

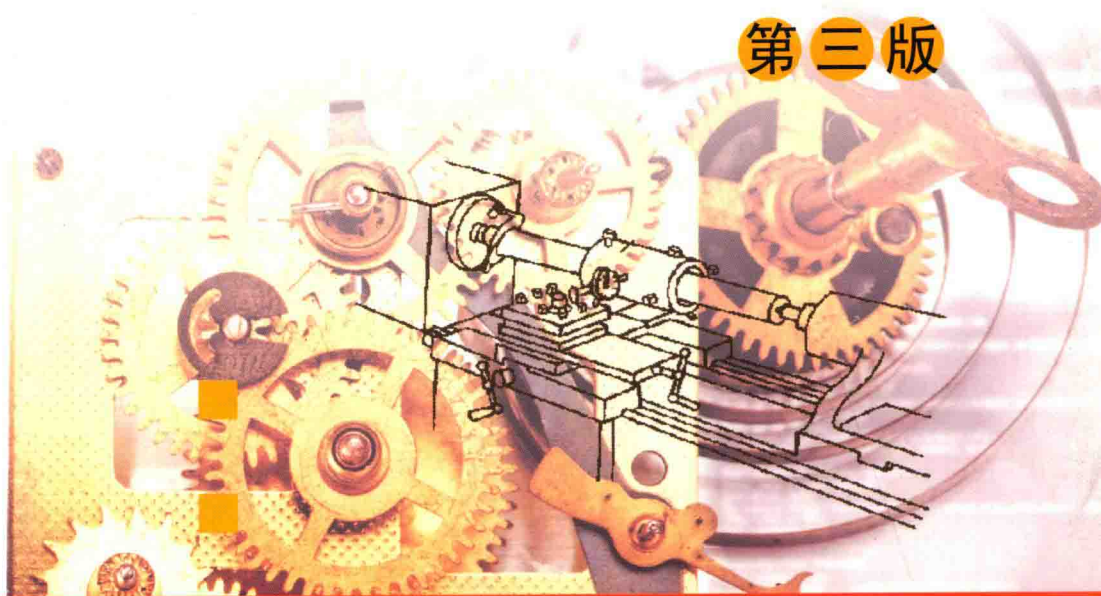


“十二五” 江苏省高等学校重点教材

工程训练

主 编 祝小军 文西芹
主 审 张永忠

第三版



GONGCHENGXUNLIAN



南京大学出版社



“十二五”江苏省高等学校重点教材

编号: 2014-1-090

工程训练

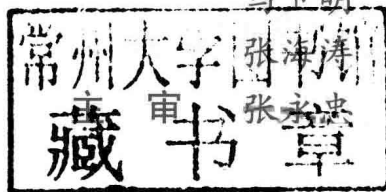
主 编 祝小军 文西芹

副主编 成 岗 刘 虎 杨瑞军

编 委 (按姓氏笔画为序)

马卫明 邵 立

陶 俊



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程训练 / 祝小军,文西芹主编. —3 版. —南京:
南京大学出版社,2016.1

21 世纪应用型本科院校规划教材

ISBN 978-7-305-16383-8

I. ①工… II. ①祝…②文… 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(2016)第 009712 号

出 版 者 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093

出 版 人 金鑫荣

丛 书 名 21 世纪应用型本科院校规划教材

书 名 工程训练(第三版)

主 编 祝小军 文西芹

责任编辑 贾 辉 吴 汀 编辑热线 025-83686531

照 排 南京紫藤制版印务中心

印 刷 南京人文印务有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 15 字数 374 千

版 次 2016 年 1 月第 3 版 2016 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-16383-8

定 价 30.00 元

网 址: <http://www.njupco.com>

官方微博: <http://weibo.com/njupco>

官方微信: njupress

销售咨询热线: (025)83594756

* 版权所有,侵权必究

* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换

第三版前言

本书是根据教育部颁布的高等工科院校“工程训练教学基本要求”和教育部工程材料及机械制造基础课程指导小组修订的“工程训练教学基本要求”的精神,并结合培养应用型工程技术人才的实践教学特点而编写的。

工程训练是一门实践性很强的技术基础课,是工科大学生必备的基本功训练,包括了传统机械制造的冷加工和热加工以及现代制造的各种常用加工方法,如铸造、锻造、冲压、焊接、热处理、车削加工、铣削加工、磨削加工、刨削加工、钳工、数控加工、特种加工和快速成形等内容,并将常用加工方法的操作规程放在网络资源(二维码)中供学习。尤其是机械类和近机类各专业学生学习机械制造的基本工艺方法,培养工程素质和创新能力的重要必修课。

工程训练的主要任务是:

1. 了解机械制造的一般过程。熟悉机械零件的常用加工方法、主要设备的工作原理和安全操作规程。了解机械制造的基本工艺知识和一些新装备、新工艺、新技术在机械制造中的应用。

2. 对简单机械零件具有初步进行工艺分析和选择加工方法的能力。在主要工种上应具有独立完成简单零件加工制造的实践能力。

3. 培养劳动观念、创新精神和理论联系实际科学作风。初步建立市场、信息、质量、成本、效益、安全、团队和环保等工程意识。

在编写过程中,编者根据多年实践教学经验,力求反映上述要求,使教材突出了以下特点:

1. 以实践为基础,注重教材内容的基础性、实用性,理论够用为度,文字简明扼要,图文并茂,力求起到指导实践教学的目的。

2. 以传统工艺为基础,强调先进的制造装备、制造工艺和制造方法,并较好地处理了传统制造工艺和现代制造工艺之间的比例关系。

3. 注重培养学生理论联系实践的意识、安全生产的意识,通过实际制作作品来强化学生的训练效果,激励学生的学习潜力,培养学生的创新意识。

4. 各章后的复习思考题体现了教学基础要求,以帮助学生明确实习要求和

掌握重要内容。

本书由祝小军、文西芹担任主编,并负责全书的统稿;成岗、刘虎、杨瑞军担任副主编;中国矿业大学张永忠教授担任主审。

参加本书编写的有祝小军、文西芹、杨瑞军、陶俊、张海涛、刘虎、成岗、马卫明、邵立等老师。本书第二版于2011年被江苏省教育厅评为省精品教材,第三版于2015年被评为“十二五”江苏省高等学校重点教材。

本书参考和引用了不少同类教材和资料,在此也向相关作者表示衷心感谢!

本书编写过程中得到了淮海工学院工程训练中心、盐城工学院工程训练中心指导教师的大力支持,同时也得到了盐城工学院教材基金资助出版,在此深表感谢!

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请广大读者批评指正,以求改进!

编 者

2016年1月



目 录

第一章 绪论	1
第一节 工程训练的主要内容、目的要求	1
一、主要内容	1
二、目的要求	3
三、学习方法和注意事项	4
四、制造技术的发展趋势	4
第二节 工程训练的安全技术与要求	5
一、主观因素	5
二、设备和工具因素	5
三、用电因素	5
四、空间位置和环境因素	6
第二章 铸造训练	7
第一节 概述	7
一、铸造成型技术生产特点	7
二、铸造的分类	7
三、铸造生产过程	7
第二节 砂型铸造	8
一、型(芯)砂、模样、砂型、芯盒、型芯的基本概念及其相互关系	8
二、手工造型	12
三、机器造型简介	18
四、制造型芯	18
五、砂型铸造工艺设计	19
第三节 特种铸造简介	21
一、熔模铸造(失蜡铸造)	21
二、金属型铸造	21
三、压力铸造	22
四、离心铸造	22
五、真空造型铸造	23
六、连续铸造	23
复习思考题	23

第三章 锻压训练	24
第一节 概述	24
第二节 锻造	24
一、坯料的加热和锻件的冷却	25
二、自由锻	25
第三节 板料冲压	30
一、冲压设备	30
二、冲压基本工序	31
三、冲压模具	33
四、板料冲压综合实例分析	34
复习思考题	36
第四章 焊接训练	37
第一节 概述	37
一、熔化焊接	37
二、压力焊接	37
三、钎焊	37
第二节 手工电弧焊	37
一、焊接过程和焊接电弧	38
二、接头形式、坡口形式及焊缝空间位置	38
三、焊接工艺参数	40
四、手工电弧焊操作过程	40
第三节 气焊和气割	41
一、气焊	41
二、气割	43
第四节 其他焊接方法	44
一、气体保护焊	44
二、埋弧自动焊	46
三、电阻焊	46
四、超声波焊	47
五、爆炸焊	48
六、钎焊	48
七、电渣焊	48
八、电子束焊	48
九、激光焊	48
第五节 焊接缺陷分析与焊接质量检验	49
一、焊接缺陷分析	49
二、焊件质量检验	50
第六节 典型零件焊接训练	50

一、准备工作	51
二、焊接过程	51
三、焊后清理检查	51
复习思考题	51
第五章 热处理训练	52
第一节 金属材料热处理	52
一、钢的普通热处理	53
二、钢的表面热处理	55
第二节 热处理常用设备	56
一、电阻炉	56
二、浴炉	57
三、其他热处理炉	58
四、冷却设备	58
复习思考题	59
第六章 普通车削加工训练	60
第一节 概述	60
一、车工切削用量三要素及其合理运用	60
二、车削加工的范围	61
第二节 车床	62
一、CY6140 卧式车床的型号及含义	62
二、主要组成部分及作用	62
三、机床的传动系统	63
第三节 车刀及其量具	64
一、车刀的组成	64
二、常用的车刀种类和用途	64
三、车刀的安装	65
四、游标卡尺、游标深度尺和游标高度尺	65
五、螺旋测微器	66
六、百分表	67
七、万能角度尺	68
第四节 车削加工基本方法	68
一、车外圆和端面	68
二、车削锥面	71
三、钻孔、镗孔和铰孔	72
四、切断	73
五、车槽	74
六、车成形面	74

七、车螺纹	75
八、滚花	77
第五节 典型零件车削加工	77
一、轴类零件的车削加工	77
二、盘套类零件的车削加工	79
复习思考题	81
第七章 普通铣削加工训练	82
第一节 概述	82
一、铣削运动与铣削要素	82
二、铣削加工范围	83
三、铣削加工的特点	84
第二节 铣床	84
一、卧式铣床	84
二、立式铣床	85
三、龙门铣床	85
第三节 铣刀	86
一、铣刀的种类	86
二、铣刀的安装	86
第四节 铣床的附件及工件装夹	87
一、铣床的附件	87
二、工件的安装	89
第五节 铣削基本操作	91
一、铣削平面	91
二、铣削斜面	92
三、铣削沟槽	93
四、铣削成形面	94
五、铣削齿形	94
第六节 铣削加工实例	95
复习思考题	96
第八章 刨削加工训练	97
第一节 概述	97
一、刨削运动与刨削用量	97
二、刨削加工的特点	98
第二节 刨床	98
一、牛头刨床	98
二、龙门刨床	99
三、插床	99

第三节 刨削基本训练	100
一、工件的安装	100
二、刨削水平面	100
三、刨削垂直面和斜面	100
四、刨削沟槽	101
第四节 刨削加工实例	103
复习思考题	105
第九章 磨削加工训练	106
第一节 概述	106
一、磨削加工的范围及其工艺特点	106
二、磨削运动与磨削用量	107
第二节 常用磨削加工设备及工艺	108
一、外圆磨床	108
二、内圆磨床及其磨削工艺	111
三、平面磨床及其磨削工艺	112
四、三种磨削方式的工艺特点比较	114
第三节 磨削新工艺	114
第四节 磨削加工实例	115
一、套类零件的磨削	115
二、平面磨削	116
复习思考题	117
第十章 钳工训练	118
第一节 概述	118
一、钳工工作范围	118
二、钳工常用设备	118
第二节 基本操作工艺	119
一、划线	119
二、锉削	123
三、锯削	126
四、钻孔、扩孔和铰孔	127
五、攻丝和套丝	131
六、刮削	133
第三节 装配	134
一、装配的工艺过程	134
二、装配的工作重点	135
三、组件装配示例	135
四、装配常用的连接种类	136

五、典型的装配工作	136
六、机器的拆卸	138
第四节 钳工综合工艺	139
复习思考题	142
第十一章 数控车削加工训练	143
第一节 概述	143
一、数控车床的基本概念	143
二、数控车床的分类	143
三、数控车床的组成	144
四、数控车床的加工特点	145
五、常用数控系统介绍	145
第二节 数控车削加工编程基础	146
一、数控编程的概念及种类	146
二、程序的结构与程序段的格式	146
三、数控车床坐标轴的设定	147
四、机床坐标系与编程坐标系	147
五、系统功能	148
第三节 数控车削加工常用编程指令及示例	151
一、通用编程指令	151
二、常用复合循环指令	152
第四节 数控车床基本操作	155
一、数控系统操作面板	155
二、FANUC-0i-Mate-TB 数控车床操作面板	156
三、FANUC-0i-Mate-TB 系统数控车床的基本操作	156
第五节 数控车削加工综合实例	161
一、根据零件图样要求、毛坯情况,确定装夹方法及加工路线	161
二、选择机床设备	162
三、刀具设置	162
四、确定切削用量	162
五、确定工件坐标系、对刀点和换刀点	162
六、编制加工程序	162
七、操作加工	164
复习思考题	166
第十二章 数控铣削训练	167
第一节 概述	167
一、数控铣床的分类	167
二、数控铣削加工的主要对象	168

第二节 数控铣床编程	168
一、数控铣床的坐标系统	168
二、数控系统功能	170
三、基本编程指令	172
四、固定循环指令	179
第三节 数控铣床的操作	181
一、系统控制面板和机床操作面板	182
二、数控铣床的基本操作	184
第四节 加工中心	187
一、加工中心的功能和特点	187
二、加工中心的种类	187
三、加工中心的加工对象	187
四、编程操作实例	188
五、五轴加工中心简介	191
复习思考题	193
第十三章 特种加工训练	194
第一节 概述	194
一、特种加工的产生及其发展	194
二、特种加工的特点	194
三、特种加工的分类	194
四、特种加工的应用范围	195
第二节 数控电火花成形加工	195
一、电火花加工的基础知识	195
二、电极材料	197
三、电极与工件的安装	198
四、电火花成形加工实例	199
第三节 数控电火花线切割加工	200
一、线切割加工机床分类	200
二、线切割加工原理	200
三、线切割机床的结构	201
四、数控电火花线切割的特点	202
五、线切割加工应用范围	203
六、线切割加工工艺准备	204
七、线切割加工程序的编制	205
八、线切割加工工艺	208
九、线切割加工实例分析	211
第四节 其他特种加工方法简介	212
一、激光加工	212

二、超声波加工	213
三、电解加工(电化学加工)	214
四、电子束加工	215
五、离子束加工简介	216
复习思考题	217
第十四章 快速成形训练	218
第一节 快速成形技术概述与发展趋势	218
一、快速成形技术的基本概念	218
二、常用快速成形技术的类型	219
三、快速成形技术的工艺特点	219
四、快速成形技术的发展方向与趋势	220
第二节 熔融沉积快速成形技术	220
一、熔融沉积快速成形技术的基本原理与工艺过程	220
二、熔融沉积快速成形系统与成形材料	222
第三节 其他快速成形技术简介	223
一、光敏树脂液相固化成形	223
二、分层实体制造成形	223
三、选择性激光烧结成形	224
四、三维打印	225
复习思考题	225
参考文献	226

第一章 绪 论

工程训练是以机械制造为主要内容的技术基础性实践环节。机械制造是我国基础行业,在国民经济和科学技术发展过程中具有十分重要的地位,从家用电器、汽车、船舶到飞机、航天飞行器等都与机械制造行业密不可分,机械制造的技术水平决定了科技产品的发展水平。机械制造行业的发展使我们今天的物质生活丰富多彩,使科学技术突飞猛进。

工程训练的基础是金工实习课程,由于过去机械加工都是以金属材料主要加工对象,便有了“金属加工工艺”的说法,金属加工工艺简称“金工”。随着材料科学的不断发展,许多金属材料被非金属材料所代替,许多机械产品是用非金属材料加工而制成的,如用塑料、陶瓷等,所以名词“金工实习”具有一定的局限性。工程训练既包括了金属材料和非金属材料的加工,也包括了传统的加工工艺方法和先进的加工方法(如数控加工、特种加工)。工程训练是在一定的工程实践环境中对学生进行机械和电子、信息和系统等领域的融工程设计、制造、管理、创新等环节为一体的综合工程技术训练;它不同于课堂教学的理论课,也不同于以验证理论和原理为主的实验课;而是采取工厂化的管理模式,利用对工程技术人员进行素质训练和培养的工作学习环境,以设备操作和零件加工为主要内容,以培养学生的动手能力和工程意识、积累机械工程领域的感性知识为主要目的的实训课;能为后续专业课程的理论学习、课程设计、毕业设计以及将来从事的工程技术工作建立实践基础,具有其他理论课程和实验课程不可替代的作用。

工程训练对机械专业和近机械专业学生非常重要,对非机械专业学生也是很有用的。目前许多学校对非理工专业学生(如文科、艺术类)也开设了这门课,这说明掌握工程实践知识是现代社会对人才的基本要求之一。

第一节 工程训练的主要内容、目的要求

一、主要内容

按加工方法分类,工程训练可分成四个模块:① 热加工模块;② 传统切削加工及钳工模块;③ 数控加工模块;④ 特种加工模块。

工程训练主要内容详见表 1-1。

机械制造专业知识内容丰富,但工程训练涉及的深奥理论和繁杂的原理并不多,经过认真的训练和基本的归纳总结一定能取得意想不到的效果。工程训练强调的是实践性和能力培养,其物化成果是零件,能使同学们产生自我价值实现的感觉。一只苹果,如果只听别人介绍或看书本描述,自己不亲自品尝,你永远也不能体会到苹果的真实味道。作为一名工程技术高级人才,不亲自经历机械制造的基本过程,不接触机床设备和车间厂房,不经过基本的训练,如果仅凭参观了解或通过书本理论学习,你会感到巧妇难为无米之炊,将会在专业

上很难有大的作为。

表 1-1 各工种简介

模 块	工种名称	简 介	主 要 设 备
热加工	铸 工	熔融金属液浇入具有一定形状型腔,凝固后形成与型腔相似的铸件,主要应用于生产复杂零件的毛坯。如塑像、机床床身等	冲天炉、坩埚炉、砂箱等
	锻 压	分为锻造和板料冲压,锻造俗称“打铁”,是指金属材料在外力作用下产生塑性变形,获得所需形状的毛坯,如农具、齿轮毛坯等;板料冲压是指外力作用下使板料产生分离或变形,获得所需形状的零件,如各种罩壳等就是冲压成型的	电阻炉、压力机、胎模、冲模等
	焊 工	通过加热(压)使两个零件永久连接,分为熔焊、压力焊和钎焊等。如各种钢梁结构等就是焊接连接的	电焊机、氩弧焊机、气瓶等
	热 处 理	将零件加热,改变组织结构,以满足各种要求。如刀具的刀口经过热处理,变得更硬更锋利	电阻炉、盐浴炉、硬度计等
传统切削加工及钳工	(普通)车工	在(普通)车床上,工件做旋转运动,车刀按一定的路径移动,切削出一定形状的零件表面,主要加工回转表面、端平面和螺纹	卧式车床、立式车床、仿形车床、转塔车床等
	(普通)铣工	在(普通)铣床上,做旋转运动的铣刀切削零件表面,主要用于加工零件内外表面和沟槽	卧式铣床、立式铣床
	刨 工	在刨床上,用刨刀切削零件表面,主要用于加工平面、简单曲面和沟槽	牛头刨床、龙门刨床、插床
	磨 工	在磨床上用砂轮对零件进行加工,主要用于提高零件精度、降低零件表面粗糙度	外圆磨床、内圆磨床、平面磨床
	钳 工	以手工为主,完成零件的切削加工和产品的装配和维修	立式钻床、摇臂钻床、台式钻床
数控加工	数控车工	在数控车床上,用程序控制切削加工零件表面	数控车床、车削中心
	数控铣工	在数控铣床或加工中心上,用程序控制切削加工零件表面	数控铣床、加工中心
特种加工	线切割加工	做轴向运动的线状电极(铜丝或钼丝等)通过脉冲式火花放电,对按规定轨迹移动的工件进行切割,加工成所需形状的零件	电火花线切割加工机床
	电火花成形加工	又称电腐蚀加工,利用直流脉冲电流对导电材料进行腐蚀以去除材料,以满足一定形状和尺寸要求的一种加工方法	电火花成形加工机床
	激光加工	把光束聚集在工件表面上,使材料瞬间急剧熔化和蒸发,并产生很强的冲击波,使熔化物质爆炸式地喷射去除,利用这种原理可进行打孔、切割等加工	激光打孔机床、激光切割机床
	超声波加工	利用工具作超声频(16~30 Hz)振动,通过磨料撞击和抛磨工件,从而使工件成形的一种加工方法	超声波加工机床

机械产品的加工过程主要经过设计、准备毛坯、加工和装配等阶段,各工种在各阶段中所起作用见图 1-1。

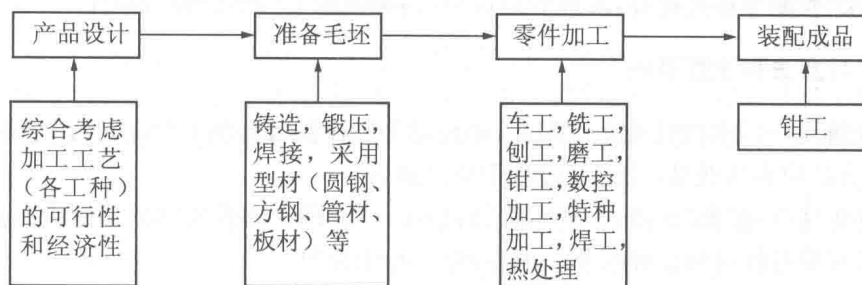


图 1-1 各工种在产品制造过程中的应用

二、目的要求

1. 应达到基本要求

- (1) 了解各工种的主要内容、工艺特点和在产品加工过程中的作用；
- (2) 了解主要设备的结构、用途,掌握其基本操作方法；
- (3) 学会正确使用常规工具、量具和夹具；
- (4) 了解车间布置形式和厂房结构；
- (5) 熟悉管理制度、图纸、工艺文件和安全要求；
- (6) 适应车间工程环境,了解工程术语,避免内行人讲外行话、做外行事、出现低级错误。

2. 增强工程意识,提高工程素质

如今,科学发展观已深入人心,科学发展、可持续发展已成为社会进步的主流,对人才的综合能力也提出了更高的要求。工程训练在原来的“只强调培养动手能力、学习工艺知识”的教学要求基础上,增加了“学习新知识新工艺、增强工程意识和提高工程素质、注重创新能力的培养”的教学要求,是十分必要和卓有远见的。工程训练过程中,“增强工程意识,提高工程素质”的要求是一个综合体,应贯穿于训练过程的始终,具体应在以下几方面得到加强:

- (1) 培养市场意识、管理意识、法律意识、竞争意识、经济意识、质量意识、环境意识和安全意识；
- (2) 发扬脚踏实地、严谨求实、不怕吃苦、埋头苦干、团结合作的奋斗精神；
- (3) 提高从事工程技术工作的兴趣,保持工作和学习的热情。

3. 培养创新能力,适应二十一世纪社会和经济对工程技术人才的要求

创新是一个民族的灵魂,是一个国家兴旺发达的不竭动力。创新能力的培养是教育的基本要求,也是工程训练的主要目标。工程训练基地设备齐全,贴近现代企业的大工程背景,能为培养创新能力提供合适的平台。根据目前的实际情况,主要从以下几方面培养创新能力:

- (1) 在训练中发挥主观能动性,不断思考、讨论和总结,捕捉思想的火花；

- (2) 自主设计产品,自主确定加工方法,自主加工和装配,自主调试产品功能;
- (3) 开放式教学,吸引各类学生到工程训练基地开展各种创新活动;
- (4) 组织和参与各类竞赛,发挥资源优势,为参赛选手提供必要的条件。

三、学习方法和注意事项

工程训练是一门实践性技术基础课,必须动手操作设备和加工产品,与课堂教学有很大区别,学习方法应有所改变,在训练过程中应做到:

- (1) 改变观点,摒弃“重理论、轻实践”的想法,养成理论联系实际的工作作风;
- (2) 课前预习教材和指导书相关内容,做到心中有数;
- (3) 对设备的性能和使用方法不熟悉,严禁上机操作;
- (4) 操作设备时注意力一定要集中,严禁一心二用,认真学习和执行设备安全操作规程,树立“安全第一”的观点,注意手、脑、眼、耳、鼻五官合理利用;
- (5) 遵守劳动纪律,保持良好的教学秩序;
- (6) 认真加工产品,完成作业题和实习报告,做好记录,积极参与讨论。

四、制造技术的发展趋势

制造技术的发展过程与科学技术的发展水平息息相关,与社会总体发展水平和市场需求密不可分,制造技术正向信息化、精密化、智能化、柔性化和绿色化方向发展。

控制技术和信息技术在制造加工业中的应用越来越重要,越来越突出。我们正处在信息时代,计算机技术和信息技术正在全方位渗入到我们社会、生活和科技的各个方面。控制技术和信息技术也正在向制造技术领域注入和融合,促进着产品的设计环节、管理方面、加工技术、加工工艺和设备条件的不断发展,目前正在发展的先进制造技术,都与信息技术的应用和注入有关。目前,基于计算机技术、制造技术和信息技术在制造技术领域的应用,促使制造技术正向智能化方向发展,产生了智能制造这一概念。

德国提出并正在实施的“工业 4.0”战略,体现了制造业强国对未来制造业发展趋势的判读和布局,是以智能制造为主导的第四次工业革命或革命性的生产方法,其目标是推动制造业向智能化转型,进而确保德国制造业的未来。工业 4.0 是连接,要把设备、生产线、工厂、供应商、产品、客户紧密地连接在一起,使得产品与生产设备之间、不同的生产设备之间以及数字世界和物理世界之间能够互联,使得机器、工作部件、系统以及人类通过网络持续地保持数字信息的交流;工业 4.0 是集成,就是企业内部信息流、资金流和物流的集成,是生产环节上的集成,追求的就是在企业内部实现所有信息环节无缝链接;工业 4.0 是数据,数据是区别于传统工业生产体系的本质特征,在“工业 4.0”时代,制造企业的数字将会呈现爆炸式增长态势,包括产品数据、运营数据、价值链数据和外部数据;工业 4.0 是创新,包括技术创新、产品创新、模式创新、业态创新和组织创新;工业 4.0 是转型,从大规模生产向个性化定制转型,从生产型制造向服务型制造转型,从要素驱动向创新驱动转型。总之,工业 4.0 是智能工厂,是智能制造,是信息化与工业化的有机整合。

我国政府于 2015 年 5 月正式发布的《中国制造 2025》规划,是中国版的“工业 4.0”规划。“中国制造 2025”将智能制造作为主攻方向,推进制造过程智能化。在重点领域试点建设智能工厂/数字化车间,加快人机智能交互、工业机器人、智能物流管理、增材制造等技术