压力液释放后，方可进行工作，以免高压液伤人。

⑥ 泵站运行时，不得用安全阀代替自动卸载阀工作，也不得用手动卸载阀代替自动卸载阀调压。

⑦ 决不允许用氧气或空气代替氮气向蓄能器胶囊充气，以免发生爆炸。

⑧ 对保护和附属装置如安全阀、卸载阀、蓄能器压力表等要加强检查，发现失效时，应立即更换。

⑨ 正在运行的泵发生故障时，应按操作规程启动备用泵。如备用泵也启动不了，应立即处理，并通知工作面有关人员。

### 第三节 刮板输送机的安全运行

#### 一、《煤矿安全规程》对刮板输送机的规定

① 采煤工作面刮板输送机必须安设能发出停止和启动信号的装置，发出信号点的间距不得超过 15m。

② 刮板输送机的液力耦合器，必须按所传递的功率大小，注入规定量的难燃液，并经常检查有无漏失。易熔合金塞必须符合标准，并设专人检查、清除塞内污物。严禁用不符合标准的物品代替。

③ 刮板输送机严禁乘人。用刮板输送机运送物料时，必须有防止顶人和顶倒支架的安全措施。

④ 移动刮板输送机的液压装置，必须完整可靠。移动刮板输送机时，必须有防止冒顶、顶伤人员和损坏设备的安全措施。必须打牢刮板输送机的机头、机尾锚固支柱。

#### 二、刮板输送机安装、使用与维护时的安全注意事项

##### 1. 刮板输送机安装时的安全注意事项

① 刮板输送机未进入工作面之前，要先检查铺设地点的煤壁和支护情况，要清理好底板，确实可靠后再进设备。

② 为了减少搬运工作量，输送机一般是从回风巷开始安装。安装时要有专人指挥调运，防止在安装中出现挤、砸、压的事故。

③ 刮板输送机铺设要平。如底板有凸起时要整平，相邻溜槽的端头应靠紧，搭接平整无台阶。这是保证安全试运转的前提。

④ 安装及投入运转时要保证输送机的平、直、稳、牢，并注意刮板链的松紧程度。要根据链条的松紧情况及时胀紧，防止卡链、跳牙、断链及底链掉道等事故。

⑤ 用液压支架或支柱，悬吊或支撑溜槽时，必须在槽下垫以木垛支撑，不得使用煤或矸石代替。降架悬吊溜槽时，应随时注意顶板情况，避免冒顶。

⑥ 工作面安装使用的绳扣、链环、吊钩都必须详细检查，确认可靠后方可使用。

##### 2. 刮板输送机的安全使用

① 启动前必须发出信号，向工作人员示警，然后继续启动，确无其他情况时，方可正式启动运转。

② 严禁强行启动刮板输送机。应按先启动刮板输送机，然后再开动采煤机

顺序启动。

③ 在进行爆破时，必须把设备传动机构、管路、电缆等保护好。

④ 严禁向溜槽里装入大块煤或矸石，以防损坏刮板链或引起采煤机掉道等事故。

⑤ 一般情况下不准输送机运送支柱和木料等物。必须运输时，要制定防止顶人、顶机组和顶倒支柱的安全措施，并通知司机与其配合好。

⑥ 刮板输送机应尽可能在空载状态下停机。

⑦ 工作面停止出煤前，应将溜槽里的煤拉运干净，然后由里向外沿顺煤流方向依次停止运转。

⑧ 刮板输送机工作时要及时供水、洒水降尘。停机时要停水。无煤时不应长时间的空运转。

⑨ 运转中发现断链、刮板严重变形、机头掉链、溜槽拉坏、出现异常声音和温度过高等事故，都应立即停机检查处理，防止事故扩大。

⑩ 刮板输送机与顺槽转载机运输力、相互位置应配合适当，防止煤炭堆积在链轮附近，被回空链带入溜槽底部。应经常保持机头、机尾的清洁。

⑪ 在运转中，要特别注意刮板链的松紧程度。刮板链在松弛状态下运转时会出现卡链和跳链现象，使链条和链轮损坏，并发生断链或底链掉道等故障。

检查刮板链松紧程度最简单的方法是：点动机尾电动机（或反向点动机头电动机），拉紧底链。如果在机尾（或机头）出现 2 个以上完全松弛的链环，需重新紧链。

⑫ 操作人员（司机）必须经培训持证上岗。

总之，保证刮板输送机运转的经验是“平、直、缓、链”。所谓平，即输送机铺得平；直，工作面成直线；缓，输送机缓缓弯曲，避免急弯；链，链条装配正确，松紧程度适当。

### 3. 推移刮板输送机时的安全注意事项

① 采煤机割煤时应保持顶、底板平直，不得丢底出现台阶，以免使推移工作困难。

② 在普采工作面要设置液压推移装置推移输送机，推移装置必须完整可靠。不允许用单体液压支柱推移。因为单体柱不能水平工作，三用阀进液口容易被煤粉堵塞，煤粉进到缸体内，损坏密封和三用阀。另外，工作空间不合适，单体柱长度超过了工作面排柱距的距离。如果用单体支柱作为锚固柱容易被顶弯曲，或者顶倒支柱发生冒顶。

③ 进行推移工作时，工作面与输送机之间不得站人，支撑设备附近不得有其他人员。推移输送机之前，尽可能将机道里的浮煤清理干净，为推移工作创造

有利条件。

④ 推移刮板输送机前必须注意所有千斤顶的操纵阀芯是否处于中立位置。要注意支撑的牢靠，支撑处顶板要坚硬。千斤顶与输送机的接头正确牢固，互相间要垂直。推移时先慢慢地将千斤顶顶着输送机，观察支撑处及接头处有无移动，顶板有无异常，一切正常时再做推移动作。当推溜工发现推移困难时不得强推，应检查处理。

⑤ 严禁从刮板输送机两端头开始向中间推移溜槽，以免发生中部溜槽凸翘事故。

⑥ 根据刮板输送机的设计要求，垂直弯曲度在 $\pm 2^\circ$ 内，工作面底板的平整度应满足这一要求：水平弯曲度为 $2^\circ$ 左右，如果推移步距为0.6m，弯曲段总长度不得小于9m；推移步距为1m时，弯曲段总长度不得小于14.5m。推移工要注意这个限度，以防发生溜槽脱节事故。

⑦ 有人员进入溜槽或煤壁检查时，必须将推移操纵阀手把处于中立位置。

⑧ 液压支架推移千斤顶与溜槽连接的支座要完好，有开焊或磨损严重时，要立即修理。

⑨ 推移时要注意前后液压千斤顶动作相互配合，避免出现急弯，以防溜槽错口而发生断链或底链掉道事故。

⑩ 刮板输送机、液压支架在工作面应保持直线，煤壁与溜槽之间的矸石、煤应清理干净，为推移创造条件。

#### 4. 刮板输送机的保养与维护

刮板输送机的保养与维护的具体体现是坚持日检、周检、季检、半年检和大修等，其内容如下。

##### (1) 日检

① 检查各转动部分是否有异常响声和剧烈振动、发热等异常现象，如有，则应及时排除。

② 检查减速箱、液力耦合器、液压缸以及推进系统软管是否漏损，漏损严重者应及时处理，并补充油液。

③ 检查减速箱、盲轴、链轮、挡煤板、铲煤板和刮板链螺栓是否松动，如发现松动应及时处理。

④ 检查刮板、连接环及圆环链是否损坏，如发现损坏应及时更换。

⑤ 检查刮板链松紧是否适度，有无跳牙现象。如果刮板链过松，应及时张紧。

⑥ 检查溜槽有无掉销和错口现象，一经发现应及时更换。

##### (2) 周检

① 检查减速箱、液力耦合器、盲轴等部位油液量是否适当，有无变质。

- ② 检查挡煤板和铲煤板连接螺栓是否松动或掉落。
- ③ 检查机头（机尾）架是否损坏变形。
- ④ 检查机头（机尾）各连接螺栓的紧固情况。
- ⑤ 检查拨链器、刮板的磨损情况。
- ⑥ 检查电动机的引线是否损坏。
- ⑦ 检查溜槽挡煤板和铲煤板损坏变形情况。
- ⑧ 检查液压缸和软管是否损坏。

### （3）季检和半年检

每季度应对液力耦合器、过渡槽、链轮和拨链器等进行轮换检修 1 次（其中拨链器可视磨损情况而定），每半年应对电动机和减速器进行 1 次全面检修。

当采完一个工作面后，应将设备升井进行全面检修。

## 三、刮板输送机常见事故发生的原因及预防措施

### 1. 刮板输送机伤人事故

刮板输送机伤人事故主要有：断链伤人，飘链伤人，机头、机尾翻翘伤人，溜槽拱翘伤人，运料伤人，人在溜子上摔倒伤人，刮板链伤人，吊溜槽压人，液力耦合器喷液伤人，联轴器对轮无罩伤人，信号误动作伤人，工作面电缆落入溜槽被拉断而发生火花引起瓦斯、煤尘爆炸等造成人身伤亡。

### 2. 事故原因

① 人被转动部分绞伤。转动部分未装设保护罩，机尾未装设保护板，较大刮板输送机机头、机尾处未设横跨过桥等；人员麻痹大意，不注意安全，或靠近转动部分时违章作业而被转动部分绞伤。

② 用刮板输送机运长料时，由于放料或取料时的操作方式不当，人被挤在木料和支架、煤壁之间，造成挤伤或撞伤。

③ 人员违章乘坐刮板输送机或在溜槽内行走，易被突然向上跳动的刮板链打伤。

④ 刮板链由于被不平的溜槽接口或其他杂物卡住，使下链被卡，上链在机头、机尾部分出槽，当拉力突然猛增时，机头、机尾突然向上翻翘，打倒支架，打伤、挤伤附近工作人员。

⑤ 在处理刮板输送机故障时虽停机，但没有挂“有人作业、禁止开机”牌，其他人误开机而造成人身伤亡事故。

### 3. 预防措施

① 凡是转动、传动部位应按规定设置保护罩或保护栏杆；机尾应设护板；需横越输送机的行人处必须设置人行过桥。

② 不准在输送机道内行走，更不准乘坐刮板输送机。当需要运送长料时，必须制定安全措施，其操作顺序是：放料时，要顺刮板输送机运行方向，先放长料的前端，后放尾端；取料时，先取尾端，禁止先取前端。

③ 严格执行停机处理故障、停机检修的制度，停机后在开关处要挂上“有人工作、禁止开机”牌，并与采煤机闭锁。严禁运行中清扫刮板输送机。

④ 采煤工作面的刮板输送机，必须沿着输送机安设能发出停止或开动的信号装置，发出信号点的间距不得超过 15m。开机前先发出信号，后点动试车，待观察没有异常情况时再正式开机。

⑤ 移动刮板输送机的液压装置必须完整可靠。移动刮板输送机时，必须有防止冒顶、片帮伤人和损坏设备的安全措施。刮板输送机机头、机尾必须打牢锚固柱。

⑥ 刮板输送机两侧电缆要按规定认真吊挂，特别是工作面移动的电缆要管理好，防止落入机槽内被刮坏或拉断而造成事故。

⑦ 必须有维护保养制度，保证设备性能良好。

⑧ 刮板输送机的液力耦合器必须指定专人负责维护。按规定注难燃液。易熔合金塞熔化，易爆塞爆破后，必须立即排除故障，然后更换。易熔合金塞和易爆塞必须符合标准，严禁用其他物品代替。

⑨ 指定专人负责维护液力耦合器，保管和更换易熔合金塞和易爆塞。区（队）长应定期检查液力耦合器以及易熔合金塞和易爆塞的所有情况。

## 第四节 掘进机械的安全运行

### 一、掘进机的安全运行

#### （一）使用与操作时的安全注意事项

##### 1. 使用时的安全注意事项

① 掘进机司机必须经过专业培训持证上岗，专人操作。

② 开机前要发出信号，确保机器周围的危险区内无人后方可开机。

③ 在作业期间或是当掘进机接通电源后，严禁人员在掘进机前面、截割臂的回转范围内、铲板和输送机工作范围内停留。

④ 在改变掘进机的作业方位时，要事先提醒在工作范围内的所有人员注意。

⑤ 一旦发生危急情况，必须用紧急停止开关立即切断电源。

⑥ 在未关掉电源之前，司机不得擅自离开掘进机。

⑦ 机器较长时间停用，必须断开隔离开关。

⑧ 断电之前一定要将截割部放置于底板上，将机器摆在对人员无危险的位置。

⑨ 在检修作业期间，必须防止机器误动作等危险情况发生。

⑩ 禁止任何人员在截割臂下面停留。

⑪ 如果需要将机器从地面提升进行修理，应当在履带下面垫上木垛，以确保机器的稳定。

⑫ 如果需要在截割臂、铲板、刮板机、回转胶带输送机等部门下面作业，必须制定专门措施，防止意外下落伤人。

⑬ 电气设备的检验、维修工作必须由专职电工进行，必须确保电气设备不失爆。

⑭ 在有危险的地带和没有支护的顶板下，不允许对机器进行维修。

## 2. 操作时的注意事项

① 首先启动液压系统的电动机，提醒附近人员撤离危险区。

② 开始截割时，应使截割头慢速靠近煤岩，当达到截深后（或截深内）所有截齿与煤岩接触时，才能根据负荷情况和机器的振动情况加大进给速度。

③ 当需要调速时，要注意速度变化的平稳性，以防止冲击。

④ 截割头在最低工作位置时（如底部掏槽、开切扫底、打柱窝、挖水沟等），严禁将装载铲板抬起。

⑤ 截割头横向进给截割时，必须注意与前一刀的衔接，应一刀压一刀地截割，重叠厚度以 150~200mm 为宜。

⑥ 掘进机在前进或后退时，必须注意前后左右人员和自身的安全，同时注意防止轧坏电缆。

⑦ 无冷却水时不得开机。严禁手持水管站在截割头附近喷水，以防发生事故。

⑧ 操纵液压系统的控制阀组手把时，不得用力过猛，以免因液压冲击而损坏机件。

⑨ 油缸行程至终点位置时，应迅速扳回操纵阀手把，液压系统长时间溢流会发热。

⑩ 截齿磨损或损坏时，不得开机。

⑪ 搞好截割、支护和转载这三个主要工序间的协调配合工作。

⑫ 从机器到工作面至少要有 2m 的自由移动范围。当机器向前移动时放下铲板，后退时要抬起铲板。

⑬ 要及时清除机器周围的堆积物和煤岩。

⑭ 当截割头不转时，不要强使机器硬顶工作面，以免损坏回转台和截割臂内的轴承。

### ⑮ 认真执行交接班制度。

## (二) 掘进机常见事故的原因及预防措施

由于掘进工作面比较狭窄，而掘进机体积又较大，工作时前后、左右、上下都有动作，很容易引起伤人事故，该类事故有如下情况。

① 掘进机前后左右移动时，司机没有发出信号，或者其他人员误操作，而挤伤在场工作人员，挤坏电缆、水管、支架。

② 在检修切割头，更换截齿、齿座和喷嘴，或用切割臂抬起棚梁进行支护以及到工作面检查中心线时，切割电动机开动而咬伤工作人员。

③ 在掘进中发生透水与突出事故；在检修机器时，发生片帮事故，砸伤正在工作的人员。

④ 掘进工作面除尘效果较差，影响工人身体健康，还潜伏着煤尘爆炸的危险。此外，由于喷雾水管连接处脱开或喷嘴堵塞，采用人工洒水灭尘，手持水管站在切割臂附近的工人，被正在工作的切割臂挤伤。

针对上述发生的事故应采取下列措施。

① 必须严格执行《煤矿安全规程》的规定：掘进机司机必须经过严格培训，经考试合格后方可上岗操作，其他人员不得操作掘进机；掘进机必须用专用工具开、闭电气控制开关，专用工具必须由司机保管，司机离开操作台时必须断开电气控制开关和掘进机上的隔离开关。掘进机在调车时必须发出信号，司机应注意掘进机附近的人员，特别是后退时，应注意机器后部工作人员的安全。

② 在检修切割头、更换截齿，用切割臂抬起棚梁支护时，必须打开掘进机上的隔离开关。

③ 掘进机工作和检修时，一定要注意观察迎头情况，发现有片帮、透水等征兆时，应立即停机，撤离人员。此外，要保证掘进面通风良好，防止瓦斯积聚。

④ 掘进机工作时，内、外喷雾装置要经常检查，使其正常工作，并要保证水压正常。无内喷雾装置时，要严格按《煤矿安全规程》规定：用外喷雾加湿式除尘器共同灭尘。严禁工作人员手持水管在切割头附近喷水灭尘。

⑤ 要经常检查刮板链的磨损情况，磨损严重时要立即更换，以防发生断链伤人事故；经常检查各部油温情况，按规定换油、注油，避免油温过高发生火灾事故；要检查电缆的损伤情况和接地保护装置，以防止触电事故的发生。

## 二、装载机的安全注意事项

常用的装载机有铲斗装载机、耙斗装载机和蟹爪装载机。

### (一) 铲斗装载机安全注意事项

- ① 禁止任何人靠近铲斗的工作范围。
- ② 工作时，禁止清扫链条和减速器外壳的岩尘，不允许站在装载机上注油。
- ③ 操作操纵箱上的按钮时应注意前后人员的安全，以免挤伤人员。
- ④ 铲斗在提起来时，如果只用牵引链条拉住，没有用特殊横杆来支撑，则禁止在铲斗底下进行任何工作，以防铲斗下落压伤工作人员。
- ⑤ 装岩前，应对岩堆洒水，如果没水或洒水装置损坏都不能开机装岩。
- ⑥ 装载机上的照明装置一定要完好，爆破时要有防护措施。
- ⑦ 装载机工作和检修时，工作人员，特别是跟班领导要注意掘进头的情况。发现有透水、冒顶、煤岩突出征兆时，应立即组织人员撤离到安全地点，并采取相应措施。
- ⑧ 拆除或修理电气设备时，应由电工操作，并严格遵守停、送电制度。
- ⑨ 司机必须持证上岗。不经培训、没有上岗证的人员禁止登机开车。
- ⑩ 司机在离岗时，必须切断电源，锁上开关。

### (二) 耙斗装载机的安全注意事项

- ① 开车前一定要发出信号，机器两侧及绳道内不得站人，司机一侧的护栏应完好可靠，以免伤人。
- ② 操作时，两个制动闸只能一个紧闸，另一个松闸，否则会引起耙斗跳起，甚至拉断钢丝绳。操作时钢丝绳的速度要保持均匀。
- ③ 悬挂钢丝绳的尾轮一定要固定好，打楔眼时要有一定的偏角。安装固定楔处的岩石要坚硬，以防止由于固定楔不牢靠，在工作过程中拉脱伤人。
- ④ 选好装岩位置后，还要把机身固定好，防止在工作过程中活动。在上、下山使用耙装机时，更应该注意耙装机的防滑，以防止机器下滑而伤人。用在下山时，若坡度大于 $10^{\circ}$ ，除原有的4个卡轨器外，可在车轮前面加两道卡子或在车轮后面再加两个卡轨器。坡度大于 $10^{\circ}$ 时，须另加一些防滑装置来固定，如常用4个U形卡子把车轮与导轨一起卡住。用在上山时，除用卡轨器、道卡子、U形卡子固定外，可在台车后的立柱上加两个斜撑，这样不仅能起安全防滑作用，而且还能支撑机器。
- ⑤ 耙斗耙取岩石时，若受阻过大或过负荷，要将耙斗退 $1\sim 2\text{m}$ ，重新耙取，不得强行牵引，以免造成断绳或烧毁电动机等事故。
- ⑥ 在工作中应随时注意各部声响及电动机与轴承温度。注意钢丝绳的磨损情况。
- ⑦ 电气设备不得失爆；工作面的瓦斯浓度不应超过 $0.5\%$ 。

⑧ 在无矿车或箕斗时，不能将岩石堆放到溜槽上。

⑨ 爆破前应将耙斗拉到机器前端，以免埋住。爆破后检查隔爆装置、电缆和溜槽后再进行工作。

⑩ 在拐弯巷道工作时，要设专人指挥，尤其是在弯道超过 10m 时，要设两个专人用信号指挥，1 个在作业面，1 个在拐弯处。

⑪ 严禁在有煤与瓦斯（二氧化碳）突出的工作面使用耙斗式装载机。

### （三）蟹爪装载机的安全注意事项

① 开车前一定要发出信号，机器两侧及绳道内不得站人，司机一侧的护栏应完好可靠，以免伤人。

② 运转中应随时注意机器各部运转声音及温度，减速箱温升不得超过  $65^{\circ}\text{C}$ ，电动机外壳温升不得超过  $75^{\circ}\text{C}$ 。

③ 严禁摩擦离合器中的摩擦片长期打滑。

④ 应对各操纵手把加以保护，以免煤块挤压损坏。

⑤ 运行中应注意履带和刮板链的松紧状态。

⑥ 机器在运行中严禁注油和清扫煤尘，待机器停止转动后将煤尘清扫干净。

⑦ 装载工作结束后，应将机器移到顶板良好、底板干燥并距工作面至少 15m 外的地方。

### 三、凿岩机的安全使用

① 新机器在使用前，须拆卸清洗内部零件，除掉机器在出厂时所涂的防锈油质。重新安装时，各零件的配合表面要涂润滑油。使用前应在低气压下（0.3MPa）开车运转 20min 左右，检查运转是否正常。

② 使用前需吹净气管内和接头处的脏物，以免脏物进入机体内使零件磨损，同时也要细心检查各部螺纹连接是否拧紧及各操作手柄的灵活可靠程度，避免机件松脱伤人，保证机器正常运转。

③ 供气管路气压应保持在  $0.5\sim 0.6\text{MPa}$  范围内，若气压过高则零件易损坏；气压低则机器效率下降，甚至影响机器的正常使用。

④ 机器开动前注油器内装满润滑油，并调好油阀。工作过程中应每隔 1h 向注油器内装满油 1 次，不得无润滑油作业。

⑤ 机器开动时应先小开车，在气腿顶力逐渐加大的同时逐渐开全车凿岩。不得在气腿推力最大时骤然开全车运转，更不应当长时间开全车空运转，以免零件擦伤和损坏。在拔钎时，应以开半车为宜。

⑥ 钻完孔后，应先拆掉水管进行轻运转，吹净机器内部残存的水滴，以防内部零件锈蚀。

- ⑦ 湿式中心注水凿岩机，严禁打干眼，更不许拆掉水针作业，防止运转不正常及损坏阀套。
- ⑧ 经常拆装的机器，在凿岩时应注意及时拧紧螺栓，以免损坏内部零件。
- ⑨ 已经用过的机器，需要长期存放时，应拆卸清洗、涂油封存。

# 机 电 事 故 分 析 与 预 防 部 分

## 第十章 机电事故分析与预防

### 第一节 事故一般分类及预防

#### 一、事故形成的条件

一般常用的“事故”定义为：以人为主体的系统，为了实现某一意图，在采取行动的过程中，在与能量有关的时空系列上，突然发生的与人的希望和意志相反的事件。煤矿事故也可以定义为：煤矿在正常生产建设活动中发生的人身伤害、急性中毒或导致生产中断、财产损失、环境危害等事件。

事故形成的基本条件如下。

在一定环境条件下的生产过程中，管理上的缺陷加上物的不安全状态，形成事故隐患；若人的不安全行为触及事故隐患时，就会发生事故。因此，环境、管理、物和人被称为事故的四大因素。用公式表示为：管理上的缺陷+物的不安全状态+环境的不安全条件+人的不安全行为=事故。在以上“人、事、物、环”系统中，人的因素是主导，管理因素是关键，物的因素是根据，环境因素是条件。

#### 二、事故的分类及等级

##### （一）事故的分类

##### 1. 按事故的成因分类

按事故形成的因素将事故分为非责任事故和责任事故两大类。

##### （1）非责任事故

① 自然事故也称自然灾害，在目前的科技条件下，如地震、海啸、暴风、洪水等都是不可抗拒的天灾。对于这些自然灾害，应尽可能地早期预测预报，把灾害限制在最小。这类事故在矿山井下还不多见。

② 技术事故发生的原因是由于受到当代科学技术水平的限制，或人们尚未认识到，或技术条件尚不能达到而造成的事故。

③ 意外事故是指突然发生出乎意料的情况，来不及处理而造成的事故。

## (2) 责任事故

责任事故是人们在生产、工作中不执行有关安全法律法规，违反规章制度（包括领导人员违章指挥和职工违章作业）而发生的事故。

### 2. 按伤亡事故的性质分类

煤矿企业按伤亡事故的性质又可将事故分为以下几类。

① 顶板事故，指矿井冒顶、片帮、顶板掉矸、顶板支护垮倒、冲击地压、露天煤矿边坡移滑垮塌等事故。底板事故也视为顶板事故。

② 瓦斯事故，指瓦斯（煤尘）爆炸（燃烧）、煤（岩）与瓦斯突出、中毒窒息事故。

③ 机电事故，指机电设备（设施）导致的事故。一般包括运输设备在安装、检修、调试过程中发生的事故。

④ 运输事故，指运输设备（设施）在运行过程中发生的事故。

⑤ 放炮事故，指放炮崩人、触响瞎炮造成的事故。

⑥ 水害事故，指地表水、老空水、地质水、工业用水造成的事故及透黄泥、流沙导致的事故。

⑦ 火灾事故，指煤与矸石自然发火和外因火灾造成的事故。煤层自然发火，未见明火，逸出有害气体中毒的属于瓦斯事故。

⑧ 其他事故，指除以上七类以外的事故。

## (二) 事故等级

根据我国煤矿安全监察条例草案，煤矿伤亡事故分以下等级。

① 轻伤事故，指发生轻微伤害的事故。

② 重伤事故，指含有重伤，但没有人员死亡的事故。

③ 死亡事故，指一次死亡 1~2 人的事故。

④ 重大伤亡事故，指一次死亡 3~9 人的事故。

⑤ 特大伤亡事故，指一次死亡 10~49 人的事故。

⑥ 特别重大事故，指一次死亡 50 人以上或者一次造成经济损失 1000 万元以上的事故。

## 三、事故发生的原因

事故发生的原因分直接原因和间接原因。

直接原因是指促成事故发生的人的不安全行为（即主观原因或人的原因）和

机械、物质或环境的不安全状态（即客观原因）的集合。违章作业、误操作、使用不合格的配件、不遵守规程规范、劳动纪律松懈等，均属主观原因。机电设备性能不良、带病运转、防护保险设施不全、工程质量不合格、生产条件恶劣等，均属客观原因。

间接原因是指导造事故发生的直接原因得以产生和存在的原因，它是造成事故的根本原因。造成事故的间接原因是多方面的，主要有管理、工程技术、社会、教育、培训和个人身体素质及精神状态等方面。例如，企业领导贯彻安全生产方针及安全法规的态度不认真，安全监察和业务保安不健全，劳动纪律松懈等，均属管理方面的原因；设备有缺陷，工程设计低限度不符合规范要求，工程质量不符合规定等，均属工程技术方面的原因；政治动乱，对安全生产的干扰，破坏了安全生产规章制度等，均属社会方面的原因；职工安全技术素质低，缺乏安全生产知识等，均属培训教育方面的原因；视力、听觉障碍、患有禁忌证、休息不充分等，均属个人身体和精神方面的原因。

引起事故的人的原因和物的原因（即直接原因）都是互相关联不可分割的。实际上，每一次事故的发生，不可能是上述某一种原因，大多是多种原因促成的，但其中有主、次之分。例如，由于电气设备的防爆性能不良产生电火花引起瓦斯爆炸事故，显然这是一起由于物的原因（电火花和瓦斯积聚）造成的事故。但是，也会含着使用不合格设备，瓦斯积聚检查不严或违章作业等人的原因。同时，也有没有严格执行设备检修制度，对工人进行安全教育不够等间接原因。因此，只有把导致事故的直接原因和间接原因都消除了，才能从根本上杜绝事故的发生。

#### 四、预防和控制事故的三大对策和十二项准则

预防事故的三大对策指工程技术对策、管理法制对策、教育培训对策。

- ① 工程技术对策，又叫本质安全化措施（简称“技治”）。
- ② 管理法制对策，又叫强制安全化措施（简称“法治”）。
- ③ 教育培训对策，又叫人治安全化措施（简称“人治”）。

事故预防除三大对策外，控制事故（危险）又有十二项基本准则。

危险因素转化为事故是有条件的（如瓦斯有燃烧和爆炸的危险因素，但瓦斯要转化为燃烧爆炸事故，需要同时具备三个条件），只要危险因素不具备转化为事故的条件，事故也就避免了。危险因素如何才能不转化为事故的条件，应遵循以下十二项准则。

- ① 消除准则。采取措施消除有害因素，如矿井加强通风吹散炮烟等。
- ② 减弱准则。无法消除者，则必须减弱到无危害程度，如煤矿抽放瓦斯等。
- ③ 吸收准则。采取吸收措施，消除有害因素，如矿井排水、消除噪声、减震等。

④ 屏蔽准则。设置屏障限制有害因素的侵袭或人员进入（接触）危险区，如常用的安全罩、防火门、防水闸门等。

⑤ 加强准则。保证足够的强度，万一发生意外，也不会发生破坏而导致事故，如为确保安全而采用的各种安全系数。

⑥ 设置薄弱环节准则。在一个系统中设置一些薄弱环节，通过提前释放能量或消除危险因素以保证安全，如供电线路上的熔断器、高压系统中的安全阀、防爆膜等。

⑦ 预警准则。静态系统中的预告标志（如井下盲洞的提示牌），动态系统中的极限值报警信号（如井下瓦斯监测的报警装置）。

⑧ 连锁准则。如有的机械运行时不能检修，检修时不能运行。

⑨ 时间调节准则。

⑩ 空间调节准则。这两项可以合称为时空调节准则。如提升运输上的保险挡、保险栏、保险洞；又如“行车不行人，行人不行车”的规定等。

⑪ 预防性试验准则。为了预防事故，确保安全，有的部件直至一个系统在选用前做好试验是必要的，如受压容器的水压试验、高速设备的超速试验等。

⑫ 预防化-自动化-机代人准则。这是一条减少人身伤亡事故的本质措施，目的在于尽量提高操作、管理的准确性和尽量避免人在危险条件下工作，从而达到消除人的伤亡和物的损失，如机械回柱放顶代替人工回柱放顶等。

## 五、追查事故三不放过及三不生产原则

发生事故后，追查事故要遵循三不放过原则。

① 事故原因分析不清不放过。

② 事故责任者和群众没有受到教育不放过。

③ 没有防范措施不放过。

并坚持三不生产原则。

① 不安全不生产。

② 隐患不处理不生产。

③ 安全措施不落实不生产。

## 第二节 典型煤矿机电事故案例

### 一、防爆电气设备喷火引起的事故

#### （一）事故案例

1976年11月1日，某井301盘区第六部胶带运输机使用的QC83-80隔爆

型磁力启动器，因开关内部短路，电弧顺隔爆间隙喷出，将附近堆积的油桶、油棉纱、废皮带等易燃物引燃酿成火灾，在处理火灾过程中，由于煤巷顶板冒落，扬起煤尘，引起爆炸，死亡 23 人，重伤 2 人，轻伤 3 人，直接经济损失 5 万元。

## （二）原因分析

目前隔爆型电气设备的隔爆结构（电气设备隔爆外壳）不能保证在产生电弧短路时隔爆性能不受损害。也就是说不能保证不引燃开关周围的浓度达到爆炸极限的瓦斯。这起事故是因维护检修、检查不好，造成开关内部元件短路发生电弧所致，直接原因是隔离刀闸未合到最佳位置，又带重载启动，产生电弧，因隔爆外壳的间隙超限所致。

## （三）预防措施

① 对防爆型电气设备应经常进行检查与检修，使其各触头接合处接合紧密，使其各部件有良好的绝缘水平，保持开关的良好状态，同时要教育使用人员按规定认真仔细操作，以防止类似电弧短路事故的发生。

② 井下电气设备必须按《煤矿安全规程》的要求选用，同时在使用中还必须使防爆电气设备在确保有关沼气、煤尘等方面的安全作业环境中运行。

## 二、巷道带电作业引起瓦斯爆炸事故

### （一）事故案例

1985 年 2 月 10 日 16 时零 3 分，某矿 1010 水平 62101 工作面左一未贯通巷道，在已停掘巷内，拆运耙斗撞倒棚子，把风筒断开，使该巷道长达 500 多米，37.5h 内无风，造成瓦斯积聚。瓦斯人员漏检，弄虚作假。机电工进入瓦斯积聚区修理开关，带电作业，产生电火花，引起瓦斯爆炸。死亡 48 人，轻伤 8 人，直接经济损失达 204.96 万元。

### （二）原因分析

① 搬运耙斗过程中将棚子撞倒，风筒断开造成左一顺槽内 37.5h 无风，瓦斯积聚；瓦斯检查员漏检；机电工严重违章带电作业，产生电火花，是造成这次爆炸事故的直接原因。

② 各级领导干部安全第一思想树立不牢，对通风工作的重要性、瓦斯的危害性、电气防爆工作的严肃性认识不足，重生产轻安全是酿成这次事故的根本原因。

③ 安全技术培训抓得不扎实，职工技术素质低，对断开风筒一事，曾有多

人发现却无一人进行处理或汇报，是导致事故发生的重要原因。

### （三）预防措施

① 坚持安全例会制度，认真贯彻上级有关文件及规章制度，针对本矿实际存在的问题，研究制定落实措施，按时解决存在的不安全隐患，充实安全监察人员，强化安监工作。

② 加强对“一通三防”工作的领导，严格执行各项管理制度。一要做到通风系统合理可靠，主扇防爆门结构，从设计上、采掘部署上为通风工作创造条件；二要加强局部通风管理，局扇必须实现三专一闭供电方式，保持连续运转；三要充实调整瓦检人员，煤巷及半煤岩巷设专职瓦检员，完善巡回检查制度、交接班制度和干部查岗制，杜绝空班漏检；四要合理使用和维修好安全仪表、瓦斯检测系统，专职放炮员、班组长、电钳工、采掘区队长要逐步配齐瓦斯检定仪器；五要建立健全综合防尘系统，管理好、使用好洒水灭尘装置，坚持使用水炮泥，提高煤体注水效果；六要充分发挥抽放系统作用，坚持不抽放不开采。

## 三、电力电容器发火事故

### （一）事故案例

1961年3月16日，某矿西部零路水泵硐室，向井下水泵硐室供电的10号线路，因电缆头制作工艺低，发生A相接地，切断电源，矿调度通知电气工程师和一名电工寻找故障，误认为不是A相接地，矿调度下令10号线路合闸送电，使水泵硐室高压配电室2号电容器爆炸，引起火灾。火势蔓延入风巷，造成110人中毒死亡，6人受重伤，25人受轻伤，烧毁电缆一万余米，机电设备133台，火药3t、雷管一万发，直接和间接损失448万元。

### （二）原因分析

- ① 水泵硐室安装使用了普通型电力电容器。
- ② 电缆头制作质量低，检查不及时发生单相接地故障。
- ③ 停、送电没有工作票，手续不健全，调度指挥错误。
- ④ 硐室无防火门，使火势蔓延扩大。

### （三）预防措施

- ① 井下不应使用普通型电力电容器。
- ② 严格执行高压电缆头的制作工艺、操作方法，保证接头质量达到要求。对电缆头要经常进行检查，有问题及时处理。

③ 停、送电必须有工作票，工作票的措施要具体明确。线路发生故障一定要查明原因，及时检查处理。

④ 电容器硐室必须用不燃性材料支护，并安设防火门。

#### 四、电气误操作引起的着火事故

##### (一) 事故案例

1985年11月16日，某矿11-3层309盘区2号变电所，维修电工处理采煤七队设备不能正常启动问题，到变电所使用MF-4型万用电表测量采煤七队的变压器二次侧电压，测完后又用万用电表测电流，当万用电表卡子接触变压器二次侧接线柱时产生弧光，点燃了有油污的橡套电缆。着火后，工人又用毛巾抽打，用水浇，使火势扩大，造成3人中毒死亡，烧毁320kV·A变压器3台、高压开关1台、低压开关5台、检漏继电器2台、皮带20m及铠装电缆和橡套电缆各100m，直接经济损失3.26余万元。

##### (二) 原因分析

① 电工不懂万用电表性能，错误地以万用电表测变压器二次侧电流，造成相间短路产生电弧起火。

② 变电硐室没有灭火器材，灭火方法不当，又错误地用毛巾抽打和用水浇，反使火势增大。

③ 未关防火门，使火势蔓延，引燃皮带。

④ 工人未佩带自救器。

##### (三) 预防措施

① 加强机电人员的培训，熟知仪器仪表的性能和正确的使用方法，不合格者不准上岗工作。

② 变电硐室配备足够的灭火器材，并应有专门值班人员看变电所。

③ 入井人员必须佩带自救器。

#### 五、高压触电事故

##### (一) 事故案例

1986年2月10日，某矿八井一260变电所，给变电所第四台防爆高压开关加油，电工请示机电师停总开关，机电师说：“停什么总开关，负荷侧拉开就没电了。”于是两人开始打开开关加油，加油后要恢复送电，发现操作机构不灵，欲将第五台开关操作机构拆下来换给第四台开关用。机电师打开第四台开关时触及电源发生触电死亡。

## （二）原因分析

① 带电作业。

② 误操作。

③ 没有工作票。高压作业没有安全措施。停、送电没有人监视和明确的联络信号。停电检修电气设备，未在电源侧加装三相短路接地线。

④ 没有高压漏电保护。

## （三）预防措施

① 不准带电作业。

② 电气设备的检查、维护、修理和调整工作，必须由专责的电气维修工进行。高压电气设备的修理和调整工作，要有工作票和施工措施。井下检修高压电气设备，必须切断电源，并用同电源电压相适应的验电笔检验。检验无电后，必须检查沼气，在沼气浓度为1%以下时，方可将导体对地完全放电。此后，在停电的电源侧加装三相短路接地线，并悬挂“有人工作，不准送电”牌，只有执行这项工作的人员，才有权取下短路接地线和此牌送电。

③ 高压停、送电的操作，要根据书面申请或其他可靠的联系方式，由专责电工执行。

④ 高压电气设备和高压电缆，必须分别编号，标明用途，并有停、送电的标志，防止误操作。

⑤ 矿井变电所的高压馈电线上，应装设有选择性的检漏保护装置；供移动变电站的高压馈电线上，必须装设有选择性的检漏保护装置。

## 六、采煤机牵引链弹跳伤人事故

### （一）事故案例

1981年3月31日，某煤矿213区西二分层255采煤队，副司机在MLQ<sub>1</sub>-80型采煤机牵引绳附近处理掉落的电缆车时，放炮员在工作面上缺口放炮（距采煤机45m），震动牵引绳，使绳弹跳，碰击副司机头部致死。

### （二）原因分析

采煤机牵引链弹跳伤人的主要原因有两个方面。

#### （1）工作面不平直

采煤机在沿倾斜角度变化底板不平的工作面工作时，牵引链的悬空部分在松紧过程中，将产生弹性跳动，如触及人员必然发生伤亡事故；采煤机在沿走向不直的工作面工作时，牵引链将进入人行道，也易弹跳伤人。

## (2) 放炮崩链

采煤工作面放炮时震动牵引链，牵引链也将产生弹性跳动，如人员触及亦发生人身事故。

## (三) 预防措施

① 严格执行《采煤工作面质量标准》，“煤壁切割成直线，机道宽度不大于作业规程规定的 200mm，不小于 100mm”，保持牵引链在挡煤板内。

② 工作面底板割平，不出凹凸，不留台阶。

③ 认真贯彻《煤矿安全规程》的有关规定如下。

a. 在拉紧牵引链（绳）以前，必须先喊话或发出信号，防止因牵引链（绳）跳动伤人。

b. 工作面放炮时，所有人员必须避开牵引链（绳），以免跳动伤人。

④ 在牵引链上每隔一定距离（一般 30m）加装抓捕器，抓捕器用链条固定在运输机上，可防止跳链打人，但采煤机通过时，要打开抓捕器。

## 七、人罐过卷事故

### (一) 事故案例

某矿副井提升高度 582m，绳速 9.6m/s。1982 年 3 月 1 日丙班，正司机当班操作。16 点 50 分，在第 5 趟提升人员过程中，当上行罐笼距停车点还有 275m 时，深度指示器的传动轴销子脱出，指针停止。司机思想旁鹜，没有觉察，而副司机又擅离职守，没有在旁监护，随便罐笼在超过减速点后仍全速上行，直至触发过顶开关后，在保险闸和楔形罐道制动力的作用下才被停住，但已过卷 11m 之多。幸亏制动减速度在安全范围之内，6 名乘员未受伤害。

### (二) 原因分析

① 深度指示器故障，又无故障保护。

② 司机失误。

a. 正司机思想旁鹜，长时不观察深度指示器指针的动作。

b. 副司机擅离职守，在提升人员时不进行监护。

③ 预防措施如下。

a. 增设深度指示器故障保护。

b. 严格执行《煤矿安全规程》有关规定：在司机进行提升人员的操作时，必须有副司机在旁监护。

c. 研究在井筒内增设传感器，用以触发减速警铃和速度限制器，以作为深

度指示器操作系统的备用装置。

## 八、刮板输送机机头翻翘伤人事故

### (一) 事故案例

1987年3月17日,某煤矿二井604掘进队,25区风道,第四台SGW-40T链板运输机的刮板链,被磨损卷边的溜槽卡住,造成机头一侧掉链,用正转启动运转处理掉链时,上链出槽,同时机头翻翘,将处理掉链后尚未离开机头的工人碰击致死。

### (二) 原因分析

该工人在处理SGW-40T型链板输送机机头一侧掉链后跨过机头时,他人启动电动机,刮板链出槽崩击中他,随即机头翻翘将他碰击顶板死亡。机头翻翘的原因是在机头与过渡槽无连接螺栓固定或机头无支撑压柱的条件下,刮板链同时处于下列三个情况下而发生。

- ① 向机头方向正转启动。
- ② 在下槽被卡阻,负载骤增。
- ③ 在机头部分出槽。

### (三) 预防措施

#### 1. 提高铺设质量

- ① 安装移设链板输送机时,必须将机头与过渡槽的连接螺栓安装齐全紧固。
- ② 在工作面,为了防止机头下窜,可加设支撑柱,同时可以防止机头翻翘。支柱的支撑位置,应设在机头下部的撬板上,不得支撑在减速器或机头壳上。
- ③ 机头铺设位置应恰当。无论在工作面或运输巷,铺设机头的位置都必须恰当,以防止浮煤带入下槽,增加下槽阻力,或使刮板链受卡阻,造成机头翻翘的条件。

#### 2. 加强维护注意安全质量和观察运行状态

- ① 在日常维护中应及时更换磨损过限的溜槽,边双链输送机缺螺栓的刮板应及时补齐,以免被下槽卡阻。
- ② 处理机头或机尾故障、紧链、接链后,启动前人必须离开机头或机尾。
- ③ 刮板输送机运转中,人不得在机头、机尾及溜槽中行走或逗留。
- ④ 不得使用脚踏出槽刮板链的方法,处理出槽的刮板链,因为这样做,除在机头、机尾有翻翘伤人的可能外,还存在刮板伤害脚或腿的可能。

## 九、液压支架护帮板伤人事故

### (一) 事故案例

1986年2月20日,某矿301盘区2号层8143科学试验工作面,该工作面用TZ720-20.5/32型支撑掩护式液压支架54架做工业性试验,配SGB-764/264型链板运输机、AM-500型无链牵引采煤机。在操作2号支架护帮板时,护帮千斤顶未动作,班长未将操作阀扳回零位,稍过一会儿,在其未注意的情况下,护帮板突然下落,将其头部压在2号支架溜槽挡煤板上,当场死亡。

### (二) 原因分析

班长在操作2号支架护帮板时,8号与25号支架正在升柱。由于系统液压降低供液量不足,因此,2号支架护帮板未能动作,当8号与25号支架升柱到位后,系统压力升高,在2号支架护帮板千斤顶操作阀未回零时,就开始动作,又因该千斤顶缸径小( $\phi 80\text{mm}$ ),因此,动作迅速,躲避不及,以致打死。

事故后检查2号支架时发现护帮千斤顶高压胶管接反,班长被打死可能是误操作所致。

### (三) 预防措施

① 操作护帮板千斤顶时,应随时注意千斤顶的动作,如果不动作,必须及时把操作手把放到零位,查找原因后再操作,不得把操作手把停留在工作位置。

② 保持液压支架上的每一根高压胶管都处在规定的位置,不得任意更改,以免他人误操作。

③ 加强设备维修,及时更换磨损的护帮板机械闭锁钩,避免护帮板失控自行脱落。

④ 操作护帮板时,必须在前探梁升起到接顶的工况下进行。

⑤ 工作面的行人应随时注意,不要碰击液压支架的操作手把。

## 十、掘进机事故

### (一) 事故案例

1982年4月22日,某矿14号层309盘区皮带巷掘进工作面,该掘进工作面使用英国多斯科悬臂式煤巷掘进机,工作中司机图省事没有停止截割头的转动,就到工作面检查中心线,结果不小心被截割头割伤致死。

### (二) 原因分析

掘进机事故的发生都是由于司机工作马虎、违章作业和非司机操作等原因所

造成。操作规程中规定“截割头运转中，机器前方不得停留任何人员”，司机没有停止截割头的转动，就到工作面检查中线，从而造成事故。

### （三）预防措施

预防的方法，司机不得贪图省事，必须认真贯彻操作规程、作业规程与岗位责任制度；非司机不得擅自开动机器。

## 参 考 文 献

- 1 郭金刚. 现代化矿井职工教育培训教材. 北京: 煤炭工业出版社, 2001
- 2 李东芳. 综采维修电钳工. 北京: 煤炭工业出版社, 2005
- 3 李俊双. 机电区(队)长. 北京: 煤炭工业出版社, 2003
- 4 马新民. 矿山机械. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2002
- 5 李纪, 池凤山. 煤矿机电事故分析与预防. 北京: 煤炭工业出版社, 1991
- 6 煤矿安全规程. 北京: 煤炭工业出版社, 2005

## 内 容 提 要

本书是全国煤矿安全教育通用教材之一，全书共分十一章，主要内容有：矿井供电系统和安全用电；矿用电气设备和电缆；矿井提升设备；矿井运输设备和主要通风设备；采掘机械设备；矿井防爆电气设备的使用及维护；矿用电缆的使用与维护；矿用提升、运输与通风设备的使用与维护；采掘机械的使用与维护；机电事故分析与预防等。

本书主要作为全国统配煤矿和地方煤矿的安全教育用书，也可供基层管理干部、有关工程技术人员及煤炭院校师生参考。