

普通高等教育“九五”国家级重点教材



★★★★★

B

普通高等教育机电类规划教材

机械制造 技术基础

西安交通大学 卢秉恒 主 编

吉林工业大学 于骏一 副主编
华中理工大学 张福润

机械工业出版社

6

9

普通高等教育机电类规划教材

机械制造技术基础

主 编 卢秉恒
副主编 于骏一 张福润
参 编 熊良山 毛世民 包善斐
 陈人亨 梁正和 王 平
 赵万华 洪 军 李宝明
主 审 师汉民



机械工业出版社

本书是“九·五”国家级重点教材,内容包括机械加工系统(机床、刀具、夹具)的基本知识,切削原理的基本理论,加工精度和表面质量的分析,制造过程质量控制,机械加工与装配工艺规程的制定,先进制造技术与制造系统等。本书以现代的TQCSE观点分析制造过程,力求将视野从单工序扩大到制造系统,从机械加工扩展到产品生命周期的全部制造活动。本书既突出了制造技术的基础内容,又反映了现代制造技术的最新发展,其内容精炼,新颖。

本书可作为普通高校机械工程及自动化专业主干技术基础课教材,也可供工业工程、管理工程和工业设计等有关专业本科生和研究生作为教学参考书,亦可供制造企业的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/卢秉恒主编.-北京:机械工业出版社,1999.8

普通高等教育机电类规划教材

ISBN 7-111-07154-9

I. 机… II. 卢… III. 机械制造-高等学校-教材 IV. TH

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第20211号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:高文龙 版式设计:张世琴 责任校对:张莉娟

封面设计:姚毅 责任印制:何全君

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1999年10月第1版第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·16.5印张·402千字

0 001—8 000册

定价:21.50元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

前 言

本教材为“机械工程及自动化”专业重点改革教材,属“九·五”规划国家级重点教材,是机械工程及自动化专业的主干技术基础课教材。本书考虑了原机械制造专业部分课程(如机械制造工艺学、金属切削原理与刀具、机床夹具、金属工艺学、机床概论等)的基本内容及先进制造技术的发展,结合国内外同行教改实践及科研成果编写而成。

本书教授前,希望学生已经过金属工艺学的实践环节。本书第六章的内容可供师生选用,也可采用专家教授开设系列讲座的方式进行教学,以求通过研讨使学生了解制造技术的新进展。本书按60个课内学时编写。

高校师生对制造类课程的改革呼声已久,不少院校都作了很多尝试。尽管如此,由于本书改革力度大,编者经验不足,对本书内容的取舍、繁简深浅的把握很难准确,论述中也可能有谬误之处。恳切希望使用本书的广大师生、读者多提宝贵意见,以求改进。

本书由卢秉恒教授任主编,于骏一、张福润教授任副主编。第一章、第六章以卢秉恒教授为主编写,第二章由华中理工大学熊良山、张福润教授编写,第三章由西安交通大学毛世民博士编写,第四章、第五章分别由吉林工业大学包善斐、于骏一两位教授编写。第六章的编写中梁正和、王平、李宝明、赵万华、洪军等博士也参加了工作。全书由华中理工大学师汉民教授主审、西安交通大学陈人亨教授协助审定。全书编写工作中一直得到西安交通大学顾崇銜教授的全面指导,吴序堂、沈允文、黄玉美等教授提出了许多宝贵意见。本书的编写得到华中理工大学杨叔子院士的大力支持。对以上所有给予我们支持的先生们,特致以衷心的感谢。

编著者

1999.5

目 录

前言		
绪论	1	
第一章 生产过程与组织	3	
第一节 产品开发	3	
第二节 制造过程与生产组织	9	
第三节 制造技术概论	13	
参考文献	15	
第二章 机械加工方法与装备	16	
第一节 机械加工方法	16	
第二节 机床	24	
第三节 刀具	31	
第四节 夹具	51	
思考与练习题	62	
参考文献	64	
第三章 切削过程及控制	65	
第一节 金属切削层的变形	65	
第二节 切屑的类型及控制	71	
第三节 切削力	73	
第四节 切削热和切削温度	77	
第五节 刀具的磨损与破损、刀具寿命及 刀具状态监控	84	
第六节 切削用量的合理选择及提高切削 用量的途径	91	
第七节 磨削机理	101	
思考与练习题	106	
参考文献	107	
第四章 机械制造质量分析与控制	108	
第一节 机械加工精度	108	
第二节 工艺过程的统计分析	130	
第三节 机械加工表面质量	141	
第四节 机械加工过程中的振动	148	
思考与练习题	157	
参考文献	160	
第五章 工艺规程设计	161	
第一节 概述	161	
第二节 机械加工工艺规程设计	162	
第三节 成组技术	189	
第四节 计算机辅助机械加工 工艺规程设计	195	
第五节 机器装配工艺规程设计	200	
第六节 机械产品设计的工艺性评价	212	
思考与练习题	217	
参考文献	221	
第六章 先进制造技术	222	
第一节 制造技术的新发展	222	
第二节 制造哲理与生产模式	230	
第三节 制造系统的设计与评估	233	
第四节 自动化制造系统	236	
第五节 快速响应制造	251	
第六节 可持续发展制造战略	257	
参考文献	258	

绪 论

一、制造业与制造技术

制造业为人类创造着辉煌的物质文明。据统计,1990年20个工业化国家制造业所创造的财富占国民生产总值(GDP)的比例平均为22.15%,制造业是一个国家的立国之本。

制造技术支持着制造业的健康发展,先进的制造技术使一个国家的制造业乃至国民经济处于有竞争力的地位。忽视制造技术的发展,就会导致经济发展走入歧途。当今信息技术的发展,使传统的制造业革新了它原来的面目,但这决不是削弱了它的重要地位,这一点为不少国家经济发展的历史所证明。如美国近年来的发展情况即是一例。二战以来,美国一直是制造业大国,但在70年代到80年代间,一度受到所谓制造业已成为“夕阳工业”的思潮影响,结果使美国在汽车、家电等方面的生产方面受到了日本的有力挑战,丧失了许多市场,导致了90年代初的经济衰退。这一严重局面引起了美国决策层重新审视自己的产业政策,先后制定实施了一系列振兴制造业的计划,并特别地将1994年确定为美国的制造技术年,制造技术是美国当年财政重点扶植的唯一领域。这些措施,使先进制造技术在美国得到长足的发展,其结果促进了美国经济的全面复苏,夺回了许多原先失去的市场。

新中国成立以来,我国的制造技术与制造业得到了长足的发展,一个自立的机械工业体系基本形成。改革开放十多年来,开放与引进在一定程度上促进了我国制造业的发展及制造技术的提高。但与工业发达国家相比,我们还存在着十分明显的差距。由于管理、技术、投入不足等许多方面的因素,有些差距还有加大的趋势。我们已进入信息社会,经济的全球化和贸易的自由化使国际经济竞争愈演愈烈。就某种意义上来说,这是一个没有硝烟的战场,我国制造业正承受着国际市场的巨大压力。如果定义出口额与进口额之比为名义竞争力,工业发达国家机械产品名义竞争力一般为1,我国1990年为0.466,1993年为0.376,1994年为0.28。机械产品进出口贸易逆差高达242亿美元/年。为了达到国家目标,即使我国机械产品名义竞争力力争达到0.8,我们还要付出艰辛的努力,也需要大批有志于制造业的莘莘学子的投入与献身。

制造从远古时代就形成了一套技术。蒸汽机与电力的革命使其发生了很大变化,形成了基于大批量生产的制造技术。同样,现代电子技术、计算机技术、信息技术也使传统的制造技术有了飞跃的发展及革命性变化。制造技术已从单工序的研究发展到制造系统的研究。

制造系统是指覆盖全部产品生命周期的制造活动所形成的系统,即设计、制造、装配、市场乃至回收的全过程。在这一全过程中,所存在的物质流(主要指由原材料到产品的有形物质的流动)、信息流(主要指生产活动的设计、规划、调度与控制)及资金流(包括了成本管理、利润规划及费用流动等)构成了整个制造系统。

CNC技术、加工中心、FMS、CIMS等一系列制造自动化技术的发展是适应了多品种、变批量的生产模式。CAD/CAM一体化,RP技术、并行工程、虚拟制造加速了产品开发周期。精益生产、敏捷制造、动态联盟等生产模式则把制造技术的目标聚焦到市场和效益上。同样,为了人类的明天,可持续发展的制造策略也逐渐成为技术专家和企业家关注的重要问题。这些内容形成了先进制造技术的主题。制造技术不再仅仅是以力学、切削理论为主要基础的一门学科,

而是涉及了机械科学、系统科学、信息科学和管理科学的一门综合学科。虽然,我们使用的理论工具有了变化,但其目的仍是研究如何最优地由原材料获取产品,以使企业得到良好的经济效益和社会效益。他山之石,仍要用于攻玉。

二、本课程的内容与学习要求

本课程主要介绍了机械产品的生产过程及生产活动的组织、机械加工过程及其系统。包括了金属切削过程及其基本规律,机床、刀具、夹具的基本知识,机械加工和装配工艺规程的设计,机械加工中精度及表面质量的概念及其控制方法,制造技术哲理与现代生产管理模式,制造技术发展的前沿与趋势。

制造实际上不仅局限于机械制造,也应包括汽车、电子、仪器仪表、医疗器械、轻工乃至信息产业产品的制造。本书为了使学学生既有较强的机械制造技术的知识基础,又有较强的就业适应能力,拟以机械制造为主,将部分内容拓宽至适应其它制造业,即向大制造内容扩展。这一扩展主要出自扩展学生视野,增强其职业适应能力的考虑。

单个工序、单台设备构成了制造活动的一个细胞,制造活动往往形成一个完整的系统。当今的工程技术人员不仅应该掌握有关单个工序及其优化的知识,而且应该掌握整个制造系统的规划设计,选择优化和运作监控的基本知识,以便能在宏观和全局上对生产活动组织有清楚的认识,更有利于完成一个制造工程师的工作。

通过本课程学习,要求学生能对制造活动有一个总体的、全貌的了解与把握,能掌握金属切削过程的基本规律,掌握机械加工的基本知识,能选择加工方法与机床、刀具、夹具及加工参数,具备制订工艺规程的能力和掌握机械加工精度和表面质量的基本理论和基本知识,初步具备分析解决现场工艺问题的能力,了解当今先进制造技术和先进制造模式的发展概况,初步具备对制造系统、制造模式选择决策的能力。

三、本课程的学习方法

金属切削理论和机械制造工艺知识具有很强的实践性。生产哲理与管理模式,没有足够的实践基础也是很难有准确的理解与把握。因此,希望学习本书时必须重视实践环节,即通过实验、实习、设计及工厂调研来更好地体会、加深理解。本书给出的仅是基本概念与理论,真正的掌握与应用必须在不断的实践—理论—实践的循环中善于总结,才能达到自由王国的境界。

各类学校不同专业在应用本教材时,可以根据需要加以取舍。本书的有些章节,也可以采取课堂教授以外的方式进行。如第二章可以通过认知实习了解掌握;第六章也可以通过邀请有关专家开讲座,通过对企业活动的调查分析来了解到更宽、更新、更活的知识;第五章也可结合课程设计来进行。

第一章 生产过程与组织

产品的生产过程主要可划分为新产品开发、产品制造、产品销售和服务三个阶段。

新产品开发主要在市场导向下,根据技术的发展和企业的资源特征,通过设计、试制、生产准备等活动,推出有市场前景的产品。它保证了企业的发展与未来。

产品的制造活动,主要是根据市场和定单所决定的批量,把开发的产品制造和装配出来。制造活动包括了零件毛坯的制造,粗、精加工,热处理,表面处理和部件与整机的装配、检验,它也涉及了制造过程的规划、调度与控制。

产品销售与服务,主要指把生产出的产品通过一定的渠道推向市场,把产品变为企业实际的利润。在现代社会,售后服务是一个重要方面。IBM 营销总裁曾说过“IBM 并不销售产品,而是销售解决问题的方法”,指的就是服务。

第一节 产品开发

一、产品开发的重要性

科学技术的发展与进步,为满足人类的更高消费提供了许多新的产品方案。消费者随着生活水平的提高及社会环境的进步,对产品功能、质量、外观、价格提出了新的需求,这些都要求企业有可能和有必要不断开发出新的产品。同时,企业处于一个国际、国内的竞争环境中,利润较高的适销产品,势必不断吸引一大批竞争者不断加入市场,争夺市场。企业为了赢得竞争,也需要不断推出新产品。

随着科技的发展和消费的个性化趋势,使产品的市场寿命越来越短,知识经济在制造业中起越来越显著的作用。产品的开发也越来越重要,越来越需要大的资金投入。据 90 年代初的统计,研究开发费占国民经济总值(GNP)的比例,美国为 2.67%,日本为 2.99%,德国为 2.9%,我国小于 1%。美国汽车企业将销售收入的 5%~10%投入研究开发中,微软公司则将销售收入的 23%投入开发中。

任何产品都有一定的寿命周期,它一般可以分为四个阶段,如图 1-1 所示。

(1) 介绍期 这是一个市场宣传、产品改进及为批量生产作准备的阶段。这时期销售量有限,制造成本高,销售价也较高。此间,销售年增长一般小于 10%。

(2) 成长期 此时销售额迅速上升,生产成本大幅度下降,利润迅速增大。

(3) 成熟期 这一阶段销售量较大,但增速趋缓,市场接近饱和,企业利润丰厚。其间,销售增长率一般为 0.1%~10%。

(4) 衰退期 由于市场上已出现性能或规格

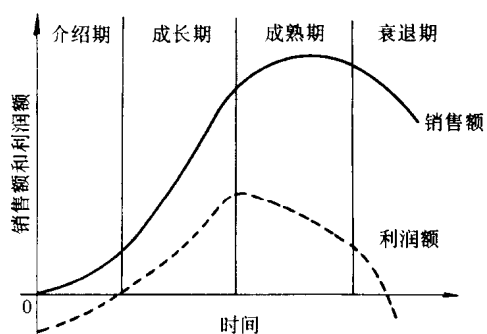


图 1-1 产品寿命周期

品种改进的新产品,或经过激烈竞争,原有产品价格已压到极低的水平,使销售量和利润持续下降,企业已无法取得利润。

判断预测阶段的划分是相当困难的,可以采用经验对比法,用同类产品的发展历史比较。如用黑白电视机的历史预测彩电的市场寿命周期,用国外的彩电市场情况预测国内的市场寿命周期等。

企业为了生存,必须不断有新产品来替代老产品,如图 1-2 所示,才能保持利润的稳定增长。但图中所表示的只是从一个企业孤立看问题时新产品开发的时机,考虑到竞争环境,企业必须捕捉最佳的科技成果,结合企业的资金情况,更早地投入开发。销售表明,对有竞争的产品,最早上市的几家公司往往占领市场 80% 以上的份额。

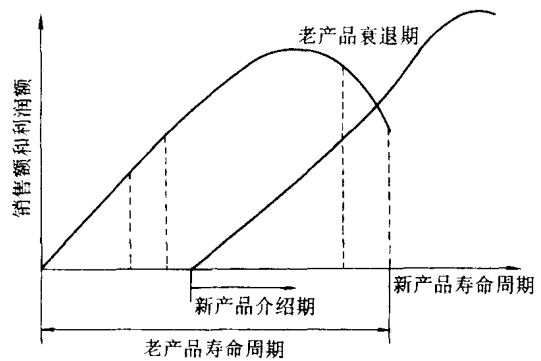


图 1-2 新产品开发时机

对一个有实力的企业,既应该很好地经营管理处于成长期和成熟期的产品,对其进行产品改进,延长其寿命周期,又要不断开发新产品,尤其是创新产品,抢占市场的制高点。

二、新产品开发的决策

新产品可分为:全新产品、换代产品、改进产品、仿制产品四大类。

全新产品指应用新原理、新结构、新技术和新材料制造的前所未有的产品,往往成为科技史上的重大突破,如汽车、飞机、计算机等。换代产品如计算机发展到 386、486、586、笔记本电脑、……等。改进产品主要是对老产品的改进。仿制产品有时可以在短期内获得较大效益,它节省了产品开发的大量资金、人力和时间的投入,开发风险小。但往往面临知识产权纠纷、生产成熟厂家压价销售的压力、高技术创新产品带来的致命打击等。

开发什么样的产品,必须来源于详细的市场调查、认真的评价分析、科学的决策。如果说产品开发的决策、技术开发、中试、生产上市几个阶段的资金投入比例可能是 1 : 10 : 100 : 1000,但它们对该产品是否成功,即市场前景和企业效益的影响度则可能是 70% : 10% : 10% : 10%,正确的决策是至关重要的。

(一) 开发调研

新产品开发决策的依据是开发调研。开发调研可从以下几个方面进行,即科技调研、市场调研、竞争环境调研、企业内部调研。

1. 科技调研 主要是调查科技新动态,可以形成产品的技术源,如其技术先进性、成熟度、技术可行性等。科技调研对企业新产品开发的走势有重要影响。如我国某企业 1990 年初引进日本三洋“电视机按键”生产线,没有注意更先进的“遥控器”技术的出现,生产线建成后没有定货,面临破产窘境。在注意技术先进性的同时,对技术的成熟度和可行性也必须认真注意,考虑企业自己的技术开发实力、可投入的资金和承担风险的能力,往往选择“适用技术”、“渐进改进”,可能是更稳妥的途径。

在知识经济时代,全新产品虽然含有很大风险,成功率不高,但有可能带来高效益的也往往是这类产品。如汉弥尔顿咨询公司研究表明,新产品推出的 5 年内平均使公司销售增长 1/3,制造利润增长 40%。科技调研应有一定的前瞻性。

2. 市场调研 主要是调查市场的需求。在细分化市场中,分析本项产品可能达到的目标市场、市场可能接受的产品功能及价格。

对消费市场可按地域、人口、消费心理、消费行为等对消费者进行细分。生产资料一般面向工农业市场。市场还可按最终用户及用户规模来进行细分。按细分化市场进行调查的目的,是使产品开发有针对性。不同的顾客群对产品的功能、档次、价格的需求不同,这些对产品开发决策起着约束作用。

3. 竞争环境调研 主要研究国内外竞争对手的情况。包括其产品功能、质量、价格、经营状况、产品开发趋势,这里也包括法律、法规。如可持续性发展战略对减少污染、节约能源、产品报废后回收的要求。1992年在“世界环境与发展大会”上,100多个国家首脑通过了“里约宣言”和“21世纪议程”等重要文件。在产品开发中,必须首先考虑环境保护问题。竞争环境因素还包括国家的政策性导向,如目前我国在模具行业实行的退税政策、国家对高新技术产品的扶植政策等因素。

4. 企业内部调研 主要是研究企业的资源。即资金、设备、人力、技术、管理等各方面的情况,来考虑在拟上项目方面的长处和短处,企业的中长远目标和短期目标,企业的经营策略等。企业为了节约开发费用和生产组织费用,往往在相近的产品中进行开发。但有时企业为了在市场激烈变化的环境中立于不败之地,采取多种经营战略,专门选择行业领域差别较大的产品进行开发生产,以提高抗风险能力。

调研的方法可采取信息归纳、调查表调查、实地考察、专家论证等方法。信息归纳可来自报纸、专业化杂志、INTERNET网、学术论文等方面的归纳。调查表可根据产品的情况及调查对象,设计一些问答题。一般采用选择题形式比较有利于节约被调查者的时间及调查结论的分析评价。问题应尽量用字简单、含义清楚,使用明确的量词,避免使用有导向性的用语及使被调查人困窘的问题。实地考察可以派观察员到销售、使用现场或展销会考察。专家论证可以采用咨询、论证会、研讨会方式。专家可以是开发产品领域的技术专家,也应包括市场、财务、金融管理等各方面的专家,从各个角度来衡量一个项目。专家可以来自企业内,也可来自企业外。

(二) 立项决策

表 1-1 表示了对一个新产品开发进行调查的结果。表中的每一项都是利用某一定方法调研或向不同群体的人调研的数据,对数据可以用各种数理统计的方法进行数据处理。每个调查项得出平均值及变动范围,总的调查结论可以根据各项结果加权平均。表中的总得分,应在 0~10 之间。如果企业有几项产品开发以供选择,得分愈高,说明该新产品愈值得开发。

根据以上调研分析,还可以确定新产品开发的目标市场定位、价格定位、功能设计定位。然后进行产品概念设计,对产品的经济性及风险性进行评估。

以上评价结果可作为决策的依据。每一要素的权值可根据企业的经营战略

表 1-1 新产品评估等级表

要素类	要素	等级 (1-10)	权值	得分
技术评估	先进新颖性	8	0.1	0.8
	成熟度	7	0.1	0.7
	技术独占度	9	0.15	1.35
	质量指标	6	0.05	0.3
适用性评估	与原有技术兼容性	2	0.05	0.1
	现有设备可用性	8	0.1	0.8
	现有人才可用性	6	0.05	0.3
竞争能力评估	现有销售渠道可用性	4	0.05	0.2
	市场宽度	3	0.1	0.3
	可达市场占有率	7	0.1	0.7
	与发展政策关系	9	0.05	0.45
	环境保护	9	0.1	0.09
总计			1	6.09

来确定。如企业开发本产品主要着眼于它的经济效益,竞争能力的诸项权值可高一些;如企业要着眼于长远利益及高技术形象,则技术评估诸项可取较高权值;如企业投资能力较小,则适用性各要素的权值可取高一些;如对某一项产品开发基本有了认定,还可对其不同的功能定位、价格定位、不同的质量水平定位乃至不同的包装组合起来,形成许多产品概念。用这些产品概念对顾客进行概念测试,可以决定产品的各项指标定位,优化出一种产品方案,也可以优化出几种产品方案,进行立项评估。

立项评估的内容主要是经济分析及风险分析。

1. 经济分析 经济分析有盈亏平衡销售量法、投资回收期法、资金利润率、利润贴现率等。

在介绍几种方法之前,先说明一下产品固定成本和变动成本的概念。

固定成本与产品的生产数量无关,它包括产品的研究开发费、设备折旧费、广告和销售费用等。相对而言,材料费、动力费等与产品生产数量成正比的费用称为变动成本。

(1) 盈亏平衡销售量法 这是计算达到投入、产出平衡的最少销售量的方法。

$$Q = \frac{F}{P - V} \quad (1-1)$$

式中 Q ——盈亏平衡的销售量;

F ——年平均固定成本;

P ——单位产品售价;

V ——单位产品变动成本。

如果市场预测销售量超过 Q ,该产品就有盈利。

(2) 投资回收期法 设经过 N 年产品收益可以偿还投资, N 可由下式计算:

$$\frac{F_i}{\sum_{i=1}^N (P_i - V_i) R_i} = 1 \quad (1-2)$$

式中 F_i ——截止到 N 年的固定成本总值;

P_i ——第 i 年的预期价格;

V_i ——第 i 年预期的单位变动成本;

R_i ——第 i 年预期销售量。

(3) 资金利润率 ROI 一个典型算法是

$$ROI = \frac{E}{I} \quad (1-3)$$

式中 E ——年平均收入(指税后利润);

I ——平均投资。

(4) 利润贴现率 V

$$I = \sum_{i=1}^N \frac{R_i - C_i}{(1+r)^i} \quad (1-4)$$

式中 I ——产品所需要的最初投资;

R_i ——第 i 年的税后收入；

C_i ——第 i 年的产品总成本。

由式计算出 r , 即利润贴现率, r 的具体计算方法, 可以先设一个初值, 试算迭代得出。 r 越大越好, 它至少应大于企业现有的平均利润率。

盈亏平衡销量法最简单, 但其固定成本、售价及变动成本是不变的, 不能反映真实情况, 投资回收期法则考虑了这种变动, 但无法反映资金的利用情况。如两个项目可能有相同的偿还期, 但投资额和潜在利润可以有很大差别。资金利用率及利润贴现率则反映了资金的投入效益, 而利润贴现率则反映了资金的时间价值, 比资金利润率更优越。

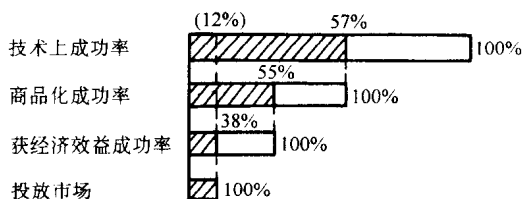


图 1-3 产品开发成功率

2. 风险分析 新产品开发是有风险的。统计表明, 美国新产品成功率约为 30% 左右。高技术的成功率更低。一项研究表明高技术产品的成功率, 如图 1-3 所示。总成功率只有 12%, 但由于高技术产品的高回报率, 高技术产品的开发给企业所带来的总效益仍是丰厚的。

对风险的评估包含在资金投入效益中, 可采用新产品系数法。计算方法如下:

$$R = \frac{P_t P_c Q (C - V) T}{\sum_T F} \quad (1-5)$$

式中 R ——新产品系数;

P_t ——技术成功率;

P_c ——商业成功率;

Q ——预期年销售量;

C ——产品定价;

V ——变动成本;

T ——产品寿命周期;

$\sum_T F$ ——产品的固定成本总值。

R 较大的方案为较佳方案。 R 等于 1 表示最低水平, 即勉强收回投资。

三、开发实施途径

新产品开发, 可有如下途径。

1. 独立开发 依靠本企业独立进行新产品开发的全部工作。对开发不太复杂的产品或开发仿制、改进型产品比较适合。一些技术经济实力雄厚的企业, 也往往采用这种方式。

2. 合作开发 由企业和高校或科研机构合作进行技术开发。由于新产品开发可能涉及到较广泛的学科领域, 需要各种检测、实验设备, 需要各类人才进行创新工作, 而学校科研机构在这些方面有较强的优势。这种方式是比较值得推广的。

3. 技术引进 通过购买专利, 引进国外技术等方式, 这样可以使企业产品迅速赶上先进水平, 进入国际市场。但对项目的引进应充分掌握国内外技术发展, 进行充分市场分析, 以避免风险和损失。

四、新产品开发的实施

1. 整体产品概念 整体产品概念如图 1-4 所示,它由核心部分、形式部分及延伸部分组成。

产品的核心部分是其使用价值。如洗衣机是用于洗衣的,汽车是用于代步或运输的。形式部分指产品的品质、包装、品牌、款式等内容。产品延伸部分主要指的是服务。如运送安装、质量承诺、售后服务保证。

2. 新产品开发实施步骤 新产品开发的顺序是概念设计、方案设计、详细设计、样机试制与评审、工艺设计、新产品鉴定、试销、生产准备、批量生产。

(1) 产品概念设计 概念设计在立项决策时就基本形成了,实际上以新产品开发任务书的形式有了较明确的规定。它一般包括了产品基本特征、技术原理、主要结构形式、主要功能、市场定位、技术规格、主要参数、目标成本及与国内外类似产品的比较等项要求。

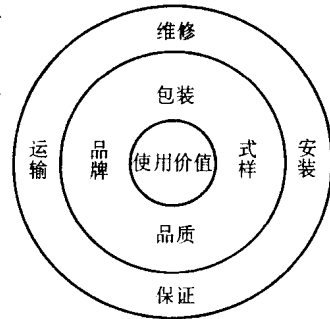


图 1-4 整体产品概念

(2) 产品方案设计 方案设计主要确定实现概念设计的总体方案,包括机械结构方案、电气控制方案、外形方案等。在详细设计阶段进一步完成其结构设计,以装配图、部件装配图、零件图、电气线路图、控制软件等形式体现出来。详细设计后要组织设计部门、工艺部门、生产管理部门、销售部门人员进行设计评审。评审后进行修改,然后完成样机制造。产品的许多性能往往要靠样机的试验才能真正确定下来。样机经测试后,连同设计资料及工艺设计一起进行新产品鉴定。由于产品的制造总与理论值有偏差,因此,单个样机的质量并不能代表产品批量生产的质量。单机的制造方法与批量生产也不一致。因此,鉴定后,还应按照工艺设计进行生产准备,即组织生产设备或生产线,设计制造专门的刀具、模具、夹具、检具等工艺装备,然后才进入小批量试制、试销、最后大批量投产。

(3) 产品开发的技术手段 产品的设计以图样或软件的形式确定下来。由于计算机在制造业中的广泛应用,计算机辅助设计(CAD)得到越来越普遍的应用。机械 CAD 软件主要分二维软件和三维软件。Auto CAD、国内的华正、开目等软件主要是二维功能。三维实体造型软件有 I-deas、UG、Pro-E、Solidwork、EUCLID 等软件。在以普通机床为主的企业中,二维图还是传递设计信息的主要手段。在以数控加工为主的企业、实现 CIMS 管理的企业或者三维曲面比较多的场合(如叶轮机械、模具行业),则三维 CAD 的应用较为广泛。

CAD 设计信息容易以软盘、磁带或通过 INTERNET 及工厂局域网进行信息传递,用 CAD 容易实现设计信息的保存及修改,CAD 信息还容易变为 CNC 数控加工程序,实现 CAD/CAM 一体化。根据零件的 CAD 信息也容易进行模具、工夹具等的设计、制造和管理。有了 CAD 信息也便于用有限元等 CAE 软件对零部件进行强度、变形及振动计算,实现 CAE/CAD 的集成。CAD/CAM 信息也容易与工厂其它管理信息软件(MIS)集成,实现生产管理的现代化,因而 CAD 的应用越来越普及。

基于 CAE/CAD/CAM 以及多媒体技术发展起来的虚拟制造技术可以大大加速产品的开发过程。虚拟制造可以用计算机软件模拟产品的装配运行和使用,在设计阶段及早发现问题,减少试制、运行测试、改进设计的多次反复过程,也节约了开发费用,是正在发展中的一项技术。将虚拟与现实技术用于制造,人们可在计算机前,戴上头罩及传感手套,驾驶一辆在计算机

上设计的汽车,可以获得该汽车在高速公路上行驶一样的感受,对产品的评价就更详细、直观。利用这些技术可以在产品未试制出来以前就进行市场宣传和开拓。

快速成形制造技术可以以较低的费用、很短的时间完成开发时单机或小批量的试制,是现代产品快速开发的重要技术。美国 GM 公司将此技术用于汽车零部件开发,使开发时间和费用都降低了 50%~80%。

第二节 制造过程与生产组织

一、制造活动的定义

产品的制造活动可用图 1-5 描述。

制造活动包括了设计、材料选择、计划、加工、质量保证等活动。经过这些活动将原料转变为产品。其中信息也是一种输入,对一个企业的制造活动来说,它可能是订单;对一个产品的制造活动来说,它可能是产品装配图、零部件图或 CAD 软件;对一个零件或一个工序的制造活动来说,它可能是图样,也可能是工艺文件、CAM 软件或 CNC 软件代码;对于成形过程,如铸造、模锻、冲压、注塑等加工来说,模具则成为信息的载体。制造活动中,输入的能量可以是电能、热能、机械能、化学能或光能等。切削加工中由电能提供动力。铸造过程中,热能熔化金属,以成形零件。人和设备是制造活动的支撑条件,政策与法规是约束条件,即制造活动要符合国家的产业政策,符合环保、劳动保护等法规。

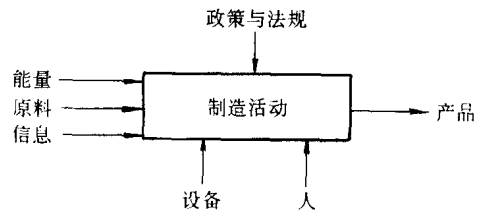


图 1-5 制造活动过程

二、生产类型与组织方式

产品的用途不同,决定了其市场需求量是不同的,因此不同的产品有不同的生产批量。如家电产品的市场需求可能是几千万台,而专用模具、长江三峡巨型发电机组等的需求则往往只是单件。需求的批量不同,形成了不同的生产规模类型,如大批量、中小批量、单件生产等。不同的生产类型即生产规模不同,生产组织的方式及相应的工艺过程也大不相同。

大批量生产往往是由自动生产线、专用生产线来完成的,单件、小批生产往往是由通用设备,靠人的技术或技艺来完成的。数控技术及机器的智能化改善了这一状况,使单件小批生产也接近大批生产的效率及成本。单件、小批生产时,往往采用多工序集中在一起。大批量生产时,一个零件往往分成了许多工序,在流水线上协调完成加工任务。大批量生产时,产品的开发过程和大批量制造过程中间往往还有小批量试制阶段,以避免市场风险及完善生产准备工作。这些阶段间往往有较明确的界限,中间还要进行评估与分析。单件、小批生产中,产品的开发过程与生产过程往往结合为一体。但这些界限并不是绝对的,在敏捷制造、并行工程等先进制造模式下,大批量生产时,产品开发和生产组织阶段之间往往消除了明显的界限。这就是为了迅速响应市场,占有市场,在高技术群的支撑下所达到的制造技术的理想境界。

针对不同的产品所选用的生产模式及制造技术的准则是什么?质量、成本、生产率长期以来是评价机电产品制造过程的三准则。然而随着技术的飞速发展及人们消费水平的提高,消费的个性化及制造业的竞争日趋激烈,使大批量生产类型越来越被多品种、小批量所取代。质量、成本、生产率这三准则的内涵有了新的发展,T(交货时间)Q(质量)C(成本)S(服务)的准则被

提出来了。服务实际上也可看作质量的一个要素,单独提出来,是为了引起更多重视。TQCS四要素孰轻孰重?由于市场竞争的日趋激烈,快速响应制造的概念被提出来了。最大程度地满足用户需求的产品往往并不是一次设计和制造就能定位的,快速制造可以加速质量改进迭代的进程,以求继续保持质量的领先。最早上市的几家公司往往占有市场份额的80%以上。最早实现顾客某些功能需求的厂商,由于市场的独占性,往往可以有较高的价格,即使生产成本较大,企业仍能获得丰厚利润。因此决策一个产品的生产组织、开发方式及制造工艺时,要灵活掌握运用以上思想和原则。不仅要对工艺技术有深刻透彻的掌握,而且能从管理学角度作出有战略眼光的选择。

产品的制造过程实际上包括了零件、部件、整机的制造。部件和整机的制造一般是一个装配的过程。

企业组织产品的生产可以有多种模式。

- 1) 生产全部零部件、组装机。
- 2) 生产一部分关键的零部件,其余的由其它企业供应。
- 3) 完全不生产零部件,自己只负责设计及销售。

第一种模式的企业,必须拥有加工所有零件、完成所有工序的设备,形成大而全、小而全的工厂。当市场发生变化时,适应性差,难以作到设备负载的平衡,而且固定资产利用率差,定岗人员也有忙闲不均情况,影响管理和全员的积极性。

第三种模式具有场地占用少、固定设备投入少、转产容易等优点,较适宜市场变化快的产品生产。但对于核心技术和工艺应该自己掌握时,或大批量生产中附加值比较大的零部件生产,这一模式就有不足之处。许多高新技术开发区“两头在内、中间在外”的企业均是这种方式。国外敏捷制造中的动态联盟,其实质即是在INTERNET信息技术支持下,在全球范围内实现这一生产模式。这种组织方式中更显示出知识在现代制造业的突出作用和地位。实际上是将制造业由资金密集型向知识密集型过渡的模式。

许多产品复杂的大工业多采用第二种模式,如汽车制造业。美国的三大汽车公司周围密布着数以千计的中小企业,承担汽车零配件和汽车生产所需的专用工模具、专用设备的生产供应,形成一个繁荣的中场产业。日本的汽车工业也是如此,汽车生产厂家只控制整车、车身和发动机的设计和生产。日本电装、丰田工机、美国的TRW、德尔福都是专门生产汽车零部件的巨头企业,它们对多家汽车生产厂供货。如日本电装公司原是丰田公司下属的一个汽车电器配套厂,1949年另立门户,现已成为年产值120亿美元的日本最大的零部件生产厂,其汽车空调器、起动机、雨刮器、散热器市场占有率居世界首位。

对第二种模式及第三种模式来说,零部件供应的质量是重要的。保证质量的措施可以采取主机厂有一套完善的质量检测手段,对供应零件进行全检或按数理统计方法进行抽检。为了保证及时供货及质量的另一个措施是可以向两个供应商定货,以便有选择和补救的余地,同时形成了一定的竞争机制。

三、零件的制造过程

零件的制造过程实际上是获取具有一定几何特性和物理、化学、力学性能的零件的过程,使零件具有一定几何形状的工艺方法。主要有1)材料成形工艺方法,如铸造、锻压、焊接、注塑、冲压、冷锻等。2)机械加工工艺,主要指车、铣、刨、磨等方法。3)特种加工(电加工、电解加工、三束加工、水射流等)。而热处理工艺(如退火、淬火、正火、发黑、表面处理)则是使零件获得

一定的力学性能(强度、硬度)、物理、化学(耐磨、耐蚀)等特性的工艺方法。

(一) 材料成形工艺

材料成形工艺一般用于制造零件毛坯或精度要求不太高的零件,批量大、形状复杂的零件也往往直接由模具成形。如各种家用电器的壳体、发动机的壳体、汽车内外覆盖件及各种零件。随着近净成形技术(Near Net Shape Manufacturing)的发展,越来越多的零件可直接成形制造。近净成形对模具的精度提出了越来越高的要求。这种制造方法的费用较低、生产效率高,但专用模具的投资较大,模具制造周期较长,不太适合小批量生产。

(二) 机械加工工艺

机械加工主要是切削加工方法,是一种很重要的制造方法。对获得同样一种几何形状的零件,可以有不同的加工方法、不同工艺方案,形成不同的加工顺序和加工过程,确定这些加工顺序、加工过程就是制订机械加工工艺。

1. 机械加工工艺过程的组成 工序是组成加工过程的基本单元。一个工序是指一个(或一组)工人,在一台机床(或一个工作地点),对同一工件(或同时对几个工件)所连续完成的那一部分工艺过程。

制订机械加工工艺过程,首先必须确定该工件要经过几道工序及这几道工序完成的先后顺序。仅就加工顺序列出主要工序名称的简略工艺过程称为工艺路线。

图 1-6 所示阶梯轴的工艺路线为:

- 1) 车外圆,留磨量 0.3~0.5mm
- 2) 铣键槽
- 3) 热处理 45~48HRC
- 4) 磨外圆

如果选用带铣削动力头的车削加工中心加工,则工序 1)、2)也可合为一个工序。

2. 机械加工工艺与生产类型 生产类型的划分可按照年生产纲领划分,产品的年生产纲领就是产品的年生产量。而零件的年生产纲领 N 由下式计算:

$$N = Qn(1+a)(1+b) \quad (1-6)$$

式中 Q ——产品的年产量;

n ——单台产品该零件的数量;

a ——备品率,以百分数计;

b ——废品率,以百分数计。

按年生产纲领,划分生产类型,如表 1-2 示:

表 1-2 生产纲领与生产类型的关系

生产类型	零件年生产纲领(件/年)		
	重型零件	中型零件	小型零件
单件生产	<5	<10	<100
批量生产	5~300	10~500	100~5000
大批量生产	>300	>500	>5000

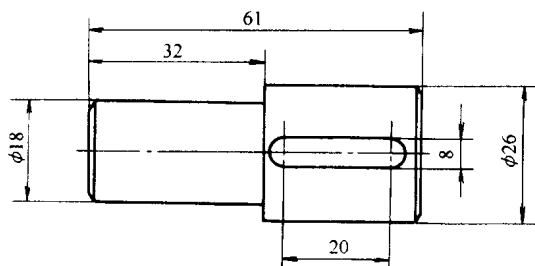


图 1-6 阶梯轴

出于对生产效率、成本、质量等方面的考虑,单件、小批量生产与大批量生产可能有不同的工艺过程。不仅如此,生产类型不同,工艺规程制订的要求也不同。对单件小批生产,可能只要制订一个简单的工艺路线就行了;对于大批量生产,应该制订一个详细的工艺规程,对每个工序、工步和工作行程,都要进行设计,详细地给出各种工艺参数。这样做主要是因为对大批量生产来说,每个工序、工步节省1秒钟就会带来可观的效益。应该经过计算和实验,优化设计工艺规程,并详细规定下来,照章执行。

同时,详细的工艺规程,也是进行工夹具设计制造的依据。

各种生产类型的工艺过程的特点可归纳成表 1-3。

表 1-3 各种生产类型工艺过程的主要特点

生产类型 工艺过程特点	单件生产	成批生产	大批量生产
工件的互换性	一般是配对制造,没有互换性,广泛用钳工修配	大部分有互换性,少数用钳工修配	全部有互换性。某些精度较高的配合件用分组选择装配法
毛坯的制造方法及加工余量	铸件用木模手工造型;锻件用自由锻。毛坯精度低,加工余量大	部分铸件用金属模;部分锻件用模锻。毛坯精度中等,加工余量中等	铸件广泛采用金属模机器造型,锻件广泛采用模锻,以及其他高生产率的毛坯制造方法。毛坯精度高,加工余量小
机床设备	通用机床或数控机床,或加工中心	数控机床、加工中心或柔性制造单元。设备条件不够时,也采用部分通用机床、部分专用机床	专用生产线、自动生产线、柔性制造生产线或数控机床
夹具	多用标准附件,极少采用夹具,靠划线及试切法达到精度要求	广泛采用夹具或组合夹具,部分靠加工中心一次安装	广泛采用高生产率夹具,靠夹具及调整法达到精度要求
刀具与量具	采用通用刀具和万能量具	可以采用专用刀具及专用量具或三坐标测量机	广泛采用高生产率刀具和量具,或采用统计分析法保证质量
对工人的要求	需要技术熟练的工人	需要一定熟练程度的工人和编程技术人员	对操作工人的技术要求较低,对生产线维护人员要求有高的素质
工艺规程	有简单的工艺路线卡	有工艺规程,对关键零件有详细的工艺规程	有详细的工艺规程

以图 1-6 所示的零件为例,说明当生产类型不同时,其工艺规程是不同的。

单件小批的工序划分如表 1-4 所示。

表 1-4 单件小批生产的工艺过程

工 序 号	工 序 内 容	设 备
1	车两端面,打中心孔	车床
2	车两外圆及倒角	车床
3	铣键槽、去毛刺	铣床