



普通中等专业教育机电类规划教材

金属工艺学

综合性训练与实验指导书

机械工业中专基础课教学指导委员会金工学科组 组编

王雅然 主编



机械工业出版社



本书是机械中专“九五”规划教材，与《金属工艺学》第2版（王雅然主编，机械工业出版社，1999）配套，也可单独使用。大、中专学校机械类专业都可以选用。

本书根据金属工艺学课程主线、教学主导思想、展开思维教学法和教学实践编写。第一章论述了综合性训练与实验的指导思想、设计和使用方法；第二、三、四章编写了机械工程材料、毛坯成形、零件成形等方面的11个部分综合性训练；第五章编写了典型零件制造工艺及不同侧面的7个整体综合性训练。金属力学性能测试、铁碳合金平衡组织观察等8个实验与相应的综合性训练安排在同一章节。

本书为规范的综合性训练提供了参考模式，也可作为教师的教学参考书和学生的复习资料。

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学综合性训练与实验指导书/王雅然主编.
北京:机械工业出版社,2000.9(2001.7重印)
普通中等专业教育机电类规划教材
ISBN 7-111-06880-7

I.金… II.王… III.金属加工-工艺学-专业学校-教材 IV.TG

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第033922号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王英杰 董连仁 版式设计:张世琴 责任校对:张志筠

封面设计:方 芬 责任印制:李 妍

成都新华印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004年7月第1版第5次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·7.25印张·172千字

定价:11.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

序 言

学生学习知识总是一门一门课程去学，一门一门课程去考；但所学知识在实际工作中的运用却往往并非如此，哪怕一个小小的实际问题的解决，所运用的知识都是综合性的。因此，在学习的过程中，强调对学生的综合训练，不仅有利于巩固学生各门功课的学习效果，而且唯一有可能使学生做到融会贯通，从而增强学生综合运用知识的能力。从目前的情况看，综合训练不仅对中专学生是一个薄弱环节，本科教育中亦存在同样的问题。因此需要在当前的教育教学中妥善予以解决。目前本科教育中的综合性作业、课程设计和毕业设计等，都是从实际工程应用的角度来解决学生综合训练的问题的。如果学校能尽早从各门课的安排上，尤其从各门课间的相互联系上分阶段、有重点、分层次地解决综合训练问题，学生一定会从中受益匪浅。

此外，虽然中专学校的培养目标主要是应用性人才，但创造性思维的训练环节仍不可缺少。教师在其中起着非常重要的导向作用，要善于利用各种机会，积极引导学生在敏锐的眼力去发现问题；以清晰的思路去提出问题和以综合的能力去解决问题。要知道，创新必须以知识为基础。但对具体个人来说，知识的多寡并非与他本人的创造发明成正比，关键在具备了一定知识的基础上，是否有改变现状的强烈愿望，是否掌握了正确的思维方法，以及为达到目标所进行的不懈努力。如果学生的学习方法不妥，考虑问题的思维方式不对头，习惯于人云亦云、书云亦云、师云亦云、思想僵化，这样的学生一定难以有大的作为。王雅然老师主编的《金属工艺学综合训练与实验指导书》，正是从加强综合训练和培养学生正确的思维方式这两方面入手的。应该说，这正是当前教育教学改革中的一次有益的尝试。

本科教育与中专教育对学生的总体培养目标虽然有所差别，但作为同一类课程一定会有许多共同与共通之处。尤其任课教师坚持不懈所进行的教育教学改革的实践，总是相互关联、相互借鉴与相互促进的。二者应加强交流、促进合作，共同为培养基础厚、专业宽、能力强和素质高的社会主义建设人才而努力奋斗。

傅水根

前 言

本书是机械中专“九五”规划教材，与《金属工艺学》第2版（王雅然主编机械工业出版社，1999）配套，也可单独使用。大、中专学校机械类专业都可以选用。

本书根据金属工艺学课程主线、教学主导思想、展开思维教学法和教学实践编写。第一章论述了综合性训练与实验的指导思想、设计和本书的使用方法。第二、三、四章编写了机械工程材料、毛坯成形、零件成形等方面的11个部分综合性训练。第五章编写了典型零件制造工艺及不同侧面的7个整体综合性训练。金属力学性能测试、铁碳合金平衡组织观察等8个实验与相应的综合性训练安排在同一章节。

综合性训练按“一心两化”构思，即围绕核心内容使理论知识系统化，使理论知识与实践知识一体化。综合性训练由训练目的、训练提纲、综合联系图和小结（的、纲、图、结）四部分构成，并且以纲为矢，以图系矢，以结查的。本书实验指导书部分按综合性训练的构思编写。实验中获得的知识必须输入相应的综合性训练。学生通过部分综合性训练和整体综合性训练，将获得对事物的局部剖析能力、总体认识能力和适应市场的应变思维能力。

本书为规范综合性训练提供了参考模式，也可以作为教师的教学参考书和学生的复习资料。

本书由王雅然任主编，王建民、宋秀孚、肖群彦任副主编。参加编写的还有丁说、丁克强、王明耀、张兆隆、陈丽萍、张绿叶、郭永红、张秀玲、李顺、陈文杰。

本书由凌爱林、王厚生主审，经机械中专金工学科组审定通过。参加审稿的还有孟培祥、赵嗣龙、郑宗濂、张存来、马中全、肖智清、姜敏凤、姜永顺等。

本书在编写中得到机械中专基础课教学指导委员会和机械工业出版社教材编辑室的支持和帮助，许多同行提出过不少宝贵意见，在此一并表示感谢。

由于我们水平有限，编写时间短促，书中难免有缺点错误，恳请读者指正。

编 者

目 录

序 言	
前 言	
第一章 综合性训练与实验概论	1
一、综合性训练的指导思想	1
二、综合性训练的设计	3
三、实验的设计	5
四、本书的使用	6
第二章 工程材料部分综合性训练与实验	9
第一节 金属的力学性能	9
一、综合性训练	9
二、金属力学性能测试(实验一)	11
第二节 铁碳合金	23
一、综合性训练	23
二、铁碳合金平衡组织观察(实验二)	25
第三节 钢的热处理	27
一、综合性训练	28
二、钢的常规热处理试验(实验三)	30
第四节 合金钢、铸铁与非铁金属	35
一、综合性训练	35
二、合金钢、铸铁与非铁金属的组织观察(实验四)	39
第三章 毛坯成形部分综合性训练与实验	44
第一节 铸造成形	44
一、铸造工艺设计综合性训练提纲	44
二、铸件结构设计综合性训练提纲	46
三、绘制铸造成形综合联系图	48
四、小结	49
第二节 锻造成形	49
一、锻造工艺设计综合性训练提纲	49
二、锻件结构设计综合性训练提纲	51
三、绘制锻造成形综合联系图	53
四、小结	53
第三节 焊接成形	54
一、焊接结构生产概述	54
二、焊接工艺设计综合性训练提纲	55
三、焊接结构设计综合性训练提纲	58
四、绘制焊接成形综合联系图	59
五、小结	59
第四节 毛坯分析与选择	60
一、毛坯分析综合性训练提纲	60
二、毛坯选择综合性训练提纲	63
三、绘制铸、锻、焊设计综合联系图	65
四、小结	66
五、毛坯观察(实验五)	66
第四章 零件成形部分综合性训练与实验	71
第一节 公差配合及检测	71
一、综合性训练	71
二、机械零件的检测(实验六)	75
第二节 切削成形原理	77
一、综合性训练	77
二、切削成形原理试验演示(实验七)	78
第三节 切削成形方法	79
一、综合性训练	79
二、机床试验(实验八)	81
第五章 整体综合性训练	83
第一节 典型零件制造工艺整体综合性训练	83
一、轴类零件	83
二、盘套类零件	86
三、支架箱体类零件	89
第二节 不同侧面的整体综合性训练	92
一、金属材料工艺性能	92
二、零件结构形状工艺性	93
三、工件残余应力	95

四、成形工艺与改性工艺.....	97	附录 B 减速器传动轴的机械制造工艺	
附录	99	整体综合性训练实例	105
附录 A 铁碳合金部分综合		主要参考文献	110
性训练实例.....	99		

第一章 综合性训练与实验概论

综合性训练是指一种全方位提高学生素质的教学环节。通过综合性训练能够把单纯教学环节（课堂教学、实验教学、实习教学、现场教学、电化教学等）中获得的比较离散的、肤浅的知识加以整理和运用，使理论知识系统化，使理论知识与实践知识一体化，从而培养学生的局部剖析能力、总体认识能力和应变思维能力，如图 1-1 所示。

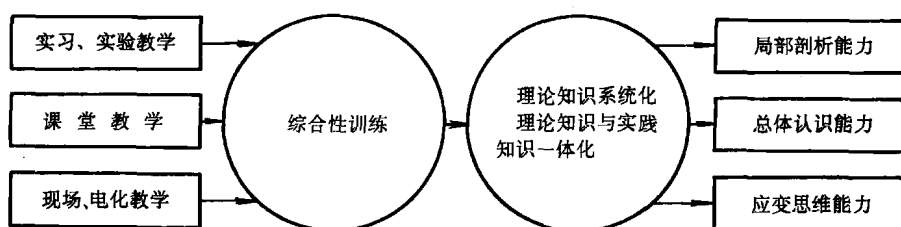


图 1-1 综合性训练与能力培养

一、综合性训练的指导思想

1. 课程主线和教学主导思想

金属工艺学课程主线（成形、改性与金属工艺全过程）和教学主导思想（抓主线、抓本质、抓联系、抓特点、抓应用），也是本书的主线和主导思想。本书第三、四章分别是毛坯和零件成形部分，注意到各种成形方法与相应的成形精度标准（铸件尺寸公差、锻件对公差、标准公差与基本偏差等）之间的联系；第二章工程材料部分注意到各种改性方法与相应的性能标准（强度、硬度等）之间的联系；第五章整体训练注意到成形、改性工艺在金属工艺全过程中的联系。

本书各章节注意到与成形、改性基本原理的联系，注意到各种工艺之间的联系和工艺特点与应用的联系。会应用主要表现为会选材料、选毛坯、选公差配合、选切削成形方法、选改性方法、选工艺过程、选结构等。综合性训练将保证达到初步具有上述选择能力。

2. 展开思维教学法

本书倡导的展开思维教学法是解放学生思想，开发学生智力，使学生聪明起来，产生应变思维能力的教学方法。综合性训练则是展开思维教学法在金工教学中的应用。

“抓心展思”和“多向展思”是展开思维教学法的两个基本点。“抓心展思”是指抓住教材的每个核心内容展开学生的思维，书中处处体现抓心展思的思想。例如，第二章第一节以金属材料的力学行为为核心，展开内在质量与实验的联系，性能与选材的联系；第四章以表面成形为核心展开对成形质量标准、成形原理、成形方法、成形结构形状工艺性等的思维。第四章第一节分三层抓心展思：第一层以公差带标准化为核心，展开对基本表格、基本图解法和基本关系式的思维；第二层以公差与配合的选择为核心，展开对相应选择原则的思维；第三层以常用检测器具的工作原理为核心，展开对检测方法、精度分析的思维。

“多向展思”是指从纵向、横向和反向等多向启发诱导,展开学生的思维。例如,为表达金属工艺全过程,本书和主教材通过纵向叙述按材料、毛坯、零件和机械产品四大生产环节展开思维;本书第五章第一节纵向分析机械零件生产过程,按选材料、选毛坯、粗加工、半精加工、精加工和光整加工等六个环节展开思维;对于粗加工阶段,通过纵向分析按选择粗基准、加工精基准、加工主要表面、加工次要表面等展开思维;对于每道工序通过纵向分析按定位、夹紧、加工、拆卸等展开思维。通过一系列纵向启发诱导式的分析,使学生顺理成章地掌握工艺分析的方法。

纵向思维是比较单纯的思维过程。同层次不同类别的纵向程序容易混淆不清。为此,必须展开同层次不同类别对比分析的横向思维。例如,本书第三章第四节以毛坯的工艺设计、结构设计为核心,横向思维铸件、锻件、焊接结构的成形原理,以及内在质量、成形工艺、结构材料工艺性能、结构形状工艺性能等。正如学生在完成毛坯分析与选择部分的综合性训练后说:“铸、锻、焊就象是三根毛线,共同绕成毛坯这个线球,只要顺着—根线走,就会明白另两根线的路径。”

纵向与横向思维构成的思维平面仍然是比较肤浅的,通过反向思维才能使认识深化,形成思维体。例如,本书第五章第一节从最终工序保证零件的精度和硬度要求,依次倒推考虑工艺过程;毛坯的加工余量也是从最终工序依次倒推考虑工序余量而确定的;零件的结构也是根据使用要求并从最终工序依次倒推考虑工艺要求而确定的。

在综合性训练中全方位地展开学生的思维,能充分地解放学生的思想,从教材中解放出来,从教师那里解放出来,从学校里解放出来,成为贴近市场的具有应变思维能力的人才。

3. 转向素质教育

综合性训练是从应试教育转向素质教育的一种手段。

学生的素质主要指技术素质和思想素质。技术素质是指面对工程实际问题的分析思路、实施技术措施的能力,对新科技的敏锐性及接受能力。思想素质是指面对困难的勇气,克服困难的毅力,吃苦耐劳的精神及团结—班人共同奋斗的作风等。

我国古代有句谚语:“授人以鱼不如授人以渔”。意思是说送人鱼不如教人钓鱼。综合性训练是授人以渔的教学方法。学生在综合性训练中能够充分发挥。在不太长的一段时间内,学生的技术素质将得到明显提高。

在训练的过程中,必然伴随着克服困难、勇敢自信、磨炼意志、团结互助和不甘落后的竞争。在完成训练之后又必然乐在其中,长时间地感受着成功的幸福。更为重要的是感到自己是经历过战斗的战士,面对市场增强了竞争的意识 and 择业就业的信心,思想素质会得到明显提高。

在联合国教科文组织教育丛中,对未来学校师生关系讲到:“毫无疑问,在未来几十年中发达国家的师生关系将发生重大变化。由于学生积极参与自学过程,由于每个学生的创造性都受到重视,指令性和专断的师生关系将难以维持。教师的权威将不再建立于学生的被动与无知的基础上,而是建立在教师借助学生的积极参与以促进其充分发挥的能力上。这样,教师的作用就不会混同于一部百科全书或一个供学生利用的资料库。一个有创造性的教师应能帮助学生在自学的道路上迅速前进,教会学生怎样对付大量的信息。教师更多地是一名向导和顾问,而不是传递知识的简单工具。”通过综合性训练在师生关系方面我们也有了上述的体会。

二、综合性训练的设计

1. 综合性训练的构思

如前所述,综合性训练的目的在于使理论知识系统化,使理论知识与实践知识一体化。这里的一体化是指用理论知识解决实际问题,又通过解决实际问题深化理论认识。系统化和一体化要围绕一个核心实现。“一心两化”是设计综合性训练的基本点。核心是教学大纲中明确规定的,系统是通过知识的内在联系构成的。本书中综合性训练设计是一个“一心两化”的框架,综合性训练则是让学生根据这个框架去追求知识与知识、理论与实践的联系,去构筑“一心两化”的作品。例如,本书第二章第二节铁碳合金综合联系图(图2-5)是以 $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ 相图为核心。相图左右的典型合金冷却曲线,相图之下的合金分类、相组成、组织组成、力学性能等,都必须与相图严格对应,以表达理论知识系统化。冷却曲线下面的平衡组织示意图应按金相观察试验绘出,组织示意图下面的铁碳合金材料分析应按力学性能变化规律和生产实习、生活经验等填写,以表达理论知识与实践知识一体化。核心之上应写出图名和综合性训练的结论。当然,图2-5所示只是铁碳合金综合联系图的参考格式,图中还可以设计出其它相关部分,但“一心两化”的设计思想不变。

全国机械中专近20年来在综合性训练方面积累了丰富的经验,并且一直呈发展并深化趋势。有一所学校于1980年以机制专业班级开始搞综合性训练,发展到各专业的金工课;从挤时间搞到安排专用周;从金工课开始到移置于机制专业的改革。该校机62班的教改思路就是上述综合性训练的思路。该班已毕业离校,从教师到学生都认为取得了成功。机械中专基础课教学指导委员会十年来始终支持金工学科组在综合性训练方面的探索。金工学科组经常召开会议交流各校综合性训练的经验。华北水利水电学院、河北省机电学校、山西省机械工业学校、北京机械工业学校、无锡机械制造学校、常州铁路机械学校、湖南机电学校、湖南机械工业学校、邢台市工业学校等,在综合性训练方面都取得不少经验。

2. 综合性训练内容的构成

综合性训练内容由训练目的、训练提纲、综合联系图和小结(的、纲、图、结)四部分构成。

“的”是指对每个综合性训练内容都要明确地提出目的。例如,第二章第二节铁碳合金部分综合性训练和实验,是为达到加深对成分、结构、组织决定性能的理解,会用相图分析合金的结构、状态、组织、性能的变化规律,学会选择碳钢等三个目的。

“纲”是指对每个综合性训练内容都要给出一套逻辑性很强的启发、诱导提纲。每个纲目可以是要求说明一个道理,也可以是要求完成一个对比分析的表格,也可以是要求回答一个问题。这些纲目通常是连贯的,好像是电子游戏中的过五关。例如,在铁碳合金部分综合性训练提纲中提供了四组纲目:一是成分与性能组,分6项;二是结构与性能组,分4项;三是组织与性能组,分4项;四是碳钢材料分析组,分4项。这四组提纲可以看成是“四根矢”,用“四矢”达到三个训练目的,可谓“四矢中三的。”

“图”是指对每个训练内容都要设计一个综合联系图参考格式。例如,铁碳合金综合联系图以 $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ 相图为核心,上下左右设计了11个部分与相图构成直接或间接的联系。每个部分可以是简图,也可以是表格或简要的文字说明。

“结”是指对每个综合性训练都要给出明确的小结。通过综合性训练学生应该悟出这些结论,或者说可以用小结检查自己的训练效果。例如,通过铁碳合金部分综合性训练,对成

分、结构、组织决定性能的分析方法，对铁碳合金的理论核心是 $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ 相图，对碳钢是基本的机械工程材料这三点结论明确无疑，则表明达到了训练目的。

“的、纲、图、结”是综合性训练内容的基本格式。以纲为矢，以图系矢，以结查的，构成的、纲、图、结之间的基本关系，如图 1-2 所示。

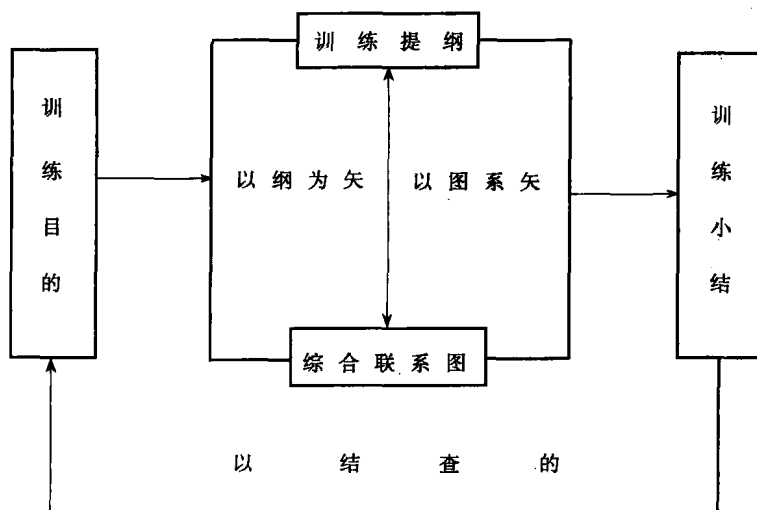


图 1-2 综合性训练内容的构成

3. 两种类型的综合性训练

(1) 部分综合性训练 部分综合性训练是指对金属工艺学部分内容进行的局部性训练。本书第二、三、四章分别安排了工程材料、毛坯成形、零件成形等方面共 11 个部分综合性训练。

部分综合性训练的目的在于培养学生的局部剖析能力，使学生对机械制造过程中某个工艺环节形成深刻的认识，从而发现各工艺环节之间的本质区别和内在联系。因此，训练提纲设计得比较细致，涉及的知识范围甚至稍微超出了课堂教学的内容。学生完成部分综合性训练，心理上常常会感到很大的满足。

(2) 整体综合性训练 整体综合性训练是指对金属工艺学主要内容都联系起来的综合性训练。整体综合性训练的目的在于培养学生对机械制造过程的总体认识能力。

本书第五章第一节安排了传动轴、齿轮、支架等的制造工艺 3 个整体综合性训练。通过运用所学的知识设计工艺，对典型零件制造工艺的基本规律，对机械制造全过程将形成比较系统而深刻的认识，形成比较完整的知识结构。有位学生在完成传动轴制造工艺综合性训练之后说：“各个生产环节都连起来了，就好像眼前出现了一幕幕的画面，就跟自己在操作一样，深记在心。”

“横看成岭侧成峰，远近高低各不同。”从不同侧面同样能看到金属工艺全过程。本书第五章第二节安排了金属材料工艺性能、零件结构形状工艺性、工件残余应力、成形工艺与改性工艺等 4 个不同侧面的整体综合性训练。一般来说，这类题目更能激发学生的兴趣和创造意识。基础比较好的学生常常率先选择这类题目。例如有位学生在完成零件结构工艺性综合性训练后说：“热处理、铸造、锻造、冲压、焊接、切削加工和装配等对零件结构的要求好

像是七个山楂果，而零件施行制造的可行性和工艺性则是穿山楂果的竹签。”

显然，各类训练内容的训练过程都像是一次演习，将使学生贴近市场，趋向成熟。在后继的课程设计、毕业设计中，甚至就业后遇到实际工艺问题时，他们有可能自信地面对挑战。

三、实验的设计

1. 实验与综合性训练的关系

实验是最重要的实践性教学环节之一。本书的实验部分内容按综合性训练的构思编写，并与相应的综合性训练安排在同一章节，以便把实验数据等输入训练。例如第二章第一节把金属力学性能分为综合性训练和测试两部分。综合性训练与实验的总目的是加深对金属力学性能的理解、初步掌握主要力学性能判据及其测试方法。

2. 实验内容的构成

本书的实验部分内容一般由设备介绍、试样选择、操作步骤、注意事项、实验报告要求等六部分组成。在实验报告要求中都有多向思维的设计。例如，在拉伸演示试验中，不仅要求计算 σ_s 、 σ_b 、 δ 、 ψ ，还要求指出试样在拉伸过程中变形的性质和性能的变化规律，要求比较低碳钢试样和灰铸铁试样的力-伸长曲线等。每个实验都给出了小结。例如，金属力学性能实验的小结：试验是测试判据、确定性能、检验质量、分析工艺和零件失效的主要手段。如果对这个结论明确无疑，则表明达到了实验目的。

3. 其它实践性教学环节

实习、现场教学、参观教学等也是重要的实践性教学环节。为了增大信息传递密度，以现代科技熏陶学生，还应重视电化教学手段和计算机技术在职业教育方面的应用。

实习通常按教学计划安排，电化教学、现场教学和参观教学则随机安排。每个实践性教学环节应安排在相应的综合性训练之前，以便为训练准备素材。每个实践性教学环节都应编写指导书。例如，河北省有个学校在主教材绪论课后安排参观拖拉机厂。其参观指导书如下：

(1) 参观目的

- 1) 考察热加工、冷加工工艺在拖拉机产品生产全过程中的位置。
- 2) 了解热加工、冷加工方法的外观特点。
- 3) 了解所学专业与金属工艺全过程的联系。

(2) 参观要求

- 1) 记录拖拉机产品生产全过程中铸造、锻造、冲压、焊接、热处理、切削加工、装配等车间的原料、成品、设备、环境等方面的主要特征。
- 2) 记录箱体工件在加工过程中的主要变化和检测工序的位置。
- 3) 记录铸件、锻件、冲压件、焊接结构件、切削加工工件、热处理工件等的外观特点。
- 4) 注意观察拖拉机装配生产线上投入装配的零件不加挑选的特点。

(3) 参观报告要求

- 1) 以拖拉机产品为例将河北省磁山铁矿、邯郸钢铁厂、石家庄柴油机厂、邢台轮胎厂、邢台拖拉机厂等厂矿企业联起来绘成金属工艺全过程框图。

- 2) 写出这次参观的主要体会。

四、本书的使用

本书第一章主要供教师阅读,以便指导综合性训练和实验。

1. 实验部分内容的使用

本书设计了8个实验。有条件的学校应在教学计划中安排每个实验。条件差的学校不能作实验,应按课堂教学内容安排。实验课应安排在相应的综合性训练之前。

2. 综合性训练内容的选择

我国北宋著名教育家程颐说:“一物之理即万物之理。”参与一两个内容的训练,将学会分析具体事物的一般方法。因此,本书设计的11个部分综合性训练和7个整体综合性训练不要求学生全部完成。每次综合性训练只要求学生选择一个部分的或者一个部分的和一个整体的训练内容。未选择的训练内容可供学生复习相关内容时参考。

学生选择的训练内容应该是他们最感兴趣的内容,甚至也可以是本书以外的内容。不用担心他们会选择一个简单的题目应付老师。实践证明,学生具有争强好胜的性格特点,常常不满足于书本所写,不满足于教师所讲。他们常常为别人所不为,力求表现自己一番。我们应该鼓励学生勇于自我表现、使他们的智力负荷得到满足,使他们的思想得到最大限度的解放。例如,有位学生选择的题目是“应力与变形”,另一位学生选择的题目是“组织与缺陷”,还有几位学生选择的整体综合性训练题目是手锤的制造工艺。有时也可以按对题目的共同兴趣分成若干组,以便发挥群体的优势;但每人必须完成一套作品。

一般来说,对一学期完成全部金工教学的班级,要求完成一个部分的和一个整体的综合性训练;对于两学期完成金工教学的班级,要求每学期完成一个部分训练,课程结束时完成一个整体训练。对于有综合性训练专用周的学校,在专用周内进行;没有专用周的学校,应挤一点时间安排在教学计划中。应该指出,因为课时少不安排综合性训练的观点是错误的。学时少更要安排综合性训练,以调动学生的积极性来补偿课堂授课的不足。

3. 充分发挥教师的“向导和顾问”作用

如前所述,比较单纯的教学环节给予学生的知识是离散的和肤浅的。通过综合性训练将攻破肤浅认识与深刻理解之间的壁垒,真正理解金属工艺学的精髓。我们在综合性训练中体会到一句话,叫“攻破一点进城去,方知又有一层天。”就是说学生通过1~2个训练,用创造性的劳动开发了自己的智力,明白了成形与改性的基本原理,产生了别有洞天的新鲜感觉。要真正达到这样的境界,关键是教师。

教师必须热心教好金工课,必须对课程主线和教学主导思想有深刻的认识。如果教师对教材和本书概论尚未形成深刻的理解,应首先按本书训练自己。

实践证明,搞好综合性训练与实验单靠教师的辛苦是不够的,主要靠调动学生的积极性。教师必须以“向导和顾问”的身份“帮助学生在自学的道路上迅速前进。”教师要信心百倍地反复启动学生的思维,像战前指挥员动员战士一样,表现出极端认真负责的精神。教师要不断鼓励学生勇于表现自己的能力,使他们中的佼佼者产生出“我行,我比你行”的心里。一旦启动起来,即使是3~5个学生接受了综合性训练的意图,率先进入状态,则指导训练的工作就已经完成了一半。这时,再提出四条具体要求:

1) 严格按指导书构思。

2) 综合联系图用制图纸绘制,文字材料用方格稿纸书写,图文并茂,版面层次清晰,格式规范,封面设计要表达思想。

3) 写出自己的思想感受。

4) 鼓励有条件的学生使用计算机完成训练。

4. 注意全面提高学生的素质

学生毕业后可能承担多种角色, 在市场需要的时候应能投入相近专业的工作, 甚至不同专业的工作。综合性训练完成时要考虑市场对学生全面素质的要求。

(1) 运用基础知识的能力 综合性训练是全面运用语文、数学、理化、制图等基础知识的演习, 是将基础知识转化为能力的实践过程。

综合性训练完成的文字材料要求学生使用准确、朴实的语言。这里包含着一种技术责任, 应该比作文练习要求高。例如有位学生在参观报告中描述仿形车床: “一按电钮, 床子像着了魔一样嗡嗡地摇着头从左边杀来……; 一会儿又像个得胜的将军班师回朝。”显然, 她的文学色彩的语言尚未转化为说明工程技术问题的能力。

数学是各门科学的共同语言。对事物的数学分析是最本质的分析。综合性训练中应强调运用函数关系、图象等数学分析方法。例如, 力-伸长曲线把金属材料的弹性变形、塑性变形、弹塑性变形和形变加工紧密地联系起来, 可以看成是变形和形变加工的神经线; 又如金属的冷却曲线把其液态、晶态、液晶态的温度范围和时间过程紧密地联系起来, 甚至反映出过冷度、潜热、细晶化措施等内涵。

工艺过程中的物理化学变化常常是影响工艺的本质因素。例如, 切削加工过程中的物理现象是影响切削加工工艺的本质因素; 钢铁冶炼过程中的氧化还原反应是影响冶炼工艺的本质因素; 电极电位是影响钢锈蚀的本质因素。综合性训练中要强调运用基本的理化知识分析问题。

工程图样是工程技术的语言。综合性训练应强调运用图样表达思想意图。

(2) 创新思维能力 市场经济不仅要求工程技术人员具有实用的知识, 更重要的是要具有创新思维能力。应鼓励学生在训练中发挥自然的联想, 激发学生的创造欲望和开拓进取精神。

清华大学金工教研室主任傅水根教授在给机械中专金工学科组的信中说: “专科、中专的金工课改革对本科也有重要的借鉴与促进作用。其区别仅在于本科寄希望于培养更多的创新人材。在大多数情况下是在应用中创新, 又在创新中应用。常常是对现存的东西不满足而进行改革, 改革达到了预期的目的, 即为创新。专科、中专主要培养应用型人材, 但并不排斥其中佼佼者的创新能力。有时, 创新并不在于知识的多少, 而在于改变现状的强烈愿望和正确的思维方法。因此, 尚需注重正确思维方式的灌输与引导。”

傅水根教授讲了引导学生正确思维的重要性。大中专教育都应该注意培养学生的创新思维能力。综合性训练中常常发现这种富有创造意识的佼佼者。例如, 有位学生在综合性训练中设计了无空行程刨床, 还有一位学生设计了他家苹果园的管道喷药装置, 并为该装置中的安全阀设计了改进的制造工艺。当然, 学生的设计可能存在许多问题, 但他们对现存东西不满足而产生了强烈的改革愿望。教师应注重正确思维方式的灌输和引导。

(3) 适应社会的能力 青年学生通常比较幼稚, 对复杂的社会现象缺乏理解, 想入非非。综合性训练应注意培养学生适应社会的能力, 热爱现实生活, 热爱专业。例如有位学生说她原来向往的是鲜花、白云、小草般的梦幻生活。在综合性训练中对工艺有了深刻的认识, 对现实的社会生活有了深刻的认识。更多的学生在综合性训练中更加了解自己的专业,

更加热爱自己的专业。

(4) 包装设计能力 正如人们需要有自我包装能力一样,综合性训练应注意培养学生的审美观点和包装设计能力。其实学生很喜欢这类创造形象的工作,因为创造是人的自然追求,就好像大人领着小孩在大路上走,小孩偏要到大路旁边的不平小路上去走。图 1-3 所示是一位学生为毛坯分析与选择部分训练设计的封面图。对应相图画出四条曲线,分别表示铁碳合金的锻造性能、焊接性能、收缩性能、流动性能与相图之间的密切关系。图 1-4 所示是一位学生为铸造成形部分训练设计的封面图。在铸型中浇注了“成形”二字的字形铸件,以表达流动成形的铸造方法。图 1-5 所示是一位学生为热处理部分训练设计的封面图。用“热”、“处”、“理”三字的汉语拼音字绘成一个箱式电炉的形象。前两个字首构成两扇炉门,理字的字首构成烟囱。

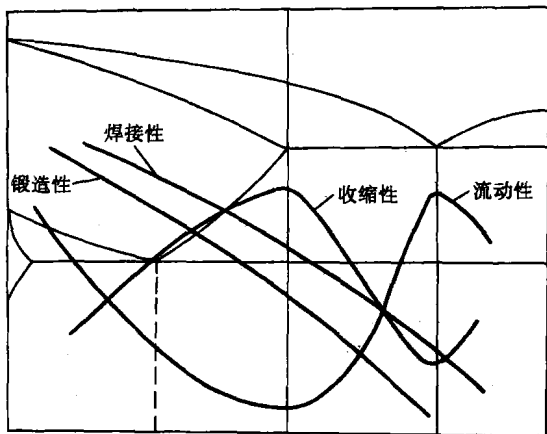


图 1-3 毛坯分析与选择训练封面图

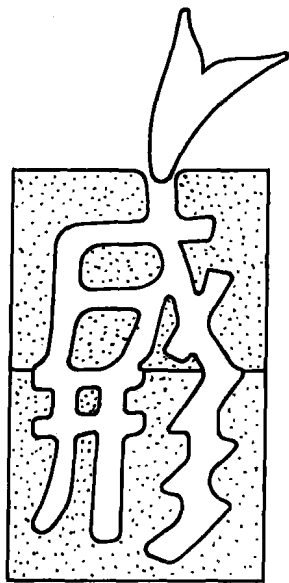


图 1-4 铸造成形训练封面图

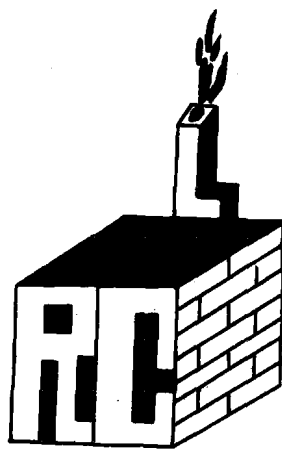


图 1-5 热处理训练封面图

第二章 工程材料部分综合性训练与实验

第一节 金属的力学性能

金属力学性能综合性训练与实验的目的, 在于使学生加深对金属在力作用下所显示性能的理解; 初步掌握金属力学性能的主要判据; 初步掌握布氏、洛氏硬度的测试方法; 了解拉伸试验过程和冲击吸收功的测试方法。

一、综合性训练

1. 训练提纲

(1) 金属静态力学行为及其判据

1) 静态拉应力状态

① 作用于金属的力可以是静态力, 也可以是动态力。金属在静态拉应力作用下可能表现出哪些行为?

② 物体在外力的作用下改变其形状和尺寸, 当外力卸除后物体又恢复其原始形状和尺寸。这种特性称为弹性。你认为金属的弹性对金属的成形加工将会产生什么影响?

③ 刚度一般是指构件抵抗变形的能力。工件在加工中或零件在使用中都要求具有刚度, 即不产生过量变形。应当明确地指出, 不过量变形的要求一般是指对构件在弹性变形程度上的限制。加工系统的刚度对成形加工将产生什么影响?

④ 塑性是指金属材料在断裂前发生的不可逆永久变形的能力。金属的塑性对金属的加工和金属制品的使用有什么意义?

⑤ 强度是指金属材料抵抗永久变形和断裂的能力。金属的强度对金属的加工和金属制品的使用有什么意义?

⑥ 在力-伸长曲线上指出金属在静态拉应力作用下的弹性和刚度行为、塑性和强度行为、屈服和强化行为、缩颈和破断行为等。并指出如何确定 $\sigma_{p0.2}$ 、 σ_s 、 $\sigma_{r0.2}$ 、 σ_b 、 δ 、 ψ 。

⑦ 屈服点与抗拉强度之比称为屈强比。从使用可靠性考虑, 屈强比小一点好还是大一点好? 从强度利用率考虑, 屈强比大一点好还是小一点好? 一般来说, 金属材料的屈强比大一点好还是小一点好?

2) 静态压应力状态

① 金属在静态压应力作用下可能表现出哪些行为? 有无弹性和刚度行为? 塑性和强度行为? 屈服和强化行为以及破断行为?

② 布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等都属于压痕硬度。布氏、维氏的原理与洛氏有什么区别? 维氏硬度测试的硬度值为什么比较精确?

③ 在生产中为什么广泛采用硬度试验而不采用拉伸试验?

④ 为什么说硬度是一项使用性能指标, 又是一项工艺性能指标?

⑤ 耐磨性是指机械零件工作表面抵抗磨损的能力。一般来说, 耐磨性与硬度之间具有何种关系?

(2) 金属动态力学行为及其判据

1) 冲击力作用状态

① 机械零件受冲击力的破坏作用比静拉伸力大得多。金属在冲击力作用下表现出哪些力学行为？

② 金属在断裂前吸收变形能量的能力称为韧性。金属的韧性对金属的成形加工和金属制品的使用有什么影响？

③ 大能量少周次冲击韧性便于测定，小能量多周次冲击韧性更接近于机械零件的工作情况。生产中常用一次冲断金属试样的夏比冲击试验测定的冲击吸收功来确定金属的韧性。为什么冲击吸收功一般不用于强度计算，而只作为设计构件的参考指标？

④ 研究冲击问题表明：小能量多周次冲击的脆断主要取决于材料的强度；大能量少周次冲击的脆断主要取决于材料的塑性。为了避免机械零件脆断，应如何选择材料？球墨铸铁的冲击吸收功 A_{KU} 仅为 12J，为什么常用于制造曲轴？

⑤ 韧脆转变温度是衡量金属材料冷脆倾向的重要指标。选择金属材料时应如何确定其韧脆转变温度？碳素结构钢结构在高寒地区冬季常发生脆断现象的根本原因是什么？

2) 交变应力作用状态

① 机械零件多数是因为受交变应力作用而失效。金属在交变应力作用下表现出哪些力学行为？

② 疲劳是材料在循环应力和应变作用下，在一处或几处产生局部永久性累积损伤，经一定循环次数后产生裂纹，突然发生完全断裂的过程。金属的疲劳对金属的成形加工和金属制品的使用有什么影响？

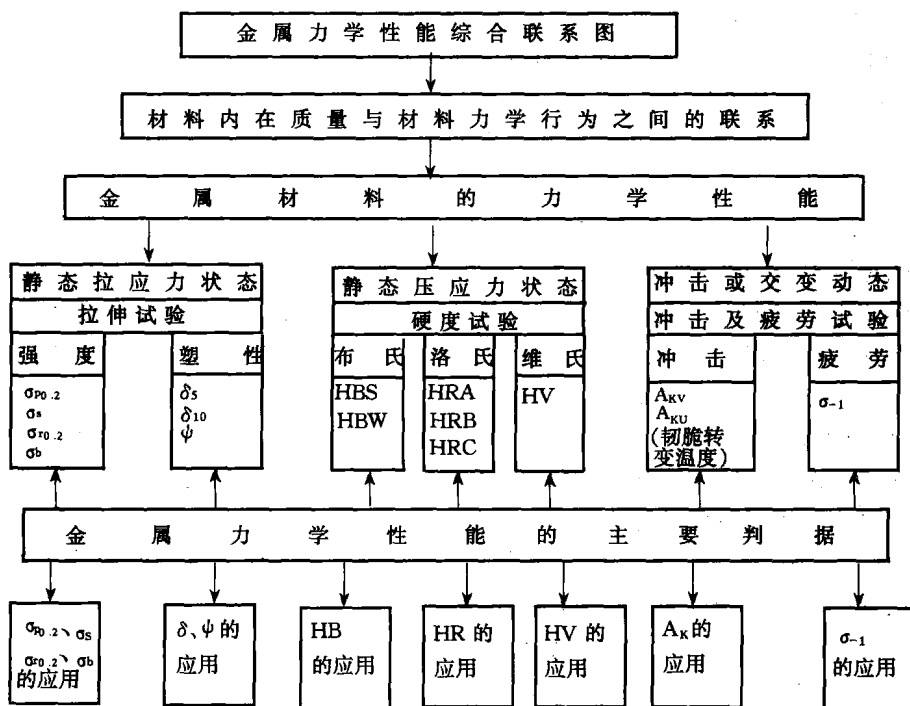


图 2-1 金属力学性能综合联系图参考格式

③ 疲劳极限是衡量金属材料抗疲劳性能的重要指标。在交变应力作用下的机械零件选材时应如何确定其循环基数和中值疲劳强度？一般情况下，屈服点与疲劳极限哪一个数值大？

2. 绘制综合联系图

以金属材料的力学行为为核心，表达材料内在质量与实验之间的联系；表达金属力学性能主要判据与选材之间的联系。

金属力学性能综合联系图的参考格式如图 2-1 所示。

3. 小结

1) 强度、塑性是通过拉伸试验确定的金属力学性能。强度、塑性指标是金属材料重要的工艺性能指标和使用性能指标。

2) 硬度主要是通过压痕硬度试验确定的金属力学性能。硬度试验基本上是非破坏性试验，比拉伸试验更适应于生产。硬度指标也是金属材料重要的工艺性能指标和使用性能指标。

3) 冲击韧性、抗疲劳性分别是通过夏比冲击试验和疲劳试验确定的金属力学性能。冲击韧性和抗疲劳性在动态力作用下测试，更接近于机械零件的实际工作状态。但影响因素复杂，测定值还不够稳定。冲击吸收功、韧脆转变温度、疲劳极限等也是金属材料重要的工艺性能指标和使用性能指标。

4) 金属力学性能的主要判据是选材的主要依据。

二、金属力学性能测试（实验一）

1. 演示拉伸试验

(1) 设备介绍 拉伸试验通常在拉伸试验机上进行。拉伸试验机的工作原理如图 2-2a 所示。加力部分由固定机架 3、活动机架 6、工作活塞 4、上夹头 7 等组成；测力部分由压力油管及测力仪表 5 等组成；绘图部分图中未绘出。在试样 1 受静拉伸力作用的过程中，受力的变化将显示在测力仪表上。绘图部分自动绘出力-伸长曲线。

(2) 试样选择 拉伸试样按国家标准规定的形状尺寸经切削加工制成。演示前选择一根低碳钢试样和一根灰铸铁试样。

(3) 观察低碳钢试样的拉伸过程

1) 测量试样直径 d_0 和原始标距 l_0 ；

2) 安装试样；

3) 开机后观察试样形状尺寸的变化；

4) 注意观察屈服现象出现时测力仪表指针的动作和铅笔绘图的动作。记录屈服现象出现时的静拉伸力 F_s ；

5) 注意观察试样屈服后测力仪表指针的动作及材料强化现象；

6) 注意观察静拉伸力最大时出现的“缩颈”现象，记下极限拉伸力 F_b ，注意观察“缩颈”现象出现后测力仪表指针的反向回转；

7) 注意观察试样破断现象；

8) 关机后取下图样，分析绘图机自动绘出的力-伸长曲线；

9) 取下拉断的试样，对接起来测出标距 l_1 和缩颈处的最小直径 d_1 ；

10) 计算低碳钢材料的屈服点 σ_s 和抗拉强度 σ_b ；