

全国中等物资学校试用教材

# 电工产品

下 册



物资出版社

|     |             |
|-----|-------------|
| 总号  | 42447       |
| 类别  | TM 电工技术     |
| 分类号 |             |
| 书页  | 1781<br>570 |

全国中等物资学校试用教材

# 电 工 产 品

## 下 册

江南大学图书馆



91243036

全国中等物资学校试用教材  
(下册) 产品电工  
(行业培训)

北京物资出版社  
北京物资学院图书馆

1983年3月第1版 1983年3月第1次印刷  
开本：787×1092 1/32 印张：11.5 字数：280千字  
印数：000-1000

物资出版社

111111  
物资工业出版社

180  
072

全国中等物资学校试用教材

品 类 工 册

册 下

全国中等物资学校试用教材  
电工产品 (下册)  
(内部发行)

物资出版社出版、发行  
北京通县向阳印刷厂印刷

开本: 787×1092 32/1, 印张 18 插表 2 字数 405 千字  
1982 年 2 月第 1 版 1982 年 2 月第 1 次印刷  
印数 20,000 册

书号: 4254.005 定价 1.80 元

物资出版社

## 编写说明

本书是为物资学校编写的试用教材，可供在职干部培训班选择使用，也可作为物资部门有关业务人员自学的参考读物。

全书分上、下两册。上册主要是电工原理，下册是电工产品。

本书的编写大纲是经福建省物校、安徽省物校、南京物校、北京经济学院物资管理系的老师讨论制订的。上册由阮文勤同志执笔，下册由张永源、张锡成、秦瑛、周玉新、吴爱菊、黄顺杰同志编写。经北京经济学院物资管理系机电教研室审改，国家物资总局机电二局教材编审小组审查，由国家物资总局教材编审委员会审定。

由于编写时间仓促，编者水平有限，缺点和错误在所难免，希望读者批评指正。尤其希望各物资学校老师提出宝贵意见。本书拟试用一段时间，听取各方面意见后，再作修改。

全国中等物资学校试用教材

《电工产品》编写组

1981年4月

# 目 录

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>第十二章 直流电机</b> .....     | 1   |
| 第一节 直流电机的基本工作原理 .....      | 1   |
| 第二节 直流电机的基本构造 .....        | 5   |
| 第三节 直流电机中的电动势、转矩和功率 .....  | 12  |
| 第四节 直流电机的激磁方式及有关特性 .....   | 21  |
| 第五节 直流电机的起动与调速 .....       | 31  |
| 第六节 直流电机的铭牌和系列 .....       | 36  |
| <b>第十三章 变压器</b> .....      | 54  |
| 第一节 变压器的概念 .....           | 54  |
| 第二节 变压器的工作原理 .....         | 57  |
| 第三节 变压器的绕组连接组 .....        | 77  |
| 第四节 变压器的基本结构 .....         | 86  |
| 第五节 变压器的冷却 .....           | 98  |
| 第六节 三相变压器的额定值、型号与系列 .....  | 102 |
| 第七节 互感器 .....              | 110 |
| <b>第十四章 交流电机</b> .....     | 120 |
| 第一节 三相异步电动机概述 .....        | 120 |
| 第二节 三相异步电动机的基本构造 .....     | 122 |
| 第三节 三相异步电动机的工作原理 .....     | 125 |
| 第四节 三相异步电动机的功率、转矩和起动 ..... | 134 |
| 第五节 双鼠笼式和深槽式异步电动机 .....    | 145 |
| 第六节 异步电动机的调速 .....         | 149 |

|      |                        |     |
|------|------------------------|-----|
| 第七节  | 同步电机                   | 152 |
| 第八节  | 微电机简介                  | 169 |
| 第九节  | 交流电机的铭牌、型号、额定值、技术数据和系列 | 191 |
| 第十五章 | 电工仪表                   | 204 |
| 第一节  | 电工仪表的基本知识              | 204 |
| 第二节  | 仪表的工作原理                | 215 |
| 第三节  | 电工仪表的选择                | 227 |
| 第四节  | 电工仪表的系列和型号             | 232 |
| 第十六章 | 低压电器                   | 236 |
| 第一节  | 低压电器概述                 | 236 |
| 第二节  | 低压配电电器                 | 252 |
| 第三节  | 低压控制电器                 | 266 |
| 第十七章 | 高压电器                   | 295 |
| 第一节  | 概述                     | 295 |
| 第二节  | 高压断路器                  | 298 |
| 第三节  | 隔离开关                   | 308 |
| 第四节  | 负荷开关                   | 315 |
| 第五节  | 高压熔断器                  | 319 |
| 第六节  | 避雷器                    | 322 |
| 第十八章 | 成套电器                   | 327 |
| 第一节  | 概述                     | 327 |
| 第二节  | 高压开关柜                  | 328 |
| 第三节  | 低压开关板                  | 338 |
| 第十九章 | 电炉                     | 343 |
| 第一节  | 概述                     | 343 |
| 第二节  | 电阻炉                    | 349 |

|                     |     |             |     |
|---------------------|-----|-------------|-----|
| 1821                | 第三节 | 电弧炉         | 365 |
| 1821                | 第四节 | 感应炉         | 375 |
| <b>第二十章 电焊设备</b>    |     |             | 392 |
| 1821                | 第一节 | 概述          | 392 |
| 1821                | 第二节 | 弧焊电源        | 400 |
| 1821                | 第三节 | 电弧焊机        | 415 |
| 1821                | 第四节 | 电阻焊机        | 422 |
| 1821                | 第五节 | 其他焊机        | 427 |
| <b>第二十一章 绝缘材料</b>   |     |             | 434 |
| 1821                | 第一节 | 绝缘材料概述      | 434 |
| 1821                | 第二节 | 绝缘材料的性能     | 439 |
| 1821                | 第三节 | 浸渍纤维制品与薄膜材料 | 456 |
| 1821                | 第四节 | 层压制品材料      | 465 |
| 1821                | 第五节 | 云母及其制品      | 469 |
| <b>第二十二章 电线电缆</b>   |     |             | 474 |
| 1821                | 第一节 | 概述          | 474 |
| 1821                | 第二节 | 电线电缆的结构     | 479 |
| 1821                | 第三节 | 裸电线         | 489 |
| 1821                | 第四节 | 电磁线和布电线     | 501 |
| 1821                | 第五节 | 电缆          | 513 |
| <b>第二十三章 绝缘子</b>    |     |             | 529 |
| 1821                | 第一节 | 概述          | 529 |
| 1821                | 第二节 | 高压绝缘子       | 532 |
| 1821                | 第三节 | 低压绝缘子       | 545 |
| <b>第二十四章 其它电工产品</b> |     |             | 548 |
| 1821                | 第一节 | 电池          | 548 |
| 1821                | 第二节 | 工矿电机车       | 558 |

## 第十二章 直流电机

直流电机是将直流电能和机械能相互转换的旋转电机。将机械能转变成直流电能的，称为直流发电机；将直流电能转变成机械能的，称为直流电动机。

直流电动机具有优良的调速性能，调速平滑、方便、调速范围宽广。另外，直流电动机的过载能力大，而且可以实现频繁的无级快速起动，制动和反转。因此，在需要宽广调速的场合以及要求有特殊运行性能的自动控制系统中，直流电动机一直占有突出的地位。例如，用来拖动轧钢机、电气机车、船舶机械、矿井卷扬机和要求广泛调速的切削机床等。直流发电机能提供无脉动的直流电力，其输出电压易于调节和控制。可以做为各种直流电源。例如直流电动机的电源、同步机的励磁机以及电解电镀的直流电源等。因此虽然直流电机比交流电机的结构复杂、消耗较多的有色金属、运行中维修比较麻烦，致使其应用受到了一定限制，但在我国的四个现代化宏伟目标中，直流电机仍然占有重要的地位。

### 第一节 直流电机的工作原理

一般的直流电机，实质上是交流电机，只是有一个特殊的装置——换向器，使直流电机能在一定的条件下变交流为直流。下边我们分别说明直流发电机和直流电动机的工作原理。

#### 一、直流发电机的工作原理



图 12-1 所示为直流发电机的模型，它具有—对磁极，即N极和S极，在可以转动的园柱铁心上，装着一匝线圈abcd，线圈的两端分别接在两块互相绝缘的铜片I和II上。

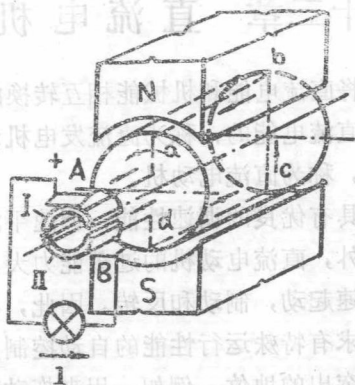


图 12-1 直流发电机原理图

铜片固定在转轴上，但与轴是绝缘的。这样两块铜片就组成了一个最简单的换向器，其中每个铜片都称为换向片。换向器与接通外电路的电刷A和B保持滑动接触。由铁心线圈和换向器组成的旋转部分称为直流电机的电枢。

当原动机拖动电枢使其表面有 $v$ 的线速度按反时针方向旋转时，线圈的ab、cd部分切割磁力线而感生电动势。在图12-1所示的瞬间，电刷A通过换向片I与N极下的线圈边ab相连；电刷B通过换向片II与S极下的线圈边cd相连。根据右手定则，线圈中感应电势的方向由d到a，故电刷的极性为A“+”、B“-”。灯泡中的电流由A从灯的左端流入，右端流出，然后回到B。当电枢转过 $180^\circ$ 时，线圈的两个有效边ab、cd的位置互相调换，此时电刷A通过换向片II与N极下的线圈边cd相连，电刷B通过换向片I与S极下的

线圈边  $ab$  相连。此时，线圈中的电势方向为从  $a$  到  $d$ 。但电刷  $A$ 、 $B$  的极性没变，所以流过灯泡的电流仍是从左端流入，右端流出。由此可见，通过换向器的作用，可以使电刷  $A$  始终和  $N$  极下的线圈边相连，电刷  $B$  始终和  $S$  极下的线圈边相连。当电枢在磁场中连续旋转时，线圈中的感应电势虽然是交变的，每转过一对磁极，电势的方向就改变一次，但在电刷  $A$ 、 $B$  之间的电势却是一个方向不变的电势。如果气隙中的磁通密度按正弦规律分布，则电刷  $A$ 、 $B$  间的电势即为脉振电势，其波形如图 12-2 所示。

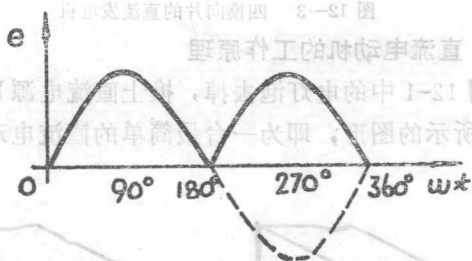


图12-2 直流脉振电势波形

从图 12-2 可以看出，电刷  $A$ 、 $B$  之间的感应电势在零和最大值  $E_m$  之间脉振。由于它的波动太大，不能做为直流电源。

如果将电枢铁心上的元件数和相应的换向片数增多，并将线圈均匀布置在电枢铁心上，然后将这些元件串联起来，在电刷两端得到的电势的脉振程度就会大大减小。图 12-3 所示为有四个线圈边时的情况，可见其电势的波动幅度已大为减小。实际应用的直流发电机，其线圈元件数目是较多的。因此，电动势的脉振已很小，就可以认为是恒定直流了。

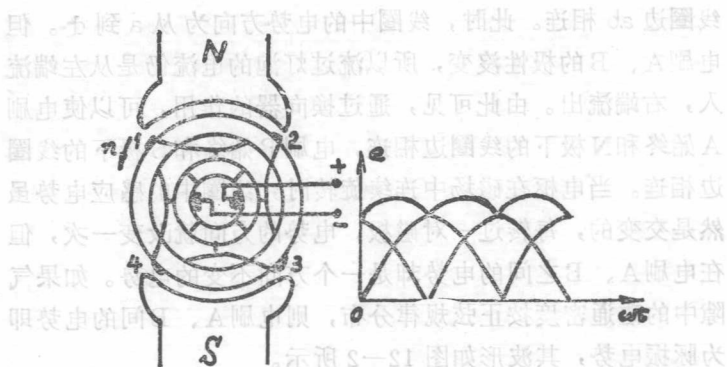


图 12-3 四换向片的直流发电机

## 二、直流电动机的工作原理

将图 12-1 中的电灯泡去掉，换上直流电源 E，便成为图 12-4 所示的图形，即为一台最简单的直流电动机。

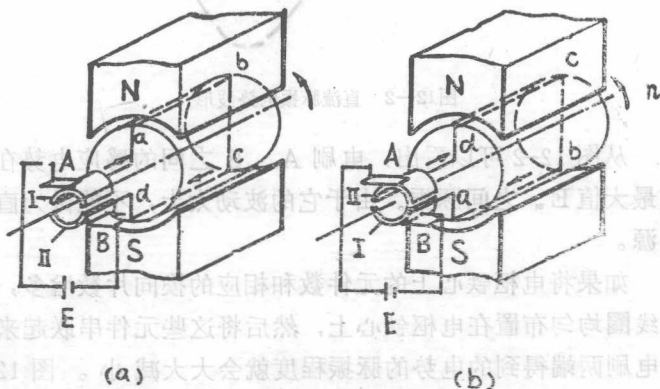


图 12-4 直流电动机原理图

当电枢处在图 12-4 (a) 所示的位置时，在直流电源作

用下，线圈元件中的电流由 a 流向 d。于是载流导体在磁场中就会受到电磁力的作用。电磁力的方向由左手定则确定。从图可知，电枢受到反时针方向的力矩，称为电磁转矩。电枢在电磁转矩的作用下，按反时针方向旋转。当电枢转过  $180^\circ$  时，电枢在磁场中的位置如同图 12-4 (b) 所示。这时线圈元件中的电流从 d 流向 a，即电流改变了方向，但此时元件边 ab 已处在 S 极下，cd 已处在 N 极之下，与图 12-4 (a) 相比，处在 N 极下的导体中的电流方向没有改变，处在 S 极下的导体的电流的方向也没有改变。所以电磁力矩的方向也不会改变，这样就使电枢仍保持在原来的旋转方向旋转。以上就是直流电动机的工作原理。

实际的直流电动机，其电枢线圈的元件数也是很多的，相应的换向片数也要增多，并且把电枢线圈元件按一定规则联成电枢绕组。这样，在电枢绕组中通入电流后，便能产生平稳的电磁转矩，以保证电动机的稳定运行。

## 第二节 直流电机的基本构造

从直流电机的基本原理可知，直流电机在结构上的主要特征是在旋转的电枢上装有换向器，磁极是静止的。在电枢和磁极之间留有一定的间隙，称为气隙。电枢转动时，换向器与电刷之间构成滑动接触，使电枢绕组与外电路相通。

直流电机的基本构造如图 12-5 所示，它由以下几部分组成。

### 一、定子

直流电机的定子是产生磁场、构成磁路的静止部件。主要由机座、主磁极（简称主极）、换向磁极（简称换向极）和电刷架等零部件组成。

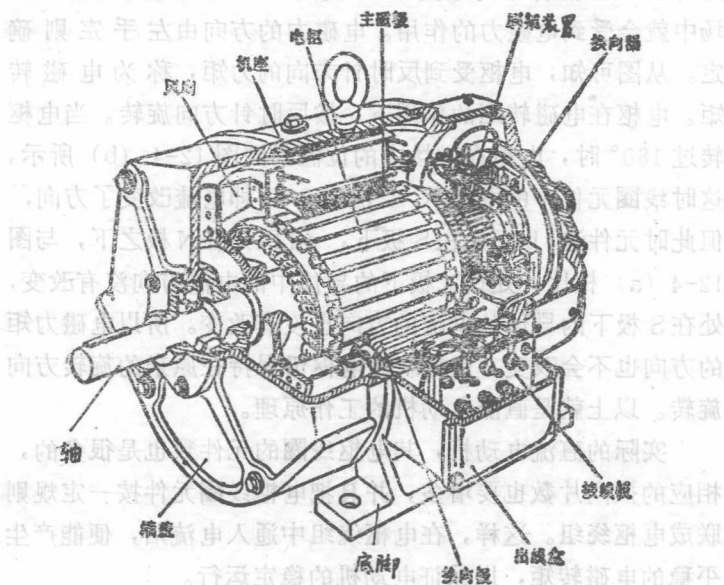
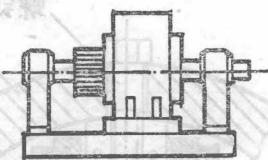
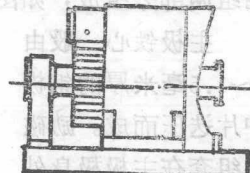
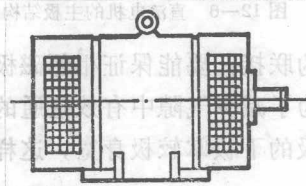
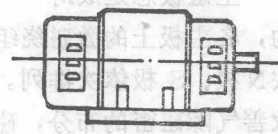
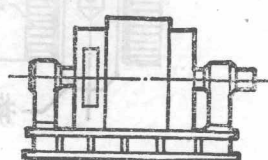
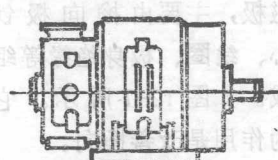


图 12-5 直流电机的结构

### (一) 机座

直流电机的机座是磁路的组成部分，是用来固定主极、换向极和端盖等部件的支撑件，并且借助于底脚将电机固定在基础上，由于电机的外壳防护、安装、冷却和运输等方面的不同要求，其机座的结构也不尽相同。但一般均采用铸钢或厚钢板焊接而成。通常为圆筒形，在某些特殊场合（如电车电动机、矿山电机、吊车电机等）为了减少占用空间地位，机座也有制成八角形的。中小型直流电机用整体机座，大型直流电机为了运输方便，采用分瓣机座。机座中有磁通经过的部分称为磁轭，它的厚度一方面要有足够的强度和刚度，另一方面要有足够的截面积，使磁通密度不致太高。

表 12-1 直流电机常用外壳防护结构型式

|      |   |   |
|------|---|---|
| 防护类型 | 开 启 式   | 防 滴 式   |
| 防护等级 | 0 0   | 0 1   |
| 防护范围 | 除必要的支撑结构外,对电动部分和带电部分,不设专门的防护装置  | 可防止垂直下落的固体和液体进入电机内部   |
| 图 例  |    |    |
| 防护类型 | 防 滴 式   | 防 滴 式   |
| 防护等级 | 2 1   | 2 2   |
| 防护范围 | 可防止直径大于 12 毫米的固体异物和垂直下落的液体进入电机内部  | 可防止直径大于 12 毫米的固体和垂直成 10° 方向的滴水  |
| 图 例  |    |    |
| 防护类型 | 全 封 闭 式   | 封 闭 防 水 式   |
| 防护等级 | 5 4   | 5 6   |
| 防护范围 | 可防止灰尘和任何方向的溅水进入电机内部或不致产生有害影响  | 可防止灰尘或猛烈的海浪或强力喷水进入电机内部  |
| 图 例  |  |  |

电机的外壳防护型式和防护等级见附录 I，电机的安装结构型式见附录 II。直流电机的外壳防护型式常用的为表 12-1 中的几种。

## (二) 主磁极

主磁极的作用是产生主磁通，它主要由主极铁心和激磁绕组两部分组成，如图 12-6 所示。

主极铁心一般由 1~1.5 毫米厚的钢板冲片迭压而成。励磁绕组套在主极极身外面，在极身和激磁绕组间隔以绝缘结构。

装配好的磁极再用螺钉固定在机座上。

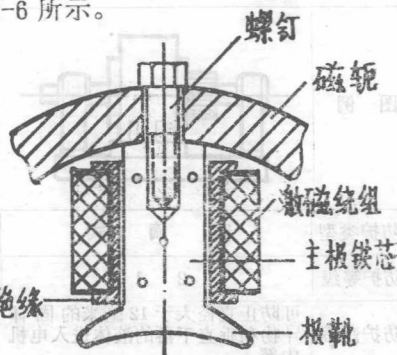


图 12-6 直流电机的主极结构

主磁极总是成对的，各主极上的激磁绕组的联接，要能保证相邻磁极的极性按 N 极、S 极依次排列。为了减少气隙中有效磁通的磁阻，改善气隙磁密的分布，磁极的下极掌较极身宽，这样还可以使励磁绕组牢固地套在磁极上。

## (三) 换向磁极

换向磁极也称为附加磁极，主要由换向极铁心、线圈、极身绝缘等组成。如图 12-7 所示。它的作用是改善换向。

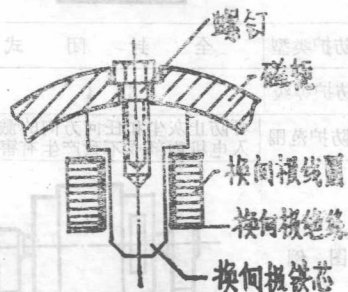


图 12-7 换向极

大型直流电机的换向

极铁心、利用互相绝缘的薄钢片迭成，中、小容量直流电机的换向极铁心由整块钢制成。由电磁线或裸铜（铝）扁线绕成的换向极绕组套装在换向极铁心外面，并与电枢绕组串联，其极性根据换向要求而定。

装配好的换向极安装在相邻二主极之间的几何中心线上，并用螺钉固定在机座上。

#### （四）端盖

电机机座的两端各装有一个端盖，用以保护电机免受外界损害同时还能支撑轴承、固定电刷架。

#### （五）电刷装置

电刷装置是直流电机的流直电引入（或引出）旋转电枢的一个重要部件，它由电刷杆园座、刷杆、刷盒和电刷等组成。借助电刷装置使旋转的换向器与电刷保持良好的滑动接触，刷杆园座上装有刷杆，刷杆的数目与主磁极的数目相等，每根刷杆上视电枢电流的大小而装有一个或几个刷握。电刷插在刷握中，电刷的顶上有一个弹簧压板，使电刷在换向器上保持一定的接触力。

## 二、转子（电枢）

直流电机的转子是实现能量转换的旋转部件，主要由电枢铁心、电枢绕组、换向器、风扇和转轴等组成。电枢的结构不仅应能满足电磁性能的要求，而且应保证在电磁转矩和离心力作用下，各部分的结构牢固可靠，以及风路分布合理。

#### （一）电枢铁心

电枢铁心的作用是通过主磁通和固定电枢绕组。为了减少磁滞和涡流损耗，电枢铁心一般用 0.5 毫米厚的涂有绝缘漆的硅钢板冲片迭成。中、小型直流电机的冲片是整圆的，如图 12-8 所示。大型直流电机，用的是扇形冲片。



## (二) 电枢绕组

电枢绕组的作用是感应电势和通过电流，使电机实现能量转换。它是直流电机的关键部件之一。

电枢绕组由多个元件构成，每个元件用带有绝缘的圆导线或矩形截面的导线绕成。

绕组元件是安放在电枢槽内



图 12—8 圆形冲片

的，并以一定的规律与换向片连成闭合回路，借助于换向器、电刷与外电路相通。绕组嵌入槽内后，用槽楔压紧，线圈与铁心之间及上下层线圈之间，均要妥善绝缘。为了防止电枢旋转时的离心力将导线甩出，绕组伸出槽外的端接部分，用无纬玻璃丝或非磁性钢丝扎紧。

## (三) 轴

轴是电机转动的关键部件，轴要传递转矩承受电枢全部重量和多种力的作用。因此，轴必须有足够的刚度和强度。中小型电机多用实心轴，大型轧钢用直流电动机，采用焊接式轴或螺栓联接式轴。

## (四) 换向器

如前所述，换向器的作用是：在发电机中，使绕组元件中的交变电势转换成电刷间的直流电势；在电动机中，使加于电动机的直流电流变为元件中的交变电流，以保证每一磁极下的电枢导体中的电流方向不变，从而产生恒定方向的转矩。在电机运行中，换向器既要传导电流，又要承受离心力和热应力的作用。因此，要求换向器具有足够的强度和刚度，以保证片间压力；在电机起动、制动或超速运转的情况