



制 造 业 信 息 化 丛 书

机械制造业 工艺设计 与 CAPP 技术

陈宗舜 主编

清华大学出版社
北京

工艺设计是根据机械加工的基本原理、加工零件类型、加工的组织形式、使用的设备以及工艺人员的经验,按可靠性、安全性、经济性原则对某一产品、零件进行工艺过程及工艺方法的设计。在这些影响工艺设计决策的因素中,除了机械加工的基本原理及工艺设计的可靠性、安全性、经济性的基本原则不变外,加工组织形式、加工设备与工艺设计人员的经验往往因厂、因人、因时而异,这就从客观、主观两个方面造成了工艺过程、工艺方法设计的灵活性与多样性。在机械制造业工艺设计漫长的发展历史中,由于整个社会生产制造水平的限制,这些主观、客观因素形成的多样性并没有引起制造业的十分关注。近半个世纪以来,社会的发展加速了制造业间的竞争,产品更新换代的周期大大缩短,多品种、小批量生产成了机械制造企业的主要生产形式,因此人们开始研究如何减少工艺的多样性,从而提出了典型工艺及成组工艺的概念,在某些国家还提出了工艺标准化的内容,如对工艺术语、工艺文件种类、格式以及一些加工工艺数据,提出了标准与推荐性规范,但对具体工艺过程与工艺方法没有制定规范与标准。

计算机技术的发展对制造业的发展起了很大的促进作用,计算机用于产品设计计算、绘图从 20 世纪 50 年代就开始了,至今已基本形成一个比较完整的辅助设计系统。由于工艺设计的复杂性,所以直到 1967 年世界上才开始研究计算机辅助工艺设计,经过 30 多年的研究开发与应用,有了很大的发展,从最基本的样件法、派生法发展到生成法和应用人工智能专家系统的原理开发 CAPP。但是,由于工艺的多样性,过去开发的都是在特定环境下的工艺系统,通用化、商品化程度很低,国外所提供的某些商品化软件也只是一种模式 CAPP 的框架,并没有具体的工艺内容,所以至今 CAPP 没有形成像 CAD、MRP-II/ERP 那样比较完善的支撑系统与原型系统。由于各种新技术的发展,企业为了在市场竞争中求生存与发展,新的制造理论不断地出现,如工业

工程、并行工程、精益生产、集成制造等。为了取得良好的经济效益要求企业产品的开发制造技术与管理技术都有同步的发展,这已被世界的历史所证实。因此,工艺设计作为产品设计、制造与管理的桥梁必须跟上形势的发展。20 世纪 80 年代以来 CAPP 成了国内外研究开发的重点,但是由于工艺设计的内容没有统一的设计标准与规范,所以到目前为止,所开发的 CAPP 系统都是按专用系统进行的。而每建立一个系统都需投入大量的人力和相当长的时间,这严重地影响了 CAPP 的推广与应用。为了解决这一问题,近来不少学者提出研究开发 CAPP 的开发工具,试图解决这一问题,这有一定的效果(在提供 CAPP 模式、方法上可以起到指导作用,缩短研究 CAPP 建模的时间)。但是在 CAPP 开发中,软件的开发周期只占 30%,70% 的周期是用于工艺的标准化工作,所以使用工具型的 CAPP 系统,企业的二次开发工作量还很大,如果不进行工艺标准化工作,这种 CAPP 系统和全交互式 CAPP 系统一样只是一个交互式文字处理系统,起不到 CAPP 应有的作用,不是 CAPP 发展的方向。

为了使 CAPP 的开发通用化、商品化,必须掌握工艺系统设计的规律,改进其规则与方法,否则不可能彻底改变按专用系统开发的道路。为此,中国机床工具工业计算机应用技术专家委员会 CAPP 课题组总结了 20 多年开发与应用 CAPP 的经验,应用系统工程的原理,并充分应用成组技术、标准化、信息技术的原理与方法,对工艺系统进行详细的分析,在原来工艺标准化基础上进一步深入研究工艺设计的规律、规则、信息结构,进行标准化、数字化处理,形成了 CAPP 信息处理的模型,为 CAPP 系统设计提供了思路与方法,并进一步提出采用原型化设计开发方法,开发 CAPP 系统的原型系统,从而使 CAPP 的开发走上通用化、商品化的道路。

本书第 1、2、3 章由陈宗舜编写,第 4、5、6 章由陈宗舜、吴春燕、史祥生联合编写。书中若有不妥之处请批评指正。

(作者联系电话: 0531-7972941; 邮编: 250022;

地址: 山东省济南市经十路 464 号铸锻机械研究所 207 室)

作 者

2003 年 9 月

CONTENTS

目 录

前言	I
1 工艺设计与 CAPP	1
1.1 制造技术的发展	1
1.2 工艺设计的过去、现在和将来	7
2 工艺设计与标准化技术	15
2.1 先进制造系统中的标准化技术	15
2.2 传统的工艺标准化技术	24
2.3 工艺标准化技术的发展	32
2.4 工艺标准化的方案	47
2.5 材料定额计算标准化	51
2.6 工时定额计算标准化	52
2.7 工装设计标准化	54
3 工艺设计标准与规范	55
3.1 基本概念	55
3.2 工艺路线规范	56
3.3 加工工艺规范	67
3.4 材料定额计算标准规范	99
3.5 工时定额计算标准规范	107
4 计算机辅助工艺设计	115
4.1 辅助工艺设计发展概况	115
4.2 计算机辅助工艺设计的系统分析	121
4.3 计算机辅助工艺设计的系统设计	129
4.4 计算机辅助工艺设计系统的详细设计和编程	158

IV 机械制造业工艺设计与 CAPP 技术

5 CAPP 的开发、选用及实施	167
5.1 CAPP 开发应用的关键	167
5.2 CAPP 系统选型	168
5.3 CAPP 实施	171
5.4 切实做好工艺标准化工作	173
5.5 CAPP 系统的维护	174
6 企业实用 CAPP 系统简介	176
6.1 中国机床行业 CMTB-CAPPS 系统	176
6.2 沈阳第一机床厂 S1-CAPC、S1-CAPRP、S1-ZPTCAPP、 S1-CAPP 2000 系统	197
附录 缩略词解释	201
参考文献	205

工艺设计与 CAPP

下,不采取联合的方式就不可能获得最佳的效果,所以 20 世纪 80 年代以来,出现了既竞争又联合的方式。如,80 年代以来在国际太空技术的发展中,虽然美国和前苏联(俄罗斯)是主要的竞争对手,但是在解决许多问题时,他们又相互联合(如互派宇航员进入太空站进行科学试验等),这种事例已在目前的经济活动中不胜枚举。

(4) 企业成功与竞争的因素

企业成功与竞争的因素由 C(成本)、Q(质量)、T(时间)发展到 Q、T、C、S(服务),1990 年以来又发展到 T、Q、C、S。过去我们曾以成本的优势到世界市场上去竞争,但是由于产品质量困扰了我们,所以提出了“质量第一”的口号。但是在 20 世纪 80 年代后期的国际竞争中,虽然我们有低成本的优势,在质量上也获得了保证,但由于制造周期长,不能满足外商的要求,在国际招标中屡屡失败,这已反映了时间在竞争中的重要性。

时间成为四大竞争因素之首的原因还在于:交货期是用户关心的首要问题。在市场经济条件下,企业的经济效益是第一位的,也即用户投入资金、购买设备、进行技术改造或新建工程,这些工程能否按时投入生产,是否收回投资而创造效益。所以短的交货期,象征着资金周转快、效益好;长的交货期象征着资金周转慢,严重影响投入产出的效果,而拖期交货将严重影响用户整个项目的投入生产,造成重大损失。尤其是自动化、大批量生产项目,一条生产线上缺少一台设备,这条生产线就开动不起来,还将影响其他生产线,造成全厂出不了产品,因此,一条生产线上某一设备不能按时到货,将造成巨大损失。所以交货期的长、短与是否按时交货成了用户关心的首要问题。对企业来说,缩短产品的交货期,能将产品提前上市,使企业占领产品的市场,从而获得高额利润。在目前市场上,产品更新换代加速,产品平均寿命缩短。以计算机为例,每隔 1~2 年就有新的产品推出,所以谁能先将产品推上市,谁就能占领市场,获得更多的利润。图 1.1 可以说明产品上市的早晚对企业商业获利的比较。

短的交货期,能加速本企业流动资金的周转,提高资金的利用率,使企业在同样资金的条件下有可能去开发更多的产品,从而获得良性循环。如拖期交货或晚上市,对企业商业利益的影响将远远大于开发成本与制造成本的影响。图 1.2 表示了上市时间对商业利益的影响,其约束条件是:产品寿命为 5 年,市场增长率为 20%,价格每年降低 2%。

由于产品寿命逐年减少,而产品的复杂程度越来越高,产品应用新技术越来越密集,所以开发周期相对逐年延长,甚至产品开发周期大于产品寿命周期。图 1.3 是 1978 年以来产品开发周期与产品平均寿命周期的比较。由该

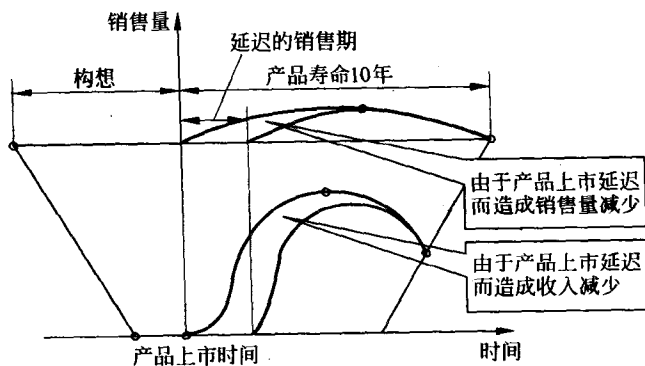


图 1.1 产品上市的早晚对企业商业获利的比较

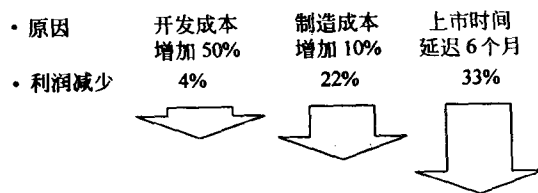


图 1.2 上市时间对商业利益的影响

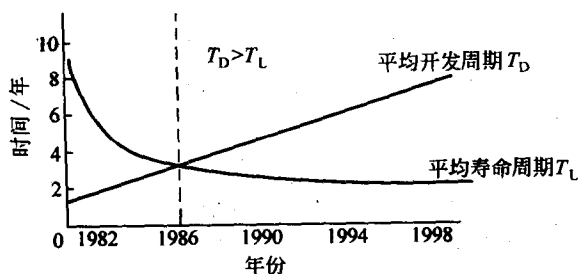


图 1.3 产品开发周期与产品平均寿命周期的比较

图可以看出，自 1986 年以后，产品的平均开发周期已大于产品寿命周期，所以在竞争中时间成了决定性的因素。

从以上分析可知，时间是竞争的关键因素，企业要在竞争中立于不败之地必须建立快速的反应机制。企业除了能及时、准确地掌握市场信息，了解市场近期、中长期的需求，为企业决策经营提供可靠的依据外，还必须建立快速开发机制，从而在企业决策后，能迅速开发、制造出用户满意，又为企业盈利的产品。

2. 制造技术及相关技术的发展动向

20 世纪以来,制造技术由机械化、单机自动化、机电一体化向工厂自动化发展,尤其是计算机、信息技术与数控技术的发展,使制造技术进入高速发展阶段,1950 年以来制造技术的发展过程如图 1.4 所示。下面简述制造技术的发展动向。其中,“→”表示发展方向。

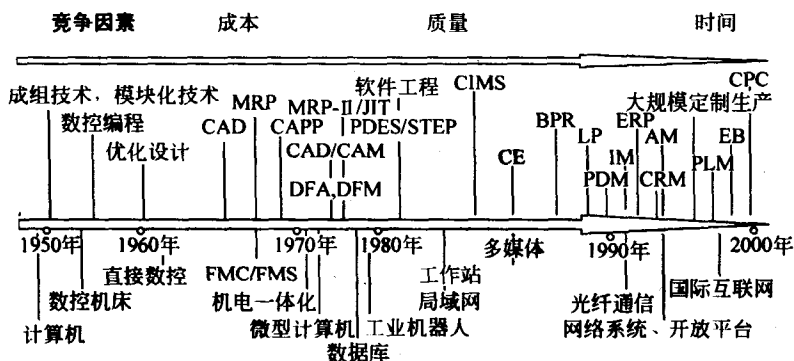
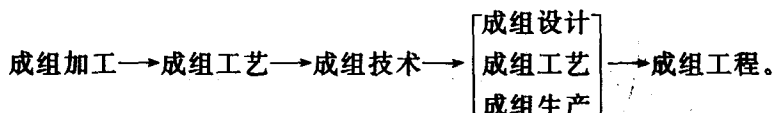
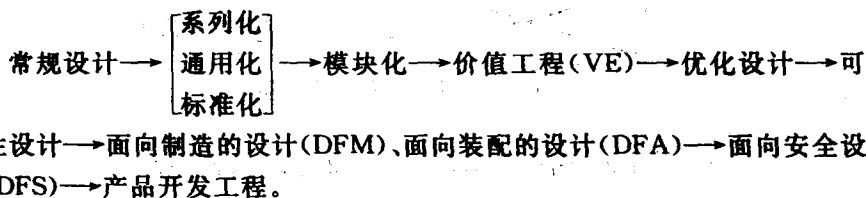


图 1.4 制造技术的发展过程

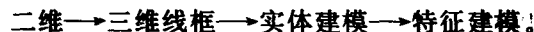
(1) 成组技术(GT)



(2) 产品设计



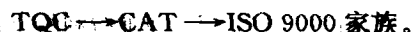
(3) CAD 建模



(4) 自动技术



(5) 质量管理



(6) 生产管理

库存管理→物料需求计划(MRP)→制造资源计划(MRP-Ⅱ)→JIT
(准时生产)→企业资源计划(ERP)→电子商务(EB)→商务智能(IB)。

(7) 计算机辅助技术(CAX)

计算机辅助设计(CAD)→计算机辅助工程分析(CAE)→计算机辅助工
艺设计(CAPP)→数控编程(NCP)→计算机辅助产品开发工程(CADE)→
计算机辅助设计/制造(CAD/CAM)→计算机辅助生产管理(CAPS)→决
策支持(DSS)→办公自动化(OA)→战略信息系统(SIS)→计算机集成制
造系统(CIMS)。

(8) 计算机硬件

主机系统→微机系统→工作站→客户机/服务器→网络→互联网。

(9) 计算机软件开发

程序编制→软件工程；

专用系统→开放系统；

文件系统→数据库系统；

单一系统→集成系统。

(10) 计算机应用开发

单项开发→局部集成→全面集成→网络化。

(11) 制造业组织

功能型→以过程为中心发展；

封闭型→零、部件专业化生产(开放型)发展；

集中型→分散、协同发展；

宝塔型→扁平型发展；

生产型→经营型发展；

传统型→学习型、知识型发展。

(12) 制造模式

传统型(单件、小批、成批、大批量)→成组→集成制造→并行工程→
精益生产→智能制造→敏捷制造→大规模定制生产。

(13) 知识结构

单一专业→多知识→综合型。

3. 先进制造系统与传统制造系统的比较

先进制造系统与传统制造系统的比较见表 1.1。

表 1.1 先进制造系统与传统制造系统的比较

比较内容		传统制造系统	现代制造系统
企业战略		地区性企业	全球性企业,将所有工作尽可能集中在靠近销售点的地点完成,在全世界每一个重要市场建立完整的制造系统
企业目标		足够好原则;容忍一定的废品率、最低限度的库存,向顾客提供范围较窄的标准产品	尽善尽美原则;不断降低成本,追求无废品、零库存和产品多样化
劳动强度		体力和精神的紧张	解决复杂问题的创造性紧张
工人设备	单件生产	高度熟练工人使用简单但通用的设备	多面手、使用通用性好、自动化程度高的设备
	大量生产	非熟练或熟练工人使用高度自动化设备,最大限度分工	
人事管理		职务晋升靠机遇 以个人为单位进行工作绩效考核 组织结构以集中式或多级递阶控制为主	透明的职务升迁途径 以集体为单位进行工作实绩考核 组织结构以分布式或适度递阶控制为主,强调组织结构的扁平化
组织机构		面向功能,按功能划分部门 被动管理,以“物”为中心 用传统方式进行职工培训,将提高职工的技术作为培训重点	面向过程,按过程划分部门 主动管理,以“人”为中心 在工作中培训职工,同时提高职工的技术和组织性
产品开发		顺序开发	并行开发,产品开发中大量的重要知识存在于长期合作的小组成员的共同观点和经验之中
销售		只销售企业生产的产品,与销售顾客是简单的买卖关系	销售顾客需要的商品,长期与销售商和顾客保持平等互利的伙伴关系
生产计划管理		面向设备负荷编制作业计划 尽可能早开工 批量优化 按事先制定的生产计划控制生产过程(“推”的管理方式) 自上向下,分层生产控制	按实际需要编制作业计划 尽可能晚开工 最小批量 按合同组织生产过程(“拉”的管理方式) 分布式自适应控制
采购管理		零件成本最低的采购原则 单件采购 被动管理,注重成本核算	产品总成本最低的采购原则 以子系统为单位进行采购 主动管理,面向整个生产过程的成本管理

续表

比较内容	传统制造系统	现代制造系统
财务管理	以降低成本为目标	以提高生产率,改善产品增值过程为目标
质量管理	专职的质量管理人员 提高产品质量必然增加产品成本	质量自检 提高产品质量并非一定增加产品成本
信息处理	集中处理	分布处理,使信息作为生产要素得到更好应用

1.2 工艺设计的过去、现在和将来

1. 企业工艺工作的目标

工艺工作的目标是确保企业在 T、Q、C、S 的市场竞争中具有一定优势,具体可包括如下几个方面:

(1) 优化制造系统

能按 T、Q、C、S 的要求,使企业制造系统适应现代生产的需要,包括生产模式、生产组织、工厂布置、现代先进制造技术的应用等。

(2) 优化产品制造工艺

这是对具体产品而言,在优化的制造系统中,充分运用系统内的设施、组织、技术,保证产品制造过程的优化,按时、按质、低成本地完成。

(3) 培养适应现代制造系统的合格的工艺人才

在任何系统中人是最积极的因素,生产系统的优化,产品工艺的优化都是由人来完成的,所以企业工艺工作的目标必须建立在合格工艺人员的基础上。

2. 企业工艺工作的任务

根据以上目标,企业工艺部门的任务是:

(1) 制定企业工艺发展规划:根据企业的中长期规划,具体制定工艺发展规划,指导规划期内工艺工作的发展。

(2) 制定企业技术改造计划:根据发展规划制定近期的技术改造计划,并组织实施。

(3) 制定工艺技术开发、研究计划,努力学习先进制造技术,并组织实施。

(4) 建立健全工艺管理体系: 建立完善的工艺标准体系, 确保企业生产工艺系统有效地运转, 执行工艺工作的任务。

(5) 进行产品生产工艺技术准备。

(6) 开展产品生产技术服务。

(7) 为企业其他部门提供工艺技术范围内的服务。

3. 工艺工作的结构、流程分析

(1) 工艺工作的总结构、总流程

根据上述企业工艺工作的目标与任务, 企业工艺工作应由工艺规划与开发研究、产品工艺设计、制造工艺实施所组成, 如图 1.5 所示。工艺规划与开发研究, 以国内外先进制造技术及产品开发信息为输入, 企业条件、外部环境为控制、约束条件, 通过工艺规划与开发研究工作, 输出发展规划、新工艺研究、技术改造规划、工艺管理方案、工艺标准、先进工艺技术及计算机应用软件。产品工艺设计是根据产品开发信息与生产计划订单, 在企业条件及外部环境条件下, 通过产品工艺设计输出产品工艺信息, 包括工艺方案、工艺路线、工艺规程、工艺定额等。制造工艺实施是根据产品开发工艺信息及生产计划订单, 在制造环境(设备、人员等)条件下实施产品的制造, 最后完成产品。

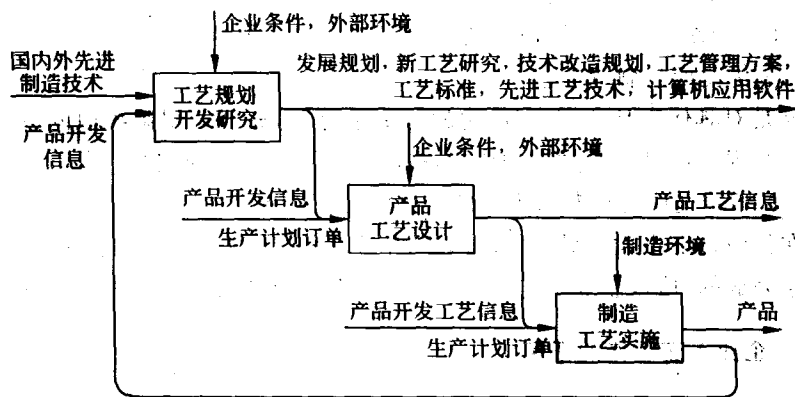


图 1.5 企业工艺工作结构及流程

(2) 工艺规划及开发工作结构及流程

工艺规划及工艺开发系统的结构与流程如图 1.6 所示。这是企业工艺工作的重要环节, 是企业制造系统的决策系统和开发系统, 是产品工艺设计与制造活动的基础。但是目前在很多企业没有得到充分重视(只重视产品的设计

开发,不重视制造技术的开发),导致工艺工作不能良性循环,发展缓慢,只能应付生产,处于被动地位。在市场经济多变、快变环境下,必须加强此环节,才能使企业具有不断优化的生产模式、制造系统与管理系统,否则企业工作就会成为无源之水,停滞不前,这是我国机械制造业中普遍存在的问题。不仅企业如此,有的教材、资料也是如此,一提到企业工艺工作就只谈产品工艺准备,这也会造成企业领导及工艺部门的误解。

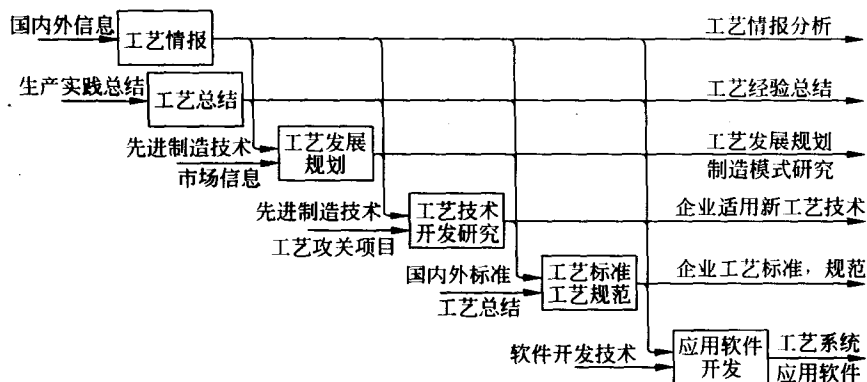


图 1.6 工艺规划及工艺开发工作结构及流程

(3) 产品工艺工作结构及流程

产品工艺工作结构及流程如图 1.7 所示,一般将之称为生产技术准备工作。目前很多企业把这一工作看成是企业工艺部门的惟一工作,但是实际上企业完整的工艺工作任务绝不应该只是产品的生产技术准备工作。

4. 产品工艺设计的内容

(1) 工艺调研

为了有利于开展和推动新产品的开发或老产品的改进,在产品设计的初期阶段,工艺人员就应该进行开发调研,了解市场需求、产品的设计构思、基本结构、使用特点、自然资源利用情况、国内外同类产品的制造工艺水平、产品系列化标准要求以及设计中可能存在的问题与解决的方法,最后提出工艺可行性分析报告,针对主要技术问题提出建议。

(2) 产品结构的工艺性审查

新产品在设计过程中或外来产品在本企业首次投入生产之前,均应进行结构工艺性审查,使其在满足使用功能的前提下,符合一定的工艺性及技术经

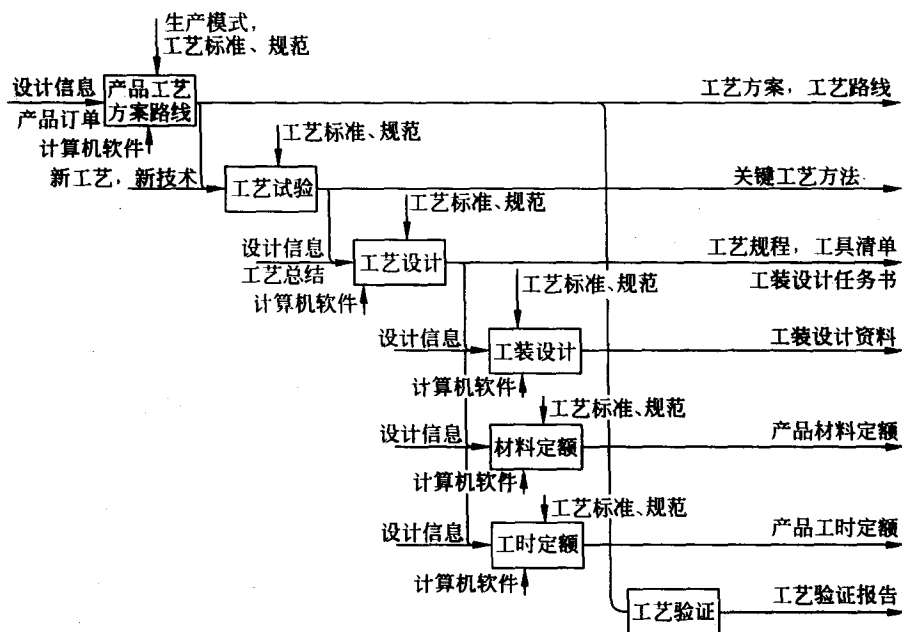


图 1.7 产品工艺工作结构及流程

济指标要求,以便在现有生产条件下,能用先进、经济和合理的方法进行生产制造,并且便于使用和维护。工艺性审查的内容和侧重点根据产品设计过程的不同阶段而异:在产品的规划阶段,工艺人员主要对产品的结构方案进行分析和审查,提出相应的对策和建议并及时与产品设计人员进行协商解决;在技术设计阶段,主要是对产品的总图及部件图进行分析和审查,侧重对总图及部件的结构合理性及装配工艺性进行分析和审查;对零件工作图的审查,主要是对铸造、锻造、冲压、焊接、热处理、切削加工和装配工艺性进行分析和审查。

(3) 工艺方案的设计

工艺方案是工艺准备工作的总纲,是编制工艺文件和工艺技术组织措施计划的依据。它的设计原则是在充分保证产品质量的前提下,满足生产纲领的需要,同时要使生产成本最低。因此,正确的工艺方案设计,应积极采用国内外先进的工艺技术,同时注意改善劳动条件和加强环境保护。其主要内容包括:生产的组织形式与自动化水平,自制件、外协件、外购件的划分意见与分工原则,自制件的工艺路线或分厂(车间)、分工意见,关键件、重要件的冷、热加工工艺原则与工艺方法,专用设备和工装的配备、设计、选择原则,必须采取

的专门技术措施和新工艺、新材料和工艺试验意见,装配试车方案,对车间平面布置的意见,重要的质量保证措施以及技术经济指标的分析比较。

(4) 工艺路线的设计

工艺路线的设计是产品零件生产流程的设计,首先是要规定每个自制零件的合理的工艺路线,设计出零部件工艺路线表或车间分工明细表,同时还应提出工艺关键件明细表和外协件明细表。需要时还应提出铸件明细表、锻件明细表、热处理明细表等。工艺路线设计得合理与否,对保证产品质量,合理利用设备,缩短毛坯、半成品的运输线路,减少物资积压,提高劳动生产率等都有重要影响。

(5) 工艺规程的设计

工艺规程是工艺文件的主体部分,不仅是指导生产现场操作和工艺管理的技术文件,而且也是生产计划、调度、劳动组织、质量检验、工装与设备管理、经济核算的技术依据,其质量高低直接影响产品的制造质量、生产效率和工艺成本。应当根据产品的复杂程度、生产类型、企业具体条件以及工艺条件和工艺方案与工艺路线规定的要求,确定需设计的工艺规程种类、文件形式及其内容。在设计工艺规程的同时,还应提出有关的工艺管理文件,如:外购工具明细表、专用工艺装备明细表、组合夹具明细表、工位器具明细表、专用工艺装备设计任务书等。为了编制好这些文件,需对工艺过程与工序分别进行设计。工艺过程设计包括工序内容的划分和工序先后次序的排列,需要考虑加工基准与加工方法的选择、加工阶段的划分,确定工序的集中或分散和工艺过程各工序的顺序安排和作业要求。工序设计包括工序图的绘制、工步的内容与顺序、所使用的加工设备和工装以及工艺参数、精度要求、检验方法等的确定。

(6) 工装、非标准设备和工位器具的设计

工装包括刀具、夹具、模具、量具、检具和辅具,非标准设备一般指在工艺过程中使用的辅助设备。此外,还有专用机床、自动线和生产过程中或库存中为保护零件而设置的专用工位器具,这些都需要由工艺人员根据工艺文件的规定,提出设计任务书,提交有关单位安排设计制造。

(7) 定额的制定

企业的材料消耗定额和劳动定额都取决于工艺技术水平。材料消耗定额由产品的净重加上该产品在制造过程中的工艺性损耗(包括下料损耗和加工损耗)所构成,通常根据有关的工艺文件用计算方法、实测方法或经验统计方法确定,并编制出各类材料消耗的工艺定额明细表。工时定额的基本数据列入工艺规程中,工艺部门在新产品投产前负责编制一次性工时定额,该产品正

式投产后,由企业劳动工资部门接管。

(8) 工艺设备和工艺装备验证

工艺设备和工艺装备的验证是整个工艺验证的重要组成部分。它是贯彻工艺规程、保证产品质量的重要措施,凡是新的专用工艺设备和工艺装备,在投入生产使用前都要进行认真验证,以全面确认其结构可靠性、满足加工精度的程度、操作的安全性以及生产率等。就工装验证而言,主要内容包括:①验证是否符合工艺要求,如:定位基准、工艺尺寸、夹持方法、加工尺寸与余量分配等;②验证能否稳定地保证工序质量,如:定位精度、定尺寸的刀具(铰刀、拉刀、丝锥等)使用中的精度变化、量、检具的重复测量精度等;③验证能否满足生产节拍和生产能力的要求,如:工装在工人操作中是否灵活方便、安全可靠,单件工时是否符合预定的生产率要求以及刀具的耐用度等;④验证工装使用是否符合安全和文明生产的要求,如:工装与机床的安装连接部位,大型工装的刚性及其在维修吊装和使用中的安全保证,高速旋转工具和防护装置,为高精度检测工具在使用中设置的安放架或存放盒,防止工件在存放、流转、装卸时相互碰撞碰伤的工位器具等。至于专用工艺设备的验证,往往比工装验证的要求更高。因为这类设备是专门为生产过程中某些工序特定的工艺要求设计制造的,它们的作业对象专一,生产效率很高,如果质量达不到要求,就会使整个工序甚至一连串互相衔接的工序,在加工质量、生产节拍、操作安全可靠等方面失去保证,以致造成巨大损失。因此工艺部门必须提出详尽的设计任务书,外购定货时应签订定货协议,按照有关技术标准的协议条款进行试验验证和鉴定,合格后才可投入使用。

(9) 工艺验证

做好工艺验证工作是保证工艺符合预定的生产要求并促进工艺技术不断进步的必要措施,其实质就是对生产工艺的鉴定和确认。所以工艺验证既是正式生产的先决条件,也是扩大生产的基础,目的在于确保工艺方案、工艺规程满足生产纲领的要求,选用的工艺设备、工艺装备、检测手段有稳定的保证产品质量的能力,工艺消耗达到最低限度的要求,生产现场的一切工艺设施能确保工人的安全操作和文明生产的条件。

生产工艺是全局性的系统工程,因此工艺验证与工艺装备、机床设备验证不同,它是以加工零件或整机为对象,从生产线的毛坯投入到最后成品产出,对每一工序中的主要项目,都要根据验证目的进行系统的验证。以机械加工工艺和装配工艺为例,其验证的主要内容大致有五个方面:①工艺综合过程的安排,包括:从毛坯到成品或从零部件到整机的工序安排是否完整,工序顺