

21 世纪高职高专规划教材
数控技术系列

机械工 程 基 础

乔西铭 主编
李一龙 朱中仕 副主编
张 雄 刘文波 主审

清 华 大 学 出 版 社
北 京

“高职高专数控技术系列教材建设指导委员会”名单

焦金生 清华大学出版社副总编

钟约先 清华大学机械工程学院副院长

(以下按姓氏笔划为序)

刘 义 武汉船舶职业技术学院副院长

刘小芹 武汉职业技术学院副院长

刘守义 深圳职业技术学院工业中心主任

刘惠坚 广东机电职业技术学院院长

陈传伟 成都电子机械高等专科学校副校长

李康举 沈阳工业学院应用技术学院机械系主任

杜建根 河南工业职业技术学院副院长

杨兴华 常州轻工职业技术学院党委书记

金潇明 湖南工业职业技术学院院长

姚和芳 湖南铁道职业技术学院副院长

温金祥 烟台职业学院副院长

“高职高专数控技术系列教材建设专家组”名单

(按姓氏笔划为序)

- 王 浩 广东机电职业技术学院
冯小军 深圳职业技术学院
乔西铭 广东机电职业技术学院机电工程系主任
刘 敏 烟台职业学院机械系主任
李望云 武汉职业技术学院机械系主任
邱士安 成都电子机械高等专科学校机电系主任
陈少艾 武汉船舶职业技术学院机械系主任
周 虹 湖南铁道职业技术学院副教授
唐建生 河南工业职业技术学院机械系主任
彭跃湘 湖南工业职业技术学院机械系副主任
谢永宏 深圳职业技术学院先进制造系主任

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,担负着为国家培养并输送生产、建设、管理、服务第一线高素质技术应用型人才的重任。

进入 21 世纪后,高职高专教育的改革和发展呈现出前所未有的发展势头,学生规模已占我国高等教育的半壁江山,成为我国高等教育的一支重要的生力军;办学理念上,“以就业为导向”成为高等职业教育改革与发展的主旋律。近两年来,教育部召开了三次产学研交流会,并启动四个专业的“国家技能型紧缺人才培养项目”,同时成立了 35 所示范性软件职业技术学院,进行两年制教学改革试点。这些举措都表明国家正在推动高职高专教育进行深层次的重大改革,向培养生产、服务第一线真正需要的应用型人才的方向发展。

为了顺应当前我国高职高专教育的发展形势,配合高职高专院校的教学改革和教材建设,进一步提高我国高职高专教育教材质量,在教育部的指导下,清华大学出版社组织出版了“21 世纪高职高专规划教材”。

为推动规划教材的建设,清华大学出版社组织并成立了“高职高专教育教材编审委员会”,旨在对清华版的全国性高职高专教材及教材选题进行评审,并向清华大学出版社推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。教材选题由个人或各院校推荐,经编审委员会认真评审,最后由清华大学出版社出版。编审委员会的成员皆来源于教改成效大、办学特色鲜明、师资实力强的高职高专院校、普通高校以及著名企业,教材的编写者和审定者都是从事高职高专教育第一线的骨干教师和专家。

编审委员会根据教育部最新文件和政策,规划教材体系,比如部分专业的两年制教材;“以就业为导向”,以“专业技能体系”为主,突出人才培养的实践性、应用性的原则,重新组织系列课程的教材结构,整合课程体系;按照教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”,教材的基础理论以“必要、够用”为度,突出基础理论的应用和实践技能的培养。

本套规划教材的编写原则如下:

- (1) 根据岗位群设置教材系列,并成立系列教材编审委员会;
- (2) 由编审委员会规划教材、评审教材;
- (3) 重点课程进行立体化建设,突出案例式教学体系,加强实训教材的出版,完善教学服务体系;
- (4) 教材编写者由具有丰富教学经验和多年实践经历的教师共同组成,建立“双师

型”编者体系。

本套规划教材涵盖了公共基础课、计算机、电子信息、机械、经济管理以及服务等大类的主要课程,包括专业基础课和专业主干课。目前已经规划的教材系列名称如下:

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 公共基础课 <li style="padding-left: 20px;">公共基础课系列 | <ul style="list-style-type: none"> • 机械类 <li style="padding-left: 20px;">机械基础系列 <li style="padding-left: 20px;">机械设计与制造专业系列 <li style="padding-left: 20px;">数控技术系列 <li style="padding-left: 20px;">模具设计与制造系列 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 计算机类 <li style="padding-left: 20px;">计算机基础教育系列 <li style="padding-left: 20px;">计算机专业基础系列 <li style="padding-left: 20px;">计算机应用系列 <li style="padding-left: 20px;">网络专业系列 <li style="padding-left: 20px;">软件专业系列 <li style="padding-left: 20px;">电子商务专业系列 | <ul style="list-style-type: none"> • 经济管理类 <li style="padding-left: 20px;">经济管理基础系列 <li style="padding-left: 20px;">市场营销系列 <li style="padding-left: 20px;">财务会计系列 <li style="padding-left: 20px;">企业管理系列 <li style="padding-left: 20px;">物流管理系列 <li style="padding-left: 20px;">财政金融系列 <li style="padding-left: 20px;">国际商务系列 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 电子信息类 <li style="padding-left: 20px;">电子信息基础系列 <li style="padding-left: 20px;">微电子技术系列 <li style="padding-left: 20px;">通信技术系列 <li style="padding-left: 20px;">电气、自动化、应用电子技术系列 | <ul style="list-style-type: none"> • 服务类 <li style="padding-left: 20px;">艺术设计系列 |

本套规划教材的系列名称根据学科基础和岗位群方向设置,为各高职高专院校提供“自助餐”形式的教材。各院校在选择课程需要的教材时,专业课程可以根据岗位群选择系列;专业基础课程可以根据学科方向选择各类的基础课系列。例如,数控技术方向的专业课程可以在“数控技术系列”选择;数控技术专业需要的基础课程,属于计算机类课程的可以在“计算机基础教育系列”和“计算机应用系列”选择,属于机械类课程的可以在“机械基础系列”选择,属于电子信息类课程的可以在“电子信息基础系列”选择。依此类推。

为方便教师授课和学生学习,清华大学出版社正在建设本套教材的教学服务体系。本套教材先期选择重点课程和专业主干课程,进行立体化教材建设;加强多媒体教学课件或电子教案、素材库、学习盘、学习指导书等形式的制作和出版,开发网络课程。学校在选用教材时,可通过邮件或电话与我们联系获取相关服务,并通过与各院校的密切交流,使其日臻完善。

高职高专教育正处于新一轮改革时期,从专业设置、课程体系建设到教材编写,依然是新课题。希望各高职高专院校在教学实践中积极提出意见和建议,并向我们推荐优秀选题。反馈意见请发送到 E-mail:gzgz@tup.tsinghua.edu.cn。清华大学出版社将对已出版的教材不断地修订、完善,提高教材质量,完善教材服务体系,为我国的高职高专教育出版优秀的高质量的教材。

前 言

机械工程基础

近年来,随着教育的不断深入,高等职业技术教育迅速发展,许多学校对作为机械类专业的平台课《机械工程基础》、《工程力学》、《液压与气动》等课程的教学内容进行了有机的整合。本书即是在总结多个学校课程整合的经验,并贯彻职业教育应知应会、够用为度的基础上编写而成的。

编写本书的指导思想是使读者通过学习,可掌握机械上的工程力学、常用材料、常用零部件和机构、机械传动方式、液压与气动的基本原理和结构特点。本书采用工程中常见的实例,由浅入深,通俗易懂,涉及面广、内容丰富、应用性强,特别适合作为高等职业教育类院校的机械类专业的教材。

本书由广东机电职业技术学院乔西铭老师担任主编,并编写了第6、7、9章。由烟台职业技术学院李一龙老师和广东机电职业技术学院朱中仕老师任副主编,并分别编写第1、2章和第8、11、12章。第3、4、5章由河南工业职业技术学院唐建生老师编写,第10章由沈阳隆基工程设备有限公司吴昱编写。蒙沈阳机床中捷机床有限公司张雄总工程师和沈阳理工大学刘文波教授主审,提出了许多宝贵的修改和补充意见,在此表示感谢。

由于编者的水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2006年5月

目 录

机械工程基础

绪论	1
习题	5
第 1 章 静力学基础	6
1.1 力的概念	6
1.1.1 力的定义	6
1.1.2 力的表示方法	6
1.1.3 力的性质	7
1.2 物体的受力分析、受力图	9
1.2.1 约束与约束反力	9
1.2.2 受力图	13
1.3 力矩及力偶	16
1.3.1 力矩	16
1.3.2 力偶	18
1.3.3 平面力偶系的合成与平衡	20
1.3.4 力的平移定理	21
1.4 平面力系	22
1.4.1 平面汇交力系的合成	23
1.4.2 平面任意力系	27
习题	37
第 2 章 材料的强度和刚度	44
2.1 概述	44
2.1.1 强度、刚度和稳定性的概念	44

2.1.2	材料的基本变形形式	45
2.1.3	外力及其分类	46
2.1.4	内力、截面法、应力	46
2.1.5	杆件变形的基本形式	48
2.2	材料的强度条件	49
2.2.1	轴向拉伸和压缩	49
2.2.2	材料在拉伸和压缩时的力学性质	54
2.2.3	剪切与挤压强度	60
2.2.4	圆轴扭转强度	66
2.2.5	直梁的弯曲强度	74
2.2.6	组合变形的强度计算	91
	习题	97
第3章	常用金属材料 and 热处理基础	104
3.1	金属材料的性能	104
3.1.1	金属材料的力学性能	104
3.1.2	金属材料的物理和化学性能	107
3.1.3	金属材料的工艺性能	107
3.2	热处理基本知识	108
3.2.1	普通热处理	109
3.2.2	表面热处理	110
	习题	110
第4章	钢铁材料	111
4.1	概述	111
4.1.1	杂质元素对碳素钢性能的影响	111
4.1.2	钢的分类	112
4.2	工业用钢	113
4.2.1	非合金钢(碳素钢)	113
4.2.2	低合金高强度结构钢	114
4.2.3	机械结构用合金钢	115
4.2.4	合金工具钢	116
4.2.5	高速工具钢	117
4.2.6	特殊性能钢	118

4.3 工程铸铁	119
4.3.1 铸铁的特点	119
4.3.2 铸铁的分类	120
4.3.3 灰铸铁	120
4.3.4 球墨铸铁	121
4.3.5 铸铁的热处理	121
习题	122
第5章 非铁金属与粉末冶金材料	123
5.1 铝及铝合金	123
5.2 铜及铜合金	124
5.2.1 纯铜	124
5.2.2 铜合金	124
5.3 滑动轴承合金	126
5.4 粉末冶金材料	127
习题	128
第6章 常用机构	129
6.1 平面机构概述	129
6.1.1 运动副及其分类	129
6.1.2 平面机构运动简图	131
6.1.3 平面机构的自由度	134
6.2 平面连杆机构	138
6.2.1 铰链四杆机构的类型及其演化	138
6.2.2 四杆机构的演化	140
6.2.3 四杆机构的基本特性	143
6.3 凸轮机构	145
6.3.1 凸轮机构的应用和类型	146
6.3.2 凸轮机构中从动件的常用运动规律	148
6.3.3 盘形凸轮轮廓设计简介	150
6.4 齿轮机构	152
6.4.1 齿轮机构的分类及其特点	152
6.4.2 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	153
6.4.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	156

6.4.4	渐开线齿轮的切齿原理简介.....	159
6.4.5	齿轮传动的失效形式.....	162
6.4.6	斜齿圆柱齿轮的啮合特点及基本参数.....	163
6.4.7	其他齿轮传动.....	166
6.5	轮系.....	170
6.5.1	定轴轮系的传动比.....	171
6.5.2	行星轮系的传动比.....	174
6.5.3	轮系的功用.....	176
	习题.....	177
第7章	带传动	184
7.1	带传动的类型和特点.....	184
7.1.1	带传动的类型.....	184
7.1.2	带传动的特点.....	186
7.2	带传动的工作原理和工作能力分析.....	186
7.2.1	带传动中的力分析.....	186
7.2.2	带的应力分析.....	188
7.2.3	带的弹性滑动.....	189
7.2.4	带传动的设计准则.....	190
7.3	V带的标准及其传动设计.....	190
7.3.1	V带的标准.....	190
7.3.2	带轮结构.....	194
7.4	同步带传动简介.....	196
	习题.....	196
第8章	联接	198
8.1	螺纹联接.....	198
8.1.1	螺纹的形成、分类和参数.....	198
8.1.2	联接用的螺纹.....	201
8.1.3	螺纹联接类型、结构尺寸及应用场合.....	202
8.1.4	标准螺纹联接件.....	203
8.1.5	螺纹联接的预紧和防松.....	206
8.1.6	螺纹联接结构设计要点.....	209
8.2	键联接.....	210

8.2.1	平键联接.....	210
8.2.2	半圆键联接.....	213
8.2.3	楔键联接.....	213
8.2.4	切向键联接.....	214
8.3	其他常用联接简介	214
8.4	联轴器和离合器	217
8.4.1	联轴器.....	218
8.4.2	离合器.....	222
8.5	导轨	225
8.5.1	滑动摩擦导轨.....	226
8.5.2	滚动摩擦导轨.....	230
8.5.3	弹性摩擦导轨.....	233
8.5.4	液体静压导轨.....	234
	习题.....	236
第9章	轴承.....	239
9.1	概述	239
9.2	滑动轴承	240
9.2.1	滑动轴承的结构.....	240
9.2.2	轴瓦的结构和材料.....	241
9.3	滚动轴承的类型及代号	244
9.3.1	滚动轴承的结构、类型和性能	244
9.3.2	滚动轴承的类型选择.....	249
9.3.3	滚动轴承的失效形式和计算准则.....	250
9.3.4	滚动轴承组合设计	252
	习题.....	260
第10章	轴	261
10.1	轴的类型及材料.....	261
10.1.1	轴的功用与分类.....	261
10.1.2	轴的材料.....	262
10.2	轴的结构设计	264
10.2.1	轴的结构设计原则.....	264
10.2.2	轴上零件的定位和固定.....	264

10.2.3 轴的结构工艺性.....	266
习题.....	267
第 11 章 液压传动	268
11.1 液压传动的基本知识.....	268
11.1.1 液压传动的工作原理和组成.....	268
11.1.2 液压传动的特点.....	270
11.1.3 液压传动的两个基本参数.....	270
11.1.4 液压油的选择.....	273
11.2 液压元件.....	273
11.2.1 液压泵.....	274
11.2.2 液压马达.....	277
11.2.3 液压缸.....	279
11.2.4 液压控制阀的类型.....	282
11.2.5 液压控制阀的选择.....	292
11.3 液压辅助元件.....	294
11.3.1 过滤器.....	294
11.3.2 蓄能器.....	295
11.3.3 压力计及压力计开关.....	296
11.3.4 油管 and 管接头.....	296
11.3.5 油箱.....	297
11.4 基本回路.....	298
11.4.1 压力控制回路.....	298
11.4.2 速度控制回路.....	300
11.4.3 方向控制回路.....	302
11.5 液压伺服(随动)系统.....	304
11.5.1 液压伺服控制原理.....	304
11.5.2 液压伺服系统的基本特点.....	305
习题.....	305
第 12 章 气压传动	308
12.1 气压传动基本知识.....	308
12.2 气动元件	310
12.2.1 气源装置.....	310

12.2.2	气动辅助元件.....	313
12.2.3	气动的执行元件——气缸.....	316
12.2.4	气动的执行元件——气动马达.....	320
12.2.5	气动控制元件.....	321
12.2.6	气动控制阀的选择.....	326
12.3	气动基本回路.....	327
12.3.1	压力控制回路.....	327
12.3.2	速度控制回路.....	328
12.3.3	换向回路.....	329
12.3.4	延时控制回路和同步动作回路.....	331
	习题.....	332
	参考文献.....	333

绪 论

机械工程是最重要的应用工程,人类为了满足生产和生活上的需要,创造了各种各样的机械,从而减轻了体力劳动,提高了生产效率。随着科学技术的飞速发展,它为国民经济各个部门和国防建设提供技术装备。使用机械进行生产的水平已经成为衡量一个国家技术水平和现代化程度的重要标志之一。

1. 本课程的研究对象

机械是机器和机构的总称。

机器是人类经过长期实践创造出来的重要工具。机器的种类很多,在生产中,常见的机器有汽车、内燃机、电动机、各种机床、机器人等。在日常生活中,常用的机器有缝纫机、洗衣机、电风扇等。它们的结构和用途不同,但却有其共同的特征。

图 0-1 所示的单缸四冲程内燃机,由气缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、凸轮 7、顶杆 8、排气阀 9、进气阀 10 等组成。在燃气的推动下活塞在气缸体内作往复移动,并通过连杆使曲轴转动,从而将燃气产生的热能转换为曲轴转动的机械能。

图 0-2 所示的颚式破碎机,由电动机 1、带轮 2 和 4、V 带 3、偏心轴 5、动颚板 6、定颚板及机架 7、肘板 8 等组成。当电动机通过 V 带驱动带轮转动时,偏心轴则绕轴线 A 转动,使动颚作平面运动,轧碎动颚与定颚之间的物料,从而做有用的机械功。

由以上两个实例可以看出,机器具有以下共同的特征:

- (1) 它是人为的多个实物组合体;
- (2) 各实物之间具有确定的相对运动;
- (3) 能够变换或传递能量、物料和信息。

凡同时具有以上三个特征的实物组合体称为机器。按照各部分实物体功能不同,一部完整的机器,通常都是由下面三个部分组成。

(1) 原动部分。它是驱动整个机器完成预定功能的动力源。如实例中的电动机、内燃机等。通常一部机器只用一个原动机,对于复杂的机器也可能有两个或几个原动机。

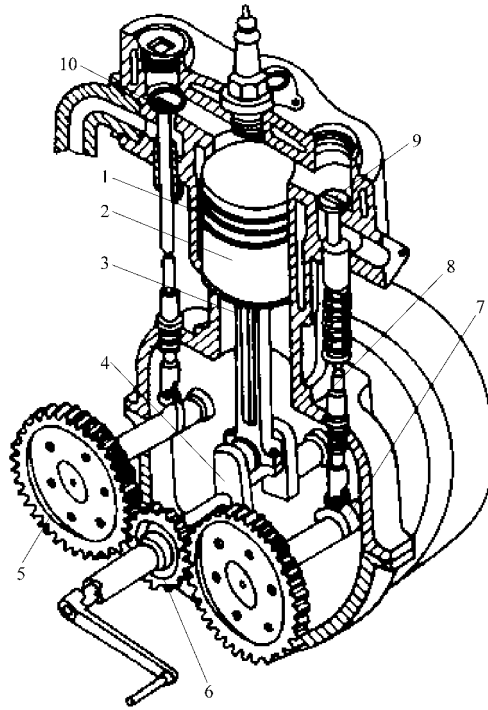


图 0-1 内燃机

1—气缸体；2—活塞；3—连杆；4—曲轴；5,6—齿轮；
7—凸轮；8—顶杆；9—排气阀；10—进气阀

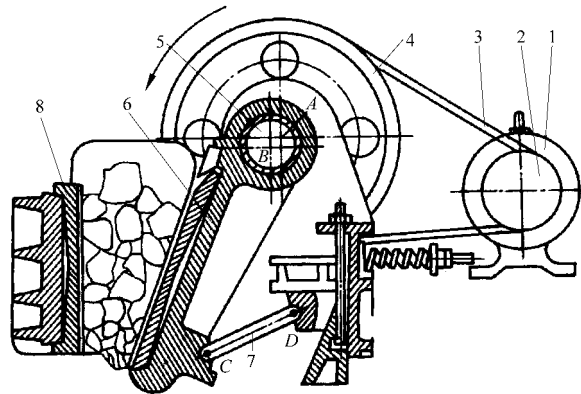


图 0-2 颚式破碎机

1—电动机；2,4—带轮；3—V带；5—偏心轴；6—动颚板；7—定颚板及机架；8—肘板

(2) 执行部分。它是机器中直接完成工作任务的组成部分,如车床的刀架、起重机的吊钩、洗衣机的滚筒等。其运动形式因机器的用途不同,可能是直线运动,也可能是回转运动或间歇运动等。

(3) 传动部分。它是介于原动机部分和工作执行部分之间,用以完成运动和动力的传递及转换的部分。利用它可以减速、增速、调速、改变转矩及分配动力等,从而满足工作部分的各种要求。

常用的传动部分有机械传动、电气传动、液压传动,其中机械传动应用广泛。机械传动通常由各种机构(如齿轮机构、连杆机构、凸轮机构等)和各种零件(如带—带轮、链—链轮、轴—轴承等)组成。

所谓机构是指多个实物体的组合,能实现预期的运动和动力传递。如图 0-1 中由齿轮 5 和 6 及机架组成的齿轮机构,将曲轴的转动传递给凸轮轴,而凸轮机构(由凸轮 7、顶杆 8 和机架组成)则将凸轮轴的转动变换为顶杆的直线往复运动,保证了进、排气阀有规律的启闭。机器中最普遍使用的机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等,称为常用机构。

可见,机构主要用来传递和变换运动,而机器主要用来传递或变换能量、物料和信息(如照相机、复印机、传真机等可实现信息的变换、处理和传递)。从运动和结构的观点来看,机构与机器并无区别。因此,通常把机构和机器统称为机械。

组成机械的各个作相对运动的实物体称为构件。构件可以是单一的整体,也可以是几个元件的刚性组合。例如,图 0-3 所示的曲轴和图 0-4 所示的连杆都是一个构件。曲

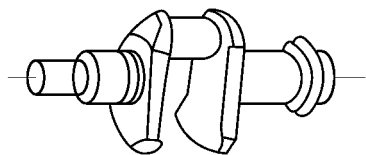


图 0-3 曲轴

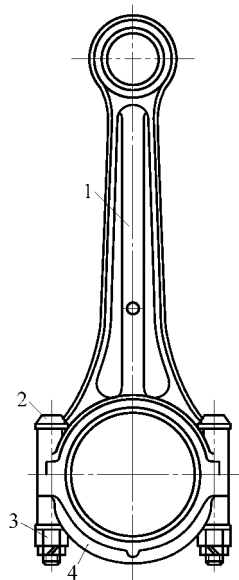


图 0-4 连杆

1—连杆体; 2—螺栓; 3—螺母; 4—连杆盖

轴构件是单一整体,而连杆则是由连杆体 1、螺栓 2、螺母 3、连杆盖 4 等几个元件组成。这些元件之间没有相对运动,构成一个运动单元。组成这个构件的几个元件称为零件。由此可知零件是制造的单元。

机械中的零件可以分为两类:一类称为通用零件,它在各类机械中都能遇到,如齿轮、螺栓、螺母、轴等;另一类称为专用零件,它只适用于某些机械之中,如内燃机的曲轴与活塞、汽轮机的叶轮等。

2. 本课程的主要内容

本课程研究的对象是常用机构和通用零件,以及机械设计中的一些基础知识。其研究的内容主要有以下四个方面:

(1) 主要介绍构件的受力分析、力系的简化和构件的平衡条件及其受力变形的基本形式、强度计算。

(2) 主要介绍金属材料与热处理基础,常用钢铁材料、非铁金属材料的牌号、性能及用途。

(3) 主要介绍常用机构和机械传动的工作原理、特点、应用及设计的基本知识,联接及轴系零部件的结构、特点、标准及其选用和设计的基本方法。

(4) 主要介绍液压元件的工作原理、性能及应用,液压回路和液压系统的分析。并简要地介绍了气动元件和气动回路分析。

3. 本课程的性质和任务

本课程是一门重要的技术基础课。通过本课程的学习,可以使学生初步了解机械零件常用材料和热处理的基本知识,掌握物体的受力分析与平衡条件,了解杆件基本变形和应力分析的基本概念和方法,对常用机构和主要通用零件的类型、工作原理、特点、应用及其简单计算具有分析和运用的能力,对机床的液压和气动基本回路有一定的分析能力,为学习有关专业机械设备课程以及参与技术改造奠定必要的基础。因此,对于将来从事生产第一线技术、管理工作的高职高专学生来说,学习“机械工程基础”课程无疑是十分重要的。

本课程又是应用性很强的工程课程。在学习过程中,必须多观察、细思考、勤练习、常总结。观察生产、生活中遇到的各种机械,结合课程内容细思考,主动地联系实际,增强感性认识,要多做练习和简单设计,加深所学内容的理解,提高分析能力和综合能力。及时总结、消化掌握课程内容,归纳学到的各种技术和方法。注重实践能力和创新精神的培养,提高全面素质和综合职业能力。