

机械工程实训指导

Jixie Gongcheng Shixun Zhidao

张海军 主 编

乔志霞 副主编

张海军



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

机械工程实训指导

张海军 主 编
乔志霞 副主编

图书在版编目(CIP)数据

机械工程实训指导 / 张海军主编. — 天津: 天津
大学出版社, 2019.1

ISBN 978-7-5618-6287-2

I. ①机… II. ①张… III. ①机械工程 - 高等学校 -
教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 273717 号

出版发行 天津大学出版社
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647
网 址 publish.tju.edu.cn
印 刷 廊坊市海涛印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm × 260mm
印 张 14.25
字 数 356 千
版 次 2019 年 1 月第 1 版
印 次 2019 年 1 月第 1 次
定 价 30.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

本教材根据教育部最新颁布的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》,并结合各兄弟院校教学改革经验与教学需求,专为二本院校,特别是实训周数为三周、四周的机类或近机类各专业工程实训编写而成。在本教材编写过程中,坚持体现教材内容深广度适中、够用的原则,对传统的内容进行筛选,对基本工艺本着“少、精、严”的原则,对压力加工、热处理、塑料成型基础、无机非金属材料成型等实训效果不好的项目进行了减缩及取舍,对钳工、车削、焊接、铸造等实际操作性强且有利于提升动手能力的项目进行了加强及细化,对数控技术、特种加工里的线切割等原来稀有但现在已经普及的加工手段进行了强化,有助于学生预习后能编程,并实际加工自己设计的零件,真正提高学生的技能。本教材可作为高等学校机类、近机类各专业的工程实训教材,亦可供高职、高专、成人高校有关学生和工程技术人员参考使用。

本教材具有如下特点:

- (1) 内容精选,重点突出;
- (2) 叙述精练,言之有物;
- (3) 图示丰富,实践性强;

(4) 按加工阶段分类组织教材内容,对学生系统理解各工种在加工中的地位很有益处。

本教材第1篇中第2章由天津商业大学机械工程学院乔志霞编写,其他内容皆由天津商业大学机械工程学院张海军编写。笔者翻阅了大量参考文献,有一部分图片、图表通过网络搜索或百度文库下载获得。恳请使用用户对书中疏漏之处批评指正。

编 者

2018年10月

目 录

绪论	(1)
----------	-----

第1篇 毛坯制作

概述	(7)
第1章 铸造	(10)
第1节 概述	(10)
第2节 型砂	(12)
第3节 造型	(13)
第4节 造芯	(19)
第5节 铸造合金种类与浇注	(21)
第6节 铸件落砂、清理及缺陷分析	(23)
第7节 特种铸造	(24)
第2章 压力加工	(31)
第1节 锻造生产过程	(31)
第2节 自由锻造	(33)
第3节 板料冲压	(37)
第3章 焊接	(41)
第1节 焊条电弧焊	(42)
第2节 气焊与气割	(50)
第3节 其他焊接方法	(54)
第4节 焊接质量与缺陷分析	(56)

第2篇 钳工

第1章 钳工简介	(61)
第2章 常见钳工工艺	(63)
第1节 划线	(63)
第2节 锯削	(67)
第3节 锉削	(69)
第4节 孔的加工	(73)
第5节 攻螺纹(攻丝)与套螺纹(套扣)	(78)
第3章 钳工考核件综合练习实例	(81)
第1节 榔头头工艺设计与加工	(81)
第2节 六角螺母加工	(82)

第3篇 机加工

第1章 机械切削加工基础	(87)
第1节 切削运动与切削用量	(87)
第2节 零件的加工质量	(89)
第3节 刀具材料	(91)
第4节 量具	(92)
第5节 机床基本构造与传动机构	(96)
第2章 车削加工	(101)
第1节 车床	(102)
第2节 车刀及其安装	(104)
第3节 工件的安装及所用附件	(106)
第4节 车床基本操作	(109)
第5节 车削加工基本内容	(112)
第6节 典型零件的车削工艺	(119)
第3章 铣削加工	(122)
第1节 铣削运动和铣削用量	(122)
第2节 铣床类机床及铣镗加工中心	(124)
第3节 铣削工作	(130)
第4节 典型铣削考核件工艺举例	(133)
第4章 刨削加工	(137)
第1节 概述	(137)
第2节 牛头刨床	(139)
第3节 其他刨削机床	(142)
第4节 刨削工作	(145)
第5章 磨削加工	(151)
第1节 概述	(151)
第2节 磨床	(153)
第3节 砂轮	(157)
第4节 磨削工作	(160)
第5节 磨工实习考核	(165)

第4篇 数控编程与加工

第1章 数控机床的基本知识	(169)
第2章 数控车床编程实习	(177)
第1节 数控车床介绍	(177)
第2节 数控车床加工操作与编程	(178)
第3节 典型零件数控车削加工	(186)
第3章 数控铣床与加工中心编程	(189)

第1节	概述及坐标设定	(189)
第2节	FANUC 系统加工中心编程原理及实例	(191)

第5篇 特种加工

第1章	特种加工简介	(197)
第1节	概述	(197)
第2节	电火花加工技术	(197)
第3节	电化学加工技术	(198)
第4节	三束加工	(199)
第5节	超声波加工技术	(202)
第6节	化学加工	(202)
第2章	数控电火花线切割	(204)
第3章	数控线切割编程与加工实训	(208)
第1节	手动编程	(208)
第2节	微机自动编程	(215)

绪 论

工程实训基地以机械、电子、计算机、管理一体化为核心,以综合性、实践性、开放性为特点。现代的工程实训注重培养学生的工程实践能力及创新能力,教学上努力摒弃单一的车、钳、铣、刨等技能训练,尽量多地安排以任务目标驱动为主的大作业式综合训练,学生根据制件的材料、形状、批量、进度及最终表面要求和训练中心实际条件分组设计合理的加工工艺。学生在实训过程中,同时兼任工程技术人员和现场操作工的双重角色,以此来培养创新精神、协作能力、成本控制意识以及专业素质。

但这种训练必须以学生具有一定的专业知识技能训练为基础,也就是说,当学生初始进入工厂时不能立即进行这种工程实训,所以在进行这种工程实训之前,学生必须有一定的工程知识,如机械制图、公差配合等知识储备以及必须对常用的机床有一定的了解和初步的实践知识。因此,有条件的院校可以进行两次实训,实训一主要以认识机床和掌握基本的技能为主,实训二进行以目标为驱动、小组讨论协作的专业综合训练。

机械的类型很多,例如金属加工、建筑、运输、起重、冶金、石油、化工、纺织、食品等各行各业都离不开机械,传统上机械制造所用的材料已从金属材料扩展到非金属材料、复合材料等各种工程材料,机械制造的工艺技术已超出传统金属加工的范围。而这些机械在制造时,往往是按图 1 所示过程生产出来的。作为一个工程技术人员,对机器生产的常用材料、生产过程、工艺方法以及常用生产设备等都应具有一定的基础知识,以便在设计、使用、维修、管理方面能与生产技术更好地结合起来,发挥设备的最大效率。所以,工程实训是工科很多专业不可或缺的基础知识。

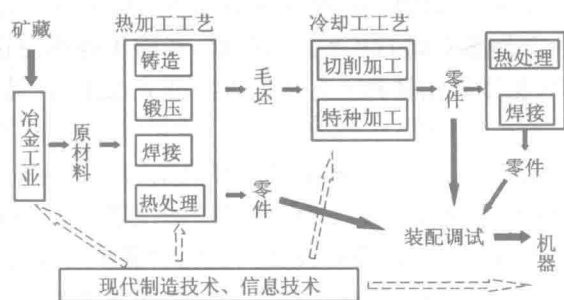


图 1 现代机械加工业一般流程图

一、工程实训的目的

目前,机类、近机类专业的工程实训主要包括车工、铣工、刨工、磨工、铸造、锻压、焊接、数控加工、特种加工、机电控制、材料处理等一系列工种的实习教学。因此,学生通过工程实训可以:

(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及其所用主要设备和重

要附件的工作原理及典型结构,了解工具、夹具、量具的使用以及安全操作技术;

(2)对简单零件具有选择加工方法和进行工艺分析的能力,并在主要工种上具有操作实习设备并完成作业件加工制造的实践能力;

(3)培养学生的质量和经济观念、团体协作素质、理论联系实际的科学作风以及遵守安全技术操作、热爱劳动、爱护公共财产等基本素质,培养对工作一丝不苟、认真负责的作风和吃苦奉献的精神,提高工程实践能力,以满足社会对高素质、应用型工程技术人才的需求。

因此,工程实训是离开课堂的另一种学习方式,是把学生放在大工程背景下,使他们逐步认识并培养质量、安全、协作、市场、环境、社会、创新意识;不是徒工的培养和一般的劳动,而是作为培养高技能型人才的工业技术基础训练。学生应按实习要求,通过观察、操作、思考和讨论,把感性认识提高到理性认识,再在理性认识的指导下正确实践,以达到实训的目的和要求。

工程实训既是一门具有实践性的技术基础课和工科教学计划中的重要环节,也是培养工程技术人员的基础技术训练之一,是工科机械类学生必修的系列课程的重要组成部分。

工程实训是学生学习机械制造系列课程必不可少的选修课,也是获得机械制造基本知识的必修课。学习和操作技能训练可以使学生获得机械加工的基本知识和具备较强的动手能力,为后续课程的学习打下良好的基础。

机械工程实训是专业学习过程中一项重要的实践性教学环节,使学生获得工程实践的训练,通过实训使学生接触毛坯和零件加工的全过程,获得材料及其加工的感性认识,初步学会某些工种的基本操作方法和使用有关设备及工具的能力,有目的地通过实践操作训练,促使学生将有关的基本理论、基本知识、基本方法与实践有机地结合在一起,为今后从事机械设计与制造工作奠定初步的实践基础,提高综合职业能力。

工程实训的主要任务是让学生接触和了解工厂生产实践,弥补实践知识的不足,增加工艺技术知识与技能,加深对所学专业的理解,培养学习兴趣;培养学生理论联系实际、一丝不苟的工作作风,接受工程实际环境的熏陶,使学生的综合素质不断得到提高。通过本课程的学习和操作训练,使学生掌握本专业的基本操作技能,能够正确地使用一般机械设备、常用附件、刀具和量具,能够根据零件图样和工艺文件进行独立加工,以提高学生的综合职业素养和社会适应能力。

学生在工程实训期间,应了解金属材料的性能和机械加工的基本工艺及操作规程,特别要认真听取指导教师的讲解,注意观察实习指导教师的示范操作,注意模仿操作姿势和动作要领,然后通过自己的不断练习来掌握操作技能。实训中要始终保持高度的学习热情和求知欲望,敢于动手,勤于动手;遇到问题,要主动向实习指导教师请教;要善于在实践中发现问题,勤奋钻研,使自己的实践动手能力得到提高。

二、工程实训的教学要求

工程实训是工科专业学生在大学学习阶段中一次较集中、较系统的全方位的工程实践训练,是加强实践能力培养和开展素质教育的良好课堂,在造就满足新世纪要求的高素质的工程技术人才的过程中,起到的作用是其他的课程所难以替代的。学生在工程实训过程中,一方面参加有教学要求的工程实践训练,弥补过去在实践知识上的不足,增加在大学学习阶段所需要的工艺技术知识与技能;另一方面通过生产实践受到工程实际环境的熏陶,增强劳

动观念、集体观念、组织纪律性和敬业爱岗精神。

通过工程实训和本书的学习,要达到如下要求:

(1)熟悉常用金属材料的性能和主要的加工方法,使学生了解现代机械制造的一般过程和基本知识,熟悉机械零件的常用加工方法及其所用的主要设备和工具,了解新工艺、新技术、新材料在现代机械制造中的应用;

(2)对毛坯制造和零件加工的工艺过程及工艺技术有一定了解,使学生对简单零件初步具有选择加工方法和进行工艺分析的能力,在主要工种方面能独立完成简单零件的加工制造,并培养一定的工艺实验和工艺实践的能力;

(3)具有使用常用机械加工设备和工具的初步能力,可独立操作完成一般零件的加工制造。

学生在实训期间,要同时注重学习操作技能和学习工程技术知识两个方面,学会在实践中通过观察、对比、归纳、总结等方法进行学习,培养独立学习和工作的能力,奠定工程师应具备的知识和技能基础。

三、工程实训的纪律与安全要求

工程实训过程中要进行各种操作,加工各种不同规格的零件。因此,经常要运用各种生产设备,会接触到机床、砂轮机等。为了避免触电、机械伤害等工伤事故,实训过程中必须严格遵守工艺操作规程,努力做到文明安全实习,自觉遵守如下规则:

(1)严格执行安全制度,进车间必须穿好工作服,女生戴好工作帽,将长发放入帽内,不得穿高跟鞋、凉鞋;

(2)遵守劳动纪律,不迟到、不早退、不打闹、不串车间、不随地而坐、不擅离工作岗位,更不能到车间外玩耍,有事请假;

(3)专心听讲,仔细观察,做好笔记,尊重各位指导教师,独立操作,努力完成各项实习作业;

(4)操作机床时不准戴手套,严禁身体、衣袖与转动部位接触,正确使用砂轮机,严格按安全规程操作,注意人身安全;

(5)遵守设备操作规程,爱护设备,未经指导教师允许,不得随意乱动车间设备,更不准乱动开关和按钮。

第 1 篇 毛坯制作

概述

毛坯是指根据机器零件所要求的工艺尺寸、形状而制成的坯料,供进一步加工使用,以获得成品零件。常用的毛坯除型材外,主要有铸件、锻件、冲压件和焊接件。

一、毛坯生产方法

获得毛坯的生产过程就是毛坯生产。毛坯生产工艺主要有铸造、锻造、冲压、焊接、型材等。当这些手段生产制品的精度、表面质量满足需要时,也可以直接作为零件成品使用。

铸造是指将经过熔化的液态金属浇注到与零件形状、尺寸相适应的铸型中,冷却凝固后获得毛坯或零件的一种工艺方法。铸造可以生产形状复杂、各种尺寸及材料的铸件毛坯,但铸件晶粒粗大、力学性能差。对形状较复杂的毛坯,一般可用铸造方法制造。目前,大多数铸件采用砂型铸造,对尺寸精度要求较高的小型铸件可采用特种铸造,如永久型铸造、精密铸造、压力铸造、熔模铸造和离心铸造等。图 1.0.1 是常见铸件毛坯。

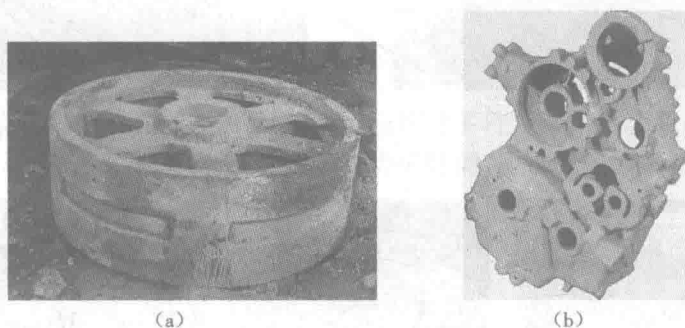


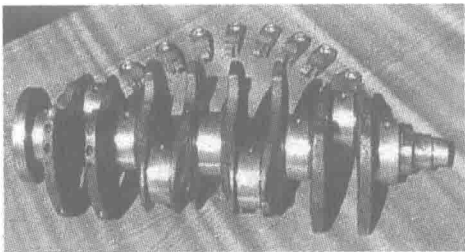
图 1.0.1 常见铸件毛坯
(a) 皮带轮铸件 (b) 减速器箱体铸件

锻造毛坯内部组织致密、力学性能好,但不能制造形状复杂的锻件,锻件毛坯经锻造后可得到连续和均匀的金属纤维组织。因此,锻件的力学性能较好,常用于受力复杂的重要钢质零件。其中,自由锻件的精度和生产率较低,主要用于小批生产和大型锻件的制造;模型锻件的尺寸精度和生产率较高,主要用于产量较大的中小型锻件的制造。图 1.0.2 是常见锻件毛坯。

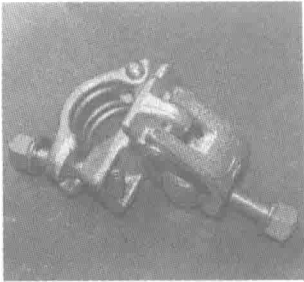
冲压件是指利用金属板材冲压出厚度基本相同、形状不同的各种成品或半成品,后续工艺可通过焊接加工成容器或不处理直接使用,不要求太多的精度、粗糙度及强度,一般作为不太重要的结构件或连接件。图 1.0.3 是冲压件。

焊接件是指通过焊缝把不同形状和尺寸的金属构件拼成一个大的复杂的金属构件。图 1.0.4 是焊接件。

型材是轧钢厂生产的具有规定形状、尺寸的一系列产品的总称,使用时可在合适的型材上通过锯割等手段下料后,作为毛坯件进行进一步加工。图 1.0.5 是型材。



(a)



(b)

图 1.0.2 常见锻件毛坯

(a)曲轴 (b)脚手架旋转扣

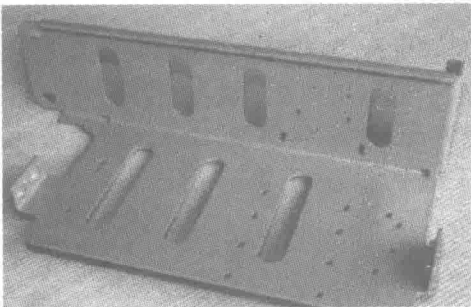


图 1.0.3 冲压件

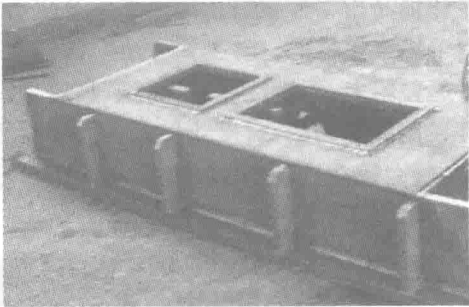
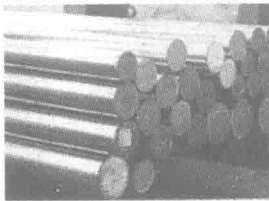
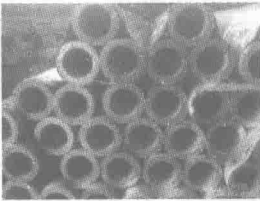


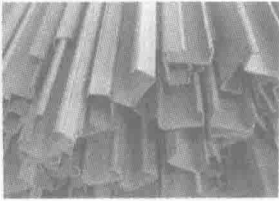
图 1.0.4 焊接件



(a)



(b)



(c)

图 1.0.5 型材

(a)棒材 (b)管材 (c)槽钢

各种毛坯的比较详见表 1.0.1。

表 1.0.1 各种毛坯比较

毛坯类型	铸件	锻件	冲压件	焊接件	型材
成型特点	液态下成型	塑性变形	塑性变形	永久性连接	同锻件
结构特征	复杂	简单	轻巧、复杂	轻巧	简单
工艺性要求	流动性好,收缩率低	塑性好,变形抗力小	塑性好,变形抗力小	强度高,塑性好	塑性好,变形抗力小
常用材料	铸铁、铸钢、铝合金等	中碳钢及合金结构钢等	低碳钢、有色金属薄板	低碳钢、低合金钢等	碳钢、合金结构钢等

续表

毛坯类型	铸件	锻件	冲压件	焊接件	型材
组织特征	晶粒粗大、疏松	晶粒细小、致密	拉深时流线有变化	接头组织不均匀	晶粒细小、致密
力学性能	较差	好	好	降低	较好
材料利用率	高	低	高	较高	较低
生产周期	长	短/长	长	较短	短
生产成本	较低	较高	较低	中	—
应用举例	机架、床身	轴、齿轮	油箱	车身、船体	丝杠、螺栓

二、毛坯的选择原则

选择毛坯时,应该考虑以下几个方面的因素。

1. 零件的生产纲领

大量生产的零件应选择精度和生产率高的毛坯制造方法,用于毛坯制造的昂贵费用可由材料消耗的减少和机械加工费用的降低来补偿。如铸件采用金属模机器造型或精密铸造;锻件采用模锻、精锻;选用冷拉和冷轧型材。单件小批生产时,应选择精度和生产率较低的毛坯制造方法。

2. 零件材料的工艺性

材料为铸铁或青铜等的零件应选择铸造毛坯;钢质零件当形状不复杂、力学性能要求不太高时,可选用型材;重要的钢质零件,为保证其力学性能,应选择锻件毛坯。

3. 零件的结构形状和尺寸

形状复杂的毛坯,一般采用铸造方法制造,薄壁零件不宜采用砂型铸造。一般用途的阶梯轴,如各段直径相差不大,可选用圆棒料;如各段直径相差较大,为减少材料消耗和机械加工劳动量,则宜采用锻造毛坯,尺寸大的零件一般选择自由锻造,中小型零件可考虑选择模锻。

4. 现有的生产条件

选择毛坯时,还要考虑毛坯的制造水平、设备条件以及外协的可能性和经济性等。

第1章 铸 造

实习目的及要求

1. 了解砂型铸造的生产过程。
2. 了解型(芯)砂的基本组成及其主要性能,掌握模样、铸件、零件之间的异同。
3. 掌握手工造型(整模造型、分模造型、挖砂造型)的工艺方法,能独立完成一般铸件的造型。
4. 掌握分型面和浇注系统的组成和作用,了解铸件的常见缺陷特征和产生的原因。
5. 了解特种铸造的基本知识。

第1节 概述

铸造是一种液态金属成型方法,它将金属加热到液态,使其具有流动性,然后浇入具有一定形状型腔的铸型中,液态金属在重力场或外力场(压力、离心力、电磁力等)作用下充满型腔,冷却并凝固成具有型腔形状的铸件的一种生产加工工艺。

一、铸造工艺

铸造工艺具有以下优点。

(1)适用范围广:几乎不受零件的形状复杂程度、尺寸大小、生产批量的限制,可以铸造壁厚 $0.3\text{ mm} \sim 1\text{ m}$ 、质量从几克到300多吨的各种金属铸件。

(2)对材料的适应性很强:可用于大多数金属材料的成型,对不宜锻压和焊接的材料,铸造具有独特的优点。

(3)铸件成本低:由于铸造原材料来源丰富,铸件的形状接近于零件,可减少切削加工量,从而降低铸造成本。

其缺点也很明显,如工序多,铸件质量不稳定,废品率较高等。另外,铸件的力学性能较差,又受到最小壁厚的限制,因而铸件较为笨重。而且铸造的零件或毛坯精度低,粗糙度很大,因此铸造零件表面一般需要后续加工达到一定精度及表面粗糙度才能使用。不使用的表面通过油漆等工艺做防锈处理即可,不必加工。因此,铸造通常是生产零件毛坯的一种工艺。铸造成型工艺常用来制造形状复杂,特别是内腔复杂的零件,如复杂的箱体、阀体、叶轮、发动机汽缸体、螺旋桨等。常见铸造零件见图1.1.1。

二、铸造方法

铸造生产方法很多,常见有以下两类。