



DIANQI
XINXILEI

普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

电机制造工艺学

- 主 编 胡志强
- 副主编 刘端增 李红军 徐永明
- 主 审 孟大伟



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

电机制造工艺学

主 编	胡志强		
副主编	刘端增	李红军	徐永明
参 编	姜庆昌	陶大军	张继勇
	刘明星	刘 铭	
主 审	孟大伟		



机械工业出版社

本书论述了电机制造工艺的特点、电机制造工艺的制订原则、工艺方案的分析方法、中小型通用电机主要零部件的加工和装配,同时兼顾了大型电机的工艺特点及直流电机换向器制造、绕组制造、定转子铁心制造等工艺,较全面地阐明电机的制造工艺,同时适当地介绍了电机结构和常用的电工材料。

本书可作为高等工科院校电机及其控制专业的教材,也可作为专科学校电机专业的教材或参考书,并可供有关工程技术人员作为参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电机制造工艺学/胡志强主编. —北京:机械工业出版社, 2011. 1

普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

ISBN 978-7-111-33304-3

I. ①电… II. ①胡… III. ①电机—生产工艺—高等学校—教材
IV. ①TM305

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第017272号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:闫晓宇 责任编辑:闫晓宇 卢若微

责任校对:李秋荣 封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·16印张·395千字

标准书号:ISBN 978-7-111-33304-3

定价:34.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

“电机制造工艺学”是电机及其控制专业的专业必修课。本书以介绍中小型电机的制造工艺为主，着重介绍了电机制造工艺的特点、工艺方案的分析方法、常用工艺装备的结构和设计方法、产品检查试验以及加工质量对产品性能的影响。并较详细地介绍了直流电机换向器制造工艺、绕组制造工艺、定转子铁心制造工艺，同时还兼顾了大型电机的工艺特点。

本书的任务是使电机专业学生在校学习期间能获得初步的电机制造工艺的基本理论知识，具备设计和分析一般工艺方案的基本能力，掌握典型工艺装备设计的一般原理和方法，并对产品的结构工艺性有较全面的认识。

本书可作为高等工科院校电机及其控制专业的教材，也可作为专科学校电机专业的教材或参考书，并可供有关工程技术人员参考。

本书由哈尔滨理工大学胡志强担任主编，哈尔滨理工大学孟大伟教授主审。哈尔滨理工大学刘端增编写了第3章、第6章，佳木斯电机股份有限公司李红军编写了第1章，哈尔滨理工大学徐永明编写了第2章，佳木斯大学姜庆昌编写了第5章，胡志强编写了绪论、第4章，并对全书作了统稿修改。陶大军、张继勇、刘明星、刘铭参与了部分编写、绘图、核对等工作。

本书在编写过程中，曾得到哈尔滨理工大学常玉晨教授和佳木斯电机股份有限公司的大力支持。哈尔滨理工大学周美兰教授、梁艳萍教授关心和指导了本书的编写工作。编者在此表示衷心的感谢。

由于水平有限，书中难免存在缺点和漏误之处，欢迎教师、专家和读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
0.1 电机制造工艺的多样性	1
0.2 电机结构和制造工艺之间的关系	2
0.3 生产类型	3
0.4 电机生产的技术准备和工艺准备工作	4
0.5 电机制造过程概述	8
0.6 本课程的学习方法和要求	10
复习题	11
第1章 电机零部件的机械加工	12
1.1 电机制造中机械加工的一般知识	12
1.2 电机同轴度及其工艺措施	23
1.3 转轴和转子的加工	27
1.4 端盖的加工	37
1.5 机座的加工	40
1.6 电机制造工艺对电机质量的影响	51
复习题	52
第2章 定子铁心的制造工艺	53
2.1 铁心冲片的材料	53
2.2 冲压设备	55
2.3 铁心冲片的冲制工艺	60
2.4 冲片的绝缘处理	69
2.5 定子铁心的压装	71
2.6 铁心的质量分析	81
2.7 冲模设计的基本知识	84
2.8 冲模制造的基本知识	103
2.9 铁心制造工艺的发展趋势	118
复习题	120
第3章 笼型转子的制造工艺	121
3.1 概述	121
3.2 离心铸铝	122
3.3 压力铸铝	134
3.4 低压铸铝	137
3.5 减少铸铝转子附加损耗的几项工艺措施	140
3.6 铸铝转子的质量问题	142
3.7 焊接笼型转子的制造工艺	145
3.8 焊接笼型转子的质量分析	146
复习题	147
第4章 电机绕组的制造工艺	148
4.1 电机绕组的分类	148
4.2 电机绕组的常用材料	150
4.3 电机绕组的绝缘结构	160
4.4 线圈的制造	171
4.5 绕组的嵌装	177
4.6 绕组的焊接	182
4.7 绕组的绝缘处理	185
4.8 绕组的质量检查与试验	195
复习题	197
第5章 换向器与集电环的制造工艺	198
5.1 换向器的结构形式	198
5.2 换向器的技术要求	200
5.3 拱形换向器的制造工艺	201
5.4 塑料换向器的制造工艺	213
5.5 紧圈式换向器的制造工艺特点	216
5.6 集电环的制造	218
复习题	220
第6章 电机装配工艺	221
6.1 尺寸链在电机装配中的应用	221
6.2 静平衡与动平衡	224
6.3 中小型电机装配工艺	230
6.4 大型座式轴承电机装配的特点	237
6.5 三相异步电动机的检验试验	239
6.6 电机的机械检查	242
6.7 电机振动测定方法简介	245
6.8 电机噪声测定方法简介	246
复习题	250
参考文献	251

绪 论

电机制造工业为电力工业提供发电设备，又为各种其他工业以及交通运输业和农业等提供动力机械。因此，电机制造工业的发展程度已成为衡量一个国家工业技术水平的重要标志之一。

尽管电机制造都是从零件的加工到组成部件，并进一步将零部件装配成电机，但即使产品图样是统一的，各生产厂制造的产品质量也有一定差异。这是由于各生产厂采用的工艺手段不同所造成的。而且近年来，虽然国内电机制造工业得到迅速发展，但与工业发达国家相比还有一定距离，其主要原因也是工艺发展的滞后。

工艺是工厂生产产品的基础，是提高劳动生产率、节约能源和原材料、确保安全生产、提高经济效益的重要手段。工艺不仅是工艺部门的专职工作，而且是涉及工厂各部门都需密切配合的工作。只有将工艺工作做好，工厂才能走上健康发展的道路。因此，工厂必须建立和健全工艺管理机构，充实工艺人员队伍，使工艺工作得到加强。这就充分说明电机制造工艺在电机制造工业中的重要性。

0.1 电机制造工艺的多样性

电机制造是整个机器制造业中的一个重要部分。电机除了具有和一般机器类似的结构之外，还具有特殊的导电、导磁和绝缘结构。电机制造工艺包括以下六方面：

- 1) 电机零部件的机械加工工艺。包括电机主要支撑件如机座、端盖和轴的加工，定子、转子等部件的加工，以及其他结构零件的加工。
- 2) 铁心制造工艺。包括定转子、电枢和磁极铁心冲片的制造，及将冲片叠压成部件的工艺。
- 3) 绕组制造工艺。包括线圈制造、绕组嵌线及绝缘处理等工艺。
- 4) 笼型转子制造工艺。包括笼型转子的铁心叠压、转子铸铝的工艺。
- 5) 换向器集电环及电刷装置制造工艺。包括换向器集电环及电刷装置的零件制造及其装配成部件的工艺。
- 6) 电机装配工艺。包括转动部件的校平衡、轴承装配以及电机的总装配和调整工作。

在电机制造的工艺过程中，除了具有一般机器制造中所共有的锻、铸、焊、金属切削加工和装配等工艺外，还具有电机制造所特有的工艺，如铁心的冲制和压装、换向器的制造以及绕组的制造（绕制、成型、绝缘、浸漆和嵌线）等。

这些工艺过程的工作质量对电机的性能及其工作的可靠性有着很大的影响。例如，电枢（或定子）铁心是由大量很薄的硅钢片经过冲制和绝缘处理再叠压成一体的，因此，铁心制造中的尺寸准确性、铁心的紧密度和装配的牢固性等，都将直接影响电机气隙均匀度、振动、噪声、励磁电流和铁损的大小。又如，换向器是由大量的铜片、云母绝缘和金属（或压塑料）固定件组成的，换向器在运行中要受到机械力和热的综合作用，因此，换向器的

制造工艺过程和所采用的参数（温度、压力、时间等）是否合理，将直接影响换向器在长期运行中形状的稳定性和绝缘的可靠性，而换向器的变形则是导致换向不良、火花严重的主要原因之一。再如，电机的绕组是由铜导线和绝缘材料组合而成，结构和工艺都很复杂，线圈的形状和尺寸的准确性、绝缘的可靠性都是保证电机性能和使用寿命的关键。

由于电机铁心、换向器和绕组等结构的特殊复杂性，致使这些特殊工艺的机械化、自动化水平目前还很低，手工劳动的比重还很大。因此，为了提高电机制造中的劳动生产率，实现铁心制造和绕组制造等的机械化和自动化，已成为人们十分关心的问题。

在电机制造中，为了完成这些特殊的工艺过程，除了金属切削机床以外，还要具备大量的非标准设备（专用设备），如铁心冲片涂漆和干燥所用的专用设备，转子铸铝所用的熔铝炉、预热炉及压铸机（或离心机），绕组制造中所用的绕线机、张形机、包绝缘机、浸渍设备等。这些设备中，许多是由电机制造厂自行制造和改制的。不但电机制造工艺具有多样性，而且所使用的材料的种类也多样化。电机制造中不但要用到黑色金属材料，还要用到有色金属及其合金以及各种绝缘材料。在微型电机方面，塑料得到广泛应用，用它不仅可以做接线板、换向器、风扇等小零件，还可以做电机的外壳，这样不但节省了金属材料，免去了机械加工，而且减轻了电机的重量。

电机制造的另一特点则是电机的品种、规格繁多，电机的容量、电压、转速、几何尺寸等的变化范围很大，电机的用途、安装方式、冷却方式、防护形式多种多样，因此，在制造工艺上也不尽相同而且各有其特点。

0.2 电机结构和制造工艺之间的关系

电机结构和制造工艺之间有着极其密切的关系。可以说，电机结构是制造工艺进行的基础，而制造工艺是电机结构实现的条件。所以，在设计电机时，对电机结构工艺性必须给予充分的考虑。所谓结构工艺性问题，是指在研究确定电机结构时，既要考虑产品运行性能的要求，又要重视其生产条件和经济效益。当产品的运行性能和生产条件之间出现矛盾时，应作具体分析，合理地把它们统一起来，确定出最合理的结构方案。当电机结构不合理时，往往即使采用了极复杂昂贵的工艺装备，也仍然不能保证电机的性能和生产的效率。例如，以拱形换向器和楔形换向器作比较，虽然后者具有变形小、运行性能可靠等优点，但由于加工困难，所以还是拱形换向器得到了广泛的应用。还应指出，电机结构中的某些难点，有时会因为出现了合理的工艺方法而得到满意的解决。例如，由于塑料压制工艺在换向器上的应用，出现了塑料换向器，因而使得形状复杂的V形绝缘环和精度要求很高的V形槽和钢质V形压圈的加工可以省略。又如，以铸铝工艺代替铜条焊接工艺来制造异步电动机的笼型绕组，获得了高质量、高效率的生产效果。

在考虑电机结构时，除要考虑如何满足电机运行性能的要求外，还应考虑电机生产的经济效益。电机结构对电机的加工工时和生产成本影响很大，每一个零件都可以有几种不同的结构方案，即使是一种方案中，其加工精度、表面粗糙度、加工余量、材料选择、零件形状的确定等，都对工时和成本有很大影响。在确定电机结构方案时，还应考虑到尽量缩短生产周期、减少制品和半制品的数量，这样可以加速资金周转，同时应尽量采用标准件、通用件、标准工艺装备以及利用现有的工艺装备等，以期获得更高的经济效益。

因为在电机结构确定的同时常常是工艺原则也就随之而定了,所以在设计一台电机(特别是大型电机)时,设计人员的工作和工艺人员的工作应该是自始至终密切配合、平行交叉地进行。如果设计人员仅仅考虑到所设计电机的运行性能的优越而忽视了电机结构工艺性,或者工艺人员仅仅注意到工艺方法而并不了解所设计电机的结构意图,这些对电机的生产都是不利的。

在中小型三相异步电动机的改型设计中,可以举出许多实例说明设计与工艺间的密切关系。例如,在确定定子外径时应该考虑硅钢片的最佳冲裁方案;在选择槽形时应考虑冲模制造的难易及其寿命;在设计绕组、安排导线时,应考虑绕线和嵌线的方便;在机座和端盖的设计中,既要考虑到刚度、强度等力学性能要求,又要考虑到铸造、加工等工艺性。一个既有优良的运行性能又有优越的工艺性的产品设计,才是一个成功的设计。因此设计人员和工艺人员都应该深入生产实际,结合工厂的生产条件确定切实可行的工艺原则,并把它作为设计和工艺的指导思想,决不可生硬地照搬,那怕是别人的成功经验,如果不结合本厂实际情况,也可能给生产带来损失。

0.3 生产类型

电机的生产类型与制造工艺和生产经济性有很密切的关系。根据电机产品的大小和生产规模,电机制造一般可分为三种不同的生产类型。

1. 单件生产

单件生产的产品种类较多,但数量不多,只制造一个或几个。制造完以后就不再制造,即使再制造也是不定期的。例如,大型电机的制造、新产品的试制等都属于单件生产。

单件生产时使用的是通用设备,一般情况下,仅制造一些必不可少的专用设备和工具,而且力求简单和利用现有设备。例如,在铁心冲片的制造方面就仅制造最简单的落料冲模和单槽冲模,使用半自动冲槽机来完成。对于单件生产,为了保证电机产品质量,就必须提高操作人员的技术水平,而且使用工时较多;如果为了便利生产而制造较多的专用设备和专用工具,则成本高、生产周期长,在经济上是不利的。

2. 成批生产

成批生产的产品种类较少,但同一产品的产量较大且成批地制造,一般为周期性地重复进行。

每批所制造的相同工件的数量,称为批量。批量是根据工件的年产量及产品装配周期而定的。按批量的大小和产品的特征,成批生产又可分为小批生产、中批生产及大批生产三种。在确定是大批、中批还是小批生产时,不仅要根据电机台数的多少,还要考虑电机制造的难易程度、重量大小以及制造时所需劳动量的大小来决定。大批生产的工艺特征类似于大量生产,小批生产的工艺特征类似于单件生产。成批生产是电机制造中最常见的生产类型。

成批生产时,使用较多的工艺装备、专用工具和专用设备。例如,在铁心制造方面,要制造较复杂的复式冲模,机械加工要用高效率的转塔车床和仿形车床,使用多刀切削、多头钻等。生产批量越大,工艺步骤划分得越细,工艺文件制定得越多、越详细。这样既可保证产品质量,又可保证较高的生产效率和较短的生产周期。对于操作人员的技术水平要求也可以适当降低,使生产成本得以下降。因此,成批生产具有较大的经济意义。

3. 大量生产

大量生产是指同一种产品的制造数量很大,大多数工作地点经常是重复地进行某一种零件的某一工序的加工。大量生产时,常采用大量的专用设备和工艺装备等,以提高生产效率;采用各种专用工具进行检查;组织流水作业,并尽可能采用机械化、自动化生产。例如,采用转轴、机座等自动流水生产线;采用多冲床的冲片自动流水线或采用级进式冲模和带料连续冲制的工艺。大量生产具有更大的经济意义。

单纯从生产的经济性来考虑,生产的规模越大,采用的专用设备和专用工具越多,专业加工流水线越多,生产效率就越高;但此时工艺装备的制造和生产线调整使用的专用工具要多些。为了获得较大的经济效果,一个工厂(或车间)所生产的产品品种应尽量少而批量应尽量大。

0.4 电机生产的技术准备和工艺准备工作

电机生产的准备工作是按照一定的计划和一定的生产程序进行的,其目的是为了产品能顺利地进行生产,以及改善现有制造技术。电机生产的准备工作还应包括材料和工夹模具的准备。通常试制新产品时,其技术准备工作所占时间要达全生产过程的一半以上。

0.4.1 机械加工工艺流程的组成

电机生产过程中,有一部分是与原材料变为成品直接有关的过程,如毛坯制造、机械加工、热处理及装配等,称之为工艺过程。机械加工工艺流程是指用机械加工方法直接改变毛坯的形状和尺寸,使之成为成品的那一部分生产过程。将比较合理的机械加工工艺流程确定下来,写成作为施工依据的文件,即为机械加工工艺流程。

机械加工工艺流程是由一个或若干个顺序排列的工序所组成,毛坯依次通过这些工序变为成品。

1. 工序

一个(或一组)工人在一台机床上(或一个工作位置)对一个或几个工件所连续完成的工艺过程的一部分,称为工序。工序是工艺过程的基本单元,也是生产计划的基本单元。划分工序的主要依据是零件加工过程中工作地是否变动。

2. 安装与工位

在同一道工序中,有时需要对工件进行一次或多次装卸加工,则每装卸一次单件所完成的那部分工作(工件在机床或夹具中定位和夹紧的过程)称为一次安装。工件加工中应尽可能减少安装次数。因为安装次数越多,安装误差愈大,而且安装工件的辅助时间也愈多。为减少安装次数,常采用各种回转夹具,使工件在一次安装中先后处于几个不同的位置进行加工。此时,在一次安装过程中,工件在机床上占据的每一个加工位置称为工位。工件在每个工位上完成一定的加工工作。

3. 工步

当加工表面、切削刀具和切削用量中的转速和进给量都保持不变时所完成的那一部分工序,即为工步。一道工序包括一个或若干个工步。构成工步的任一因素(加工表面、刀具或规范)改变后,一般即成为另一新的工步。但对于那些连续进行的若干个相同的工步

(如对4孔 $\phi 10\text{mm}$ 的钻削),为简化工艺,习惯上多看作为一个工步。采用复合刀具或多刀加工的工步称为复合工步。在工艺文件上,复合工步应视为一个工步。

0.4.2 电机生产的技术准备

电机生产的技术准备工作是依据电机设计过程中所给出的工作图样来进行的。一般情况下,电机生产的技术准备包括以下几个方面,它们之间互成平行作业关系。

1. 产品的结构设计 with 改进

保证生产中所需要的图样、技术条件、说明书、规范以及其他设计资料。

2. 编制工艺规程

工艺规程是反映比较合理的工艺过程的技术文件。它是指导生产、管理工作以及设计新建或扩建工厂的依据。合理的工艺规程是在总结广大工人和技术人员的实践经验的基础上,依据科学理论和必要的科学试验而制定的。按照它进行生产,可以保证产品质量和较高的生产效率与经济性,因此生产中一般应严格执行既定的工艺规程。实践证明,不按科学的工艺进行生产,往往会引起产品质量的严重下降及生产效率显著降低,甚至使生产陷入混乱状态。

但工艺规程并不是一成不变的。它应不断地反映工人的革新创造,及时地汲取国内外先进工艺技术,不断予以改进和完善,以便更好地指导生产。

制定工艺规程的基本原则,是在一定的生产条件和生产规模下,保证以最低的生产成本及最高的劳动生产率,可靠地加工出符合图样要求的零件。为此,必须正确处理质量与数量、人与设备之间的辩证关系,在保证加工质量的前提下,选择最经济合理的加工方案。制定工艺规程时,工艺人员必须认真研究原始资料,如产品图样、生产纲领(年产量)、毛坯资料以及现场的设备和工艺装备的状况等,然后参照国内外同行业工艺技术发展状况,结合本部门已有的生产实践经验,进行工艺文件的编制。为了使所拟工艺符合生产实际,工艺人员要深入现场,调查研究,虚心听取工人师傅的意见,集中群众的智慧。对于先进工艺技术的采用,应先经过必要的工艺试验。在制定工艺规程时,尤其应注意技术上的先进性、经济上的合理性及具有良好的劳动条件。

3. 编制工艺规程的内容及步骤

1) 研究分析电机产品的装配图和零件工作图,从加工和制造角度对零件工作图进行分析和工艺审查,检查图样的完整性和正确性;分析图样上尺寸公差、形位公差及表面粗糙度等技术要求是否合理,审查零件的材料及其结构工艺性等。如发现有缺点和错误,工艺人员应及时提出,并会同设计人员进行研究,按照规定的审批手续对图样作必要的补充和修改。

2) 确定生产类型,并将零件分类分组和划分工段,按生产纲领确定生产组织形式。制定其中有代表性零件的工艺过程(其他零件的工艺过程可能只需增减或更换个别工序),此时要考虑机床和工艺装备的通用性。根据生产组织形式的不同,对大批生产应注意采用流水作业,尽量采用高效率的加工方法及广泛应用专用的工艺装备。同时,还要求严格地平衡各工序的时间,使之按规定的节奏进行生产。对单件或小批生产则采用万能机床和万能工艺装备,不需平衡各工序的时间,只需考虑各机床的负荷率。

3) 确定毛坯的种类和尺寸,选择定位基准和主要表面的加工方法,拟定零件加工工艺路线。

- 4) 确定工序尺寸及其公差。
- 5) 选择机床、工艺装备。
- 6) 确定切削用量、工时定额及工人等级。
- 7) 填写工艺文件。

4. 定额的制定

先进技术定额的制定的内容主要是材料消耗定额、劳动消耗量、设备及工艺装备的需要量等。

5. 工艺装备的设计与制造

工艺装备的设计与制造包括生产中所需要的冲模、模具、砂箱、工夹具、刀具、量具等。

6. 检查与调整

深入车间生产现场, 检查调整所设计的工艺过程, 以便掌握与贯彻工艺规范中所规定的最合理的工序、制度和方法。要求按图样、按工艺、按技术标准生产, 同时检查与调整设备与工艺装备。

0.4.3 生产工艺准备工作

1. 电机生产工艺准备工作

- 1) 工艺规程的编制和推行。
- 2) 有关工具设备的设计、制造与调整。
- 3) 编制先进工具及设备使用的定额。
- 4) 编制材料消耗、工时消耗定额。
- 5) 设计与贯彻合理的检验方法、先进的生产技术。

下面仅就工艺文件的格式及其应用加以叙述。

工艺规则制定后, 以表格或卡片的形式确定下来, 作为生产准备和施工依据的技术文件即为工艺文件。工艺文件大体上分为两类: 一类是一般机械加工通用的工艺过程卡片、工艺卡片及工序卡片; 另一类是电工专用的工艺守则。

2. 工艺过程卡片 (也称路线单)

工艺过程卡片主要列出了整个零件加工所经过的路线, 包括毛坯加工、机械加工、热处理等过程, 按加工先后顺序注明工序安排次序, 加工车间及所用设备、工艺装备等, 它是制定其他工艺文件的基础, 也是生产技术准备、编制生产作业计划和组织生产的依据。在单件小批生产中, 一般零件仅编制工艺过程卡片作为工艺指导文件。其格式见表 0-1。

3. 工艺卡片

工艺卡片是局限在某一加工车间范围内, 以工序为单元详细说明整个工艺过程的工艺文件。它是用来指导工人进行生产和帮助车间领导、技术人员掌握整个零件加工过程的一种最主要的文件, 是广泛应用于成批生产和小批生产中比较重要的文件。工艺卡片不仅标出工序顺序、工序内容, 同时对主要工序还要表示出工步内容、工位和必要的加工简图或加工说明。此外还包括零件的工艺特征 (材料、重量、加工表面及其公差等级和表面粗糙度要求等)。对于一些重要零件还应说明毛坯性质和生产纲领。其格式见表 0-2。

表 0-1 工艺过程卡片

厂 名		简明工艺过程卡片			产品型号	零件图号	零件名称	共 页	
								第 页	
毛坯种类			材料		材料定额			工时定额	
序号	工序	操作内容			车间	设备		准备终结	单件
⋮									
编制		日期		审核		日期	车间会签		日期

表 0-2 工艺卡片

_____ 工厂				产品型号			零件名称				零件号		
机械加工工艺卡				每台件数		下料方式	每料件	毛重	kg	第 页	共 页		
				材料		毛坯尺寸		净重	kg	责任车间			
工序号	安装	工步号	工序内容	加工车间	机床设备名称与编号	工艺装备名称与编号				工时定额/min			
						夹具	刀具	量具	辅助工具	准备终结	操作时间		
⋮													
更改内容													
编制			审核		会签		批准						

4. 工序卡片

工序卡片是根据工艺卡片为每个工序制定的、主要用来具体指导工人进行生产的一种工艺文件。工序卡片中详细记载了该工序加工所必需的资料，如定位基准选择、安装方法、机床、工艺装备、工序尺寸及公差等级、切削用量、工时定额等。其格式见表 0-3。

由于电机制造的自动化水平不断提高。各种自动或半自动机床加工时的操作简单化，而机床（或流水线）的调整比较复杂，因此还要编制调整卡片，而不编制工序卡片。此外，在大批量生产中还要编制技术检查卡片和检验工序卡片。这类卡片是技术检查员用的工艺文件，在卡片中详细填写出检查项目，允许的误差、检查方法和使用的工具等。

在电机生产中有许多工艺过程对相似类型的产品都基本相同，如绕组的浸漆干燥、硅钢片的涂漆、转子铸铝、轴承装配及总装配等，这些工艺过程的内容比较复杂，在操作上要求稳定，以便保证产品质量。这种工艺过程的说明较难用卡片、表格的形式表示，常采用文字加以叙述而编成工艺守则。工艺守则是现行工艺的总结性文件，起着指导生

产的作用。

还有一种工艺文件，如绝缘规范，是用来说明各种绝缘结构的指导性文件。

表 0-3 工序卡片

机械加工工序卡							产品型号		零件名称		零件号		
车间	工段		工序名称						工序号				
工序简图							材料		机床				
							牌号	硬度	名称	型号		编号	
							夹具		定额				
							夹具名称	代号	每批件数	准备终结	单件时间	工人级别	
工序号	工步内容	走刀次数	每分钟转数或往复次数	每分钟进给量	机动时间/min	辅助时间	工具种类	工具代号	工具名称	工具尺寸	数量		
⋮													
							工艺员				主管工艺员		
							定额员				车间主任		
更改	页数	日期	签字	页数	日期	签字	页数	日期	签字	技术科长		第 页	

0.5 电机制造过程概述

三相异步电动机同直流电机和同步电机相比，结构简单，零部件的种类也比较少，但是 一些基本零部件（如机座与定子、轴与转子、冲片与铁心、线圈与绕组等）的加工过程及

技术条件和一些关键性的工序（如铁心压装工艺、绕组绝缘处理工艺、转子动平衡工艺等）都有类似的要求和相近的工艺方法。

图 0-1 为小型三相异步电动机（笼型）的工艺流程，是以笼型转子为例，采用“两不光”工艺方案（详见第 1 章 1.2.4 节）；图 0-2 为中型绕线转子异步电动机的工艺流程，采用“内压装”工艺。当采用不同的工艺方案时，上述工艺流程应作相应的改变。

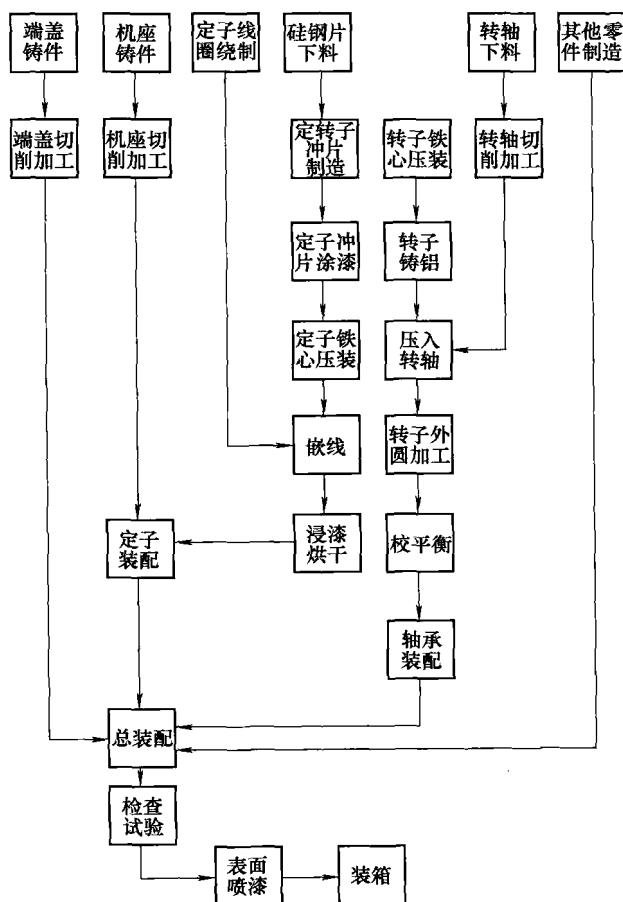


图 0-1 小型三相异步电动机（笼型）的工艺流程

图 0-2 所示中型三相异步电动机（绕线转子）的工艺流程对于直流电机和同步电机的制造，除了机械加工、硅钢片和其他零件的冲剪加工、电加工外，还需增加换向器和集电环制造（绕线转子异步电动机也需进行集电环制造）。制造换向器和集电环的车间可以独立存在，也可以附属于机械加工车间中的零件制造部分。制造好的换向器和集电环，在压装工段同转子汇合，压入转轴，再送嵌线工段嵌线。

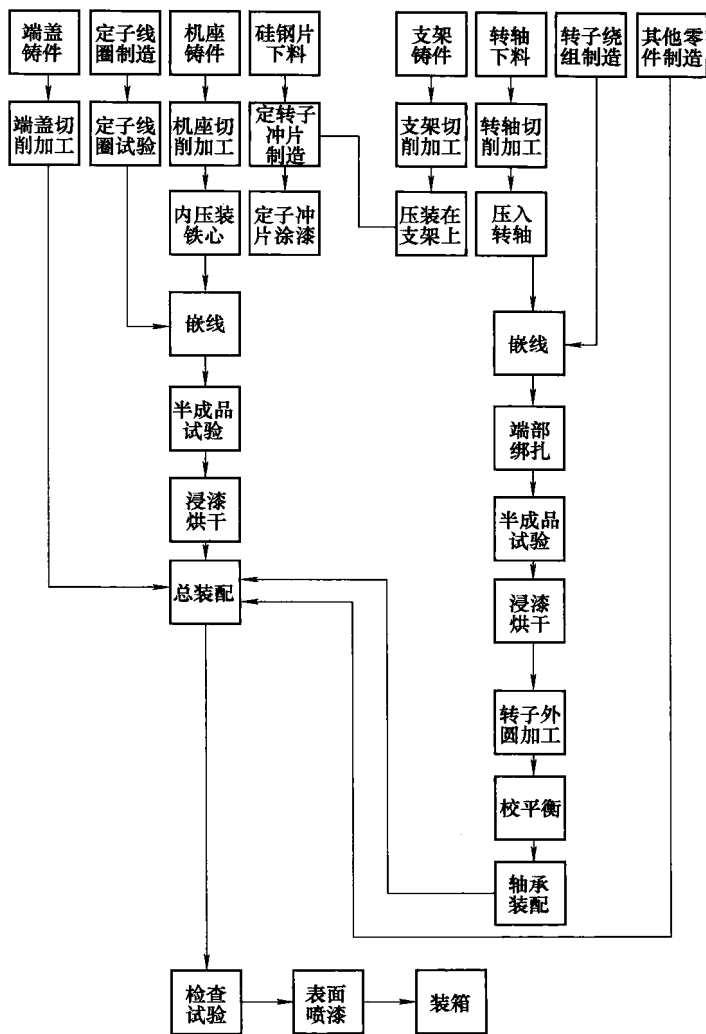


图 0-2 中型三相异步电动机（绕线转子）的工艺流程

0.6 本课程的学习方法和要求

“电机制造工艺学”是一门密切结合生产实际的专业课程。本课程的内容以中批量生产的、常用的中小型电机制造工艺为主，兼顾大型电机的制造工艺特点。通过本课程的学习，学生应具备产品结构工艺性的概念，掌握常用典型工艺的基本理论知识及工艺方案的分析方法，掌握常用工艺装备的结构和设计的一般原理和方法。

复 习 题

- 0-1 电机制造工艺由哪几部分组成？其具体内容是什么？
- 0-2 电机的生产类型有哪几种？它们对电机制造工艺有何影响？
- 0-3 电机生产的技术准备包括哪几方面？电机生产的工艺准备包括哪几方面？
- 0-4 试画出小型三相异步电动机（笼型）的工艺流程图。
- 0-5 何谓最佳工艺方案？如何进行工艺方案的经济评价？

第1章 电机零部件的机械加工

在整个电机制造过程中，金属切削加工占有很重要的位置。由于电机的一些主要零部件——机座与定子、端盖、轴与转子的加工质量，直接影响电机的电气性能和安装尺寸，而且金属切削加工的工时在电机制造的总工时中占有相当的比重，因此，采用更先进的工艺、应用专用的工艺装备、提高机械化和自动化水平、提高产品及其零部件的加工质量、提高劳动生产率、缩短生产周期、降低成本等，是电机制造厂的经常性任务。

本章主要分析讨论电机零部件的金属切削加工方面的有关问题：分析电机的同轴度问题，提出在金属切削加工方面保证电机同轴度的工艺措施；分析电机主要零部件金属切削加工的技术要求及其工艺方案的选择原则，了解其基本的工艺方法。

为了阐述上面这些问题，需先了解有关互换性、公差与配合、表面粗糙度和尺寸链等方面的基础知识。

1.1 电机制造中机械加工的一般知识

1.1.1 零件的互换性

任何机器（包括电机）都是由一定数量的零件组成和装配起来的，除了一些特殊的、专用的、大型的零件外，大部分零件都是成批地或大量地组织生产。这样生产出来的零件在装到部件或机器中去时，要求不经挑选和修配就能装上，并完全符合规定的技术要求。零件的这种性质，称为具有互换性。

为了使零件具有互换性，最好使每个零件的尺寸和大小都完全一样，但事实上是不可能做到的。影响零件尺寸的因素很多，其中多半因素还是变化的（例如机床本身存在的精度误差、刀具的磨损、装夹力变化和切削热造成工件尺寸的变形等），所以，即使在同一台机床，由同一个工人用同一把刀具加工相同的工件，加工出来的尺寸和形状还是不可能完全相同。但是，当把零件的尺寸变化控制在一定的范围内时，并不影响装配的性能要求，也就是说，允许零件尺寸有一定偏差，可以不妨碍零件的互换性。

1.1.2 尺寸公差的基本概念

在图纸上标注的基本尺寸，是设计零件时按照结构和性能要求，根据所选用的材料强度、刚度或其他参数，经过计算或根据经验确定的。形成配合的一对结合面，它们的基本尺寸是相同的。在加工中通过测量所得到的实际尺寸，不可能同基本尺寸相同，但必须限制实际尺寸在一定范围内。这个范围有上下两个界限值，称为极限尺寸。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸 $D_{\max}$ ，较小的一个称为最小极限尺寸 $D_{\min}$ ，如图 1-1 所示。

某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为尺寸偏差（简称偏差）。最大极限尺寸减其基本偏差所得的代数差称为上偏差（ ES 、 es ），最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为