

中等专业学校教学用书

电机制造工艺学

維諾格拉陀夫著



机械工业出版社

电 机 制 造 工 艺 学

修訂 第 二 版

維諾格拉陀夫著

錢振棠 鄭懷英 陳德方 毛振龍合譯

經蘇聯電工部教育局批准
為中等專業學校教科書



机械工业出版社

1050

上海图书馆书

出版者的話

本書是供中等專業學校為電機製造廠培養電機設計師和工藝師的教科書。書中敘述成批生產的功率40瓩以下的三相交流電機和直流電機主要零件的工藝問題。書中列舉了電機製造專用的工夾具和設備的設計與計算。在每一章中都討論了結構工藝性的問題。

本書亦可作為有關專業學校的學生在電機製造廠作生產實習時參考用以及電機工程技術人員和工人的參考書。

本書曾承凌錫琮同志校閱。

蘇聯 Н. В. Виноградов 著 'Технология производства электрических машин (издание второе, переработанное), (ГЭИ 1954 年第二版)

*

*

*

NO. 2868

1959 年 4 月第一版 1959 年 4 月第一版第一次印刷

787×1092 1/25 字數 289 千字 印張 13⁵/25 0,001— 8,150 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 003 號 定價(10) 1/60 元

目 次

序言	5
第一章 电机制造工艺的一般性问题	7
1-1 电机制造工艺发展简史(7)——1-2电机制造工艺的特征(11)——1-3 工艺文件(13)——1-4结构和工艺间的关系(19)	
第二章 机械零件	22
2-1 机械零件的特性(22)——2-2轴加工的工艺过程(24)——2-3 轴加工的 自动机床流水綫(33)——2-4轴结构的工艺性(35)——2-5轴承端盖(37) ——2-6端盖加工的工艺过程(39)——2-7轴承端盖结构的工艺性(44)—— 2-8机座(48)——2-9机座加工的工艺过程(49)——2-10机座结构的工艺性 (54)——2-11刷杆座圈的加工(57)	
第三章 冲制零件	60
3-1 冲制零件的特性(60)——3-2鋼片的套裁(61)——3-3冲剪車間的設 备(64)——3-4冲模的型式(71)——3-5冲模的寿命(76)——3-6鉄心冲片 的冲剪(79)——3-7鉄心冲片的结构的工艺性(92)——3-8普通鋼零件的冲 剪(95)——3-9冲剪車間的先进工作方法(101)——3-10冲剪过程的自动 化(103)——3-11冲剪車間的安全技术(109)	
第四章 鉄心	113
4-1 鉄心的特性(113)——4-2 冲片的絕緣(114)——4-3 轉子鉄心的装配 (117)——4-4定子鉄心的装配(126)——4-5綫槽的加工(132)——4-6定子和 轉子鉄心的压紧(135)——4-7鉄心压紧的計算(139)——4-8磁極装配(141)	
第五章 換向器	144
5-1 換向器的結構(144)——5-2換向器鋼片(147)——5-3鋼片装配成环与 加压(152)——5-4燕尾的加工(159)——5-5云母环的制造(164)——5-6換向 器装配与加工的工艺过程(171)——5-7換向器结构的工艺性(179)——5-8塑 料換向器(180)——5-9集电环的結構(184)——5-10集电环的装配(187)	
第六章 定子、轉子和电樞繞組的綫圈	189
6-1 綫圈的类型(189)——6-2多匝綫圈的繞制(196)——6-3單匝綫圈的彎 制(206)——6-4綫圈的張形与压紧(211)——6-5綫圈的包絕緣(218)——6-6 綫圈的浸漬处理(225)	

第七章 磁極繞圈	229
7-1 磁極繞圈的類型 (228)——7-2繞圈的繞制 (230)——7-3繞圈的包絕 緣(242)——7-4繞圈的試驗(246)——7-5繞圈結構的工藝性(248)	
第八章 定子、轉子和電樞的繞組	250
8-1 繞組的類型(250)——8-2定子的繞槽嵌線(251)——8-3轉子的嵌線 (264)——8-4轉子鑄鋁 (269)——8-5電樞繞槽的嵌線 (276)——8-6繞組連 接線的焊接(284)——8-7嵌好線的定子、轉子和電樞的浸漬 (293)——8-8 繞組的試驗(297)——8-9繞組結構的工藝性(302)	
第九章 電機的裝配	304
9-1 裝配工作的特性 (304)——9-2轉子平衡 (304) ——9-3刷握 (312)—— 9-4軸承裝配(318)——9-5電機總裝配(323)	
附錄 練習題目和規定的作業	335
參考文獻	336

序 言

苏联共产党第十九次全国代表大会通过的第五个五年计划的指示规定了要以国民经济各部门的新的强有力的高涨，科学和文化进一步的发展，以及进一步提高劳动人民物质福利的伟大纲领来武装苏联人民。

第五个五年计划期间社会主义工业的产品大约要增加70%，将超过战前1940年生产水平的两倍。

在电气化方面，指示中规定了要高速地增加电站的发电能力以便更充分地满足国民经济和居民生活对电能日益增长着的需要，并增加动力系统的储电量。在五年计划内电站的总容量约增加一倍，而其中水电站则增加两倍。大型水电站，其中包括容量为210万千瓦的古比雪夫水电站（Куйбышевская электростанция），以及总容量为191.6万千瓦的卡马（Камская）、高尔基（Горьковская）、明斯克（Мингечаурская）、乌斯特-卡缅诺戈尔斯克（Усть-Каменогорская）及其他水电站都将投入运转。

在五年内电能的产量将增加80%，汽轮机的生产将增加1.3倍，而水轮机的生产将增加6.8倍。

由于汽轮机和水轮机主要是用来驱动发电机的，因而水轮和汽轮发电机，以及各种型式电动机的生产应有相应的发展。提高劳动生产率是国民经济进一步高涨与发展的主要的和决定性的条件。第十九次党代表大会的指示规定了在1951—1955年间工业方面的劳动生产率增长约为50%左右。进一步提高劳动生产率的重要性迫使我们要在生产中大力地采用成套的机械化设备。不仅主要的生产过程需要采用成套机械化设备，也在各种中间生产过程和辅助生产过程亦需如此，因为在这些过程中常常比在主要生产过程中需要更多的人。

发掘和利用社会主义企业中的各种潜力，对提高生产的数量和速度有决定性的意义。在许多先进企业和各个革新者的号召下，在苏联展开了为降低产品成本、节约原材料和动力、改进产品质量、提高生产水平、改善企业固定和周转资金的利用，在每一工作岗位上提高技术经济指标和其他指标的偉大运动。

基洛夫〔电力〕工厂的全体职工（Завод “Электросила” им. С. М. Кирова），在研究了充分合理地利用内部潜力的可能性后，接受了在1954年内要在水轮发电机车间把每一平方公尺面积的产量增加40%，而在大型单个电机制造车间增加30%的任务。其他工厂也接受了类似的任务。

正在生产中的电机，其结构和工艺不断的合理改进具有无穷的潜力。例如，

在基洛夫〔电力〕工厂1952年由于采用了1247件合理化建議，經濟效果超过四百万盧布，而在1953年超过了五百万盧布。

工程师和技术員們跟先进工人的创造性的合作，已成为發展生产的主要形式之一。由于生产工作方法的根本改善，許多先进生产者都获得了斯大林獎金。

为了有效地改进和改善工艺，年青的干部們应当頑強地學習工艺实际运用的原理和方法。

本教科書是国家动力出版社在1948年出版的〔电机制造工艺学〕一書的全面修正版。旧版的主要缺点是：直流电机制造工艺比重大，而应用最广的三相电机的工艺倒很少給予注意；在叙述各个工艺过程中，沒有描述设备和夹具的结构；先进生产者和革新者的經驗利用得也不够。这些缺点在本版中已經消除了。电气工业部中央技术报导处所出版的〔技术报导彙編〕和〔合理化建議彙編〕在很大程度上有效地广泛說明了电机制造厂的先进生产者們在改善工艺过程与运用新式机床和夹具方面的經驗。

本書保持着旧版原有各章的排列。本書的篇幅有限不能包括所有型式电机的工艺，而只限于容量400瓩以下的系列电机，目前几乎所有电机制造厂和絕大多數的技术干部都为它們进行工作。書中所引用的材料叙述得十分詳尽，学生們不仅能够理解，而且可以把它应用在教學和实际工作中。叙述制造工艺时同时也叙述了必要的设备和夹具的設計和結構以及工艺过程卡片。書中列举了許多例子来说明如何进行改善设备和夹具、更好地組織工艺过程的方法，俾得在提高劳动生产率和改进产品质量方面取得的很大的成就。

为了保持旧版本的原有篇幅，在这一版中取消了屬於〔金属工艺学〕和〔生产組織〕課程中的問題；同时也刪掉了公差、繞組用銅錢和絕緣的表格，因为这些資料已出版了适当的手册。

考虑到电气技术員在电机制造工厂是担任設計师和工艺师的工作，以及結構与工艺間不可分割的关系，書中还研究了結構工艺性的問題。应用这些資料可以使中等技术学校中的实習設計接近于工厂中真正設計的条件。

作者对在評閱草稿时会提出宝贵意見的〔电力〕工厂总工艺师奇雅柯諾夫（Г. М. Дьяконов）同志，以及作者在个别問題上會与他們商議过的許多电气工业的工作者們表示謝意。

作 者

第一章 电机制造工艺的一般性問題

1-1 电机制造工艺發展簡史

在偉大的十月社会主义革命前，俄国的电器工业处于萌芽状态。1913年俄国电工产品只占世界电工产品的2.5%。革命前电器工业总投资7300万盧布其中70%以上是屬於外国資本家的。93%以上的电气测量仪表，90%的电灯和57%的电机；变压器和开关是从国外輸入的。

1947年苏联电器工业所生产的产品比1913年多65倍，而1950年則比1947年多124倍。这些大量增長的数字并不能完全表达出苏联电机制造业的發展情况，因为它的質量也同时在提高。从本質上来說革命前的工厂是用国外輸入的零件和材料装配成簡單电机的装配工場。在五年計劃的年代里才建成了用現代技术装备起来的第一流工厂。第二个五年計劃时，苏联在电机制造业方面已經不再依賴輸入，在苏联的工厂里就不会再有制造不了的电机了。

在1921~1925年的恢复时期中，电机制造工厂的生产是具有綜合性質的。例如，[电力]、[XЭМЗ] 和 [基納莫](Динамо) 等工厂都从事过各种容量的电机、变压器和电气开关的生产。在1928年下半年莫斯科古比雪夫变压器厂(Московский трансформаторный завод имени Куйбышева)开工后，变压器的生产就轉交給它了。但是电机制造工厂产品的品种还是很多的。在生产中还保留着来自革命前很陈旧的处在1908~1912年水平的电机。这些电机的效用很差，并需耗費大量黑色和有色金屬，以致限制了电器工业的进展。

苏联汽輪發电机制造业的發展过程是完全服从于国家电气化的任务的，該任务是苏联共产党和政府根据全俄电气化委员会的計劃列入議事日程上的。第一台容量3000瓩的汽輪發电机是1924年在[电力]工厂制成的。在1937年該厂出产了世界上第一台空气冷却的容量100,000瓩3000轉/分的汽輪發电机。1945年在新的改善了汽輪發电

机系列的基础上，制造了第一台氩气冷却的容量100,000瓩的汽輪發电机。1952年制造了氩气冷却的容量150,000瓩的汽輪發电机。

苏联的水輪發电机制造业也在平行地發展。[电力]工厂所制造的用于沃尔霍夫水电站（Волховская ГЭС）的、容量8750千伏安75轉/分的水輪發电机是苏联第一台自制水輪發电机。今天在苏联謝尔巴柯夫水电站運轉着（Щербаковская ГЭС）的、容量70,000千伏安62.5轉/分的水輪發电机是世界上外形尺寸最大的水輪發电机，德涅伯水电站（Днепро́вская ГЭС）的、容量103,500千伏安83.3轉/分的水輪發电机曾在容量上获得世界記錄。古比雪夫和斯大林格勒水电站（Куйбышевская и Сталинградская ГЭС）的水輪發电机是苏联水輪發电机制造业的进一步發展。这些电站的巨大容量和它們的建設速度提出了不是單个的，而是成批生产巨型水輪發電机的任务。中容量水輪發电机成批生产的初步經驗已成功地在[烏拉尔电器]（Уралэлектромашин）工厂实现。

与水輪發电机容量和尺寸增長的同时，苏联的設計師和工艺师根本上改变了这些电机的結構和工艺。現代水輪發電机的焊接机座不必加工，并且在装配定子鉄蕊时可以把定子的定位筋焊到机座上去。这样，既大大地減輕了电机重量，又可不需用卡盘直径大于16公尺的机床来旋削机座內徑。

从1926年起展开了設計中小容量电机的新系列的工作。在重量指标方面曾取得很大的成就。以容量29瓩1500轉/分的感应电动机为例，过去它的重量为641公斤，而在新系列中是280公斤。这样重量就減輕了一半以上。

在第一个五年計劃中开始进行了工厂的專業化工作。[电力]工厂負責研究并制造10瓩以下的小型 and 100瓩以上的大型感应电动机系列。在[XЭМЗ]集中生产10到100瓩的感应电动机。[基納莫]工厂开始成为專門制造曳引和吊車电机的工厂。

成批生产方面所积累的經驗，使得有可能在1950年設計并在生产中掌握容量从0.6到100千瓦的感应电动机的全国統一系列，从而代

替了九个不完整的电动机系列。这一措施，就是社会主义计划经济较资本主义经济优越的典型例子。掌握这一系列后，扩大了生产的规模与减少了电动机安装和在运转中服务的费用，其经济效果将以数亿卢布计。

在五年计划的年代里，苏联电器工业各企业的设备和工艺装备是不可辩驳地改善了。在1925年以前，电机制造工厂是使用所谓标准样板进行工作的，这就使得零件没有互换性，更谈不上现代化的成批生产方法。在电机装配时必然要配修和选配零件。为了改变这种情况，因此才开始采用公差和极限量规制度。以这些首创的经验为基础，在1929年制订了全苏联公差与配合的标准，为过渡到成批生产开辟了广阔的可能性。

革命前的电机制造工厂没有铸钢车间，所以起导磁作用的机座是用生铁铸造的。因而它们的重量增加一倍多。在第一个五年计划期间，电机制造工厂装备了熔钢的电炉，才有可能用钢来铸造导磁零件和机械负荷的零件，并且为导磁零件研究出了高导磁率的特殊牌号的钢。

革命前，电机制造工厂采用了多种度量系统与螺纹形式。同时应用着公制和英国的度量制；10公厘以上的直径普遍使用着惠氏螺纹。苏联电机制造业早在恢复时期便已消灭了英国度量制，而在第二个五年计划里又过渡到公制螺纹。特别在新旧螺纹同时存在的过渡时期，这种过渡必需做巨大的组织工作，苏联电机制造业终于胜利地克服了这些困难，奠定了零件统一化与标准化的基础。

电机制造工业使用大量电工钢进行加工，因而这些钢材的合理利用问题是极其重要的。电工钢片的经济裁剪决定于电机设计时定子与电枢直径的选择。经济的标准直径系统在1947年已为电器工业的工厂所推行。它使得有可能利用四种标准尺寸的电工钢片得到适用的直径系列。这一标准规格是把冶金工业和电器工业的利益有组织地结合起来的典型例子，而只有在社会主义计划经济下才有可能。

由于成批生产的推行和钢产量的增加，我们改善了冲制方法和采用了复式冲模，复式冲模应用于零星生产时是不合算的。并合冲模出

現后，在冲制鉄心的复式冲模的制造方面引起了变革，它們的上模与下模的切割部分过去是用整塊合金鋼制造的，現在用像換向器銅片似的楔形扇片并合起来。这样便大大簡化了冲模的制造过程。冲模有一个齿损坏后，換上一个新的楔形扇片就可很快地修好冲模，而在过去整个下模不得不重新做。

在零件机械加工方面我們采用了許多專用机床，并且組織了自动流水綫来大量生产电动机。另外，設計和掌握了能保証被加工零件同心的、旋削加工用的許多典型夹具，銑加工夹具，軸承端盖鑽孔的鑽模，机座的迴轉鑽模等。

电器工业各工厂里日益广泛推行着金屬高速切削法，这对劳动生产率的提高有着重大的作用。采用新的方法制造工具，可大大减少貴重合金鋼的消耗。这种方法有：焊上硬質合金小塊的車刀，鑲上金屬陶瓷小塊的車刀，鑲上齿的銑刀与鉸刀，刃口强化的刀具等。

在繞組工作方面，由于采用了具有耐热而堅固的纖維絕緣与漆皮絕緣的新牌号銅綫，使得包匝間絕緣工作的比重显著地减少了。在許多工厂中由于絕緣工作采取了机械化，因而更进一步地减少了手工劳动。用下綫前預先繞成圈式的双層和單層繞組的方法来代替由手工穿繞導綫在槽內，使下綫的劳动生产率提高了好几倍。在小容量电机的电樞繞組方面，广泛地采用了在自动繞綫机上繞成繞組的方法，效率比手工高好几十倍。使用現代化的繞組浸漬和浸胶设备使得有可能改善繞組的浸漬和浸胶过程，提高劳动生产率及繞組寿命和繞組在运转中的可靠性。

感应电动机轉为大批和大量生产后，零件規格的統一化便有了广阔的前途。在統一系列电动机的七个外形尺寸和十七个型式尺寸的基础上，加上少量变化的零件就可制造容量从0.6到100瓩范围内各种型式的电动机，开辟了广泛采用像压力鑄造这类方法的可能性，而这类方法在小批生产下是不合算的。这种措施不仅应用在軸承端盖，軸承盖等各个零件上，也能用于零件的成套結合上，带風翼的轉子和鑄在鋁外壳里的定子鉄心就是两个例子。

在微小电动机方面，塑料得到更多的应用，用它不仅可以做出綫板，刷握支架等小零件，也可以做电机的外壳。这就使得有可能不仅省去在这些零件上的金屬消耗，而且完全免去了机械加工。

在电机制造工艺中采用了大量非机器制造厂制造的所謂非标准设备。这里包括綫圈繞綫机，压繞組的压床，扎鋼絲机，換向器云母下刻机以及其他許多机器。这些机床的一部分是工厂利用旧金屬切削机床改装而成的，但这些机床的主要部分必須重新制造。由于生产的增長，感觉到有集中成批地設計和生产这种设备的需要。只有这样才能更好地改进设备，使生产过程自动化，并更大程度地提高劳动生产率。

这就是苏联电机制造工艺發展的主要步驟的簡述，而并非完整的情况。

1-2 电机制造工艺的特征

电机制造是整个机器制造业中的一个部門，它具有許多独有的特点。一般机器制造工艺只研究零件的机械加工和把零件装配成制品，而电机制造的工艺过程比一般机器制造的工艺过程所具有的花样却多得多，因为电机制造中除了机械加工和电机的总装配外，还包括鉄心的冲制和装配，換向器和刷握的制造，繞組綫圈的繞制、成形、絕緣、浸漬及将其嵌入槽中，用軟焊料和硬焊料焊接等等。这些工艺过程的工作質量在很大程度上决定了电机的一些重要特性，例如电机工作的可靠性，电刷下發火花的程度，鉄心中的損耗，电机各部分發热的情況等等。像換向器那样复杂的部件的制造質量，在很大程度上决定于合理的工艺过程。鉄心中的渦流損耗在采用同一种的电工鋼片时几乎完全决定于冲片的冲制工艺、鉄心装配和加工的工艺。繞制繞組时，車間里的清潔和工艺过程的切实执行有着特殊重要的意义。灰塵和髒物落在絕緣上或者違反了对繞組規定的干燥和浸漬制度，便会显著地降低絕緣寿命，并且很小的金屬粒屑在繞組內常常会造成电机損坏，以致使其長期不能工作。因此，在設計生产工段时，必須規定在繞組

工段附近不准进行与金屬加工有关的任何工作，并且規定繞組工段内应具备有线圈嵌入槽内前用压缩空气来吹鉄心的設備。

在电机制造业中，除了金屬切削机床以外，还采用許多特殊設備，其中包括鉄心冲片塗漆和干燥所用的傳送帶，电机装配和修飾所用的傳送帶，使用复式冲模进行冲制零件所用的強力偏心冲床，使用冲槽模进行冲制零件所用的半自动冲床，轉子鑄入鋁所用的机器，繞綫和包絕緣所用的机床，平衡机，繞組張形、压形、浸漬、干燥和浸胶所用的复杂設備。这类設備一天一天地更加專用化和自动化了。例如：小容量电机定子与电樞槽内自动嵌綫用的机床完全代替了手工嵌綫入槽的劳动；使用銅綫断掉时和繞完了所需匝数后会自动停車的綫圈繞綫机允許在这些工作上推行一人看管几台机床；螺旋管式綫圈的繞綫机允許不間断地进行繞綫，然后再將繞出的螺旋体切开为各个綫圈；能自动指示平衡錘应安放的位置及放上的重量的动平衡机把平衡过程所需時間縮短为原来的几分之一；自动冲床在冲制过程中把成叠地放在冲床台面上的鋼片逐片送到冲模下；小型电机鉄心冲片的冲制过程与鉄心装配过程銜接起来了。假如沒有广泛采用机械化的劳动过程，那么在我国工厂电机制造业的这种發展速度将是不可能的。

各种工艺装备用于完成电机制造的各种工序，它包括模型、冲模，机床上加工用的夹具，压模和工具。冲模在电机制造业中获得了極端重要的意义，并在很大程度上决定着电机制造的价格和质量。由于冲制工作具有大量生产的性質，冲模用于成批生产。加工用夹具常具有專用的性質。例如，在电机中会遇到同时有沿平面布置的孔和沿圓周布置的孔的零件，直流电机机座就屬於这一类零件。为这种加工而設計的專用迴轉鑽模，不但代替了划綫，也可作为迴轉零件的夹具。压模用来制造由塑料与絕緣材料做成的零件，小容量电机的換向器与刷握和用云母板做成的換向器云母环屬於这一类。專用的压鑄模是用来澆注鋁条鼠籠型轉子的短路环与風翼的，也被用在特殊机床上以压力鑄造其他零件。轉子与定子綫槽及刷握盒加工用的狹銼刀和拉刀是电机生产中的特殊刀具。在繞組生产中常采用許多特殊的下綫工具；弯曲条

式綫圈的扳子，切槽絕緣的刀子及其他。在測量工具方面可以着重提出的是檢查換向器零件的特殊角度样板，檢查綫槽尺寸的量規，檢查機座和軸承蓋同心的夾具。

1-3 工艺文件

生产技术准备工作是依据电机設計过程中所繪出的工作圖来进行。生产技术准备工作包括以下各个步驟：編制零件在各車間內加工的步驟和路綫（过程卡片），編制所需的工艺装备清單，設計和制造工艺装备，并将它們使用到生产中去，編制零件制造和电机装配的工时定額与工資計价的工艺卡片。

工艺文件包括下列几个主要技术文件：

1. 每一零件的过程卡片；
2. 一台电机的工艺装备清單；
3. 每一零件制造、各个部件和整个电机装配的工艺卡片；
4. 操作各个工艺过程的生产指示●。

在大量生产时尚編制有适用于工艺过程中操作步驟更細致的技术文件。例如，适用于个别工序的工序卡片，工序草圖，工步草圖等。

过程卡片指示零件在厂內各車間加工的路綫，小批生产时过程卡片由过程明細表来代替。过程明細表中每一零件的工艺过程編写成单独一行。为了簡化过程明細表的形式，往往用代号来代表車間和工段，通常以二位数字来表示，第一位数字代表車間的編号，第二位数字代表工段的編号。

在表 1-1 中介绍了电机制造工厂各車間的組織机构，把它們分了組并列舉了它們的主要生产职能。不能把这表看成是工厂的行政性划分圖，它仅仅是一張为了完成电机制造所必需的生产工段的清單。

零、部件数量多的复杂电机則用电机生产圖表；在圖表上指出它們工艺順序中的各个工序。每一电机的这种圖表各有其特点。

圖 1-1 为直流电机生产的典型圖表。从圖表上可以看出，它分

● 生产指示一般工厂称为工艺守则或工艺規程。——譯者

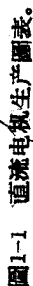


圖1-1 直流电机生产圖表。

表1-1 电机制造工厂各车间的组织机构及其职能

项号	车间名称	主要生产职能
I 热加工车间部分		
1	铸铁车间	铸造交流电机机座, 轴承端盖, 轴承盖, 刷握支架, 机架, 绕组支架等。
2	铸钢车间	铸造直流电机机座, 换向器套筒与锥形压环, 电枢压圈等。
3	有色铸件车间	铸造铜合金的导电零件与刷握; 轻金属的风扇, 机座与轴承端盖。铸钢铸铝和铸造金属模型等。
4	鍛造车间	吊环、大螺栓的热冲。大零件毛坯的鍛造。压圈的弯形。
5	电焊车间	底板、大电机机座、铜鼠笼型转子的焊接。
6	热处理车间	铁心冲片、铜排与铜排绕圈的退火。刀具、量具和夹具的热处理。
II 机械加工车间部分		
7	铸件加工车间	机座、轴承端盖、轴承盖、压圈、机架、刷握支架的加工。
8	轴加工车间	锻制材料做的轴与套筒的加工。
9	紧固件车间	用条料制的螺钉、螺栓和螺帽的自动加工。铆钉与螺钉上鍛出头。刷握小零件的加工。
10	工具车间	制造冲模、夹具、量具、刀具和压模等。
III 冲制车间部分		
11	电工铜片剪裁与绝缘车间	在剪床上剪裁铜片。异磁冲片的去毛刺和涂漆。
12	铁心冲片冲剪车间	冲电枢、定子、转子和磁极冲片。
13	小零件冲剪车间	冲刷握零件、垫圈、电缆接头、导线定位夹子和绝缘零件等。
IV 绝缘车间部分		
14	云母板、带与纸车间	云母板、云母纸、云母带与层压绝缘材料的贴制与加压。
15	云母零件压成车间	压制换向器云母环, 刷握螺栓和绝缘套筒的层压绝缘。
16	塑料车间	压制塑料零件和塑料换向器。金属零件周围压上塑料。
17	绝缘毛坯车间	将片料剪成绝缘零件, 以供绝缘与绕槽嵌线工作之用。
V 电气车间部分		
18	铜丝绕圈车间	绕制绝缘铜线的线圈和包绝缘。
19	铜排绕圈车间	绕制铜排线圈和包绝缘。
20	换向器车间	换向器机械零件的加工。将铜片装配成圆环。换向器片燕尾的加工。换向器和集电环装配。
VI 绕槽嵌线车间部分		
21	电枢绕槽嵌线车间	绕制绕组支架绝缘。把线圈嵌入槽内。电枢扎线。绕组引出线焊接在换向器上。换向器最后加工。
22	转子绕槽嵌线车间	小转子线圈用手工绕线。转子条式绕组嵌入转子绕槽内。绕组的焊接和扎线。套集电环。

項 号	車 間 名 称	主 要 生 产 职 能
23	定子綫槽嵌綫車間	定子繞組嵌入綫槽內。各相連接綫的焊接。把楔条打入槽內。
Ⅶ 修飾与輔助車間部分		
24	电镀車間	零件的防銹性电镀(鍍錫、鍍鋅、鍍鋁)。压模和量具鍍銘以提高抗耐磨性。
25	拉絲車間	为了利用不同爐的殘料,將大直徑的銅綫拉成小直徑的。拉成特殊断面的型材。校正用于自动机床加工的棒料。
26	浸漬車間	繞圈和嵌好綫的电樞、轉子和定子的干燥,浸漬和浸胶。絕緣材料的浸漆。
27	油漆修飾車間	零件和已完工电机的上底漆、打膩子和塗漆。护板和附屬件的装配。
28	模型車間	制造木模,型心匣。为鑄造金屬模型制造木模等。
Ⅷ 装配車間部分		
29	鉄心装配車間	电樞、轉子、定子和磁極鉄心在軸上,在机座內或特殊輔具上装配与加壓。換向器套軸。
30	刷握与附屬件装配車間	刷握、換向器窗盖、通風孔盖和冲制風扇的装配。
31	总装配車間	轉动部分的平衡,繞圈套在磁極上,軸承安装。將轉子装入机座內。装軸承端盖。刷握支架和出綫座的装配与装置。繞圈和繞組接至出綫座。装联軸器和皮帶輪。

为两个主要流水綫;电樞流水綫和机座流水綫,而在电机装配时匯合起来。此外,每个流水綫本身又包括若干支流水綫,表示着电机各个部件的制造过程。带箭头的联结綫表示零件在工厂各生产部門循序加工的程序。

在設計成批生产的工厂或車間时采用同样的圖表。在这种情况下,圖表的意义在于表示出各个生产工段应该如何布置,才能使零件循序加工的路徑短而且直。生产工段中的机床如果不是按工艺过程而是按同型机床分組原則来布置,那末零件路徑将是非常复杂而曲折,这种情况只有在單个生产时才能允許。生产的性質越接近大量生产,正确地布置生产工段的意义就越大。

可引用已表明在圖表上(圖1-1)的例子來說明。

冲成的零件用于装配成电樞鉄心亦用于装配成磁極。如果冲剪車間位于电樞和机座的流水綫間,則可以合并設立一个冲剪車間,这从