

高等学校試用教科書

仪器制造工艺学

上册

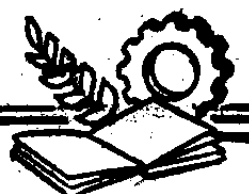
天津大学等院校集体选編



(456)

中国工业出版社

高等学校試用教科書



仪器制造工艺学

上册

天津大学等院校集体选編

中国工业出版社

本書是由高等学校“精密仪器专业教材选編會議”以天津大学和北京工业学院的講义为基础选編而成的。

全書分上下册出版。本書为上册，闡述一般基础理論：如工艺規程的制訂、机械加工精确性、提高劳动生产率的問題、降低工艺成本、夹具設計原理和毛坯选择等。另外还敘述一般的机械加工方法及其精度分析的知識，如軸加工、孔加工、六角車床与自动車床加工、平面加工、型面加工、螺紋加工及齿輪加工等。

本書除作精密仪器专业的教材之外，也可供有关工程技术人员参考。

仪器制造工艺学

上册

天津大学等院校集体选編

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

（北京市書刊出版事业許可証出字第110号）

地质印刷厂印刷

新华書店科技发行所发行·各地新华書店經售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $17^{1/4}$ ·插頁1·字数410,000

1961年9月北京第一版·1961年9月北京第一次印刷

印数0001—4,037·定价（10-6）2.10元

統一書号：15165·739（一機-144）

目 次

緒論	4	第三節 精車(細車)	153
第一章 制訂工艺过程的基本概念	7	第四節 中心輪磨	154
第一節 生产过程与工艺过程	7	第五節 无心磨	156
第二節 工艺过程的組成	7	第六節 外圓柱面研磨	159
第三節 制訂工艺規程的基本原則	8	第七節 超級精磨(細磨)	161
第四節 生产类型与生产規模	9	第八節 拋光	162
第五節 制訂工艺規程的原始資料	10	第九節 軸頸拋光	162
第六節 制訂工艺規程的步驟及技术文件	11	第七章 在六角车床及自动车床上 的加工	163
第七節 工艺过程的典型化	14	第一節 在六角車床上的加工	163
第二章 設計工艺过程的基本原則 之一——产品质量	17	第二節 在自动車床上的加工	167
第一節 加工精度	17	第八章 孔面的加工	180
第二節 加工誤差的来源	18	第一節 各种孔加工方式及其精度 比較	180
第三節 加工誤差的性质	32	第二節 在鑽床上加工	181
第四節 加工精度的确定	33	第三節 用鑽模鑽孔	186
第五節 废品率及机床調整	37	第四節 鐘孔	189
第六節 提高加工精度的方法	41	第五節 孔面的精加工方法	191
第七節 表面质量	43	第九章 平面的加工	199
第三章 劳动生产率与經濟分析	52	第一節 各种平面加工方式及加工 精度比較	199
第一節 設計工艺过程的基本原則之二 ——劳动生产率	52	第二節 定位基准与位置精度	199
第二節 工序時間定額的組成	52	第三節 車削平面	201
第三節 提高劳动生产率的方法	55	第四節 鉋削平面	202
第四節 設計工艺过程的基本原則之三 ——工艺过程的經濟性	63	第五節 銑削平面	203
第五節 經濟分析与成本比較	65	第六節 拉削平面	206
第四章 夹具設計原理	69	第七節 磨削平面	207
第一節 基准	69	第八節 研磨平面	210
第二節 基准的数量——六点定位律	72	第九節 刮研平面	213
第三節 基准的选择——定位誤差	74	第十章 型面的加工	214
第四節 改变基准时尺寸的換算	78	第一節 概述	214
第五節 粗基准的选择	79	第二節 車削型面	214
第六節 工件的夾緊	81	第三節 銑削型面	219
第七節 定位支承、輔助支承与自位 支承	85	第四節 磨削型面	232
第八節 夾緊裝置	89	第十一章 螺紋面的加工	234
第九節 夹具設計程序	106	第一節 概述	234
第十節 鑽床夹具	109	第二節 內螺紋的切削	236
第十一節 銑床夹具	115	第三節 外螺紋的切削	238
第十二節 車床夹具	121	第四節 螺紋的精密車削及其精度 分析	241
第五章 毛坯选择及加工余量	126	第五節 螺紋的磨削与研磨	249
第一節 毛坯的选择	126	第六節 滾压螺紋	250
第二節 加工余量計算	130	第十二章 齿輪的加工	252
第六章 外圓柱面的加工	140	第一節 概述	252
第一節 各种加工方式及其精度比較	140	第二節 齿圈的切削	254
第二節 在車床上加工	140	第三節 齿圈的精密加工	266
		第四節 非圓柱形齿輪的切削	270
		第五節 齿輪的压力加工	274

緒 論

仪器是探测、度量、记录、控制、及计算自然现象和生产过程中各项参数的工具，是生产技术和科学研究中必不可少的装备。在国民经济建设中对工农业机械化，自动化，电气化水平的提高和发展，起着重要作用。尤其是那些高速自动生产设备，以及在高温高压条件下进行连续生产的工业，必须使用仪器来进行测量、记录或自动调节，以保证机器的正常运转、生产过程的安全、工艺的稳定和产品质量的提高。广泛采用仪器，可以提高生产技术水平，减轻劳动强度，提高经济效益。在科学研究中要占领科学的尖端领域，更必须具有作为试验、分析、和计算用的准确和灵敏的精密仪器。所以一个国家的生产技术和科学研究的水平，可以由使用仪器的数量和质量来衡量。因此也可以由仪器制造业的发展水平来衡量。

我国在解放前，由于长期受封建主义、官僚资本主义、帝国主义的压迫掠夺，社会生产力停留在很低的水平上。根本谈不上有仪器制造业。仅仅有些规模狭小，设备陈旧，技术落后的工厂，集中在几个沿海城市中，为外国进口的仪器做些修配工作而已。解放以后，社会主义制度为仪器制造业带来了新的生命。在党的领导下，仪器制造业有了飞跃的发展。新建了一些规模较大的工厂，这些工厂都装备有新的设备，采用了先进技术，为我国仪器制造业打下了牢固的基础。此外还改造和扩建了旧有的工厂，使许多小厂合并成为大厂，许多修理工厂改为制造厂。特别是1958年以后由于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，充分发挥了群众的智慧，大搞技术革新和技术革命，使得工厂的设备，技术水平和制造能力不断提高，产品的品种、数量和质量飞跃发展。其中不少是高级精密仪器，如电子显微镜、万能工具显微镜、大型光谱仪、马氏干涉仪、微波仪器、射线仪器和精密电表精密天平等等。总之，目前我国仪器制造业不仅已能大量生产常用的仪器而且能够生产一些新型的，复杂的精密仪器了。今天在我国所有国民经济各部门都以惊人的速度飞跃进展，而我国仪器制造业原有的基础过于薄弱，因此必须在现有的基础上鼓足干劲，力争上游，多快好省地继续向前发展。必须做到能独立设计各种新型、复杂和高精尖的仪器；能大量生产准确、灵敏的精密仪器。为此必须大力发展仪器制造业和培养从事仪器的设计和工艺的技术人材。

设计者的任务是设计出能保证符合于使用要求的仪器，而工艺人员则根据所设计的仪器结构，制订并准备生产过程和组织生产。仪器制造工艺学是研究仪器的生产工艺过程的一门科学，所以是培养工艺人员的主要课程。但是设计与制造之间具有很密切的关系，设计者在考虑仪器的使用要求的同时，也必须充分考虑到生产工艺问题，因此设计者也必须详细掌握仪器制造中的各种工艺知识及其理论基础。所以仪器制造工艺学也是培养设计人材的一门必不可少的专业基础课程。

仪器制造工艺这门课程应该完成下列几个主要任务：

首先应使学生掌握各种不同几何形状、不同材料性能、不同精度要求的零件加工方法和检验方法，以及由零件拼成部件和整个仪器的装配工艺。但是仅仅了解各种方法是不够的，因为同样一个零件，可由各种不同的加工方法来完成。所以还应使学生能分析比较各种方法的优缺点，选择最适宜的加工方法。采用较完善的工艺过程，运用新的技术以保证

更有效地提高劳动生产率，而提高劳动生产率是胜利完成社会主义建设的重要条件。

尤其重要的是必须保证符合于仪器使用要求的加工精确度。很多仪器要求的零件尺寸，几何形状及各部分相互位置的精度常常以微米来表示。往往由于需要获得最小的摩擦，高度耐磨性能及防蚀性能，因而对表面质量，提出了极高的要求。除了几何精度外，还必须保证物理参数的精度。在解决这一任务时，必须与提高生产率的任务很好地结合起来。

另一个重要任务是培养设计人员能详细考虑结构工艺性。在设计同样一个仪器时，可以有各种不同的结构方案。应使学生能选择一个在具体生产条件下获得最高的生产率，最低的生产费用而又符合于精度要求的方案。为了保证结构设计具有良好的工艺性，应考虑下列几个主要问题：

(1) 减少零件数量和零件所具有尺寸的数量。这样往往可以降低对各零件的精度要求。

(2) 在机构的必要部分上采用补偿或调整装置。这样可以避免对某些零件规定过严的公差，或可避免装配时的人工修配。

(3) 机构、部件及零件的统一化和标准化。生产一定数量的仪器，如果部件及零件的种类愈少，规格愈统一，标准件所占比重愈大，则每一种零件的制造数量愈大，愈有条件采用高生产率的先进工艺方法。

(4) 合理地采用原有产品的机构、部件和零件的设计。这样可以节省用于设计工艺过程和试制的时间和物力（包括添制新的工艺装配和专用夹具）。

(5) 将复杂的结构划分为几个装配单元，以便采用独立平行的装配组织，简化装配过程，提高装配生产率。

(6) 避免或减少加工困难的表面，使加工面分布合理，减少零件在加工中的安装次数。

(7) 减少加工面的数量和加工（切削）量。

(8) 尽可能使加工时用标准夹具及刀具的比重大。

(9) 生产规模较大时，零件的结构设计必须保证能采用最先进的、高生产率的工艺方法——模锻，压铸，自动机加工等。

判断结构工艺性的优劣，是个很复杂的问题。不同的结构方案不但在形状上有所区别，所用材料有时也不同。例如当采用冲压结构时，零件可用钢料制成；而采用压铸结构时，可用锌铝合金铸出。有色金属材料的切削性一般较好，但不适于研磨加工。有色金属的薄片零件在加工时很难夹持。不锈钢的机械性和抗锈性虽好，但切削性很差，加工困难。判断某一种结构设计的工艺性时，不仅须考虑到零件的加工难易问题，也须考虑到产品的整个生产过程（包括装配过程）。即使各零件的工艺性都好，但如果不易装配，则整个产品的工艺性仍差。此外，工艺性的好坏还与生产规模有关。对于单件生产为工艺性良好的结构，可能完全不适用于成批或大量生产。某种零件的结构设计，如果必须用特殊夹具加工，则只有在大量生产时这种结构设计的工艺性才可能比较好。

工艺性的要求也影响到毛坯的制造。砂型铸造毛坯余量大，加工时间长；但由于模型简单，合乎小量生产的工艺要求。压铸毛坯和冷冲压毛坯都需要比较复杂昂贵的模具，但是生产率高，所以只合乎大量生产的工艺要求。

工艺性是个相对概念，因为每一种新设计的仪器，其工艺性的好坏，是与其他几种结构方案相比较，或是与原来生产的仪器相比较。随着生产方法的发展，出现了各种新的工艺方法，这时，对于结构工艺性的评价也应作相应的改变，原来不易制造的零件有了新工艺方法可能变为很容易制造了。

仪器制造工艺学是一门由生产实践中总结出来又应用到生产中去解决实际问题的，并经过生产实践反复验证和不断充实提高的工艺学科。经过许多人多年的努力，使这门课程具有较完整的系统和理论根据。因此这门课程内容不仅包括各种加工方法（工艺）的实质、优缺点和应用范围，而且也包括对某些问题的理论分析。首先是加工精确性问题，因为对于仪器来说，精确度是个最基本的要求。本课程的内容虽然不包括工艺设备的操作技术，但在学习本课程的过程中，应当随时和有关生产劳动实践结合起来，互相印证，巩固提高。

仪器制造业虽已有不短的历史，然而仪器制造工艺学作为一门科学来研究，这还是近代的事情。这门课程可以说是由机器制造工艺学发展出来的，但也有它的特点。仪器制造业的特点有：

- （1）零件的尺寸外形小；
- （2）精确度要求高；
- （3）仪器品种名目繁多，作用要求各各不同；
- （4）使用条件复杂，所用材料品种很多；
- （5）仪器生产很分散，专业化和协作化程度低；
- （6）装配工作量所占比重很大。

所有这些特点都使得仪器的制造方法非常广泛，甚至比较复杂而特殊。并且由于仪器制造工艺学还是一门年青的科学，它紧密地随着仪器的发展而在不断发展。因此在学习时应该很好地贯彻辩证唯物主义的观点，从事物的发展变化中去考察问题。不能满足于目前的书本知识，而要注意注意发展的新方向。例如微小尺寸和复杂形状的加工方法，超高精度与表面光洁度的特殊工艺；耐高温高压高强度的特殊材料的处理方法等等。应从所遇到的新事物，新的科学技术成就中，很好地加以总结和系统化，并通过自己创造性的劳动使之进一步向前发展。

第一章 制訂工艺过程的基本概念

第一节 生产过程与工艺过程

产品的生产过程，是指将原材料和半成品变为成品的各种有效活动的总和。

在现代化的工厂里，进行着许多性质各不相同的生产过程，每一个工厂的生产过程又可分为很多部分，如精密仪器制造厂中有精密鑄造，精密冷冲压，切削加工和装配等生产过程。

在生产过程中不仅进行着一些改变工件几何形状，物理性质以及将它们装配成仪器有关的主要过程，而且也进行着一系列的辅助过程（例如运输零件，制造和刃磨工具，修理机床，设备和夹具等）。

从工艺学的观点出发，我们的工作着重研究零件生产过程的一部分，即工艺过程。

所谓工艺过程就是：直接改变加工对象状况的那一部分生产过程。

在机械加工的工艺过程中，通常是用刀具切去一层金属而使工件（或毛坯）改变其几何形状和尺寸——有切屑加工。

如冲裁、弯形、拉伸，……等是用压力加工而使工件改变几何形状或尺寸，虽然改变零件的形状和尺寸，但不产生切屑——无切屑加工。

进行热处理工艺过程时（如表面渗碳，淬火，退火、回火等），则发生零件的物理性能和化学性能的强烈的改变。

在进行装配工艺过程时，则使各零件之间通过各种的联结造成一定的相互关系。

任一零件的工艺过程，即由毛坯到零件制成的主要途径可以是多种多样的，如果确定了其中最合理的一个工艺过程，并以文件的形式固定下来，象这样的文件，我们称之为工艺规程。

第二节 工艺过程的组成

为了制訂工艺过程或改进工艺过程，必先了解工艺过程的组成。工艺过程的基本组成部分是工序。

“工序”是在同一部机床上或同一个工作地点上，在一定的一种零件上或一定的一种装配单元上（或是在几个零件或几个装配单元的組合上）連續地完成的工作。例如图 1—1 所示的軸件在成批生产时的加工工艺过程如下：

- ①在中心鑽床上打两端的中心孔；
- ②在一部車床上粗車 A、B、C 各段及各肩端面；
- ③在另一部車床上精車 A、B、C 各段及各肩端面；
- ④在銑床上銑 H、J 两槽。

这样，上述①②③④四个阶段就是四道工序。

在一道工序内为了便于加工可以改变工件的安装方式。例如在車 B、C 两段时夹住 A 段；車 A 段时必须掉头夹住 C 段。这样在一道工序内“安装”两次。可見安装是工序的一

部分，这部分工序是在零件安装一次的时间内所完成的。

在一次安装中工件也可有几个不同的加工位置。例如图 1—1 的轴件夹持在分度器上铣 H 、 J 两槽时虽然不须更改夹持方式，重装工件；但是需要将工件在分度器上旋转 180° ，改变工件的位置。这样就在同一次安装中有两个不同的“工位”。工位也是工序的一部分，是指零件在同一安装情况下零件相对于机床或工具相对于机床在一定位置时所完成的那部分工序。工序还可以包括一个或几个工步。

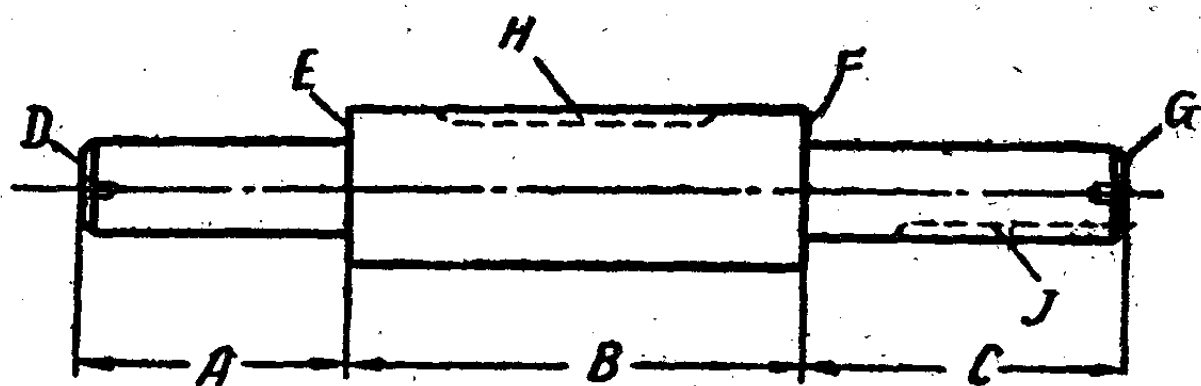


图 1—1

“工步”也是工序的一部分，是在工件的同一表面上（或同一组表面上），用同一工具（或同一组工具）进行加工，同时机床工作条件保持不变。在前例中，车削 A 、 B 、 C 三段是三个不同的工步。车削 D 、 E 、 F 、 G 各肩端面和斜角又是几个单独的工步。

在一个工步内可用同样的切削条件进行一次或几次切削。每一次切削运动是一次“走刀”。例如粗车 A 段时切削二次，就是两次走刀。

工艺过程的最小单位是“动作”。动作是工人的一个单元行动。例如在一次走刀中可有开车、接近、送进、停车、退刀等各种动作。

在制订工艺规程时常按生产规模的大小将工艺过程分析到适当的详细程度。例如，在制订单件或小批生产的工艺规程时，由于全部加工零件不多，无必要将工艺过程分析过细。在这种情况下，往往以工序为最小单元。在大规模大量生产中，则有时分析到最小的动作。

第三节 制订工艺规程的基本原则

生产每一种制品（仪器仪表）一般都要经过设计、试制、工艺准备及生产组织准备这几个阶段。工艺准备工作包括：

- ① 工艺规程的制订；
- ② 施工用具（刀具夹具）的设计与制造；
- ③ 检验规程的制订；
- ④ 检验工具（量具）的设计与制造；
- ⑤ 其它必要的技术规格和说明书的制订。

制订工艺规程是工艺准备工作的第一项也是最重要的一项工作。制订工艺规程的基本原则是：如何保证以最少的生产费用及最高的劳动生产率使工件符合工作图上的全部技术要求。这个原则包括下列三方面的条件：

① 技术条件，就是如何保证工件可靠地符合制造图上的全部技术要求。这里“可靠”二字是指在加工或装配后符合技术要求的情况要稳定；在加工或装配中要尽可能不依赖于工人的技巧，尽可能减少偶然性的废品。

②生产率条件，就是在保证工件的技术要求的前提下，如何能以更少的工时生产出更多的零件。劳动生产率的提高决定于很多方面的因素。有关工艺规程方面的有：设备的选择、加工方式的确定、夹具的设计、毛坯的选择、以及合理地规定切削用量等。

③经济条件，就是如何使全部生产费用最省。由于加工所用机床设备种类很多，能够符合一定技术要求的加工方法有时也很多，所以确定经济条件是个比较复杂的问题，往往需要根据经济条件的重要程度作部分或全面的经济分析，从而确定最经济的方案。

有时某些技术要求（例如加工面形状很特殊、或是精度要求特别高）只有用少数几种或甚至仅有一种机械加工方法可以做到，这时技术条件可能超过经济条件（如果仅有一种加工方法，如何使生产费用最省已不成为条件），在仪器制造中加工某些关键性零件时往往遇到这种情况。然而即使加工方法已无选择的余地，在设计夹具辅具以及规定切削用量时，多半还是决定于经济条件的。

一般可以这样说：在一定的生产环境和生产规模下，最恰当的工艺过程并不一定是精度最高的过程，也不一定是生产率最高的过程（在速度第一的要求下，生产率是决定因素），而是能够符合技术条件和生产率条件的最经济的过程。

第四节 生产类型与生产规模

制订工艺规程时首先要考虑生产规模的大小。在仪器制造业中，和在一般机器制造业一样，根据生产规模的大小，可以分为三种基本类型：单件生产、成批生产和大量生产。

单件小批生产：在这种类型的生产规模下，产品在制造一个或几个之后不再制造，即使再制造也是不定期的。单件生产的仪器多是用途不广的专用仪器和试制的仪器，以及大型精密仪器。这类仪器通常都是定制的，每年产量不超过10~100个。由于单件生产的产品数量很少，从经济条件上看不值得使用特殊机床和添置专用工夹具，多半采用万能机床设备和通用工夹具加工。万能机床设备需要技术高的操作工人。由于在万能机床上加工的零件种类很多，经常变换，一般轻型设备，轻型零件生产，机床都采用“机群式”按机床种类排列，在同一机床上加工多种零件，完成很多安装、工位等。有效的切削加工时间少，因此劳动生产率比较低。

成批生产：在这种类型的生产规模下，产品的成批或成组的制造过程有规则地每经过一定时期重复一次。在每一个工作地点的工作是有周期性的。年产量在500~5000台左右的中型仪器大都是成批生产的。成批生产所用的机床设备和加工方法与批量有关。当产品种类多而批量不大时就接近单件生产，就使用万能机床设备和通用工夹具。当产品种类少而批量大时，成批生产也采用大量生产所用的特殊机床设备和专用工夹具。所以根据品种的多寡和批量的大小又可分为小批生产和大批生产。成批生产时在同一机床上，工件往往只安装一次。使用万能机床时需技术较高的操作工人。

大批大量生产：在这种类型的生产规模下，在每一部机床上或每个工作地点上用经常不变而重复着的工序制造产品，或同样方式按期分批更换产品，在同样产品的数量达一定批量或数量时，采用这种方式比较经济。年产量往往在5000~50000只以上。例如钟表、压力表、电表等。大量生产时，在经济上值得把大量的费用化在特殊机床设备和专用工夹具上。因此就有条件广泛采用现代最先进的加工方法，这样就可以降低生产成本。一般专用的特殊机床设备的机械化和自动化程度比较高，可以由技术差的工人来操作管理。但是在

每次更換刀具時須由技術較高的工人調整。在大量生產時，由於每一部機床經常加工一種零件，所以機床可按工序的程序排列成為流水綫。這樣可以縮短零件的半成品在機床之間的輸送路程，節省加工時間。

在大批生產和大量生產的情況下，往往可以採用流水作業法，包括流水的機械加工法和流水的裝配法。在這種生產組織方式下，按照完成工序的次序來排列工作地點。工作地點的數量和生產率是這樣計算的，要使得工件從一道工序進入另一道工序時不停留、不耽擱。流水作業法可以節省很多化費在更換工具、改變機床調整和車間內運輸等工作上的時間，因而勞動生產率比較高，並且可以縮短生產循環，使生產穩定。

在成批生產的條件下實行流水作業法，要組織很多不同的流水綫。在每一條流水綫上順序地進行着不同的工藝過程，循環交替，周而復始。為了做到這樣，必須對在同一條流水綫上加工的零件加以選擇，使得更換工作時儘可能不必重新調整機床或更換刀具夾具等。為了達到此目的，必要時甚至修改零件的結構。此外，在這種流水綫上，要選用容易調整的機床設備和夾具。

制訂流水作業法的工藝規程時，必須保證下列基本條件：完成每一道工序的時間應當相等，或者等於節奏的倍數。所謂“節奏”就是生產前後兩個成品之間的時間間隔。節奏可用下式計算：

$$\tau = \frac{T}{N} \quad (\text{分鐘}) ;$$

式中 T ——一定的工作時間間隔（分鐘）；

N ——在此時間間隔內出產的成品數量。

例如，如果要在每班工作時間（480分鐘）內加工160個零件，那麼節奏等於 $\frac{480}{160} = 3$ 分鐘。工藝過程中，每一道工序的時間（包括遞送時間）應當等於3分鐘，或者是3分鐘的倍數。

第五節 制訂工藝規程的原始資料

制訂工藝規程所依據的原始資料如下：

一、零件的工作圖。工作圖上應當有：

- ①必需的投影面；
- ②按照尺寸標志法注明的全部尺寸；
- ③按照國家標準注明的公差與配合；
- ④按照國家標準注明的表面光潔度符號；
- ⑤對於零件的特殊要求（例如對螺紋及齒輪等幾何形狀的要求，對熱處理及表面處理等加工要求）；
- ⑥製造零件所用材料的規格和說明。

二、毛坯圖

在制訂大量生產的工藝規程時，除零件工作圖外，還需要毛坯圖。毛坯圖是連系毛坯車間與加工車間的文件。在毛坯圖上，須將製成後零件的輪廓畫在毛坯之內，並標明加工余量尺寸。

在制訂成批生產，特別是小批生產的工藝規程時，一般不作毛坯圖，只有毛坯余量尺寸的說明，或是用一定類型毛坯（鑄件、沖鍛件等）的一般余量表格式說明。

三、技術說明

在一般情况下，如果不能在工作图上清楚地表明对零件的技术要求，特别是这些要求的实现方法时，要作出技术说明，说明：①零件的用途；②对零件的某些要求和检查方法；③对保藏、包装、运输、作标记等项的说明。

四、生产任务的规模（纲领）

零件的生产任务按下式计算：

$$\text{零件的年产量 } N_{\text{零件}} = N \cdot n \left(1 + \frac{\alpha}{100} \right) \left(1 + \frac{\beta}{100} \right) ; \quad (1-1)$$

式中 N ——整个产品的年产量；

n ——每套产品中该零件的数量；

α ——该零件在机工车间中的平均废品率%；

β ——该零件的备件率%。

五、生产环境的资料

生产环境的资料包括：

- ①关于机床设备的数据（精度、功率、速度范围等）和操作工人水平；
- ②关于工夹具标准的资料；
- ③加工余量及工序间裕量标准；
- ④技术标准规范；
- ⑤技术经济定额。

只有清楚了解上述情况后，才能编制出切实可行和比较完善的工艺规程。

第六节 制订工艺规程的步骤及技术文件

制订工艺规程的工作内容是：

- ①确定工艺过程的组织，即是将它分为若干单元。选择所用机床设备及工夹具；
- ②确定毛坯表面应该切除部分的尺寸，决定切削用量和工时定额。比较各种不同方案的经济性；
- ③将所订工艺规程中的最合理的方案写成正式文件（工艺卡、工序卡、施工路线图、机床调整单等）。

一般制订工艺规程的步骤如下：

①确定工件的生产类型。根据产品的年产量和每套产品中该零件的数量及估计废品率及备件率等计算出零件的年产量。然后确定它的生产类型——单件生产、小、中、大批生产或大量生产。

②研究工作图的工艺性。研究零件的工作图是否适合一定的生产条件；有无加工很困难的部分；有无技术要求过高公差过严之处。必要时须提出修改工作图改进工艺性的方案。

③确定毛坯。根据工作图和生产类型选择适当的毛坯制造方式——铸坯、锻坯、棒料、冲压等（见第五章）。

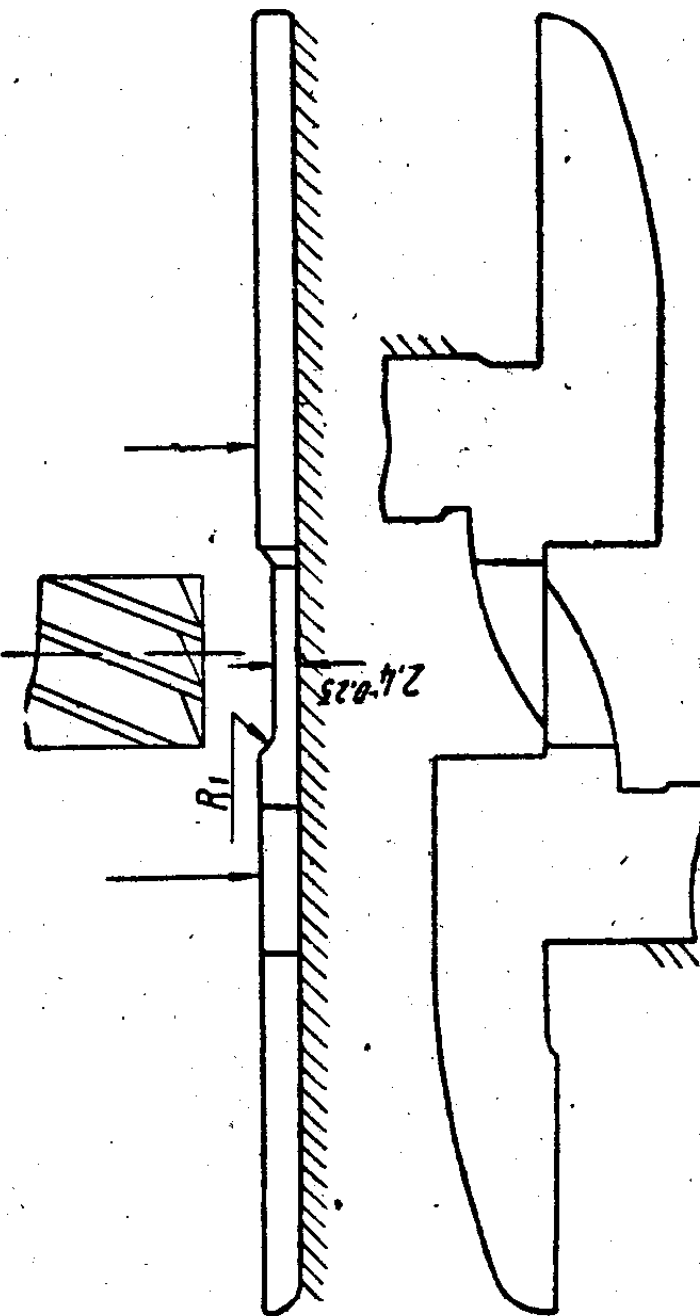
④确定施工路线。根据工作图技术要求和生产类型拟定各个表面的加工程序，从毛坯经过粗加工、细加工和精加工最后达到工作图上所规定的技术要求。施工路线可能拟出几个方案，这时要从工厂的实际情况和经济成本方面考虑，有时还需要进行一些经济分析（见第三章），然后确定采用哪一种施工路线。

⑤选择机床设备。根据施工路线中所排定的各工序在车间现有设备中选用最适当的机床设备，这时要考虑到车间设备的负荷情况，力求达到平衡。设计一座新厂或一个新车间的各种产品的工艺过程时，由于不受现场设备条件的限制，完全可以根据最经济最合理的方案选用最适当的机床设备。

⑥决定安装夹持方法。根据每一道工序的加工要求和所用机床设备来决定在这道工序中工件的安装夹持方法（见第四章）。

⑦设计夹具。根据工件的安装夹持方法和所用机床设备的规格来设计夹具（见第四章）。一般仅在大批和大量生产的规模下才用专用夹具，需要专门设计制造。在单件和小批生产时多用通用夹具，这时只须选用，不须设计制造。

表 1-2

× × × 工 厂	第 × × × 車 間	工 序 卡 片 NO: 85111-004 (TK)	制 品 名 称 带 深 度 尺 卡 尺 125 毫米	零 件 名 称 侧 尺	制 品 編 号 85111-004 零 件 編 号 85111-004/1										
															
工 序 名 称		銑 內 卡 爪 平 面		工 序 号 8											
車 間	机 床			6H11											
N 6		立 銑													
零 件 的 材 料															
材 料	材 料 牌 号	硬 度													
鋼	50														
夾具—銑內卡爪平面用夾具754—406															
每 批 数 量	同 时 加 工 零 件 数 量	每 序 工 时 定 額		工 作 等 級											
		起 动 准 备 时 間	机 动 工 时	附 加 工 时	每 件 总 工 时										
	2	8.8	0.27	0.30	0.6										
冷 却 剂		乳 化 油		輔 助 工 时											
加 工 規 范															
工 步 号	工 步 名 称	刀 具		輔 助 工 具		量 具		加 工 規 范							
		名 称	图 号	名 称	图 号	名 称	图 号	直 径 或 长 度	切 削 深 度	走 刀 长 度	走 刀 次 数	走 刀 轉 / 分	V 米 / 分	S 毫 米 / 轉	机 动 工 时
A 1	将零件夹在夹具上 銑內卡爪平面尺寸 2.4—0.25 注: 不許銑去肩面	立 銑 刀 Φ 22 W18Cr4V	22200—401	稍 套 M 2	61033—005	卡 尺 125毫米 0.1毫米 TOCT 166—51	85111—004	22	1.05	30	1	26.3	380	55	0.27
		日 期		日 期		日 期		日 期		日 期		日 期		日 期	
		描 图		校 对		审 核		批 准		日 期		日 期		日 期	

⑧确定毛坯余量及工序間余量。根据每一道工序的性质（粗、細、精）确定它需要的余量，从而确定毛坯的总余量（見第五章），并繪出毛坯图。同时規定出各工序間的尺寸和公差。

⑨設計特殊刀具及量具。根据各工序間尺寸和公差設計各工序所需的特殊刀具和量具。单件和小批生产多采用通用刀具及万能量具，故不另設計。

⑩确定切削用量。根据各工序的余量和机床性能，参照工厂的技术标准规范，确定各工序和各工步的切削用量。

⑪計算工时定額。根据各工序的余量和切削用量，参照工厂的技术經濟定額，計算出各工序的工时定額（見第三章）。

⑫确定工作等級。根据各工序的性质和要求，参照工厂的技术經濟定額确定操作工人的技术等級。

⑬編写技术文件（工艺卡、工序卡、机床調整卡等）。編写技术文件是制訂工艺規程的最后一项工作，是全部工作的总结。技术文件是用来指导車間工人进行生产的。技术文件的格式与生产类型有关。制訂单件生产和小批生产的工艺規程时，多半只填一张工艺过程卡片（見表1—1）。在卡片上填明施工的程序（各道工序），对每一道工序并加說明：加工車間、机床設備名称型号、刀具、量具、夹具、工作等級和工时定額等項。对有些工序并說明其加工目的。例如：“車削2毫米的余量以除去渗碳层”“为輪磨而車削”等等。

制訂成批生产的工艺規程时往往填工艺卡片。工艺卡片的格式与工艺过程卡片相仿，只是內容較詳細，除了工艺过程卡片上的各項以外，还規定了各个工步的切削用量等加工条件。

在大批生产和大量生产的情况下往往采用工序卡片（見表1—2）。每一张工序卡片是为一道工序而填的，它的內容包括更多的規定和說明。在工序卡片之外还采用工序图，有时工序图就附在工序卡片上。工序图上明显地表示出进行这一道工序时工件的安装方式，所用刀具，以及完成这一道工序后必須获得的尺寸和精度要求。

第七节 工艺过程的典型化

設計工艺过程是个非常复杂的工作，需要考虑很多因素，解决各种問題。在解决这些問題时，每个工艺师在很大程度上都依靠自己的經驗。因此，同一个工艺問題可能得到若干不同的解决方法。

随着仪器制造的发展，可以将設計工艺过程中的先进經驗綜合成为典型的工艺过程，作为今后設計工艺过程时的参考。工艺过程典型化的必要条件是将各种零件按形状分类，形状相似的零件分为一类，同类零件的加工面性质相同，只是互相位置稍有差別。每一类零件再可分为細类；这样的細类称为典型。同一典型的零件在相同的生产条件下它的主要表面的工艺过程大致相同。我們可以为每一种典型零件制訂出几种适应不同生产条件的最合理的工艺規程，这种規程称为典型工艺規程。

在成批生产的情况下，訂了典型工艺規程可以簡化生产准备工作。不再需要专为每一种零件拟訂一个或几个方案，分析比較选用合理的工艺規程而可以直接采用典型工艺規程，至多稍加修改。

在大量生产的情况下，訂了典型工艺規程作为参考，可以提高施工技术，使工艺师騰出時間深入研究最复杂最重要的工艺問題。但是也不应当将典型工艺規程过分地公式化，因而限制了工艺师的創造性。

仪器制造中的零件可按其結構与工艺特征分为下列几种类型（見表1—3）。

表 1—3 仪器零件的典型分类

类别	零件名称	属于这一类的典型零件	结构与工艺特征
1	轴与小轴	1. 千分表、杠杆式量仪的轴。 2. 各种仪器的小轴。 3. 精密的心轴。 4. 量测棒。 5. 主轴。	圆柱形零件, 有时带阶梯, 通常有几段圆柱面或圆锥面要加工精密。材料多半是钢。
2	套管与圆盘	1. 各种仪器上的轴承和导向套管。 2. 外圆柱面加工精度很高的圆盘。 3. 尺寸不大, 中等精度的圆盘。 4. 安装和调整用的套环。	带孔的旋转体状的零件, 孔中心线必须与外圆柱面中心线相重合。 材料: 黄铜、青铜、钢、铸铁等。
3	刻度盘及筒	1. 机械量仪上的刻度盘和刻度筒。 2. 各种仪器上的读数盘和数字盘。 3. 精密检查用的分度盘。	通常是旋转体状的零件, 在圆柱、圆锥面或端面上有刻度。 材料: 钢、黄铜、铝、镍、铜、玻璃等。
4	偏心轴	1. 夹紧零件用的偏心轴。 2. 调节零件位置用的偏心轴。 3. 自动控制仪器上的偏心轴。	偏心圆柱面的中心线对于轴或孔是偏移的。 材料: 高碳钢或渗碳钢。
5	凸 轮	1. 各种曲线的凸轮。 2. 带曲线槽的圆柱凸轮。 3. 端面凸轮。	有曲线工作面的零件, 用来使仪器按照一定的规律运动。 材料: 结构钢或工具钢。
6	齿轮及齿条	1. 平盘形的小模数正齿轮。 2. 小模数齿轴。 3. 小模数齿条。 4. 中等尺寸的正齿轮。 5. 伞齿轮。 6. 蜗轮及蜗杆。	圆柱、圆盘及圆锥形或带阶梯零件, 具有精密切出的齿牙。
7	螺丝及螺母	1. 夹持用螺丝及螺母。 2. 测微螺丝及螺母。 3. 传动螺丝及螺母 (梯形螺纹)	1. 1、2、3级的螺纹。 2. 读数与精密调整用。螺距精度要求高。 3. 在大尺寸仪器上作读数与调整用, 载荷较大。
8	弹 簧	1. 螺旋弹簧。 2. 盘簧 (发条)。 3. 小尺寸盘簧 (游丝)。 4. 直条簧和弯条簧。 5. 极薄的弹簧。 6. 包端管。 7. 皱纹管。 8. 膜片, 膜盒。	1. 用弹簧钢丝绕成。 2. 用弹簧钢条卷成。 3. 用钢或青铜细条卷成。 4. 钢制、用在少量移动上。 5. 极薄的青铜条制成。 6. 用青铜管弯成。 7. 用黄铜管压成。 8. 用青铜片压成。
9	指 针	1. 活动的指针。 2. 固定的指针。	从薄板料上冲出。
10	底板及导向尺	1. 小尺寸的底板, 上面有位置精确的孔。 2. 中等尺寸的底板, 上面有位置精确的孔。 3. 导向尺。	1. 钟表式仪器机构的装配基准件 (黄铜)。 2. 中等尺寸仪器机构的装配基准件 (钢)。

(續)

类别	零件名称	属于这一类的典型零件	结构与工艺特征
11	工作台	1.精密量仪的圆形工作台。 2.在导轨上可动的方形工作台。	有精密的工作面。 材料：鋼，通常經热处理。
12	体壳	1.仪器架。 2.仪器座。 3.箱形件。 4.盖子。 5.悬臂，支架，夹子。 6.形状复杂的可动工作台。	构造复杂的基准件；通常在总装配时作为基准件。 材料：一般是鑄鉄，鑄銅合金或鑄鋁合金。很少用鋼。

有了典型工艺規程，更重要的是根据产品的分类，进一步組織同类型生产，以提高劳动生产率。因此，工艺典型化的主要目的，就在于把单件小批的产品按照工艺类型，組織成批生产或把成批的生产組織可变流水綫生产，提高劳动生产率、降低技术准备費用、降低生产成本，也是組織单件小批生产走上成批、大批生产的主要方向。