

高等学校試用教科书

电机制造工艺学

哈尔滨工业大学电机教研室編

只限学校内部使用



中国工业出版社

前 言

本书原是哈尔滨工业大学电机教研室孙云鹏同志为“电机制造工艺学”课程所编的讲义；已经试用过五年（1956～1960年）。今年四月由“电机、电器专业教材编审小组”推荐为试用教材。

本书内容包括电机制造的一般工艺和专门工艺（铁芯装配、换向器制造工艺、线圈制造工艺等）。其中换向器和线圈制造工艺二章中的部分内容是根据哈尔滨电机厂钱振蒙、毛振珑等工程师在过去几年里在哈尔滨工业大学讲授工艺学时的相应章、节编写而成。

由于原讲义中部分内容已经陈旧，我们这一次又将全书进行了核对和修改，部分章节进行了重写。参加重写和修改工作的同志有：许康生（绪论、第一章、第三章）、卢道英（第二章）、谢中孚（第四章）、高国安（第五章）、汤蕴璆（第六章），全书最后经汤蕴璆、许康生二同志统一审、校。由于时间的限制，各种电机的装配和大型水轮及汽轮发电机的制造特点等内容均未及编入；准备在第二版时再行补充。

由于水平的限制，内容可能有许多错误和遗漏；我们热诚地希望广大读者提出批评和指正，以便再版时更正和补遗。

目 录

前 言	
绪 论	7
0.1 我国电机制造工业概述	7
0.2 电机制造的特点	12
0.3 电机结构的工艺性	13
0.4 “电机制造工艺学”课程的任务	14
第一章 电机制造概論	15
1.1 我国电机制造工艺工作的发展过程和基本方向	15
1.2 电机制造的工艺工作和組織系統、电机的生产过程和工 艺过程	17
1.3 电机制造的生产类型；工艺程序和工艺过程的典型化	19
1.4 工艺文件及其編制原則	21
1.5 电机生产图表	22
第二章 轉軸、机座和端盖的制造工艺	26
2.1 轉軸的种类、材料和毛坯	26
2.2 轉軸的加工和結構的工艺性	31
2.3 机座的种类和加工工艺	34
2.4 端盖的种类和加工工艺	40
第三章 硅鋼片的冲剪	46
3.1 冷冲加工的优点和影响加工質量的因素	46
3.2 冲模及冲制方法的选择	58
3.3 冲模結構的工艺性	69
3.4 硅鋼片剪裁的利用率	72
第四章 鐵芯装配	75
4.1 鐵芯装配的重要性的要求	75

4.2 冲片的絕緣处理	76
4.3 鉄芯裝配的緊密度	82
4.4 鉄芯裝配的准确度	88
4.5 鉄芯裝配的工艺程度	91
第五章 換向器制造工艺	100
5.1 換向器的分类和結構	100
5.2 換向器的質量要求	103
5.3 換向片用銅及其技术标准	113
5.4 換向片的制造工艺	119
5.5 換向器云母片和V形云母环的制造工艺	126
5.6 換向器的裝压方式及压力計算	128
5.7 換向器裝配	132
5.8 換向器結構的工艺性	136
5.9 換向器裝配工具的設計	137
第六章 綫圈制造工艺	147
6.1 綫圈的分类和結構的工艺性	147
6.2 各种交、直流綫圈的結構工艺性	148
6.3 綫圈絕緣	158
6.4 电暈及其消除方法	175
6.5 浸漆、浸膠工艺过程	186
参考文献	195

緒 論

0.1 我国电机制造业概述

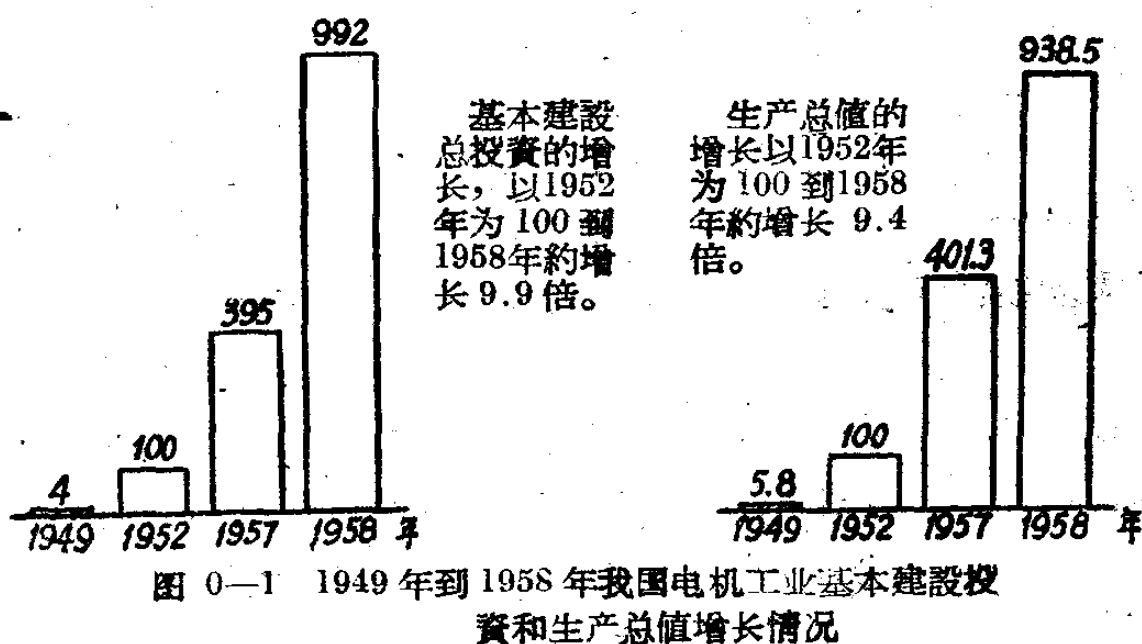
电机制造业为我国电气化提供必不可少的物质技术基础，是社会主义工业的重要组成部分。电机制造业为日益强大的电力系统提供各种容量的发电、输电和配电设备，同时也为国民经济的其他部门制造各种规格的发电机和电动机。总之，电机制造业已在社会主义建设事业中起着重大作用，给国民经济带来巨大的物质财富。

虽然电机制造业具有这样的重要性，但是由于解放前我国是一个半封建半殖民地国家，受到帝国主义的掠夺和国内反动统治的压迫，因此我国当时的电机制造业是极端落后的。当时只有一些由官僚资本家投资开设的几家电工厂，并且大部分属于修配性质，国内所需之电机绝大部分依赖外国进口。1947年是旧中国发电设备年产量最高的一年，但发电机年产量仅为 25000 仟伏安，电动机年产量仅为 68000 马力，自制最大单机容量发电机仅 200 瓩，电动机仅 180 马力，至于一些特殊要求的电机和水、火力发电设备则根本不能制造。

解放后在党和毛主席的英明领导下，各项工业建设得到高速度的发展，电机制造业也有了一日千里的发展。回顾建国十一年来我国电机制造业所取得的成就真是令人欢欣鼓舞。在国民经济恢复时期(1949~1952)，电机制造业就达到了解放前最高的生产水平。又经过第一个五年计划的建

设,尤其是继1958年的大跃进以来,不论在生产总值还是在产品品种方面,不论在单机容量还是在总产量方面,也不论在基本建设和采用新技术方面,都取得了惊人的成就。目前,我国的电机制造工业已经形成了一个完整的体系。

1958年大跃进以后,认真贯彻了党的社会主义建设总路线和一整套“两条腿走路”的方针,电机工业生产基地迅速扩大,就基本建设的总投资来看(以1952年为100%),1949年仅为4%,而到1958年已达到992%(图0—1左)。



就生产总值和产量而言,从1952年至1957年电机制造工业的生产总值平均每年增长31.9%,1957年为1952年的四倍多,到1958年又增加了一倍(图0—1右)。在产量方面,1958年比1957年增长了三倍,1959年又增加了二倍多。如此高速度的发展,说明了社会主义制度的优越性,也表现了我国国家的高速度发展国民经济的特点。这样高速度发展工业是任何资本主义国家所望尘莫及的。

就新技术水平而言,我国电机制造工业亦已接近世界先进水平。我国已能成批制造巨型的水轮发电机,汽轮发电机

及大型交、直流轧钢电动发电机组，并且生产过程逐渐向高生产率的自动化方向发展。

在系列化方面，1953年就开始着手建立了各种电机的系列(包括一般用途的交、直流电机和控制用的微、特电机)，以满足国民经济各个部门的需要。有TQC及TQ系列汽轮发电机、TS系列水轮发电机、TZ、T及TD三个系列的同步

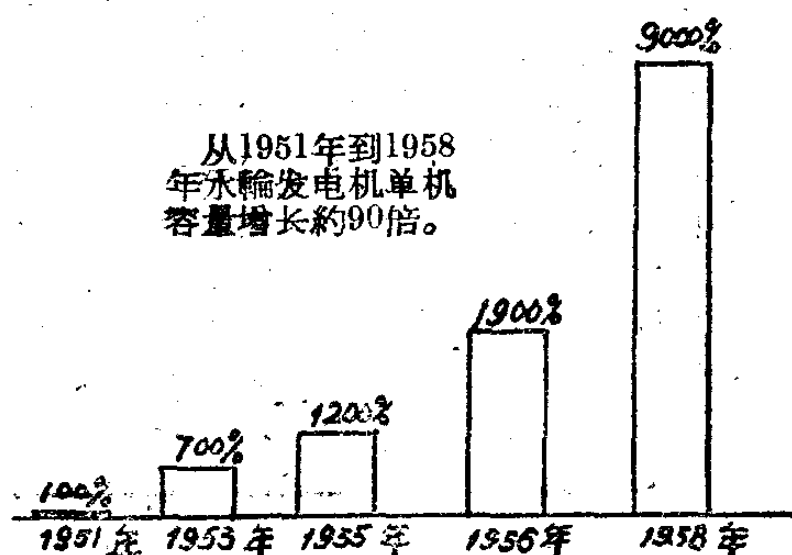


图 0—2 我国制造水轮发电机单机容量逐年增长的情况

电动机和发电机，在异步电动机方面也建立了较完整的产品系列，型号有JRZ、JR、J、JO、JRQ及JSQ等几十种，直流电机方面有Z系列、ZJF(发电机)、ZJD(电动机)系列和ZL系列等(详见表0—1)。这些系列更加适合我国的国情，它既吸取了我国广大工人、工程技术人员等的创造性的经验，又吸取了世界各国的先进设计和制造经验，采用了简单、可靠的结构和一系列的新材料和新工艺。这些系列的建立，促使了我国电机工业向前跃进了一步。

目前在电机制造生产战线上已形成了一支强大的专业队伍，他们在党的正确的领导下，解放思想，破除迷信，敢想敢干，大闹技术革新和技术革命，正在把我国的电机制造工

业推向一个新的高峰。

表 0—1 国产系列电机的型号

一、异步电机

新 型 号	苏 联 型 号	代 表 意 义 說 明
J	A	1. J表示 异步”电动机
JO	AO	2. O表示封闭式
JQ	АП	3. Q表示高 启”动轉矩
JR	AK	4. R表示 繞 綫式轉子
JS	ДAM—6	5. S表示 双 鼠籠
JC	ГAM—6	6. C表示 深槽
JK	КАМО	7. K表示 高 速
JSQ	ДАМСО	8. 同 5. Q表示加“强”絕緣
JRQ	ΦAMCO	9. 同 4. 同 8.

二、同步电机

新 型 号	苏 联 型 号	代 表 意 义 說 明
T	C. CF	1. T表示“同 步发电机
TD	CM	2. D表示电“动 机
TF	ГC	3. F表示 发 电机
TZ	MC	4. Z表示 座 式軸承
TQ	T—2	5. Q表示“汽 輪发电机
TQQ	TB	6. 仿苏氩冷式
TQN	TB	7. 同 6. 内部氩冷
TQC	4H	8. 同 5. C表示仿“捷克 型
TQT	1H	9. 同 5. T表示 凸 极式
TT	KC	10. T表示“同”步, T表示 調”相 机

三、直流电机

新 型 号	苏 联 型 号	代 表 意 义 說 明
Z	ПН	1. Z表示“直流”电机
ZO	ПНЗ	2. O表示封閉
ZL	*ПНВ	3. L表示“立”式
ZK	МИ	4. K表示控制用
ZKK	ЭМУ	5. K同4. K表示“扩”大机

四、其他类型电机

新 型 号	苏 联 型 号	代 表 意 义 說 明
FQ	Г	1. F表示发电机, Q表示汽車用
DQ	СГ	2. D表示启动用, Q同1.
СЧ	М	3. C表示“磁”电, Ч表示“机”
СТ	М	4. C同3. T表示“鉄”

我国的电机制造业所以能在这样短的时间内取得如此巨大的成就, 首先是因为我国是一个社会主义制度的国家, 在我们国家里有毛主席和共产党的英明、正确领导。其次是全体电机制造工作者在各项工作中正确地贯彻了党的方针、政策, 大家团结一致, 发挥了革命干劲和群众的智慧。第三是由于在电机制造业中充分发动了群众, 加强了企业管理和生产组织工作, 对生产薄弱环节和部门加强了领导。第四是由于学习了苏联和其他社会主义兄弟国家的先进经验, 为我国电机工业高速度和顺利的发展提供有利的条件。在总路线、大跃进、人民公社三面红旗照耀下, 我们坚信电机制造业将会得到更加突飞猛进的发展。

0.2 电机制造的特点

电机制造是机械制造的一个部分(动力机械制造)。就制造工艺性质上看可以分为一般机械制造工艺和电机制造专门工艺二类。电机制造中的一般机械制造工艺,除了对部件的同心度有更高的要求以外,其他和一般机械的机械制造工艺大体相同。电机制造专门工艺具有以下几个方面。

线圈制造工艺就是电机制造专门工艺中最突出的一个方面。线圈是电机的心脏,电机的损坏往往由于线圈制造质量较差而引起。线圈制造工艺包括铜线剪裁、线圈绕制、压形、绝缘包扎和线圈的绝缘处理等。专业性的设备有绕线机、线圈正型设备、绝缘包扎机以及浸漆、浸胶、干燥炉等有关绝缘处理的复杂设备。

铁心制造工艺也是电机制造专门工艺之一。电机空载损失的大小与铁心制造质量有密切关系。往往由于制造质量不好,而用銼槽、磨圆等补救办法来达到要求的精度,这样空载损失就会增大,这不是希望的。因此,制造过程中必须严格地保证铁芯冲片的精确度,使其符合公差范围。铁心冲片还必须经过涂漆处理以减少铁损。一整套涂漆、烘干工艺过程是一个复杂的工艺过程,假若漆膜厚度、烘干温度,传送带速度控制不好,都将使铁心质量下降。

换向器是直流电机所特有的部件,它的结构及制造过程都较复杂。直流电机运行时,换向器除了承受由转动而引起的离心力外,还受发热引起的变形。由于它是由为数较多的换向片和云母片等组成,因此工艺上就产生很多问题。换向器的质量好坏对直流电机的性能、运行可靠性起着决定性的影响。

电机制造的专门工艺还有电机的动平衡、有色金属的特殊焊接和冲模制造等方面，它们都反映出电机制造的固有特点。

电机制造的另一特点是生产品种规格多、和技术要求复杂。从电机容量、转速、电压、原动力、结构材料、冷却方式、运行条件等方面都可以分成许多类别，它们在制造工艺上各有所不同。

0.3 电机结构的工艺性

电机结构与工艺的关系是非常密切的，设计人员设计出来的电机除了应保证电机有优良的电气性能外，还必须保证电机结构的工艺性很好，二者缺一，便不是一个好的设计。工艺人员则不仅应该熟悉工艺方法，同时必须很好的了解电机设计者的意图。通常电机结构决定了，工艺的基本原则也便决定了，因此不能认为只有在设计工作完成后才能做工艺设计工作，而必须平行交叉进行。在新产品的设计过程中，工艺人员应该与设计人员密切配合，共同研究零、部件的结构与加工方法，以保证电机另、部件结构的工艺性。

所谓工艺性主要有两方面：

1. 应考虑生产条件，并且保证质量；从结构上设法解决电机运转性能和生产条件间的矛盾。所谓生产条件是指设备、工具、技术水平、材料等。

2. 应该考虑经济效益，即考虑制造该电机所需的劳动量和成本，具体的说有下面几点：

- (1) 每个部件的结构都可以同时有几个方案，必须认真地仔细比较，最后找出一个既能保证质量又是比较经济的合理结构；

(2) 部件结构确定后, 还应该仔细地研究加工精度、加工余量、材料性能(硬度、强度等)、零件形状、如何减少余料等;

(3) 考虑到生产循环期, 尽可能使生产循环期为最短, 以加速资金周转, 便于组织生产;

(4) 尽量采用标准件、通用件、标准工艺装备及利用旧工艺装备等。

0.4 “电机制造工艺学”课程的任务

电机制造工艺学是一门密切联系生产实际的课程。课程主要研究电机的一些主要另、部件的制造工艺, 特别是电机制造的特有工艺和结构的工艺性; 培养学生初步具备有关电机制造工艺方面的知识, 使学生了解到工艺工作的重要性 and 它对组织电机生产、保证产品质量、改善工人生产条件、提高生产率和增产节约积累国家资金等方面所起的作用; 从而加强对工艺工作的认识, 树立正确的工艺和设计观点。

为了更加深刻地了解并掌握电机的具体生产过程和制造工艺, 除了理论学习以外, 还必须亲身参加到生产实践中去, 虚心学习群众创造出来的先进工艺和经验, 并把这些新的生产知识提高到理论上来。这样, 通过学习、实践和刻苦钻研, 我们的工艺水平就可以不断地提高。

第一章 电机制造概論

1.1 我国电机制造工艺工作的发展过程和基本方向

我国电机制造工艺工作的发展过程：自从第一个五年计划开始以后，把过去的修配生产方式变为文明生产方式就越来越明显的成为迫不及待的任务，这样工艺工作便开始逐步地被提高到应有的重要程度。到目前为止，我国电机制造业中的工艺工作体系，已经基本形成，这主要表现在以下几个方面：

1. 建立了工艺工作的专职机构；科学院成立了工艺研究所，大部分的工厂成立了工艺科，某些工厂由技术科兼管设计和工艺。

2. 通过实践和总结，提高了对于工艺工作的认识及工艺水平；1951年时，企业里的工艺工作，基本上还处于另星地帮助车间解决一些生产中所发生的临时性问题的阶段。1953年通过总结经验、编写工艺规程，使工艺工作有了很大的提高。1954年后，加强了生产前的技术准备、计划工作等。1956年以技术改造为中心进行了企业改造。技术改造中工艺工作是一个主要环节，通过加强工艺工作，建立正常技术秩序，产品质量就有了很大的提高。特别是1958年大跃进以来，各部门对电机制造提出多方面的要求，新产品不断增加，通过新产品试制，总结了许多丰富的先进工艺，产量和质量不断提高。在10年生产经验的基础上，1960年第一机械工业部颁布了电机制造工艺指导性文件，所有这些都标志着

工艺工作的不断提高。

3. 通过企业管理制度的民主改革，广大工人群众破除了迷信，解放了思想，生产热情空前高涨，发明、创造不断出现，目前工艺工作已成为群众性的工作，这是工艺水平得到不断提高的保证。

工艺工作的基本方向：工艺工作的基本方向应该是为生产服务，保证多快好省地完成国家计划。具体来说有以下几点：

1. 在保证产品质量和经济合理的条件下，尽量减少产品的劳动耗费量（简称劳动量）及改善工时的利用。减少劳动量是与下列各方面联系着的：采用生产效能最高的和完善的设备和工艺装备；进一步发展机械化和自动化，使工艺过程合理化；改善材料和半成品的质量；减少废品；提高工人的熟练程度和生产经验；改善工艺方法，消灭工作班内的工时损失等。改善工时的利用，可以从下列几个方面来努力：改善生产准备工作、加强生产组织工作、保证所有的工作都能不间断地进行、改善安全技术和劳动保护等。

2. 提高产品质量。目前我国电机产品的生产技术和质量已经达到一定的水平，尤其在最近几年以来，产品质量不断地有所提高。随着新产品试制工作的增加和新材料、新工艺的采用，产品质量将会得到进一步提高。

3. 降低材料消耗定额，提高材料利用率。

我国处在社会主义建设的生产高潮，增产节约是发展社会主义工业的基本措施之一。我们国家的底子是一穷二白，因此节约原材料是我们技术工作的主要任务之一。材料消耗定额的降低及材料利用率的提高，不仅可使产品成本降低，并可为国家多生产许多电机，加速国家的社会主义工业化。

我们在材料利用上尽管已经取得了许多成绩，但许多工厂的经验证明，采取一些合理措施，如改进工艺、改进下料方法，材料利用率提高还大有可为。

4. 掌握新技术。由于社会主义建设的需要，新产品的品种越来越多，要使这些新产品能按期完成，必须努力掌握新技术，这一任务对工艺工作者来说也是非常繁重的。

5. 建立工艺工作的正常秩序。要真正达到文明生产，使产品质量得到保证，劳动量不断降低，材料消耗定额及材料利用率得到保证，要能掌握各种新技术，顺利地完 成国家计划，则建立工艺工作的正常秩序是必要的组织工作，目前我国各企业在这方面还须进一步加强。

6. 继续加强工艺工作的群众路线。在我国波澜壮阔的社会主义建设事业中，劳动人民以主人翁的身份创造性地劳动着。因此在大闹技术革新和技术革命中，出现了数不尽的奇蹟。我们必须面向群众，善于将群众的经验和先进技术加以总结提高，这是工艺工作重要的发展方向之一。

1.2 电机制造的工艺工作和組織系統、电机的生产过程和工艺过程

工艺工作的组织：厂部要建立工艺科，负责全厂有关电机生产工艺的全面工作。在工艺科内，根据各厂的具体情况，可以分设下列各组：

1. 产品工艺组：负责产品生产的整个工艺过程。按照产品种类可分为交流电机、直流电机、水轮发电机、汽轮发电机、调速器等小组。

2. 专业工艺组：负责各科专业工艺，配合产品工艺进