

“十二五”普通高等教育本科规划教材



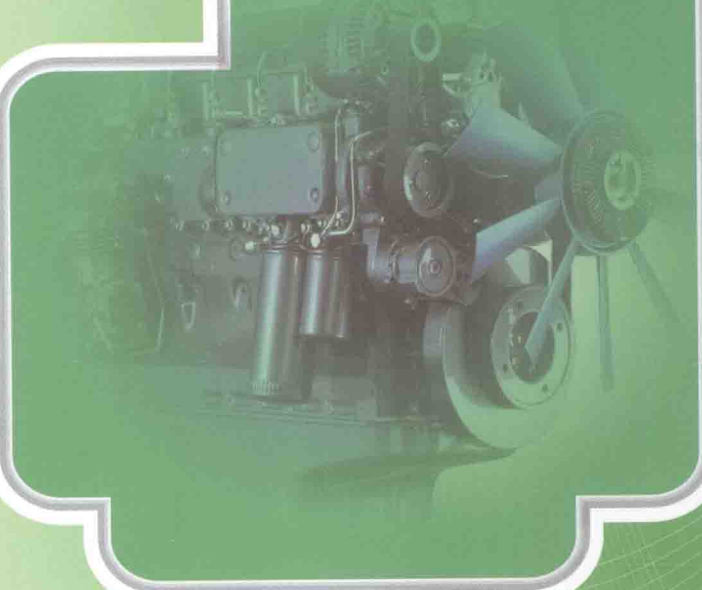
全国本科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

机械制造工艺学

(第2版)

主编 陈红霞

主审 王先逵



教学要求和行业标准更新内容

格新颖活泼。每章均有引例开篇

例性教学。强调应用能力的培养



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

“十二五”普通高等教育本科规划教材
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（第2版）

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. —2 版. —北京:北京大学出版社, 2014.1

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-23726-7

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(2014)第 008880 号

书 名: 机械制造工艺学(第 2 版)

著作责任者: 陈红霞 主编

策 划 编 辑: 童君鑫

责 任 编 辑: 宋亚玲

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-23726-7/TH · 0380

出 版 发 行: 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> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: pup_6@163.com

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

印 刷 者: 北京富生印刷厂

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.75 印张 528 千字

2010 年 7 月第 1 版

2014 年 1 月第 2 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 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 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

第2版前言

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。

本书是在第1版基础上,做了相应的修改并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、难点时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
2013年12月

北京大学出版社教材书目

◇ 欢迎访问教学服务网站 www.pup6.com, 免费查阅已出版教材的电子书(PDF 版)、电子课件和相关教学资源。

◇ 欢迎征订投稿。联系方式: 010-62750667, 童编辑, 13426433315@163.com, pup_6@163.com, 欢迎联系。

序号	书 名	标准书号	主 编	定价	出版日期
1	机械设计	978-7-5038-4448-5	郑 江, 许 瑛	33	2007.8
2	机械设计	978-7-301-15699-5	吕 宏	32	2013.1
3	机械设计	978-7-301-17599-6	门艳忠	40	2010.8
4	机械设计	978-7-301-21139-7	王贤民, 霍仕武	49	2014.1
5	机械设计	978-7-301-21742-9	师素娟, 张秀花	48	2012.12
6	机械原理	978-7-301-11488-9	常治斌, 张京辉	29	2008.6
7	机械原理	978-7-301-15425-0	王跃进	26	2013.9
8	机械原理	978-7-301-19088-3	郭宏亮, 孙志宏	36	2011.6
9	机械原理	978-7-301-19429-4	杨松华	34	2011.8
10	机械设计基础	978-7-5038-4444-2	曲玉峰, 关晓平	27	2008.1
11	机械设计基础	978-7-301-22011-5	苗淑杰, 刘喜平	49	2013.6
12	机械设计基础	978-7-301-22957-6	朱 玉	38	2013.8
13	机械设计课程设计	978-7-301-12357-7	许 瑛	35	2012.7
14	机械设计课程设计	978-7-301-18894-1	王 慧, 吕 宏	30	2014.1
15	机械设计辅导与习题解答	978-7-301-23291-0	王 慧, 吕 宏	26	2013.12
16	机械原理、机械设计学习指导与综合强化	978-7-301-23195-1	张占国	63	2014.1
17	机电一体化课程设计指导书	978-7-301-19736-3	王金娥 罗生梅	35	2013.5
18	机械工程专业毕业设计指导书	978-7-301-18805-7	张黎骅, 吕小荣	22	2012.5
19	机械创新设计	978-7-301-12403-1	丛晓霞	32	2012.8
20	机械系统设计	978-7-301-20847-2	孙月华	32	2012.7
21	机械设计基础实验及机构创新设计	978-7-301-20653-9	邹旻	28	2014.1
22	TRIZ 理论机械创新设计工程训练教程	978-7-301-18945-0	蒯苏苏, 马履中	45	2011.6
23	TRIZ 理论及应用	978-7-301-19390-7	刘训涛, 曹 贺等	35	2013.7
24	创新的方法——TRIZ 理论概述	978-7-301-19453-9	沈萌红	28	2011.9
25	机械工程基础	978-7-301-21853-2	潘玉良, 周建军	34	2013.2
26	机械 CAD 基础	978-7-301-20023-0	徐云杰	34	2012.2
27	AutoCAD 工程制图	978-7-5038-4446-9	杨巧绒, 张克义	20	2011.4
28	AutoCAD 工程制图	978-7-301-21419-0	刘善淑, 胡爱萍	38	2013.4
29	工程制图	978-7-5038-4442-6	戴立玲, 杨世平	27	2012.2
30	工程制图	978-7-301-19428-7	孙晓娟, 徐丽娟	30	2012.5
31	工程制图习题集	978-7-5038-4443-4	杨世平, 戴立玲	20	2008.1
32	机械制图(机类)	978-7-301-12171-9	张绍群, 孙晓娟	32	2009.1
33	机械制图习题集(机类)	978-7-301-12172-6	张绍群, 王慧敏	29	2007.8
34	机械制图(第2版)	978-7-301-19332-7	孙晓娟, 王慧敏	38	2014.1
35	机械制图	978-7-301-21480-0	李风云, 张 凯等	36	2013.1
36	机械制图习题集(第2版)	978-7-301-19370-7	孙晓娟, 王慧敏	22	2011.8
37	机械制图	978-7-301-21138-0	张 艳, 杨晨升	37	2012.8
38	机械制图习题集	978-7-301-21339-1	张 艳, 杨晨升	24	2012.10
39	机械制图	978-7-301-22896-8	臧福伦, 杨晓冬等	60	2013.8
40	机械制图与 AutoCAD 基础教程	978-7-301-13122-0	张爱梅	35	2013.1
41	机械制图与 AutoCAD 基础教程习题集	978-7-301-13120-6	鲁 杰, 张爱梅	22	2013.1
42	AutoCAD 2008 工程绘图	978-7-301-14478-7	赵润平, 宗荣珍	35	2009.1
43	AutoCAD 实例绘图教程	978-7-301-20764-2	李庆华, 刘晓杰	32	2012.6
44	工程制图案例教程	978-7-301-15369-7	宗荣珍	28	2009.6
45	工程制图案例教程习题集	978-7-301-15285-0	宗荣珍	24	2009.6
46	理论力学(第2版)	978-7-301-23125-8	盛冬发, 刘 军	38	2013.9
47	材料力学	978-7-301-14462-6	陈忠安, 王 静	30	2013.4

48	工程力学(上册)	978-7-301-11487-2	毕勤胜, 李纪刚	29	2008.6
49	工程力学(下册)	978-7-301-11565-7	毕勤胜, 李纪刚	28	2008.6
50	液压传动(第2版)	978-7-301-19507-9	王守城, 容一鸣	38	2013.7
51	液压与气压传动	978-7-301-13179-4	王守城, 容一鸣	32	2013.7
52	液压与液力传动	978-7-301-17579-8	周长城等	34	2011.11
53	液压传动与控制实用技术	978-7-301-15647-6	刘 忠	36	2009.8
54	金工实习指导教程	978-7-301-21885-3	周哲波	30	2014.1
55	金工实习(第2版)	978-7-301-16558-4	郭永环, 姜银方	30	2013.2
56	机械制造基础实习教程	978-7-301-15848-7	邱 兵, 杨明金	34	2010.2
57	公差与测量技术	978-7-301-15455-7	孔晓玲	25	2012.9
58	互换性与测量技术基础(第2版)	978-7-301-17567-5	王长春	28	2014.1
59	互换性与技术测量	978-7-301-20848-9	周哲波	35	2012.6
60	机械制造技术基础	978-7-301-14474-9	张 鹏, 孙有亮	28	2011.6
61	机械制造技术基础	978-7-301-16284-2	侯书林 张建国	32	2012.8
62	机械制造技术基础	978-7-301-22010-8	李菊丽, 何绍华	42	2014.1
63	先进制造技术基础	978-7-301-15499-1	冯宪章	30	2011.11
64	先进制造技术	978-7-301-22283-6	朱 林, 杨春杰	30	2013.4
65	先进制造技术	978-7-301-20914-1	刘 璇, 冯 凭	28	2012.8
66	先进制造与工程仿真技术	978-7-301-22541-7	李 彬	35	2013.5
67	机械精度设计与测量技术	978-7-301-13580-8	于 峰	25	2013.7
68	机械制造工艺学	978-7-301-13758-1	郭艳玲, 李彦蓉	30	2008.8
69	机械制造工艺学(第2版)	978-7-301-23726-7	陈红霞	45	2014.1
70	机械制造工艺学	978-7-301-19903-9	周哲波, 姜志明	49	2012.1
71	机械制造基础(上)——工程材料及热加工工艺基础(第2版)	978-7-301-18474-5	侯书林, 朱 海	40	2013.2
72	制造之用	978-7-301-23527-0	王中任	30	2013.12
73	机械制造基础(下)——机械加工工艺基础(第2版)	978-7-301-18638-1	侯书林, 朱 海	32	2012.5
74	金属材料及工艺	978-7-301-19522-2	于文强	44	2013.2
75	金属工艺学	978-7-301-21082-6	侯书林, 于文强	32	2012.8
76	工程材料及其成形技术基础(第2版)	978-7-301-22367-3	申荣华	58	2013.5
77	工程材料及其成形技术基础学习指导与习题详解	978-7-301-14972-0	申荣华	20	2013.1
78	机械工程材料及成形基础	978-7-301-15433-5	侯俊英, 王兴源	30	2012.5
79	机械工程材料(第2版)	978-7-301-22552-3	戈晓岚, 招玉春	36	2013.6
80	机械工程材料	978-7-301-18522-3	张铁军	36	2012.5
81	工程材料与机械制造基础	978-7-301-15899-9	苏子林	32	2011.5
82	控制工程基础	978-7-301-12169-6	杨振中, 韩致信	29	2007.8
83	机械工程控制基础	978-7-301-12354-6	韩致信	25	2008.1
84	机电工程专业英语(第2版)	978-7-301-16518-8	朱 林	24	2013.7
85	机械制造专业英语	978-7-301-21319-3	王中任	28	2012.10
86	机械工程专业英语	978-7-301-23173-9	余兴波, 姜 波等	30	2013.9
87	机床电气控制技术	978-7-5038-4433-7	张万奎	26	2007.9
88	机床数控技术(第2版)	978-7-301-16519-5	杜国臣, 王士军	35	2014.1
89	自动化制造系统	978-7-301-21026-0	辛宗生, 魏国丰	37	2014.1
90	数控机床与编程	978-7-301-15900-2	张洪江, 侯书林	25	2012.10
91	数控铣床编程与操作	978-7-301-21347-6	王志斌	35	2012.10
92	数控技术	978-7-301-21144-1	吴瑞明	28	2012.9
93	数控技术	978-7-301-22073-3	唐友亮 余 勃	45	2014.1
94	数控技术及应用	978-7-301-23262-0	刘 军	49	2013.10
95	数控加工技术	978-7-5038-4450-7	王 彪, 张 兰	29	2011.7
96	数控加工与编程技术	978-7-301-18475-2	李体仁	34	2012.5
97	数控编程与加工实习教程	978-7-301-17387-9	张春雨, 于 雷	37	2011.9
98	数控加工技术及实训	978-7-301-19508-6	姜永成, 夏广岚	33	2011.9
99	数控编程与操作	978-7-301-20903-5	李英平	26	2012.8

100	现代数控机床调试及维护	978-7-301-18033-4	邓三鹏等	32	2010.11
101	金属切削原理与刀具	978-7-5038-4447-7	陈锡渠, 彭晓南	29	2012.5
102	金属切削机床	978-7-301-13180-0	夏广岚, 冯 凭	28	2012.7
103	典型零件工艺设计	978-7-301-21013-0	白海清	34	2012.8
104	工程机械检测与维修	978-7-301-21185-4	卢彦群	45	2012.9
105	特种加工	978-7-301-21447-3	刘志东	50	2014.1
106	精密与特种加工技术	978-7-301-12167-2	袁根福, 祝锡晶	29	2011.12
107	逆向建模技术与产品创新设计	978-7-301-15670-4	张学昌	28	2013.1
108	CAD/CAM 技术基础	978-7-301-17742-6	刘 军	28	2012.5
109	CAD/CAM 技术案例教程	978-7-301-17732-7	汤修映	42	2010.9
110	Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 实用教程	978-7-5038-4437-X	黄卫东, 任国栋	32	2007.7
111	Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 实例教程	978-7-301-12359-1	张选民	45	2008.2
112	Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 曲面设计实例教程	978-7-301-13182-4	张选民	45	2008.2
113	Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 实用教程	978-7-301-16841-7	黄卫东, 郝用兴	43	2014.1
114	Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 实例教程	978-7-301-20133-6	张选民, 徐超辉	52	2012.2
115	SolidWorks 三维建模及实例教程	978-7-301-15149-5	上官林建	30	2012.8
116	UG NX6.0 计算机辅助设计与制造实用教程	978-7-301-14449-7	张黎骅, 吕小荣	26	2011.11
117	CATIA 实例应用教程	978-7-301-23037-4	于志新	45	2013.8
118	Cimatron E9.0 产品设计与数控自动编程技术	978-7-301-17802-7	孙树峰	36	2010.9
119	Mastercam 数控加工案例教程	978-7-301-19315-0	刘 文, 姜永梅	45	2011.8
120	应用创造学	978-7-301-17533-0	王成军, 沈豫浙	26	2012.5
121	机电产品学	978-7-301-15579-0	张亮峰等	24	2013.5
122	品质工程学基础	978-7-301-16745-8	丁 燕	30	2011.5
123	设计心理学	978-7-301-11567-1	张成忠	48	2011.6
124	计算机辅助设计与制造	978-7-5038-4439-6	仲梁维, 张国全	29	2007.9
125	产品造型计算机辅助设计	978-7-5038-4474-4	张慧妹, 刘永翔	27	2006.8
126	产品设计原理	978-7-301-12355-3	刘美华	30	2008.2
127	产品设计表现技法	978-7-301-15434-2	张慧妹	42	2012.5
128	CorelDRAW X5 经典案例教程解析	978-7-301-21950-8	杜秋磊	40	2013.1
129	产品创意设计	978-7-301-17977-2	虞世鸣	38	2012.5
130	工业产品造型设计	978-7-301-18313-7	袁涛	39	2011.1
131	化工工艺学	978-7-301-15283-6	邓建强	42	2013.7
132	构成设计	978-7-301-21466-4	袁涛	58	2013.1
133	过程装备机械基础(第2版)	978-301-22627-8	于新奇	38	2013.7
134	过程装备测试技术	978-7-301-17290-2	王毅	45	2010.6
135	过程控制装置及系统设计	978-7-301-17635-1	张早校	30	2010.8
136	质量管理与工程	978-7-301-15643-8	陈宝江	34	2009.8
137	质量管理统计技术	978-7-301-16465-5	周友苏, 杨 飒	30	2010.1
138	人因工程	978-7-301-19291-7	马如宏	39	2011.8
139	工程系统概论——系统论在工程技术中的应用	978-7-301-17142-4	黄志坚	32	2010.6
140	测试技术基础(第2版)	978-7-301-16530-0	江征风	30	2014.1
141	测试技术实验教程	978-7-301-13489-4	封士彩	22	2008.8
142	测试技术学习指导与习题详解	978-7-301-14457-2	封士彩	34	2009.3
143	可编程控制器原理与应用(第2版)	978-7-301-16922-3	赵 燕, 周新建	33	2011.11
144	工程光学	978-7-301-15629-2	王红敏	28	2012.5
145	精密机械设计	978-7-301-16947-6	田 明, 冯进良等	38	2011.9
146	传感器原理及应用	978-7-301-16503-4	赵 燕	35	2014.1
147	测控技术与仪器专业导论	978-7-301-17200-1	陈毅静	29	2013.6
148	现代测试技术	978-7-301-19316-7	陈科山, 王燕	43	2011.8
149	风力发电原理	978-7-301-19631-1	吴双群, 赵丹平	33	2011.10
150	风力机空气动力学	978-7-301-19555-0	吴双群	32	2011.10
151	风力机设计理论及方法	978-7-301-20006-3	赵丹平	32	2012.1
152	计算机辅助工程	978-7-301-22977-4	许承东	38	2013.8
153	现代船舶建造技术	978-7-301-23703-8	初冠南, 孙清洁	33	2014.1

如您需要免费纸质样书用于教学, 欢迎登陆第六事业部门户网(www.pup6.com)填表申请, 并欢迎在线登记选题到北京大兴山区就近来取您的书稿。您可下载相关表格填写后发到我们的邮箱, 我们将及时与您取得联系并做好全方位的服务。

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

机械制造业是指从事各种动力机械、起重运输机械、农业机械、冶金矿山机械、化工机械、纺织机械及其他机械设备生产的行业。机械制造业是整个国民经济和国防建设的基础性、支柱性产业，是其他高新技术产业发展的重要载体和平台，其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保证。

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。回首新中国成立后近 65 年的发展历程，机械制造业的发展可以分为 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，由于受到了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都有了明显提升，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。2000 年到 2010 年，全行业工业总产值从 1.44 万亿元增长到 14.38 万亿元，年均增速高达 25% 以上；规模以上企业数从 3.36 万家增加到 10 万多家；资产规模从 1.96 万亿元增长到 10.4 万亿元；工业增加值占全国工业的比重从 9.2% 大幅提升至 19% 左右，占 GDP 的比重从 3.7% 提高到 9% 左右。而在“十一五”期间，机械工业的产业规模持续快速增长。2010 年机械工业增加值占全国 GDP 的比重已超过 9%；工业总产值从 2005 年的 4 万亿元增长到 2010 年的 14 万亿元，年均增速超过 25%；规模以上企业已达 10 万多家，比“十五”末增加了近 5 万家，从业人数达到 1752 万人，资产总额已达到 10.4 万亿元，比“十五”末翻了一番。2009 年，我国机械工业销售额达到 1.5 万亿美元，超过日本的 1.2 万亿美元和美国的 1 万亿美元，成为全球机械制造第一大国。2009 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，1.6 万吨级水压机、60 立方米电铲，1.2 万米全数字化交流变频特深井陆地石油钻机、16500 吨的自由锻造油压机、7.63 米焦炉机械、1600 毫米以上大型板坯连铸机等一大批具有世界水平的重大装备研制成功。一批具有世界级水平的基础装备的开发也接连取得突破，例如，三一集团生产的数控刮削辊光机(DR3030)属于深孔加工类机床，采用的是德国进口组合刀具一次性完成对油缸钢管内孔粗镗、刮削和辊光加工的高效深孔加工设备，填补了国内外市场空白；2011 年，柳工自主研发、代表行业领先技术水平的第五代 E 系列挖掘机产品 CLG922E 和 945E 首次在本届北京展上展出，E 系列产品是柳工依靠自身的技术力量研发的新型产品，最大技术特点是安全环保，可靠高效。同时，在“十二五”的初期，有一大批新兴高尖端产品正在紧锣密鼓的研发中，我国的机械产品在国内外市场上的竞争力也在不断地增强。

虽说已经取得了这样骄人的成绩，但业内企业依然要冷静的面对中国机械制造行业目前存在的突出问题：

(1) 自主创新能力较为薄弱。我国机械工业的产业规模虽已位居世界首位,但目前高端装备仍满足不了需要,不得不大量进口。行业中低端产能过剩、高端严重不足的矛盾非常突出,造成了高端产品供不应求,低端产品供大于求的现象。之所以如此,原因就在于自主创新能力薄弱,无法有效地支撑产品升级。多年来,相当多的企业过分看重当期发展速度,追求短平快,重当前、轻长远;重制造、轻研发;重引进、轻消化;重硬件、轻软件;重物质、轻人才。从而导致研发投入严重不足,研发条件普遍落后,研发经验缺乏积累。尤其是广大中小企业缺乏公共技术服务平台的支撑,技术创新更是心有余而力不足。

(2) 基础发展相对滞后。与快速发展的主机产品相比,基础零部件及优质专用材料、自控系统和测试仪器、数控机床和基础制造装备的发展明显滞后,已成为影响机械产品向高端升级的三大瓶颈。尤其是基础零部件,不但产品水平差距大,而且至今尚未引起各方面足够重视。

(3) 现代制造服务业发展缓慢。机械工业的产业结构调整虽已有一定进展,但总体看来产业结构不合理现象仍然较为严重。传统加工制造业比重过大,现代制造服务业比重过低;对实物产品生产的依赖过大,而服务增值在行业总产出中的贡献度过低;从实物产量看,与工业发达国家相比,我国许多机械产品的产量已高居世界前列,但从全行业的销售额看,尤其是从经济效益看,这一优势并不明显,其中原因,除了产品档次差距的影响外,服务性增值方面的巨大差距是主要原因。“十一五”机械工业的高速发展主要得益于实物产品需求的高速增长,随着我国工业化进程向中后期的演进,继续期望依靠实物产品产量的高速增长支撑今后的行业发展已越来越不现实,因此尽快补强现代制造服务业这一短腿已成当务之急。

(4) 产业发展方式较为粗放。我国机械工业持续快速发展的良好态势并不能掩盖发展方式粗放的问题。重速度、轻质量;重规模、轻效益;重当前、轻长远的倾向虽已引起越来越多的关注,但尚未得到根本改变。行业的快速发展仍以过多的资源消耗为代价,生产效率和经营效益与工业发达国家同行相比差距明显。行业投资强度大增,但外延扩张之风盛行、重复建设严重,产业集中度低、地区结构趋同,核心竞争力弱,生产效率和经济效益差,在国际分工中处于明显不利地位。我国机械工业单位产出综合能耗与工业发达国家相比有较大差距,突出表现在热加工工艺环节上。例如,我国铸造行业每生产一吨铸铁件能耗为 0.4~0.5 吨标准煤,国外先进水平为 0.20~0.30 吨标准煤;我国锻造行业每吨锻件平均能耗约为 0.88 吨标准煤,日本仅为 0.52 吨标准煤;我国热处理行业平均每吨工件热处理能耗为 660 千瓦时,美国、日本、欧盟等发达国家平均能耗在 450 千瓦时以下;国产电炉炼钢平均每吨钢总能耗为 800~1000 千瓦时,国外先进水平为 550~600 千瓦时。粗放的发展方式导致我国机械工业的经营效益偏低。我国机械工业增加值率在 24%~26%,而发达国家在 30%以上;销售收入利润率也只有 6%左右。

针对上述问题,我国政府不断出台相关政策,促进行业发展。在国家的“十二五”机械工业发展总体规划中,更是明确提出:21 世纪的第二个十年,我国机械工业要在头十年高速发展的基础上更加注重提高发展质量,将发展目标定位于由机械制造大国转变为机械制造强国。2020 年,到我国全面建设小康社会奋斗目标实现之时,我国机械工业将基本实现高端装备的产业化,基础滞后主机的局面基本改观,自主创新能力大幅提高,国际竞争力接近工业发达国家水平。为此,在“十二五”期间,我国将重点实施:主攻高端战略、

创新驱动战略、强化基础战略、两化融合战略、绿色为先等战略，真正实现以下发展目标：

(1) 2015 年发展目标。

一是保持平稳健康发展；二是产业向高端升级有所突破；三是自主创新能力明显增强；四是产业基础初步夯实；五是“两化融合”水平显著提高；六是推进绿色制造。

(2) 2020 年发展目标。

我国机械工业步入世界强国之列，在国际竞争中处于优势地位，主要标志为：主要产品的国际市场占有率处于世界前三位；基本掌握了主导产品的核心技术，拥有一批具有自主知识产权的关键产品和知名品牌；重点行业的排头兵企业进入世界前三强之列。

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。针对机械制造行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 and 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方面:

(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。必须要实事求是, 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和自豪感。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 机械加工工艺规程制订

教学要求

能力目标	知识要点	权重	自测分数
掌握机械加工工艺过程的组成	生产过程、工艺工程、工序、工步、工位、安装、走刀的概念	10%	
了解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规程的原始资料及步骤	制订工艺规程的基本原则；制定工艺规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%	
掌握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%	
了解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，