

334288

成都工学院图书馆

航空发动机 制造工艺学

(工艺过程与夹具设计原理
及表面加工方法)

[苏联] B. II. 費拉柯著



国防工业出版社

航空发动机制造工艺学

(工艺过程与夹具设计原理及表面加工方法)

[苏联]B. II. 費拉柯著

李哲浩等译

李哲浩校



国防工业出版社

1965

888467

内 容 简 介

本书是航空发动机制造工艺学的前三部分(全书共包括五部分),书中对航空发动机零件加工中的工艺过程与夹具设计原理及表面加工方法作了比较系统、全面的论述。

本书可作为航空高等院校发动机工艺专业的教学参考书,亦可供从事机械加工的技术人员阅读。

本书第一部分为李哲浩等译,第二部分为张耀宸等译,第三部分为张继堂等译。

ТЕХНОЛОГИЯ АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ
(ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ И ПРИСПОСОБЛЕНИЙ, МЕТОДЫ
ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ)

〔苏联〕В. П. Фиранго

ОБОРОНТИЗ 1963

航空发动机制造工艺学

(工艺过程与夹具设计原理及表面加工方法)

李哲浩等译

李哲浩校

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第074号

新华书店北京发行所发行,各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张 16 $\frac{7}{16}$ 422 千字

1965年9月第一版 1965年9月第一次印刷 印数: 0,001—1,240册

统一书号: 15034·951 定价: (科六) 2.40元

目 录

著者的話	7
緒論	8

第 一 部 分

机械加工工艺过程設計原理

第一章 工艺过程 (基本概念, 定义, 因素)	11
§ 1 生产过程与工艺过程	11
§ 2 工艺过程的构成	11
§ 3 工序种类和工艺过程的阶段	14
§ 4 工序余量	18
§ 5 设备的工艺分类	23
§ 6 机器制造生产的类型	24
§ 7 工序的集中和分散	29
§ 8 技术時間定額	31
§ 9 提高劳动生产率的方法	33
§ 10 工序方案的經濟評定	50
§ 11 工艺过程文件的制訂	53
第二章 机械加工准确度	56
§ 1 基本概念	56
§ 2 可能影响实际加工誤差的因素	62
§ 3 研究实际加工誤差的統計法	66
§ 4 研究实际加工誤差的試驗-分析法	82
§ 5 統計法和計算法确定期望 (計算) 加工 誤差的实质和应用范围	83
§ 6 計算座标尺寸期望加工誤差的一般原則	85
§ 7 期望誤差各組成部分的总和	106
第三章 制訂工艺过程的一般原則和方法	109
§ 1 制訂过程所需的原始資料	109

§2 制订工艺过程计划的方法	116
§3 基准重合原则	123
§4 工艺基准选择	134
§5 工序的编制	168
§6 过程制订的改进	180

第 二 部 分

专用机床夹具设计原理

第四章 专用夹具概述	193
§1 专用夹具设计特点	193
§2 关于加工系统中联系的概念	194
§3 使用夹具的经济基础	201
§4 对夹具的一般要求和夹具元件	206
§5 保证所规定的加工准确度的条件(计算不等式)	208
第五章 定位件	215
§1 概述	215
§2 以平面定位的定位件	216
§3 以圆柱面定位的定位件	223
§4 零件的支承-定位表面	239
§5 零件以两个表面定位	241
§6 定位的特殊情况	260
§7 定位件组合的例子	265
第六章 夹紧装置的元件	271
§1 零件夹紧的原则	271
§2 夹紧件的传动装置	278
§3 简单夹紧件	283
§4 组合夹紧件和多件夹紧件	297
§5 自动定心的夹紧装置	309
第七章 刀具导引件、本体和夹具的其它元件	323
§1 刀具导引件	323
§2 夹具体	330
§3 夹具的其它元件	333
§4 分度装置	338
§5 靠模装置	345

第八章 夹具的构造	355
§1 主要类型机床夹具的构造特点	355
§2 提高构造经济效果的方法(规格化的原理)	372
§3 焊接夹具的特点	382

第三部分

表面加工方法

概論	397
第九章 外圆柱面的加工	399
§1 轴加工的准备工序	399
§2 在车床上车外圆	402
§3 在多刀车床上车外圆	407
§4 磨削	410
§5 铣、镗、拉	415
第十章 圆柱孔的加工	417
§1 钻孔	417
§2 铰孔	419
§3 铰孔	421
§4 镗孔	424
§5 磨孔	428
§6 拉孔	430
§7 深孔加工的特点	431
第十一章 在转塔车床、立式车床、自动机床 与立式半自动机床上加工的特点	435
§1 在转塔车床上加工	435
§2 在立式车床上加工	442
§3 在自动机床上加工	443
§4 在立式半自动机床上加工	446
第十二章 平面加工	448
§1 车平面	448
§2 刨平面和铣平面	449
§3 磨平面	454
§4 拉平面	457

§5 槽与鍵槽的加工.....	459
第十三章 圓柱面及平面的光加工法	462
§1 精車.....	462
§2 珩磨.....	465
§3 研磨.....	466
§4 拋光.....	469
§5 超級光磨.....	469
第十四章 型面的加工	471
§1 概述.....	471
§2 迴轉型面的加工.....	472
§3 直棧型面的加工.....	477
§4 立體型面的加工.....	480
第十五章 螺紋加工	484
§1 概述.....	484
§2 用車刀和梳絲刀切螺紋.....	485
§3 用絲錐、絲扳和切絲刀頭切螺紋.....	486
§4 銑螺紋.....	490
§5 磨螺紋.....	490
§6 滾壓螺紋.....	491
§7 錐螺紋、方牙螺紋和蝸杆的加工.....	493
第十六章 齒輪齒和花鍵齒的加工	495
§1 概述.....	495
§2 圓柱齒輪齒的切制.....	496
§3 圓柱齒輪齒的精加工.....	503
§4 錐齒輪齒的加工.....	507
§5 花鍵的加工.....	509
第十七章 電加工和其他加工方法与工序	513
§1 表面的電加工.....	513
§2 噴丸加工和磨液加工.....	521
§3 檢驗—機械工序	522
§4 超聲波加工.....	524
参考文献	526

著者的話

“航空发动机制造工艺学”课程包括五个份量大体相同的部分：1. 机械加工工艺过程設計基础。2. 专用机床夹具設計基础。3. 表面加工方法。4. 航空发动机零件制造。5. 航空发动机装配。

課程結構的这种安排，是在莫斯科航空学院三十年的教学过程中形成的。本书的前三个部分变动性不大，亦适用于其它专业。

就其性质來說，这三个部分是不相同的。前两部分是根据分析而得的材料編写的；第三部分是叙述性的，是按照大綱的最低限度介紹的。

本书的重点是研究有关內容的原則方面的資料及其实际应用。著者并力求在大綱規定的範圍內，以最少的篇幅来闡述課程的內容。

著者通过对材料的遴选和概括，以及在叙述的次序和方式上，注意各部分之間的相互联系爭取达到上述目的。同时著者还闡述了以下的观点，即在生产中是主要的——质量，生产率和經濟性——在課程中也應該是主要的。

书中利用了莫斯科航空学院中授課的經驗，已发表的科学研究成果，工厂和科学研究所的資料，以及著者本人以前的著作。

为了便于讀者使用本书，对于論証或例証所援引的一般原則的資料以及比較次要的內容都用小字排印。

著者对莫斯科航空学院和古比雪夫航空学院教研室，及喀山航空学院教研室主任 Г. П. 札金 (Жадин) 副教授在本书的編写上所給予的帮助表示感謝。

由于书中难免会有錯誤之处，著者将以感激的心情接受讀者的意見。

緒 論

机器制造工艺学是机器和机构制造工艺过程的学問。具体到航空发动机制造，就称为航空发动机制造工艺学。

这门学問与航空发动机生产的特点有关。

航空发动机制造属于中型精密机器制造。它的主要特点是：

1) 产品的外廓尺寸属中型；2) 零件及整个产品的准确度高；3) 零件构形复杂，壁薄；4) 广泛采用难加工和贵重的材料；5) 采用的加工方法多种多样；6) 有周密制订出的工艺文件和严格的质量檢驗規定以保証产品預定的寿命及其絕對可靠；7) 比較經常更換的生产对象。

机器制造过程是从毛坯制造到装配試驗。在这样广闊的区域内，使用着許多物理本质不同的材料和半成品改制，加工与联接的过程：鑄造，压力加工，热处理，切削，焊接，鉗接，油漆等等。按照現在的观点，机器制造工艺学的任务不是研究这些过程的物理本质和过程中所使用的設備（这是其他工艺課程的任务），而是研究利用这些过程按照預先規定的参数来制造产品的方法，即产品（机器零件的毛坯，零件和整个机器）的工艺过程。

但是这种研究生产工艺的方法，并非經常都是可行的。只有在生产下述对象的范围内它才是有效的，即制造的产品在時間上要多次間断，亦即首先在机械加工和装配的范围内才是有效的。

例如，用鑄造方法时，产品的成形是在鑄型澆注时完成的，此时所有規定的几何参数都同时得到。在这种情况下，主要的工艺問題都集中在鑄型的設計和制造以及液体金屬的准备上，亦即产品的制造工艺（成形）实质上等于鑄型的制造工艺。

規定产品利用材料的压力加工（如冲压）成形，在复杂的情

況下，必須划分为两个，三个和更多的阶段。那么，由此而产生的問題則有着这样的一种性质，即其中只有一些次要的問題，能够脱离在压力加工过程中发生的现象的本质加以解决。

在机械加工的情况下，就不然了。由于必須要采用各种刀具来使制件（零件）表面的不同部分成形，以及其它一些重要的原因，不得不多次間断成形的过程，亦即将过程划分为所謂的“工序”。甚至連中等复杂程度的零件，所需要的工序，也可能多达几十道，而且在工序之內，亦往往需要必須的間断。工序的內容和次序决定着必要的設備，夹具，刀具，工作的复杂程度，設備的負荷等等。关于准确度，生产率和經濟性的大量問題的產生几乎（或完全）与切削过程的物理本质无关，但却是由于为了使同一零件成形，而未采用多样化的过程所引起的。

这些問題的正确解决是极端重要的，因为机械加工是获得准确零件的主要手段，而且期限很长。这些問題的提出和解决，一般就构成关于机械加工工艺过程学科的主要内容，因此，“机器制造工艺学”的名称就在这一形成期間被确定了。

此后，关于机器装配工艺过程的學問，也作为一个部分并入了这门学科，因为在以前确立的研究方法中，許多都能推广到装配上。装配过程亦是由許多部分构成的，而且这些部分的内容和次序也同样可以在寬广的範圍內选择。

因此，被称为机器制造工艺学的关于机器和机构制造工艺过程的學問，到現在只是在机械加工和装配的範圍內是独立的。

将这一部分划出成为独立的學問和開設相应的課程是在30年代初期开始的。这门新工艺課程的建立，是以总结工厂的经验为基础的，而它的发展則归功于工厂、科学研究机构和高等学校中的广大工作者。

在教学法方面，机器制造工艺学課程的构成是不相同的。但是不論是在机械加工还是在装配的範圍內，内容都分为两个部分。

在第一部分中，所研究的問題，在很大的程度上，对于不同

的机器制造部門都是共同的。这一部分是关于机器制造工艺学的基础。第二部分是一个特殊的部分，用以闡述給定部門最有代表性的生产对象（零件，組合件，机器）的工艺过程。这一部分的任务是通过例子來說明在第一部分中所闡述的一般原則，讲解以前学过的各种工艺方法（鑄造，压力加工，热处理，焊接等等）的作用、位置和应用。后者之所以重要，是因为产品的制造工艺过程，几乎总是各种不同过程的总合（不同之处在于在总合中以哪一种过程为主），而且这又只能通过具体的例子來說明。特别是随着噴气航行的发展，在航空发动机制造中以冷冲压、焊接和钎接为主的工艺过程的比重大大增长，因而也提高了課程專門部分的重要性。

在学校里，教学过程的組織范围要受教学计划中所容許的課程总門数的限制。因此課程常常是綜合性的（例如“切削机床和刀具”），这些課程包括着几个在一定程度上性质不相同的学科。离开教学过程，其中每一个都对应着独立的技术或生产范围。

現在，大多数部門的机器制造工艺学課程都属于这类的綜合課程（特別是包括在本課程中的夹具設計原理部分）。书中对本課程中的一般部分也均作了讲述。

第一部分 机械加工工艺过程 設計原理

第一章 工 艺 过 程

(基本概念, 定义, 因素)

§1 生产过程与工艺过程

为使进入工厂的材料和半成品变为成品而进行的全部过程称为机器制造工厂的生产过程。

在这全部过程中占最重要地位的是与改变材料和半成品的状态直接有关的过程。这些过程称为工艺过程。工艺过程分为鑄造, 鍛造, 热处理, 机械加工, 装配等。工艺过程是結合被制造的零件或产品研究的。例如渦輪叶片的模鍛工艺过程, 压气机轉子的装配工艺过程等。

通过对毛坯表面进行机械加工, 使毛坯逐步变为成品的过程称为零件的机械加工工艺过程。

§2 工艺过程的构成

工序是零件机械加工工艺过程的基本单元。

工序——工序是在一个工作地点上, 到轉換加工下一零件之前所进行的工艺过程的一部分。

因此, “工序”的概念和下列两点有关, 即在实现工艺过程时:

- a) 零件从一个工作地点轉換到另一个工作地点;
- b) 制造的零件多于一个 (轉換到加工下一零件)。

例如, 工艺过程包括在車床上車削和在磨床上磨削零件, 則

在过程中将有两道工序（工作地点改变）。然而在一个工作地点上的加工也可能由几道工序组成。例如，在一台钻床上依次先对一个零件，然后对第二个等等进行钻孔与铰孔（图 1 a），直到整批零件加工完为止。此时过程是在一个“钻孔与铰孔”工序中进行的（下一个零件在前一个零件钻孔与铰孔后加工）。但是如整批零件开始先钻孔（下一个零件在前一个零件钻完后加工），然后再铰孔（下一个零件在前一个零件铰完后加工），这样就变成了两道工序：前一道为“钻孔”工序；第二道为“铰孔”工序。

工艺过程的设计在于确定其工序的内容及顺序。工序是工艺过程在计划-组织方面不可分割的部分，是生产计划的基本单位。工艺过程的劳动量，物质-技术的保证（设备，夹具，工具），所需生产工人的数量与技术熟练程度均按工艺过程的工序确定。在车间中生产率的计算，检验与工艺过程的计划都是按工序进行的。把工艺过程订成文件时，每道工序的内容都被填写在称为工序单的独立的卡片上。

工序可以由若干工步组成。

工步——是工序的一部分，在此全部时间内被加工表面，切削刀具及机床的工作用量（转数与送进量）均保持不变。

图 1 6 表示在图 1 a 中所示零件上加工中部孔的工序，共由三个工步组成：第一工步为钻孔 2，第二工步为镗孔，第三工步为镗环槽 3。

为了提高生产率，常常将几个工步合并组成一个复合工步（工步重合）。复合工步的特点是同时加工几个表面（图 1 e）。

工序的工步可以包括几次走刀。

走刀——是工步的一部分，在此时间内切去一层金属。当该工步所应切除的全部金属层不能一次切除时则须分为几次走刀。

通常将组成工序的所有动作分为基本（切削）动作与为基本动作作准备以及完成基本动作所必需的辅助动作（工作操作）（例如开车，停车，引近与退出刀具等）。这种划分便于确定完成工

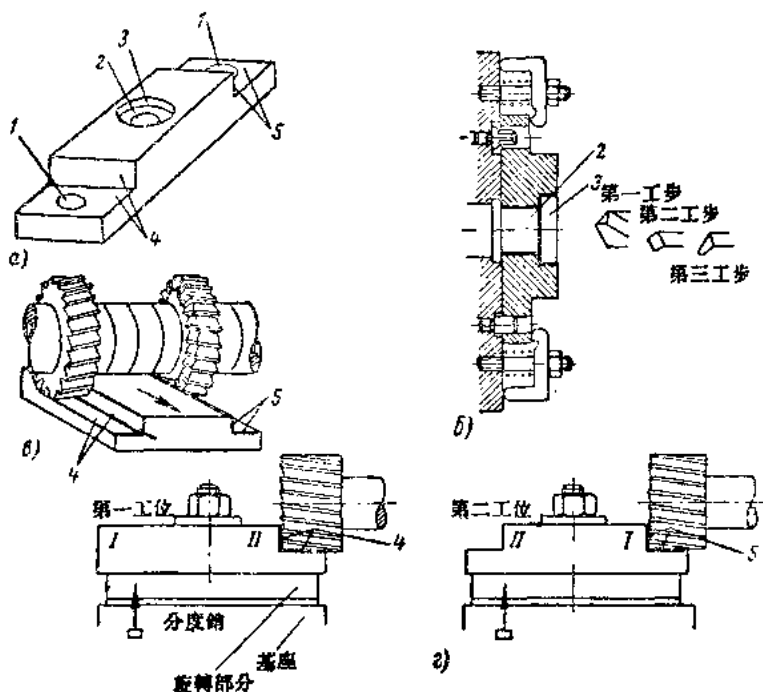


图1 工艺过程构成说明图。

序所必需的时间（进行工序时间定额时）。

由于被加工零件的定位与夹紧在每一个机床工序中几乎都必不可少，因此它们在辅助动作中占有特殊的地位。由于定位的结果，零件在机床上获得了所需的几何位置；又用夹紧将其固定下来。

如果工序只包括零件的一次定位与夹紧，即表示该工序以一次定位完成，指的是零件在机床上的位置并未变化，或者更确切一些来说，即零件与机床的关系不变。例如，在图1 b与c上所示的工序就是这样。然而在一个工序中零件也可能有多于一次的定位与夹紧。例如，当零件（见图1 a）的平面4与5不是用两把铣刀同时铣削，而是如图1 d那样用一把铣刀铣削时，则在平面4的加工完成以后，应松开并转动零件，然后重新定位与夹紧以加工平面5。则工序是以零件两次定位完成的。

零件进行第二次（可能还有第三次等等）定位使整个工序被划分为相应的两部分。在这种情况下，有时利用“定位”这个术语作为零件在一次定位与夹紧中所完成工序的一部分的简称。

因此，“定位”这个术语有两种意义：

a) 定位——确定零件的几何位置。（“定位零件”表示予以一定的位置。）

6) 定位——零件在一次夹紧下所完成的工序的一部分（即零件在按 a) 涵义进行一次定位时所完成的工序的一部分）。

零件重新定位要耗費時間。当零件必須在不同的位置上加工时，有时可采用一种定位和夹紧用的夹具，可以无须松开零件即可改变其位置。在一次夹紧后零件在机床上的每一个位置称为一个工位。

图 1 表示借助于夹具在两个工位中铣零件的平面 4 及 5。完成一面的加工以后，不松开零件，将夹具转动 180° ，使 I 边占据 I 边的位置；换句话说，零件由一个工位转到第二个工位。为此，将装零件的夹具上部做成可转动的，并能相对于固定在机床上的下部，即底座改变自己的角向位置。

如术语“定位”一样，术语“工位”有时也可用以表示工序的一部分。在这种情况下，工位是定位（定位概念的第二种意义，见上）的一部分，是零件在不同位置之一时所完成的那部分。

§ 3 工序种类和工艺过程的阶段

为了使毛坯变为成品零件，需要从每一个要加工的表面上切除一层称作（表面加工）总余量或毛坯余量的金属。与总余量不同，在一道工序中切除的金属层称为工序余量。

总余量可以在一道工序或几道工序中切除。在前一种情况下，表示表面一次被彻底加工，或一次加工到最后。在第二种情况下，前后每两个工序的区别在于后一工序的余量较小而加工准确度较高。因此，工序可分为：去皮粗加工工序，中間粗加工工序，

細加工工序，最后加工工序与光加工工序。

加工表面的几个工序中的第一道称为去皮粗加工工序。在这种工序中切除总余量的主要部分。此时加工准确度虽不高，但高于毛坯准确度。

任何一道中間工序，如果在它的后面要接着进行在加工方法上类似但較為精密的工序（在这种情况下称作細加工工序）时，就称为中間粗加工工序（例如“粗磨”与“細磨”）。

粗加工之后的工序称为細加工工序。細加工工序的目的可以是完成該表面的加工（此时它同时也是最后加工工序），也可以是表面进行以后更精密的加工作准备。

保証零件工作图所要求的加工准确度的最后一道表面加工工序称为最后加工工序。

如果在最后加工工序中，切除的工序余量很小，常常称为光加工工序；只是当表面准确度的要求特別高时，才規定这种最后加工。

进行去皮粗加工工序的具有代表性的方法有：切除很大工序余量的車，钻，銑，刨等。

中間粗加工工序与細加工工序也用同样方法进行，但切除的工序余量較少，此外还用錾、磨等方法进行。

实现最后加工工序的方法按零件图所要求的表面加工准确度选择。它可能是上面列举的細加工方法之一以及精車，銑，拉，研磨，拋光，珩磨等。

加工零件上同一个表面的工序数目是根据許多个别的条件选择的。

这些条件的作用对零件上不同的表面，并不总是相同的，因此，对不同的表面常常規定不同的工序数目。

属于上述条件的有表面的尺寸与形状，表面对于零件其它表面的位置，工作图所要求的表面加工准确度，零件的尺寸与形状，要求哪一种热处理或化学热处理等。

通常零件工作图中对表面提出的要求愈复杂，則工序数目愈多。例如

在加工航空发动机气缸筒的工艺过程中，加工缸筒孔的工序数目多达七道（去皮加工，粗镗，细镗，氮化前磨，氮化后粗磨，细磨，珩磨），而缸筒端面则只加工3~4次。

零件制造工艺过程的特点不仅表现在它的组成工序的数目和内容上，而且还表现在工序进行的先后次序上。

工艺过程中工序的顺序是按照粗工序应该放在比较精密的工序前面这一原则规定的。由此可见同类工序应该彼此紧接着进行。因此就产生出工艺过程划分阶段的概念。

一组彼此紧接着进行的同类工序（即工序余量，切削用量与加工准确度大致相同的工序）即为工艺过程的阶段。

既然同类工序可以是被加工零件不同表面的工序，而不同表面又已确定了不同的工序数目，则在一个阶段中就可能出现对零件的一些表面（较不精确的）来说是最后加工，对另一些（较精确的）来说是细加工，而对第三类（更加精确的）来说是粗加工的工序。除这种复杂的阶段外，在工艺过程中也可能有只由一道工序组成的阶段（没有其它类似的工序）。

阶段的进行顺序也要符合一个一般的原則，即粗的阶段应放在较为精确的阶段的前面。因而，由于每一表面的加工要分成几道工序，零件整个加工过程要分成阶段，对零件表面加工所规定的工序愈多，则最后形状与尺寸的获得便愈迟。

拟订工艺文件时，在阶段之間并不划分界限：一方面，由于工序已按它们应该进行的次序編了号，因此，没有这样做的必要。另一方面，这种界限也并不是都很明确的。然而，考虑整个零件时，也像对待它的各个表面一样，通常都談論它的粗加工，细加工与最后加工。显然，既然在一个阶段会出现不同种类的工序（例如，对一个表面是粗加工而对另一个是细加工），则在阶段中占压倒多数的工序类别就表明阶段的名称。

一个表面必須分成几个工序加工与整个过程必須分成阶段的原因是：