

化工工人技术理论培训教材



电机基础及维修

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社

化工工人技术理论培训教材

电机基础及维修

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社
· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

电机基础及维修/化学工业部人事教育司, 化学工业部教育培训中心组织编写. —北京: 化学工业出版社, 1997

化工工人技术理论培训教材

ISBN 7-5025-1875-4

I. 电… I. ①化…②化… III. ①电机-技术培训-教材
②电机-维修-技术培训-教材 IV. TM3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 04484 号

化工工人技术理论培训教材

电机基础及维修

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

责任编辑: 吴刚

责任校对: 麻雪南

封面设计: 于乐

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 6 字数 170 千字
1997 年 6 月第 1 版 1997 年 6 月北京第 1 次印刷

印数: 1—6000

ISBN 7-5025-1875-4/G · 495

定价: 10.80 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要,提高工人的技术理论水平和实际操作技能,我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划 and 教学大纲》的要求,组织有关人员编写了这套培训教材。

在教材编审过程中,遵循了“坚持标准,结合实际,立足现状,着眼发展,体现特点,突出技能,结构合理,内容精炼,深浅适度”的指导思想,以“等级标准”为依据,以“计划和大纲”为蓝图,从有利于教师教学和方便工人自学出发,力求教材内容能适应化工生产技术和现代化生产工人培训的要求。

按照“中华人民共和国工人技术等级标准”规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容,在编制教学计划和划定大纲时,在充分理解等级标准的基础上,吸取了国外职业教育的成功经验,对不同工种、不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解,作为理论教学的基本单位,称之为“单元”。在计划和大纲中,168 个工种按五个专业大类(及公共课)将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动,把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起,分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册:《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》和《氨的合成》。

有机化工类单元教材共7册:《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应(一)》、《有机化学反应(二)》、《有机化学反应(三)》和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共43册:《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表(一)》、《化工分析仪表(二)》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修识图与制图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材6册:《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共11册:《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共20册:《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机应用基础知识》、《化工应用文书写作》、《标准化基础知识》和《化工生

产管理知识》。

按照“单元”体系组织编写工人培训教材,尚是一种尝试,由于我们经验不足和教材编审时间的限制,部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意,为此建议:

一、各单位在组织教学过程中,应按不同等级的培训对象,根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求,以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学应与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外,还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况,制订相应的教学方案,确定相应的教学内容,以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中发现教材中存在的问题,可及时与我们联系,也可与教材的编者或出版单位联系,使教材中的问题得到及时更正,以利教学。

本套教材的组织编写,得到全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助,在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司

化学工业部教育培训中心

1996年3月

目 录

电机基础知识(初级)	1
第一章 交流电动机	2
第一节 三相异步电动机结构及工作原理	2
第二节 电动机类型及用途	8
第三节 单相异步电动机	11
第二章 直流电动机	17
第一节 直流电动机结构及工作原理	17
第二节 直流电动机铭牌数据及意义	19
第三节 直流电动机运行特性	22
第三章 变压器	30
第一节 变压器结构及工作原理	30
第二节 变压器分类及铭牌数据	33
第三节 变压器运行	36
电机基础知识(中级)	41
第一章 三相异步电动机拖动	42
第一节 异步电动机起动	42
第二节 绕线型异步电动机起动	46
第三节 异步电动机变极调速	49
第四节 绕线型异步电动机调速	52
第五节 异步电动机制动	54
第二章 同步电机	58
第一节 同步电动机结构及工作原理	58
第二节 同步电动机的励磁	62
第三节 同步电动机的运行特性	65
第三章 直流电机	69
第一节 直流电机起动	69
第二节 直流电机调速	71

第三节 直流电动机制动	75
第四章 变压器	77
第一节 自耦变压器	77
第二节 仪用变压器	79
第三节 电焊变压器	83
第四节 整流变压器	86
电机维修(初级)	89
第一章 三相异步电动机常见故障分析方法及处理	90
第一节 机械故障	90
第二节 电气故障	91
第三节 检修后一般试车	94
习题	100
第二章 三相同步电动机和直流电动机一般故障分析及处理	101
第一节 同步电动机一般故障检查分析	101
第二节 直流电动机常见故障检查分析	103
第三章 变压器一般维护及检修方法	106
第一节 变压器一般维护	106
第二节 变压器一般检修	109
第三节 变压器干燥	114
电机维修(中级)	117
第一章 三相异步电动机维修	118
第一节 三相异步电动机故障分析	118
第二节 电动机拆卸与装配	119
第三节 定子绕组故障的排除	122
第二章 直流电机维修	127
第一节 常见故障排除	127
第二节 电枢绕组故障的排除	129
第三节 换向器检修	131
第三章 同步电机维修	133
第一节 常见故障及排除方法	133
第二节 同步电动机局部修理	135
第三节 同步电动机试验	136
第四章 变压器维修	140

第一节 变压器运行标准	140
第二节 变压器运行中检查	142
第三节 变压器油检验	143
第四节 变压器运行故障排除方法	145
电机维修(高级)	147
第一章 电机维修	148
第一节 概述	148
第二节 电机维护	149
第三节 交流电机运转故障检查及处理	152
第四节 直流电机运转故障	154
第二章 电机修理	157
第一节 电机修理前检查及拆卸	157
第二节 轴、轴承盖及轴承修理	158
第三节 电机铁芯修理	159
第四节 集流装置及刷握修理	161
第三章 变压器维护及检修	163
第一节 概述	163
第二节 变压器维护	163
第三节 变压器干燥	166
第四节 变压器修复后试验	169
第四章 计划修理	172
第一节 电气设备检查及修理工作内容	172
第二节 电气设备检查及修理间隔期	175
第三节 电气设备验收及内容	179
第四节 电气设备检修文件及表格	181
第五节 备品储备及管理	181

电机基础知识

(初级)

吉林化学工业公司精细化工厂 宫德福 编
吉林化学工业公司化肥厂 苗继扬 审

第一章 交流电动机

产生或使用交流电的电机叫做交流电机。前者称交流发电机,后者称交流电动机。

按交流电动机作用原理,又可分同步电机和异步电机两大类。同步电机的频率与转速之比为恒定值,异步电机的频率与转速之比不是恒定值,这就是同步和异步的含义及区别。

按电动机的相数,又可把交流电机分为单相和多相两类。多相电机中最常见的是三相交流电机。

三相交流电机也叫感应电动机。由于它具有结构简单、价格低廉、坚固耐用、运行可靠、检修和维护方便等一系列优点,在工农业生产中应用极其广泛。

第一节 三相异步电动机结构及工作原理

一、三相异步电动机的结构

三相异步电动机主要由定子(固定部分)、转子(转动部分)组成。

(一) 定子

定子主要由定子铁芯、定子绕组和机座等组成。它主要用来吸收电功率和产生旋转磁场,其结构形式如图 1-1 所示。

1. 定子铁芯

定子铁芯是电机磁路的组成部分,一般是用 0.5mm 的硅钢片冲制叠合而成。大、中型电机因采用径向通风方式,铁芯上带有通风槽,如图 1-1 (b)所示。定子铁芯按压装形式,可分为外压装和内压装两种。外压装是由冲片压装成单独的铁芯,经嵌线和浸漆后压入机座。内压装是由整圆冲片,一片片从弧键槽端放入机座,靠两端的压圈通过弧键固定并压紧。小型电机的铁芯结构通常都是外压装的。中型电机的铁芯结构可用外压装或内压装,而大型电机硅钢片冲制成扇形片均采用内压装。

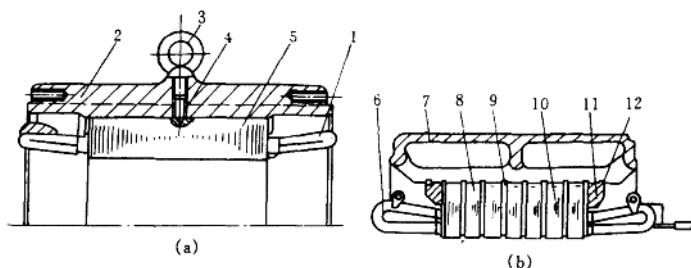


图 1-1 异步电动机定子结构

(a) 小型自扇冷封闭式异步电动机定子结构；(b) 中型防护式异步电动机的定子结构

1—绕组；2—机座；3—吊环；4—固定螺丝；5—定子铁芯；

6—定子绕组；7—机座；8—圆销；9—通风沟；10—定子冲片；

11—定子压圈；12—弧键

2. 定子绕组

定子绕组按规律嵌入定子槽内的三相绕组组成。三相绕组一般可接成星形或三角形，绕组的引出线头固定在定子接线盒内。定子绕组按嵌线方式，又可分为散嵌绕组和定型绕组两种。

(1) 散嵌绕组 一般用于小型电机，采用高强度漆包铜线或铝线。电磁线在特制的绕线模或万能绕线模上进行绕制。由单根或多根线绕制而成的散嵌绕组，其匝间绝缘靠电磁线本身的漆膜。对起动频繁、经常正反转和振动较大的电动机，其绕组用双玻璃丝包线或单玻璃丝包线绕制，以提高匝间绝缘强度。散嵌绕组的对地绝缘一般采用具有一定刚性的薄膜复合材料，以便于嵌线。

(2) 定型绕组 大、中型电动机定子线槽都是开口式的，采用定型绕组。定型绕组先用玻璃丝扁铜线在梭形绕线模上绕成梭形，之后用斜纹白布带包扎。将包扎好的梭形在涨型机上涨出所需的形状，然后在复型胎具上进行复型。包扎匝间绝缘后，上热模进行匝间固型、包扎直部绝缘，上热模进行压型，然后包扎端部绝缘。

对 6 kV 及以上的电机绕组，定型绕组的匝间绝缘若采用双玻璃丝电磁线，则用醇酸云母带做垫条或加包环氧粉云母带。目前多采用

双玻璃丝包聚酯薄膜扁铜线，匝间不需要加放垫条。对地绝缘的结构形式较多，主要用的材料有环氧粉云母带、玻璃丝漆带、硅橡胶带等，结构形式分全带复合式、半固化连续式、烘卷式和真空整浸连续式等多种。

3. 定子机座

机座的主要作用是支撑定子铁芯，固定端盖，并通过其底脚将整台电机安装在基础上。全封闭式的机壳表面又是主要散热面。

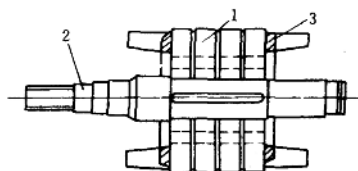


图 1-2 中型异步电机鼠笼型铸铝转子结构

1—铁芯；2—轴；3—鼠笼

中、小型电机的机座用铸铁制成，壳体是圆筒形，外表带有辐射状散热筋。这种机座也有用铝合金制成的。大型电动机的机座则用钢板焊接而成。

(二) 转子

转子由铁芯、绕组和转轴等组成。图 1-2 和图 1-3 分别是鼠笼铸铝转子和绕线型转子的结构图。

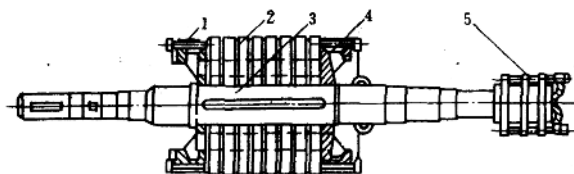


图 1-3 中型异步电机绕线型转子结构

1—绕组；2—铁芯；3—轴；4—线圈支架；5—集电环

1. 转子铁芯

转子铁芯是电机磁路的一部分，用 0.5 mm 的硅钢片冲制叠压而成。中、小型电机的铁芯一般用整圆冲片压装紧固而成。铁芯直径大于 1 m 时，则用扇形冲片压装，并固定在转轴或转子支架上。

2. 转子绕组

转子绕组有两种：一种是鼠笼型绕组，另一种是绕线型绕组。

(1) 鼠笼型绕组 就是一根根裸铜条，均匀地分布在转子铁芯槽内，在转子两端的槽口处，用两个端环分别把伸出转子两端的所有铜条焊接起来。如果去掉铁芯，整个绕组外型就像一个“鼠笼”，故称为鼠笼型转子，如图 1-4 所示。

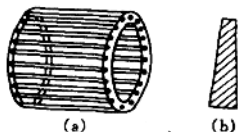


图 1-4 鼠笼型转子绕组
(a) 鼠笼型绕组；(b) 梯形铜条

中、小型鼠笼转子是用熔化的铝液一次浇铸出来的，称为铸铝转子，如图 1-2 所示。

(2) 绕线型转子 其线棒分为散嵌式和插入式两种。前者用于小型电机，后者用于中、大型电机。线棒端部需用绑箍扎紧转子绕组，防止电机运转时在离心力的作用下使绕组发生变形，导致匝间短路或绕组甩出造成事故。绕组绝缘耐热等级一般为 B 级。

转子散嵌绕组基本与定子散嵌绕组相同。

转子插入式线棒绕组大多数是采用铜条制成的，铜条的一端先弯成端部形状，并将直线部位绝缘后插入槽内，将其另一端弯折成环，然后用铜套按要求进行焊接，最后再绕包两端部的绝缘。

三相转子绕组的接线一般采用星形连接，3 根引出线分别接到轴上的 3 个彼此绝缘的集电环上，再通过电刷和电刷外导线与变阻器相连接。转子电流通过变阻器改善电动机的起动特性并调节转速。有的还有提刷装置，当电动机起动完后，可扳动手柄使电刷提起与滑环脱离，同时将 3 个集电环彼此短接起来，以减少电刷磨损和摩擦损耗，提高运行的可靠性。

3. 转轴

转轴是传递功率的部件，电动机由电磁能转变为机械能，主要是靠转轴传出。转轴一般由中碳钢制成。小直径转子铁芯一般直接安装在转轴上，直径较大的铁芯一般是通过固定支架固定在转轴上，也有的在转轴上焊接幅向筋作为支架，如图 1-5 所示。

转轴两端的轴颈与轴承相配合,一般支撑在端盖上。大型电动机一般轴承座是独立的,不用端盖做支撑。

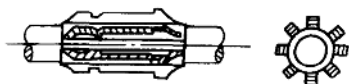


图 1-5 焊有幅向筋的轴

轴承的负荷端伸出部分带有键槽,用以固定联轴器,使之与被拖动的机械相联。

二、三相异步电动机的工作原理

图 1-6(a)为异步电动机简单的电磁关系图,在一对磁极 N、S 极之间放置一只可自由转动的鼠笼状短路绕组即转子。当这对磁极开始逆时针旋转时,转子是静止的,鼠笼转子绕组与旋转磁场之间存在相对运

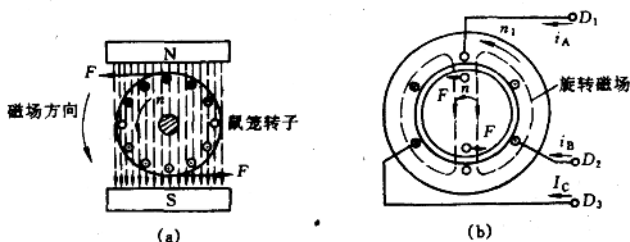


图 1-6 异步电动机原理示意图

(a) 电磁关系图; (b) 作用原理图

动,转子闭合电路被磁力线切割,在电路中产生感应电动势和感应电流。根据右手定则可知,转子导体上半部的电势和电流方向由外向里,用 $\otimes$ 表示;而下半部则由里向外,用 $\odot$ 表示。又因为载流导体在磁场中受力 F 的作用, F 的方向可用左手定则确定。转子上半部分导体所受的力 F 方向向左,下半部力 F 方向向右。这一对力大小相等、方向相反,因此形成转矩,这个转矩将使鼠笼转子顺着磁场方向转动起来,这就是异步电动机的运转原理。

实际上异步电动机是在定子绕组接通三相交流电,绕组中产生三相对称电流,在电动机气隙中产生一个旋转磁场,如 1-6(b)所示。这个

旋转磁场的转速 n_1 称同步转速,它由电源频率 f_1 以及定子绕组的极对数 P 决定,即

$$n_1 = \frac{60f_1}{P} \quad (1-1)$$

式中 f_1 ——电源频率,Hz;

P ——极对数;

n_1 ——旋转磁场的转速, $r \cdot \min^{-1}$ 。

必须注意,异步电动机的转速 n 始终低于旋转磁场的转速 n_1 是保证异步电动机运转的必要条件,只有这样转子导体才被旋转磁场切割,才能感生电势和电流,产生转矩,使转子沿旋转磁场 n_1 方向旋转。若 $n=n_1$, 旋转磁场与转子导体就相对静止,它们之间的电磁感应作用就不会发生。即不能感生电势和电流,转子就不会有转矩。所以说转子总是以低于同步转速 n_1 的转速转动的,这种电动机称为异步电动机。由于异步电动机的运转以电磁感应为作用原理,因此也称感应电动机。

电动机的转向是由旋转磁场的转向决定的,旋转磁场的转向取决于电源的相序,所以对调三相中的任意两相电源线,电动机就可反转。

旋转磁场的同步转速 n_1 与转子转速 n 之差称为转差。转差与同步转速的比值用 S 表示,称为转差率,则

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (1-2)$$

转差率 S 是分析异步电机的一个重要参数。

式(1-2)可改写为

$$n = n_1(1 - S) \quad (1-3)$$

异步电动机工作时,转速的范围为 $n=0$ 到 $n \approx n_1$, 此时相应的转差率为 $S=1$ 到 $S \approx 0$ 。在额定负载下,转差率的范围一般为 $0.02 \sim 0.06$ 。

【例 1-1】 有一台 50Hz 四极的异步电动机,其额定转速 $n_n = 1440 r \cdot \min^{-1}$, 试求该电机的额定转差率 S_n 。

解: $n_n = n_1(1 - S_n)$

当 $P=2$ 时

$$n_1 = \frac{60f_1}{P} = \frac{60 \times 50}{2} = 1500 r \cdot \min^{-1}$$

故额定转差率

$$S_e = \frac{n_1 - n_e}{n_1} = \frac{1500 - 1440}{1500} \\ = 0.04$$

第二节 电动机类型及用途

一、电动机分类

1. 按电机结构尺寸分类

(1) 大型电机 16号机座及以上,或机座中心高度大于630mm,或定子铁芯外径大于990mm者,称为大型电动机。

(2) 中型电机 11~15号机座,或机座中心高度在(355~630)mm,或者定子铁芯外径在(560~990)mm之间者,称为中型电动机。

(3) 小型电机 10号及以下机座,或机座中心高度在(80~315)mm,或定子铁芯外径在(125~560)mm之间者,称为小型电动机。

2. 按电动机防护形式分类

(1) 开启式 电机除必要的支承结构外,对于转动及带电部分没有专门的保护。

(2) 防护式 电机机壳内部的转动部分及带电部分有必要的机械保护,以防止意外的接触。

(3) 封闭式 电机机壳的结构能够阻止机壳内外空气的自由交换,但并不要求完全的密封。

(4) 防水式 电机机壳的结构能够阻止具有一定压力的水进入电机内部。

(5) 水密式 当电机浸没在水中时,电机机壳的结构能阻止水进入电机内部。

(6) 潜水式 电机在规定的水压下,能长期在水中运行。

(7) 隔爆式 电机机壳的结构足以阻止电机内部的气体爆炸传递到电机外部,而引起电机外部的燃烧性气体的爆炸。

3. 按电机冷却方式分类

(1) 空气冷却 分为自冷式、自扇冷式、他扇冷式、管道通风式等