

中央广播电视大学教材

机 电 产 品 学

(电 工 产 品)

物 资 出 版 社

机电产品学 (电工产品)

周玉新 张锡成 张永源 黄顺杰 编著

※

物资出版社出版

新华书店发行

北京京辉印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张 $26\frac{1}{4}$ 字数 646 千字

1984 年 10 月第 1 版 1984 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—18,000 册

书号: 4254·090 定价: 2.70 元

序

本书是根据中央电视大学物资经济管理专业的教学计划编写的，供中央电视大学教学使用，也可供电工产品经营管理人员参考。

本书包括绪论、直流电机、变压器、交流电机、微电机、电焊机、电炉、绝缘材料、电线电缆、低压电器、高压电器、电力成套配电装置等的分类、用途、基本结构、工作原理、主要技术数据和管理技术等内容。

本书编写分工如下：张锡成同志编写第五章绝缘材料、第六章电线电缆；黄顺杰同志编写第七章低压电器、第八章高压电器、第九章电力成套配电装置；张永源同志编写第一章直流电机、第三章交流电机、第十章电炉；周玉新同志编写绪论、第二章变压器、第四章微电机、第十一章电焊机。本书由周玉新同志主编。书中部分插图由许振铎同志、潘克礼同志描绘。

本书审稿分工如下：雷之臣同志审定第一章直流电机；孙远长同志审定第二章变压器、第九章低压电器、第十章高压电器、第十一章电焊机；马明泰同志审定第三章交流电机、第四章微电机；徐树玲同志审定第十章电炉；贺鸿发同志审定第五章绝缘材料；吴瑞征同志审定第九章电力成套配电装置；何为荣同志审定第六章电线电缆。

限于我们的业务水平，加上编写时间紧迫，书中错误和缺点在所难免，欢迎同志们批评指正。

在编写过程中，许多同志提供了大量的资料和支援，在此表示衷心感谢。

编者

1984年1月

目 录

序

常用符号表

绪论	1
一、电工产品在国民经济中所起的作用	1
二、电工产品的分类	2
三、在流通领域中的电工产品的管理技术	2
第一章 直流电机	4
第一节 直流电机的工作原理	4
第二节 直流电机的构造	7
第三节 直流电机按励磁方式的分类	10
第四节 并励发电机	11
第五节 直流电动机的机械特性	14
第六节 直流电动机的使用	18
第七节 直流电机的主要技术数据	26
第八节 国产直流电机的主要系列	30
小结	31
习题	32
第二章 变压器	34
第一节 概述	34
第二节 变压器的工作原理	40
第三节 变压器的基本结构	51
第四节 变压器的冷却	55
第五节 其他用途的变压器	57
第六节 变压器的选用	61
第七节 变压器的管理技术	67
小结	70
习题	71
第三章 交流电机	72
第一节 三相异步电动机的构造	72
第二节 三相异步电动机的工作原理	74
第三节 三相异步电动机的电磁转矩、机械特性和效率	80
第四节 三相异步电动机的使用	88
第五节 双鼠笼式和深槽式异步电动机	93
第六节 电磁调速异步电动机和防爆电动机	94

第七节 其他低压电器	297
第八节 低压电器的管理技术	310
习题	311
第八章 高压电器	313
第一节 概述	313
第二节 隔离开关	314
第三节 负荷开关	317
第四节 高压断路器	319
第五节 高压熔断器	327
第六节 避雷器	329
第七节 高压电器的管理技术	334
习题	335
第九章 电力成套配电装置	336
第一节 概述	336
第二节 高压开关柜	338
第三节 低压开关板	345
第四节 电力成套配电装置的管理技术	348
第十章 电炉	350
第一节 概述	350
第二节 电阻炉	351
第三节 感应炉	357
第四节 炼钢电弧炉	366
小结	369
习题	370
第十一章 电焊机	371
第一节 概述	371
第二节 电弧焊机	372
第三节 手工弧焊机	376
第四节 埋弧焊机	380
第五节 气体保护弧焊机	381
第六节 等离子弧焊机	385
第七节 电焊机的管理技术	387
小结	388
习题	388
附录: 机电产品学(电工产品)教学大纲	391

第七节	同步电机	99
第八节	交流电机的主要技术数据	107
第九节	国产异步电机的主要系列	111
第十节	电机的管理技术	113
	小结	118
	习题	120
第四章	微电机	122
第一节	概述	122
第二节	微型异步电动机	124
第三节	伺服电动机	128
第四节	测速发电机	133
第五节	自整角机	138
第六节	单枢变流机	145
第七节	微电机的管理技术	146
	小结	148
	习题	149
第五章	绝缘材料	150
第一节	绝缘材料的用途、分类和型号	150
第二节	绝缘材料的电性能	153
第三节	绝缘材料的其他性能	164
第四节	绝缘材料产品	169
第五节	绝缘材料的使用	183
第六节	绝缘材料的管理技术	189
	习题	190
第六章	电线电缆	192
第一节	电线电缆的用途、分类和型号	192
第二节	电线电缆的基本结构及其材料	194
第三节	电力电缆	205
第四节	电气装备用电线电缆	217
第五节	电磁线	224
第六节	电线电缆的管理技术	237
	习题	239
第七章	低压电器	241
第一节	概述	241
第二节	非自动切换电器	256
第三节	熔断器	271
第四节	自动开关	277
第五节	接触器	281
第六节	控制继电器	289

绪 论

一、电工产品在国民经济中所起的作用

人类的生产劳动从应用手工工具发展到应用生产机械以后，就必须有相应的能源作为生产机械的动力。自然界的能源，主要有储藏在燃料中的化学能、水力中的动能、原子能、地壳中的热能和太阳能等。它们均不适宜直接拖动生产机械，一般说来，还需要将这些自然能源转换为电能，然后再应用。和其他能源相比，电能具有以下优点：

(1) 电能易于转换。

自然能源（如水的动能、化学能、热能、原子能等）通过发电机很容易地转换为电能，而电能又能够很容易地通过电动机转换为机械能、通过电灯转换为光能、通过电炉转换为热能等，以满足不同的需要。

(2) 电能易于远距离输送和分配。

通过升压变压器可以将发电机发出的电能电压升高，进行远距离输送，这样不但设备简单、损耗少、而且效率高。而电能被输送到城市工矿企业后，通过高压开关板、低压配电柜、自动开关和接触器等，很容易地满足负载的需要，进行合理分配。

(3) 电能易于控制、测量和调整。

电能通过传输线、动力线、照明线、控制线以及各种高低压电器便可以实现自动控制。通过仪器仪表便能够测量监视电能的多少、电压的高低、电流的大小等。通过变阻器、调压器等便可以按照负载的需要，对电能进行调整，以达到节约电能，保证设备和人身安全的目的。

因此，现代化的生产机械主要以电能作为生产力的能源。应用了电能以后，不仅扩大了生产规模，而且促进了技术革新，从而提高了劳动生产率。在应用电能的过程中，作为能源转换、电能的输送、分配、控制所用的设备，在国民经济的各个领域均起着极为重要的作用。

在电力工业中，电工产品是发电厂和变电所的主要设备。例如：在热力发电厂中利用汽轮发电机，在水力发电厂中利用水轮发电机将机械能转换为电能；在各级变电所中利用变压器来改变电压的高低，利用各种电线电缆和高低压电器来实现电能的输送、分配、控制和保护；发电厂中的各种辅助机械设备、又要用电动机来拖动等。

在机械制造工业及其他一切轻、重型的制造工业中，各种电工产品应用得十分广泛，各种工作母机都必须由一台或多台不同容量的电动机来拖动，其主回路和控制回路均由各种低压电器（如按钮、低压熔断器、自动开关、接触器、继电器等）所组成。各种专用机械，如纺织机、造纸机、印刷机等等，都以电动机作为原动机。

在冶金工业中，高炉、转炉和平炉均需由若干台电动机、若干种电器来控制。大型的轧钢机常由容量高达5000千瓦或更大的直流电动机来拖动，近代的冶金工业，电气化和自动化的程度是相当高的，所用到的电工产品品种和数量就更多了。

在化学工业中，不仅使用大量的电机、电器、控制柜、配电盘等进行拖动和生产过程

的控制，而且还用到很多直流电源设备，特别是电化工业，工作电流达到几万、几十万安培。

在交通运输业中，机车的电气化可以提高输送能力，减轻环境污染。随着铁路干线的电气化和城市电车以及矿山电力牵引的发展，需用大量的牵引电动机和直流电工产品。轮船、汽车、拖拉机、飞机、起重机械和工矿的运输机械等，均具有不同程度的自动控制系统和拖动装置。因此，也需要大量的各种电工产品。

在农业方面，电力排灌已被广泛采用。电工产品将随着农业的发展，不断地扩大使用范围。在各种农副业生产中，如打稻脱粒、碾米、榨油等，使用电动机可以减轻繁重的体力劳动，并提高劳动生产率。因此，电工产品在农业生产中的应用，有着十分广阔的前途。

不过，以上所述只是几个主要方面，电工产品在国防、文教、医疗卫生等事业中以及人们的日常生活中，也均起着日益重要的作用。

可见，电工产品在国民经济的各个领域中的应用和发展前途的确是无可限量的。

二、电工产品的分类

电工产品的种类很多，归纳起来分为：

（一）发电设备

将其他形式的能量转换成电能的设备称为发电设备。它主要包括发电机组，对于热力发电厂来说，还应该包括锅炉（由于篇幅所限，锅炉未能编入教材）。此外，还有附属设备：励磁机、控制柜等。

（二）输变配电设备

传输、变换和分配电能的设备称为输变配电设备。它主要包括变压器、电力线、高低压电器等。

（三）受电设备

将电能转换成其他形式的能量的设备称为受电设备。它主要包括电动机、电炉等。

（四）控制、保护、调节设备

对电能的生产、传输、变换、分配和使用等，起开关、控制、保护、调节作用的电气设备和利用电能来控制、保护、调节非电过程与非电装置的电气设备称为控制、保护、调节设备。它主要包括高压电器、低压电器、继电器、互感器等等。

（五）电工材料

制造电工产品所需要的材料统称为电工材料。它主要包括绝缘材料、导电材料、磁性材料、半导体材料和特种电工材料等。

三、在流通领域中的电工产品的管理技术

对于一名合格的物资管理人员来说，仅仅懂得经营管理方式和正确掌握电工产品在流通领域中的方针政策是远远不够的，还必须掌握电工产品的管理技术知识，例如，电工产品的分类、用途、基本结构、工作原理、性能指标、选用原则、包装、运输和保管等。方能适应“四化”的需要。

物资管理人员要及时掌握用户的需求。协助他们选用性能好、节约电能、维修方便、价格便宜的电工产品，并作到合理供应。及时向他们推荐新产品，当好用户的技术参谋。

物资管理人员应保证在流通领域中的电工产品的使用价值，这就要求我们必须懂得电工产品的基本结构、所用材料、包装、运输、保管技术等知识。以免由于管理不当，影响电工

产品的性能，降低其使用价值，甚至报废，给国家带来严重损失。

物资管理人员应初步了解电工产品的制造工艺、影响产品质量的因素、新产品试制情况、国内外发展动向等。并力争帮助生产厂解决产品质量问题、提供技术情报，作生产厂的技术顾问。

电工产品不同于其他产品，它具有发展迅速、更新换代快的特点，如继电器、控制微电机等，几乎是年年有新产品。因此，只要是电工产品一到物资系统，就必须及时向用户推销，以免由于过时，造成积压和浪费。

从“四化”的要求看，物资管理人员应对购进和库存的电工产品进行验收和定期检验、对进口产品进行技术鉴定，所以物资管理人员要掌握先进的管理工具和具备一定的检验技能。

总之，物资管理人员不但要掌握经济管理的方针政策，而且还要懂得产品的技术知识。

第一章 直流电机

电机是发电机和电动机的总称。它是实现电能和机械能相互转换的一种旋转机械，其中：把机械能转换为电能的叫做发电机；把电能转换为机械能的叫做电动机。

由于电流有交流电和直流电两种，所以电机按产生或耗用电能的种类也可分为直流电机与交流电机两大类。在这一章中我们讨论的对象就是直流电机。

直流电机包括直流电动机和直流发电机。直流电动机是将直流电能转换为机械能，用以拖动生产机械；直流发电机则是将机械能转换为直流电能，供给负载。

直流电动机具有良好的起动性能和调速性能，特别在调速性能上是交流电动机所不能比拟的，因此，在对电动机的调速性能和起动性能要求高的场合，大都使用直流电动机进行拖动。例如，大型可逆式轧钢机、矿山中大型提升机、龙门刨床、电车等，常用直流电动机来进行拖动。但是直流电动机的制造工艺比较复杂，生产成本高，维修较困难，可靠性也较差，因此在单机容量的提高和使用推广方面，受到了一定的限制。

直流发电机主要作为各种直流电源。例如，直流电动机的电源，同步发电机的励磁电源（称为励磁机），化学工业中电解、电镀所需的低压大电流直流电源。今天，随着可控硅技术的发展，特别是在大功率可控硅元件问世以后，可控硅整流装置已在许多领域中取代了直流发电机。但目前，直流发电机仍在使用，特别是在真空冶炼工业和无交流电网而又需要直流电源的场合，仍有它一定的重要性。

第一节 直流电机的工作原理

一、直流发电机的工作原理

为了讨论直流发电机的工作原理，我们把复杂的直流发电机的结构简化为图1-1所示的原理图。图中N和S是一对固定不动的磁极，用以产生所需要的磁场。在N极和S极之间，

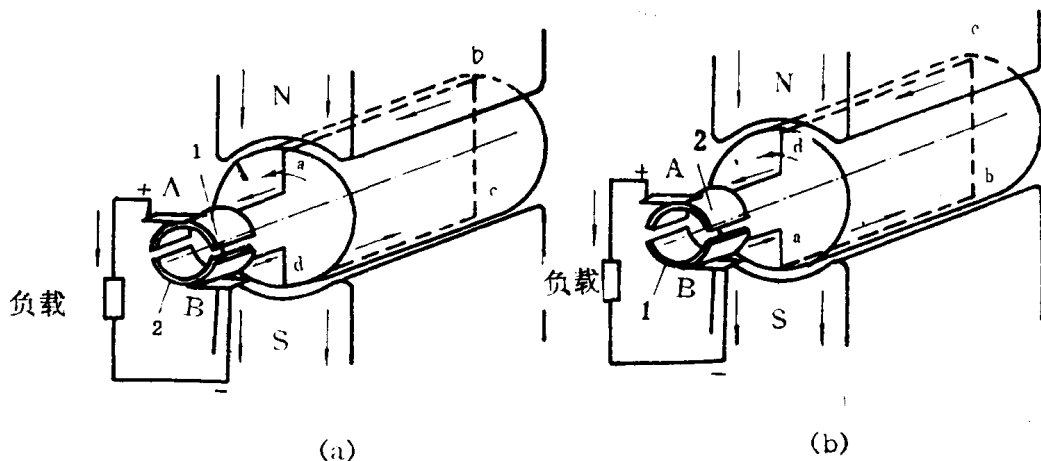


图1-1 直流发电机的工作原理图

有一个能转动的圆柱形铁心（称为电枢铁心）。电枢铁心与磁极之间的间隙称为空气隙。图中两根导体ab和cd连接成一匝线圈，并绕在电枢铁心表面上，这就是电枢绕组。线圈的首、末端分别和两个圆弧形的铜片（称为换向片）相接，换向片固定于转轴上并和轴一起旋转，换向片之间以及换向片与转轴之间都是互相绝缘的。这种由换向片构成的整体称为换向器。整个转动部分称为电枢。为了使电枢绕组和外电路接通，换向片上压着电刷A和B，电刷在空间是固定不动的，电刷和换向片之间可以相对滑动，这样可以通过电刷把电枢绕组中的电流引到外电路来。

当发电机的电枢由原动机拖动，并以恒定的转速沿反时针方向旋转时，导体ab、cd便切割磁力线而感应出电势来，感应电势方向可用右手定则决定。如图1-1(a)所示，ab导体处于N极范围内，感应电势方向由b到a；cd导体处于S极范围内，电势方向由d到c。从整个线圈来看，感应电势的方向是d→c→b→a。这样外电路的电流自换向片1流至电刷A，经过负载，流至电刷B和换向片2，进入线圈。此时电流流出处的电刷A为正极，用正号（+）表示，而电流流入处的电刷B为负极，用负号（-）表示。电枢旋转180°后，导体ab和cd以及换向片1和2的位置同时互换，见图1-1(b)所示。此时电刷A通过换向片2与N极范围内的导体cd相连，电刷B通过换向片1与S极范围内的导体ab相连，这时导体ab和cd中的电势方向相反了（a到b和c到d，从整个线圈来看，电势方向是a→b→c→d，方向相反了），但电刷的极性还是不变（电刷A仍为正极，电刷B仍为负极）。这样虽然导体中的电动势是交变的，但是通过换向器的作用，及时改变导体与电刷的连接，使得电刷A不是固定的和导体ab相连接，而是固定的和N极范围内的导体相连接，因为在一定的磁极下，导体中电势方向是一定的，所以电刷A和B的极性也就是一定的了。这样电刷A仍为正极，电刷B仍为负极，因而外电路中的电流仍然是从电刷A经负载流入电刷B，方向不变。从上述的直流发电机工作原理表明，直流发电机电枢绕组所感应的电势是交变的，而由于换向器配合电刷的作用，把绕组中交流电势“换向”成为外电路的直流电势。由于这个原因，常把这种电机称为换向器式直流电机。

现在我们来研究发电机电刷间电势的大小。在图1-1直流发电机的原理图中，只有一个线圈，但实际上的直流电机，线圈的数目是很多的，换向片的数目也相应很多。这些线圈均匀分布在电枢表面，按一定的规律连接起来，组成一个电枢绕组。此时，直流发电机电刷间的电势应是多大呢？我们知道，电势是因导体切割磁力线产生的，故电刷间电势的大小，就同发电机的转速n和磁极磁通φ的乘积成正比，即

$$E = C_E \phi n \quad (1-1)$$

式中φ是一个磁极的磁通；n是电枢转速； C_E 是与电机结构有关的常数。式（1-1）中，φ的单位是韦伯；n的单位是转/分；E的单位是伏特。

从图1-1中可见，直流发电机便是一个直流电源，它向负载输出电功率。但问题的另一方面，向负载供电的同时，就有电流流过导体ab、cd。这时导体ab和cd均处于磁场之中，必然会受到一电磁力的作用，力的方向可由左手定则确定，如图1-1所示，此电磁力是反对电枢旋转的。原动机为了保持发电机以恒定转速旋转，就必须克服此电磁力而作功。可见，发电机在向负载输出电功率的同时，原动机却向发电机输出机械功率，也就是说，发电机起着将机械能转换成电能的作用。

二、直流电动机的工作原理

直流电动机的构造原理和直流发电机是完全相同的。如果我们把图 1-1 中的直流发电机电枢不是用原动机拖动，而是将电刷 A、B 两端接在直流电源上，那么电机就变成电动机运行状态了，如图 1-2 所示。

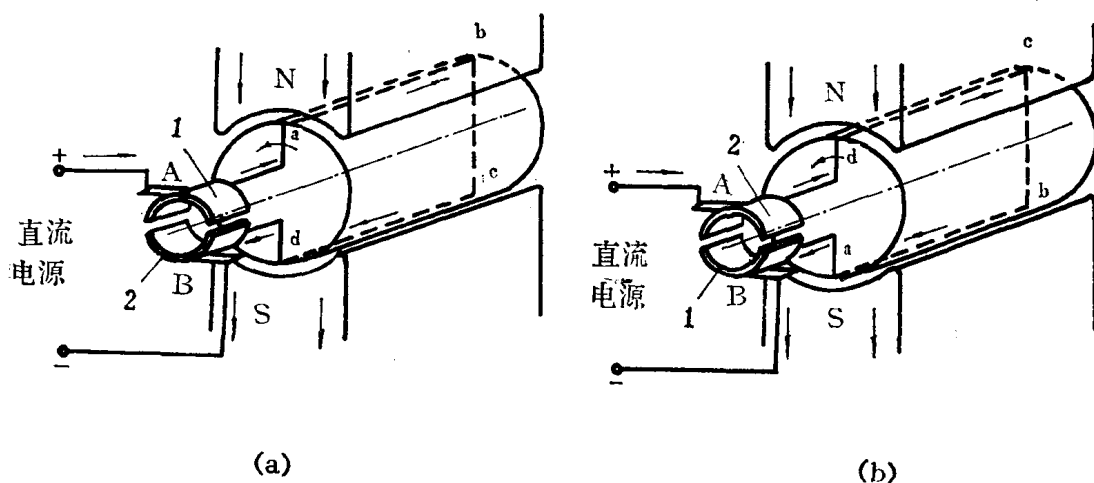


图 1—2 直流电动机的工作原理图

如图 1-2(a) 所示瞬间，电流从直流电源的正极流出，经过电刷 A、换向片 1、N 极范围内的导体 ab，再经过 S 极范围内的导体 cd，到换向片 2 和电刷 B，最后回到直流电源的负极。根据电磁力定律，载流导体在磁场中会受到电磁力的作用，电磁力的方向可由左手定则决定。导体 ab 中的电流方向由 a 至 b，所受电磁力方向向左；导体 cd 中的电流方向由 c 至 d，所受电磁力方向向右。这样便产生了一个转矩（称为电磁转矩），在这转矩的作用下，电枢就按逆时针方向旋转起来。

当电枢转过 180° 后，如图 1-2 (b) 所示，此时导体 ab 进入 S 极范围，cd 进入 N 极范围内，与 a 端连接的换向片 1 便转向下方，离开电刷 A 而与电刷 B 相接触，与 d 端连接的换向片 2 转向上方，离开电刷 B 而与电刷 A 相接触。这时电流仍从电刷 A 流入，电刷 B 流出。但导体 ab 中的电流已改变了方向，由 b 至 a，所受电磁力的方向向右，导体 cd 中的电流也改变了方向，由 d 至 c，所受电磁力的方向向左。因此由电磁力产生的电磁转矩仍然是逆时针方向的（电磁转矩方向不变），这样就使得电枢按原方向一直旋转下去，从而带动机械负载工作。

由上述可知，直流电动机通过电刷和换向器的作用，使电枢导体从一个磁极转入另一个磁极时，导体中电流的方向也同时改变，从而保证了在 N 极范围内的导体电流方向始终保持不变（从电刷 A 流入），在 S 极范围内的导体电流方向始终保持不变（从电刷 B 流出）。因此，线圈两个边（上方和下方两个边）的受力方向也不变，所以电机的电磁转矩和旋转方向就不变，这样电枢就能沿着一个方向一直旋转下去。

实际生产的直流电动机，电枢线圈的数目也是很多的，换向片的数目也相应很多，这样，在电枢绕组通电后便能产生大而平稳的电磁转矩。那么，直流电动机的电磁转矩应等于多大呢？我们知道，直流电动机的电磁转矩 M 系由电枢电流（直流电机电枢绕组中的电流）与磁极磁通相互作用而产生，故 M 的大小就同电枢电流 I_a 和每极磁通 ϕ 的乘积成正比，即

$$M = C_M \phi I_a \quad (1-2)$$

式中 C_M 是与电机结构有关的常数。式 (1-2) 中： ϕ 的单位是韦伯； I_a 的单位是安； M 的单

位是牛顿·米。

直流电动机工作时,由外界直流电源供给电枢绕组电流,使载流导体与磁场作用产生电磁转矩,因而使电机带动机械负载沿着和电磁转矩相同的方向转动,电动机就向负载输出了机械功率。与此同时,由于电枢旋转时,导体(例如图1-2a中的ab和cd)切割磁力线而产生感应电势。电势的方向由右手定则决定,恰和输入电流方向相反,它的作用是要抵制电流输入,因此称为反电势,电源要向电动机电枢输入电流,就必须克服这一反电势的作用。因此,电动机向负载输出机械功率的同时,电源必须克服反电势而向电机输入电功率。可见,在这种情况下,电动机起着将电能转换成机械能的作用。

同一台直流电机,既可作为电动机运行,也可作为发电机运行。这种现象,称为直流电机的可逆原理。但是由于它们的设计依据是不同的,在制造时也有所偏重,所以通常总是根据铭牌标定的情况来使用,一般不互相代用。但在一些应急情况下,我们还是可以互相代用,一机两用的,以便在急需情况下使生产继续进行。

第二节 直流电机的构造

直流电机是最先发展的一种电机。十九世纪三十年代世界上制成了第一台可供实用的直流电动机。以后,通过各国的生产实践和不断的研究改进,到了十九世纪八十年代,直流电机已具备了今日直流电机的全部主要特征。近100年来,在结构基本定型的基础上,对于采用新材料,改进制造工艺,提高单机容量,提高直流电机的性能和可靠性等各方面展开了全面的研究,并已取得了很大的成绩。

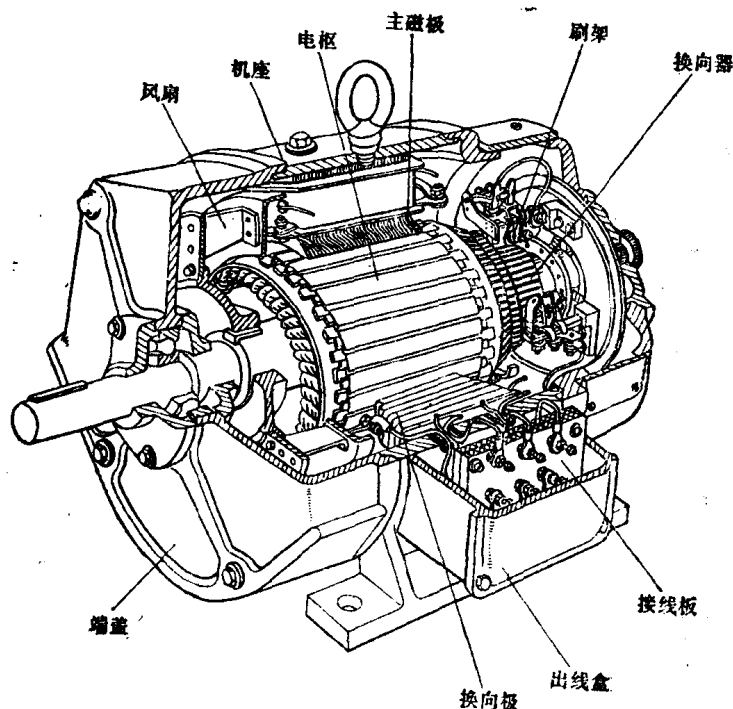


图1-3 直流电机的结构图

图1-3是直流电机的结构图,图1-4是直流电机的剖面图,从图中可见,直流电机的所有部件可以分为固定的和转动的两大部分。固定不动的部分称为定子,由主磁极、换向极、

机座、端盖、轴承和电刷装置等组成；转动部分称为转子（又称电枢），它由电枢铁心、电枢绕组、换向器、转轴和通风冷却用的风扇等组成。在定子和转子之间留有一定的间隙称为气隙。

下面简要介绍直流电机主要部件的作用和构造。

一、定子（直流电机固定不动的部分）

1. 主磁极

在图 1-1 和图 1-2（直流电机原理图）中的 N、S 极即为主磁极，它是用来产生主磁场的。但在实际电机中，主磁极绝大部分不是由永久磁铁制成的，而是由主磁极铁心和套在铁心上的励（激）磁绕组（也就是励磁线圈）两部分组成，如图 1-4 和 1-5 所示。在励磁绕组中通以直流电后，在主磁极中就能产生磁通，铁心就成为有一固定极性的磁极。

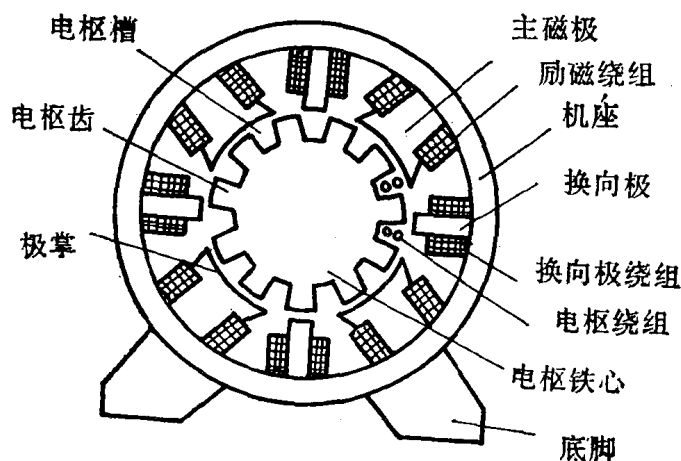


图1-4 直流电机的剖面图

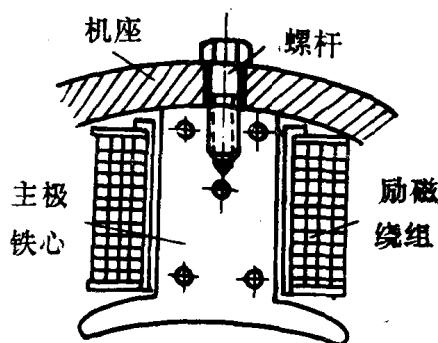


图1-5 主磁极固定在机座上

（1）主磁极铁心

主磁极铁心一般用 1~1.5 毫米厚的薄钢片冲制后迭压起来，再用铆钉铆紧，如图 1-5 所示。磁极用螺杆固定在机座上。主磁极铁心靠近电枢的一端称为极掌，极掌一般比极身宽，且成弧形。极掌的作用是挡住套在磁极铁心上的励磁绕组，并使空气隙中的磁通密度分布均匀。

（2）励磁绕组

励磁绕组是用绝缘的铜线或铝线绕制而成。

2. 换向磁极

简称换向极，它是装在相邻的两主磁极之间的比较小的磁极。当电枢绕组中的线圈电流在换向时，与该线圈相连的换向片同电刷之间会产生火花，将换向器烧蚀。换向极的作用就是用来产生附加磁场，用以减弱换向器上火花的。

换向极的结构见图 1-4 所示，它是由换向极铁心和套在换向极铁心上的换向极绕组构成。其铁心一般用钢块制成，大容量电机则采用钢片迭成；换向极绕组与电枢绕组相串联，所以通过换向极绕组中的电流即为电枢电流，由于电流比较大，因此换向极绕组的导线较粗，匝

数较少。

3. 机座

电机固定不动部分的外壳称为机座。它有二个用处：一个是用来固定主磁极、换向极和端盖，并借助于底脚将电机固定在基础上；另一个用处是作为磁路的一部分（见图1-6，主磁极、空气隙、电枢铁心、空气隙、主磁极和机座外壳构成了电机的磁路）。

机座一般用铸钢或厚钢板焊接而成，以保证良好的导磁性能和机械强度。

4. 端盖

如图 1-3 所示，电机机座两端各装一个端盖，用来保护电机内部免受外界损害，同时也保护运行人员安全，防止触电事故。中小型电机的轴承装在端盖中，起支承转动部分的作用，此种端盖必须有足够的机械强度。

端盖通常用铸铁制成。

5. 电刷装置

电刷装置的作用是使固定的电刷与旋转的换向器之间保持滑动接触，这样可使外电路和旋转的电枢连接起来。

电刷装置中最主要的零件是电刷，是用碳——石墨等做成的一种导电块。

二、转子（直流电机转动部分）

1. 电枢铁心

电枢铁心有二个用处，一个是用来安放电枢绕组；另一个是作为电机磁路的一部分。

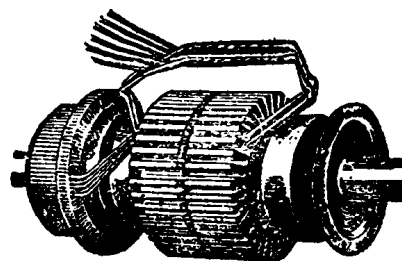
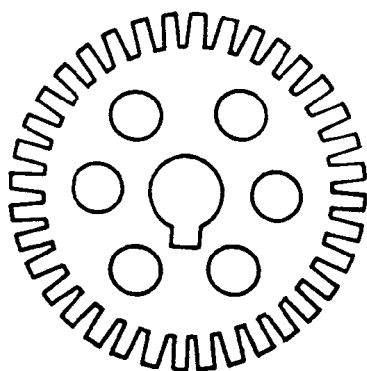
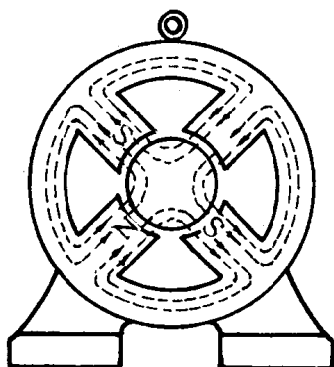


图1-6 电机的磁路（四极电机）

图1-7 电枢铁心冲片

图1-8 直流电机转子的构造

当电枢在磁场中旋转时，铁心中的磁通方向不断变化，因而铁心中会产生涡流及磁滞损耗。为了减少损耗，电枢铁心一般采用 0.5 毫米厚的硅钢片迭压而成。我们先把硅钢片冲制成电枢冲片（见图1-7），每片上涂以绝缘漆或以表面的氧化膜作为片间绝缘，然后再迭压成为圆柱体的铁心，固定在转轴上，图 1-8 就是装在转轴上的电枢铁心形状。电枢铁心外圆周上有均匀分布的槽，用来嵌放电枢绕组的线圈。

电机在运行时，温度会升高，温度太高是要影响电机寿命的。为了降低电机的温度，改善电枢的冷却条件，电枢铁心上有与转轴方向一致的通风孔，风可以从一端吸入，沿轴向流动，再从另一端排出。容量稍大的电机，电枢铁心沿轴向分成几段，每段铁心长度为 40~100 毫米，段间留有 8~10 毫米的径向通风沟，在电机运转时，空气可以吹入通风沟内，使铁心和绕组降温。

小容量的电机，其电枢铁心上装有风翼，较大容量的电机则在轴上装有风扇。

2. 电枢绕组

电枢绕组是直流电机中非常重要的部件，它的主要作用是产生感应电势并通过电流，使电机实现机、电能量的转换。

电枢绕组是由许多完全相同的线圈组成的，这些线圈称为绕组元件，它被嵌放在电枢铁心的槽中。每个绕组元件的两端分别接在两个换向片上，通过换向片把这些独立的线圈互相连接在一起。

线圈嵌入铁心槽中，线圈与铁心之间以及上下两层线圈之间都必须很好绝缘，为了防止电机转动时线圈受离心力而飞散出来，因此槽口加上一槽楔封住（现在槽楔多采用环氧酚醛玻璃布板制成）。线圈伸出槽外的端接部分用环氧酚醛无纬玻璃丝带或钢丝带扎紧在绕组支架上。

3. 换向器

如图1-8所示，电枢轴的一端装有换向器（又叫整流子），它的作用在前面已经介绍了。换向器由许多铜片组成，片与片之间用云母绝缘，而每一换向片又按一定规则与电枢绕组的绕组元件连接。另外，固定不动的电刷，借助于弹簧的压力，使其同转动的换向器表面保持滑动接触，从而使转动的电枢绕组与静止的外电路接通。

第三节 直流电机按励磁方式的分类

我们知道，直流电机中的主磁通是由励磁绕组中通过励磁电流来产生的。直流电机的性能与它的励磁方式有密切关系，所以通常直流电机（直流发电机和直流电动机）按励磁方式的不同来进行分类。

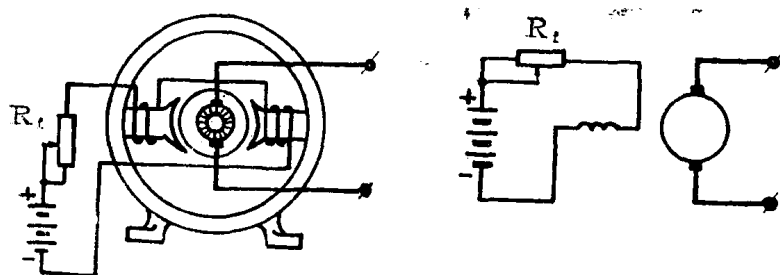


图1-9 他励电机

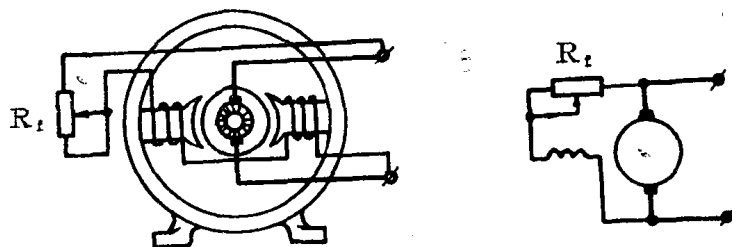


图1-10 并励电机

1. 他励电机

在这种电机内励磁绕组和电枢没有电的联系，励磁电流是由另外的直流电源（如蓄电池组）供给的，如图1-9所示。因此他励电机的励磁电流不受电枢端电压或电枢电流的影响。图中 R_t 代表磁场变阻器的电阻，用来调节励磁电流的大小。

2. 并励电机

在这种电机内励磁绕组和电枢并联，如图1-10所示。与电枢并联的励磁绕组简称为并励绕组。由于并励绕组两端的电压就是电枢两端的电压，其值较高，为了减小励磁绕组内的铜损耗，励磁电流应愈小愈好。为了使励磁电流小而同时又要保证能产生足够的磁通，所以励磁绕组是用细导线绕成的，并且匝数绕得很多。因此并励绕组具有较大的电阻值（约为几百欧），使通过它的励磁电流较小。但由于匝数较多，仍具有足够大的磁势以产生必要的磁场。

在直流电机中，这种励磁方式应用最广。

3. 串励电机

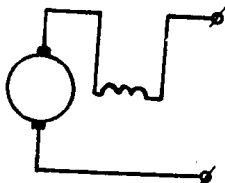
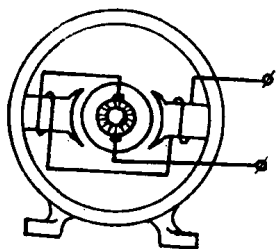


图1-11 串励电机

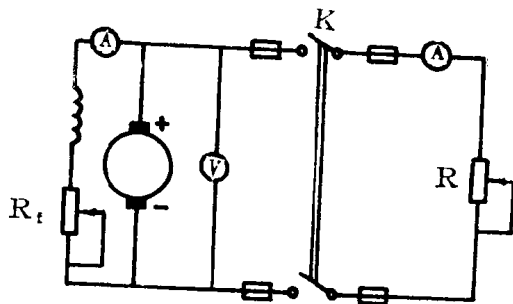


图1-12 并励发电机接线图

在这种电机内励磁绕组是和电枢串联的，如图1-11所示。与电枢串联的励磁绕组简称串励绕组。因为励磁电流就是电枢电流，所以电机中的磁通将随着电枢电流的变化而显著的变化。为了减小串励绕组的电压降及电阻损耗，所以要求励磁绕组的电阻值愈小愈好。因此，它总是用较粗的导线绕成，并且匝数又少，这样串励绕组的电阻值就较小，约在1欧以下，电机功率越大，其值越小。

4. 复励电机

在这种电机内的磁极上有二个励磁绕组。一个和电枢并联，称为并励绕组；另一个与电枢绕组串联，称为串励绕组。这样，电机中的磁通由这两个绕组内的励磁电流共同产生。

第四节 并励发电机

在直流发电机中，并励发电机应用最广泛，因为它的励磁电流不需要其他的直流电源供给，而且在额定负载范围内，电压相当稳定。

一、电势的建立

并励发电机的励磁绕组与电枢绕组并联，如图1-12所示。它的励磁电流是由发电机本身供给的。很明显，只有在电枢绕组中先有了电动势 E 以后才能在励磁绕组中产生励磁电流，而电动势又是由电枢绕组切割励磁电流所建立的磁场感应产生的。但是，在开始时并