



全国本科院校机械类 **创新型** 应用人才培养规划教材

机械制造装备设计

主编 宋士刚 黄 华

适应工程应用型人才培养要求
保留传统机床设计理论的精华
增加先进制造系统设计与应用



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

机械制造装备设计

主 编 宋士刚 黄 华



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

全书共 8 章, 内容主要包括机械制造及装备设计方法、金属切削机床设计、机床夹具和刀具设计、工业机器人设计、生产物流系统设计及机械加工生产线总体设计等。本书内容丰富, 具有系统性、先进性和实用性, 并结合国内外最新的技术成果和发展趋势, 加强读者对相关知识的理解与运用。

本书可作为高等院校机械工程类及相关专业高年级本科生的教材, 也可作为从事机械制造装备设计与研究工作的工程技术人员和研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造装备设计/宋士刚, 黄华主编. —北京: 北京大学出版社, 2014.2

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-23869-1

I. ①机… II. ①宋…②黄… III. ①机械制造—工艺装备—设计—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 020546 号

书 名: 机械制造装备设计

著作责任者: 宋士刚 黄 华 主编

策 划 编 辑: 童君鑫 宋亚玲

责 任 编 辑: 宋亚玲

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-23869-1/TH · 0385

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 18.25 印张 418 千字

2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 40.00 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

前 言

20 世纪 70 年代以后, 由于微电子技术、控制技术、传感器技术与机电一体化技术的迅速发展, 特别是计算机的广泛应用, 不仅给机械制造领域带来了许多新技术、新工艺、新观念, 而且使机械制造技术产生了质的飞跃, 走上了一个新台阶, 这要求高等教育事业跟上形势的发展。随着教学改革的深入, 专业的合并和调整, 为了适应机械工程专业教学内容和教材改革的需要, 由原来的金属切削机床概论与设计、金属切削原理与刀具设计、机械制造工艺学、金属切削机床夹具设计四门课程调整为机械制造技术基础和机械制造装备设计两门课程。机械制造装备设计成为了机械设计制造及其自动化专业一门理论和实践性紧密结合的专业课程。

为了适应工程应用型人才培养的要求, 编者在编写本书过程中紧密结合机械设计制造及其自动化专业教学指导委员会推荐的指导性教学大纲和教学计划, 充分吸收国内外最新成果, 集基础理论、工程实例于一体, 力求使本书具有实用性、系统性和先进性。本书保留了普通机床设计理论的精华, 采用先进的设计手段。同时, 随着计算机的广泛应用, 工业机器人及生产物流系统越来越多出现在机械制造领域中。近年来, 一些先进的制造系统在制造企业中也开始得到应用。因此, 讲授这些较新的内容来不断适应学科发展的需要和拓宽学生的专业广度, 提高学生的竞争能力, 势在必行。

本书内容共分 8 章, 分别讲述机械制造及装备设计方法、金属切削机床设计、机床典型部件设计、夹具设计、金属切削刀具、工业机器人、生产物流系统设计及机械加工生产线总体设计。以当代先进的制造装备设计方法为主线, 以机械制造装备的总体设计和结构设计为重点, 结合国内外最新的技术成果和发展趋势, 加强学生对相关知识的理解与运用。

本书由浙江工业大学宋士刚、兰州理工大学黄华主编, 其中第 1 章、第 6 章、第 7 章和第 8 章由宋士刚编写, 第 2 章、第 3 章、第 4 章和第 5 章由黄华编写, 全书由宋士刚统稿。

本书可作为普通高等院校机械设计制造及其自动化、机械电子工程专业及相关专业高年级本科生的教材, 也可作为从事机械制造装备设计的工程技术人员和研究人员的参考书。

在编写本书过程中, 编者参阅了有关院校、企业、科研院所的一些教材、资料和文献, 并得到了许多同行和专家的支持和帮助, 在此表示衷心感谢。由于编者水平有限, 书中疏漏之处在所难免, 欢迎行内专家和广大读者批评指正。

编 者
2013 年 10 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	邹晏	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

序号	书 名	标准书号	主 编	定价	出版日期
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	机械制造装备设计	978-7-301-23869-1	宋士刚, 黄 华	40	2014.2
84	机械工程控制基础	978-7-301-12354-6	韩致信	25	2008.1
85	机电工程专业英语(第2版)	978-7-301-16518-8	朱 林	24	2013.7
86	机械制造专业英语	978-7-301-21319-3	王中任	28	2012.10
87	机械工程专业英语	978-7-301-23173-9	余兴波, 姜 波等	30	2013.9
88	机床电气控制技术	978-7-5038-4433-7	张万奎	26	2007.9
89	机床数控技术(第2版)	978-7-301-16519-5	杜国臣, 王士军	35	2014.1
90	自动化制造系统	978-7-301-21026-0	辛宗生, 魏国丰	37	2014.1
91	数控机床与编程	978-7-301-15900-2	张洪江, 侯书林	25	2012.10
92	数控铣床编程与操作	978-7-301-21347-6	王志斌	35	2012.10
93	数控技术	978-7-301-21144-1	吴瑞明	28	2012.9
94	数控技术	978-7-301-22073-3	唐友亮, 余 勃	45	2014.1
95	数控技术及应用	978-7-301-23262-0	刘 军	49	2013.10
96	数控加工技术	978-7-5038-4450-7	王 彪, 张 兰	29	2011.7
97	数控加工与编程技术	978-7-301-18475-2	李体仁	34	2012.5
98	数控编程与加工实习教程	978-7-301-17387-9	张春雨, 于 雷	37	2011.9
99	数控加工技术及实训	978-7-301-19508-6	姜永成, 夏广岚	33	2011.9
100	数控编程与操作	978-7-301-20903-5	李英平	26	2012.8
101	现代数控机床调试及维护	978-7-301-18033-4	邓三鹏等	32	2010.11
102	金属切削原理与刀具	978-7-5038-4447-7	陈锡渠, 彭晓南	29	2012.5
103	金属切削机床	978-7-301-13180-0	夏广岚, 冯 凭	28	2012.7

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

如果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以到北京大学出版社来出版您的大作, 也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

第 1 章 机械制造及装备设计方法	1	2.3.2 主传动系分类和传动方式	41
1.1 概述	3	2.3.3 分级变速主传动系的设计	42
1.1.1 制造业形势与发展	3	2.3.4 无级变速主传动系	48
1.1.2 加工制造技术发展趋势	4	2.4 进给传动系设计	49
1.2 机械制造装备的分类	5	2.4.1 概述	49
1.2.1 加工装备	5	2.4.2 机械进给传动系统的 设计特点	50
1.2.2 工艺装备	9	2.4.3 电气伺服进给系统	51
1.2.3 仓储传送装备	10	习题	54
1.2.4 辅助装备	11	第 3 章 机床典型部件设计	56
1.3 机械制造装备设计的类型	11	3.1 主轴部件设计	57
1.4 机械制造装备设计要求	12	3.1.1 主轴部件的设计要求	58
1.5 机械制造装备设计方法	15	3.1.2 主轴的传动方式	60
1.5.1 机械制造装备设计的 典型步骤	15	3.1.3 主轴部件结构设计	61
1.5.2 系列化设计	18	3.1.4 主轴轴承	65
1.5.3 模块化设计	19	3.2 支承件设计	69
1.5.4 现代设计方法特点	21	3.2.1 支承件的设计要求	69
习题	22	3.2.2 支承件的材料	70
第 2 章 金属切削机床设计	23	3.2.3 支承件的结构设计	71
2.1 概述	25	3.3 导轨设计	78
2.1.1 机床产品的分类	27	3.3.1 导轨的功用和分类	78
2.1.2 机床产品设计要求	31	3.3.2 导轨的设计要求	79
2.1.3 机床产品设计的方法	32	3.3.3 滑动导轨	80
2.1.4 机床的设计步骤	33	3.3.4 滚动导轨	88
2.2 金属切削机床总体设计	33	3.3.5 静压导轨简介	90
2.2.1 机床系列型谱的制订	33	习题	91
2.2.2 机床运动原理方案设计与 分析	36	第 4 章 夹具设计	92
2.2.3 机床传动原理方案设计	37	4.1 机床夹具基本概念	93
2.2.4 机床的总体结构方案设计	38	4.1.1 机床夹具的功用	94
2.2.5 机床主要参数的设计	39	4.1.2 机床的分类	94
2.3 主传动系设计	41	4.1.3 机床夹具的组成	95
2.3.1 概述	41	4.2 定位方式与定位元件	96
2.3.2 主传动系分类和传动方式	41	4.2.1 六点定位原理	96
2.3.3 分级变速主传动系的设计	42		
2.3.4 无级变速主传动系	48		
2.4 进给传动系设计	49		
2.4.1 概述	49		
2.4.2 机械进给传动系统的 设计特点	50		
2.4.3 电气伺服进给系统	51		
习题	54		



4.2.2	工件正确定位与自由度的关系	97	5.6	数控刀具及其工具系统	164
4.2.3	定位方式及其定位元件	98	5.6.1	数控刀具要求	164
4.2.4	定位误差的分析与计算	108	5.6.2	数控刀具的分类	165
4.3	工件的夹紧	110	5.6.3	自动换刀系统	166
4.3.1	夹紧装置的组成及基本要求	110	习题	167	
4.3.2	夹紧力的确定	111	第6章 工业机器人	168	
4.3.3	典型夹紧机构	114	6.1	概述	170
4.4	典型机床的夹具	119	6.1.1	工业机器人的定义	170
4.4.1	车床夹具	119	6.1.2	工业机器人的组成和分类	170
4.4.2	钻床夹具	120	6.1.3	工业机器人的技术参数	173
4.4.3	镗床夹具	121	6.2	传动机构设计	174
4.4.4	铣床夹具	122	6.2.1	传动方式	174
习题	124		6.2.2	直线运动机构	175
第5章 金属切削刀具	126		6.2.3	旋转运动机构	176
5.1	刀具的几何角度及切削要素	128	6.3	机身和臂部设计	181
5.1.1	切削运动与切削用量	128	6.3.1	机身设计	181
5.1.2	刀具的几何参数	130	6.3.2	臂部设计	182
5.1.3	刀具角度及工作角度	131	6.3.3	机身和臂部的配置形式	183
5.2	切削基本理论的应用	134	6.4	腕部和手部设计	184
5.2.1	工件材料的切削加工性	134	6.4.1	腕部设计	184
5.2.2	切削液的选用	136	6.4.2	手部设计	187
5.2.3	刀具几何参数的选择	138	6.5	行走机构设计	192
5.2.4	切削用量的选择	139	6.5.1	固定轨迹式行走机构	192
5.3	刀具材料	140	6.5.2	无固定轨迹式行走机构	193
5.3.1	刀具材料应具备的性能	141	6.6	工业机器人在制造业中的应用	197
5.3.2	常用的刀具材料	142	6.6.1	工业机器人的应用准则	197
5.4	各种常用刀具	147	6.6.2	工业机器人在制造业中的应用	198
5.4.1	概述	147	6.6.3	工业机器人的发展趋势	201
5.4.2	车刀	148	习题	202	
5.4.3	成形车刀	149	第7章 生产物流系统设计	203	
5.4.4	孔加工刀具	150	7.1	物流系统基础知识	204
5.4.5	铣刀	156	7.1.1	物流系统的意义	204
5.4.6	螺纹车刀	159	7.1.2	物流系统的结构	205
5.5	磨具	161	7.1.3	物流系统的组织形式	206
5.5.1	砂轮	161	7.1.4	生产物流的特点	208
5.5.2	磨削过程	163	7.2	机床上下料装置的设计	209

7.2.1 机床上下料装置类型	209	8.2.1 设备布局的任务	244
7.2.2 料仓式上料装置	209	8.2.2 设备布局的影响因素	245
7.2.3 料斗式上料装置	212	8.2.3 设备布局的设计原则	246
7.3 物料运输装置设计	216	8.2.4 设备布局的设计方法	247
7.3.1 输送机	216	8.3 柔性加工生产线的设计	250
7.3.2 步伐式输送装置	218	8.3.1 柔性生产线的初步设计	250
7.3.3 自动运输小车	219	8.3.2 柔性生产线的详细设计	251
7.3.4 辅助装置	222	8.4 柔性制造系统	256
7.4 自动化仓库设计	225	8.4.1 柔性制造系统的定义及 分类	256
7.4.1 自动化仓库的机械设备	225	8.4.2 柔性制造系统的功能及 特点	257
7.4.2 自动化仓库的分类	229	8.4.3 柔性制造系统的加工系统	258
7.4.3 自动化仓库的工作过程	232	8.4.4 柔性制造系统的物流系统	260
7.4.4 仓库自动化系统的设计	233	8.4.5 柔性制造系统的控制和 管理系统	262
习题	238	8.5 先进制造模式	264
第 8 章 机械加工生产线总体设计	239	8.5.1 计算机集成制造系统	264
8.1 机械加工生产线概述	240	8.5.2 智能制造系统	267
8.1.1 机械加工生产线及其 基本组成	240	8.5.3 精益生产	270
8.1.2 机械加工生产线的类型	241	8.5.4 敏捷制造	274
8.1.3 机械加工生产线设计原则	243	习题	277
8.1.4 机械加工生产线设计的 内容及步骤	244	参考文献	278
8.2 生产线设备布局设计	244		

第 1 章

机械制造及装备设计方法



本章教学要点

知识要点	掌握程度	相关知识
机械制造装备的分类	了解加工制造技术发展趋势； 掌握机械制造装备的分类	制造业形势及发展趋势； 机械制造装备的四种类型
机械制造装备设计的类型及设计要求	熟悉机械制造装备设计的类型； 了解机械制造装备设计的要求	机械制造装备设计的三种类型； 机械制造装备设计的总体要求
机械制造装备的设计方法	了解机械制造装备设计的典型步骤； 熟悉不同的设计方法及特点	创新设计的典型步骤； 系列化设计和模块化设计方法



我国机械装备制造业发展概况

机械装备制造产品已成为 21 世纪我国迅速崛起的出口产品群,是我国比较优势和国际竞争力充分体现的重要领域,也是进出口政策性金融支持的重点。在目前人民币升值背景下对外贸易发展的关键时期,继续保持机械装备制造产品出口稳定增长,将具有重大而深远的意义。机械装备制造业是我国最重要的工业部门之一,在我国国民经济中占有举足轻重的地位。国家统计局统计数据显示,目前我国机械装备制造业收入、利润增速加快。2006 年机械装备制造业 6.51 万家制造企业实现销售增速较 2005 年水平提高了 5.71 个百分点;实现利润总额增速较 2005 年水平大幅提高了 25.76 个百分点;税前利润率较 2005 年水平提高了 0.37 个百分点;机械装备制造业总体盈利能力大幅提高。

目前国际社会一直认为我国机械装备制造业在国际市场具有今天这样强大的竞争力,除劳动力、成本传统优势外,关键在于技术创新的内在优势。即使在目前人民币持续升值的出口压力下,我国机械装备制造业 2005—2007 年连续第三年保持增势,超过 2006 年的历史纪录。自 1995 年以来,我国机械装备制造业研发工程师队伍不断扩大,其创新实力正是来源于庞大的研发队伍的投入。目前我国机械装备制造企业将产品定位于重点研发专有技术密集型的、集成的、批量化的产品。一般而言,特种用途机械装备的生产需要较大的工程投入,但利润要比大批量产品高,所以在过去几年中,我国机械装备制造企业通过提高研发带来的利润来弥补周期性衰退的损失。根据我国机械装备制造商协会的调查结果:目前一半左右的我国机械装备制造企业在按照用户的订单生产批量、特殊用途的产品,另外 25%的机械装备制造企业则生产大批量和专用机械产品。未来我国机械装备制造企业将继续从产品定位中受益。首先,在全球出口市场范围内,生产特种用途机械装备渐成趋势。这些机械装备产品要求大量的系统专有技术,这正是我国机械装备制造业企业的优势。其次,市场对产品中的服务要求越来越高,而我国机械装备制造业服务收入已占 20%,且比例逐年上升。第三,单机重要性在下降,而服务密集型机械系统的需求在增加。第四,将标准机械装备产品与量身定做的服务相结合来提供专业化的解决方案也是发展方向。

总之,我国机械装备制造业向全球市场提供的产品种类日趋完善。其中机械搬运、电力传输设备等在机械装备制造业中处于领先地位。我国的机械装备制造业将不断从其在全球特种机械、服务、系统解决方案中的技术领先地位获益,并进一步促使我国机械装备制造企业利用其优势参与国际出口竞争。

资料来源:王雯,孙秀芳.我国机械装备制造业发展现状及其产品出口状况分析.

机电产品开发与创新,2008,21(5):38-40.

1.1 概 述

1.1.1 制造业形势与发展

制造业是将可用资源与能源,通过制造过程转化为可供人们使用或利用的工业品或生产消费品的行业。它一方面创造价值、产生物质财富和新的知识;另一方面为国民经济各个部门包括国防和科学技术进步与发展提供先进的手段和装备。在工业化国家,约有 1/4 的人口从事各种形式的制造活动,在非制造业部门,约有半数人的工作性质与制造业密切相关。据估计,工业化国家 70%~80% 的物质财富来自制造业,可以说制造业是国民经济和综合国力的支柱产业。在我国,目前制造业产值占工业总产值的比例已达 80%,其增加值占 GDP 的比例已超过 40%,财政收入的 50% 以上来自于制造业,20% 以上的城镇就业人口和 25% 的农村剩余劳动力集中于制造行业。根据联合国工业发展组织估算,2007 年我国制造业增加值占世界的 11.4%,制造业总产值超过德国跃居世界第三位;2009 年我国制造业在全球制造业总值中所占比例已达 15.6%,成为仅次于美国的全球第二大工业制造国。

20 世纪是制造业空前发展的重要时期,以精密和微细加工技术为目标,各种制造工艺和装备层出不穷;另外,制造系统的集成也异常活跃,制造模式不断更新。20 世纪初,亨利·福特提出了大批量专用制造系统(Dedicated Manufacturing System, DMS)的概念,极大地提高了生产率,推动了世界制造业的进步,满足了当时巨大的市场需求。20 世纪下半叶以后,随着市场逐渐由卖方市场转变为买方市场,客户需求的多样性与新产品出现周期的缩短,DMS 因不具有柔性的缺陷限制了其进一步的发展。为此,人们提出了柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)的概念。FMS 使用高性能的加工中心或数控机床,具有很大的柔性,可以在不改变制造系统组态的条件下,在零件族内快速地由一种零件的生产转换到另一种零件的生产。但其高成本的功能储备使得制造成本居高不下,功能的利用率较低。20 世纪 90 年代中期,全球化经济激发的市场激烈竞争和客户对产品需求的日益个性化趋势,引起产品品种增多及市场生命周期不断缩短。为了获得和保持竞争力,有学者提出了将 DMS 的高生产能力特性和 FMS 高柔性相结合的可重组制造系统(Reconfigurable Manufacturing System, RMS)。RMS 是一种能够在需要的时间,根据生产需求及系统内部的变化,在充分利用现有制造资源的基础上快速提供合适生产能力和功能的制造系统。

从 20 世纪 20 年代开始,制造系统已经出现了机群式制造系统、刚性制造系统和柔性制造系统三类制造系统,随着市场需求和技术支撑环境的变化,现在利用 RMS 以快速响应经济全球化带来的复杂变化的市场环境,其发展与生产环境及技术特点如图 1.1 所示。

从不同时期各类制造系统特点可以看到制造系统的发展是跟市场需求紧密相关的,日趋激烈的市场竞争使得市场的需求成为制造企业发展的动力与指针。在制造业发展的初期,制造企业驱动市场而市场牵动顾客与用户,消费者只能被动地接受制造商提供的产品。随着经济的发展,市场需求逐渐向着多样化、个性化发展,而且这种多样化、个性化的需求很难在长时期内保持稳定。因此,市场的需求带有明显的时变特征与强烈的不确定性。

为了适应现代制造业的竞争环境,即为了满足现代制造企业的竞争目标和竞争要素的要求,人们提出了许多新的先进制造模式和制造系统,如计算机集成制造系统、智能制造、



精益生产、敏捷制造及 RMS 等。以上各种制造系统中，有的已经研究了很多年，并有了成熟的系统；有的近年来展开一定规模的研究并有一些已实现的系统；还有的尚处于研究之中，未形成成熟的系统。

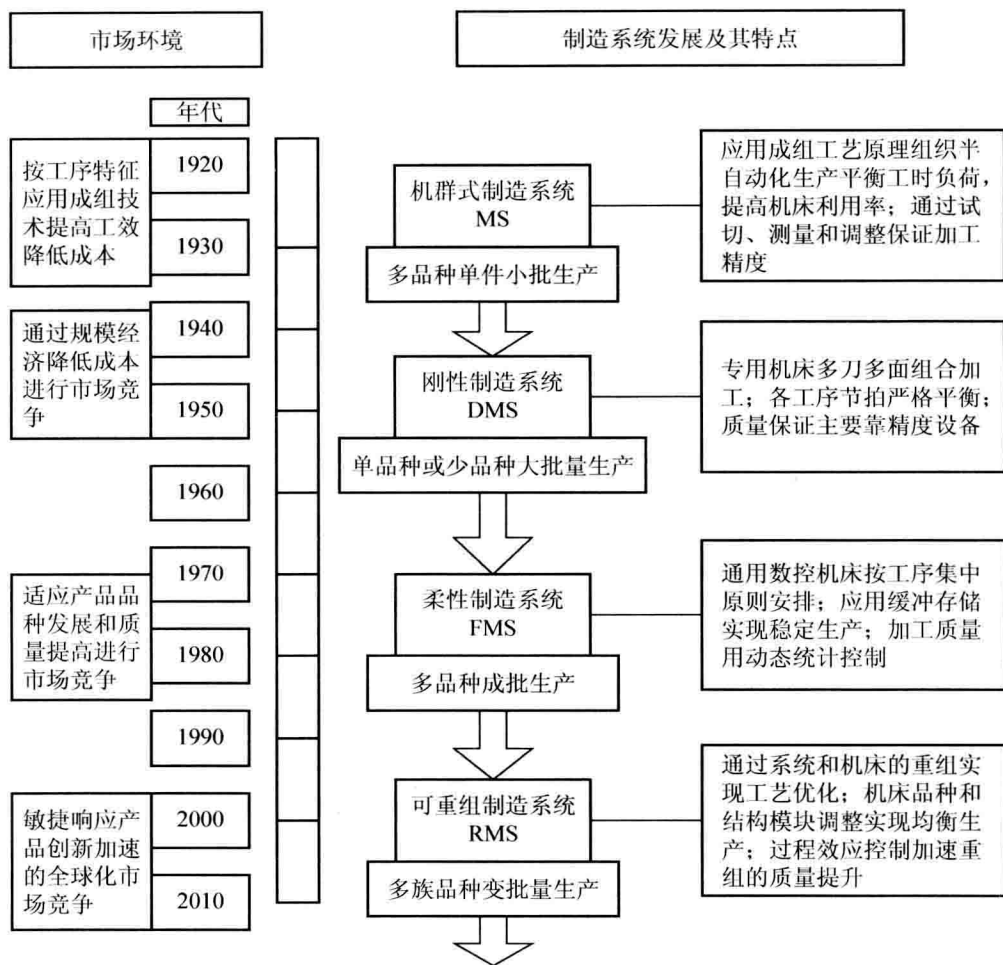


图 1.1 制造系统的市场环境与技术特点

1.1.2 加工制造技术发展趋势

加工制造技术是对被加工对象状态的改形和改性技术的总称。当代加工制造技术的重要特征是与计算机、微电子和信息技术的融合。其主要发展趋势包括新一代机械制造装备技术、精密和超精密加工技术、少切削无切削加工技术等。

1) 新一代机械制造装备技术

金属切削机床是机械制造装备的主体，也是迄今国内外研究最多的机械制造装备。早在 20 世纪 30 年代西欧就开展了机床精度和切削振动机理的研究工作，60~70 年代国际上的研究工作达到高峰，在机床的静态性能、动态性能、加工性能、振动和噪声、热稳定性、精度保持性、可靠性、性能试验、故障诊断与维修等方面都达到相当高的水平。近年来在新一代制造装备技术上又有了较大的发展和突破。

(1) 新型加工设备的研究开发已取得不少进展,如多轴联动加工中心、拉削车削高效曲轴加工机床、点磨机床、加工与装配作业集成机床等。近年出现的并联机床(虚拟轴机床)突破了传统机床结构方案,在国内外有了快速发展。

(2) 在数控化基础上朝智能化方向发展。充分利用精度补偿、应用技术软件、传感器和控制技术的最新科技成果,研制新一代高质量、高效率和低消耗的智能加工中心和智能化加工单元。

(3) 采用新材料和新结构,提高制造装备的刚度、抗损性、热稳定性,提高精度和精度保持性,减轻质量等。

(4) 新型部件的开发应用。例如,高精度、高速交流电主轴,国外已商品化产品的转速为20 000r/min,最高已达100 000r/min,国内已完成8000r/min样机研制。为此要解决高精度大载荷主轴轴承、主轴冷却、刀具配置与夹紧可靠性、电主轴调速可行性等关键技术。

(5) 发展先进的机床和数控系统性能检测、诊断方法与技术。

(6) 多品种小批量生产条件下的先进在线加工质量检测技术。

(7) 柔性工艺装备和柔性夹具,为快速、低成本工艺准备提供技术。

2) 精密和超精密加工技术

精密和超精密加工,一是不断提高极限加工精度,二是从小批量生产走向大批量产品生产。精密和超精密加工技术包括加工工艺、加工机床、测量技术和作业环境等。

(1) 超精密切削。金刚石刀具超精密车削,刃口半径已达纳米级,可实现纳米级厚度的稳定切削。

(2) 超精密磨削加工。对于硬脆材料加工,采用新型结合剂的金刚石砂轮,可提高磨削表面质量。近来又发展了弹性发射加工、机械化学抛光、浮动研磨及磁流体精密研磨等实用技术。

(3) 精密和超精密特种加工。主要指集成电路芯片微细加工,包括电子束和离子束刻蚀加工。

(4) 精密加工机床。向超精结构、多功能、机电一体化方向发展,并广泛采用各种测量、控制技术实时补偿误差。

3) 少切削无切削加工技术

为了贯彻可持续发展战略,节约原材料和能源消耗,必须大力发展少切削无切削加工技术,一方面要提高毛坯制造精度,发展精密铸造和锻造等技术,减少材料切削加工量;另一方面要发展冲压、挤压、滚压长封闭无切削成形技术。这些加工技术不仅具有材料利用率高、生产率高的特点,而且可以改善材料的性能。

1.2 机械制造装备的分类

机械制造过程是从原材料开始,经过热、冷加工,装配成产品,对产品进行调试和检测、包装和发运的全过程,所使用的装备类型繁多,大致可划分为加工装备、工艺装备、仓储传送装备和辅助装备四大类。

1.2.1 加工装备

加工装备是机械制造装备的主体和核心,是采用机械制造方法制造机器零件或毛坯的



机器设备，又称为机床或工作母机。机床的类型很多，除了金属切削机床之外，还有特种加工机床、锻压机床、注塑机、快速成形机、焊接设备等。特种加工机床传统上归于金属切削机床类中。近年来，特种加工机床已发展为一个较大的门类，为叙述方便，这里将它作为一大类机床进行介绍。

1) 金属切削机床

金属切削机床是采用切削、特种加工等方法，主要用于加工金属，使之获得所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的机器，如图 1.2 所示。机床加工可获得较高的精度和表面质量，在实际生产中，它完成 40%以上的加工工作量。金属切削机床品种繁多，为了便于区别、使用和管理，需从不同角度对其进行分类。

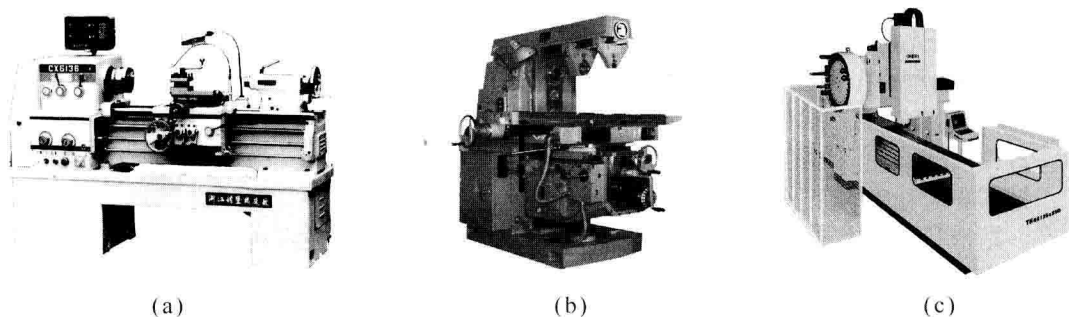


图 1.2 金属切削机床

(1) 按机床工作原理和结构性能特点分类，我国把机床划分为车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、特种加工机床、切断机床和其他机床等 12 大类。

(2) 按机床使用范围分类，可把机床分为通用机床、专用机床和专门化机床。

① 通用机床(又称万能机床)可加工多种工件，完成多种工序，是使用范围较广的机床，如万能卧式车床、万能升降台铣床等。这类机床的通用程度较高，结构较复杂，主要用于单件小批量生产。

② 专用机床是用于加工特定工件的特定工序的机床，如主轴箱的专用镗床。这类机床是根据特定工艺要求专门设计、制造与使用的，因此生产率很高，结构简单，适于大批量生产。组合机床是以通用部件为基础，配以少量专用部件组合而成的一种特殊形式的专用机床。

③ 专门化机床(又称专业机床)是用于加工形状相似、尺寸不同工件的特定工序的机床。这类机床的特点介于通用机床与专用机床之间，既有加工尺寸的通用性，又有加工工序的专用性，如精密丝杠车床、凸轮轴车床等，生产率较高，适于成批生产。

数控机床是计算机技术、微电子技术、先进的机床设计与制造技术相结合的产物，适应产品的精密、复杂和小批量的特点。它是一种高效高柔性的自动化机床，代表了金属切削机床的发展方向。加工中心又称自动换刀数控机床，它是具有刀库和自动换刀装置，能够自动更换刀具，对一次装夹的工件进行多工位、多工序加工的数控机床。

(3) 按机床精度分类。同一种机床按其精度和性能，又可分为普通机床、精密机床和

高精度机床。此外,按照机床质量(习惯称重量)大小又可分为仪表机床、中型机床、大型机床、重型机床和超重型机床等。

2) 特种加工机床

特种加工机床近年来发展很快,按其加工原理可分为电加工、超声波加工、激光加工、电子束加工、离子束加工、水射流加工等机床。

(1) 电加工机床。直接利用电能对工件进行加工的机床,统称为电加工机床。一般仅指电火花加工机床、电火花线切割机床和电解加工机床。

① 电火花加工机床是利用工具电极与工件之间的脉冲放电现象从工件上去除微粒材料达到加工要求的机床,主要用于加工硬的导电金属。

② 电火花线切割机床是利用一根移动的金属丝作为电极,在金属丝和工件间通过脉冲放电,并浇上液体介质,使之产生放电腐蚀而进行切割加工的机床。当放置工件的工作台在水平面内按预定轨迹移动时,工件便可切割出所需要的形状,如图 1.3 所示。

③ 电解加工机床是利用金属在直流电流作用下,在电解液中产生阳极溶解的原理对工件进行加工的机床,电解加工又称化学加工。

(2) 超声波加工机床。利用超声波能量对材料进行机械加工的设备称为超声波加工机床。加工时工具做超声振动,并以一定的静压力压在工件上,工件与工具间引入磨料悬浮液。在振动工具的作用下,磨粒对工件材料进行冲击和挤压,加上空化爆炸作用将材料切除。超声波加工适用于特硬材料,如石英、陶瓷、水晶、玻璃等材料的孔加工、套料、切割、雕刻、研磨和超声电加工等复合加工。

(3) 激光加工机床。采用激光能量进行加工的设备统称为激光加工机床。利用激光的极高能量密度产生的上万摄氏度高温聚焦在工件上,使工件被照射的局部在瞬间急剧熔化和蒸发,并产生强烈的冲击波,使熔化的物质爆炸式地喷射出来以改变工件的形状,如图 1.4 所示。激光可以用于所有金属和非金属材料,特别适合于加工微小孔和材料切割。常用于金刚石拉丝模、钟表的宝石轴承、陶瓷、玻璃等非金属材料的加工和硬质合金、不锈钢等金属材料的小孔加工及切割加工。

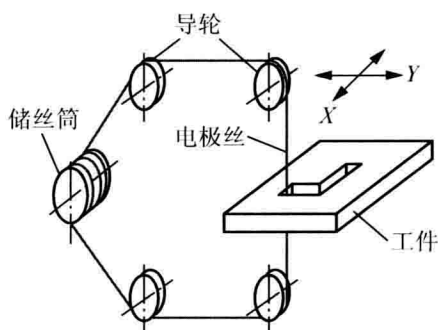


图 1.3 电火花线切割

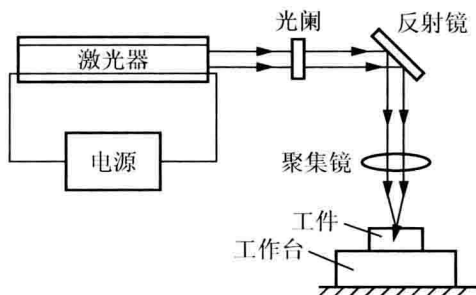


图 1.4 激光加工