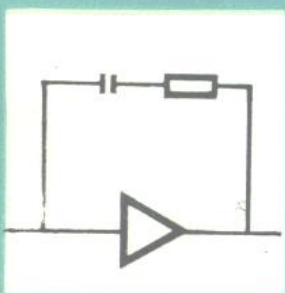
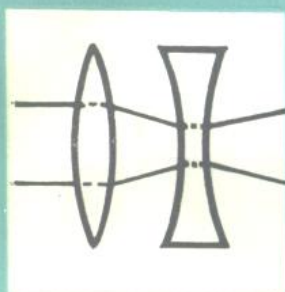


高等学校试用教材



电机制造工艺学

湖南大学 龚 垌 主编



机 械 工 业 出 版 社

高等学校试用教材

电机制造工艺学

湖南大学 龚 垌 主编



机械工业出版社

2501/28

电机制造工艺学

湖南大学 龚 炯 主编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张 $24\frac{3}{4}$ ·字数 604 千字

1983 年 11 月北京第一版·1984 年 11 月北京第二次印刷

印数 12,501—18,000·定价 3.10 元

*

统一书号: 15033·5452

前 言

本书是根据 1978 年 4 月在天津召开的高等学校一机部对口专业座谈会的精神,及同年 6 月在长沙召开的电机专业教材会议制订的《电机制造工艺学教材编写大纲》编写的。

电机容量和生产批量的大小不同,其制造工艺的差异也较大。本书以介绍中等批量的中小型电机的制造工艺为主,适当兼顾大型电机的工艺特点;力求反映我国当前的电机工艺面貌,并扼要地介绍国内外新工艺技术的发展趋势。

本书既是一本教学用书,也是一本科技参考书。对于大专院校电机专业的学生,考虑以自学为主,结合若干工艺专题讲授及对电机制造工厂的参观、实习,使学生初步掌握电机主要零部件的加工和装配的基本原理与方法,具有担任设计工作、科研工作等所需的一般工艺知识,并为将来从事工艺工作打好初步基础。

本书由湖南大学龚垌副教授主编,并编写了绪论及第六篇。参加编写的还有河北工学院刘锦波同志(第二篇、第三篇)、湖南大学方日杰副教授(第一篇)、陶柱机同志(第四篇)和屈琨同志(第五篇)。

本书由清华大学周汝潢副教授主审,他对书稿进行了多次审阅;并于 1980 年 12 月在长沙召开的审稿会议上通过。参加会议的有清华大学、一机部教材编辑室、一机部第八设计院、湘潭电机厂、华中工学院、华南工学院等单位的代表。代表们对书稿提了许多宝贵的意见;在编写过程中,并承有关研究所、设计院和工厂的同志们给予很大的关怀和帮助;编者在此一并表示衷心感谢!

本书的责任编辑是刘家琼同志。

由于编者的水平有限,书中难免有缺点和错误之处,欢迎读者批评指正。

1982年7月

目 录

前言

绪论1

§ 0-1 电机工业特征和电机制造工艺
内容.....1

§ 0-2 电机生产类型及其制造工艺的
特点.....2

§ 0-3 电机工艺的制订原则.....3

§ 0-4 工艺方案的经济评价方法.....4

第一篇 电机零部件的机械加工

第一章 电机零部件机械加工的一般

问题7

§ 1-1 电机零部件的互换性和机械加
工的特点.....7

§ 1-2 电机零部件的公差配合、形位
公差与表面光洁度.....8

§ 1-3 经济加工精度与经济加工光洁
度12

§ 1-4 电机零部件机械加工中采用新
工艺技术的发展趋势13

第二章 机座加工工艺15

§ 2-1 机座的类型及其加工的技术要
求15

§ 2-2 机座加工方案的分析和比较16

§ 2-3 机座内圆和止口的加工18

§ 2-4 机座底脚平面的加工19

§ 2-5 机座的钻孔与攻丝21

§ 2-6 分离型机座机械加工的特点23

§ 2-7 铁心压入机座后的精加工25

§ 2-8 在组合机床上和自动线上加工
机座27

§ 2-9 机座的结构工艺性30

第三章 端盖加工工艺33

§ 3-1 端盖的类型及其加工的技术要
求33

§ 3-2 端盖的加工方案和加工方法34

§ 3-3 在多轴半自动车床上及组合机

床上加工端盖37

§ 3-4 端盖结构的工艺性38

第四章 轴加工工艺40

§ 4-1 轴的类型及其加工技术要求40

§ 4-2 轴的加工过程和加工方法42

§ 4-3 转子的精加工49

§ 4-4 轴和转子的自动加工线50

§ 4-5 大型轴的加工特点51

§ 4-6 轴和转子的结构工艺性54

思考题.....55

第二篇 铁心制造工艺

第五章 冷冲压工艺的一般问题56

§ 5-1 冷冲压工艺特点及其在电机制
造中的应用56

§ 5-2 冲压模的典型结构及设计要点57

§ 5-3 冲压工作中的安全问题66

§ 5-4 铁心制造中采用新工艺技术的
发展趋势67

第六章 冲片制造工艺70

§ 6-1 铁心冲片的材料70

§ 6-2 铁心冲片的类型及技术要求72

§ 6-3 圆形冲片的加工方案及其主要
工序77

§ 6-4 扇形冲片加工方案83

§ 6-5 铁心冲片的绝缘处理与退火85

§ 6-6 铁心冲片的质量检查91

§ 6-7 铁心冲片的结构工艺性93

第七章 冲片制造自动化95

§ 7-1 冲片制造自动化的意义及其基
本形式95

§ 7-2 单机自动化96

§ 7-3 冲压自动线简述.....103

§ 7-4 高速自动冲床.....105

第八章 铁心压装工艺110

§ 8-1 铁心压装的技术要求	110	§ 14-1 线圈制造的技术要求	186
§ 8-2 圆形冲片铁心的结构类型及其压装工艺	111	§ 14-2 多匝线圈的制造	186
§ 8-3 扇形冲片铁心的结构类型及其压装工艺	118	§ 14-3 单匝线圈的制造	198
§ 8-4 磁极铁心压装	122	§ 14-4 磁极线圈的制造	202
§ 8-5 铁心压装后的质量检查	124	§ 14-5 粉末树脂熔敷工艺	205
思考题	127	§ 14-6 高压线圈的绝缘问题	207
		§ 14-7 水内冷线圈制造工艺要点	213
第三篇 鼠笼转子制造工艺		第十五章 绕组嵌装	217
第九章 铸铝转子制造的一般问题	128	§ 15-1 绕组嵌装的技术要求	217
§ 9-1 铸铝转子的结构类型及其制造过程概述	128	§ 15-2 绕组嵌装前的准备工作	217
§ 9-2 铸铝转子铁心叠压	129	§ 15-3 软绕组的嵌装	218
§ 9-3 铸铝材料及其熔化	131	§ 15-4 硬绕组的嵌装	222
第十章 转子铸铝工艺	136	§ 15-5 线圈和绕组的结构工艺性	232
§ 10-1 离心铸铝	136	§ 15-6 小型电机绕组嵌装的机械化与自动生产线	234
§ 10-2 振动铸铝	142	第十六章 绕组的焊接工艺	238
§ 10-3 压力铸铝	144	§ 16-1 电机绕组焊接的重要性与特点	238
§ 10-4 低压铸铝	147	§ 16-2 铜线绕组的焊接	238
§ 10-5 转子铸铝后的装轴	153	§ 16-3 铝线绕组的焊接	243
第十一章 铸铝转子的质量检查	155	第十七章 绕组的绝缘处理	252
§ 11-1 铸铝转子的质量检查方法	155	§ 17-1 绕组绝缘处理的目的是与类型	252
§ 11-2 铸铝转子的质量问题分析	156	§ 17-2 绕组的浸漆处理	253
§ 11-3 铸铝转子的接触电阻问题	161	§ 17-3 快干无溶剂漆及滴浸工艺	261
第十二章 焊接鼠笼转子的制造工艺	165	§ 17-4 高压电机的整体浸漆	267
§ 12-1 焊接鼠笼转子的结构特点及技术要求	165	§ 17-5 特殊环境运行电机的绝缘问题	269
§ 12-2 焊接鼠笼转子的工艺过程及操作要领	167	第十八章 绕组的检查与试验	275
§ 12-3 焊接鼠笼转子的质量检查	169	§ 18-1 检查试验的目的及项目	275
思考题	171	§ 18-2 线圈的检查与试验	275
		§ 18-3 定子转子绕组的检查与试验	281
		§ 18-4 特殊环境运行电机的检查试验	290
		思考题	293
第四篇 绕组制造工艺		第五篇 换向器、滑环及电刷装置的制造工艺	
第十三章 绕组制造的一般问题	172	第十九章 换向器制造工艺	294
§ 13-1 电机绕组类型及其制造过程	172	§ 19-1 换向器的结构类型	294
§ 13-2 绕组用的导电材料	175	§ 19-2 换向器的技术要求	297
§ 13-3 绕组用的绝缘材料	177	§ 19-3 换向片制造	298
§ 13-4 绕组制造中采用新工艺技术的发展趋势	184	§ 19-4 V形绝缘环的制造与云母片的加工	302
第十四章 线圈制造	186	§ 19-5 换向器的装配与烘压	306

§ 19-6 换向器的机械加工工艺	313	方案	350
§ 19-7 塑料换向器的制造工艺	314	第二十三章 电机转动部件的装配及	
§ 19-8 换向器的质量检查	319	校平衡	355
第二十章 滑环制造工艺	321	§ 23-1 电机转动部件的装配	355
§ 20-1 滑环的类型及其技术要求	321	§ 23-2 不平衡的类型及其处理方法	357
§ 20-2 滑环主要零件的加工工艺	324	§ 23-3 校静平衡	358
§ 20-3 滑环的装配与试验	324	§ 23-4 校动平衡	360
第二十一章 电刷装置的制造工艺	328	第二十四章 轴承端盖式电机的装配	
§ 21-1 电刷装置的类型及技术要求	328	工艺	366
§ 21-2 电刷装置零件的制造工艺	330	§ 24-1 轴承装配	366
§ 21-3 短路和举刷装置	335	§ 24-2 磁极装配	368
§ 21-4 电刷装置的装配	336	§ 24-3 定转子合装(总装配)	369
思考题	338	§ 24-4 电机的油漆与装箱	372
		§ 24-5 小型电机自动装配线	373
第六篇 电机装配工艺		第二十五章 大型电机装配的特点	379
第二十二章 电机装配的一般问题	339	§ 25-1 底板与座式轴承装配	380
§ 22-1 电机装配的结构要领及技术		§ 25-2 大型电机定转子合装	382
要求	339	§ 25-3 机组校中心线	383
§ 22-2 尺寸链的基本知识	340	思考题	386
§ 22-3 电机装配尺寸链解法及装配		主要参考资料	387

绪 论

生产实践中无数的事例说明,没有先进的工艺技术,很难生产出先进的产品。电机制造工艺学系研究电机零部件的加工和处理、以及将零部件装配成产品的有关问题。必须根据产品特点、生产类型以及制造工厂的具体情况,制订和采取适当的工艺方案与工艺方法,才能多快好省地进行生产。

§ 0-1 电机工业特征和电机制造工艺内容

电机工业是机械制造业中的一部分。和一般机械制造业比较,电机制造业具有下述特征:

1. 电机产品的品种繁多,每一品种又按照不同的容量、电压、速度、安装方式、防护等级、冷却方式和配用负载等,分为许多不同的型式和规格。因此,即使在分工生产的情况下,每个电机制造厂所生产的产品规格还是较多的。

2. 电机零部件之间,除了有机械的联系外,还有磁、电、热的相互作用。个别零部件中的缺陷很易影响产品不能正常运行甚至报废。因此对电机零部件的制造质量要求较严格。

3. 电机制造工艺内容比较复杂,除一般机器制造中的机械加工工艺外,还有铁心、绕组、换向器等零部件制造所特有的工艺,其中手工劳动的比重仍相当大,工件质量亦较难稳定。

4. 电机制造所用的原材料,除一般金属结构材料外,还有导磁材料、导电材料、绝缘材料等,材料的品种规格很多。有些新型材料的发展,如新型绝缘薄膜及无溶剂浸渍漆等,常影响电机结构和制造工艺发生较大的变化。

5. 电机制造中,使用非标准设备的数量相当多,所需的非标准工艺装备也较多。

电机制造工艺包括下列六部分:

1. 电机零部件的机械加工工艺 包括电机主要支承件如机座、端盖和轴的加工,定子、转子等部件的精加工,以及其他结构零件的机械加工。

2. 铁心制造工艺 包括电枢和磁极铁心的冲片制造,冲片退火及绝缘处理,以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、绕组嵌装及其绝缘处理等工艺。

4. 鼠笼转子制造工艺 包括鼠笼转子的铁心叠压、转子铸铝及鼠笼焊接的制造工艺。

5. 换向器、滑环及电刷装置制造工艺 包括换向器、滑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。

在电机制造厂中,同样的设计结构和同一批原材料所制成的产品,其质量往往相差甚大。由某些工厂的检试记录及产品使用情况调查中可以看到:电机的铁耗值相差可达40%,线圈绝缘耐压强度相差可达80%,电机绕组的使用寿命更可相差好几倍。其所以如此,除原材料

质量不够稳定的因素外，一个重要原因是工艺不够完善或未认真按工艺规程加工。如转子铸铝、换向器压装、绕组嵌装和绝缘处理等工作，在制造过程中所造成的缺陷，不是部件检查时容易发觉出来的。如果将这种带缺陷的零部件用到产品上去，就会造成产品质量下降和寿命缩短。

现在各类型企业的规模日益增大，自动化程度日益提高，对所用电机的运行可靠性和质量稳定性，要求越来越严格。因此，采用合理的工艺方案和工艺方法，并认真贯彻执行，是保证电机质量稳定可靠必须具备的重要条件。

§ 0-2 电机生产类型及其制造工艺的特点

由于生产规模的不同，生产类型可分为大量生产、批量生产和单个生产。

大量生产的特征：产品的规格稳定；产量很大；工场按工作顺序布置，大多数工位上常加工某一种工件。

单个生产的特征：产品的品种、规格变化多；每种规格的产量少；每个工位或每个工作者经常加工不同规格的工件。

批量生产的特征：介乎大量生产与单个生产之间，不同品种或不同规格的产品，一批一批地循环投入生产；每个工位或每个工作者经常一批一批地加工不同规格的工件。根据批量的大小，又可分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产的特征与单个生产相近似；大批生产的特征则与大量生产相近似。

电机生产类型按照电机产品结构的复杂程度和年产量来划分。划分生产类型的年产数量很难明确规定，表 0-1 所列数量供划分类型时参考。系列电机的年产量系以机座号为计算单位；例如小型异步电动机中，7.5 千瓦 4 极、10 千瓦 4 极、5.5 千瓦 6 极、7.5 千瓦 6 极，虽然规格不同，但属于同一号机座，零部件通用性较大，可以当作同一种产品来计算年产量。

表0-1 电机生产类型

年产量(台) 产品结构 生产类型		复 杂 (如 T 型同步电动机)	一 般 (如中型绕线式异步电机)	简 单 (如小型鼠笼式异步电机)
单 个 生 产		5 以下	10 以下	100 以下
批 量 生 产	小 批	5~100	10~200	100~500
	中 批	100 以上	200~500	500~5000
	大 批	—	500 以上	5000 以上
大 量 生 产		—	—	—

由于生产类型的不同，所采用的工艺措施也有较大的差异。

1. 单个和小批生产 一般零部件加工均采用通用机床设备和通用工模夹具，由工厂技术管理人员和工作者凭经验进行加工处理。工艺工作的重点，在于制订影响产品质量的关键零部件的工艺方案和解决有关质量问题。

2. 中批生产 一般采用通用机床设备和专用工艺装备配合进行生产；或采用便于调整的程序控制机床与数字控制机床进行加工。要求制订较完整的工艺规程。

3. 大批和大量生产 采用专用机床设备组织自动的或半自动的流水生产线进行生产;要求对产品结构工艺性及零部件的加工方案进行较系统深入的分析研究,并制订完善的工艺规程。

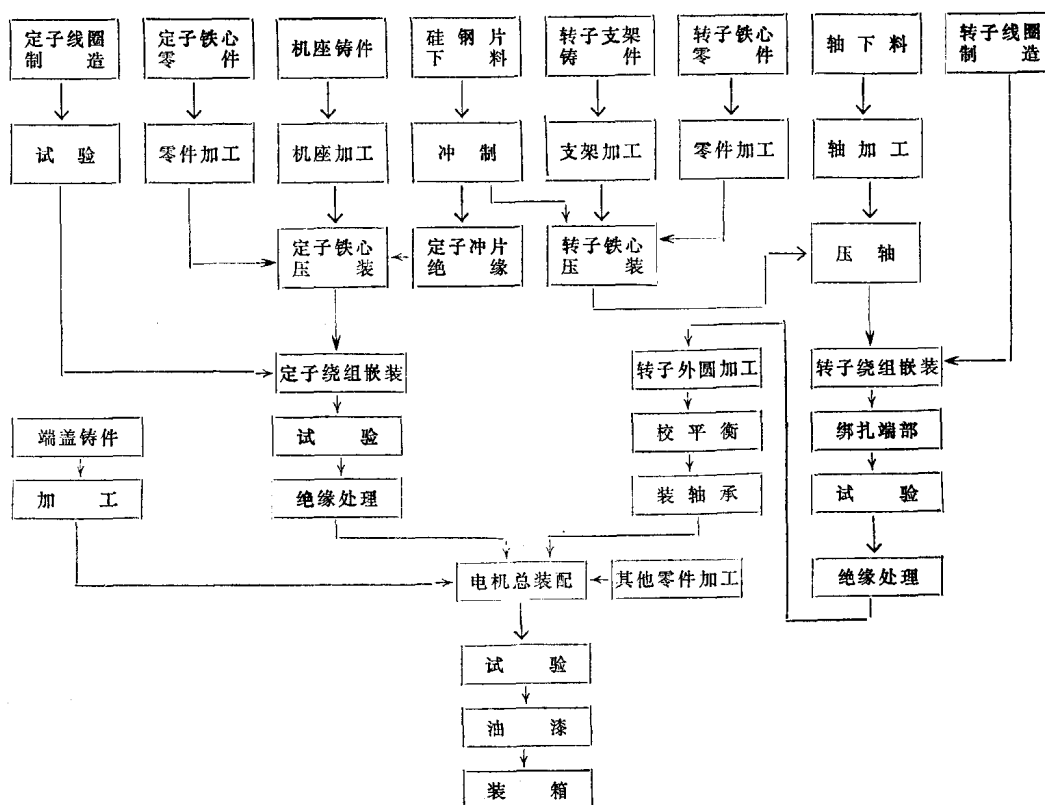
无数事例说明:生产量越大,采用专用机床设备和专用工艺装备越多,工艺工作越细致,则生产效率越高,产品的成本越低,质量也越稳定。由于电机产品的品种规格繁多,因此在一个工厂中,往往有单个生产、小批生产与中批大批生产的产品同时进行生产,增加了生产技术管理困难,影响生产效率和产品质量不易迅速地提高。

§ 0-3 电机工艺的制订原则

工艺工作是产品设计和车间生产的“桥梁”,其内容包括:对产品设计结构工艺性的分析;制订工艺方案和工艺方法;规划所需的专用工艺装备;验证新的工艺方法和关键工艺装备;处理生产中发生的工艺问题;以及进行工艺试验研究工作等。内容是相当广泛的。

工艺工作人员的意图一般通过工艺文件传达给有关执行部门。电机工艺文件的繁简和格式随生产类型而不同,一般可分为两大类:一类是指导技术操作和技术检查用的,如工艺卡片、工艺守则和检查规程等,一般称为工艺规程;另一类是组织生产用的,如过程卡片、产品工艺流程表等。表 0-2 为绕线型异步电动机的工艺流程表。

表0-2 三相绕线型异步电动机工艺流程表



工艺文件编制时必须全面考虑和深入分析：产品设计图纸的技术要求；零部件的年产量及批量的大小；原材料或坯件的供应情况；以及承制车间的技术装备情况和工作者的技术熟练程度等。

良好的工艺文件必须符合下列要求：

1. 技术性 应能全面满足产品图纸的技术要求，并尽可能地保证质量稳定可靠。因此在选择加工方案及加工方法时，应注意采用正确的工序安排与适当的工艺装备来达到所需的技术要求；一般不宜过分依赖工作者的操作技巧。

2. 经济性 在一定的生产量及协作条件下，应考虑用最经济的手段来达到所需的技术要求；并注意充分发挥本部门的有利条件，尽量消除或改善生产中的薄弱环节。

3. 技术安全及劳动条件 编制工艺文件时应特别注意技术安全及劳动条件，不允许采用损害工作人员健康或加大劳动强度的工艺方法，来达到技术要求或提高经济效果。

4. 促进新技术的发展和工厂技术水平的提高 工艺人员除应熟悉已有的工艺方法，还应注意新技术的研究和推广；对有关技术的发展趋势应具有较好的综合分析能力和预见性，敏于采用适当的新技术成果来发展生产和提高工厂的技术水平。

§ 0-4 工艺方案的经济评价方法

不同工艺方案或工艺方法的选择，在很多情况下是根据它们的经济效果来决定取舍的。经济评价方法就是分析不同工艺方案（或工艺方法）的工艺费用，以选出在一定生产条件下的最经济的工艺方法或工艺方案。

工艺费用的构成因素与生产成本相似，但经济评价时的工艺费用分析与财务方面的生产成本核算有所不同。生产成本核算时必须包括全部费用；而经济评价时只分析比较不同工艺方案中费用不同的部分，对相同的部分或费用变化不大的部分，一般可不进行分析比较。成本核算在生产完成以后，各项费用均可以较准确地计算出来；而工艺经济评价是在工艺方案未执行之前进行，只能根据以往的经验，对新方案的工艺费用作一定准确程度的估算。

为了便于进行经济评价，常将工艺费用分为两大类：一类为可变费用，即随产量变化而变化的费用；一类为不变费用，即与产量的变化无关或关系不很密切的费用。

可变费用包括：工件的原材料或坯件费用，直接工资，通用机床设备和所占厂房场地的折旧费，通用刀具、夹具和模具的折旧费等。

不变费用包括：专用机床设备和所占厂房场地的折旧费，专用刀具、夹具和模具的费用，调整工人的工资等。

这样划分的项目不是固定不变的。例如硅钢片冲孔专用模具（冲模），若工件数量不很大时，冲模费应列入不变费用；若工件的数量很大，必须有若干副同样的冲模才能满足生产需要时，冲模的数量将随工件数量而变化，那么冲模费用就应列入可变费用了。因此在进行经济评价时，应根据具体情况分析每一项费用，确定其是否应属于可变费用类还是应属于不变费用类。

分清了各项费用的所属类别，就可以较简便地进行不同工艺方案的工艺费用的计算和分析。

设 a_1 、 a_2 ——两种不同工艺方案的每件可变费用；

$B_1、B_2$ ——两种不同工艺方案的不变费用总值；
 $T_1、T_2$ ——两种不同工艺方案的总工艺费用；
 $t_1、t_2$ ——两种不同工艺方案的每件工艺费用；
 x ——工件产量。

则得两种工艺方案的总工艺费用为

$$T_1 = a_1 x + B_1 \tag{0-1}$$

$$T_2 = a_2 x + B_2 \tag{0-2}$$

每件的工艺费用为

$$t_1 = a_1 + B_1/x \tag{0-3}$$

$$t_2 = a_2 + B_2/x \tag{0-4}$$

工艺费用与产量的关系如图 0-1 所示，图中两种方案的曲线相交于 D ，相当于 D 点的工件产量为 x_D

$$x_D = \frac{B_2 - B_1}{a_1 - a_2} \tag{0-5}$$

当产量为 x_D 时，两种工艺方案的工艺费用相等。当产量大于 x_D 时，采用第二种工艺方案较经济；当产量小于 x_D 时，则采用第一种工艺方案较经济。

两种以上的工艺方案进行经济评价时，可仿照上述方法进行。图 0-2 为四种工艺方案的工艺费用总值与产量关系。由图中可见，当产量小于 x_D 时，以第四种工艺方案为最经济；当产量大于 x_E 时，以第一种工艺方案为最经济；当产量在 x_D 与 x_E 之间时，以第二种工艺方案为最经济。不论产量大小如何，第三种工艺方案的费用都不是最经济的。

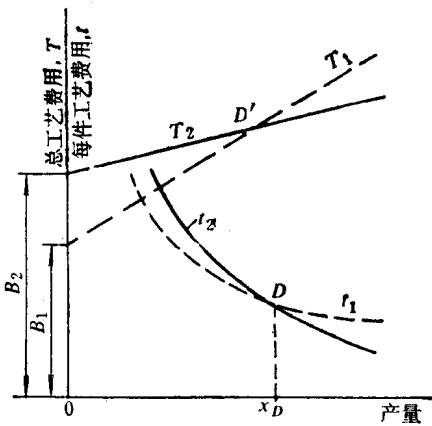


图0-1 工艺费用与产量的关系

$t_1、t_2$ ——每件工艺费用 $T_1、T_2$ ——总工艺费用

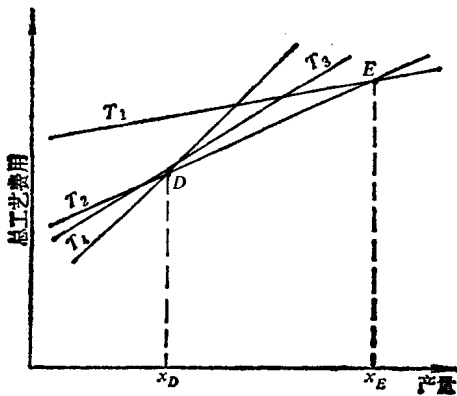


图0-2 多种工艺方案的工艺费用总值与产量的关系

例 图 0-3 的车加工件可用三种尺寸相近似的车床加工。第一种是手动操作的普通车床；第二种是两坐标轮廓控制的数控车床；第三种是程序控制的仿形车床。工件在两次装夹中进行粗车和精车。

表 0-2 为三种车床加工的工时和单项费用比较表。三种加工方法的坯件相同，坯件费用不必列入比较表内。由表中可见：工艺装备及生产准备费用，仿形车床最高，其次为数控车

床,普通车床最低;而每件加工费用,则是仿形车床最低,其次为数控车床,万能车床最高。

由公式(0-1)及表上数据,可得工件数量为 x 件时的总工艺费用

$$T_1 = 8.48x + 16.08$$

$$T_2 = 3.75x + 116.98$$

$$T_3 = 2.12x + 2062.76$$

车加工总工艺费用与工件数量关系如图0-4所示。曲线 T_1 与曲线 T_2 相交于D点,由式(0-5)得

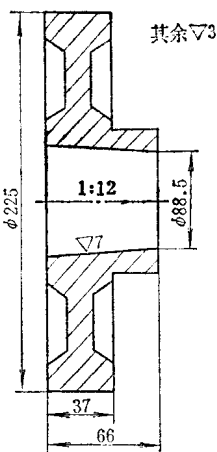


图0-3 锥形孔
工件车加工图

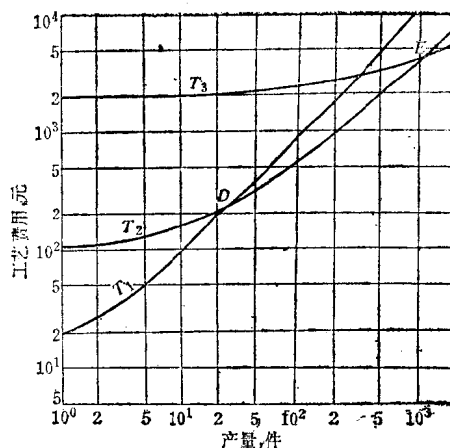


图0-4 车加工费用与工件数量

T_1 —普通车床加工 T_2 —数控车床加工
 T_3 —仿形车床加工 注 坐标为对数坐标

$$x_D = \frac{116.98 - 16.08}{8.48 - 3.75} \approx 21$$

曲线 T_2 与曲线 T_3 相交于E点,由式(0-5)得

$$x_E = \frac{2062.76 - 116.98}{3.75 - 2.12} \approx 1194$$

由此可知:工件数少于20时,以采用普通车床加工最经济;工件数大于1194时,以采用仿形车床最经济;工件数在21与1194之间时,则以采用数控车床为最经济。

表0-3 锥形孔工件的车加工工艺费用

时 间 与 费 用 (元)		机 床		
		普通车床	数控车床	仿形车床
1	机床购置费用	40000	196400	121900
2	机床小时费用	5.44	21.53	15.58
3	工作地点加工费用 K_L (元/小时)*	19.19	35.98	29.98
4	工件加工工时 t_1 (分)	26.5	6.25	4.25
5	工件加工费用 $a = K_L \frac{t_1}{60}$	8.48	3.75	2.12
6	工件装调时间 t_2 (分)	19	15	90
7	装调费用 $B_1 = K_L \frac{t_2}{60}$	6.08	9.00	44.97
8	工艺准备及工艺装备费用 B_2	10	107.98	2017.79
9	工艺成本不变费用 $B = B_1 + B_2$	16.08	116.98	2062.76

* 工作地点加工费用包括:机床及其专用附件的折旧费用、厂房和电力费用,辅助材料费用,以及直接加工工资和分摊到机床的间接费用。

通过经济评价方法来选择工艺方案,可以避免某些盲目性和提高科学预见性。

为了开展经济评价工作,工艺人员除应熟悉各种工艺方法外,还须掌握有关经济资料,如原材料及坯件的价格、典型机床设备和工艺装备的成本及折旧率、典型零部件的工时定额等。并在充分了解已有技术经济资料的基础上,按照其变化规律,制订出各项工艺费用的计算方法及计算公式,才便于较准确、较迅速地进行新工艺方案的经济评价。因此,开展经济评价工作,同时可以促进工艺工作的提高。

第一篇 电机零部件的机械加工

机械加工主要是指金属切削加工，也就是用刀具切去毛坯上多余的部分，以获得所需几何形状、尺寸和表面光洁度的零件或半成品的加工过程。常用的机械加工方法有车、铣、刨、磨、钻等。利用机械加工可获得很高的尺寸精度和表面光洁度。

机械加工是电机制造工艺中的一个重要组成部分。电机配合面的尺寸精度和光洁度主要是依靠机械加工达到的。机械加工质量的好坏，对电机的性能和寿命影响极大。在成批生产小型异步电机制造厂的全部机床设备中，机械加工设备约占40~50%，制造电机所需的总劳动量中，机械加工约占25~30%。

目前电机制造工业中，机械加工劳动量所占的百分比正在逐渐降低。这是由于零部件结构工艺性的不断改善和坯件（铸件、锻件、焊件）制造的准确度不断提高，减少了机械加工的工作量；而且由于金属切削机床性能与切削刀具的不断改进，以及采用组合机床、流水生产线或自动生产线，使机械加工的生产率有了显著的提高。但是，这并不影响机械加工在电机制造中所占的重要性。

电机中需要进行机械加工的零部件有机座、端盖、轴、转子支架、转子、定子、轴承盖、换向器、滑环、以及大型电机的底板、轴承座、轴瓦等。如何选择加工基准和加工方案以达到技术要求，是机械加工的基本问题。这些问题将通过中小型异步电机的机座、端盖和轴三个典型零件的加工，进行较详细的讨论。同时，也扼要地说明若干大型电机零部件加工的特点。

第一章 电机零部件机械加工的一般问题

§ 1-1 电机零部件的互换性和机械加工的特点

一、电机零部件的互换性

在成批生产和大量生产的零部件中，不经过选择和修配，任意取出一个同样规格的零件或部件，就能顺利地装配到产品上去，并能保证产品的质量。这种同样规格的零件或部件可以互相调换使用的性质称为零件或部件的互换性。

零部件具备了互换性，便可由专门车间或工厂进行专业化生产，采用先进的制造方法，从而大大地提高劳动生产率和降低产品成本。同时，在装配方面能缩短装配工时，提高装配质量。在修理方面，当某一零件或部件损坏时，可以迅速地用新的零件或部件去替换。生产规模越大，零部件的互换性便越显得重要。

就使用单位来说，电机本身常被作为一个元件或部件使用。首先要求同规格的电机能够互换安装，其次要求可拆卸的零部件能够互换使用。为此，除保证电机的电气性能外，尚需

严格控制下列尺寸:

1. 自轴中心至底脚平面的高度, 即中心高 H ;
2. 轴伸直径 D 和长度 E , 键槽宽度 F 和轴槽深 G ;
3. 底脚孔的横向中心距离 A 及其对中心线的距离 $A/2$;
4. 底脚孔的轴向中心距离 B 以及轴伸肩至第一个底脚孔的距离 C ;
5. 底脚孔直径 K ;
6. 定子内径与转子(或电枢)外径;
7. 端盖和机座止口的配合尺寸;
8. 轴承与轴承档和轴承室的配合尺寸;
9. 外风扇和外滑环与轴伸的配合尺寸。

其中 A 、 B 、 C 、 D 、 H 为保证电机互换使用的主要安装尺寸。

互换性一般是依靠机械加工实现的。

二、电机零部件机械加工的特点

电机零部件机械加工时所采用的机床设备和切削刀具与一般机器制造厂并无多大差异。但是, 由于电机结构和电磁性能的影响, 在电机零部件进行机械加工时, 还必须注意以下几个特点:

1. 空气隙对电机性能的影响很大。制订电机零部件的加工方案时, 应充分注意零部件的同轴度和配合面的可靠性, 才能保证空气隙的大小和均匀。
2. 与普通机器零件相比较, 电机机座和端盖的结构刚性较差, 装夹和加工时容易产生变形或振动, 影响加工精度和光洁度。
3. 对于带有绝缘材料的零部件, 如定子、转子、换向器和滑环等, 机械加工时, 不能采用机油、肥皂液等冷却剂, 不能使金属末屑落入绝缘部分, 以免绝缘性能恶化; 更应防止切屑扎入绝缘材料, 造成绝缘损坏事故。
4. 对于导磁零件, 切削应力不应过大, 以免降低导磁性能和增大铁耗。

§ 1-2 电机零部件的公差配合、形位公差与表面光洁度

零部件机械加工的质量是以下列三个特征衡量的:

1. 尺寸的准确度, 即零部件的公差。
2. 形状和位置的准确度, 即零部件的形位公差。
3. 表面光洁度。

一、公差与配合

公差的数值根据基本尺寸的大小和精度等级而定。国家标准 GB1800-79 规定, 标准公差分 20 级, 即 IT01、IT0、IT1 至 IT18。IT 表示标准公差, 公差等级的代号用阿拉伯数字表示。从 IT01 至 IT18 等级依次降低。IT14~IT18 用于非配合尺寸(即自由尺寸)。电机零部件的精度一般为 IT6~IT11。

零件之间的配合性质随着使用要求的不同而异。配合分间隙配合、过盈配合和过渡配合三类。电机中常用的配合是间隙配合和过渡配合。只有极少数的地方采用过盈配合, 例如中小型异步电机铸铝转子的铁心内径与轴外径是采用过盈配合的。

基准制分基孔制和基轴制两种。基准孔的代号为H，基准轴的代号为h。基准孔的下偏差为零，上偏差为正值。基准轴的上偏差为零，下偏差为负值。与机器制造业一样，电机制造业也优先采用基孔制。因为孔的加工与量度都比轴困难些，保持孔的极限尺寸稳定，在生产上是很方便的。例如中型异步电机端盖止口与机座止口的配合为H7/j6。但是，有时使用基孔制反而不便，例如端盖轴承室内径与滚动轴承外径的配合，因滚动轴承是标准件，因此改用基轴制J7/h6。此外，如有特殊需要，也可将任一孔、轴的公差带组成配合，例如端盖轴承室内径与轴承盖止口的配合为J7/f8，即轴承室内径（孔）用基轴制，而轴承盖止口（轴）用基孔制。这种不同基准制的配合，称为混合制。为适应冲压工艺的特点，电机中凡与冲片叠压件配合的部位大都采用混合制。

二、形位公差

零件的实际形状与理想的几何形状之间所容许的最大误差，称为形状公差。在一定的尺寸下，形状公差的大小表征零件表面形状准确度的高低。

零件各表面间、各轴线间、或表面与轴线间的实际位置与理想的相对位置之间所容许的最大误差，称为位置公差。在一定的尺寸下，位置公差的大小表征零件各表面间、各轴线间或表面与轴线之间相对位置准确度的高低。

形状公差和位置公差统称为形位公差。按照国家标准 GB1182-80 规定，形位公差共有十四个项目。电机制造中常用的形位公差有平面度、圆度、圆柱度、平行度、同轴度、对称度、位置度、圆跳动等（符号见表1-1）。有时为便于检测起见，对同轴度的要求用相应的径向圆跳

表1-1 GB-1182-80规定的形位公差符号

类别	名 称	符 号	类别	名 称	符 号
形 位 公 差	平面度		形	同轴度	
	圆 度		位	对称度	
	圆柱度		公	位置度	
	平行度		差	圆跳动	

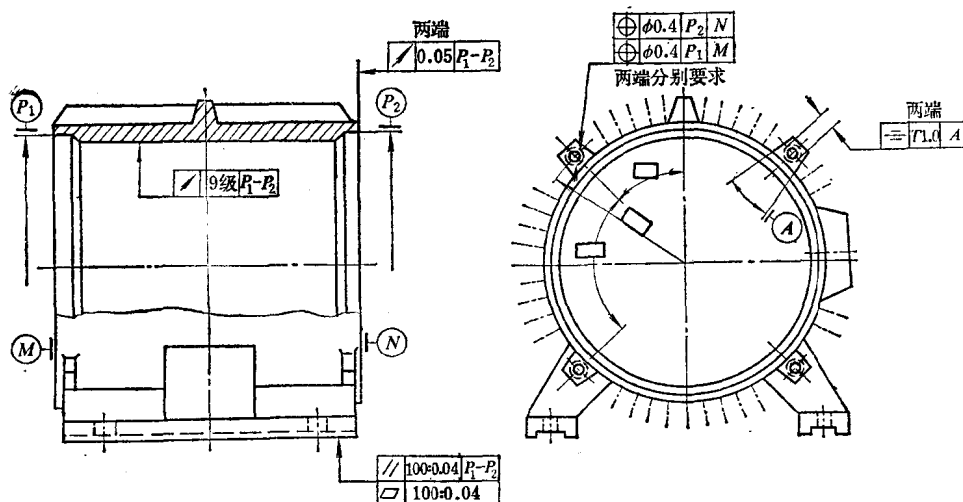


图1-1 小型异步电动机的机座

动代替，对圆柱度的要求用相应的圆度和平行度代替。图 1-1 和图 1-2 分别示出一种小型异步电动机机座与轴的形位公差。

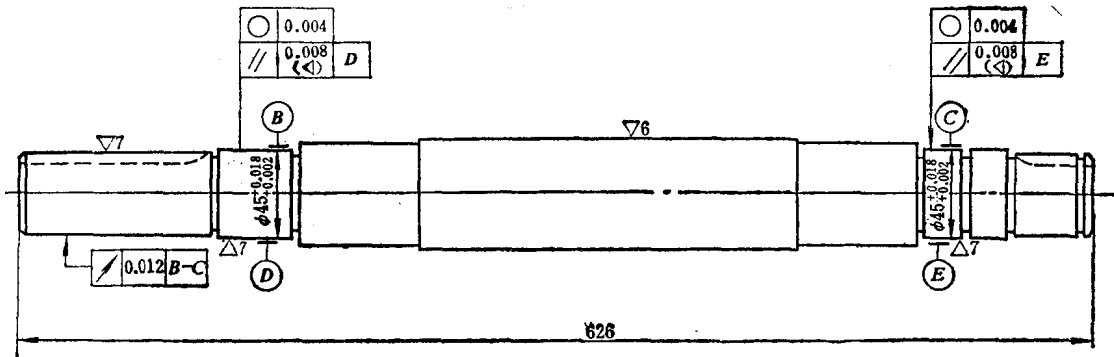


图1-2 小型异步电动机的轴

三、表面光洁度

表面光洁度对零件的性能影响很大。首先将影响配合尺寸的精度。尺寸精度高时，必然要求较高的表面光洁度。如果表面光洁度过低，当表面上的凸峰磨掉以后，尺寸的配合性质也就改变了。其次，较高的表面光洁度能提高零件的疲劳强度、耐磨性和耐腐蚀性。因此，某些零部件的尺寸精度虽然不高，却要求相当高的光洁度，例如滑环和换向器的工作表面、以及电镀前抛光的表面等。电机制造中各级表面光洁度的应用情况见表 1-2。

表1-2 电机制造中，各级表面光洁度的应用情况

表面光洁度		表 面 形 状	获得表面光洁度的方法	应 用 情 况
等级	名 称			
~	很粗但是平的	除净毛刺	铸、锻、轧制、模制、清砂及刷子加工	机座、端盖和支架的不加工表面
▽1	粗糙的	明显可见刀痕	锯断、粗车、粗铣、粗刨、钻孔和粗纹锉刀、粗砂轮等加工	轴的粗车表面、其它半成品的表面
▽2		可见刀痕		
▽3		微见刀痕		
▽4	半光	可见加工痕迹	拉制、精车、精铣、粗铰	机座内径、端盖止口、轴精车表面、轴套、滚柱
▽5		微见加工痕迹		
▽6		看不见加工痕迹		
▽7	光	可辨加工痕迹方向	研磨、金刚石车刀精车、精铰、拉制	座式轴承内径、轴与轴承的配合面
▽8		微辨加工痕迹方向		
▽9		不可辨加工痕迹方向		
▽10	最光	暗光泽面	研 磨	推力轴承的滚道面
▽11		亮光泽面		
▽12		镜状光泽面		
▽13		雾状镜面		
▽14		镜面		