

煤矿安全技术培训教材

电 机 车 司 机

王灿厚 张迺俊 编

524

煤炭工业出版社

TD524

5

3

煤矿安全技术培训教材

电机车司机

王灿厚 张迺俊 编

田哲民 审

煤炭工业出版社



6556

内 容 提 要

本书是《煤矿安全技术培训教材》之一。书中重点介绍了井下电机车的结构、运输概况、安全操作知识、运行维护与故障处理。

本书通俗易懂,可作为煤矿干部、井下电机车司机、井下安监人员培训自学之用,也可供从事电机车运行、维修的有关技术人员学习参考。

责任编辑:向云霞

煤矿安全技术培训教材

电 机 车 司 机

王灿厚 张远俊 编

田哲民 审

煤炭工业出版社 出版

(北京安民门外大街甲21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 850×1168mm¹/₃₂, 印张 5³/₄

字数150千字 印数1-8,300

1989年8月第1版 1989年8月第1次印刷

ISBN 7-5020-0246-4/ID·235

书号 3088 定价 2.95元

前 言

水、火、瓦斯、顶板等自然灾害及各类事故是煤矿井下生产作业的一个突出问题，它直接影响着煤炭生产的健康发展。目前煤矿事故多的一个重要原因是煤矿职工的法制观念不强，安全技术素质较低。为适应煤炭工业发展的需要，促进煤矿安全生产状况的根本好转，对煤矿在职职工实行强制的安全技术培训是一项十分重要的战略性任务。近年来，这项工作已受到各级部门领导的普遍重视。

为配合正规的安全技术培训工作，我们组织一些局、矿和院校编写了采掘区队长、放炮员、井下工基本知识、煤矿通风与安全技术、煤矿机电技术基础知识、煤矿机电安全、提升机司机、电机车司机、安全监控人员等类人员的安全技术培训教材，将持续出版发行，以满足培训工作的需要。

这套教材结合各类人员的工作性质、职责，编写内容上力求通俗易懂，联系本岗位的实际工作，着重从党和国家的安全生产方针、政策、法规；安全技术基本应用知识；各类灾害事故的发生规律、预防措施和事故的处理，以及矿山救护与自救、互救等方面作为编写的基本内容。按本教材进行培训后，对煤矿职工将会增强法制观念，自觉遵守章纪，提高安全技术水平和预防各类事故的能力，促进安全生产。

在编、审教材工作中得到有关单位的大力支持，在此表示感谢。

中国统配煤矿总公司安全管理部

目 录

第一章 直流电动机与煤矿井下安全用电	1
第一节 直流电动机	1
一、磁和电磁	1
二、直流电动机的构造	6
三、直流电动机的工作原理	7
四、直流电动机的铭牌及分类	8
五、串激直流电动机的运转特性	10
六、串激直流电动机的制动与调速	11
第二节 煤矿井下安全用电	13
一、井下电气设备的工作条件	13
二、触电的危险性	14
三、漏电及其危害	15
四、短路、过载及其危害	16
五、煤矿井下安全用电措施	18
六、杂散电流	19
七、防爆电气设备的基本知识	23
思考题	27
第二章 井下电机车运输概况	28
第一节 简介	28
一、电机车的类型与适用条件	28
二、电机车安全运行的重要性	32
三、电机车运输的发展前景	36
第二节 井下电机车运输供电系统	38
一、架线电机车牵引变流所	39
二、架线电机车牵引网路	44
三、架线电机车牵引网路的架设、运行及维护	54
四、蓄电池电机车电源	57

第三节 运输巷道、轨道及列车	65
一、运输巷道	65
二、轨道	65
三、列车	68
第四节 井下电机车运输通讯与信号	79
一、井下运输通讯	79
二、井下运输信号	83
思考题	85
第三章 电机车的结构	86
第一节 电机车的机械结构	86
一、车架	86
二、轮对	89
三、轴承与轴承箱	89
四、弹簧托架	89
五、齿轮传动系统	90
六、制动系统	91
七、撒砂装置	93
八、连接缓冲装置	93
九、空压系统	93
第二节 电机车的电气设备	96
第三节 架线式电机车电气控制图及接线图	99
一、ZK10型	99
二、ZK14型	103
第四节 XK5-KBT蓄电池式电机车电气控制及接线图	109
一、XK5-KBT蓄电池式电机车简介	109
二、防爆特殊型电机车脉冲调速线路简介	112
三、XK5-KBT蓄电池式电机车的控制过程	118
思考题	122
第四章 电机车的安全操作知识	123
第一节 《煤矿安全规程》的有关规定	123
第二节 岗位责任制、交接班制和操作规程	130
一、岗位责任制	131
二、交接班制	132

三、操作规程	133
思考题	140
第五章 电机车的完好标准	141
第一节 窄轨电机车完好标准及维修质量标准	141
一、完好标准	141
二、维修质量标准	144
第二节 矿车完好标准及维修质量标准	148
一、完好标准	148
二、维修质量标准	149
第三节 牵引网路维护及运行规程	151
第四节 窄轨铁道维修质量标准	157
思考题	160
第六章 电气设备的维修与电气线路的故障	161
第一节 电气设备的维修	161
一、牵引电动机的维修	161
二、控制器的维修	163
三、自动开关的维修	166
四、照明设备的维修	168
五、起动电阻的维修	169
六、集电弓的维修	170
第二节 电气线路的故障与分析	171
一、起动中常见故障	171
二、运行常见故障	172
三、电气制动（动力制动）方面的常见故障	173
四、XK5-KBT蓄电池式电机车常见故障	174
第三节 机械部分的故障及处理	175
第四节 电机车的修理	176
思考题	178

第一章 直流电动机与煤矿井下安全用电

第一节 直流电动机

一、磁和电磁

1. 磁铁的基本特性

我国劳动人民早在两千多年前，就已经知道**磁铁**能吸引铁等物质，而且在很早的时候，中国就发明了指南针，若把针状磁铁水平支在针尖上面，使其能在水平面内自由旋转，当它停下来的时候，它总是一端指南，另一端指北，我们把指南的一端称为磁针的南极（又称S极），把指北的一端称为磁针的北极（又称N极）。

磁铁具有吸引铁磁材料的性质，这个性质称为磁性。不论磁铁的形状如何，它总是表现出两极上磁性最强。

两个磁铁互相靠近，总是同性的磁极互相排斥，异性的磁极互相吸引。那么为什么指南针总是指南呢？原来地球就是一个大磁体，它也有N、S极，由于地球北极显示出的磁性是S极，它吸引指南针的北极N，所以指南针的北极总是停在指北的位置。

可以把磁铁的特性概括为：

（1）磁铁都有两个极即南极和北极。

（2）磁极间的作用是同性相斥，异性相吸。

2. 磁场及其表示法

我们把磁体（具有磁性的物体）周围具有特殊性质的这个空间称为磁场。把任何一个磁体引入磁场中，它必然受到力的作用。而且**磁场**中是充满着能量的。

我们发现有的**磁铁**吸引铁屑的能力强，力量大，那是因为它形成的磁场强。有的磁铁吸引铁屑的能力弱，力量小，那是因为

它形成的磁场弱。为了便于说明问题，形象地表示出磁场的分布情况，并描绘出磁场强弱和方向，我们用一种叫做“磁力线”的假想的线条来表示，如图1-1所示。

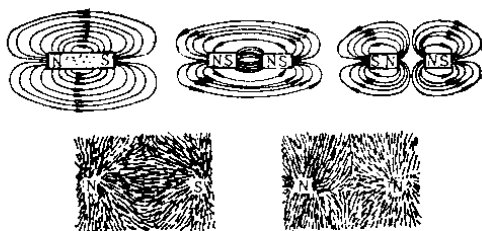


图 1-1 磁力线表示的磁场

靠近磁铁的两极磁场较强，那里的磁力线就画得较密，也就是说，我们可用磁力线的疏密来表示磁场的强弱。磁场是有方向的，把放入磁场中某点磁针北极的指向定为该点磁场的方向。那么我们画磁力线时，也可以让它的方向恰好与磁场方向一致，这样，磁力线就不仅可用疏密来表示磁场的强弱，也可用磁力线的走向来表示磁场的方向了。

磁力线的方向总是从磁铁的 N 极出发回到 S 极的，但是在磁铁的内部却是从 S 极又回到 N 极的。因此，磁力线总是闭合的环形回线。

工程上往往把磁力线的多少称为“磁通”，用符号“ ϕ ”来表示。也就是说磁通的大小就表示磁力线的多少，磁通的方向就是磁力线的方向。

我们在上面说过，可以用磁力线的疏密来表示磁场的强弱，也就是可以用单位面积上通过的磁力线根数来表示磁场的强弱，工程上便以磁通来代替磁力线，那么，我们也可以用单位面积上通过的磁通，也就是磁通密度来表示磁场的强弱。磁通密度又叫做磁感应强度，用符号“ B ”来表示。

3. 电和磁的关系

电和磁是同属一个过程中的两个方面。在一定条件下，电和磁互相依存，共处于一个（电磁）统一体中，而且又互相转化，我们将在下面看到这“一定条件”就是“动”（按一定方向运动）。电“动”就能生磁（电转磁），磁“动”就能生电（磁转电）。

1) 电流的磁效应（电生磁）

实验证明，在通有电流的导体周围，放入一个磁针，我们就会观察到磁针受到了力的作用，由此可知，通有电流的导体周围必定产生了磁场，这种现象叫做电流的磁效应。而且，电流越大它所产生的磁场就越强。磁场的方向是由电流的方向决定的。它们方向之间的规律总结成“右手螺旋定则”。

右手螺旋定则适用两种不同情况。如果电流通入的是直导体（图1-2a），那么，用右手握直导线，以姆指表示电流方向，则其余四指的方向即表示所产生的磁场的方向（图1-2b）。如果电流通入的是螺旋线圈（图1-3a），那么，用右手握螺旋线圈，以四指的指向表示电流方向，则姆指即指向所产生磁场的方向（图1-3b）。

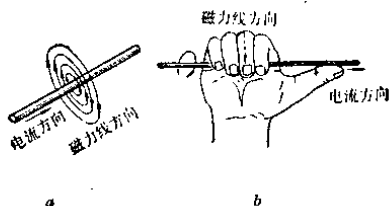


图 1-2 电流产生的磁场（直导体）

如果把通电线圈内放入一个铁芯，我们将发现这时产生的磁场大大加强了。这是因为铁芯处在通电线圈所产生的磁场内而被“磁化”了。这时铁芯就变成了一个磁铁，铁芯也产生了磁场，它与线圈内通入的电流所产生的磁场叠加起来，就使得合成磁场

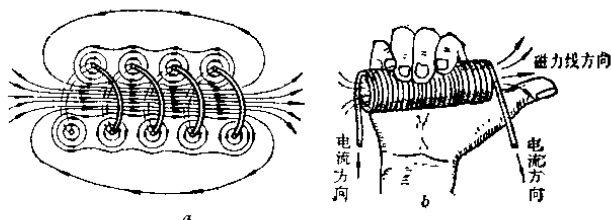


图 1-3 电流产生的磁场（螺旋线圈）

大大加强了。这正是利用电磁关系工作的变压器、发电机、电动机等设备都要用铁芯的原因。

2) 电磁感应（磁动生电）

从电流的磁场中，我们已经看到了电与磁这对矛盾的双方，在一定条件下相互依存又相互转化的情况，那就是只要电动（电荷运动）就能生磁。我们现在来研究磁动生电的问题。

实验证明，只要是磁动（磁场的运动或变化）就能生电（产生电势），这种现象叫做“电磁感应”，它产生的电动势叫“感应电势”。

这里所说的磁动有两种情况，一种是磁场与导体之间作机械运动（即发生相对运动），另一种情况是线圈内的磁场强弱发生变化。下面我们就对这种情况分别作些说明。

（1）直导体切割磁力线产生的感应电势。当导体与磁场发生相对运动（切割磁力线）时，导体内的正负电荷便会受到力的作用，分别被拉向两端而建立电场。这种分离电荷的势力即称为感应电势。感应电势的大小与磁场的强弱，切割磁力线的速度以及导体的长度有关，磁场越强，导体运动速度（切割磁力线的速度）越快，导体在磁场中的部分越长，则感应电势越大。

感应电势的方向与磁场方向和导体切割磁力线的方向有关，可以用“右手定则”来判定，如图1-4所示。平伸右手以手掌迎向磁力线，如以姆指表示导体运动方向，那么四指便指向感应电

势的方向。由于发电机就是根据这一原理工作的，所以右手定则又称为“发电机定则”。

(2) 穿链线圈的磁通发生变化而产生的感应电势。我们把穿过线圈内的磁通叫做与线圈穿链的磁通。如果磁通未经过线圈内部，那么它们之间即未发生联系，这部分磁通即未与线圈穿链。

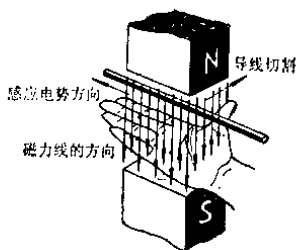


图 1-4 右手定则

穿链线圈的磁通发生变化，即线圈内部的磁场发生变化，这时在线圈内部就会产生感应电势。实验证明：磁场的强弱变化得越快，线圈内的感应电势就越大，线圈的圈数越多，产生的感应电势也越大。

通过实验我们发现，在这种情况下产生的感应电势，它的方向总是企图保持线圈内所穿链的磁通数量不变，也就是说，感应电势的方向总是企图阻止它所穿链的磁通的变化，这就是楞次定律。

4. 磁场对载流导体的力效应

当我们把通有电流的导体放在磁场中，将会发现这个载流导体受到力的作用，而且磁场越强，导体电流越大，导体在磁场内部的部分越长，则导体所受到的力就越大。

载流导体在磁场中会受到力的作用，这并不难理解。我们知道，载流导体本身必定产生了一个磁场，它变成一个磁体，把一个磁体放在磁场中，它当然要受到力的作用。

载流导体受力的方向与电流方向和磁场方向有关，可用“左手定则”来判定。如图1-5所示，平伸左手，以手掌迎向磁力线，如以4指表示导体中的电流方向，那么姆指便指向为导体受力的方向。由于电动机就是根据这一原理工作的，所以左手定则又称

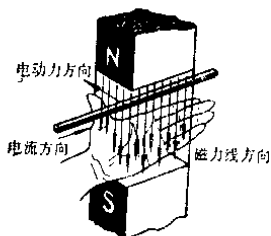


图 1-5 左手定则

为“电动机定则”。

二、直流电动机的构造

直流电动机的两个主要部分是：一个称为电枢的旋转部分，一个称为磁场的静止部分。另外，有一个装在电枢轴上的换向器，通过它将电流供给电枢绕组，还有一组电刷与换向器接触，从而导通电枢回路。

1. 定子

直流电机的定子是产生磁场的部分，它由机座、磁极、励磁绕组等部件组成：

(1) 机座。直流电机的机座不仅是电机作为保护与支撑结构之用的外壳，而且还是电机磁路的一部分（即磁轭部分），机座用铸钢或钢板焊成，具有良好的导磁性及机械强度。

(2) 磁极。磁极包括极身和极靴两部分，极靴较极身为宽，以便使磁极下面的磁通分布较均匀。为了减少极靴表面由于磁通脉动引起的铁损耗，磁极铁芯通常用1~2毫米厚普通薄钢板迭成。

(3) 励磁绕组。是一个集中绕组，绕制在线圈框架上，然后套在磁极铁芯上。

2. 转子

即电枢部分，它由电枢铁芯、绕组、换向器、转轴和风叶等组成。

(1) 电枢铁芯和绕组。电枢铁芯是一个具有均匀分布的齿和槽的圆柱体，为了减少磁滞与涡流损耗，电枢铁芯一般由相互绝缘的0.5毫米厚的硅钢片迭成。电枢铁芯槽内嵌入绕组元件，绕组各元件的两端都与相应的换向片连接。

(2) 换向器。换向器是由互相绝缘的换向片（铜片）制成

的圆柱体，安装在转轴上，并与转轴相互绝缘。

3. 其他部件

(1) 电刷。换向器通过电刷与外电路相连。电刷装在刷握内，刷握固定在与它绝缘的刷架上，刷架座可绕轴心移动，以便调节电刷在换向器上的位置。

(2) 端盖。一般用铸铁制成，有前端盖和后端盖两部分，端盖通常作为转子的支承和安装轴承之用。

三、直流电动机的工作原理

图1-6是直流电动机的示意图。它具有一对磁极，在可以转动的圆柱形铁芯上，装有一匝线圈。线圈的两端分别接在两块相互绝缘的铜片组成的最简单的换向器上。每个铜片称换向片。换向器上装有两个接通外电路的电刷A和B。

在电刷A和B通入直流电流(设电刷A为正极，电刷B为负极)，则导线ab中的电流流向是从a到b，导线cd中的电流流向是从c到d，如图1-6所示。载流导体在磁场中将受到电磁力的作用，电磁力的方向按左手定则决定。导线ab所受电磁力的方向向左，导线cd所受到电磁力的方向向右，于是电枢就按逆时针方向旋转起来。当电枢转过 90° 时，线圈中没有电流，因此作用力等于零，但由于惯性的作用电枢继续转动，这样电刷又与铜环相接触，线圈中又有电流流过，但电流方向改变了，导线ab移到S极下，电流从b到a，受力方向向右，导线cd移到N极下，电流从d到c，受力方向向左，因此，电枢仍按逆时针方向旋转，如图1-6所示。由于电流经过换向器，自动地改变它在绕组中的流动方向，因此电磁转矩的方向始终不变，电机按一定方向旋转。这就是直流电动机的基本工作原理。

在实际的直流电机中，电枢线圈是很多的，分布在电枢整个表面上，并且互相串联起来。随着电枢上线圈的增多，换向片数也相应增加，这样，在电枢绕组通电后便能产生大而平稳的电磁转矩，稳定运转。

直流电动机的电路简图如1-7所示。

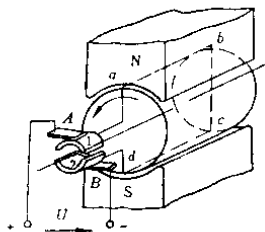


图 1-6 直流电动机工作原理

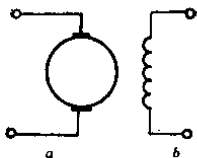


图 1-7 直流电动机电路简图

四、直流电动机的铭牌及分类

1. 直流电动机的铭牌说明

(1) 型号：电动机的类别。例如 ZQ—11B, Z——直流, Q——牵引, 数字 (11) ——电机容量, B——矿用隔爆型。

(2) 功率：电动机正常连续运行时转轴上输出的额定机械功率, 一般用千瓦表示。

(3) 电压：电动机正常连续运行时的端电压, 单位为伏。

(4) 电流：电动机正常连续运行时电枢所通过的电流, 即输入电流, 单位为安。

(5) 转速：电动机正常运行时转子旋转的速度, 单位为转/分。

(6) 励磁：电动机的励磁方式。

(7) 励磁电压：加在励磁绕组两端的电压值, 单位为伏。

(8) 励磁电流：电动机产生工作主磁通所需要的励磁电流, 单位为安。

(9) 定额：电动机按照铭牌所列各项额定值工作时可以运行的持续时间。定额分连续运行, 短时运行和断续运行三种。

(10) 温升：电动机允许发热的限度, 单位为℃。

(11) 出品号数：制造厂内部的编号。

2. 直流电动机的分类

直流电动机的激磁绕组与电枢绕组都需要直流电源来供电，根据激磁方式不同可分为他激电动机、并激电动机、串激电动机和复激电动机四大类。

他激电动机的激磁绕组与电枢绕组分别由两个不相关的直流电源来供电。如图1-8。

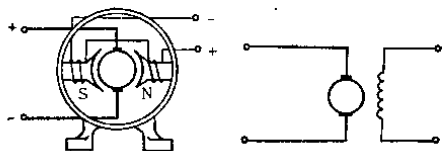


图 1-8 他激电动机

并激电动机的激磁绕组与电枢绕组并联，由同一个直流电源供电，如图1-9。与电枢并联的激磁绕组又称并激绕组。为了减小激磁电流和损失，并激绕组的匝数较多，且用较细的导线缠绕。

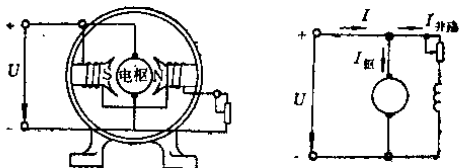


图 1-9 并激电动机

串激电动机的激磁绕组与电枢绕组串联，如图1-10。同电枢串联的激磁绕组又称串激绕组。为了减少串激绕组的电压降和损失，串激绕组匝数较少，且用截面较粗的导线制成。

复激电动机的磁极上有两个激磁绕组，一个同电枢并联，另一个同电枢串联，如图1-11。

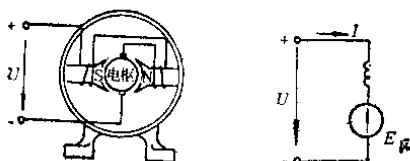


图 1-10 串激电动机

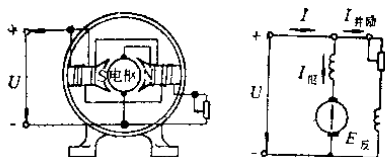


图 1-11 复激电动机

五、串激直流电动机的运转特性

由于工作条件的要求，矿用架线式电机车通常采用全封闭型的串激牵引电动机；蓄电池式电机车的牵引电动机为隔爆型。由于容量不大，都采用自冷式。

直流串激电动机具有适合于牵引负荷的一种特性，当转速愈低时，它的牵引力愈大。因此，这种电动机又叫做牵引用电动机。

这种电动机是变速电动机，它具有以下的特性：

、转动力矩 $\times$ 转动速度 = 一个常数

电机车刚起动的时候，各部分抵抗运动的阻力很大，电动机需要发出很大的转动力矩来克服这些阻力，这时就以很低的转速开始转动，以后各部分的阻力随着转速的增加而逐渐减小，转动力矩也当然随之减小，而转速则随之增大。这种转动力矩和转速成反比例的关系，正是直流串激电动机的运转特性。

在这种电动机里，转速和电流是成反比的：转速低时，则电