

高等學校教學用書

汽輪機製造工藝學

蔡頤年編著



中國工業出版社

高等学校教学用书



汽轮机制造工艺学

蔡頤年編著

中国工业出版社

本书是按照高等学校涡轮机专业的「汽轮机的制作，装配与安装」课程的现行教学大纲的基本要求编写的。内容包括机械工艺基础，汽轮机主要零件的毛坯制作及加工，汽轮机的厂内装配和试验以及汽轮机组工地安装等方面。

本书在讨论汽轮机的制造工艺方法的同时，也对工艺与设计两者之间的关系进行了分析。

本书被推荐为高等工业学校教学参考书，对汽轮机制造业的工程技术人员和中技校有关专业的学生，也可参考。

汽轮机制造工艺学

蔡颐年 编 著

(根据机械工业出版社纸型重印)

*

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

机工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $22 \frac{5}{8}$ · 字数 555,000

1959年6月北京第一版

1961年6月北京新一版·1961年6月北京第一次印刷

印数 0001—513 · 定价(10) 2.65 元

统一书号: 15165 · 176 (一机—13)

序

为了适应新中国社会主义建设事业的需要，高等学校实现了澈底的教学改革，其主要精神——在于加强了各科的专业性，明确了培养目标，以便所培养的人材能够更迅速地在社会主义建设中发挥作用。这就要求在教学计划中加重专业课程的分量。“汽轮机的制作装配及安装”这门专业性很强的课程就是根据这一精神安排到汽轮机制造专业的教学计划中去的。

和许多其他动力机械一样，汽轮机的制造并不是开始于世界上第一个社会主义国家——苏联——出现之后。在十月社会主义革命之前，许多当时工业发达的资本主义国家已经有了二三十年的汽轮机制造史了。当苏联于1928年开始大规模发展社会主义工业时，汽轮机制造业，在技术上，就世界范围来说，已经达到了很高的水平。但是尽管如此，汽轮机制造工艺学，作为一门能够在工业学校中系统地讲授的学科，则是在首先进行社会主义建设的苏联初次发展起来的。在任何资本主义国家中，无论它的工业怎样发达，到现在为止都根本没有这样一门学科。

这一件突出的事实恰好反映了两种不同的社会制度中的两种相反的生产方向。社会主义性的计划生产向工业学校明确地提出需要什么专业人材和数量多少。因此学生的专业方向可以规定得很明确而不必顾虑以后是否能完全适合他所接受的工作岗位的方向。然而以谋取资本家的最大利润为目的的资本主义非计划生产就不能预知它的工业中的某一部门的发展前景，因而也不能事先确定某一时期需要补充多少专业人材。这样，如果学生的专业方向定得很明确，他以后谋求职位时就会由于不能适应临时的需要而受到限制。所以他宁愿在学校中把自己培养成一个所谓通才，以便进了工厂之后按照当时的生产需要再接受某一种专业训练而成为某方面的专材。在这种情况下工业学校设置专业性强的课程的客观要求是不存在的。因此像汽轮机制造这类学科就不可能在资本主义国家的学校中发展起来。

以上的论点，反过来也就说明汽轮机制造工艺学确实是一门专业性很强的课程。专业性强，因而历史也短，所以和其它同类课程一样，到目前还没有与教学大纲的要求比较符合的教学用书。

制造工艺学和一般的原理课程不同，它的主要内容是介绍工艺方法。但是工艺方法是日新月异的，因此定型的书本不容易经常保持它的内容的先进性，然而根据本课程的教学经验，为了提高教学效果，一本与课堂讲授内容符合的书还是需要的。同时，虽然说课程的主要内容是介绍工艺方法，但是对于以设计人材为主要培养目标的专业班级说，像汽轮机制造工艺学这种课程的教学目的则应该是培养学生从工艺观点考虑设计问题的能力，而不是单纯地让他们了解一些工艺方法。这样看，教学用书也就没有必要写成一本汽轮机制造手册的形式，以各种最新的工艺方法为其内容。

在这一前提下，编写一本具有相对的永久性的汽轮机制造工艺学的教学用书还是可能的和有意義的。本书内容的处理就以能够满足这一主要前提为指导思想。简单地說，就是要使学生阅读之后能够通过所举的工艺方法的实例，充分地理解汽轮机的制造怎样影响到它的设计。

在编写时，曾力求各章节的内容与讲授内容符合，这也就要求能与几样先修课程（金属工学，公差及技术量法等）的内容互相配合而避免重复。第一篇中有一些基本原理：如加工精确

度，誤差，尺寸鏈等是在先修課程中处理过的。但是为了保持一定的系統性仍旧簡單地提到并且指出专业課对这些問題是从不同的观点出发处理的。

本书所包括的五篇虽然各有其独特的內容，但是彼此之間有一定程度的关联。例如第一篇的內容主要是为第二及第三篇服务的，第三篇与第五篇的內容的安排主要是根据分工原則考虑的，而第四篇的部分內容与汽輪机的运行部分也有配合。这样，本书的各篇就完全不宜于作为独立的部分对待。第一篇既不是全面的机械制造工艺学，第四篇与第五篇也不是完整的“汽輪机試驗”和“汽輪机安装”而第二篇与第三篇虽然比較詳細，但也还是需要其余各篇的补充。因此，本书只不过是具有五篇組成部分的“汽輪机制造工艺学”。

对于在汽輪机制造业中从事实际工作的人，如果本书也有参考价值的话，那主要就在于它能提供一个比較全面的关于汽輪机制造的概念。不能希望从本书中获得全部細节知識。

从来没有其它工作能像編写一本教学用书这样充分地向一个人揭露他自己学識經驗的淺薄，由于这个而必不可免地在所写的书中造成的錯誤，他唯有希望通过讀者的热情帮助得到改正。哈尔滨工业大学机制工艺教研組同志曾閱本书原稿并就其中欠妥之处有所指正，使本书錯誤减少，特此致謝。

蔡 頤 年

1958·西安

目 录

序	3
引言	9
第一篇 机械制造原理	11
第一章 工艺规程编制原理	11
§1 工艺规程的范围	11
§2 工艺规程的内容和结构	12
工序的内容——工艺卡片的结构——工序卡片的结构	
§3 工艺规程的设计方法	18
设计的根据——设计程序——制定详细的工艺规程	
§4 工艺规程的技术经济评价	23
概论——夹具的使用——设备的调整——设备的选择	
第二章 机械制造的精确度	28
§1 机械加工精确度	28
§2 机械加工的误差	30
系统误差——加工总误差	
§3 定位误差与基准面	36
基准的分类——六点定位原理——基准面的选择	
第二篇 汽轮机的主要零件及部件的制造工艺	71
第四章 叶片装备	71
§1 动叶片概论	71
工作条件及工艺要求——材料	
§2 动叶片的毛坯	74
毛坯的种类及应用场合——叶片毛坯的制作	
§3 动叶片的加工	80
工艺过程——毛坯准备——基准面加工	
§4 叶片根部的加工	87
根部的类型——技术要求——加工方法——加工问题的分析	
§5 叶片工作部分的加工	93
等截面的工作部分——变截面的工作部分	
§6 叶片的其它加工工序	101
端部加工——钻孔工序——光修工序——完工检验	
§7 其它叶片装备的制造	103
中间垫块——喷嘴——汽叶	
§4 装配精确度、尺寸链原理	41
尺寸链原理——尺寸链的解法	
§5 成批生产中尺寸链的解法	45
绝对互换法——部分互换法——挑选法——修配法和调整法	
§6 汽轮机制造中的尺寸链问题举例	49
第三章 机械制造中的主要技术准备工作	52
§1 毛坯的选择和处理	52
毛坯的形式——机械加工前毛坯的清理和整直——毛坯的检验——毛坯的下料——毛坯的划线	
§2 加工裕量	57
确定加工裕量的理论根据	
§3 夹具	59
夹具的支承定位元件——夹具的紧固机构——夹具体——夹具设计概要	
§4 刀具和量具	68
第五章 叶轮	109
§1 引言	109
§2 叶轮锻造	111
锻造要求——锻造工艺——水压机设备——最新锻造工艺——锻造后的热处理	
§3 叶轮的材料试验	119
内应力试验——机械性能试验——其它试验	
§4 叶轮的机械加工	123
加工要求——加工程序——中心孔及轮面加工——轮槽加工——键槽加工——平衡孔加工——梢孔加工	
§5 叶轮的静平衡	130
第一法——第二法——修正不平衡质量的方法——静平衡工作的检验	
第六章 轴	134
§1 引言	134
§2 锻造工艺	138

鍛坯形状——鍛造方法——熱處理和材料試驗	
§3 鍛坯供應廠中的機械加工.....141	
毛坯劃綫——粗車外表面——中心穿孔的加工	
§4 製造廠中的機械加工.....147	
機械加工的要求和程序——工藝性問題	
§5 軸的熱試驗.....153	
第一次熱試驗——第二次熱試驗	
第七章 轉子的裝配.....156	
§1 引言.....156	
§2 裝葉片工藝.....157	
技術要求——葉片裝入槽中的方法——控制質量的方法——裝葉片工作中的其它項目	
§3 套裝葉輪（或動輪）的工藝.....163	
葉輪的加熱——軸的準備——套裝工藝——控制轉子軸向尺寸的方法	
§4 轉子上其它零件的裝配.....169	
聯軸器半體與軸的結合——軸腺套筒的套裝——轉子上緊固元件的固定	
§5 轉子的動平衡.....171	
目的意義和要求——基本原理——拉伐切克—蓋依曼動平衡機——確定不平衡离心力的位置的方法——操作程序——其它問題	
第八章 汽缸壳.....178	
§1 引言.....178	
§2 汽缸的鑄造.....183	
大件鑄造的一般問題——鑄鋼汽缸——鑄鐵汽缸——排汽室——鑄件質量的檢驗和改進——焊合的汽缸	
§3 汽缸的機械加工.....193	
加工要求、主要工序及設備——劃綫——內徑加工——法蘭上的螺栓孔加工——水平法蘭表面加工	
§4 汽缸的水壓試驗.....200	
一般方法——裝置——改進的裝置	
第九章 隔板的製作.....202	
§1 概論.....202	
§2 鑄造隔板.....203	
一般要點——泥心製造——外模製造——澆鑄——質量檢查	
§3 焊合隔板.....208	
毛坯準備——汽葉與圓帶 γ 結合——汽道部分與板體及外圈的結合	
§4 噴咀隔板.....212	
鉚接的噴咀隔板——焊接的噴咀隔板	
§5 隔板的機械加工.....212	
§6 隔板的壓彎試驗.....215	
第十章 軸承.....217	
§1 軸承座.....217	
§2 支持軸承.....219	
概論——機械加工——調整環的加工	
§3 軸套的澆巴氏合金工序.....223	
對軸套支持表面的要求——巴氏合金——澆鑄前的準備工作——澆鑄方法	
§4 止推軸承的製作.....227	
§5 軸承的裝配.....229	
軸套孔的銼刮——軸套與調整環的結合——調整環與軸承座孔的結合——結束工序	
第十一章 中小件.....232	
§1 聯軸器.....232	
機械加工——裝配	
§2 外汽封.....236	
§3 滑閥套筒.....239	
技術要求及材料——機械加工——氮化工序	
第三篇 汽輪機的廠內裝配.....242	
第十二章 汽輪機裝配工作概況.....242	
§1 工藝形式和組織形式.....242	
§2 裝配車間的設備及裝配工具.....243	
設備——裝配工具	
§3 裝配工作項目.....248	
準備工作——裝配的主要步驟——試驗及拆卸	
第十三章 基座及基礎底板.....251	
§1 基座的安置及固定.....251	
§2 基礎底板的裝配.....253	
結構和裝配要求——安置——對基座的緊固	
第十四章 下汽缸和軸承座的安置找中及結合.....256	
§1 一般情況.....256	
§2 安置.....259	
安置前的準備工作——安置方法	
§3 找中.....261	
汽缸在垂直平面中的配置——拉鋼絲找中法——量驗軸找中法	
§4 適合汽輪機的运行狀態的找中.....269	
靜子的熱膨脹——油膜厚度的影響——轉子垂	

量增加的影响——冷凝器的影响——考虑各种影响的找中示例

§5 汽缸及轴承座的固定.....273

§6 支持轴承的找中.....276

目的和要求——找中方法——軸套偏心的限度——最后检查

第十五章 汽缸靜子的装配 281

§1 噴管及导向装备的装配.....281

与结构的关系——噴管板的装配——导向环的装配

§2 隔板的装配.....285

一般情况——隔板本体的安置及找中——隔板汽封的装配

§3 通流部分軸向間隙的测量.....289

测量位置和测量方法——軸向間隙偏差的修正

§4 外汽封及阻油环的装配.....291

第四篇 汽輪机的厂內試驗 314

第十八章 汽輪机的厂內試驗 314

§1 試驗的目的与设备.....314

試驗的目的——蒸汽及水的供应——冷凝设备——供油系统

第五篇 汽輪机组的安装、試运行、校整 331

第十九章 汽輪发电机组的安装 331

§1 设备各主要組成部分的安装.....331

基础的检查及准备——冷凝器的安装——发电机的安装

§2 汽輪机的重要附屬部套的安装.....339

蜗杆傳动装置——主油泵——調节配汽装置——汽缸保温装置

§3 汽輪机輔助设备的安装.....342

仪表的安装——水泵的安装——外壳的閉合——抽气器及加热器的安装——管道的安装

第二十章 試运行和校整 350

§1 試运行前的准备工作.....350

结构和装配要求——梳齿式汽封的装配——梳齿式汽封的装配——外汽封的尺寸鏈——阻油环的装配

第十六章 轉子的安置及結合 296

§1 三軸承轉子的找中.....297

三个軸承上負荷的分配——找中方法——找中計算示例

§2 軸向浮隙的确定.....302

§3 止推軸承的装配.....303

§4 轉子的結合.....304

第十七章 靜子的閉合及汽缸的连接 305

§1 汽缸的閉合.....305

准备工作——汽缸閉合——上汽缸的紧固——紧固件加热方法

§2 軸承座的閉合.....312

§3 各汽缸的結合.....313

..... 314

§2 主机的試驗.....320

启动前的准备——启动停机及試驗——試驗結果的整理与試驗后的检查

§3 試驗中的故障.....325

..... 331

新蒸汽管路的吹管——油系统的准备——真空系统严密性的检查——凝結水、循环水及空气系统的检查

§2 試运行.....353

汽輪机和发电机的烘干——升速試驗及接带負荷——第一次启动后的检查

§3 試运行中的校整工作.....356

調节系统的校整——油系统的校整

§4 工作轉速下的动平衡.....358

理論根源——工作轉速下动平衡工作的特点——两次启动法——三点法

引言

十九世紀末叶汽輪機制造业已經制造出能够滿足当时工业要求的汽輪機。从那时开始，汽輪機制造业在一个工业国的整个經濟机构中就取得了重要的地位，因为汽輪機迅速地在很多应用范围中显示了自己的优越性。

在社会主义国家中由于整个工业部門的飞跃发展，汽輪機制造业在国民經济中的重要性日益增加。

首先电气化的方案就要求制造越来越多的汽輪機。一般情况下，無論一个国家的水力資源如何丰富都不能动摇火力发电的重要地位。在苏、美、挪威等水力資源极多的国家中，火力发电仍占总发电量的 $\frac{3}{4}$ ，而火力发电則几乎全部都是靠汽輪機。沒有汽輪機制造业就沒有电力工业，因而也就沒有工业化的說法并不是过分的夸张。

在許多特殊工业中如紡織、制糖、造纸等工业，用汽輪機发电并在特殊条件下供給蒸汽是唯一有利的方案。在这种場合下汽輪機的地位可以說是绝对的。

在船舶工业中，利用汽輪機作为原动机也是相当普遍的。像我国海岸綫极长，內河航运潜力极大，发展水上交通就不可能脱离汽輪機制造业的支援。

在冶炼工业中汽輪機的使用也是广泛的。例如炼鉄高炉所需的大量空气就几乎全部是利用汽輪機驱动鼓風机供給的。我国鋼鉄工业需要飞速地发展，在这里汽輪機制造业也必需贡献力量。

汽輪機制造业能在国民經济中确立自己的地位，在很大程度上是由于汽輪機制造业在技术上有很大成就。最新的汽輪機可以使用 631°C 的高溫蒸汽；蒸汽压力最高已經到达 300ata 以上。这不仅标志着所用的材料的先进性，同时說明机器的結構的优越。在功率方面 275000 瓩的汽輪機已經制成而且 300000~600000 瓩的也在計劃中。这种大功率汽輪機可以滿足日益增大的电力网的需要。功率越大的汽輪機制造起来需要越高的技术。汽輪機的效率也是越来越高。相对效率达到 85% 以上，而尤其重要的是汽輪联动机組的热效率已經达到 40~45%。其它例如使用率提高（停机檢修的时间短，次数少），工作寿命延长，安全性增加等都反映了制造技术上的成就。

到目前为止仍然看不出汽輪機制造业的技术成就的极限。更高的蒸汽参数，更大的功率，更低的热耗都是可能的。汽輪機制造从业者还不断地利用新的科学技术成果增益其产品。例如最近已經出現了用电子管进行調节的船用汽輪联动机。无疑的，利用新的科学技术成果将使汽輪機制造业获得更大的成就。

汽輪機的制造与其它机器相比具有一些特征。这些特征虽然也是相对的，但是注意到它們就更容易对汽輪機制造的实质形成正确的概念。

首先从制造技术上看，汽輪機的制造要求很高級的材料，种类很多而尺寸往往很大的毛坯，并且要求較高的制造精确度。現代汽輪機的工作溫度高，压力高，轉速高，因而汽輪機各部分的溫度应力，机械应力，振动力等部极大，除非用很高級的材料就不能获得足够的强度。另外，現代汽輪機，特别是热电站用的和海輪或兵舰上用的，都是功率巨大的机器，这种机器运

行之后不允許常常停下来修理，也就是說必需有很高的运行可靠性。同时当然也希望有較長的使用寿命。这些要求的滿足都需要以高級制造材料为前提。在汽輪机制造厂中几乎任何形式的毛坯都用到了，从細小的絲料（制造叶片的束腰綫）到巨大的鑄鋼件（汽缸毛坯）和鍛鋼件（主軸，叶輪毛坯）。不同的毛坯需要不同的方法处理。巨大的毛坯的供应也使汽輪机制造具有重型机器制造的特点。但是它又要求很高的精确度与一般重型机器不同。苏联公差制中的Ⅱ級或Ⅱ-a級是汽輪机制造中通用的精确度标准。叶片与叶輪的配合尺寸要达到这种精确度，叶輪与軸的也是一样。表面光潔度方面的要求也很高，例如高压汽缸的水平法兰的結合表面，轉子軸頸和汽閥，汽閥座的配合面等等。这些不單要求高級的施工力量，也要求高級的生产控制和技术檢驗力量。

其次从生产組織的观点看，汽輪机制造的特征可以說是它的多样性生产。汽輪机，整个說，一般是按照單件或小批生产的方式制造的。这主要是因为汽輪机的应用范围广闊而它本身又是一种功率巨大的动力机，因而毫无必要同时制造很多。但是汽輪机的各項零件或部套的制造就不是統統依照單件或小批生产的方式进行的。每台汽輪机有一根或两根（尺寸还不同）軸，几件或十件二十件叶輪，隔板（对冲击式汽輪机說）或調节閥（对汽量調节式的汽輪机說），几十至几百件噴咀或汽叶，几千或上万件叶片和中間垫塊（如果有的話）——等等。很明显这些数量差別很大的零件不能按照同一种生产方式进行生产。軸是單件生产的，叶輪和隔板等是成批生产的，而叶片等就需要大批生产。这就是多样性生产。多样性生产使得生产組織趋于复杂，它牵涉到毛坯供应和投料問題，机床負荷分配，工具制造，檢驗工作等等。此外汽輪机组是很多机件組成的極为复杂的設備。許多輔助設備和附件（管路、閥門等）的生产也必須有适当的安排。这就更增加了生产組織的复杂程度。

最后还可以指出汽輪机在制造阶段上也有其特征。一般的机器在厂內制作并且装配完畢之后便可直接送到使用地点整个固定在基础上，基本上是两个制造阶段。或者像巨大的鍋爐則免去厂內的总装配，而等到将各部套运到工地之后再进行总装配，所以也还是可以視作包含两个制造阶段。但是汽輪机，由于其質量要求高，不能免除厂內总装配而同时因为結構的关系又不能缺少一个工地安装阶段。結果它的制造就包括三个明显的阶段。附带提到，正由于汽輪机的制造有厂內总装配和工地安装，而这两个制造阶段的工作又都是些鉗工工作，所以在汽輪机制造中鉗工工作所占的比重就特別大。当然这也正是單件生产和精确度要求高的机器的生产特征。

汽輪机的制造应用着很多种工艺方法（鍛、鑄、冲压、热軋、冷作、焊接、机床、鉗工等）和檢驗方法（原材料、毛坯、工序間、成品、装配、特殊檢驗如水压試驗等）。所需要的机器設備也是种类繁多，从几千吨的水压机，重型的鑄造設備和巨大的刨床，鏜床，立車等，到特殊用途的双軸銑床，靠模銑床，鍵槽銑床，拉床，深孔鑽床等都是現代汽輪机制造中經常使用着的。由于是單件生产，总的說，汽輪机制造所用的特殊工、夹、量具不算多，但是个别零件的制作如叶片，噴咀等，則也需要大量的特殊工、夹、量具。檢驗工作方面应用了各种新式檢驗工具如X光，超音波探伤器，磁力火油探伤器，深孔探伤鏡，动平衡机，热跑試驗設備，电子管振荡器等等。

第一篇 机械制造原理

金属工学讲述各种工艺方法，例如铸造，锻造，焊接，机械加工等。它着重在解说各种工艺方法的原理，特点和实用技术。但是如何将各种工艺方法最经济而有效地组织成制造一台机器或其一部分或一个零件的生产过程的问题，金属工学中就不加以讨论。这是机械制造工艺学的主要内容之一。

公差与技术量法将机械制造中的某一类基本问题，尺寸精确度，表面光洁度，误差，配合等看成独立的现象加以分析。但是在实际的机械制造过程中这些问题以什么形式表现出来，有什么影响以及如何得到解决，公差与技术量法就置之不问，因为这是机械制造工艺学的另一部分内容。

技术准备工作是机械制造中的另一项内容，这主要是为了进行切削加工，包括毛坯的选择，刀具，夹具，量具的准备等。

任何一种机器的制造都必然要面对以上三类问题。汽轮机的制造也是如此。第一篇中各章按照汽轮机制造工艺学的需要分别对这三类问题进行一般性的讨论。

第一章 工艺规程编制原理

§1 工艺规程的范围

汽轮机的全部制造过程是：1. 铸件的铸造和锻件的锻造。2. 铸件和锻件的机械加工。3. 加工成品的分装配和部套的总装配。4. 装配后的汽轮机的厂内试验。5. 工地安装。

与这些制造过程相应，在汽轮机制造厂内就有铸造工艺规程（例如：汽缸的铸造规程），锻造工艺规程（例如：主轴的锻造工艺规程），机械加工工艺规程（各种零件），装配工艺规程（例如：转子的装配工艺规程），安装工艺规程和试车规程（厂内试验）。

铸造和锻造工艺规程各有其自己的形式和内容，但是本章将不以之为独立对象讨论。这主要是因为汽轮机制造中的主要铸件（高压汽缸壳）和锻件（轴和叶轮等）一般都不是汽轮机制造厂自己制造而是由其它专业工厂供给的。以后在讲到个别的铸锻件时将分别介绍其铸造及锻造的工艺过程。

装配和安装工艺规程对于汽轮机的制造不像对于某些其它机器（如内燃机）的制造那样重要，因为汽轮机是单件生产。此外与其他工艺规程比较起来，这两种的内容可以比较简单。因此这里也不以之为单独的项目讨论。

试车规程主要是汽轮机的启动和停机程序，并没有固定的格式，也没有作为工艺规程加以研究的必要。

这样，本章中所要比较深入介绍的就只是机械加工工艺规程。普通机器制造工艺学中也仅只讨论这一种。

机械加工工艺规程是工厂的机械加工车间用以指导零件由毛坯状态通过各种机械加工（包

括工序間的鉗工工作)方法最后变为成品零件的主要技术文件。

为了保证产品的质量并缩短生产循环期和降低成本,必需精确地编制工艺规程。一个工厂在下列情况下就需要编制工艺规程: 1. 新厂出产产品时。2. 现有工厂计划出产新产品时。3. 扩大产品的生产计划时。4. 旧规程需要改进时。

工艺规程制定之后,在有关車間中就有一定的約束力量。所有先进的工厂都要求遵守工艺紀律,也就是对制定的工艺规程在执行时不允许任意地違反。

§ 2 工艺规程的内容和结构

工艺规程是工厂的車間用以指导生产的技术文件的总称。視作用的不同工艺规程有不同的内容和格式,因而也有不同的名称:

1. 工艺卡片——以工序为單位表明一个零件的全部加工过程的文件。这是基本文件,專門供給那些应该知道整个零件的加工过程的生产人員(車間主任,工艺师,工長等)使用的。这种文件一般是为大量生产或成批生产的零件(如汽輪机的叶片)編制的。在單件生产中一般只为極重要的零件(如主軸,汽缸等)編制工艺卡片。

2. 工序卡片——以工序的組成部分为單位說明在某一个工作地点所进行的生产过程的文件。它的主要作用是指导工作执行者进行工作,因此也叫做指导卡片,一般是陈列在工作地点的。对生产領導人員和技术人員,定額員等它也有很大的意义。

3. 綜合卡片——以工序为單位表明一个零件在实现其全部加工程序中在車間內运动的情况的文件,其作用在于向生产领导人提供一个有关設備利用,工时定額,生产进度等項的鮮明概念。

4. 工具卡片——記載为执行某一道工序所需要的全部工具的文件。根据工具卡片,工具車間和工具收發間就可以为一个零件的加工配备必要的刀具,夹具和量具。

5. 檢驗卡片——以工序或者工序的組成部分为單位表明一个零件在全部加工过程中的檢驗方法要求和工具的文件,其作用在于指导檢驗人員对零件进行質量檢驗。

从以上可以看出,无论那一种形式的工艺规程的卡片,都是以“工序”为其組成單元的。工艺卡片,綜合卡片和檢驗卡片都是以依次相連的工序为主要内容;工序卡片和工具卡片也是为某一道工序制定的。可以說,工序是构成工艺规程的基本單元。因此需要对“工序”进行进一步的分析。

工序的内容

在机械加工中,工序是某一个工人在同一工作地点連續对一个零件(或几个同时加工的零件)所进行的工艺过程中的一部分工作。工序的特征就是定量,定人,定地点(机床或鉗工台)。例如,带孔的巨型結合法兰的机械加工,一般分两道工序进行:在車床上車削外形和内孔以及在鑽床上鑽孔。如果不准备在鑽孔工序中利用鑽孔样板,那么在上述两道工序之間就必需再加上一道工序,就是由划綫工人在划綫平板上进行鑽孔划綫。

又如汽輪机主軸的加工,大致可以分为車床工序,磨床工序,鑽床工序等。

一个零件进行某一道工序时,一般需要在机床上經過二次或几次的装卸才能完畢。每装卸一次,工件对机床的相对位置就变动一次。工件为了以后的加工就需要在新的位置中用适当的

方式紧固。同一工序中的每一次装卸和紧固就叫做一次装夹。例如上述法兰在进行車床工序时就有二次装夹；在第一次装夹中，工件由車床花盘上的夹爪固定，进行一个端面和内孔表面的車削；在第二次装夹中，工件利用車好的内孔表面定位，紧固在心子上，进行另一端面和外圆表面的加工。

汽輪机的汽缸进行立車上的工序时，一般分两次装夹。第一次車垂直結合面及各档内徑；第二次就以垂直結合面及内徑表面为基准，車外汽封槽的表面。汽缸的划綫工序也是由几次装夹組成的。

如果一道工序只有一次装夹，則工序和装夹就有相同的内容。例如汽輪机的叶輪在鑽床上进行鑽平衡孔工序时就是这样。

零件的每一次装卸和紧固都要引起工时的消耗和加工精确度的降低。因此最好在一次装夹中加工尽可能多的表面，而仅只改变零件相对于刀具的位置。每一次这样的位置改变就叫做一个工位。

例如六角螺帽可以在平銑床上用装在同一刀杆上的两把圓盘銑刀同时銑两个平行面，然后利用旋轉夹具使螺帽相对于刀子轉过一定的角度，再銑另外两个平行面等等。这样，这一工序就由一次装夹和三个工位組成，避免了假如用三次装夹时可能引起的工时消耗和誤差。

汽輪机叶輪鑽平衡孔时，如果有五个孔要鑽，則这道工序就包含一次装夹和五个工位。如果一次装夹中只有一个工位，則装夹和工位的内容就相同；假使这次装夹又是一道工序的全部内容，則这时工序也就是工位。

在一次工位之中，加工表面，刀具，和切削方式三者之中任何一項的改变就形成工步的改变。这就是說工步是工位的一部分，在其中上面的三个条件全部保持不变。根据前面的分析，可以看到装夹甚至于工序都可能直接由工步組成。

例如在上述法兰的車床工序中，两次装夹都各由一个工位两个工步組成。在第一次装夹中有車端面工步和車内徑工步；在第二次装夹中有車（另一）端面工步和車外圆工步。如果每一表面的加工部分为粗車和精車两次进行，則由于粗車和精車的切削方式不同就各有两个工步。

汽輪机叶輪的鑽平衡孔工序中的每一个工位都是由几个工步組成的。每个工位鑽一个孔，每鑽一个孔要依次使用几种不同的鑽孔刀具，每更換一次刀具就构成一个新的工步。最后加工圆角时，加工表面也同时換了。

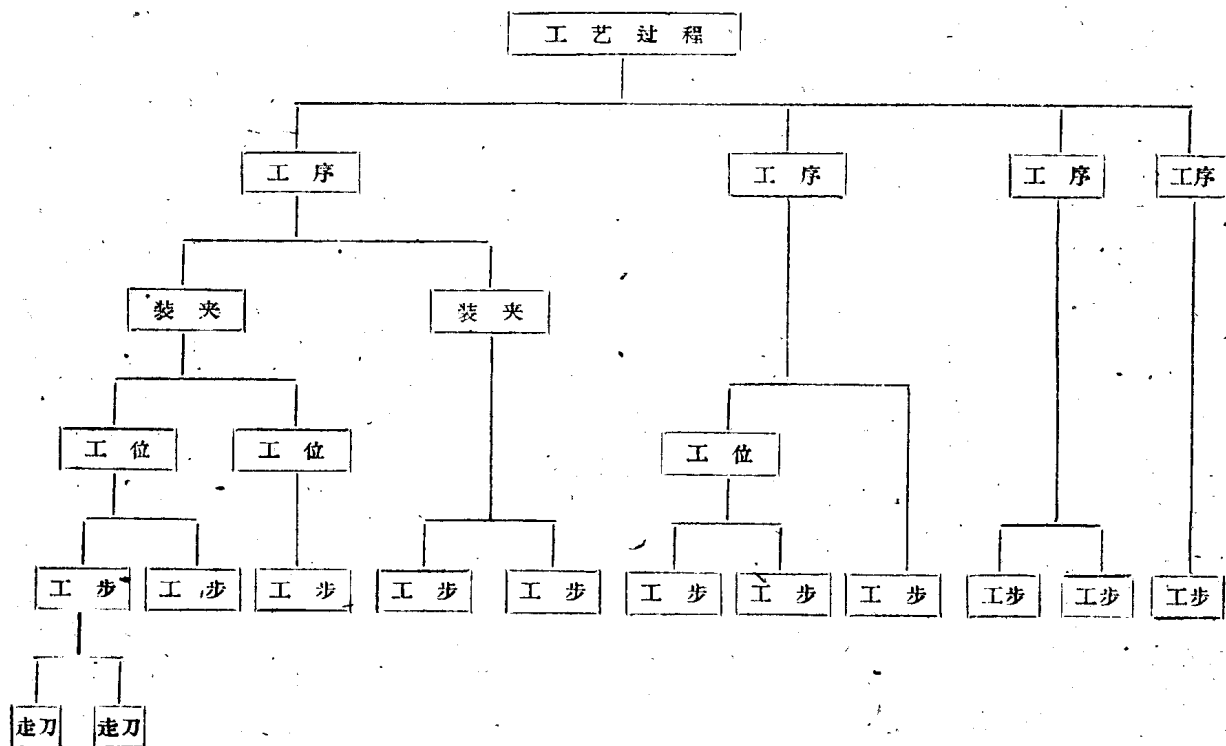
六角車床和自动車床上的工序一般都是直接由不同的工步組成的。

每一工步可以由一次或多次走刀完成，走刀的次数要在确定切削深度时計算出来。如果切削深度等于加工裕量，則工步就由一次走刀完成；如果切削深度小于裕量，則走刀次数就可以是二或更多。这样，去掉一層金屬就是一次走刀。

在粗加工时一个工步由一次以上的走刀組成的情况比較多些，例如在粗刨汽缸中分面或粗車主軸鍛坯时。精加工中的工步一般只有一次走刀。但是磨床加工以及光整加工中常有多次走刀的情况。

以上对工序的分析可以用圖表的形式总结如下：

就是說，一个零件的加工工艺过程中的各組成工序，在所包涵的内容的多寡上，可以有很大的差别。这种差别經常会在各种形式的工艺規程中表現出来。



工艺卡片的结构

一个零件的加工工艺卡片上应该表明: 1. 成品图; 2. 毛坯; 3. 全部工序; 4. 每一道工序中采用的基准, 机床、工具、切削方式和工时定额。表 1.1 是这种工艺卡片的典型格式。

卡片中大多数栏的填写方法不需要特别的说明。以下只对某些栏作些说明。

“零件草图”栏。标注着主要尺寸的草图放在这里。各加工表面按照加工顺序标以号码 (图 1.1)。图的投影按照需要画出。假如图形复杂, 在栏内放不下, 则可以注明“参阅附图”等字样, 并将此图附在工艺卡片上。

“毛坯”栏。填写毛坯类别的名称, 如“铸件”, “锻件”, “热冲压件”, “ $\phi 42$ 棒材”等。

“结果的数据表”栏。根据第 6, 26 和 27 各栏的相应数据填写。

第 1 栏工序号数照例是用罗马数字标注。

第 2 栏装夹用大写字母标明并且只是当装夹次数大于 1 时才需要标注。工步则用阿拉伯数字标注。

第 3、4、5 栏用所执行的动作的动词叙述装夹和工步。应力求简单明确。对应各次装夹, 在第 5 栏中填写工位表面的号码; 对应各个工步, 在第 4 栏中填写加工表面的号码。

第 6~10 栏一般用代号表示所指的机床和工具。

第 11 栏写明在夹具中同时安置的零件的数目, 或者在一道工序 (或其组成部分) 内以一

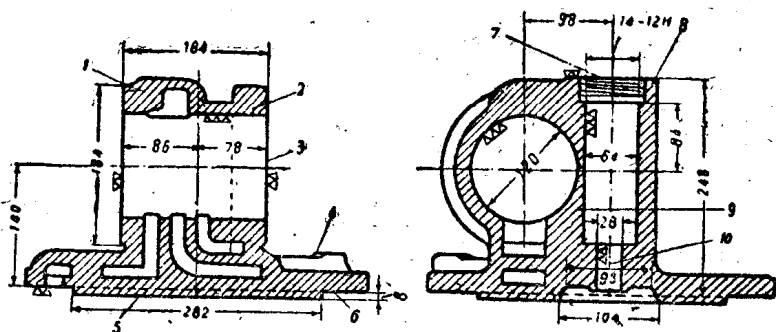


图 1.1 工艺卡片上的零件草图。

表1.1 机械加工工艺卡片典型格式

厂 车间 机械加工工艺卡片 第 号, 第 页, 共 页 制表: 审核: 批准:

零件名称						性能						
产品名称	牌号	材料			尺寸	重量	净重					
产品: (编号)		σ_b	σ_s	δ_5	ψ	a_k	H_B					
部套: (编号)		公斤/公厘 ²			%	%	公斤·公尺 公分 ²					
零件: (编号)		公斤/公厘 ²			%	%	公斤·公尺 公分 ²					
零件图: (编号)		公斤/公厘 ²			%	%	公斤·公尺 公分 ²					

(加工零件草圖)

工 序 号	次	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	总 计
机	床											
机床负荷(台分鐘)												
工人 职別 等級												
劳动量(工分鐘)												

[illegible]

套切削工具或借机床的特殊调整方式来同时加工的零件数目。(圖1.2)。

第12及13栏填写工序间的尺寸。

第22及23栏针对每一个工步逐行填写工时定额的要素，倘若工步有交叉，則絕對值較小的時間必須加括弧。在最后結算每一工序的工时时，不計算括弧內的时间（參閱表1.2的举例）。

第24及25栏以工序为單位用基本时间及輔助时间二者之和的附加百分数的形式确定。

第28栏应该在画得非常簡單的原則下明确地表示出零件装夹，紧固和加工的要点。表1.3列举各种工步草圖的画法。

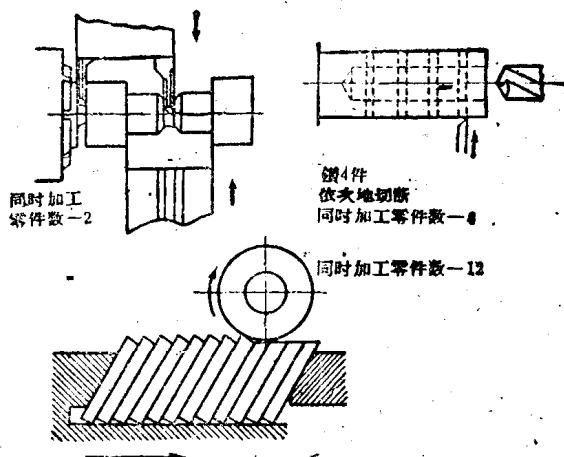


圖1.2 若干零件的同时加工。

表 1.2

第2栏	第3栏	第4栏		第22栏	第23栏	第24栏	第25栏	第26栏
	装夹零件			—	0.8	—	—	—
1	車削	6		1.20	0.10	—	—	—
2	橫切端面	7		0.45	0.10	—	—	—
3	鑽 $\phi 40$ 孔	10		0.90	0.15	—	—	—
4	切槽	16		(0.15)	(0.10)	—	—	—
	卸下零件			—	0.20	—	—	—
				2.55	1.35	0.20	0.05	4.15

表 1.3

草圖	說明	草圖	說明	草圖	說明
	用外圓車刀車削		橫車斷面		車內部溝槽
	依次鑽孔和鉋孔		用鑽刀鉋孔		用滾刀鉋齒
	鉋平台		磨外圓		磨內圓