

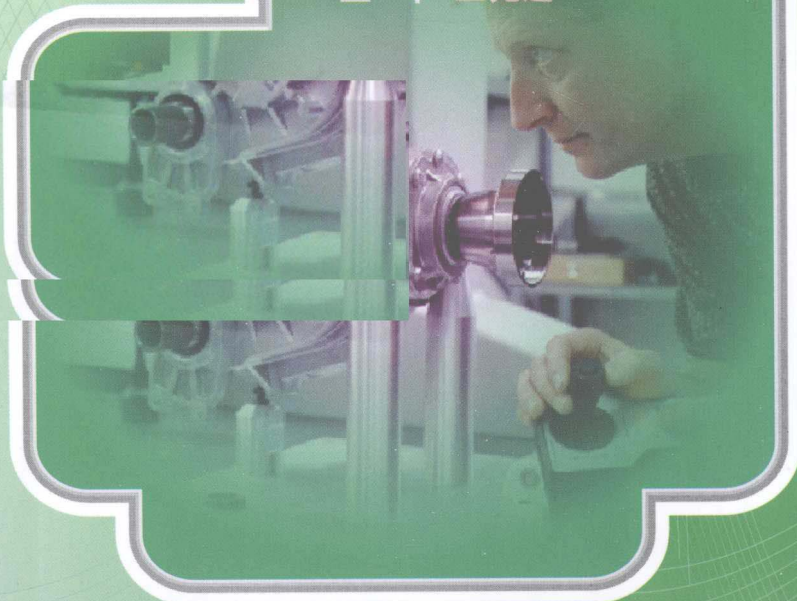


全国本科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

机械制造工艺学

主 编 陈红霞

主 审 王先逵



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

机械制造工艺学

主 编 陈红霞
副主编 刘 军
参 编 王晓昱 李建伟
主 审 王先逵



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书重点介绍制订机械制造工艺过程中的相关原理、方法。其内容涵盖机械加工工艺规程的制订、机械加工精度、机械加工表面质量、提高劳动生产率的途径、装配工艺基础、尺寸链、机床夹具简介、典型零件加工等章节。全书均采用新国标,授课学时为 50~70 学时。

本书内容精炼,叙述简明,理论联系实际,深入浅出,注重案例分析和实际操作性。本书不仅可作为高等工科院校机械类专业或近机械类专业的教材和参考书,也可供工厂、科研院所从事机械制造业的工程技术人员参考和培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺学/陈红霞主编. —北京:北京大学出版社, 2010.7

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-17403-6

I. ①机… II. ①陈… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 121612 号

书 名: 机械制造工艺学

著作责任者: 陈红霞 主编

责任编辑: 郭穗娟

标准书号: ISBN 978-7-301-17403-6/TH·0198

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 三河市北燕印装有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.5 印张 528 千字

2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

随着科学技术的迅猛发展,传统的制造技术目前已进入现代制造技术的新阶段。先进制造技术的核心是先进的制造工艺技术,机械制造工艺学是现代制造技术的主要基础。所以,机械制造工艺学如何适应科技发展的需要,进行内容的变更,就成为一个亟待解决的问题。

本书是根据教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导委员会机械学科教材的编写要求,为机械类专业或近机械类专业开设的“机械制造工艺学”课程而撰写的教学用书。为了更好地实现创新型应用人才培养的目标,全书参考了许多兄弟院校近年来所出版的教材,并在体系、内容等方面都作了较大的变动,归纳起来,有以下主要特点:

(1) 编写体例新颖活泼,每章均由引例开头,引导学生进入每章的学习,增强教材的可读性,改变工科教材艰深古板的固有面貌。

(2) 注重前后相关知识的关联性。学习和借鉴优秀教材的写作思路、写作方法以及章节安排。在保证基本内容的基础上,删减了过时的旧内容,扩充了现代制造技术的新知识,将机床夹具设计内容融入机械制造工艺中,使二者有机地结合;将机械制造工艺的最新的技术和未来发展趋势等内容增加到相关的知识链接中介绍给学生。在介绍某些重点、难点的时候点明知识点与其他课程的关联性,让学生清楚机械制造工艺学的重要地位,以最大限度引起学生的兴趣。

(3) 强化案例式教学,强调应用性和能力的培养。以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,在适度的基础知识与理论体系覆盖下,着重讲解应用型人才所需的内容和关键点。在编写过程中有机融入大量的实例以及操作性较强的案例,并对实例进行有效的分析,提高教材的可读性,突出实用性和可操作性,以适应创新型应用人才培养的需要。

(4) 以学生为本,坚持理论联系实际。每章后都附有一定的思考题、习题,引导思维、掌握要点,培养学生综合分析问题和解决问题的能力。

本书内容共分8章:第1章机械加工工艺规程制定;第2章机械加工精度;第3章机械加工表面质量;第4章提高劳动生产率的途径;第5章装配工艺基础;第6章尺寸链;第7章机床夹具简介;第8章典型零件加工。

本书除作为高等工科院校机械类专业或近机械类专业的教材,也可作为职业大学、电视大学、职工大学、函授大学和自学考试等学生的教材,并可供从事机械制造业的工程技术人员参考和培训使用。

本书由内蒙古工业大学机械学院陈红霞副教授任主编、河南农业大学机电工程学院刘军教授任副主编、清华大学王先逵教授主审。其他分工如下:绪论、第1章、第6章由陈红霞编写;第2章、第3章、第7章、第8章由河南农业大学机电工程学院刘军和李建伟共同编写;第4章、第5章由中国人民解放军装甲兵技术学院机械系王晓昱编写。

本书在编写过程中得到了北京大学出版社和一些兄弟院校的大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2010年5月

目 录

绪论.....	1	1.8 工艺过程的技术经济性分析.....	58
第1章 机械加工工艺规程制订	6	本章小结	61
1.1 机械加工工艺过程的基本概念	8	习题.....	61
1.1.1 生产过程和工艺过程	8	综合实训	62
1.1.2 机械加工工艺过程的组成	9	第2章 机械加工精度	64
1.1.3 生产类型及其对工艺过程的 影响	14	2.1 概述	65
1.2 工艺规程的概念、作用、类型及 格式.....	17	2.1.1 机械加工精度	65
1.2.1 工艺规程的含义	17	2.1.2 机械加工误差	66
1.2.2 制订工艺规程的基本要求、 主要依据和制订步骤	21	2.1.3 研究加工精度的目的与方法	70
1.3 工艺分析及毛坯选择	22	2.2 原理误差	72
1.3.1 工艺分析	22	2.3 工艺系统的几何误差对加工精度的 影响及其控制	74
1.3.2 毛坯选择	26	2.3.1 机床误差	74
1.4 基准及其选择	32	2.3.2 夹具的制造误差与磨损.....	83
1.4.1 基准的概念	32	2.3.3 刀具的制造误差与磨损.....	84
1.4.2 设计基准	33	2.3.4 调整误差	84
1.4.3 工艺基准	33	2.4 工艺系统的受力变形对加工精度的 影响及其控制.....	86
1.4.4 基准的选择	35	2.4.1 工艺系统刚度的概念.....	86
1.5 工艺路线的拟定	41	2.4.2 工艺系统刚度的计算.....	87
1.5.1 表面加工方法的选择	41	2.4.3 工艺系统刚度对加工精度的 影响	88
1.5.2 加工阶段的划分	44	2.4.4 机床部件刚度	95
1.5.3 工序集中与分散	45	2.4.5 减小工艺系统受力变形对 加工精度影响的措施.....	99
1.5.4 加工顺序的安排	47	2.4.6 工件残余应力引起的变形	100
1.5.5 设备与工艺装备的选择	49	2.5 工艺系统受热变形对加工精度的 影响及其控制.....	102
1.6 确定加工余量、工序尺寸及其公差.....	51	2.5.1 概述	102
1.6.1 加工余量的确定	51	2.5.2 工件热变形对加工精度的 影响	104
1.6.2 切削用量的确定	55	2.5.3 刀具热变形对加工精度的 影响	104
1.6.3 工序尺寸及其公差的确定	55		
1.7 确定时间定额	56		
1.7.1 时间定额的含义	56		
1.7.2 时间定额的制定方法	58		

2.5.4 机床热变形对加工精度的影响.....	105	本章小结.....	169
2.5.5 减少工艺系统热变形对加工精度影响的措施.....	107	习题.....	170
2.6 加工误差的统计分析.....	109	第4章 提高劳动生产率的途径.....	172
2.6.1 分布图分析法.....	109	4.1 提高生产率的措施.....	173
2.6.2 点图分析法.....	118	4.1.1 提高生产率的工艺措施.....	173
2.7 保证和提高加工精度的主要途径.....	121	4.1.2 提高生产率的组织措施.....	176
2.7.1 误差预防技术.....	122	4.2 成组技术.....	177
2.7.2 误差补偿技术.....	124	4.2.1 概述.....	177
本章小结.....	124	4.2.2 零件的分类编码系统.....	179
习题.....	125	4.2.3 零件分类成组方法.....	184
第3章 机械加工表面质量.....	127	4.2.4 成组加工工艺的制订.....	189
3.1 概述.....	128	4.2.5 成组生产的组织形式.....	190
3.1.1 机械加工表面质量的描述.....	128	4.2.6 成组技术的优越性.....	191
3.1.2 机械加工表面质量对零件使用性能和寿命的影响.....	130	4.3 计算机辅助工艺规程设计.....	192
3.2 表面粗糙度的形成及其影响因素.....	132	4.3.1 概述.....	192
3.2.1 切削加工的表面粗糙度.....	133	4.3.2 CAPP 的组成及基本技术.....	193
3.2.2 磨削加工的表面粗糙度.....	135	4.3.3 CAPP 的类型及基本原理.....	194
3.3 表面层物理机械性能的变化及其影响因素.....	137	4.3.4 CAPP 的发展方向和特点.....	198
3.3.1 加工表面的冷作硬化.....	137	4.4 其他有助于提高劳动生产率的加工方法.....	199
3.3.2 表面层金相组织的变化.....	141	4.4.1 计算机辅助制造.....	199
3.3.3 表面层残余应力.....	144	4.4.2 计算机集成制造系统.....	202
3.4 控制加工表面质量的措施.....	149	4.4.3 柔性制造系统.....	207
3.4.1 采用精密加工和光整加工方法降低表面粗糙度.....	150	本章小结.....	210
3.4.2 采用表面强化工艺改善表面层物理机械性能.....	151	习题.....	211
3.5 机械加工中的振动.....	153	第5章 装配工艺基础.....	212
3.5.1 机械加工中的振动现象及分类.....	153	5.1 概述.....	212
3.5.2 机械加工中的强迫振动.....	154	5.1.1 装配的概念.....	213
3.5.3 机械加工中的自激振动.....	155	5.1.2 装配工作基本内容.....	214
3.5.4 机械加工中振动的诊断技术.....	161	5.1.3 装配精度.....	216
3.5.5 消减机械加工中振动的途径.....	164	5.2 保证装配精度的工艺方法.....	218
		5.2.1 互换法.....	218
		5.2.2 选择装配法.....	219
		5.2.3 修配装配法.....	222
		5.2.4 调整装配法.....	223
		5.2.5 装配方法的选择.....	226
		5.3 装配工艺规程.....	226

5.3.1 制订装配工艺规程的原则	226	本章小结	276
5.3.2 制订装配工艺规程需要的 原始资料	227	习题	276
5.3.3 装配的组织形式	227	第 7 章 机床夹具简介	278
5.3.4 制订装配工艺规程的步骤	229	7.1 概述	278
5.4 装配自动化	232	7.1.1 工件的安装	278
5.4.1 概述	232	7.1.2 机床夹具的组成	279
5.4.2 装配自动化的基本内容	234	7.1.3 夹具装夹时保证加工精度的 条件	280
5.4.3 装配机器人及柔性 装配系统	238	7.1.4 机床夹具的分类与作用	280
本章小结	239	7.2 工件在夹具中的定位	282
习题	240	7.2.1 工件定位原理	283
第 6 章 尺寸链	241	7.2.2 定位元件的选择与设计	286
6.1 基本概念	241	7.2.3 提高工件在夹具中定位 精度的主要措施	294
6.1.1 尺寸链定义	242	7.3 工件的夹紧	295
6.1.2 尺寸链组成	242	7.3.1 夹紧装置的组成及其设计 要求	295
6.1.3 尺寸链特征	243	7.3.2 夹紧力的确定	296
6.1.4 尺寸链分类	243	7.3.3 常用夹紧机构	300
6.1.5 尺寸链的作法	245	7.3.4 夹紧机构的动力装置	303
6.2 尺寸链的计算	246	7.4 机床夹具的设计步骤和方法	303
6.2.1 极值法	246	7.4.1 机床夹具设计的一般步骤	303
6.2.2 概率法	249	7.4.2 机床夹具设计举例	304
6.3 工艺尺寸链的应用及计算	250	7.4.3 夹具设计中的几个重要 问题	306
6.3.1 工艺基准与设计基准不重合 时工艺尺寸及其公差的 计算	251	本章小结	307
6.3.2 工序间尺寸和公差计算	253	习题	308
6.3.3 校核工序间余量	256	第 8 章 典型零件加工	310
6.3.4 表面处理及镀层厚度工艺 尺寸链	257	8.1 轴类零件加工	310
6.4 装配尺寸链	258	8.1.1 轴类零件概述	310
6.4.1 装配尺寸链的概念	258	8.1.2 卧式车床主轴加工工艺 过程	316
6.4.2 常用装配尺寸链的种类及 建立方法	258	8.1.3 丝杠加工工艺分析	325
6.4.3 装配尺寸链建立时的 简化问题	261	8.2 箱体类零件加工	330
6.4.4 装配尺寸链的计算方法	263	8.2.1 箱体类零件概述	330
6.4.5 装配尺寸链的解算实例	268	8.2.2 拟定箱体类零件机械加工 工艺规程的原则	333

8.2.3 孔系加工	334	8.3.3 典型齿轮零件加工工艺	
8.2.4 箱体类零件的加工工艺		过程	346
过程	336	本章小结	349
8.3 圆柱齿轮加工	341	习题	349
8.3.1 概述	341	参考文献	351
8.3.2 齿轮类零件的工艺分析	343		

绪 论

1. 机械制造业的现状及面临的形势

机械制造业是为国民经济和国防建设提供技术装备和为人民日常生活提供耐用消费品的装备产业，是其他高新技术产业发展的重要载体和平台。机械制造业的发展水平体现了一个国家的工业化水平和综合国力，是各行各业实现结构升级和技术进步的关键。

当今，机械制造业已经成为我国工业中具有相当规模和一定技术基础的最大产业之一。回首新中国成立后 60 年的发展历程，机械制造业的发展大致分为 4 个阶段：20 世纪 50 年代主要从苏联和东欧国家大量引进成套设备和技术，建设了一批机械工业基地，奠定了中国机械工业与机械科技发展的基础；60 年代技术引进转向日本、西欧等资本主义国家，由于受国内外政治气候的影响，技术引进规模较小，进展迟缓；70 年代技术引进扩大到整个西方国家，出现了两次进口成套设备的高潮，带有一定程度的盲目性；改革开放以来，我国机械制造业实力和国际地位有了明显提升，机械技术引进和发展进入了全方位、多形式、多层次的新的历史时期。尤其是进入 21 世纪以来，机械制造业从产品研发、技术装备和加工能力等方面都取得了很大的进步。特别是自 2002 年以来，我国机械制造已连续 6 年实现 20% 以上的增长。数据显示，“十五”期间我国机械制造业经济指标大幅上扬，总产值年均增长 23.71%，2005 年机械制造业总产值为 2000 年的 2.9 倍，利润为 2000 年的 4.05 倍。2006 年、2007 年各项经济指标更是表现喜人，比上年增长 30% 以上，使得 2007 年机械制造业总产值比 2000 年增长 5.06 倍，利润更是上升了 7.5 倍。2008 年以后，有越来越多的产品向世界最高等级冲击：在重大技术装备中，1.5 万吨级水压机、55 立方米电铲、12000 米全数字化交流变频特深井陆地石油钻机、2150 毫米和 2130 毫米冷热连轧机、5 米宽厚板轧机、1800~2040 千瓦采煤机、11 米直径的全断面隧道掘进机等一大批具有世界水平的重大装备研制成功，百万吨级大型乙烯等石油化工装备国产化也取得了实质性进展；一批具有世界水平的基础装备取得突破，例如，齐重数控装备股份有限公司研制的 CWT 型数控重型旋风切削中心解决了我国船用低速柴油机曲轴的加工难题；武汉重型机床公司研制的 CKX5680 数控七轴五联动车铣复合加工机床，大大提高了螺旋桨的加工质量和效率等。另一个显著变化是我国机械制造业外贸进出口态势开始发生历史性变化，机械产品在国内外市场上的竞争力显著增强。

在冷静地面对已经取得的成绩的同时，业内企业还必须深刻地认识到中国机械制造业目前存在的突出问题：

(1) 行业振兴的主体弱而不稳。尽管一批行业排头兵企业进步不小，但就其达到的规模和水平而言，放到世界舞台上既不大更不强。加上现在外资并购我国优势企业的来势很猛，若应对不当，行业振兴的主体将失去依靠，高端产品供不应求、低端产品供过于求的状况仍会存在，“大而不强”仍是我国机械制造业产业结构的主要矛盾，我国机械制造业将被长期固化于国际产业链的低端。

(2) 经济增长方式转变不快。突出地表现在：过度依赖实物产量的增长，行业发展亟待突破外延增长的惯性；与发达国家的同行相比，现代制造服务业发展不快，成为我们的软肋和短腿；单位产出的能耗和钢材消耗下降缓慢，尤其是 2000 年后单位产出的能耗钢耗下降明显趋缓；固定资产投资增长过快，产能扩张过猛。

(3) 自主创新能力不能适应结构升级的需要。以前我国机械制造业的产品升级主要依赖于技术引进，由于自主创新的能力尚不能适应升级需要，核岛装备、燃气轮机、抽水蓄能机组、大型风电机组等产品的竞争力很弱，电站铸锻件尤其是核电所需要的铸锻件严重依赖进口。核级泵阀及仪控系统也是如此，高档数控系统及数控机床、高水平的低压电器、刀具和模具等关键基础件也不能满足用户要求。近年来，机械工业加工装备的更新改造成绩显著，而研究开发条件没有大的改观。由于长期依靠引进技术，自主创新的经验积累和人才培育严重滞后。中国机械制造业的快速发展，主要依靠技术引进和赶超型发展战略，但随着差距的缩小，外方对我戒心日深，今后继续依靠引进技术实现产品升级越来越困难。加之中国劳动力丰富而资金相对短缺，使机械制造业的科技投入、人员素质、设备投入等方面与发达国家相比存在巨大差距，导致中国机械制造企业的设计与生产方法落后，自主开发能力差，产品开发周期长，更新慢，主要是劳动密集型产品，产品多为中低档次，具有自主知识产权的高、精、尖产品比较少，产品质量难以得到保证，不适应产品升级需要，所以，中国机械制造业的产品数量尽管已经位居世界前列，已是机械工业大国，但还不能算是机械工业的强国。因此，要改变这一状况，亟待转变技术支撑点，将立足点转移到依靠自主创新的基点上来，使中国机械工业尽快实现由量变转向质变、由机械制造大国变成机械制造业强国之梦。

(4) 主要原材料供应的瓶颈约束日趋强烈。钢材价格上涨，铜、铝、镍等原材料供应紧张且价格飞涨，同时能源、运输价格也在不断上涨，使上游行业对机械工业发展的约束越来越强。

针对上述问题，我国提出的机械工业的发展目标是：努力成为制造业大国和强国，争取利用 5~15 年的时间，使中国成为最大规模的机械制造业大国，并逐步成为机械制造业强国；加快以信息化推进机械工业的技术改造和升级，大力发展机电一体化产业和产品，大力推进企业信息化，提升企业先进制造技术的应用和推广；在继续扩大开放引进先进技术的同时，提高技术创新能力，开发重大装备工业的自主知识产权，通过发挥比较优势增强竞争优势，提高国际竞争力；协调好机械工业技术进步与依托制造业扩大就业的关系，使机械工业继续发挥完成工业化、加快工业化的先导和基础作用。

2. 当前机械制造工艺的主要任务

机械制造业是一切制造业之母。只有机械制造业本身的设备技术、基础零部件质量提高了，才有可能制造出为其他行业服务的各种高质量的设备和零部件，才能制造出高质量的各种产品。“机械制造，工艺为本”。任何先进的产品设计，都要通过工艺来保证。工艺水平不够，就不可能生产出有生命力的、高质量的产品，这是通过对机械制造工业发展的分析，对机械制造过程的实践经验总结出的一条重要规律。只有充分认识这一规律，抓住机械制造工艺这一根本不放，才能使我国机械工业在国内外市场竞争中以雄厚的企业工艺实力和应变能力，以质优价廉的产品尽快地立足于胜利者的行列。

我国机械工业各部门间的工艺水平差别比较大,当前机械制造工艺工作需要加强的方面是:

(1) 提高产品质量。提高产品零部件的加工精度和装配精度,是提高产品性能指标和使用可靠性的基本手段。现在的情况是,不少产品的质量,就设备条件和技术水平来说是完全可以满足精度要求的,但往往由于工艺混乱或执行不力而严重影响质量,甚至造成事故。因此对很多企业,如何加强工艺管理工作,完善工艺文件,严格执行工艺纪律,仍是一项有待切实做好的一项重要工作。

(2) 不断开发新技术。以信息技术为代表的现代科学技术的发展对机械制造工艺提出了更高、更新的要求,更加凸现了机械制造业作为高新技术产业化载体在推动整个社会技术进步和产业升级中不可替代的基础作用。针对机械制造业不少企业的生产技术比较陈旧,新工艺、新材料的开发应用迟缓,热加工工艺落后的局面,企业必须不断开发新的机械制造工艺技术,具备较强的科研开发和产品创新能力,及时调整产品结构,推动产品更新换代,从而应对市场需求的变化,使机械制造工艺技术伴随高新技术和新兴产业的发展而共同进步,并充分体现先进制造技术向智能化、柔性化、网络化、精密化、绿色化和全球化方向发展的总趋势和时代特征,使企业保持勃勃生机。

(3) 提高生产专业化水平。就目前本行业多数企业来说,生产专业化仍是提高劳动生产率和经济效益的有效途径。专业化生产可以采用较先进的专用装置,充分发挥操作人员和设备的潜力。企业的多品种产品生产,也应置于高技术的基础上,应尽快改善企业“大而全、小而全”的状况,中小企业与大型企业间应努力形成进行专业化协作的产业组织结构:行业内大、中、小企业在市场中的站位层次分明,大的企业集团大而强,从事规模化经营,小的企业小而专,以大企业为中心搞专业化配套,形成以大带小、以小促大的战略格局。

(4) 节约材料降低成本。产品生产的经济效益是企业的重要目标,从工艺上采取措施以降低成本是一个主要方面。例如提高热加工技术能节省大量材料和减少加工工时;提高产品的“三化”水平(产品系列化、部件通用化、零件标准化),能大幅度降低生产成本。目前,采取各种技术措施来节约材料和能源消耗,提高经济效益,是有很大潜力的。

3. 机械制造工艺学课程的主要内容

任何一台机械产品都是由零件所组成,机械零用如轴、套、箱体、活塞、连杆、齿轮、螺杆、凸轮等,都来自不同材料经热加工制成的毛坯,经过机械加工(冷加工)达到图样规定的结构几何形状和质量要求,然后经过组件、部件和机器装配而满足产品的性能要求。各种机械产品的用途和零件结构的差别虽然很大,但它们的制造工艺却有共同之处。从传统的专业划分来说,机械制造工艺学所研究的对象主要是机械零件的冷加工和装配工艺中具有共同性的规律。工艺工作对发展品种、保证和提高产品质量、提高生产率、节约能源和降低原材料消耗、取得更大的技术经济效益以及改善企业管理有着十分密切的关系。要解决好机械制造工艺问题,可以提纲挈领地应说应从“优质、高产、低消耗”(即质量、生产率、经济性)三个方面的指标来衡量。

围绕机械制造工艺问题的三个指标,在本课程中安排相应的教学内容是必要的。

首先是加工质量。没有质量就没有数量,也就谈不到生产率和经济性。考虑加工质量

首先涉及加工各种零件的质量保证问题。为此, 编者在第 1 章中安排机械加工工艺规程如何制定的内容, 阐明编制工艺规程的原则、步骤和方法, 介绍工艺部门在完成一台机械的零件加工工艺过程的全面分析和方案比较、抉择以后, 如何以工艺文件(卡片)的方式填写下来, 供生产准备和车间实施之用。

从满足产品性能和耐用性而提出的零件加工质量要求有两个方面: 加工精度和加工表面质量。前者包括了零件的尺寸精度、形状精度和相互位置精度, 后者包括了零件表面的粗糙度、波度和物理、机械性能。规定零件的加工质量是产品设计人员的任务, 而在最低成本下达到要求则是工艺人员的职责。随着科学技术的发展和国际市场竞争的白热化, 以及采用国际标准的迫切性, 我国机械工业对零件的加工质量要求也越来越高。因此, 必须深入研究在加工过程中各种误差因素对加工质量影响的规律, 同时需要通过大量的科学实验和生产实践, 采用新工艺和改进工艺装备等措施来保证。在质量第一的方针指导下, 加工精度和表面质量就成为本课程中很重要的第 2、3 章内容。

其次, 机械加工工艺中另两个指标是要求生产时消耗的物质、能源和劳动量要尽量地少, 也就是生产率要高, 生产成本要低, 这就需要对多种工艺过程方案进行分析和比较, 考虑在生产实践中如何提高劳动生产率, 为此在第 4 章中安排的内容是提高劳动生产率的途径。

机械零件的装配是整个机械制造过程中的最后一个阶段, 它包括了安装、调整、检验和试车等环节。近年来, 在毛坯制造和机械加工方面实现了高度机械化和自动化以及新的工艺方法, 大大地节省了人力和费用。相形之下装配工作在整台机械制造中的比重日益增大, 所以装配工艺中同样存在着质量、生产率和经济性的指标要求, 因此本书第 5 章的内容是装配工艺基础知识, 系统介绍选择不同的装配工艺方法和制定装配工艺规程时如何体现质量、生产率和经济性的要求。

为了保证机器或仪器能顺利的进行装配, 并达到预定的工作要求, 要在设计与生产过程中, 正确分析和确定各零部件尺寸关系, 合理确定构成各有关零部件的几何精度(尺寸精度、形状和位置精度), 它们之间的关系需用尺寸链来计算和处理, 所以在第 6 章中介绍如何运用尺寸链来保证零件加工和装配中的加工精度。

夹具是保证产品质量、提高劳动生产率及减轻工人劳动强度的重要工艺装备。考虑到夹具与机械制造工艺的关联性, 在本书第 7 章中简明扼要地叙述了机床夹具的定位、夹紧原理、定位件与夹紧机构的设计原则, 以及各种典型夹具的结构、设计方法等内容, 让学生了解夹具的知识, 为制定工艺规程时进行夹具的设计奠定基础。

机械制造工艺学所涉及的零件品种虽成千上万, 但在教材中不可能也不需要一一罗列, 为此选取了几种量大、面广且具有使用各种加工方法和有代表性的零件加工为典型, 于是构成本书第 8 章内容: 通过一些常见的典型零件的机械加工工艺的例子, 传授思考办法、分析途径和决策要点, 使读者能举一反三, 触类旁通, 培养分析问题、解决问题的能力。

4. 机械制造工艺学课程的学习方法

机械制造工艺学是一门综合性的实用技术学科。在我国首次于 1953 年由苏联专家节门杰夫教授在清华大学正式讲授, 经过我国学者多年来努力, 内容不断充实和发展。

课程的特点可以归纳为以下几点:

(1) 机械制造工艺学是一门专业课, 它与基础课和技术基础课不同、随着科学技术和经济的发展, 课程在理论上和体系上正在不断完善和提高。

(2) 由于制造工艺是非常复杂的, 影响因素很多, 课程中所讲述的工艺的概念、理论、方法等都是来自生产和工艺科研的实践, 所以课程的实践性很强, 与生产实际的联系十分密切, 有实践知识才能在学习时理解得比较深入和透彻。因此要注意和实际结合, 注意培养综合分析问题的能力, 这样才能将有关理论和方法, 正确应用于生产实践, 积累实际经验。

(3) 课程具有工程性, 有不少设计方法方面的内容, 需要从工程应用的角度去理解和把握。因为工程问题和理论问题是有差别的。必须要事求是, 根据具体情况作出具体分析。

(4) 掌握课程的内容要有习题、课程设计、实验、实习等各环节的相互配合才能解决, 每个环节都是重要的, 不可缺少的, 各教学环节之间应密切结合和有机联系, 形成一个整体。要重视与课程有关的各教学环节的学习, 使之产生相辅相成的效果。

(5) 涉及面广, 内容丰富。工艺不仅涉及机械加工和装配, 还涉及毛坯制造和热处理; 不仅涉及加工方法, 还涉及加工设备及工艺装备; 不仅涉及物质的流动和变化, 还涉及控制物质流的信息流; 不仅涉及制造技术, 还涉及管理技术。因而, 要善于综合运用已学过的金属工艺学、金属材料及热处理、互换性与技术测量、金属切削原理及刀具、金属切削机床、测试技术、计算机应用技术和企业管理等课程的知识, 具备制订机械加工工艺规程及设计机床夹具的能力。

工艺是机械制造之本。因此, 作为机械制造专业的学生与技术人员就应具有强烈的责任感与自豪感。机械制造工艺学还没打达到完美的境地, 许多工艺规律需要我们去探索, 许多理论空白需要我们去填补, 许多新的工艺方法需要我们去研究与开发。如何将现代科学理论的成果、现代技术的发展与机械制造结合起来, 是摆在每一个机械制造工程技术人员面前的一个很值得研究的课题。

第 1 章 机械加工工艺流程制订

教学要求

能力目标	知识要点	权重	自测分数
了解机械加工工艺流程的组成	生产过程、工艺工程、工序、工步、工位、安装、走刀的概念	10%	
掌握生产类型的划分及各生产类型的特点	零件生产纲领，单件生产，成批生产，大量生产	5%	
掌握制定机械加工工艺流程的原始资料及步骤	制订工艺规程的基本原则；制定工艺流程的原始资料及步骤	10%	
了解工艺分析及毛坯选择原则	零件结构工艺性，毛坯选择原则	5%	
了解基准的分类，掌握粗、精基准选择原则	设计基准，工艺基准；粗基准选择原则；精基准选择原则	15%	
掌握工艺路线的拟定方法	加工方法的选择；加工阶段的划分；工序的集中与分散；加工顺序安排	25%	
了解影响加工余量大小的因素及确定加工余量的方法	加工余量；工序余量影响因素；工序余量确定方法	10%	
掌握时间定额的组成和各部分的含义	时间定额组成	10%	
工艺过程的技术经济性分析	工艺成本	10%	



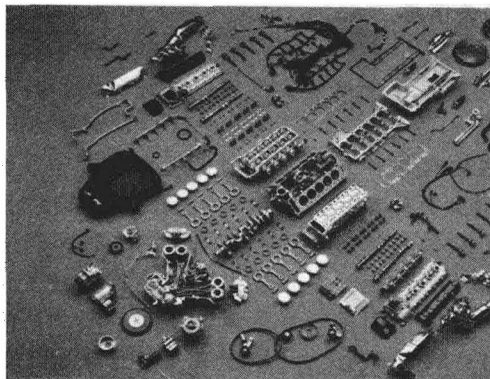
引例

“世界年度发动机”大奖评选创立以来，BMW M5 和 M6 配备的高性能 V10 发动机是唯一连续两次成功入选的发动机。在斯图加特，全球近 60 位权威行业记者一致评选 V10 发动机为“2006 世界年度发动机”。此外，它还赢得了令人垂涎的“2006 最佳高性能发动机”大奖，在 4.0 升以上级别中名列榜首。最佳高性能发动机的产生，取决于其优秀的发动机制造工艺。

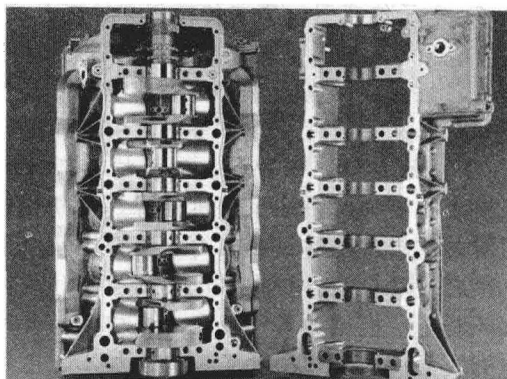
发动机对于汽车的重要性不言而喻，V10 发动机由机体组、曲柄连杆机构、配气机构、供油及燃油分配系统、电子传感器、点火系统和润滑系统以及散热系统等方面组成。它们各司其职综合在一起最终保证了 BMW 发动机运转所必需的三要素：可燃混合气、电火花和汽缸压力。

(1) 机体组：对于一款四冲程发动机来说，一般情况下机体组由上到下可分为 5 块，分别是气门室盖、汽缸盖、缸体、曲轴箱和油底壳。根据工作压力和使用车辆成本的不同，材料主要选择铸铁、铝合金以及镁铝合金。其中铸铁的硬度较强，适用于涡轮增压车型，

但散热效果差,所以往往都将压缩比设计得较低。铝合金重量轻,散热好,但硬度不强,主要用于高转的自然吸气车型。



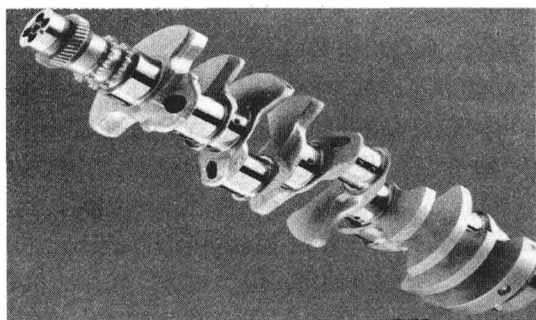
宝马 M5 的 V10 发动机零件一览



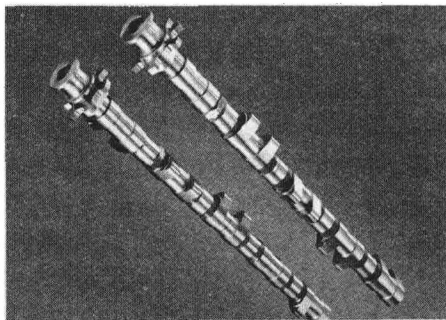
V10 发动机曲轴箱主体

(2) 曲柄连杆机构: 所谓曲柄连杆机构实际上就是通常所说的曲轴、连杆、活塞、活塞环、大小瓦。这些部件的作用主要就是将可燃混合气被点燃后爆发出的力量传递到离合器和变速箱中,根据发动机用途(强调马力输出或相对更低的油耗)来设计不同质量和惯性的曲轴及曲柄。另外,机体组中和曲柄连杆机构的相互设计配合也往往决定了一款发动机的转速高低。一般来说,大缸径短冲程时的设计主要是为了更加追求转速高,功率大。而小缸径长冲程式的设计则多用来载重或者纯正越野车之类更强调低转大扭矩的车。

(3) 配气机构: 配气机构的主要作用就是根据发动机的实时需要而提供相应的可燃混合气。它由两方面组成,其中发动机内部主要包括正时皮带(优点是噪声小,缺点是需要更换)或正时链条(优点是免于更换,但十万公里左右要调整松紧度,缺点是噪声大)或正时齿轮(优点是不用更换,不用维护,缺点是重量大、惯性大),凸轮轴、液压气门顶、气门、气门弹簧以及气门油封。它们之间的相互关系就是曲轴旋转的力通过正时皮带传送到凸轮轴,然后再由凸轮轴带动气门进行上下运动。除上述部件外,在发动机的外部还有一些为了配气的最终目的而工作的部件,按照从外到里的安装先后顺序分别是:空滤、空气流量计、进气温度传感器、节气门、进气歧管等。



汇集各缸输出动力的曲轴



V10 发动机凸轮轴

(4) 供油及燃油分配系统: 汽油从油箱进入到汽缸中进行燃烧来产生动力。在这个过程中,汽车各部件间的相互配合是非常重要的。简单来说,就是行车电脑根据许许多多的

传感器(进气温度、空气流量、节气门开度、水温传感、爆震传感、氧传感、曲轴转速、挡位和发动机负荷等)来不断地调整喷油时机和喷油量。

(5) 电子传感器: 需要传感器来不断反馈相关信息。

(6) 点火系统: 点火系统的部件主要包括: 电瓶、点火开关、行车电脑、分电器、点火线圈、缸线以及火花塞。这套系统的主要作用就是将电瓶里的低压电被放大到数万伏后通过分电器来不断地在每一个汽缸中点燃混合气。

(7) 润滑系统: 四冲程发动机的内部润滑主要有两种方式, 分别是压力润滑和飞溅润滑。前者主要通过机油泵将机油源源不断地输送到凸轮轴、活塞底部、瓦片等地方, 而飞溅润滑的意思就是通过曲轴的旋转将机油甩出, 目的是让缸桶内形成油膜, 来进行润滑。

组成发动机的各种机械产品的生产过程内容十分广泛。从产品开发、生产和技术设备到毛坯制造、机械加工和装配, 影响的因素和涉及的问题多而复杂。V10 发动机的所有零部件毛坯需要利用切削加工、磨削加工、电加工、超声波加工、电子束及离子束加工等机械、电的加工方法, 直接改变毛坯的形状、尺寸、相对位置和性能等, 使其转变为合格零件。为了便于组织生产, 部分零部件的生产往往分散在若干个专业化工厂进行, 最后由发动机厂完成关键零部件和配套件的生产, 并装配成完整的发动机。即按照专业化生产的方式组织生产, 提高零部件的标准化、通用化和产品的系列化, 从而能在保证质量的前提下, 提高劳动生产率和降低成本。

1.1 机械加工艺过程的基本概念

1.1.1 生产过程和工艺过程

1. 生产过程的概念

制造机械产品时, 由原材料转变成成品的各个相互关联的整个过程称为生产过程, 它包括以下几点。

- (1) 原材料、半成品的运输保存。
- (2) 生产技术准备工作。
- (3) 毛坯制造: 如铸造、锻造、冲压和焊接等。
- (4) 零件的机械加工、热处理和其他表面处理等。
- (5) 部件和产品的装配、调整、检验、试验、油漆和包装等。

由于机械产品的用途、复杂程度和生产数量不同, 其生产过程多种多样。为了便于组织生产、提高劳动生产率和降低成本, 通常将比较复杂的机器生产过程分散在若干个工厂中进行毛坯制造和零部件的加工, 最后集中在一个工厂里装配成完整的机器。这样安排生产过程, 除了较经济之外, 还能使各个工厂按其产品的不同而专业化起来。例如, 冶金工厂、铸造工厂、专门制造紧固零件(螺钉、螺母等)的工厂、专门制造化油器的工厂和电机制造厂等。一个汽车制造厂就要利用许多其他工厂的成品(玻璃、电气设备、轮胎、仪表等)来完成整个汽车的生产过程。其他如拖拉机制造厂、机床制造厂等, 都是如此。这时, 某工厂所用的原材料、半成品或部件, 却是另一些工厂的成品。

根据机械产品的复杂程度的不同, 工厂的生产过程又可按车间分为若干车间的生产过程。某一车间的原材料或半成品可能是另一车间的成品; 而它的成品又可能是其他车间的

原材料或半成品。例如,锻造车间的成品是机械加工车间的原材料或半成品;机械加工车间的成品又是装配车间的原材料或半成品等。

为了使工厂具有较强的应变能力和竞争能力,现代工厂逐步用系统的观点看待生产过程的各个环节及它们之间的关系。即将生产过程看成一个具有输入和输出的生产系统。用系统工程学的原理和方法组织生产和指导生产,能使工厂的生产和管理科学化;能使工厂按照市场动态及时地改进和调节生产,不断更新产品以满足社会的需要;能使生产的产品质量更好、周期更短、成本更低。

2. 工艺过程

工艺过程是指在生产过程中改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性能等,使其成为半成品或成品的过程。工艺过程是生产过程中的主要组成部分。

机械制造工艺过程的主要内容包括毛坯和零件成形(铸造、锻压、冲压、焊接、压制、烧结、注塑、压塑等);机械加工(切削、磨削、特种加工等);材料改性与处理(热处理、电镀、转化膜、涂装、热喷涂等);机械装配等工艺过程。

采用机械加工的方法,直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量等,使其成为零件的过程称为机械加工工艺过程(以下简称为工艺过程)。机械加工工艺过程直接决定零件和产品的质量,对产品的成本和生产周期都有较大的影响,是机械产品整个工艺过程的主要组成部分。

在中华人民共和国机械电子工业部发布的 JB/T 5992—1992 标准中,将机械制造工艺方法按大、中、小和细 4 个层次进行了分类,见表 1-1(只列大、中类的)。

表 1-1 机械制造工艺方法类别划分及代码(JB/T 5992—1992)

大类		中类代码								
代	名称	0	1	2	3	4	5	6	7	8 9
码		中类名称								
0	铸造	砂型铸造	特种铸造							
1	压力加工	锻造	轧制	冲压	挤压	旋压	拉拔			其他
2	焊接	电弧焊	电阻焊	气焊	压焊			特种焊接		钎焊
3	切削加工	刀具加工	磨削		钳加工					
4	特种加工	电物理加工	电化学加工	化学加工			复合加工			其他
5	热处理	整体热处理	表面热处理	化学热处理						
6	覆盖层	电镀	化学镀	真空沉积	热浸镀	转化膜	热喷涂	涂装		其他
7										
8	装配包装	装配	试验与检验			包装				
9	其他	粉末冶金	冷作	非金属成形	表面处理	防锈	缠绕	编织		其他

1.1.2 机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程往往是比较复杂的。在工艺过程中,根据被加工零件的结构特点、技术要求,在不同的生产条件下,需要采用不同的加工方法及其加工设备,并通过一系列加工步骤,才能使毛坯成为零件。为了便于深入细致地分析工艺过程,必须研究工艺过程的组成。