

机械制造工程训练教材

主 编 张木青 于兆勤
副主编 李作全 李 奇 逢启寿
主 审 刘友和

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 简 介

本书为机械制造工程训练(金工实习)的实习教材,内容包括金属材料和钢的热处理、铸造、锻压和板料冲压、焊接、切削加工、车工、铣工与齿形加工、刨工、磨工、钳工与装配、汽车结构、塑料成型、数控加工基础、数控线切割、数控车削、数控铣削、电火花加工、表面处理技术等,每章均附有思考与练习题,在有些章节中还穿插了创新设计的内容。

本书适合于高等院校机械类、近机械类本、专科学生使用。对于非机械类专业,可根据专业特点和教学条件,有针对性地选择其中的实习内容组织教学。本书还可作为有关工程技术人员和技工的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工程训练教材 张木青,于兆勤主编. —广州:华南理工大学出版社, 2004.6

ISBN 7-5623-2046-2

. 机... . 张... 于... . 金属加工-工艺-高等学校-教材
.TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 046207 号

总发行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)
发行部电话: 020 - 87113487 87110964 22236185 87111048 (传真)
E-mail: scut202@scut.edu.cn http: www.scutpress.com

责任编辑: 毛润政

印刷者: 广东省阳江市教育印务公司

开本: 787×1092 1/16 印张: 17 字数: 425 千

版次: 2004 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1~18 000 册

定 价: 25.00 元

版权所有 盗版必究

序 言

机械工程训练是一门覆盖面很广的实践性课程，不但是绝大多数工科学生的必修课，管理类、语言类、新闻类、工艺美术类的学生也有不少要修读这门课程。

国内的理工科大学大多数设有机械工程训练基地，大多数学生也很喜欢参加这样的制造实践训练。经过较全面和较完善的实践训练的毕业生往往更受企业欢迎，有较大的择业优势。

过去的金工实习就是这样的实践训练。但科技发展很快，今天的工程材料已经不单只使用金属，许多非金属材料 and 更新的复合材料已经广为应用。制造方法也已经不单只使用金工实习中的铸造、锻压、焊接、热处理、车、铣、刨、磨、钳等传统的加工工艺，而是扩展到许多与现代制造技术有关的新工种。社会上许多用人机构已经对大学毕业生提出了更高的要求。

根据 2003 年 9 月本课程指导小组在成都会议上提出的《机械工程训练教学基本要求》讨论稿，要求各院校应积极创造条件，充实新工艺、新技术的教学内容。要具备基本的数控车、数控铣、数控线切割和电火花成形加工以及其他新技术、新工艺的工艺装备，逐步减少常规工艺训练内容，充分利用现有条件，积极开展创新训练。对照这些要求，本教材已经达到。

加入 WTO 以后，中国已成世界制造业的一个中心，需要大量有真才实学、有较高技能的人才。2003 年底，教育部、劳动与社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部和卫生部等 6 个中央部委联合发文，启动技能紧缺型人才培养工程。指出要适应我国现阶段走新型工业化道路，坚持以信息化带动工业化，以工业化促进信息化，大力振兴装备制造业，加快发展现代服务业的实际需要。2003 ~ 2007 年相关专业领域共要输送毕业生 100 万人，在相关专业领域共提供短期技能提高培训 300 万人次，以缓解劳动力市场上技能型人才的紧缺状况。各地要充分认识到加强技能型紧缺人才的培养对于促进我国制造业和现代服务业发展的重要意义。

广东省金属工艺学教学研究会本着与时俱进的精神，组织省内各主要院校共同编写了这本《机械工程训练教材》，期望能为提高大学毕业生的素质，特别是提高大学毕业生的实践技能作出贡献。

江西理工大学也积极支持，立即加入到此书的组编行列。2003 年 11 月，在武汉大学召开的中南 6 省、港澳地区学生创新设计与制造竞赛和中南金工 7 届年会上，本书责任编辑和有关老师对此书做了初步介绍之后，也有许多学校表示有浓厚的兴趣。我们十分欢迎更多的兄弟院校参加合作。

此书前 10 章介绍传统的金工实习的内容，后 8 章介绍了常用的塑料成型技术、数控车、数控铣、数控线切割、电火花加工、化学加工和表面处理技术，还有汽车结构的认识，这些都是当前我国制造业人才应该具备的知识，比较紧密结合当前我国工业发展的状况，尤其着重介绍数控技术、计算机应用和汽车方面的内容，完全符合中央 6 部委文件的

精神。

在中南 6 省和港澳地区学生创新设计与制造竞赛中，参赛的 80 多项作品展现了各地学生的创新精神和实践动手能力，选手们和各校的指导老师都深深体会到“机械制造工程训练”这一教学环节的重要性，有一本好的训练教材，有一个好的实习环境，是发挥同学们创意的保证。

在使用本书时，有如下几点建议：

加强与工业界的合作，使学生在培训中感受到真实工业环境中的对质量、效率和成本等方面的严格要求。这也是中央 6 部委文件中提出的实施措施之一。

将创新意念的培养贯彻于工程训练之中。2003 年的中南 6 省和港澳地区学生创新设计与制造竞赛已经有了一个不错的开始，2005 年将举行第二届中南 6 省和港澳地区学生创新设计与制造竞赛，广东省肯定要先进行初赛，湖北省金工研究会也已经制订了省级竞赛规则。最好的选拔选手的方法就是通过机械制造工程训练来启发同学们的创新意欲，培养制作技能，而不是到大赛前才急急忙忙寻找选手参赛。

不同专业的实习时间长短不同，对于感觉实习时间不够而又对书中内容感兴趣，希望多学一点的同学，建议有关学校为他们开出专门的选修项目。

工程训练牵涉到许多复杂的机器和复杂的操作，最好配有动画与视频图像以帮助理解。另外，不同学校条件可能有些差别，一些暂时未能开出的项目也可以先用多媒体课件演示。有鉴于此，本书编委会在本书正式出版后，将着手准备制作与本书配套的多媒体教学光盘。

期望此书能为机械制造工程训练课程建设作出较大的贡献。

中南金工研究会理事长、广东金工研究会理事长 **刘友和**

2004 年 3 月

前 言

“金工实习”是一门实践性的学科基础课，是高等院校工科专业学生进行工程训练、培养工程意识、学习工艺知识、提高综合素质的重要必修课。随着现代工业制造技术的发展和高等院校实习条件的不断改善，金工实习已成为包括微机数控加工、塑料加工、特种加工等非传统实习内容在内的多工种的工程训练，以适应不同专业学生的需要。实习的内容也应适应现代工业需求进行优化设置，以便使培养出的学生能适应现代社会的需求。结合这些变化和高等院校金工实习的实际，我们联合编写出《机械制造工程训练教材》一书。

《机械制造工程训练教材》一书，以国家教育部新颁布的《机械制造工程训练教学基本要求》为指导，结合金工实习课程改革实践，以近年来工科院校常用的实习项目为章节，精选金属材料的热处理、铸造、锻造和板料冲压、焊接、车工、铣工与齿形加工、刨工、磨工、钳工和装配等传统的机械制造工程训练内容，引进电火花加工、数控线切割机床加工、数控车削加工、微机数控铣削加工、塑料成型技术等新设备、新技术、新工艺实习内容，增加数控加工基础知识、零件加工质量检测技术、表面处理技术与化学加工、汽车结构基本知识等章节，以适应各层次、多专业的实习需求。

编写本书的思路是教材内容注重实际训练，举例实用，便于操作。因此，编写时认真吸取与借鉴了国内兄弟院校的教学改革成果，结合编者的教学实践经验和金工实习的实际内容，以高等院校常用的设备为例，介绍传统加工和新设备加工的基本制造技术和工艺。在有关章节中，增加了实验内容的介绍，便于学生在实习过程中完成实验。每章的后面都有思考与练习题，以帮助学生消化、巩固和深化教学内容以及进行实际工程训练和实验。某些章节的思考与练习题中要求学生结合实际设计并制造出有一定创意和使用价值的制品，以便于在实习中开展创新设计与制造活动。

为了限制篇幅，本书在对章节具体内容的处理上，以必需和够用为原则，内容做了必要的精简，文字力求简洁，同时注意知识的系统性和科学性。

本书适合于高等院校机械类、近机械类专业4~6周“金工实习”教学使用。对非机械类专业，可根据其专业特点和后续课程需要，有针对性地选择其中的实习内容组织教学。

本书由华南理工大学、广东工业大学、湛江海洋大学、东莞理工学院、江西理工大学、韶关学院联合编写。参编人员有于兆勤、王红飞、许光辉、李小平、李伟华、李作全、李奇、宋小春、张木青、陈元迪、郑传治、郑志军、逢启寿、施勋偕、钟罗杰、谢红希等。本书由刘友和教授主审，张木青、于兆勤主编，李作全、李奇、逢启寿副主编。张木青、于兆勤负责全书的统稿与修改工作。

本书是对金工实习深化改革的初步尝试，加上编者水平所限，书中错误与欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2004年3月

目 录

第 1 章 金属材料和钢的热处理.....	(1)
1.1 铁碳合金简介及显微组织观察	(1)
1.2 金属材料的现场鉴别	(5)
1.3 钢的热处理	(8)
思考与练习	(12)
第 2 章 铸造成型	(13)
2.1 概述.....	(13)
2.2 砂型铸造工艺.....	(13)
2.3 合金的熔炼与浇注.....	(21)
2.4 铸件常见缺陷的分析.....	(25)
2.5 压力铸造和实型铸造简介.....	(26)
思考与练习	(29)
第 3 章 锻造和板料冲压	(30)
3.1 锻造.....	(30)
3.2 板料冲压.....	(38)
思考与练习	(43)
第 4 章 焊接	(45)
4.1 焊条电弧焊.....	(45)
4.2 埋弧自动焊.....	(51)
4.3 气焊与气割.....	(52)
4.4 手工钨极氩弧焊.....	(57)
4.5 电阻焊.....	(57)
思考与练习	(60)
第 5 章 切削加工基础和零件加工质量检验技术	(61)
5.1 切削加工基础.....	(61)
5.2 常用量具及其使用方法.....	(68)
5.3 零件加工质量及检验方法.....	(74)
思考与练习	(78)
第 6 章 车工	(79)
6.1 卧式车床.....	(80)
6.2 车刀的结构、刃磨及其安装.....	(83)
6.3 车外圆、端面和台阶.....	(85)
6.4 切槽、切断、车成型面和滚花.....	(90)
6.5 车圆锥面.....	(93)
6.6 孔加工.....	(94)

6.7	车螺纹.....	(95)
6.8	车床附件及其使用方法.....	(98)
6.9	轴类零件车削工艺	(101)
	思考与练习.....	(103)
第 7 章	铣工与齿形加工.....	(105)
7.1	铣床	(106)
7.2	铣刀及其安装	(107)
7.3	分度头结构及分度方法	(109)
7.4	工件的安装	(110)
7.5	铣削典型表面	(111)
7.6	齿形加工	(118)
	思考与练习.....	(121)
第 8 章	刨工.....	(122)
8.1	牛头刨床	(122)
8.2	刨刀和工件的安装	(125)
8.3	典型表面的刨削	(126)
8.4	刨削类机床简介	(128)
	思考与练习.....	(130)
第 9 章	磨工.....	(131)
9.1	砂轮	(131)
9.2	外圆磨床及其磨削工作	(136)
9.3	平面磨床及其磨削工作	(138)
	思考与练习.....	(141)
第 10 章	钳工与装配	(143)
10.1	划线.....	(143)
10.2	锯削与錾削.....	(147)
10.3	锉削.....	(150)
10.4	孔及螺纹加工.....	(152)
10.5	装配.....	(159)
	思考与练习.....	(163)
第 11 章	汽车结构基本知识	(165)
11.1	汽车结构的认识.....	(165)
11.2	汽车的使用与保养.....	(174)
	思考与练习.....	(176)
第 12 章	塑料成型技术	(178)
12.1	常用塑料知识简介.....	(178)
12.2	注塑成型工艺.....	(179)
12.3	塑料模具的组成.....	(181)
12.4	挤出成型工艺.....	(183)

12.5	真空吸塑成型和吹塑成型工艺简介.....	(185)
	思考与练习.....	(187)
第 13 章	数控加工基础知识	(188)
13.1	数控加工的基本原理.....	(188)
13.2	数控编程.....	(195)
	思考与练习.....	(196)
第 14 章	电火花加工	(197)
14.1	概述.....	(197)
14.2	电火花成形加工机床的结构.....	(198)
14.3	电火花机床的操作.....	(199)
	思考与练习.....	(201)
第 15 章	数控线切割加工	(202)
15.1	数控线切割加工的基本原理、特点.....	(202)
15.2	数控线切割加工设备.....	(203)
15.3	数控线切割机床编程方法.....	(205)
15.4	电火花数控线切割机床的操作.....	(208)
	思考与练习.....	(211)
第 16 章	数控车削加工	(212)
16.1	数控车床的结构和工作过程.....	(212)
16.2	加工程序的编制 (以 GSK980T 为例)	(215)
16.3	数控车床的操作.....	(221)
16.4	加工程序实例.....	(226)
	思考与练习.....	(229)
第 17 章	数控铣削加工	(230)
17.1	数控铣床概述.....	(230)
17.2	数控铣床基本编程方法.....	(231)
17.3	数控铣床的操作.....	(235)
	思考与练习.....	(246)
第 18 章	表面处理技术与化学加工	(247)
18.1	概述.....	(247)
18.2	化学镀.....	(247)
18.3	铝及铝合金的阳极氧化处理.....	(251)
18.4	真空蒸发镀膜.....	(255)
18.5	化学腐蚀加工.....	(257)
	思考与练习.....	(257)
	参考文献.....	(259)

第 1 章 金属材料 and 钢的热处理

1.1 铁碳合金简介及显微组织观察

1.1.1 铁碳合金的分类

碳钢和铸铁是工业中应用范围最广的金属材料，它们都是以铁和碳为基本组成元素的合金，通常称之为铁碳合金。铁是铁碳合金的基本成分，碳是主要影响铁碳合金性能的成分。一般含碳量为 0.0218% ~ 2.11% 的称为钢，含碳量大于 2.11% 的称为铸铁。

1. 钢

钢根据其成分的不同常分为碳素钢和合金钢两大类。

(1) 碳素钢

碳素钢是以铁和碳为主要组成元素的铁碳合金。通常将含碳量小于 0.25% 的钢称为低碳钢；含碳量为 0.25% ~ 0.60% 的钢称为中碳钢；含碳量大于 0.60% 的钢称为高碳钢。工业中按用途将碳素钢分为碳素结构钢、碳素工具钢等。

碳素结构钢 按含磷、硫量的不同分为碳素结构钢和优质碳素结构钢，如表 1-1 所示。

表 1-1 碳素结构钢分类及用途

名称	常用钢种	牌号意义	应用举例
碳素结构钢	Q195, Q235, Q235A Q255, Q255B	数字表示最小屈服点。 数字越大，含碳量越高。 A、B 表示质量等级。	螺栓、连杆、法兰盘、键、轴等。
优质碳素结构钢	08F, 08, 15, 20, 35, 40, 45, 50, 45Mn, 60, 60Mn	数字表示含碳量万分之几。 F 表示为沸腾钢。当含锰量在 0.8% ~ 1.2% 时加 Mn 表示。	冲压件、焊接件、轴类件、齿轮类、蜗杆、弹簧等。

碳素工具钢 碳素工具钢牌号有 T8、T10、T10A、T12、T13 等，牌号后面的数字表示含碳量的千分之几，A 表示高级优质钢。碳素工具钢主要用于制造硬度高、耐磨的工具、量具和模具，如锯条、手锤、刮刀、锉刀、丝锥、量规、冷切边模等。

(2) 合金钢

合金钢是在碳素钢中加入一种或数种合金元素的钢。常用的合金元素有 Mn、Si、Cr、Ni、Mo、W、V、Ti 等。

合金钢种类繁多，工业上常按合金钢的用途将其分为合金结构钢、合金工具钢、特殊性能钢等。

合金结构钢 合金结构钢用来制造各种机械结构零件，如 40Cr、40CrNiMoA、45CrNi 等可用来制造齿轮、曲轴、连杆、车床主轴等。

合金工具钢 合金工具钢用于制造各种刀具、模具、量具，如 Cr12、Cr4W2MoV 等可用来制造冷作模具；9SiCr、CrWMn 可用来制造量具；W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2、W9Mo3Cr4V 等可用来制造刀具。

特殊性能钢 特殊性能钢是指具有特殊的化学和物理性能的钢。如不锈钢 1Cr17Mo 可用来制造酸输送管道；耐热钢 1Cr13Mo 可用来制造散热器；耐磨钢 ZGMn13 - 1 等可用来制造挖掘机履带。

2. 铸铁

铸铁中硅、锰、硫、磷等杂质较钢多，抗拉强度、塑性和韧性不如钢好，但容易铸造，减震性好，易切削加工，且价格便宜，所以铸铁在工业中仍然得到广泛的应用。

根据铸铁中碳的存在形式不同，铸铁可分成以下四种：

白口铸铁 碳以化合状态 (Fe_3C) 存在，断口呈银白色，故称白口铸铁。其性能硬而脆，很难切削加工，很少用来铸造机件。

灰口铸铁 碳主要以片状石墨形式存在，断口呈灰色，故称灰口铸铁。这种铸铁的硬度和强度较低，但抗振性能好，易切削，它是铸造中用得最多的铸铁。牌号由“HT”（灰、铁两字的汉语拼音字首）和一组数字组成。如 HT200，其中数字 200 表示抗拉强度不小于 200 MPa。灰口铸铁多用于铸造受力要求一般的零件，如床身、机座等。

可锻铸铁 碳以团絮状石墨存在。这种铸铁有较高的强度和塑性，但实际上并不能锻造，用于铸造要求强度较高的铸件。牌号如 KTH350 - 10。

球墨铸铁 碳以球状石墨存在。这种铸铁的强度较高，塑性和韧性较好，用于制造受力复杂、载荷大的机件。牌号如 QT600 - 02。

可锻铸铁和球墨铸铁的牌号中，后一组数字表示伸长率。

1.1.2 金属材料的力学性能和硬度测定方法

1. 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在外力作用下表现出来的特性，如强度、塑性、硬度、冲击韧度等。

强度是指材料在外力作用下抵抗变形和破坏的能力。以屈服强度 σ_s 和抗拉强度 σ_b 最为常用。

塑性是指金属材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力，常用延伸率 (δ) 和断面收缩率 (ψ) 作为材料的塑性指标。

冲击韧度是指材料抵抗冲击载荷的能力。金属材料韧性的好坏用冲击韧度值衡量。

硬度是指金属材料抵抗硬物压入其表面的能力。工程上常用的有布氏硬度和洛氏硬度。

(1) 布氏硬度

布氏硬度试验是用一定的载荷 P ，将直径为 D 的淬火钢球，在一定压力作用下，压入被测金属的表面（图 1-1），保持一定的时间后卸去载荷，以载荷与压

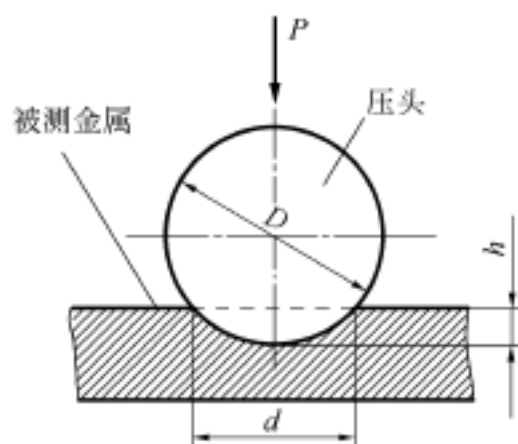


图 1-1 布氏硬度试验原理图

痕表面积的比值作为布氏硬度值，用 HB 表示。HB 值愈大，材料愈硬。

用布氏硬度试验测材料的硬度值，其测试数据比较准确，但不能测太薄的试样和硬度较高的材料。

(2) 洛氏硬度

洛氏硬度试验是用一定的载荷将顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588 mm 的淬火钢球压入被测试样表面，然后根据压痕的深度来确定它的硬度值。

用洛氏硬度计可以测量从软到硬的各种不同材料，这是因为它采用了不同的压头和载荷，组成各种不同的洛氏硬度标度，如 HRA、HRB、HRC。

2. 硬度测定方法

(1) 布氏硬度测定方法

图 1-2 为 HB-3000 布氏硬度计。测定硬度时其基本操作和程序如下：

将试样平稳地放在工作台上，转动手轮使工作台徐徐上升到试样与压头接触（应注意压头固定是否可靠），到手轮打滑为止，此时初载荷已加上。

按下加载按钮，加荷指示灯亮，自动加载并卸载指示灯灭。

逆时针转动手轮，使工作台下落，取下试样。

用读数放大镜测量压痕直径，测得压痕直径后从表中查出布氏硬度值。

(2) 洛氏硬度测定方法

以 HRC 测试为例（图 1-3）。它是采用顶角为 120° 金刚石圆锥压头，总载荷为 1500 N 。测试时先加预载荷 100 N ，压头从起始位置 0—0 到 1—1 位置，压入试件深度为 h_1 ，后加总载荷 1500 N （实为主载荷 1400 N 加上预载荷 100 N ），压头位置为 2—2，压入深度为 h_2 ，停留数秒后，将主载荷 1400 N 卸除，保留预载荷 100 N 。由于被测试件弹性变形恢复，压头略为提高，位置为 3—3，实际压入试件深度为 h_3 。因此，在主载荷作用下，压头压入试件的深度 $h = h_3 - h_1$ 。为了便于从硬度计表盘上直接读出硬度值，一是规定表盘上每一小格相当于 0.002 mm 压深，二是将 HRC 值用 $HRC = 100 - \frac{h}{0.002}$ 的公式表示，从而符合人们的习惯概念，即材料越硬，硬度值（HRC）越高。

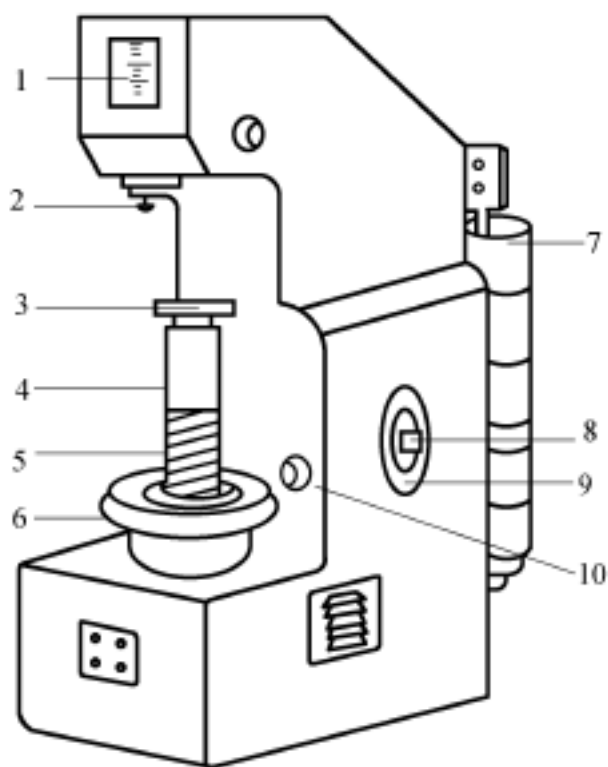


图 1-2 HB-3000 布氏硬度计

1—指示灯；2—压头；3—工作台；4—立柱；5—丝杠；6—手轮；7—载荷砝码；8—压紧螺钉；9—时间定位器；10—加载按钮

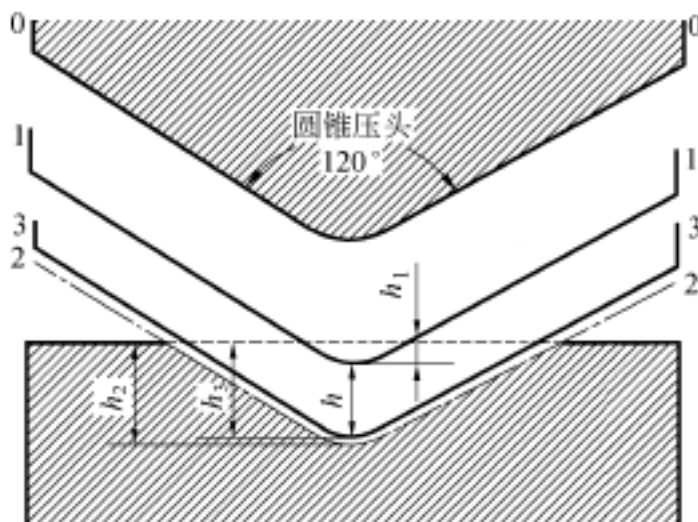


图 1-3 洛氏硬度测定原理示意图

1.1.3 铁碳合金基本组织

这里主要介绍铁碳合金的平衡组织。平衡组织是指铁碳合金在极为缓慢的冷却条件下所得到的组织。由于铁碳合金的含碳量不同，其平衡组织的结构和特点也不同，因此铁碳合金也可分为工业纯铁、钢和铸铁三大类。其中，钢又可分为亚共析钢 ($C < 0.77\%$)、共析钢 ($C = 0.77\%$) 和过共析钢 ($C > 0.77\%$) 三种；铸铁又可分为亚共晶白口铁 ($C = 2.06\% \sim 4.3\%$)、共晶白口铁 ($C = 4.3\%$) 和过共晶白口铁 ($C = 4.3\% \sim 6.67\%$) 三种。

铁碳合金的平衡组织在金相显微镜下具有以下四种基本组织。

铁素体 用代号“F”表示铁素体。其强度和硬度低，塑性韧性很好，所以具有铁素体组织多的低碳钢能进行冷变形、锻造和焊接。图 1-4 是亚共析钢的显微组织，图中呈块状分布的白亮部分即是铁素体。

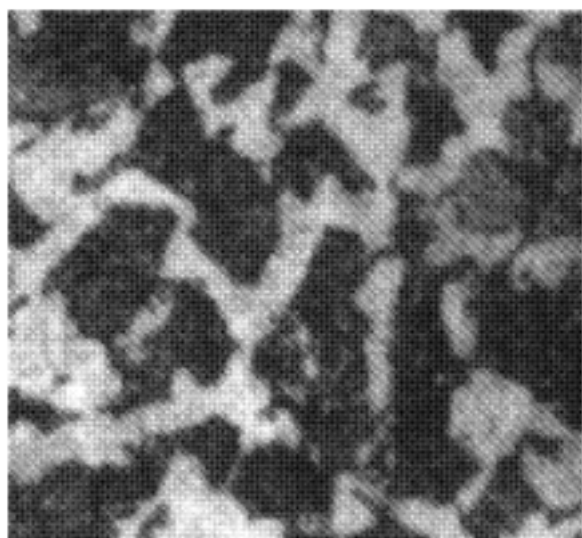


图 1-4 亚共析钢的显微组织 (400×)

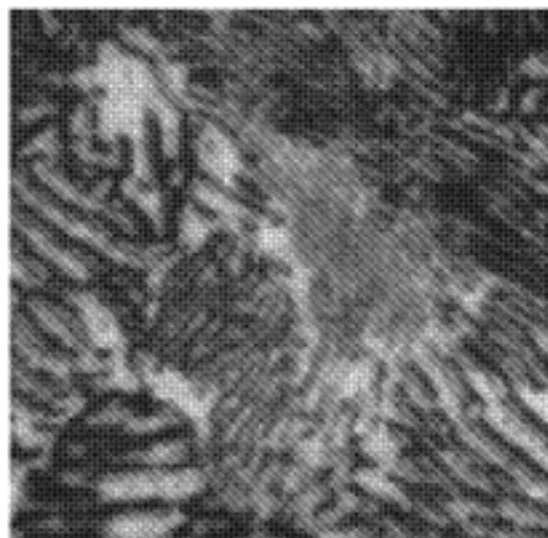


图 1-5 共析钢的显微组织 (400×)

渗碳体 渗碳体是铁与碳形成的稳定化合物 Fe_3C ，其含碳量为 6.69%，质硬而脆，耐蚀性强，经 4% 硝酸酒精浸蚀后，渗碳体仍呈亮白色，而铁素体呈灰白色，由此可区别铁素体和渗碳体。

珠光体 用代号“P”表示珠光体。珠光体是铁素体和渗碳体呈层片状交替排列的机械混合物。在不同放大倍数的显微镜下可以看到具有不同特征的珠光体组织。当放大倍数较低时，珠光体片层因不能分辨而呈黑色，如图 1-4 中的黑色部分为珠光体组织。

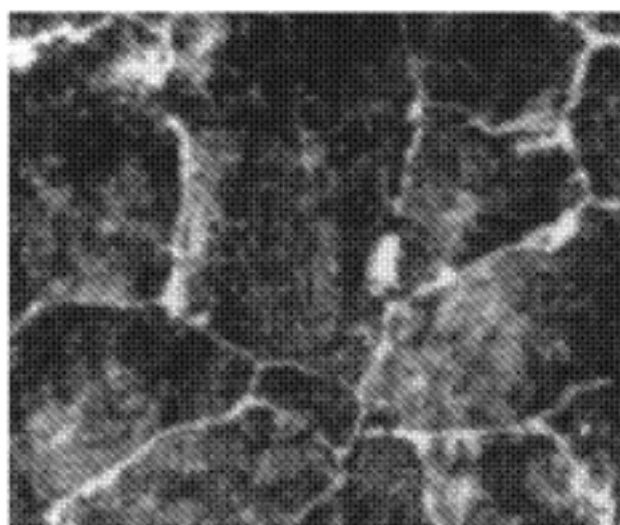


图 1-6 过共析钢的显微组织 (400×)

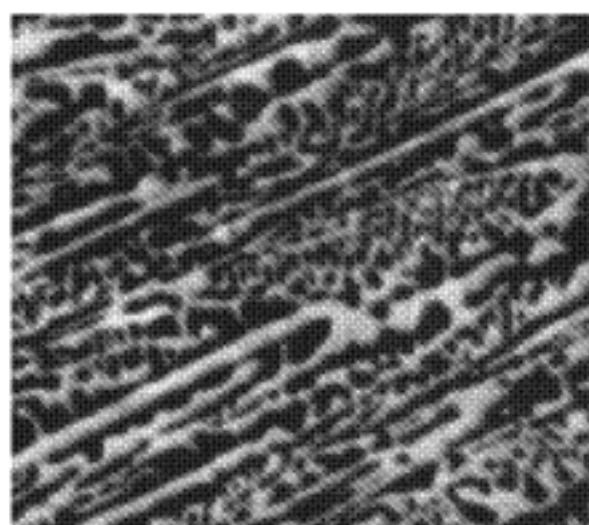


图 1-7 莱氏体的显微组织

图 1-5 所示为共析钢的显微组织，其组织全部为珠光体。图 1-6 为过共析钢的显微组织，其组织由珠光体晶粒及其周边的网状渗碳体组成。

莱氏体 用代号“Le”表示莱氏体。莱氏体在室温时是珠光体和渗碳体所组成的机械混合物。其组织特征是在亮白色渗碳体基底上相间地分布着暗黑色斑点及细条状珠光体，如图 1-7 所示。

1.1.4 铁碳合金显微组织观察

用光学显微镜将专门制备的试样放大 50 ~ 1500 倍，可观察和分析铁碳合金的显微组织形态，可研究成分、热处理工艺与显微组织之间的关系。这种金相分析是研究金属材料内部组织和缺陷的主要方法之一。

1. 金相试样的制备

金相试样的制备是一项细致的工作，要逐步用多种不同颗粒度的专用砂纸细心磨制，然后用抛光机将试样观察面抛光成平整镜面，选择合适的腐蚀剂腐蚀抛光镜面（一般为 4% 的硝酸酒精溶液）。由于晶界、晶面和不同相、不同组织接受腐蚀的情况不一，因此经腐蚀并清洗干燥后，试样观察面的显微组织在显微镜下就清晰可见。生产中有时也直接在机件某个部位制备出一个观察区域，用便携式光学显微镜进行观察和分析。

2. 金相显微镜结构及其使用方法

以 XJ-16 型金相显微镜为例，其结构如图 1-8 所示，使用方法如下。

根据所需的放大倍数，将选好的物镜和目镜分别装在物镜座上 and 目镜筒内。

将试样放在载物台中心，试样要清洁、干燥，以免玷污、侵蚀镜头。

转动粗调旋钮，使载物台渐渐上升，以调节焦距，边调节边观察，当观察到视野亮度增强时，改用微调旋钮调节，直至视场中出现清晰的物像为止。转动粗调或微调旋钮时动作要慢，感到阻碍时不得用力强行转动以免损坏机件。

观察时一般先用低倍以便观察全貌，当需观察局部组织的详细形貌时，可改用高倍观察。

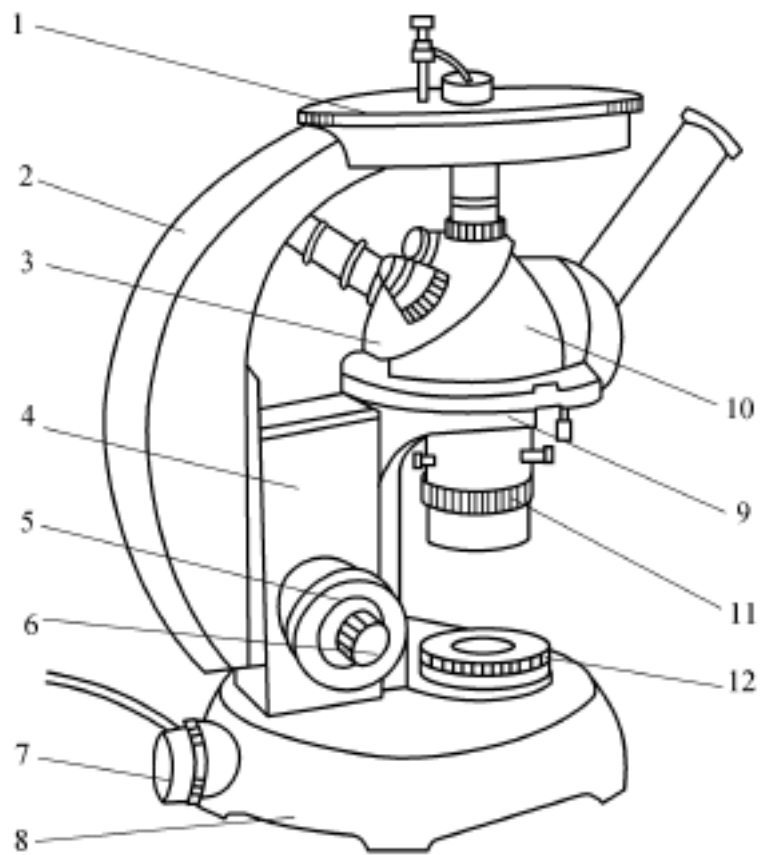


图 1-8 XJ-16 型金相显微镜结构

1—载物台；2—镜臂；3—物镜转换器；4—微动座；5—粗动调焦手轮；6—微调调焦手轮；7—照明装置；8—底座；9—平台托架；10—碗头组；11—视场光阑；12—孔径光阑

1.2 金属材料的现场鉴别

现场鉴别钢铁材料最简易的方法是火花鉴别法和涂色标志法等。

1.2.1 火花鉴别法

1. 火花的构成

钢材在砂轮上磨削时所射出的火花由根部火花、中部火花和尾部火花构成火花束，如图 1-9 所示。

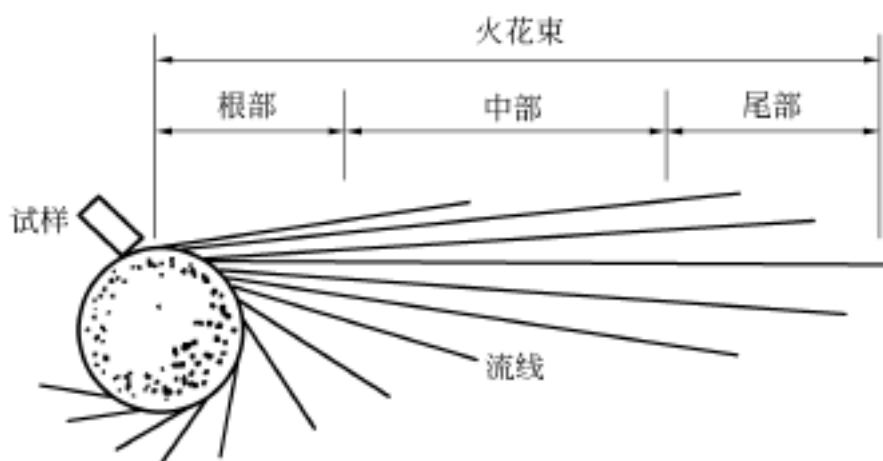


图 1-9 火花束

磨削时由灼热粉末形成的线条状火花称为流线。流线在飞行途中爆炸而发出稍粗而明亮的点称为节点。火花在爆裂时所射出的线条称为芒线。芒线所组成的火花称为节花。节花分一次花、二次花、三次花不等。芒线附近呈现明亮的小点称为花粉。火花束的构成如图 1-10 所示。

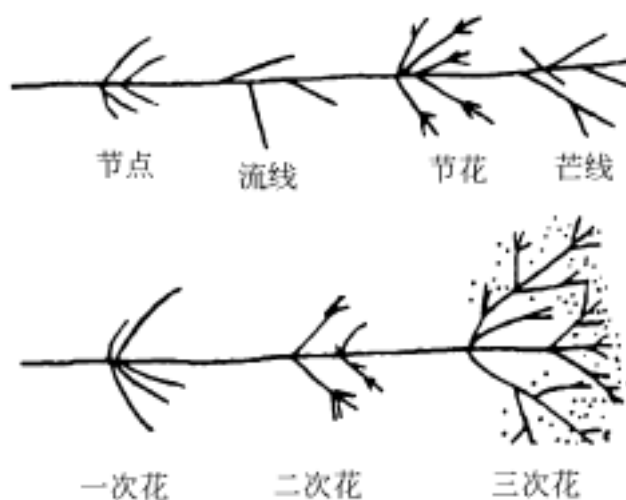


图 1-10 火花束的组成

由于钢材的化学成分不同，流线尾部出现不同的尾部火花，称为尾花。尾花有苞状尾花、菊状尾花、狐尾花、羽状尾花等，如图 1-11 所示。

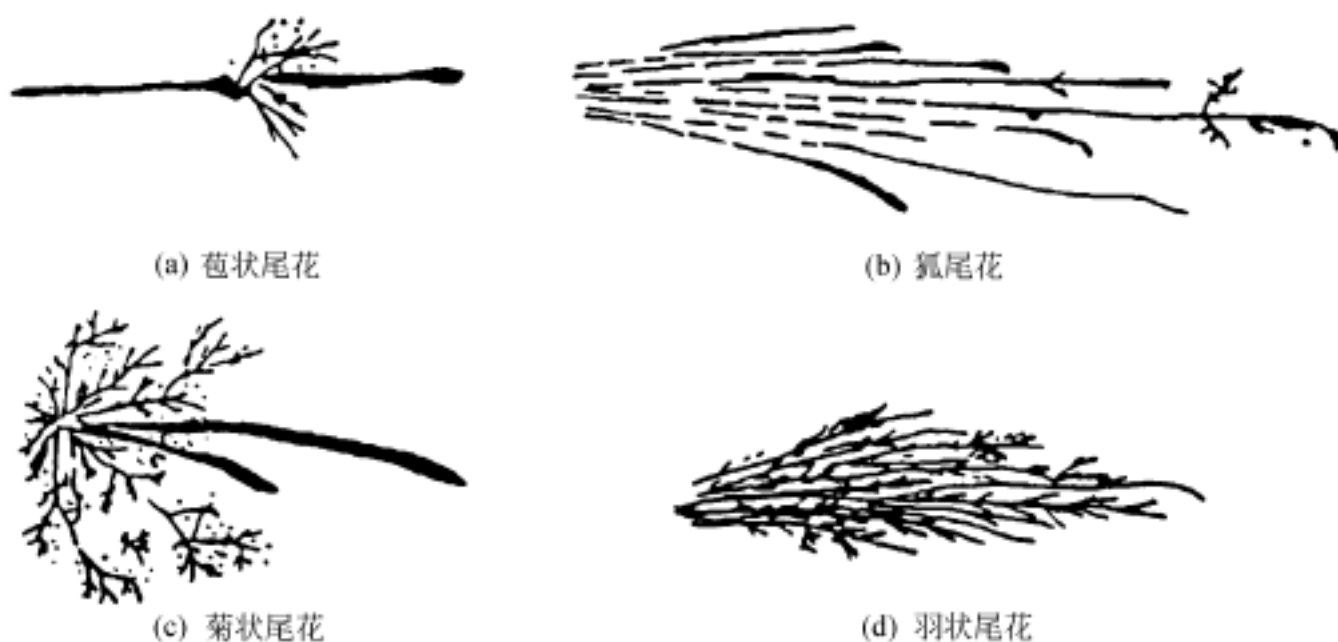


图 1-11 各种尾花形状

2. 常用钢的火花特征

碳素钢随着含碳量的增加，流线形式由挺直转向抛物线，流线逐渐增多，火束长度逐渐缩短，粗流线变细，芒线逐渐细而短，由一次爆花转向多次爆花，花的数量和花粉也逐渐增多，光辉度随着含碳量的升高而增加，砂轮附近的晦暗面积增大。在砂轮磨削时，手感也由软而渐渐变硬。

20 钢的火花特征：火花流线多，略呈弧形；火束长，呈草黄色，带红；芒线稍粗；爆花呈多分叉，一次爆花。20 钢的火花如图 1-12 所示。



图 1-12 20 钢的火花

40 钢的火花特征：整个火花束呈黄而略明亮；流线较细、多分叉而长；爆花接近流线尾端，呈多叉二次爆裂；磨削时手感抵抗力较弱。40 钢的火花如图 1-13 所示。

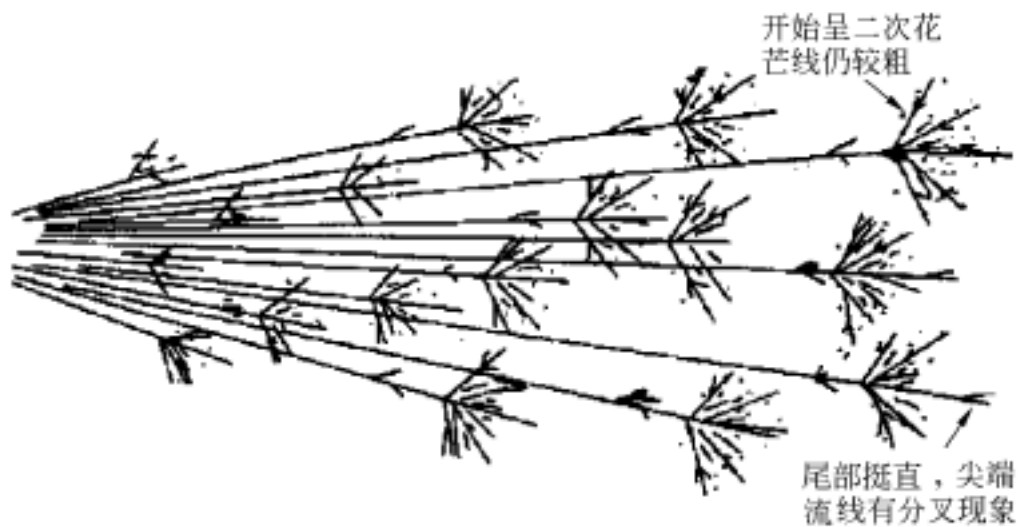


图 1-13 40 钢的火花



图 1-14 T13 钢的火花

T13 钢的火花特征：火束短粗，中暗红色；流线多，细而密；爆花为多次爆裂，花量多并重叠，碎花、花粉量多；磨削时手感较硬。T13 钢的火花如图 1-14 所示。

合金钢火花的特征与加入合金元素有关。例如 Ni、Si、Mo、W 等有抑制爆裂的作用，而 Mn、V、Cr 却可以助长爆裂，所以对合金钢火花的鉴别较难掌握。图 1-15 是高速钢 W18Cr4V 的火花特征。W18Cr4V 的火花束细长，流线数量少，无火花爆裂，色泽是暗红色，根部和中部为断续流线，尾花呈狐尾状。



图 1-15 W18Cr4V 火花特征

1.2.2 涂色标记法

在管理钢材和使用钢材时，为了避免出差错，常在钢材的两端面涂上不同颜色的油漆作为标记，以便于钢材的分类。表 1-2 为部分钢号的图色标记。

表 1-2 部分钢号的图色标记

材料种类	牌号	标记	材料种类	牌号	标记
碳素结构钢	Q235	红色	合金结构钢	20CrMnTi	黄色 + 黑色
优质碳素结构钢	45	白色 + 棕色		42CrMo	绿色 + 紫色
	60Mn	绿色三条	铬轴承钢	GCr15	蓝色一条
高速钢	W18Cr4V	棕色一条 + 蓝色一条	不锈钢	0Cr19Ni9	铝色 + 绿色

1.3 钢的热处理

1.3.1 热处理常用设备及其使用

热处理加热的专用设备称为热处理炉。根据热处理方法的不同，所用的热处理炉也不同，常用的有箱式电阻炉等。

1. 箱式电阻炉结构及其使用

箱式电阻炉如图 1-16 所示。按其工作温度可分为：高温、中温及低温炉三种。其中以中温箱式电阻炉应用最广，其最高工作温度为 950℃，可用于碳素钢、合金钢的退火、正火、淬火。

操作电阻炉时应注意炉衬严禁撞击，进料时不得随意乱抛；不要触碰电阻丝，以免引起短路。电阻炉本体及温度控制系统应经常保持清洁，勤检查，防止烧毁电热元件。炉内的氧化铁屑必须经常清除干净，以防粘在电热元件上发生短路。

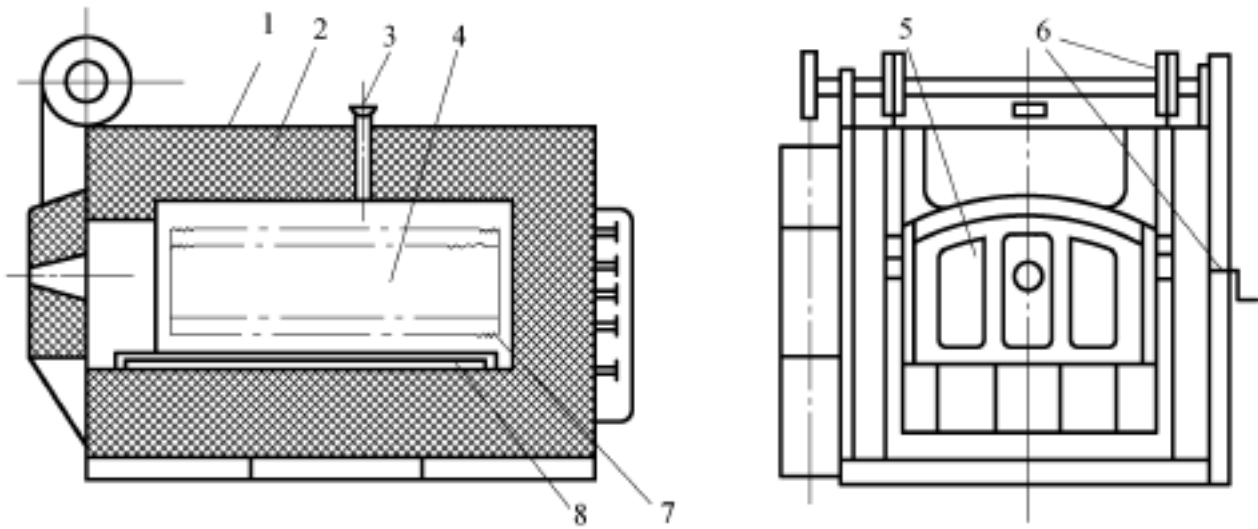


图 1-16 中温箱式电阻炉

1—炉壳；2—炉衬；3—热电偶孔；4—炉膛；5—炉门；6—炉门升降机；7—电热元件；8—炉底板

2. 测温仪表及使用

热处理时，为了准确地测量和控制零件的加热温度，常用热电偶高温计进行测温。下面介绍热电偶高温计结构原理及其使用。

热电偶高温计是由热电偶和调节式毫伏计组成的。

(1) 热电偶

热电偶由两根化学成分不同的金属丝或合金丝组成，如图 1-17 所示，A 端焊接起来插入炉中，称为工作端（热端）；另一端（ C_1 、 C_2 ）分开，称为自由端（冷端），用导线与温度指示仪表连在一起。当工作端放在加热炉中被加热时，工作端与自由端存在温度差，冷端便产生电位差，使带有温度刻度的毫伏计的指针发生偏转。温度越高电位差就越大，指示温度值也相应增高。

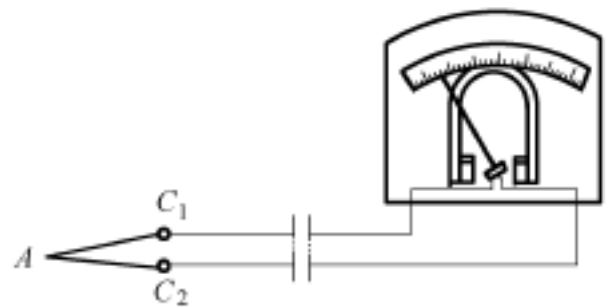


图 1-17 热电偶高温计示意图

热电偶两导线应彼此绝缘，以防产生短路，并避免热电偶的损坏，所以两根金属丝用瓷管隔开并装在保护管中。

(2) 调节式毫伏计

调节式毫伏计外形如图 1-17 所示。在调节式毫伏计的刻度表面上，一般都把电位差换算成温度值进行刻度。一种规格的调节式毫伏计只能与相应分度号的热电偶配合使用，在其刻度表面的左上角均注明有配用的热电偶分度号，使用时要加以注意；调节式毫伏计上连接热电偶正负极的接线柱有“+”“-”极性之分，接线时应注意极性不可接反。

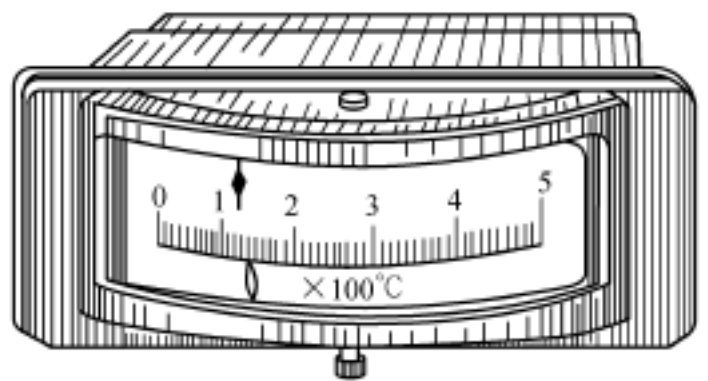


图 1-17 调节式毫伏计外形图

调节式毫伏计既能测量温度，又能控制温度。使用时，旋动调节旋钮就可以把给定针