

航空仪表零件 制造工艺学

A. H. 加福利洛夫著



国防工业出版社

高中物理

必修课程

高中物理必修课程 物理工艺学

（高中物理必修课程）

物理工艺学



清华大学出版社

航空仪表零件制造工艺学

A. H. 加福利洛夫 著

甘 澍、楊錦華、寧玉成 譯

韓 偉 校



國防工業出版社

1960

內 容 簡 介

本书是中等航空仪表制造技术学校的教学参考书。

本书阐述了仪表制造工艺过程設計的一般原理和理論基础，研究了仪表制造业中所采用的最主要的加工过程，以及軸、齒輪、螺紋零件、彈簧、磁铁、表盘、外壳等典型零件的制造工艺。

本书亦可供工业部門、各科学研究所和設計院中从事設計和推行仪表制造工艺过程的工程技術人員以及高等工业学校仪表制造专业的学生参考。

* * *

苏联 A. H. Гаврилов 著 ‘Технология изготовления деталей авиационных приборов’ (Оборгиз 1956 年 第一版)

* * *

国防工业出版社

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

*
850 × 1168 $\frac{1}{32}$ 印張 11 $\frac{15}{16}$ 325 千字

1960 年 4 月第一版

1960 年 4 月第一次印刷

印数: 0,001— 3,500 册 定价: (10-7) 2.10 元

NO. 3241

目 录

序言	9
----------	---

第一篇 航空仪表零件制造工艺过程设计 的一般原理和理论基础

第一章 航空仪表制造工艺过程及其设计的基本概念	11
-------------------------------	----

1. 生产过程及其组成部分
2. 工艺过程设计工作的范围和内容
3. 工艺过程的集中与分散
4. 生产类型和与生产类型有关的工艺过程的特点
5. 工艺过程的典型化
6. 航空仪表制造业的主要生产特点

第二章 设计工艺过程用的原始资料、设备和工艺装备的 选择	17
---------------------------------------	----

1. 设计工艺过程用的原始资料
2. 工艺规程的设计
3. 工艺文件及其填注方法

第三章 加工精确度	24
-----------------	----

1. 概述
2. 机械加工制造误差的产生根源及其计算示例
3. 加工误差的分析和计算方法
4. 零件加工总误差

第四章 零件的基准和定位	40
--------------------	----

1. 关于基准的概念
2. 基面的种类
3. 定基准误差
4. 基准尺寸的计算

第五章 表面质量	47
----------------	----

1. 关于表面质量的一般知識	47
2. 表面质量对零件工作性能的影响	49
3. 表面质量的評定标准	51
4. 表面质量的檢驗方法与檢驗器具	52
第六章 毛坯、加工余量和工序尺寸	56
1. 基本概念	56
2. 毛坯	57
3. 加工余量值的求法	58
4. 工序尺寸的計算	60
第七章 提高仪表零件加工劳动生产率的途徑	63
1. 工时技术定額, 其組成及各要素在航空仪表制造业中的意义	64
2. 仪表零件制造中提高劳动生产率的潜在力量和基本方向	65
3. 工艺性良好的仪表零件結構的設計	66
4. 仪表零件机械加工中提高劳动生产率的主要途徑	70
5. 仪表制造业中的多机床看管工作	83
6. 仪表零件的流水生产	97
第八章 制造仪表零件时最适宜工艺方案的选择	102
1. 零件成本的构成	102
2. 工艺过程合理性按零件成本的評定	105
3. 工艺过程合理性按劳动生产率的評定	107

第二篇 航空仪表零件的制造方法及

特种加工

引言	111
第九章 鑄造	112
1. 概述	112
2. 砂型鑄造	119
3. 金屬模鑄造	119
4. 压力鑄造	121
5. 熔模鑄造	128
第十章 冷冲压	131

1. 概述	131
2. 冲压种类	131
3. 仪表制造业中扩大冷冲压应用范围的途径	146
第十一章 热冲压	150
1. 由毛坯冲压	150
2. 半液态金属模压	151
第十二章 塑料零件的压制	154
第十三章 特种压力加工	160
1. 拉丝	161
2. 冷轧	162
第十四章 电加工方法	162
1. 电火花加工	162
2. 阳极-机械加工	166
> 第十五章 车削加工	167
1. 仪表制造中车削加工的特点	167
2. 车床的选择	168
3. 在车床上的加工	168
4. 在六角车床和自动车床上的加工	172
5. 加工精确度的分析及其计算实例	182
6. 改善车削加工的途径	186
第十六章 铣切加工	192
1. 铣切过程的一般特点	192
2. 平面的铣切	196
3. 特形和曲线表面的铣切	199
4. 它种铣切加工	201
5. 提高铣切加工劳动生产率的方法	201
第十七章 钻床加工	202
1. 在钻床上加工的一般特点	202
2. 钻削工作的种类	202
3. 改善钻床加工工艺过程的途径	204
第十八章 磨削加工	206

6	
1. 磨削种类	206
2. 磨輪的选择	209
3. 改善磨削过程的途径	210
第十九章 各种精加工	211
第二十章 表层的化学热处理	216
1. 固体渗碳	216
2. 液体渗碳	217
3. 氮化法	217
第二十一章 表面处理	218
1. 电镀	219
2. 化学处理	221
3. 塗漆	222

第三篇 航空仪表代表性零件的制造工艺

第二十二章 轉軸和軸	225
1. 概述	225
2. 典型轉軸和軸的制造工艺	231
第二十三章 衬套	244
1. 典型衬套的制造工艺	244
2. 专用衬套的制造工艺	245
3. 电气仪表之衬套-軸承的制造工艺	247
第二十四章 啮合零件	256
1. 概述	256
2. 对啮合零件的技术要求及其檢驗方法	258
3. 典型齒輪的制造工艺	262
4. 齒輪制造精確度的分析	280
第二十五章 螺紋零件	283
1. 仪表制造中螺紋的一般特点及分类	283
2. 緊固螺釘的制造工艺	284
3. 傳勁螺釘、讀數螺釘及其他精密螺釘的制造工艺	289
4. 內螺紋的切制	291

第二十六章 支承板.....292

- 1. 概述..... 292
- 2. 毛坯的获得..... 293
- 3. 孔的加工..... 294
- 4. 中心距离的测量..... 303

第二十七章 陀螺仪表的框架.....304

- 1. 框架的一般要求..... 304
- 2. 框架的制造工艺及其检验方法..... 304

第二十八章 陀螺仪表的转子.....311

- 1. 概述..... 311
- 2. 制造转子时的工艺过程..... 311

第二十九章 导磁体.....315

- 1. 分类..... 315
- 2. 导磁体的制造工艺..... 316

第三十章 永久磁铁.....320

- 1. 性质及基本要求..... 320
- 2. 磁铁的典型形状..... 320
- 3. 磁铁的制造材料..... 320
- 4. 磁铁的制造工艺..... 323
- 5. 磁铁的检验..... 329

第三十一章 圆柱螺旋弹簧.....331

- 1. 概述..... 331
- 2. 弹簧的分类..... 332
- 3. 影响压力和拉力弹簧之轴向力的诸因素..... 332
- 4. 精密弹簧的制造材料..... 333
- 5. 精密弹簧的制造工艺..... 334
- 6. 弹簧的检验..... 341

第三十二章 刻度盘.....343

- 1. 概述..... 343
- 2. 毛坯的制造方法..... 344
- 3. 刻线和符号的机械刻制法..... 345

4. 制造刻线和符号的其他方法	351
5. 刻度盘的制造误差	355
第三十三章 壳体	355
1. 对壳体的要求	355
2. 材料	356
3. 壳体毛坯的制造方法	356
4. 壳体的制造工艺	357
附录	368
参考文献	382

序 言

在航空工业中，仪表制造业有着巨大的作用。如果没有仪表的不断改进，飞机制造业就不可能得到发展。在现代的多发动机的飞机上，仪表及自动器的总数达二百个之多。

革命前的俄国是没有航空仪表制造工业的，仅有的几家工厂（多半还是半成品加工厂）亦不过是用外国公司制造的零件进行航空仪表的装配工作。

在苏联几个五年计划的年代里，航空仪表制造工业随着整个社会主义工业的发展而迅速发展了起来。

在这期间，航空仪表制造工艺学亦开始形成为一门应用的科学。

航空仪表制造工艺学是研究航空仪表制造过程的一门学问，它的目的是在科学研究和总结生产经验的基础上保证推行先进的生产方法。仪表制造工艺学在其历史发展过程中经历了由系统整理工厂资料直到建立起理论基础（仪表制造工艺学就是在这种基础上形成成为专门的工艺课程）的道路。

在仪表制造工艺学形成为一门科学的成长过程中，莫斯科巴烏曼高等工业学校、荣膺列宁勋章的莫斯科奥尔忠尼启则航空学院、列宁格勒航空仪表制造学院、莫斯科航空工艺学院等工艺教研室的同人以及各州的科学研究所工艺实验室的同人曾作了很大的贡献。

作为一门科学的航空仪表制造工艺学过去和现在都必须与社会主义经济的主要要求和需要、与仪表制造工业的工程技术人员实际活动保持密切的联系。

由于仪表品种及其生产规模的大大扩大，在航空仪表制造业所面临的现代问题中提高仪表质量及其使用的耐久性和提高仪表生产的经济性等方面的問題有着特别重大的意义。

在国民经济各个部门中，特别是在重工业的发展方面，主要技术

問題的解決與廣泛使用現代化的儀表和自動器有着重大的關係。

航空儀表製造工藝學這門課程包括兩個主要部分：航空儀表零件製造工藝和航空儀表裝配工藝。本書僅闡述第一部分。

本書共分三篇。

第一篇闡述航空儀表零件工藝製造過程設計的一般原理和理論基礎，並解釋了基本概念和定義，研究了工藝過程的設計方法及特點。對於製造儀表零件時的精度和勞動生產率問題亦以很大的篇幅詳細作了闡述。

第二篇研究了航空儀表零件的主要製造方法，說明了技術經濟指標，以解決選出最適宜的工藝方案這一課題。

第三篇研究了航空儀表典型零件的製造工藝。

在這一篇里不僅研究了典型零件（軸、轉軸、衬套、嚙合零件、板片、外殼等）的製造工藝，而且還研究了航空儀表製造工業中最普遍採用的特種零件，其中如陀螺儀的平衡環和轉子、磁導體和永久磁鐵等的製造工藝。

各章在未研究零件工藝製造過程內容之前，先說明了對於該類零件所提出的要求和基本特點。這種闡述方法便於綜合解決與設計工藝過程有關的問題。

在研究零件的主要製造工序（過程）時，着重地探討了這些過程的技術經濟指標及其在儀表製造中可能的改進途徑。

本書是第一本適用於中等航空儀表製造技術學校的教學參考書，書中個別章節亦可供高等學校的儀表製造專業以及儀表製造企業的工程技術人員在研究儀表製造工藝時參考。

本書難免有缺點，作者竭誠希望讀者提出改正本書缺點的意見和改進本書內容的建議，意見和建議請寄莫斯科U-51區彼得洛夫大街24號國防工業出版社。

第一篇 航空仪表零件制造工艺过程 設計的一般原理和理論基础

第一章 航空仪表制造工艺过程 及其設計的基本概念

I 生产过程及其組成部分

生产过程 生产过程是将进厂原材料和毛坯变成成品(仪表)的全部加工过程的总合。

生产过程不仅包括与改变被加工零件的形状和性能直接有关的加工过程和将零件装配成仪表的装配过程,而且还包括实现主要过程所必需的全部輔助过程,譬如:生产准备、技术器材供应、檢驗、設備修理、車間运输及厂内运输等。

工艺过程 直接与改变各个零件的形状与性能及与装配有关的那一部分生产过程称为工艺过程。

工艺过程分为两个主要阶段:零件制造和装配。

零件制造的工艺过程(包括制取毛坯和以后的加工)由許多部分构成。

工序 工序是指在一个工作地对于一个零件或一組零件进行加工直至更換加工下一零件(或一組零件)为止所完成的那一段工艺过程。

安装 又称定位,它是指将加工零件固定一次时所完成的那一部分工序。

工位 零件(或工具)在一次固定时对于机床的每一不同位置称工位。

工步 工步是指在工具（或一組工具）和加工用量不变的情况下加工一段或几段零件表面所完成的那一部分工序。工步可以包括几次走刀。

走刀 走刀是指加工表面、工具和机床的調节状态不变的情况下，削去一层金屬的那一部分工步。

操作 也是工序的一部分，它是几种有同一目的的动作的总合。

2 工艺过程設計工作的范围和内容

在工业試制航空仪表时，通常須要經過設計、实验、工艺、組織生产几个主要的生产准备阶段。

生产工艺准备在劳动量和周期時間方面所占的比重最大，几乎达生产准备周期的50~60%。

生产工艺准备工作包括：分析已設計仪表結構的工艺性；設計关于毛坯制造、零件加工、組合件和产品装配的工艺过程；設計和制造工艺装备；制定檢驗規程；編制工艺装备一覽表和定額标准等。

工艺过程的設計包括以下几方面：

- 1) 确定工艺过程的内容，即分解工艺过程；选择設備、夹具和工具；
- 2) 規定工序尺寸、給出要求的精度、設計加工用量、制訂工时技术定額；
- 3) 比較各个工艺方案的經濟性；
- 4) 将所采用的工艺过程写成工艺規程。

3 工艺过程的集中与分散

設計仪表零件工艺过程时，定出工序的数目是很重要的。当工艺过程分为最简单的工序而每一工序中所包含的工步数目很少时，这种工艺过程称为分散的工艺过程；反之，当每一工序包括很多的工步时，这种工艺过程則称为集中的工艺过程。

决定工艺过程分散程度的主要因素是生产的性质和与生产性质有

关的批量。所生产的仪表的批量愈大、品种愈少，则工艺过程所分的工序数可以愈多。与机器制造不同，在仪表制造中，被加工零件的重量并不是限制工艺过程分散程度的重要因素。

在工艺过程分散时，可以采用较简单的设备，对工人技术水平的要求也可以降低，因而，试制任务也易于完成。

在工序集中时，生产过程易于安排；由于零件是在一次定位后进行集中加工的，因而可以提高加工的精确度；由于可以同时加工几个表面，因而又能提高劳动生产率以及缩短装卸零件的辅助时间。如果说工序的集中并不需要去提高工人的技术水平，则集中工序的意义（可作为工艺过程实行合理化的一种可能途径）将大大增加。

在所有情况下，为了正确的作出关于工艺过程分散程度的决定，必须全面仔细地分析具体条件。

生产类型对于选择最适宜的集中或分散工艺方案有着极大的意义。

4 生产类型和与生产类型有

关的工艺过程的特点

生产类型主要分为下面三种：单件生产、成批生产和大量生产。

单件生产 所谓单件生产乃是指一种或者几种产品的制造过程完全不重复或者相隔不定的时间才重复的生产。

单件生产的特点是：产品品种繁多、生产任务不大、使用通用设备、通用夹具、通用工具和量具；设备按机床型别成组排列。

成批生产 成批生产系指产品的制造过程有规律地经过一定时间间隔而成批进行的生产。成批生产的特点是：各种产品工艺过程的完成具有周期性，即生产是具有循环性的。

根据产品品种及其数量的不同，所使用的设备由通用的起至专用的止；在个别场合下，还须使用特种设备。除通用工具和量具外，还应用特种工具和量具。

大量生产 大量同名产品在自始至终重复同样工序的工作地上进

行制造的生产称大量生产。

大量生产的特点是使用专用设备和特种设备。这些设备通常是按自动循环周期工作，并按照工艺过程而布置的。实行互换原则是組織大量生产的主要条件之一。

5 工艺过程的典型化

当各工厂仪表品种繁多且这些仪表中有同名同类零件时，对每一零件都单独地設計一份工艺規程，須花费很大人力物力。对工艺过程实行典型化的思想提供了另一种設計工艺过程的方式。

工艺过程典型化就是将零件划分成类并制定出各类零件的典型工艺过程。

零件的分类必須以本工业部門的特点（按零件用途及其外形与被加工材料等）作为根据。譬如，在仪表制造业中，零件主要的分类有軸、轉軸和齒輪等等。

同时这些类别本身又可以根据零件外形的不同而分为組（軸和轉軸类可分为如下各組：光軸、級軸、凸肩軸等）。

組又可根据尺寸的不同分成型。

在以成批生产和小批生产为主的仪表制造业中，推行典型工艺过程时作为主要工艺資料的有以下两种基本文件：工作卡片（未标注制造尺寸的所謂《空白标准图》）和作为指导性資料的工序卡片。工艺員根据这两种文件即可編制出具体零件的工艺規程。

工艺过程典型化的問題根据生产类型（性质）的不同可以采取不同的办法来解决。

譬如，在小批生产和成批生产中，推行典型化可以大大簡化和加速生产准备工作并縮減其費用。因此，在航空仪表制造业中，由于产品品种繁多，且經常更換，实行典型化的要求尤其迫切。

在大量生产的条件下工艺过程典型化能够促进工厂的工艺水平大大提高（这适用于品种固定的那些仪表制造厂）。

典型工艺規程必須根据科学技术領域的新发明和生产革新者的成

就而不断地加以改进。

6 航空仪表制造业的主要生产特点

零件外廓尺寸小 零件外廓尺寸小致使广泛采用小的直径（往往小于1毫米）和小的直线尺寸、小的齿轮啮合模数和细牙螺纹。因为零件的直径和直线尺寸很小，所以即使在精确度等级较低的情况下，所要求的绝对制造精确度仍然很高。

仪表制造业中多采用中等精确度即3~4级精确度。

在机器制造业中保持上述等级的精确度并没有特殊困难，因为机器制造业中一般的直径尺寸和直线尺寸在3级和4级精确度时，公差绝对值为60~80微米。而在仪表制造业中，在这样的精度等级时，其代表性尺寸公差绝对值则为20~30微米。

加工小外廓尺寸的零件时，除通用机床外，还须用专用机床。

所用的工具也有其特点，无论加工内表面和外表面都广泛使用特形刀具。对于夹具的要求是：装卸待加工零件时间要少，因而就得普遍地使用快速夹紧装置。小的零件外廓尺寸还要求广泛使用多位夹具。

测量小的直径和直线尺寸时，界限量规的使用范围受到了限制，因为这时对量规制造精确度的要求大大提高了，量规的磨损加快了，而且对技术检查科人员技术水平还要求再提高一步。

用接触法测量小直径时，由于经常要用很大的测量压力，而这种测量压力会引起显著的测量误差；所以，在很多情况下，这种方法是不能应用的。因此，广泛应用电气、光学、气压和其他非接触测量法的问题就产生了。

对互换性的要求 在航空仪表制造业中保证尺寸的互换性要比机器制造业中来得复杂的多，因为小的零件外廓尺寸在复杂的尺寸链中具有极其严格的公差。

除保证尺寸的互换性以外，尚须保证物理性能的互换性（薄膜、膜盒、螺旋弹簧和弹簧片的弹性，各个磁铁或整个系统的磁性等）。