

电 工 仪 表 制 造 工 艺 学

〔苏〕B. H. 伊 万 诺 夫 等 著

哈尔滨电表研究所译

机 械 工 业 出 版 社

本书介绍电工仪表制造工艺的基本知识，叙述通用零件和某些特殊零件和部件的制造工艺，阐明装配工艺的一般问题，以及装配、调整和试验的某些专门问题。

制造工艺的一般问题是针对整个仪表制造和电工仪表制造叙述的，而专门问题则以电工测量仪表为例来讨论。

本书供在生产、设计和研究电工仪表各部门工作的工程技术人员参考。

Б. Н. Иванов, И. М. Ткалин, В. А. Солнцев,
В. Л. Штрум, Р. И. Шнейдер, И. И. Маянский,
В. П. Борисова

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОПРИБОРОСТРОЕНИЯ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ 1959

(根据苏联国立动力出版社一九五九年版译出)

* * *

电 工 仪 表 制 造 工 艺 学

[苏]Б. Н. 伊万诺夫等著

哈尔滨电表研究所译

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外南礼士路北口)

(北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $17 \frac{3}{16}$ · 字数 440 千字
1966 年 4 月北京第一版 · 1966 年 4 月北京第一次印刷
印数 0,001—4,700 · 定价(科六)2.50 元

*

统一书号: 15033 · 4007

前 言

编写本书的目的是向读者介绍电工仪表制造工艺的基本知识。

目前电工仪表的类型很多，结构形式也各不相同，要在一本书内把所有关于电工仪表的制造工艺问题都叙述清楚是不可能的。因此，本书所介绍的只是关于仪表制造和电工仪表制造的一般工艺问题，而专门问题仅针对电工测量仪表的制造进行研究。

本书共分三篇。在第一篇中包括前五章，介绍通用零件的制造方法，其中包括工艺规程设计的理论基础、毛坯制造中的铸造法、冷冲压法和塑料压制法等，讨论零件机械加工的主要类型，以及防护被覆层的类型及其涂敷方法。

第二篇包括第六章和第七章，阐明电工测量仪表某些特殊零件的制造工艺：即轴尖、游丝、张丝、悬丝、动框、镜子、标度尺和永久磁铁等的制造工艺。

第三篇包括最后四章，叙述仪表的装配、调整、刻度和试验。

书后附录内附有工艺文件的某些式样，对铸件、冲压件及塑料零件的结构要求，以及对线圈和浸渍材料的某些说明。

译 者

目 录

前言

第一篇 通用零件的制造工艺

第一章 工艺规程的设计基础	1
1-1 基本概念和定义	1
1-2 工艺规程的设计程序	5
1-3 制订工艺规程的原则	8
1-4 机械加工精度	15
1-5 表面加工质量	24
1-6 零件在加工时的基准	30
1-7 加工余量	43
第二章 零件毛坯的制造方法	46
2-1 金属的切割	46
2-2 冷冲压	52
2-3 铸造	81
2-4 金属粉制零件的制造	92
第三章 表面加工的主要方法	95
3-1 平面的加工	95
3-2 圆柱面和圆锥面的加工	102
3-3 圆柱面和圆锥面的磨削、研磨和精磨	109
3-4 孔的加工	113
3-5 型面的加工	121
3-6 小模数齿轮的制造	125
3-7 螺纹的制造	131
第四章 塑料零件的制造	138
4-1 概述	138
4-2 压模结构	141
4-3 塑料零件的压制	146
4-4 塑料的机械加工	151

4-5 塑料零件的工艺性和质量	153
第五章 表面被覆层	155
5-1 被覆层的用途	155
5-2 被覆前的表面处理	156
5-3 金属被覆层	159
5-4 化学被覆层	174
5-5 油漆被覆层	178

第二篇 电工仪表特殊零件和部件的制造工艺

第六章 电工仪表特殊零件的制造	185
6-1 轴的制造	185
6-2 弹簧的制造	199
6-3 可动部分主要零件的制造	231
6-4 磁铁的制造	238
6-5 互感器和感应线圈的导磁体的制造	251
6-6 镜子的制造	262
6-7 标度尺和铭牌的制造	267
第七章 绕线制品的制造	280
7-1 线圈的基本类型及其制造方法	280
7-2 制造绕线制品时所采用的材料	286
7-3 可动部分动框的制造	291
7-4 附加电阻的制造	301
7-5 绕线制品的浸渍、干燥和塗装	308

第三篇 仪表的装配、调整、刻度和检验

第八章 仪表装配工艺的一般问题	315
8-1 基本概念和定义 装配系统图	315
8-2 电工仪表装配的特点	319
8-3 装配精度	321
8-4 装配的组织形式	327
8-5 仪表的流水装配	329
8-6 固定式装配流水线的计算和组织	331
8-7 可变流水线设计和计算的特点	347

第九章 电工仪表的装配	355
9-1 不可拆卸接合和可拆卸接合	355
9-2 可动部分的装配	369
9-3 测量机构的装配	382
9-4 连接线的安装	392
9-5 仪表的总装配	406
第十章 仪表的调整和刻度	410
10-1 调整和刻度工序	410
10-2 磁电系仪表	412
10-3 电动系和铁磁电动系仪表	421
10-4 电磁系仪表	429
10-5 静电系仪表	431
10-6 仪表示数的稳定	434
10-7 对 1.0、1.5 和 2.5 级仪表进行刻度时所采用的标准仪器	434
10-8 对 0.1、0.2 和 0.5 级仪表进行刻度时所采用的标准仪器	446
10-9 仪表调整、刻度和检验时所采用的装置样品	455
第十一章 仪表的试验	473
11-1 仪表试验的方式	473
11-2 绝缘电阻和电绝缘强度的测定	474
11-3 可动部分平衡性的检验	476
11-4 基本误差、变差、不回零位和阻尼时间的确定	477
11-5 温度影响的测定	481
11-6 外磁场和外电场影响的测定	483
11-7 在负荷下温升的测定	486
11-8 耐长时和短时过负荷性能的测定	488
11-9 耐振、耐颠和抗冲击性能的测定	489
11-10 仪表对外部介质防护能力的检验	493
附录	497
I. 工序卡片和工艺卡片	497
II. 对零件结构的工艺要求	506
III. 钢制零件机械加工后的典型电镀工艺过程	524
IV. 表面准备和用油基瓷漆 A14Φ 涂敷零件的典型工艺过程	526
V. 可动部分装配工艺路线卡片	528
VI. 电工仪表制造中使用的电磁线的牌号及主要数据	533

Ⅵ. 某些电絕緣清漆和化合物的性能·····	536
Ⅶ. 动框制造的典型工艺过程·····	540
参考文献 ·····	541

第一篇 通用零件的制造工艺

第一章 工艺規程的設計基础

1-1 基本概念和定义

生产过程和工艺过程 在仪表制造工厂中，也和所有其他工厂一样，进行着一定产品的生产。为了生产这些产品而进行的各种活动的总和，称为生产过程。生产过程可以分为主要生产过程和辅助生产过程两部分。

主要生产过程就是制造国家计划所规定的工厂基本产品的过程，它包括毛坯的制备，零件的加工和制造，部件的装配，仪表的总装配、调整和试验等。厂中从事于主要生产过程的车间，就称为主要生产车间。

辅助生产过程是指保证主要生产过程不间断地、按计划地和有效地进行的所有各种活动的总和，它是为主要生产车间服务的。辅助过程由工厂各有关科室、服务部门和相应的车间来完成。完成辅助生产过程的车间称为辅助车间。它们保证工厂主要车间的工具供应、设备和厂房建筑物的修理、运输、动力、包装和各种服务性工作。辅助车间包括：工具车间、机修车间、电气修理车间、厂房建筑维修车间、动力车间、运输车间和包装车间等。

主要生产过程可以划分成几个阶段——备料、加工和装配。因此，主要车间又分为备料车间（铸造、备料），加工车间（机械加工、电镀、冲压）和装配车间（部件装配车间、仪表总装配和调整车间）。

与具体生产对象相适应的生产过程称为生产周期。换句话说，

生产周期就是人们为了制造规定的产品（例如仪表），从材料投入加工起直到成品最后入库为止这一阶段所进行的各种活动的总和。从材料投入加工时起到成品入库时止的这段时间，就是生产周期的期限。

工艺过程是指使劳动对象的形状、尺寸、性能或相互位置发生变化的过程，也就是生产周期的基本和主要部分。除工艺过程外，生产周期还包括其他各种活动（生产对象的运输、检验、储存、核算和资料文件的编制等）。

制定并贯彻高生产率和指标经济的制造工艺过程，系统地完善已掌握的工艺过程，设计与制造工艺装备，合理地布置设备等，是工厂中工艺生产准备科室的工作内容。

在生产技术准备的整个周期中，工艺准备所占的比重在单件生产时为 20~25%，小批生产时——45~50%，而大批生产时——60~70%。

电工测量仪表的生产分为许多不同的工艺过程。其中最典型的是：铸造、冲压、机械加工、塑料压制、涂漆和电镀、装配和调整等过程。

每一种工艺过程都有许多不同的方案。采用哪一种方案决定于生产的类型。生产类型可分为单件或零星生产、成批生产和大量生产三种。每一种生产类型都有着本质上的不同，但是起决定作用的是整个工厂及其各个车间、工段和工作地点的专业化程度如何。

大量生产的特点是工厂和各个工作地点的生产划分具有极狭窄的专业性，即在每一个工作地点总是固定不变地完成某一道工序。要达到这样的专业化程度必须广泛地采用高生产率的专用设备、工具和装置，并且必须按工艺过程来排列设备等等。

在成批生产中，由于产品的品种较多，通常一个工作地点就要完成若干道工序，这些工序应按照一定的顺序和预先规定的重复周期来进行。在这情况下，设备和工艺装备必须在很大程度上是通用性的，而各个生产工段则应该按加工类别或零件（部件）的

类型来进行组织。

在单件生产中，产品的品种极其繁多，各种产品实际上是以单个的（不再重复）或很少重复的样品形式生产的，一般都没有专门固定的工作地点。因此，在这种生产类型中广泛地采用通用设备，按机床的类型进行排列；并且采用标准的和通用的工艺装备和工具等。

对于各种不同的生产类型，其工艺过程拟定的详细程度、技术文件的格式与内容也完全不同。大量生产、成批生产和单件生产的最大区别列于表 1-1 中。

表 1-1

比较的项目	各种生产类型比较项目的特点		
	单件生产	成批生产	大量生产
每种产品的年产量	1个(个别订货)	几十个到几千个	几千个到几万个或几十万
产品的重复性	偶尔	定期的	不间断地
产品名目	很多，并且是各种各样的，区别不明显	很多，但完全固定的（几十种或几百种）	极有限(几种)
产品性质	试验性的或特殊用的	定型的和标准化的	标准化的
工作地点的专业化	没有	完成几道工序	完成一道工序
设备	通用的	通用的和专用的	专用的
设备排列	按类型	按类型和工艺过程	按工艺过程
加工工具	通用的	标准的和专用的	专用的和标准的
检查测量工具	多种测量的	极限测量的和多种测量的	极限测量的
夹具	万能的	万能统一的和专用的	专用的
互换性	没有	完全或不完全的；选配零件的	完全
装配	固定的	移动和固定的	移动
产品的生产周期期限	最长	中等	最短
产品成本	高昂	中等	最低

在单件生产和小批生产之间，以及大量生产和大批生产之间是没有明显的界限的。因此在表中所列的资料只能看做是某一生产类型的代表性资料。

电工测量仪表多半集中在成批生产的工厂中进行生产。只有像电度表和准确度等级不高的开关板仪表等产品，才在大量生产的工厂中进行生产。仪表制造中的单件生产特点用辅助车间的生产特点（试制车间、工具车间和修理车间）来说明。

工艺过程的组成 工艺过程可分为若干部分。工序是工艺过程的基本组成部分，是用来制定生产计划和分配劳动的基本单元。

在同一个工作位置上，由一个工人（或同时工作的一组工人）对同一劳动对象（或一组劳动对象）连续完成工艺过程中的一个完整部分，称为工序。工序的特点是：劳动对象、设备（工作地点）和工作者都保持不变。将工艺过程再进一步划分成完整的形式，可以机械加工工序作为实例来探讨。在一般情况下工序可分为安装、工位、工步、走刀和动作等。

在毛坯（加工对象）固定一次的时间内所完成的那一部分工序，称为安装。

在固定一次后，毛坯在机床上所占的每一个不同位置，称为工位。

在不调整机床的情况下（即在一同加工规范下），用一件或数件同时工作的工具加工零件的一部分或几部分的过程，称为工步。工步也是工序的一部分。只要上述因素中的一个（加工部位、工具或加工规范）发生变化，就成为另一道工序。

工具（或同时工作的工具组）在进刀方向对被加工表面移动一次时所完成的那一部分工序，称为走刀。换句话说，走刀就是削去一层金属的那一部分工步。

工步是保持工艺过程性质的最小组成部分。

〔工序〕、〔安装〕、〔工位〕和〔工步〕的概念不仅应用于机械加工的工艺过程中，同样也应用于其他加工形式中。〔走刀〕的术语实际上只应用于机械加工中●。

● 〔工步〕这个术语，也和〔工序〕、〔安装〕和〔工位〕等一样，不仅应用于机械加工的工艺过程中，而且也应用于其他加工形式中。原书将〔工步〕和〔走刀〕并列，此两术语，实际上只应用于机械加工中。——校译者

在完成工序的过程中，工人必须在工作地点进行各种各样的活动（测量被加工零件、开动机床和关闭机床、供料、进刀等）。这些活动称为动作。

在装配过程中，保持工艺过程性质不可分割的那部分工序称为动作。准确点说，动作是工序的一部分，在必要时能使它成为独立的部分。

1-2 工艺规程的设计程序

在仪表结构设计结束到其制造工艺规程设计开始之间的界限是难于划分的。在试制车间还在试制仪表样品的过程中，就应该进行一定的工艺准备。但是在这情况下总工艺科基本上是不参与这次工艺准备的。在样品试制和试验之后，设计处就对计算作必要的规定，并对图纸进行加工。然后，把图纸送到总工艺科去，由总工艺科进行仪表小批试制工艺规程的设计。这时，工艺规程已拟订得十分详细，并考虑到该种结构仪表的计划产量。根据一批样品的试验结果，设计处就最后确定图纸，使它由试制成为正式生产的依据。只有到这时，总工艺科才可能制订出成批（大量）生产的工艺规程，或者换句话说，制订出完成生产计划总产量所需的工艺规程。

这样，设计工艺规程所依据的原始资料是：仪表的工作图纸，零部件明细表、技术条件和生产计划等。此外，制订工艺规程时，总工艺科还应该掌握有关设备的情报：全国各个部门和工厂的工具、夹具和材料的标准和规格，以及其他指导性和参考性资料。

零件制造工艺规程的设计按下列顺序进行：

- 1) 研究零件图纸和技术条件；
- 2) 选择制造毛坯的方法和所用材料；
- 3) 制订材料技术条件（根据需要）和填写材料卡片；
- 4) 制订工序计划，即加工计划，并填写工艺路线卡片；

- 5) 计算各工序的工艺规范和定额;
- 6) 选择各道工序用的设备、工、夹具, 并填写工序卡片;
- 7) 设计加工用和检查测量用的工、夹具;
- 8) 编制工艺装备明细表;
- 9) 编制检验卡片;
- 10) 计算所需要的设备、工艺装备和运输工具的数量, 必要时编制设备布置计划;
- 11) 在实践中检验所设计工艺规程的正确性并加以修正。

仪表部件的装配、总装配和调整等的工艺规程设计顺序大体上与上述设计顺序相同。所不同的只是去掉第 2 条和第 3 条就可以了。这样的工艺规程设计顺序和设计详细程度是对大量和大批生产而言的。在成批生产中, 各道工序的执行制度和工序卡片等可以不制订, 但在工艺路线卡片上要标出关于设备的资料。在小批和单件生产中, 除此之外, 对简单的零件可以不指定所用的设备, 不规定工序的组成, 至于专用工具和夹具, 只有在必须保证零件的规定尺寸精度或形状的条件下才进行设计。但这时既不进行设备负荷的计算, 也不制订工艺计划。

在大量和大批生产时才有记载工艺过程最完整的文件。在这些文件中包括: 工艺卡片, 工艺手册, 主要材料和辅助材料消耗定额明细表, 刀具、量具和夹具明细表, 所需劳动力和设备负荷明细表等。

下面将论述上面所列举的最主要文件的内容和确定的顺序。

1) 工艺卡片是指导工人制造零件和装配仪表用的主要工艺文件。工艺卡片规定出工艺过程的组成: 把工艺过程划分为工序, 安装, 工位和工步, 工序的执行规则, 检查方法, 所用的设备和工具, 工作等级, 工时定额, 估价等等。

在所设计的工艺规程中, 对所有计算经过彻底审查, 并经过仪表成批试制的鉴定后才能将工艺卡片确定下来, 经过工厂总工程师和总工程师批准后, 发给车间作为生产的指南。

在电工仪表制造厂中主要采用工艺路线卡片（附录 I）。

在工艺路线卡片中规定了被加工零件、部件或仪表所经过的车间或车间工段的先后次序，并且附有加工零件时所有各道工序的一览表。

单件和小批生产时也要编制工艺路线卡片，但不需要把工艺过程划分成安装、工位和工步，并且在很长的期间内不指定用某一种设备来加工零件。

工艺路线卡片上所列示的资料是生产计划所必需的，没有图纸工人就不能使用它。

在某些情况下，为了便于利用在工艺路线卡片上常附有所谓工序草图。

在工序草图上只标明该工序加工所需的尺寸。所注明的尺寸必须是不必再根据所规定的工艺基准进行尺寸换算的。在工序草图上的零件待加工表面标有号码和加工先后次序，同时在工艺路线卡片中的相应工序栏内也注明待加工表面的号码。在这情况下工序草图比一般图纸具有实用上的优点，因为它所包含的是为完成该工序所必需的尺寸和标记。

总之，附有工序草图的工艺路线卡片能使工人对工序的执行次序和每道工序的内容有充分的了解。但这种形式的工艺文件没有得到推广，因为绘制形状复杂而待加工表面很多的零件图时有困难。

2) 工序卡片（附录 I）是为制造给定零件所必需的每道工序而编制的。工序卡片中所包含的内容和工艺路线卡片相同，但还详细列举了所有的工步，并列示了切削规范、刀具和量具、工时定额等。

在工序卡片中附有零件或一部分零件的草图，草图上只标明为完成该工步所需的加工尺寸和加工说明（零件在机床上的定位和固定方法，工具、夹具和量具的安装等）。工序卡片对于工人和技术检查员的检查员来说是一份完整的指导性文件。有了工序卡

片，可以不要使用零件图纸。

在大批生产和大量生产中工序卡片是适用的。

某些工序的工序卡片，可用生产工艺说明书来代替，例如：刻度、调整、人工老化、充磁和热处理等工序往往采用工艺说明书。

检查工艺卡片是专门为技术检验科的检验员编制的。在这卡片上标明工序名称、技术检验说明、被检验零件数量、所使用的量具和印戳的名称、技术要求等。必要时卡片中也附有零件草图。

主要材料和辅助材料消耗定额明细表是工艺文件的一个非常重要的组成部分。根据这些明细表的资料，工厂才能得到材料基金，因此，工厂的技术保证取决于它的正确性。主要材料消耗定额明细表的内容包括：零件的名称和标号，材料的名称、规格、国家标准、外廓形状和尺寸，每个零件的毛坯重量，材料的利用系数，废料的尺寸，零件和零件组合（即成品）的材料消耗定额和单价等。

1-3 制订工艺规程的原则

工艺过程典型化 虽然机器零件和仪表零件的结构形状和尺寸是复杂的，多种多样的，但是，它们都是由有限数量的各种表面所构成，这些表面有：外圆柱面、内圆柱面、平面和复杂的表面（例如齿轮表面）等。零件的每一种表面形状都可以用相应的工具在一定的设备上加工出来。

显然，凡是由同样形状的表面所构成的各种零件，尽管这些零件在结构上有很大的差异，但它们的加工工艺过程都将是共同的。根据表面形状的加工共同性，可将零件进行分类，例如，具有旋转体形状而长度与直径之比大于一的零件就划归为[轴]类；同样类型但带内孔的零件就划归为[套]类；零件的直径大大超过长度者划归为圆盘类。

虽然，在归纳为一类的零件中其结构还会有本质上的差异，

但这些零件在加工工艺上却有许多共同点。因此，按上述特征把零件分类，就有可能使工艺过程典型化。

由于将零件进行了分类和使工艺过程典型化的结果，为工艺过程的设计建立了科学基础。例如在这之前设计零件新结构的工艺过程对工艺师来说是一个新的任务，而现在只要选择预先设计好的对各种零件表面加工的方法。这样就简化并加速了工艺设计，降低了工艺设计的成本，并且有可能广泛运用先进经验，最先进的加工方法，改进工艺过程的技术定额，调整工厂对工具和夹具的供应。

电工测量装置和电工仪表的零件，按其结构-工艺特征可以分为下述几类：

- 1) 轴（轴、小轴和轴尖）；
- 2) 套（轮套、轴套和轴承等）；
- 3) 固紧零件（防松螺钉和螺帽、精密螺钉、机械零件以及平衡杆和带螺纹的平衡锤）；
- 4) 弹性零件（圆柱形弹簧、螺旋形游丝、张丝、悬丝和无力矩导流丝等）；
- 5) 齿轮；
- 6) 凸轮；
- 7) 可动部分零件（指针、动铁芯、电极、阻尼片、指针支片和动框骨架）；
- 8) 仪表外壳零件、支架和套圈（外壳底座、表盖、框子和浇铸套圈）；
- 9) 导磁体（永久磁铁、铁芯和混合料制的导磁体等）；
- 10) 标度尺和铭牌；
- 11) 带绕组的零件（动框、固定线圈和感应线圈等）；
- 12) 电气绝缘零件。

结构工艺性 仪表不仅应该符合使用方面的要求，而且也应符合制造方面的要求。符合制造要求的仪表结构质量，称之为

工艺性。如果在给定的生产规模下根据工厂现有设备及已掌握的工艺手段，能够很容易而且很快地掌握仪表的生产，并且能保证规定的成本，则这个仪表的结构就认为具有工艺性。因此，在设计新仪表的各个阶段中，包括工艺规程设计周期在内，都必须采取保证其工艺性的措施。从开始制造试样时起设计人员与工艺人员就进行协作，可以达到这个目的，这样，就能发现并消除生产中的各种缺点。

仪表零件的工艺性这个概念与生产规模、零件的材料和对零件的技术要求有着密切的关系。适于在单件生产或小批生产中制造的零件结构，对于成批生产或大批生产来说可能是非工艺性的。

毛坯制造和零件加工的方法根据生产类型、零件的材料和对零件的技术要求，以及零件的结构形状和尺寸等来选择。形状简单的零件毛坯，一般是由棒料制得。形状复杂的零件毛坯，主要是用冲压、铸造或者压制（塑料零件）的方法来制造。

形状复杂的零件，在单件生产或小批生产中宜采用砂型铸造和机械加工的方法，或者用简易冲模或万能冲模对片料进行冲压然后弯曲、铆接或焊接的方法来制造。

在大量或大批生产的条件下，形状复杂的零件毛坯，宜采用压铸、冷冲压或塑料压制的方法制造。用这些方法来制造毛坯，能够减少机械加工工作量和大大地减轻零件制造的困难。

设计冲压零件、锻造零件和塑料零件时，必须遵守的主要工艺要求将在以后各有关章节中讲到（见附录Ⅱ）。

下面论述与零件机械加工有关的一些基本要求。

各个不同的表面彼此之间应尽可能地互相平行或垂直，因为彼此之间互相倾斜时，通常是难于加工的。在可能的情况下，应该采用穿透的孔，避免采用精密的深孔。外壳上的各个待加工的台阶应尽可能处于同一水平面上（图 1-1 a）。必须留出退刀的小沟（图 1-1 b）。同一个轴上的各个销子槽宽度应相同。避免采用要用长钻头才能钻出的孔，特别是直接靠近零件壁的孔（图