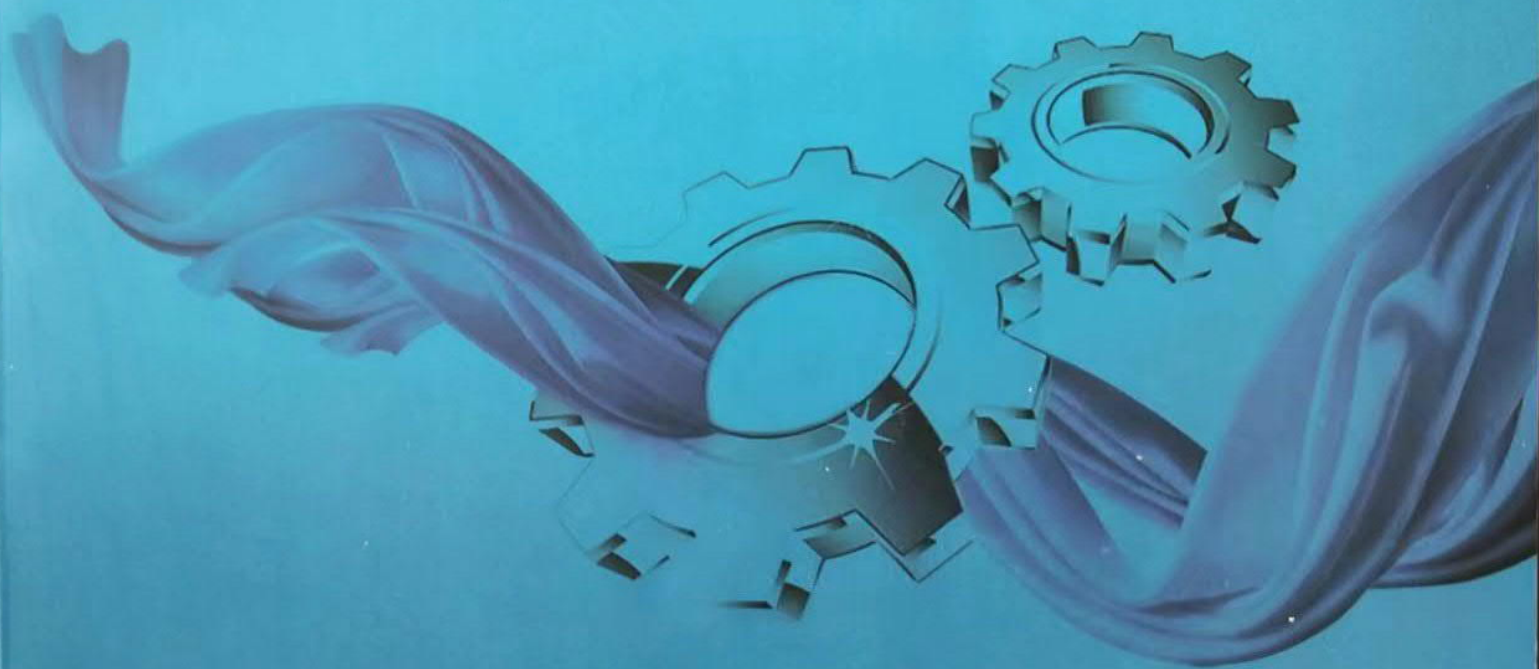



# 机械工程训练教程


张建国 杜 勇 吴晓英 主编



 吉林大学出版社

# 机械工程训练教程

张建国 杜 勇 吴晓英 主编

 吉林大学出版社

· 长春 ·

图书在版编目(CIP)数据

机械工程训练教程 / 张建国, 杜勇, 吴晓英主编. —  
长春: 吉林大学出版社, 2023. 5

ISBN 978-7-5768-1798-0

I. ①机… II. ①张… ②杜… ③吴… III. ①机械工  
程—高等学校—教材 IV. ①TH

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 116671 号

书 名: 机械工程训练教程

JIXIE GONGCHENG XUNLIAN JIAOCHENG

---

作 者: 张建国 杜勇 吴晓英

策划编辑: 黄国彬

责任编辑: 魏丹丹

责任校对: 王寒冰

装帧设计: 姜 文

出版发行: 吉林大学出版社

社 址: 长春市人民大街 4059 号

邮政编码: 130021

发行电话: 0431-89580028/29/21

网 址: <http://www.jlup.com.cn>

电子邮箱: [jldxcbs@sina.com](mailto:jldxcbs@sina.com)

印 刷: 天津和萱印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 22.75

字 数: 500 千字

版 次: 2023 年 5 月 第 1 版

印 次: 2023 年 5 月 第 1 次

书 号: ISBN 978-7-5768-1798-0

定 价: 59.50 元

---

版权所有 翻印必究

## 前 言

本教材是根据国家“高等学校本科教学质量与教学改革工程”的精神及教育部工程训练教学指导委员会对工程训练课程教学改革的指导意见，参照创新性应用型人才培养目标要求，结合参编老师们多年的教学实践成果与现代生产特点编写而成。

本教材在传统金工实习内容的基础上引入了现代工程训练的新理念、新方法，充实了创新性应用型人才培养的新知识、新工艺、新技术，增加了实践中常见问题解析与机械零件工艺设计基础内容，更有利于培养学生思考问题与科学探究的兴趣；在每项实训技术后充实了针对性的安全操作规程，突出了“安全第一”在工程训练课程中的重要地位，有利于学生安全意识的培养与形成。全书内容包括工程训练概述、金属材料与热处理、铸造、锻压、焊接、金属切削基础与常见测量技术、钳工、车削、铣削、磨削、刨削、机械零件工艺设计基础、数控加工、特种加工、工程创新技术，在特种加工与工程创新技术章节中引入了电火花线切割、激光加工、逆向工程与3D打印等新加工技术和柔性制造系统、慧鱼创新设计、陶艺、自行车拆装等创新实践技能。

本教材由晋中学院机械系与工程训练中心组织编写，得到了“晋中学院应用性教材建设项目”的立项资助。全书共分15章，参加编写的老师有张建国(第1、12章)、杜勇(第13章、第14章14.4、第15章15.1~15.2)、吴晓英(第8、10、11章、第14章14.5)、刘金丽(第6、9章)、李永红(第7章、第15章15.4)、李春林(第2章)、赵海瑞(第3章)、陈园园(第4章)、耿建明(第5章)、刘慧玲(第14章14.1~14.3)、王向阳(第15章15.3)。全书由张建国、杜勇、吴晓英担任主编，刘慧玲、刘金丽担任副主编，太原理工大学郝兴明教授主审。

本教材内容覆盖面宽，取舍伸缩性强，可适应普通高等学校不同专业、不同学时的教学需求，可作为普通高等学校，特别是应用型普通高等学校各专业的教材和参考书，也可供高职类工科院校选用及机械制造工程技术人员学习参考。

本教材在编写过程中，参考和引用了一些教材中的内容和插图，所用参考文献均已

列在书后，谨在此对相关作者及出版社表示感谢。

本教材涉及内容多，范围广，由于编者水平有限，书中难免有不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者  
2022年10月

# 目 录

第 1 章 工程训练概述 .....	(1)
1.1 金工实习(机械制造实习)与工程训练 .....	(1)
1.1.1 金工实习(机械制造实习) .....	(1)
1.1.2 工程训练 .....	(2)
1.1.3 工程训练与金工实习(机械制造实习) .....	(3)
1.2 工业系统与机械制造 .....	(4)
1.2.1 工业系统 .....	(4)
1.2.2 制造的相关概念 .....	(6)
1.2.3 机械制造生产环节与机械制造系统 .....	(6)
1.3 工程训练中的安全 .....	(8)
1.3.1 安全在工程训练中的重要地位 .....	(8)
1.3.2 工程训练中安全的内容 .....	(8)
1.3.3 如何做好工程训练中的安全工作 .....	(9)
1.4 工程训练课程的学习及考核方法 .....	(10)
1.4.1 工程训练课程的学习方法 .....	(10)
1.4.2 工程训练课程的考核方法 .....	(10)
作业与思考 .....	(11)
第 2 章 金属材料与热处理技术 .....	(12)
2.1 金属材料基础知识 .....	(12)
2.1.1 金属的晶体结构 .....	(13)

2.1.2	铁碳合金相图 .....	(14)
2.2	金属材料力学性能 .....	(16)
2.2.1	强度 .....	(16)
2.2.2	塑性 .....	(17)
2.2.3	冲击韧度 .....	(17)
2.2.4	硬度 .....	(18)
2.3	零件热处理工艺 .....	(19)
2.3.1	退火和正火 .....	(20)
2.3.2	钢的淬火和回火 .....	(23)
2.3.3	典型零件的热处理工艺 .....	(24)
2.4	综合技能训练课题 .....	(26)
2.4.1	金属的力学性能测试 .....	(26)
2.4.2	铁碳合金平衡组织观察 .....	(27)
2.4.3	碳钢的热处理 .....	(28)
2.5	实践中常见问题解析 .....	(29)
2.6	热处理实训安全技术 .....	(30)
	作业与思考 .....	(30)
<b>第3章</b>	<b>铸造技术 .....</b>	<b>(32)</b>
3.1	铸造概述 .....	(32)
3.1.1	基本定义 .....	(32)
3.1.2	铸造生产的特点 .....	(32)
3.1.3	铸造的分类 .....	(33)
3.2	砂型铸造 .....	(33)
3.2.1	造型用工艺装备及工具 .....	(34)
3.2.2	造型材料 .....	(35)
3.2.3	造型(制芯)方法 .....	(37)
3.2.4	铸造工艺设计 .....	(42)
3.3	熔炼与浇注 .....	(45)
3.3.1	合金的熔炼 .....	(45)
3.3.2	浇注系统、冒口与冷铁 .....	(46)
3.3.3	浇注 .....	(48)
3.3.4	落砂、清理和检验 .....	(49)
3.4	特种铸造 .....	(49)

## 目 录

3.4.1	熔模铸造(失蜡铸造)	(49)
3.4.2	金属型铸造	(51)
3.4.3	压力铸造	(51)
3.4.4	离心铸造	(52)
3.4.5	消失模铸造	(52)
3.4.6	低压铸造	(53)
3.5	铸件结构设计	(54)
3.5.1	铸造工艺对铸件结构的要求	(54)
3.5.2	合金铸造性能对铸件结构的要求	(55)
3.5.3	不同铸造方法对铸件结构的要求	(56)
3.6	综合技能训练课题	(57)
3.6.1	铸造工艺方案的确定	(57)
3.6.2	造型工艺过程	(58)
3.7	实践中常见问题解析	(59)
3.7.1	铸件的常见缺陷	(59)
3.7.2	铸件的常见缺陷的鉴别	(61)
3.8	铸造安全技术	(64)
	作业与思考	(64)
<b>第4章</b>	<b>锻压技术</b>	<b>(66)</b>
4.1	自由锻	(66)
4.1.1	锻造工艺特点及应用	(66)
4.1.2	锻造设备	(66)
4.1.3	锻造方法	(68)
4.1.4	锻件结构的工艺性	(70)
4.2	模锻与胎模锻	(72)
4.2.1	锻造工艺特点及应用	(72)
4.2.2	锻造设备	(73)
4.2.3	锻造方法	(78)
4.2.4	锻造结构工艺性	(78)
4.3	板料冲压	(79)
4.3.1	板料冲压特点及应用	(79)
4.3.2	冲裁	(80)
4.3.3	拉伸	(82)



4.3.4	弯曲	(84)
4.3.5	成型	(84)
4.3.6	板料冲压件的结构工艺性	(86)
4.4	现代锻压加工技术与发展趋势	(87)
4.4.1	精密模锻	(87)
4.4.2	挤压	(88)
4.4.3	轧制成形	(89)
4.4.4	超塑性变形	(90)
4.4.5	塑性加工发展趋势	(90)
4.5	综合技能训练课题	(91)
4.5.1	锻造技术基本操作	(92)
4.5.2	锻造范例	(93)
4.5.3	板料冲压技能操作	(94)
4.5.4	板料冲压范例	(95)
4.6	实践中常见问题解析	(96)
4.7	锻压操作安全技术	(97)
	作业与思考	(98)
<b>第5章</b>	<b>焊接技术</b>	<b>(99)</b>
5.1	手工电弧焊	(100)
5.1.1	手工电弧焊焊接过程	(100)
5.1.2	手工电弧焊焊接设备	(101)
5.1.3	手工电弧焊焊条	(101)
5.1.4	手工电弧焊焊接工艺	(103)
5.1.5	焊接接头设计与焊接位置	(104)
5.2	气焊与气割	(106)
5.2.1	气焊火焰	(106)
5.2.2	气焊设备	(106)
5.2.3	气割	(107)
5.2.4	等离子弧焊与切割	(108)
5.3	其他焊接方法及焊接机器人	(109)
5.3.1	电阻焊	(109)
5.3.2	CO <sub>2</sub> 气体保护焊	(110)
5.3.3	氩弧焊	(111)

---

---

5.3.4	激光焊接 .....	(112)
5.3.5	焊接机器人 .....	(112)
5.4	综合技能训练课题 .....	(113)
5.4.1	焊接技能操作 .....	(113)
5.4.2	焊接范例 .....	(114)
5.5	实践中常见问题解析 .....	(115)
5.5.1	焊接接头的常见缺陷 .....	(115)
5.5.2	焊接应力和变形 .....	(116)
5.6	焊接操作安全技术 .....	(117)
	作业与思考 .....	(117)
<b>第 6 章</b>	<b>金属切削基础与常用测量技术 .....</b>	<b>(118)</b>
6.1	金属切削基础知识 .....	(118)
6.1.1	切削运动 .....	(118)
6.1.2	切削要素 .....	(119)
6.1.3	金属切削过程 .....	(120)
6.1.4	车刀、麻花钻的几何形状及磨损 .....	(121)
6.2	加工精度和表面粗糙度 .....	(128)
6.2.1	尺寸精度 .....	(128)
6.2.2	形状精度 .....	(129)
6.2.3	位置精度 .....	(130)
6.2.4	表面粗糙度 .....	(130)
6.3	常用量具及测量技术 .....	(131)
6.3.1	游标卡尺 .....	(131)
6.3.2	千分尺 .....	(133)
6.3.3	百分表及杠杆百分表 .....	(135)
6.3.4	内径百分表 .....	(136)
6.3.5	万能角度尺 .....	(137)
6.3.6	塞规及卡规 .....	(137)
6.4	综合技能训练课题 .....	(138)
6.4.1	车刀的刃磨 .....	(138)
6.4.2	典型机械零件的测量 .....	(139)
6.5	实践中常见问题解析 .....	(140)
6.5.1	刀具磨损较快原因的分析 .....	(140)

6.5.2	切削中的质量分析 .....	(140)
6.5.3	量具测量不准确的原因分析 .....	(141)
6.6	刀具修磨安全技术 .....	(141)
	作业与思考 .....	(141)
<b>第7章</b>	<b>钳工技术 .....</b>	<b>(142)</b>
7.1	钳工操作基础 .....	(142)
7.1.1	钳工加工的作用及内容 .....	(142)
7.1.2	钳工加工常用设备和工具 .....	(142)
7.2	划线 .....	(145)
7.2.1	划线的作用 .....	(146)
7.2.2	常用的划线工具与量具 .....	(146)
7.2.3	划线基准 .....	(149)
7.3	锯削 .....	(149)
7.3.1	锯削工具 .....	(149)
7.3.2	锯削操作 .....	(150)
7.4	锉削 .....	(152)
7.4.1	锉削的相关知识 .....	(152)
7.4.2	锉削加工方法及检测 .....	(153)
7.5	錾削 .....	(156)
7.5.1	錾削的相关知识 .....	(156)
7.5.2	錾削操作技术 .....	(157)
7.6	钻、扩、铰、铰孔加工 .....	(160)
7.6.1	钻、扩、铰、铰孔的相关知识 .....	(160)
7.6.2	钻孔与扩孔、铰孔、铰孔操作 .....	(162)
7.7	攻螺纹与套螺纹 .....	(164)
7.7.1	攻螺纹相关知识 .....	(164)
7.7.2	攻螺纹的操作方法 .....	(166)
7.7.3	套螺纹相关知识 .....	(167)
7.7.4	套螺纹的操作方法 .....	(167)
7.8	综合技能训练课题 .....	(168)
7.8.1	综合技能训练课题:划线与锯割 .....	(168)
7.8.2	综合基本技能训练课题:锉削、划线与锯割 .....	(169)
7.8.3	综合基本技能训练课题:制作手锤头 .....	(171)

---

---

7.9 钳工操作安全技术 .....	(173)
作业与思考 .....	(173)
<b>第8章 车削加工技术 .....</b>	<b>(174)</b>
8.1 车床、车削加工与刀具 .....	(174)
8.1.1 车床基本构造及车削加工 .....	(174)
8.1.2 车刀 .....	(175)
8.2 车削外圆、端面和钻中心孔 .....	(177)
8.2.1 车削外圆、端面和钻中心孔操作的相关知识 .....	(177)
8.2.2 车削外圆、端面和钻中心孔操作的加工实例 .....	(181)
8.3 在车床上钻、扩、镗和铰圆柱孔 .....	(181)
8.3.1 钻、扩、镗和铰孔操作的相关知识 .....	(181)
8.3.2 钻、扩、镗和铰孔操作的加工实例 .....	(183)
8.4 在车床上工件车槽和工件的切断 .....	(183)
8.4.1 车削槽和工件切断操作的相关知识 .....	(183)
8.4.2 车削槽和工件切断操作的实例 .....	(184)
8.5 车削内、外圆锥面 .....	(185)
8.5.1 车削内、外圆锥面操作的相关知识 .....	(185)
8.5.2 车削内、外圆锥面的加工方法 .....	(185)
8.5.3 车削圆锥孔操作的实例 .....	(187)
8.6 车削螺纹 .....	(187)
8.6.1 车削螺纹操作的相关知识 .....	(187)
8.6.2 车削螺纹的加工方法 .....	(188)
8.6.3 车削螺纹操作的加工实例 .....	(189)
8.7 综合技能训练课题 .....	(189)
8.8 实践中常见问题解析 .....	(190)
8.8.1 车削外圆时的注意事项 .....	(190)
8.8.2 车削平面时的注意事项 .....	(190)
8.8.3 车削孔时的注意事项 .....	(190)
8.8.4 车削圆锥时的注意事项 .....	(191)
8.8.5 车削螺纹时的注意事项 .....	(191)
8.8.6 车削槽和切断工件时的注意事项 .....	(191)
8.9 车工操作安全技术 .....	(191)
8.9.1 人身安全注意事项 .....	(191)

8.9.2 设备安全注意事项 .....	(192)
作业与思考 .....	(192)
<b>第9章 铣削加工技术 .....</b>	<b>(193)</b>
9.1 铣削、铣床、铣刀及铣床附件 .....	(193)
9.1.1 铣削概述 .....	(193)
9.1.2 铣床 .....	(194)
9.1.3 铣刀 .....	(196)
9.1.4 铣床附件 .....	(200)
9.1.5 铣床夹具与定位 .....	(202)
9.2 典型表面铣削工艺 .....	(204)
9.2.1 圆弧表面的铣削 .....	(204)
9.2.2 沟槽表面的铣削 .....	(205)
9.2.3 平面的铣削 .....	(209)
9.2.4 成型表面的铣削 .....	(212)
9.3 综合技能训练课题 .....	(214)
9.3.1 铣床操作技能训练 .....	(214)
9.3.2 铣削范例 .....	(216)
9.4 实践中常见问题解析 .....	(218)
9.5 铣工操作安全技术 .....	(219)
作业与思考 .....	(220)
<b>第10章 磨削加工技术 .....</b>	<b>(221)</b>
10.1 平面磨削 .....	(221)
10.1.1 平面磨床 .....	(221)
10.1.2 砂轮 .....	(222)
10.1.3 平面磨削工艺 .....	(223)
10.1.4 平面磨削技能训练课题 .....	(224)
10.2 外圆磨削 .....	(225)
10.2.1 外圆磨床 .....	(225)
10.2.2 外圆磨削工艺 .....	(226)
10.2.3 外圆磨削技能训练课题 .....	(227)
10.3 内圆磨削 .....	(228)
10.3.1 内圆磨床 .....	(228)

---

---

10.3.2	内圆磨削工艺 .....	(228)
10.3.3	内圆磨削技能训练课题 .....	(229)
10.4	实践中常见问题解析 .....	(230)
10.4.1	平面磨削常见缺陷的产生原因 .....	(230)
10.4.2	外圆磨削常见缺陷的产生原因 .....	(230)
10.4.3	内圆磨削常见缺陷的产生原因 .....	(231)
10.5	磨工操作安全技术 .....	(231)
	作业与思考 .....	(232)
<b>第 11 章</b>	<b>刨削加工技术 .....</b>	<b>(233)</b>
11.1	刨削机床与刨刀 .....	(233)
11.1.1	刨削机床 .....	(233)
11.1.2	刨削刀具 .....	(234)
11.2	刨削工艺 .....	(234)
11.3	刨削技能训练课题 .....	(237)
11.4	实践中常见问题解析 .....	(238)
11.5	刨削操作安全技术 .....	(238)
	作业与思考 .....	(238)
<b>第 12 章</b>	<b>机械零件工艺设计基础 .....</b>	<b>(240)</b>
12.1	基本表面工艺设计方案 .....	(240)
12.1.1	外圆表面加工方案 .....	(240)
12.1.2	内圆表面加工方案 .....	(241)
12.1.3	平面加工方案 .....	(243)
12.1.4	成型表面加工方案 .....	(244)
12.2	综合技能训练课题 .....	(248)
12.2.1	轴类零件工艺方案设计 .....	(249)
12.2.2	箱体类零件工艺方案设计 .....	(252)
12.2.3	轮盘类零件工艺方案设计 .....	(254)
12.2.4	叉架类零件工艺方案设计 .....	(255)
12.3	实践中常见问题解析 .....	(257)
12.3.1	生产类型与工艺条件 .....	(257)
12.3.2	毛坯成型方法的选择 .....	(258)
12.3.3	工序余量的设计 .....	(258)

作业与思考 .....	(261)
<b>第 13 章 数控加工技术 .....</b>	<b>(262)</b>
13.1 数控加工基础知识 .....	(262)
13.1.1 数控机床及其加工特点 .....	(262)
13.1.2 数控加工原理及编程基础 .....	(263)
13.2 数控车削加工 .....	(265)
13.2.1 数控车床简介 .....	(265)
13.2.2 数控车削加工工艺基础 .....	(266)
13.2.3 数控车削编程 .....	(267)
13.2.4 数控车削专项技能训练课题 .....	(268)
13.3 数控铣削加工 .....	(270)
13.3.1 数控铣床简介 .....	(270)
13.3.2 数控铣削加工工艺基础 .....	(270)
13.3.3 数控铣削编程 .....	(271)
13.3.4 数控铣削专项技能训练课题 .....	(273)
13.4 加工中心加工 .....	(274)
13.4.1 加工中心机床简介 .....	(274)
13.4.2 加工中心专项技能训练课题 .....	(274)
13.5 实践中常见问题解析 .....	(275)
13.6 数控机床操作安全技术 .....	(275)
作业与思考 .....	(276)
<b>第 14 章 特种加工技术 .....</b>	<b>(277)</b>
14.1 特种加工技术概述 .....	(277)
14.1.1 特种加工技术产生背景 .....	(277)
14.1.2 特种加工技术的特点 .....	(278)
14.1.3 特种加工技术及应用 .....	(278)
14.2 电火花加工技术 .....	(278)
14.2.1 电火花成型加工原理与分类 .....	(278)
14.2.2 电火花加工特点与应用 .....	(279)
14.2.3 电火花成形加工设备 .....	(280)
14.2.4 电火花成形加工的操作 .....	(282)
14.2.5 电火花成型加工安全操作规程 .....	(284)

## 目 录

14.3	电火花线切割加工技术	(285)
14.3.1	电火花线切割加工的工作原理	(285)
14.3.2	电火花线切割加工的特点与应用	(285)
14.3.3	电火花线切割机床	(286)
14.3.4	电火花线切割加工工艺	(287)
14.3.5	电火花线切割加工的数控编程基础	(288)
14.3.6	电火花线切割机床的基本操作	(290)
14.3.7	电火花线切割加工技能综合训练	(290)
14.3.8	电火花线切割加工安全操作规程	(292)
14.4	激光加工技术	(293)
14.4.1	激光加工技术概述	(293)
14.4.2	激光加工设备简介	(294)
14.4.3	激光加工技能训练课题	(296)
14.4.4	激光加工设备安全操作规程	(297)
14.5	逆向工程与3D打印技术	(297)
14.5.1	逆向工程概述	(297)
14.5.2	逆向工程与数据测量技术、设备及软件介绍	(298)
14.5.3	逆向工程与数据测量技术技能训练课题	(300)
14.5.4	数据测量操作注意事项	(304)
14.5.5	3D打印技术概述	(305)
14.5.6	3D打印设备及操作技术	(305)
14.5.7	3D打印技术技能训练课题	(308)
14.5.8	3D打印设备安全操作规程	(309)
	作业与思考	(309)
<b>第15章</b>	<b>工程创新技术</b>	<b>(310)</b>
15.1	柔性制造系统	(310)
15.1.1	柔性制造系统概述	(310)
15.1.2	柔性制造系统的组成与应用	(312)
15.1.3	柔性制造系统安全操作规程	(318)
15.2	慧鱼创新设计	(319)
15.2.1	慧鱼创意组合简介	(319)
15.2.2	慧鱼创意组合模型	(319)
15.2.3	ROBOTICS TXT 控制器	(321)



---

---

15.2.4	ROBO Pro 软件介绍 .....	(324)
15.2.5	慧鱼创新实践训练课题 .....	(325)
15.2.6	慧鱼创新设计操作安全规程 .....	(326)
15.3	陶艺制作技术 .....	(326)
15.3.1	陶艺概述 .....	(326)
15.3.2	陶艺制作常用泥料与设备 .....	(326)
15.3.3	陶艺基本成型方法 .....	(327)
15.3.4	陶艺装设方法 .....	(333)
15.3.5	陶艺烧成工艺 .....	(335)
15.3.6	陶艺实践训练课题 .....	(336)
15.3.7	陶艺制作安全操作规程 .....	(337)
15.4	机械产品装配技术 .....	(337)
15.4.1	机械产品及装配技术概述 .....	(337)
15.4.2	机械产品装配技术实训课题 .....	(339)
15.4.3	机械产品拆装安全规程 .....	(342)
	作业与思考 .....	(342)
	参考文献 .....	(344)