

电机制造工艺学

上海电机制造学校

电机制造专业 1959 年毕业班編

电机教研组 审定

上海科学技术出版社

电机制造工艺学

上海电机制造学校

电机制造专业 1959 年毕业班編

电机教研组 审定

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书系统地、全面地介绍电机制造的工艺。在金工加工方面包括机座、端盖和转轴的加工；在铁心制造方面包括模具设计和制造、铁心材料及其绝缘处理、铁心制造工艺；在换向器与滑环方面包括滑环、普通换向器、塑料换向器制造；电工部分包括绕组制造、嵌线和接线、浸漆浸胶；短路转子的制造包括各种铸铝工艺；最后介绍电机装配。本书结合最近国内生产实际，包括各项简易设备和新工艺。

本书可供中专校电机制造专业当作教材；同时也可作电机制造厂培训教材。

电 机 制 造 工 艺 学

上海电机制造学校

电机制造专业1959年毕业班编

电机教研组审定

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业许可证出093号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

中华书局上海厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 15 插页 2 字数 382,000

1960年1月第1版 1960年1月第1次印刷

印数 1-6,500

统一书号 15344.9 (1598)

定 价：(十二) 2.20 元

序 一

一九五八年，我校在上級領導下，堅決貫徹教育為無產階級政治服務、教育與生產勞動相結合的方針，開展了熱烈的生產勞動，進行了轰轰烈烈的教育大革命。學校歷史展開了新的一頁。

在進行生產勞動的基礎上，我校電機教研組及電機 411 班學生不再滿足於現有教材。在教師的指導和幫助下，該班同學在畢業前夕，分赴上海各大小電機製造廠，廣泛搜集各廠的技術資料，特別是大躍進以來所創造的先進技術、先進工藝，集體編寫了電機製造工藝學教材。初稿完成後，教師反復審閱修改，在偉大的建國十周年前夕脫稿。

一九五九年是繼續大躍進的一年，特別在最近時期，我國人民在中共八屆八中全會決議精神的鼓舞下，意氣風發，干劲十足，生產上又出現了不少奇跡，因此本書內容必將落後於當前實際；另一方面，由於水平所限，誤漏之處諒必也有，都希望讀者給予指正。

尹雪怡

1959 年建國十周年前夕

序 二

在党的教育方針的光輝照耀下，我校电机制造专业 1959 年 60 多位毕业生在党的领导和教师指导下，編写了这本电机制造工艺学，作为在毕业时对母校的献礼。

本书是根据我校教学需要收集了有关工厂資料編写而成的，可供中等专业学校当作教材，也可供电机制造工厂参考。本书的内容以 13 号机座以下的中小型电机的制造工艺为主。大型电机的工艺只是順便提及，未加詳細叙述。本书主要叙述了电机的特种工艺如剪冲、絕緣处理、换向器制造、电机装配等。金工工艺也以电机的金工加工方法为重点，一般的金工工艺知識，仅作一般性介紹，因为这个问题在金属工艺学課程中有詳細叙述。本书对生产安全、生产組織等问题也沒有詳述，因为这些内容将在生产組織課程中讲述。

这本书的編写成功，說明了通过教育与生产劳动相結合，教育质量有了很大的提高，但由于編者和校者知識水平有限，經驗不足，錯誤在所难免，希望讀者多加指正。

上海电机制造学校

电机教研組

1959 年 9 月

序 三

我們是祖国电机制造工业的年輕战士。四年来，在党的培养下，在老师們的辛勤教育下，尤其是我校貫徹了党的“教育为无产阶级政治服务；教育与生产劳动相結合”的方針，开展了勤工儉学运动，使我們不論在思想上、理論上或是生产实际上都得到了巨大的收获。1958年底，我們在党的破除迷信、解放思想，发揚敢想敢說敢做的共产主义风格的号召下，在学校党委和行政的关怀下，开始集体編写本书的工作。我們一边学习，一边利用課余時間写书，至今年五月初完成初稿。本书初稿經本校电机教研組肖之蔭、王慎言、王祚德、張国安、申鴻光、張伯楠、馬錫岳等老师和老师傅的評閱，提出宝貴的意見，特別是王慎言老师作了全面的审閱，始得成功。我們衷心地感謝我們偉大的党給予我們的培养和教育。

在編写本书过程中，我們参观訪問了上海电机厂、上海汽車电机厂、上海电焊机厂和华生、先鋒（原华成、新安）、跃进、五一、南洋（原錢鏞記、孙立記）、江宁（原高潮）、大威、分馬力等电机厂，受到了各厂党政領導的热情支持，亦受到工人和技术人員的誠懇无私的帮助。在此我們致以衷心的感謝。

由于我們理論水平和实际知識还很不足，本书的缺点难免很多，敬希讀者批評指正。

上海电机制造学校电机制造专业 全体同学
1959年毕业班——电机411班

1959年5月上海

目 录

序一

序二

序三

緒論.....	1
0-1 我国电机制造工业的情况	1
0-2 电机結構概述	3
0-3 电机制造生产的技术准备和工艺准备	11
0-4 电机制造过程概述	13

第一篇 金工加工

第一章 概論.....	18
1-1 机械加工的一般知識	18
1-2 电机制造中金工加工的特点	26
第二章 机座和端盖的加工.....	27
2-1 机座和端盖的材料、結構和分类.....	27
2-2 机座加工	29
2-3 端盖加工	41
2-4 钻孔和攻絲	45
第三章 轉軸的加工.....	52
3-1 轉軸的一般知識	52
3-2 轉軸加工前的准备	53
3-3 轉軸的加工	58
3-4 鍵槽銑削	66
3-5 轉軸的钻深孔	70

第二篇 铁心制造

第四章 概述	74
4-1 冲剪加工的基本知識和在电机制造中的应用	74
4-2 冲压机床	75
4-3 冲床的主要結構	82
4-4 半自动冲槽机	86
4-5 油压机	87
第五章 模具設計和制造	89
5-1 冲模的分类	89
5-2 冲模的結構	91
5-3 冲模設計	99
5-4 模具制造	106
第六章 铁心材料及其絕緣处理	115
6-1 铁心材料	115
6-2 冲片的絕緣处理	119
6-3 涂漆处理	120
6-4 氧化处理	132
6-5 硅鋼片絕緣处理的质量檢驗	135
6-6 小型电机硅鋼片不絕緣处理的經驗	138
第七章 铁心制造工艺	139
7-1 加工准备工作	139
7-2 铁心冲片制造工艺	151
7-3 定轉子铁心冲片用单槽冲模冲制法	155
7-4 定子铁心叠压	162
7-5 轉子铁心和磁极的压装	167
7-6 铁心的不鏽不磨	171

第三篇 換向器和滑环

第八章 換向器	175
---------	-----

8-1 换向器的分类和结构	175
8-2 换向铜片和压板制造	179
8-3 片间云母和云母碗制造	192
8-4 换向器的压制和装配	203
8-5 紧圈式换向器的制造	214
8-6 换向器的动压和成品试验	225
第九章 塑料换向器	230
9-1 概述	230
9-2 塑料换向器结构型式的选择	231
9-3 换向器铜片和云母的加工	238
9-4 压塑料前的准备	242
9-5 塑料的规格和选择原则	243
9-6 塑料换向器的压制	246
9-7 塑料换向器压制时可能发生的问题	255
9-8 塑料换向器的质量检查和试验	257
第十章 滑环	259
10-1 滑环的分类和结构	259
10-2 过盈配合滑环的制造	264
10-3 螺杆连接的滑环	271
10-4 塑料滑环	273
10-5 滑环的成品试验	276
10-6 换向器和滑环的附件	277

第四篇 电工部分

第十一章 绕组制造	284
11-1 绕组的分类和材料	284
11-2 单匝绕组的制造	289
11-3 多匝绕组的制造	304
11-4 激磁绕组的制造	316

第十二章 嵌綫和接綫	325
12-1 嵌綫概述	325
12-2 嵌綫前的一般准备工作	327
12-3 定子繞組的嵌放	331
12-4 轉子嵌綫	342
12-5 焊接	350
12-6 轉子打箍	363
12-7 电机定轉子嵌綫后的檢驗	367
第十三章 絕緣处理	373
13-1 絕緣处理的目的	373
13-2 絕緣处理的材料	375
13-3 絕緣处理的設備	385
13-4 浸漆处理工艺	394
13-5 浸胶处理工艺	401
13-6 絕緣处理后的质量檢查	403

第五篇 鼠籠轉子制造

第十四章 概述	407
14-1 鼠籠轉子的制造概况	407
14-2 鑄鋁轉子和銅排轉子比較	408
第十五章 离心鑄鋁	409
15-1 离心鑄鋁設備	409
15-2 离心鑄鋁模子	411
15-3 制造过程	414
第十六章 压力鑄鋁	421
16-1 压力鑄鋁設備	421
16-2 压鑄过程	426
第十七章 鼠籠轉子的其他制造方法	429
17-1 銅排轉子的制造	429

17-2 重力鑄鋁.....	430
17-3 振動鑄鋁.....	432

第六篇 电机装配

第十八章 定轉子部件装配	435
--------------------	-----

18-1 感应电机的轉子装配.....	435
18-2 同步电机的轉子装配.....	437
18-3 直流电机的轉子装配.....	440
18-4 电机旋轉部分的平衡試驗.....	442
18-5 交流电机的定子装配.....	450
18-6 直流电机的定子装配.....	451

第十九章 电机总装配	454
------------------	-----

19-1 感应电机总装配.....	454
19-2 同步电机总装配.....	459
19-3 直流电机总装配.....	460
19-4 轴承装配.....	462
19-5 电机的涂漆和装箱.....	467

主要参考文献	470
--------------	-----

緒 論

0-1 我国电机制造工业的情况

电机制造工业为国民經济的重要一环。在全国工农业生产大跃进中,电力工业是“先行”之一,而电力工业的装备則必須依靠电机制造部門来供应。电机制造工业不仅为电力工业提供装备,而且还要为国民經济其他各个部門制造它們必需的电气設備。从而保证国家实现工农业机械化和电气化。

解放前,我国工业十分落后,我国电机制造工业也是十分薄弱。当时,絕大多数电机制造工厂的設備簡陋,技术力量缺乏,只能做些修配和零星加工工作。解放以前,国内所制最大发电机不过200瓩,电动机不过300馬力,变压器不过2000千伏安;汽輪发电机、水輪发电机以及其他电机、电器制造工业,更是沒有基础。这就是旧中国遗留下来的电机制造工业底子。

全国解放以后,在党的领导下,我国电机制造工业所获得的成就,已远远的超过旧中国几十年所得的結果。几年来,由于新建和扩建了一系列現代化电机制造工厂,采用最新技术装备,充实技术力量,学习和貫徹苏联先进經驗,我国已生产了100多种仿苏系列产品,改变了过去产品复杂混乱局面,而且正在逐步由仿制过渡到自行設計阶段。此外还創制了許多新产品,使我国电机制造工业基本上建立了一个完整体系。所以,我国电机工业作为一个独立的制造工业部門,实际上是解放后才发展起来的。

由于貫徹执行了党的建設社会主义总路綫、两条腿走路的方針,1958年来,我国社会主义建設在各条战綫上得到空前的大跃进,我国电机工业在生产規模、增长速度和技术发展等方面都有了

显著的进步。电机工业胜利地向“高級、大型、精密、尖端”发展。解放前,我国从未造过汽輪发电机组,但在 1958 年内,25000 瓩汽輪发电机组已經試制成功,并投入了生产。每小时 230 吨蒸发量的高压鍋炉、138 吨交流干綫电机車、22 万伏高压电纜等都已相继試制成功。72500 瓩的水輪发电机组也在 1959 年元旦前夕試制成功。此外,50000 瓩的汽輪发电机也已試制成功,它不仅是在单机容量上大跃进,而且在設計、工艺等方面都大大地跃进了一步。

1959 年内电机工业以更高的速度跃进,生产的发电设备較 1958 年有成倍的增长。我国还要制造更大的成套汽輪发电机组和水輪发电机组(包括长江三峡樞紐站的巨型水輪发电机组),研究工作已經开始进行。此外,我国已經能够独立制造輸电系統的全套设备,其中包括 22 万伏的大容量电力变压器。我国新設計的小型感应电机(J_2 和 JO_2 系列)在体积上和重量上已經接近了国际水平,这些都标志着我国电机制造工业技术水平的迅速提高,并以豪迈的步伐向世界先进技术行列前进。与此同时,中小型电机制造业也有了普遍的发展,很多专区、县、人民公社都建立了电机制造工厂。根据不完全的統計,新建的电机制造工厂約有 500 个以上,在 1958 年生产了約 10 万瓩以上的发电设备,有力地解决了地方上对电机产品的要求,推动了生产的跃进。

但是,我国电机制造工业基础是薄弱的,几年来虽有很大发展,却仍然不能滿足工农业和电站建設的需要。这就要求电机制造工业在現有的基础上繼續不断的跃进。我国电机工业必須繼續貫徹掌握大型企业与中小型企业同时并举、土洋結合等两条腿走路的方針;大鬧技术革命,加速掌握高、大、精、尖产品的制造技术;繼續鼓足干劲,力爭上游,使冲天的干劲和科学的分析相結合,发揚共产主义风格。我們相信在党的领导下,我国电机制造工业一定可能在較短時間內赶上世界水平。

0-2 电机結構概述

(一) 电机的結構形状

电机的結構形状决定于安装方法、冷却方法以及对它的保护方法。

按照对它的保护方法,电机可分为下列各种型式:

(1) 开启式电机 这种型式的电机上没有对转动部分和载流部分的保护装置,也没有防止外物落入电机内的装置。它的冷却情况较好,但有时为了加强通风,轉軸上仍然装上风扇。这种电机一般应用在机器房、实验室等地(图 0-1)。

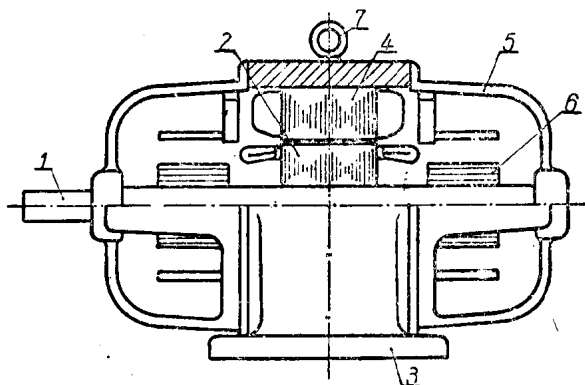


图 0-1 开启式电机示意图

1—軸; 2—电樞; 3—机座; 4—磁极; 5—端盖; 6—换向器; 7—吊攀

(2) 防护式电机 防护式电机具有防止外界杂物落入电机内的防护装置,如图 0-3、0-4 所示。这种电机在同鉛直綫成 45° 角的任何方向上能防止水滴、铁屑或其他物质掉入机座内。图 0-6 所示的电机,在端盖上的孔眼用栅格或网眼板等盖住。但防护装置使自然冷却变坏,所以防护式电机一般在轉軸上都装有风扇,实行自力通风,来改善冷却条件。

(3) 封闭式电机 封闭式电机内部和外界是隔绝的,但并不完全密封,在机座下部还有两个小孔,用以流出冷凝水。电机的散热,除靠机壳表面外,还利用装在机外的风扇来吹风。这种电机能防止外界灰尘、细土等杂物侵入机座内,所以它们广泛的应用在纺织厂、面粉厂、水泥厂和一些矿山机械中。

除以上几种较为常见结构外,还有防爆式、密封式等特殊要求的电机。

按照电机的安装方法有下列几种结构:

1. 图 0-2 表示卧式电机,机座带有底脚。这种电机的结构型式用符号 III2 表示。

2. 图 0-3 为卧式电机,机座不带底脚,借端盖上的凸缘固装。这种电机的结构型式用字母 $\Phi 2$ 表示。

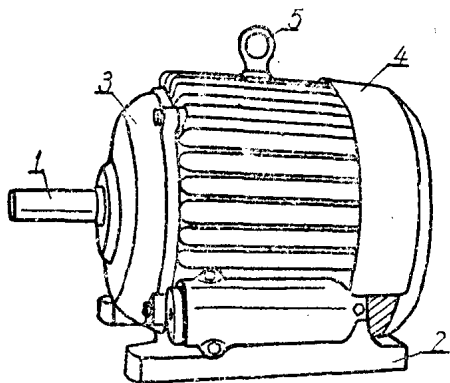


图 0-2 封闭式电机外形

1—轴; 2—机座; 3—端盖; 4—风扇; 5—吊攀

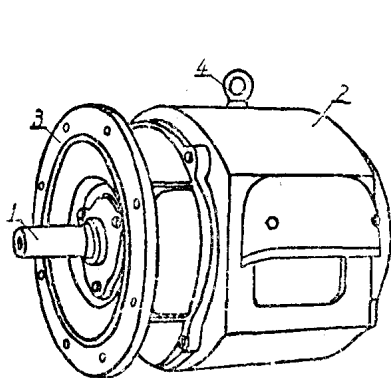


图 0-3 $\Phi 2$ 型卧式电机外形

1—轴; 2—机座; 3—端盖; 4—吊攀

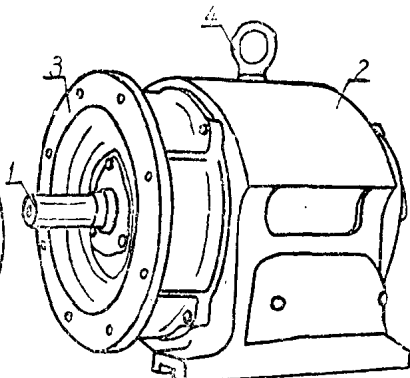


图 0-4 III2/ $\Phi 2$ 型卧式电机外形

1—轴; 2—机座; 3—端盖; 4—吊攀

3. 图 0-4 也为臥式电机, 机座上有底脚, 而端盖上又有凸緣的复合結構型式。这种电机的結構型式用 III2/Φ2 表示。

4. 图 0-5 为立式电机, 机座不带底脚, 端盖为凸緣式的。这种电机結構型式用 B3 表示。

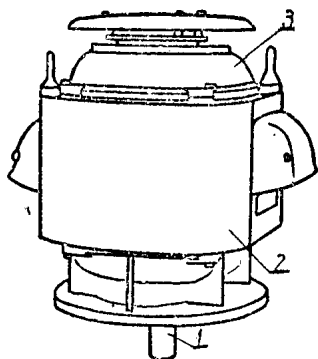


图 0-5 B3 型立式电机外形

1—軸; 2—机座; 3—端盖

(二) 主要类型电机的内部构造

(1) 直流电机 直流电机由静止部分(磁极、机座)和轉动部分(电樞)两个主要部分组成, 并在两者之間留有空气隙。

图 0-6 所示为 Z 型防护式直流电机的剖面图。电樞的冲片用压圈压紧, 繞組嵌于电樞槽內, 繞組的每个端头按一定次序焊牢在各个換向片上。为了防止繞組受离心力的作用而变形, 在繞組兩端的端接部分分别打上鋼絲箍。电樞的后端上装有离心式风扇, 将冷空气由前端盖下部栅孔吸入, 经过电机的繞組和铁心, 然后使热空气从后端盖的下部栅孔鼓出。

在机座內装着套有繞圈的主磁极和換向磁极。图 0-6 所示的纵剖面上, 磁极的右面表示主磁极繞圈的截面, 而左面則为換向磁极的繞圈截面。为了增加繞圈的冷却面积, 可把繞圈分为几段, 并在各段留有适当的通风槽。磁极和机座間垫有鋼片, 借以調节空气隙的大小。

軸承外面采用軸承套的結構, 用以保护軸承, 使电机拆卸时軸承不受损伤和沾上污物。在前軸承套上装有电刷装置。

(2) 感应电机 感应电机有定子和轉子两个部分, 两者之間的空气隙比直流电机小得多。定子和轉子上都按繞組分布图嵌上繞組。感应电机按轉子繞組型式可分为繞綫轉子(或称具有滑环的感应电机)和鼠籠轉子两种。

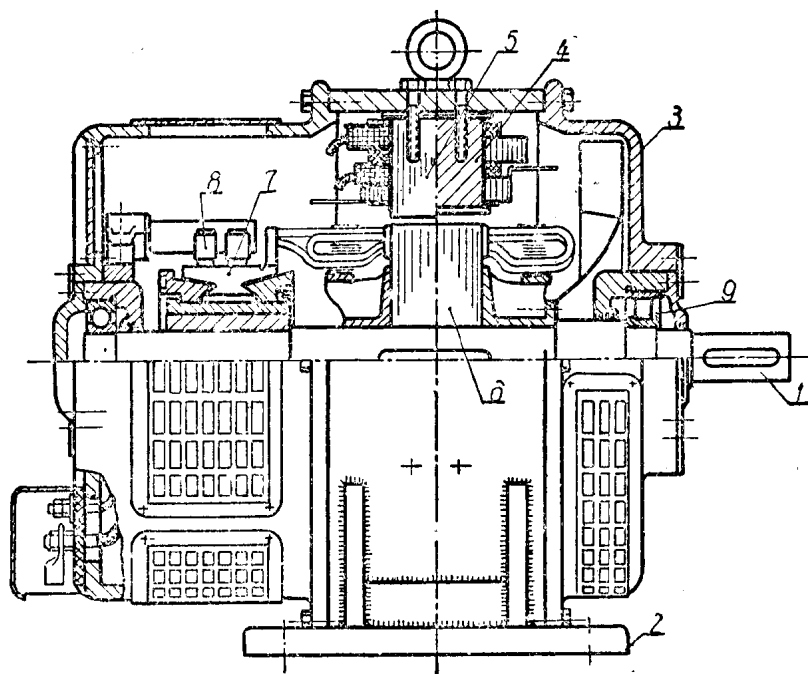


图 0-6 Z型防护式直流电机的剖面图

1—轴；2—机座；3—端盖；4—主磁极；5—换向磁极
6—电枢；7—换向器；8—电刷；9—轴承

图 0-7 表示防护式具有滑环的感应电机的构造图。

转子的冲片装在转子叉架上，并用两个压圈压紧，用键锁牢。在转子槽中嵌以杆形绕组，在杆形绕组两端部焊上小叶片作为离心式风扇。定子冲片叠装在机座内壁的肋条上。定子绕组的端部被包有绝缘的钢箍扎紧，使绕组端部具有所需的刚度，不致因受力而变形。转子上装有滑环和举刷装置。

图 0-8 为 JR 型防护式绕线转子感应电动机。它与上图不同的结构是滑环安装在端盖外面，借穿经轴孔的三根导体和转子绕组相联接，这样使电机端盖结构简单，维护简便。