

给水排水工程专业基础课程

水工艺设备基础

给水排水教研室

环境与市政工程学院

西安建筑科技大学 2008-05



前言

- 一、背景
- 二、课程性质与任务
- 三、课程主要内容
- 四、于其他课程关系
- 五、课程教学安排
- 六、参考资料



前言

一、背景

1. 给水排水专业概况

(1) 发展概况

- ▶ 建于20世纪50年代初。模仿前苏联的模式，建立了“给水排水工程”学科。
- ▶ 建国后的前30年，计划经济体制，实行“先生产，后生活”的发展方针，而“给水排水”被归入“生活类”，所以长期发展缓慢，大大滞后国民经济的发展。
- ▶ 进入20世纪80年代，开始实行“改革开放”政策，国家为了缓解水危机投入大量的资金，促进水工业的发展。
- ▶ 水工业源于给水排水工程，又不同给水排水工程，它在内涵和外延上都有了很大的扩展。水工业正是服务于水的社会循环。它与服务于水的自然循环及调控的“水利工程”，构成了水工程的两个方面。
- ▶ 水工业设备化、自动化系统的发展将是21世纪水工业工程技术重点。
- ▶ 给水排水工程技术人员不熟悉自动化监控仪表和控制技术，不懂得如何使用、管理这些设备，更谈不上研究开发设备；而机电自动化工程技术人员不懂得给水排水专业的工艺。缺乏两部分专业技术人员的“接口”与交叉。

前言

2. 《水工艺设备基础》课程发展的历史沿革

▶ 是一门新的专业基础课，是针对我国目前科学技术的发展和工业体系逐步形成与不断完善现状，经过全国高校给水排水工程学科专业指导委员会和众多专家的多次讨论而于2000年确定设置的一门新课程。

▶ 在国内属首次开设，国外由于专业名称不完全对应，同类课程与教材尚不多见

▶ 现代的水与废水处理过程已经由传统的土木工程型转化为以工艺技术和设备装备水平为核心的工业化过程型。

▶ 现代的水与废水处理过程已经由传统的土木工程型转化为以工艺技术和设备装备水平为核心的工业化过程型。

▶ 以特定的工艺技术与特殊设备高度集成的成套技术和工艺流程在水工业的建设、发展中所占比例不断提高，技术设备和器材所占的投资比例相应明显上升，反映了水工艺工程向设备化、产业化和市场化的发展趋势。

▶ 首本《水工艺设备基础》全国统编教材由西安建筑科技大学于2000年获得，并于2002年6月由中国建筑工业出版社出版发行，目前正在进行第二版的修订工作。



前言

二、课程性质与任务

1、性质

《水工艺设备基础》是给水排水工程专业的“十大”专业主干课程之一，必修课。“十大”专业主干课程分别为工程力学、水分析化学、水力学、水处理微生物学、水工艺设备基础、城市水工程仪表与控制、水资源利用和保护、水质工程学、给排水管道系统、建筑给水排水工程。

2、任务

主要任务是介绍与水工艺设备的制造、设计、工艺特点、适用条件等有关的基本知识。



前言

三、课程主要内容

前三章为基础知识，主要是水工艺设备常用材料的分类、性能，材料的腐蚀防护原理，材料的保温，以及容器应力基本理论、机械传动原理、机械制造加工及热量交换理论；后七章为水工艺设备，包括容器（塔）设备、搅拌设备、换热设备、分离设备、污泥处置设备和投药设备。

四、于其他课程关系

与本课程相关联的专业基础课和专业课包括“水力学”、“工程力学”、“无机化学”、“有机化学”、“电子电工学基础”、“城市水工程概论”、“水质工程学”、“建筑给水排水工程”等。本课程应安排在“水力学”、“工程力学”、“无机化学”、“有机化学”、“电子电工学基础”、“城市水工程概论”课程之后，并可与“水质工程学”、“建筑给水排水工程”等同时讲授。



前 言

五、课程教学安排

1、时间安排

第1周~第8周（32个学时）；

2、考试形式

待定

3、结业成绩

考试成绩（占70%）；平时考查成绩（占30%）主要包括课后作业、上课出勤、回答问题等。

4、答疑方式

课堂直接答疑；

课后约固定时间固定教室答疑；

通过网上答疑、电子邮件、视频会议、电话咨询等方式答疑；



前 言

六、参考资料

1、工具书

《给水排水设计手册》（第9册）专用机械，上海市政工程设计研究院主编，中国建筑工业出版社

《适用水处理设备手册》，史惠祥主编，化学工业出版社

《给水排水快速设计手册》（第4册）给水排水设备，李金根主编，中国建筑工业出版社

2、网络资源

中国水网：www.h2o-china.com

中国水星：www.waterchina.com

水处理设备与咨询：www.zengzhilie.163.com

中国建筑设备网：www.equipmentchina.com

中国国际环保网：www.65.com.cn

中国水工业互联网：www.c-china.com.cn

中国给排水在线：www.gpszx.com

3、参考书

《材料科学基础》（潘金生等著）；

《机械原理》（孙恒等编）；

《化工设备设计基础》（周志安等编）；

《设备腐蚀与防护》（王增品等编）；

《热工学基础》（韩正兴等编）等。



第1章 水工艺设备常用材料

主要内容:

- 1.1 金属材料(分类和基本性能)
- 1.2 无机非金属材料
- 1.3 高分子材料
- 1.4 复合材料
- 1.5 给水排水工程设备常用材料的选择原则

重点是掌握水工艺设备常用材料的基本性能与特点;

难点是如何根据材料的性能、特点和水工艺设备要求,确定不同材料的适用条件和范围。

水工设备材料

金属材料

钢

铸铁

有色金属及其合金

高分子材料

工程塑料

合成橡胶

合成纤维

普通陶瓷

陶瓷材料

特种陶瓷

复合材料

金属基复合材料

非金属基复合材料

§ 1.1 金属材料

1.1.1、金属材料的分类

水工艺设备常用的金属材料主要有碳钢、铸铁、合金钢、不锈钢以及部分有色金属材料等。

1、钢的分类

(1) 按化学成分分类

碳钢	低碳钢 (	$C < 0.25 \%$)	合金钢	低合金钢 (合金元素总	量 $< 5 \%$)	
	中碳钢 (	$C = 0.3 \sim 0.55 \%$)		中合金钢 (		$5 \sim 10 \%$)
	高碳钢 (	$C > 0.6 \%$)		高合金钢 (		$> 10 \%$)

[查看图片](#)



低碳钢

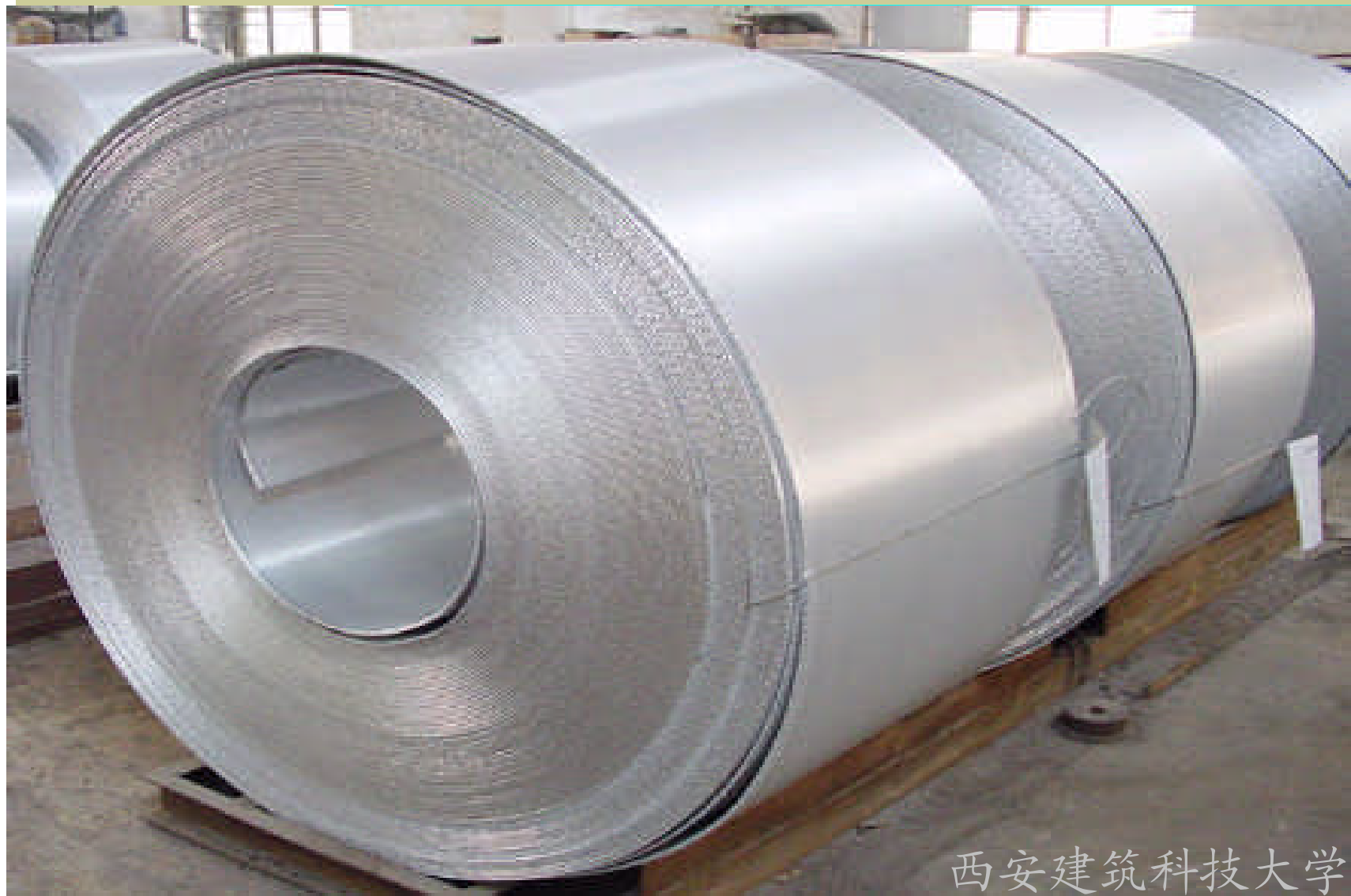


中碳钢

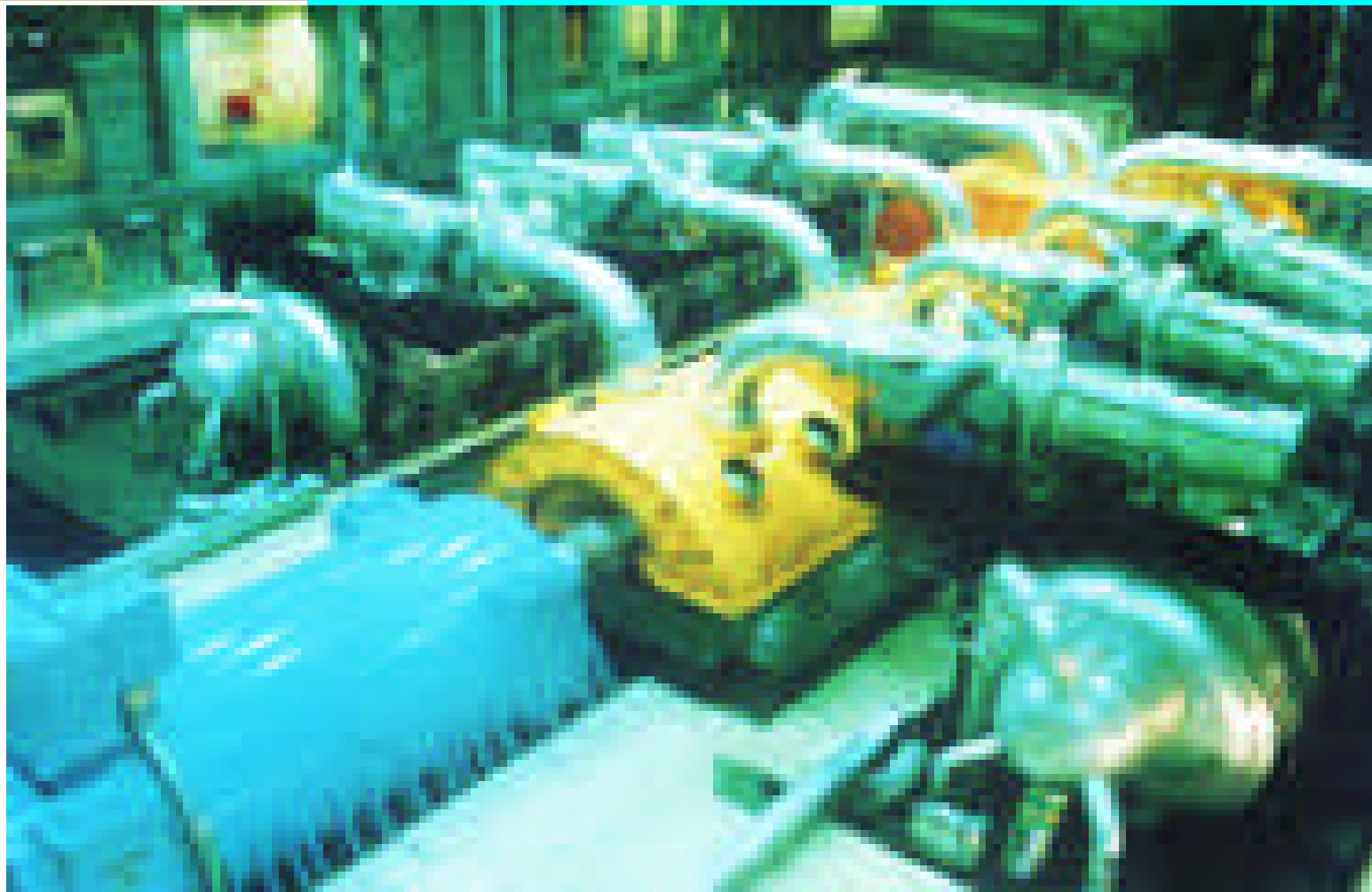




高碳钢

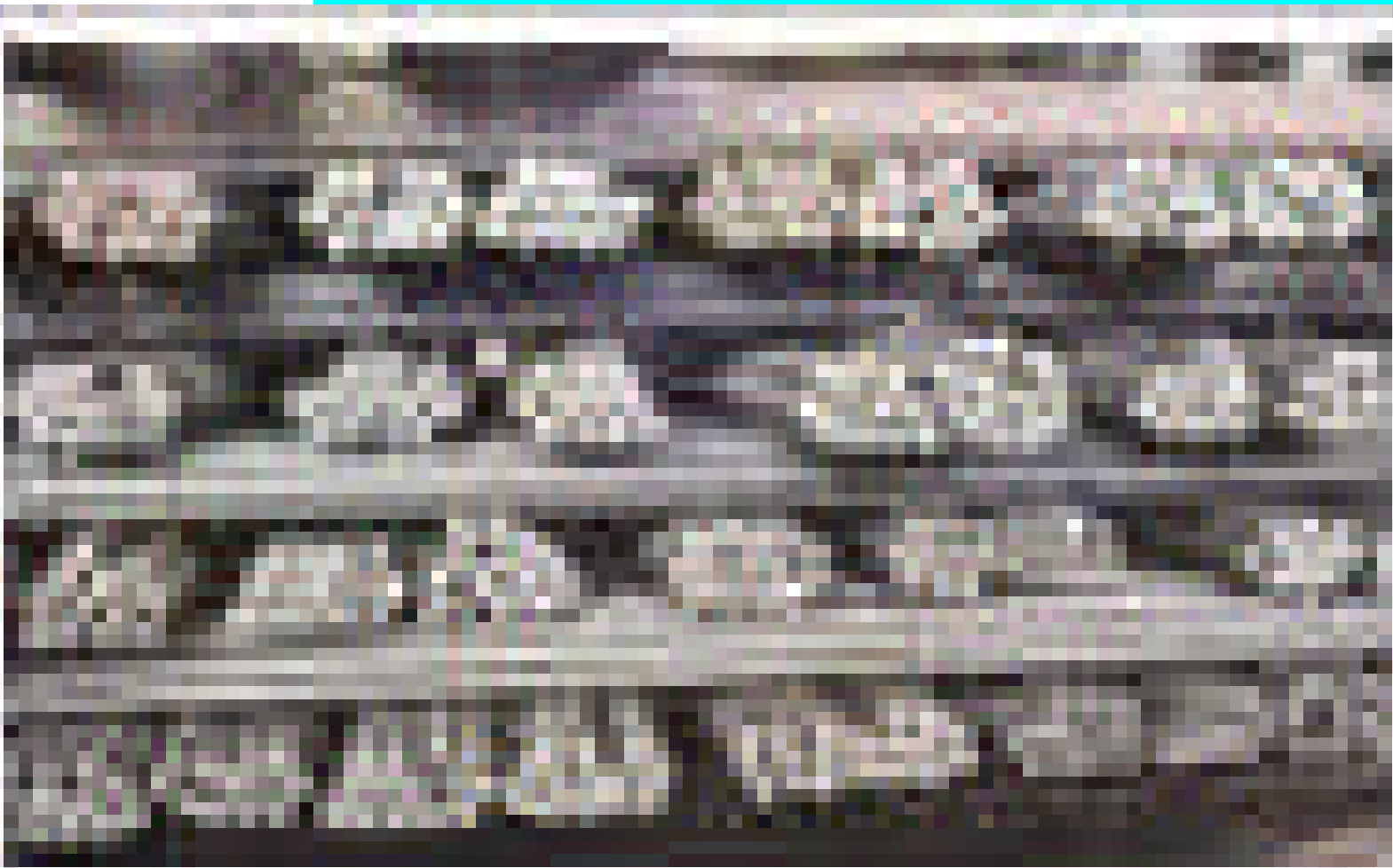


低合金钢





低合金钢





高合金钢



§ 1.1 金属材料

(2) 按质量分类

按照钢中硫 (S) 和磷 (P) 的含量可分为普通钢、优质钢和高级优质钢。

普通钢 $S \leq 0.055\%$; $P \leq 0.045\%$;

优质钢 S, P 均应 $\leq 0.04\%$;

高级优质钢 $S \leq 0.03\%$; $P \leq 0.035\%$

(3) 按用途分类

根据钢的用途主要可分为结构钢、工具钢和特殊性能钢。

结构钢主要用于制造各种工程构件和机器零件。这类钢一般属于低碳或中碳的碳素钢或合金钢。

工具钢主要用于制造各种刀具、量具、模具。这类钢一般属于高碳钢或高碳合金钢。

特殊性能钢是具有特殊物理性能或化学元素性能的钢，如不锈钢、耐热钢、耐磨钢等，这类钢一般属于高合金钢。

§ 1.1 金属材料

2、钢的编号

钢的品种繁多，为了便于选择和使用，必须制定科学的编号系统。编号的要求是用简明的符号将钢中所含元素的大致百分数表示出来。有时通过编号还能说明钢的性能特征。

(1) 普通碳素结构钢

这类钢主要保证机械性能，故其牌号用Q+数字表示，其中“Q”为“屈”字的汉语拼音字头，数字表示屈服强度值，例如Q275表示屈服强度为275MPa的碳素结构钢。

若牌号后面标注A、B、C、D，则表示钢材质量等级不同，其中A级最低，D级最高。

若在牌号后标注字母“F”则为沸腾钢，未加标注的为镇静钢。例如Q235-AoF表示屈服强度为235MPa的A级沸腾钢。



§ 1.1 金属材料

(2) 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢主要用于制造各种机器零件，

这类钢的硫、磷含量都限制在0.040%以下。例如含碳为0.45%左右的优质碳素结构钢编号为45钢；含碳0.08%左右的低碳钢称为08钢等。若钢中含锰较高则在钢号后面附以锰的元素符号Mn如15Mn、45Mn等。

(3) 碳素工具钢

这类钢的含碳量较高，一般介于0.65~1.35%之间。它的硫、磷含量限制得更严格些。一般的碳素工具钢均属于优质钢。当硫、磷含量分别限制在0.030%以下时则为高级优质工具钢。

碳素工具钢的编号是以“T”（碳的汉语拼音字头）开头，后面标以数字表示含碳量的千分之几。例如T8就是代表平均含碳量为0.8%的碳素工具钢；若为高级优质碳素工具钢，则在编号最后加以“A”，例如T8A、T13A

§ 1.1 金属材料

(4) 合金结构钢

这类钢的编号是利用“两位数字+元素符号+数字”来表示。前面的两位数字代表钢中平均含碳量的万分之几，元素符号表示钢中所含的合金元素。元素后面的数字表示该元素的平均含量的百分之几。如果平均含量低于1.5%，则不标明含量。如果平均含量大于1.5%、2.5%、3.5%...，则相应地以2、3、4...等表示。

例如12CrNi3钢，其平均含碳量为0.12%，平均含铬量小于1.5%，平均含镍量为3%。又如30CrMnSi钢，其平均含碳量为0.3%，铬、锰、硅三种合金元素的含量均小于1.5%。若为高级优质合金结构钢，则在钢号的最后加“A”字，例如20Cr12Ni14WA。

(5) 合金工具钢

编号与合金结构钢相似，仅含碳量的表示方法有所不同。当合金工具钢的平均含碳量大于或等于1.00%时，其含碳量不予标出。平均含碳量小于1.00%时，以千分之几表示。例如：9SiCr钢，其平均含碳量为0.9%，硅和铬的平均含量小于1.5%。



碳钢用途举例

Q195、Q215，用于铆钉、开口销等及冲压零件和焊接构件。

Q235、Q255，用于螺栓、螺母、拉杆、连杆及建筑、桥梁结构。

Q275，用于强度较高转轴、心轴、齿轮等。

Q345，用于船舶、桥梁、车辆、大型钢结构。

08钢，含碳量低，塑性好，主要用于制造冷冲压零件。

10、20钢，常用于制造冲压件和焊接件。也常用于制造渗碳件。

35、40、45、50钢属中碳钢，经热处理后可获得良好的综合力学性能，主要用制造齿轮、套筒、轴类零件等。这几种钢在机械制造中应用非常广泛。

T7、T8钢，用于制造具有较高韧性的工具，如冲头、凿子等。

T9、T10、T11钢，用作要求中等韧性、高硬度的刀具，如钻头、丝锥、锯条等。

T12、T13钢，用于要求更高硬度、高耐磨性的锉刀、拉丝模具等。



合金钢用途举例

09MnNb、16Mn、15MnTi钢属低合金结构钢，用于制造桥梁、车辆、锅炉、油罐、建筑结构和化工容器等。

14MnVTiRe、14MnMoV、18MnNb、14CrMnMoVB钢用于制造大型船舶、重要桥梁、电站设备及锅炉、化工、石油等中高压容器。

20CrMnTi钢，常用于制造汽车、拖拉机上的齿轮。

40MnB、40Cr、35CrMo、40CrMnMo钢，用于制造重要调质件，如主轴、曲轴、连连杆和齿轮等机械零件。

65Mn、60Si2Mn钢属弹簧钢，主要用于制造截面小于25mm的弹簧，如车箱板簧和机车板簧、扭杆簧等。

GCr15、GsiMnMoV钢属轴承钢，主要用于制造滚动轴承的内圈、外圈和滚动体，也可用于制造冷冲模、冷轧辊等。

1Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti钢，属奥氏体不锈钢，用于制造耐硝酸、冷磷酸、有机酸及盐、碱溶液腐蚀的设备零件。

Mn13钢，属耐磨钢，用于制造拖拉机链轨板、挖掘机铲齿、球磨机衬板、铁路道岔等。

15CrMo、4Cr10Si2Mo钢，属耐热钢，用于制造在高温下工作的零件或构件。

钢铁材料的现场鉴别

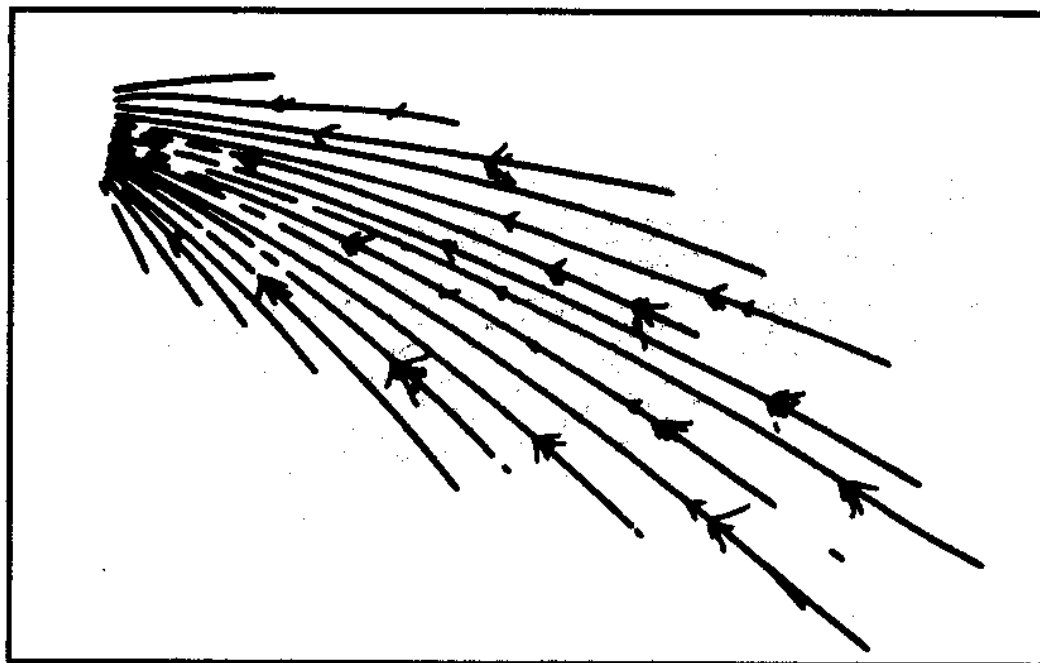
1 火花鉴别法

根据钢铁材料在磨削过程中所出现的火花爆裂形状、流线、色泽、发火点等特点区别钢铁材料化学成分差异的方法，称为火花鉴别法

碳是钢铁材料火花的基本元素，也是火花鉴别法测定的主要成分。由于含碳量的不同，其火花形状不同。

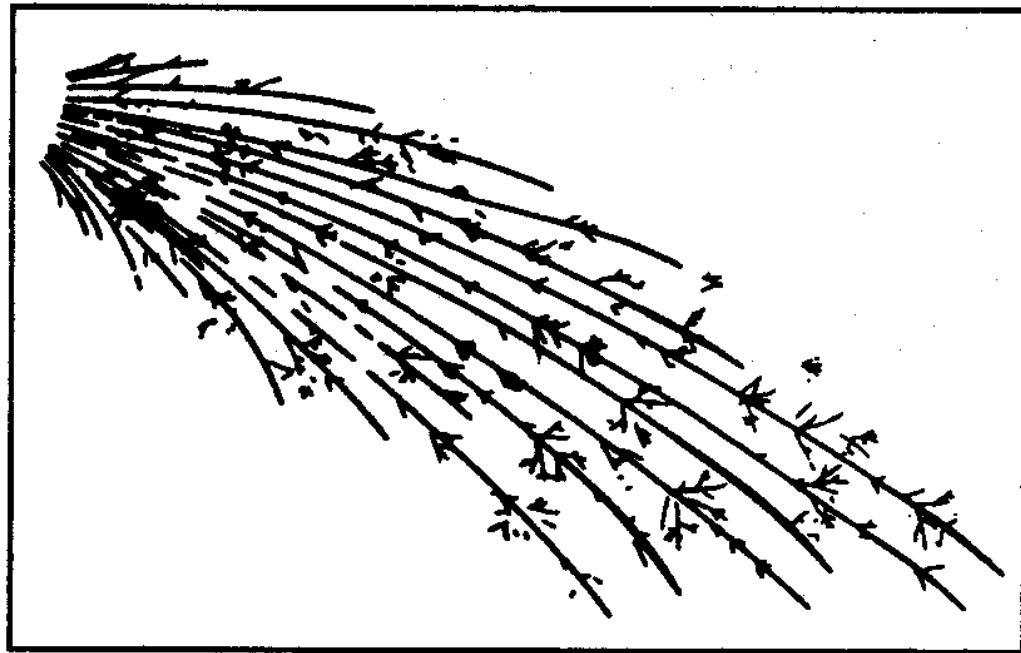
碳素钢火花特征

① 通常低碳钢火花束较长，流线少，芒线稍粗，多为一次花，发光一般，带暗红色，无花粉。



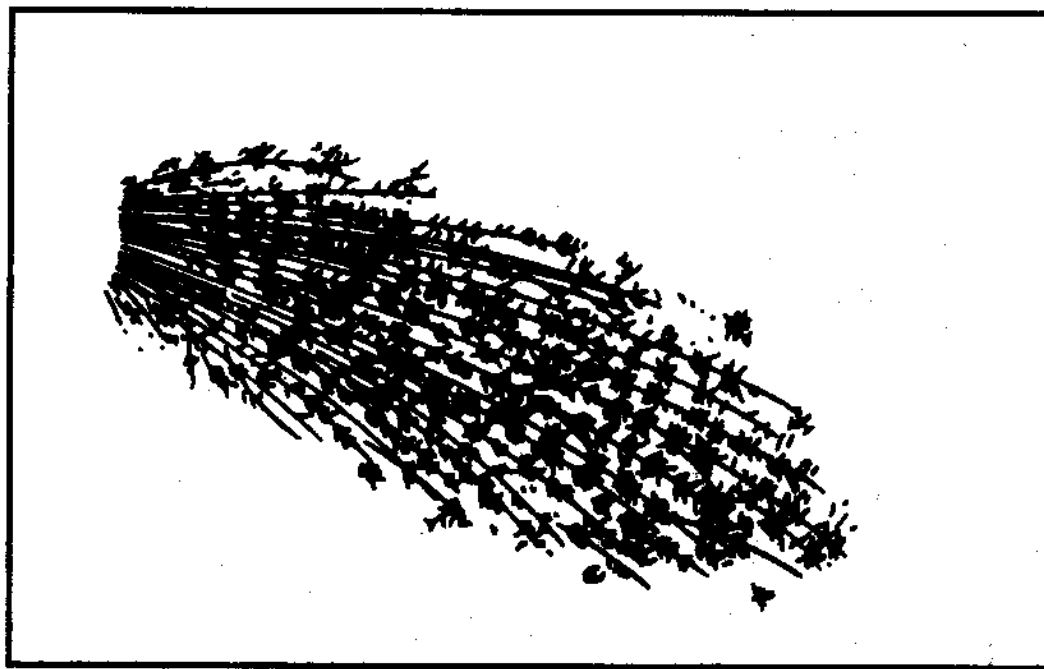
碳素钢火花特征

② 中碳钢火花束稍短，流线较细长而多，爆花分叉较多，开始出现二次、三次花，花粉较多，发光较强，颜色橙。



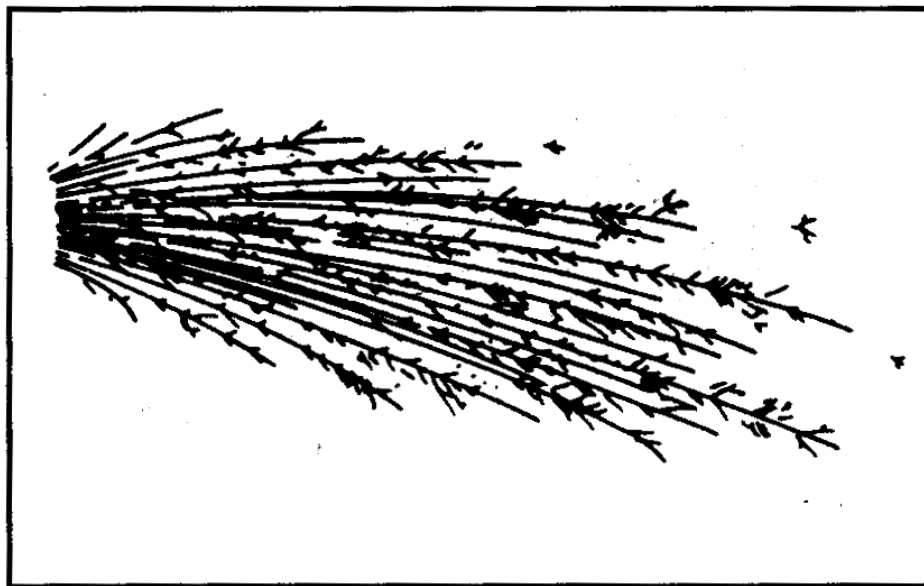
碳素钢火花特征

③ 高碳钢火花束较短而粗，流线多而细，碎花、花粉多，又分叉多且多为三次花，发光较亮



铸铁的火花特征

铸铁的火花束很粗，流线较多，一般为二次花，花粉多，爆花多，尾部渐粗下垂成弧形，颜色多为橙红。火花试验时，手感较软



合金钢的火花特征

合金钢的火花特征与其含有的合金元素有关。一般情况下，镍、硅、钼、钨等元素抑制火花爆裂，而锰、钒铬等元素却可助长火花爆裂。所以对合金钢的鉴别难掌握。

一般铬钢的火花束白亮，流线稍粗而长，爆裂多为一次花、花型较大，呈大星形，分叉多而细，附有碎花粉，爆裂的火花心较明亮。

镍铬不锈钢的火花束细，发光较暗，爆裂为一次花，五、六根分叉，呈星形，尖端微有爆裂。

高速钢火花束细长，流线数量少，无火花爆裂，色泽呈暗红色，根部和中部为断续流线，尾花呈弧状。

2 色标鉴别法

生产中为了表明金属材料的牌号、规格等，常做一定的标记，如涂色、打印、挂牌等。金属材料的涂色标志是表示钢号、钢种的，涂在材料一端的端面或端部。

碳素结构钢Q235钢为红色；

优质碳素结构钢20钢为棕色加绿色，45钢为白色加棕色
合金结构钢20CrMnTi钢为黄色加黑色，40CrMo钢为绿色加紫色；

铬轴承钢GCr15钢为蓝色；

高速钢W18Cr4V钢为棕色加蓝色；

不锈钢1Cr18Ni9Ti钢为绿色加蓝色；

热作模具钢5CrMnMo钢为紫色加白色。



3 断口宏观鉴别法

低碳钢不易敲断，断口边缘有明显的塑性变形特征，有微量颗粒；

中碳钢的断口边缘的塑性变形特征没有低碳钢明显，断口颗粒较细、较多；

高碳钢的断口边缘无明显塑性变形特征，断口颗粒很细密；

铸铁极易敲断，断口无塑性变形，晶粒粗大，呈暗灰色。



4 音色鉴别法

根据钢铁敲击时发出的声音不同，以区别钢和铸铁的方法称为音色鉴别法。

敲击时，发出比较清脆声音的材料为钢，发出较低沉声音的材料为铸铁。

5、其它鉴别方法

一般还可采用化学分析、金相检验以及硬度试验等手段进行鉴别

§ 1.1 金属材料

1.1.2、金属材料的基本性能

金属材料的基本性能是指它的物理性能、机械性能、化学性能和工艺性能，这些性能一般都受其化学成分的影响。

1、化学成分

化学成分的变化对钢材的基本力学性能如强度及塑韧性等有较大影响，对热处理效果也有较大影响。

(1) 碳 (C)

主要元素。一般地，碳含量增加，强度极限和硬度提高，而塑性、韧性下降。当碳的含量超过0.9%时，钢的强度极限反而降低。碳含量偏高会对钢的焊接性能产生不利影响。

(2) 硫 (S)

一种有害元素。以FeS形式存在（熔点只有989℃），使钢材在热加工时容易开裂，产生“热脆”现象。硫含量高还使材料的断裂韧性降低。

§ 1.1 金属材料

(3) 磷 (P)

也是一种有害元素。磷能全部溶于铁素体中，使强度和硬度增加，会导致塑性和冲击韧性的显著降低。在低温变脆，产生“冷脆”现象。在某些特殊用途钢中，如含磷的铜钢，可以提高在大气中的耐腐蚀性。

(4) 锰 (Mn)

一种有益的元素。锰是炼钢时作为脱氧剂和合金元素加入钢中的。由于锰可以和硫形成高熔点(1600℃)的硫化锰，能减轻硫的有害作用，并能提高钢的强度和硬度，是低合金钢中的常见元素。

(5) 硅 (Si)

一种有益的元素。作为脱氧剂和合金元素加入钢中的。能使钢的强度、硬度、弹性提高，而塑性、韧性降低。硅作为合金元素，可以提高钢的耐腐蚀性和耐热性，但过量的硅会恶化钢的热加工工艺性能。

§ 1.1 金属材料

2、物理性能

物理性能主要指密度、熔点、热膨胀系数、导热性、导电性以及弹性模量等。

(1) **弹性模量**是材料在弹性极限内应力与应变的比值。

(2) **线膨胀系数**是指材料在温度变化 1°C 时单位长度的伸缩变化值，其值可从机械设计手册中查取。

(3) **导热系数**是指当温度梯度（温度差与器壁厚度的比值）为 1K/m ，每小时通过每平方米传热面积传过的热量，单位为 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

3、机械性能

材料的机械性能主要是指材料的**弹性、塑性、强度和韧性**。

(1) 材料的**弹性和塑性**

材料在外力作用下产生**变形**，当外力去除后又能够恢复其原来形状的性能，称作材料的**弹性**。**塑性**是指材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力。



§ 1.1 金属材料

(2) 材料的强度

强度是金属材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。

- **抗拉强度**: 抗拉强度是金属材料试样在拉断前所能承受的最大应力, 以 σ_b 表示, 单位为MPa。
- **屈服极限**: 是金属材料开始产生屈服现象时的应力, 以 σ_s 表示, 单位为MPa。对于没有明显屈服点的材料, 规定以产生0.2%塑性变形时的应力作为屈服强度, 以 $\sigma_{0.2}$ 表示。
- **屈强比**: 屈服极限和抗拉强度的比值称为屈强比。这个比值可反映材料屈服后强化能力的高低。一般高强度钢的屈强比数值较大, 低强度钢的屈强比较小。
- **持久强度**: 持久强度是材料在某一温度下受恒定载荷作用时, 在规定的持续时间内引起断裂时的应力。用 σ_t^T 表示, 单位为MPa。



§ 1.1 金属材料

- **蠕变强度**:指在给定的温度下, 在规定的时间内, 使试样产生的蠕变变形量不超过规定值 (如1%) 时的最大应力, 单位为MPa。
- **疲劳破坏**:零件或构件在工作过程中受到方向、大小反复变化的交变应力的长期作用下, 会在应力远小于该材料的屈服强度情况下, 突然发生脆性断裂, 这种现象称为疲劳破坏。
- **疲劳强度**:是指材料在经受N次应力循环而不断裂时的最大应力, 以 σ_{-1} (纯弯曲疲劳), τ_{-1} (扭转疲劳) 表示, 单位为MPa。

(3) 硬度

硬度是材料抵抗其它物体刻划或压入其表面的能力。用标准试验方法测得的表面硬度是材料耐磨能力的重要指标。

(4) 材料的韧性

韧性是材料对缺口或裂纹敏感程度的反映, 用来衡量材料的抗裂纹扩展能力。

§ 1.1 金属材料

冲击韧性:衡量材料韧性的指标之一。可用带缺口的冲击试样在冲击试验中所吸收的冲击功数值作为冲击韧性值。

断裂韧性:材料的冲击韧性可指导选材，但冲击功不能直接用于设计计算，而且许多压力容器由于裂纹的存在也可以在塑性与冲击韧性值足够大的情况下发生脆性断裂事故。为了能更科学地判断容器是否存在较大宏观缺陷，特别是裂纹性缺陷时是否会发生低应力脆断，近年来已把断裂力学中的断裂韧性指标用于压力容器的防脆断设计或安全评定。这些断裂韧性值可以衡量材料的韧性情况，即可看出存在裂纹时材料所具有的防断能力。

***无塑性转变温度 (NDT):**在不同的温度下测定出一系列的冲击韧性值，可以发现材料在某一温度区间随温度降低韧性值突然下降。由此可得出该材料的无塑性转变温度，以便确定材料的最低使用温度。



§ 1.1 金属材料

(5) 温度对材料机械性能的影响

一般金属材料的机械性能，随温度的升高会发生显著的变化。

*材料在高温下应力松弛

*材料在低温下材料的冷脆性。

4. 材料的工艺性能

材料要经过各种加工后，才能做成设备或机器的零件。材料在加工方面的物理、化学和机械性能的综合表现构成了材料的工艺性能，又叫**加工性能**。选材时必须同时考虑材料的使用与加工两方面的性能。

水工艺与工程中容器和设备主要零部件的制造主要是焊接、锻造、切削、冲压、弯曲和热处理工艺过程。

§ 1.1 金属材料

(1) 可焊性：指被焊金属在一定的焊接方法、焊接材料、工艺参数及结构型式的条件下，获得优质焊接接头的难易程度。

*工艺可焊性主要是指焊接接头产生工艺缺陷的倾向

*使用可靠性包括焊接接头的机械性能及其他特殊性能（如耐热、耐腐蚀性能等）。

(2) 可锻性：金属承受压力加工的能力叫金属的可锻性。

(3) 切削加工性：材料被切削加工的难易程度。

(4) 成型工艺性：成型就是金属在热态或冷态下，经外力作用产生塑性变形而成为所需形状的过程。

(5) 热处理性能：热处理是以改善钢材的某些性能为目的，将钢材加热到一定的温度，在此温度下保持一定的时间，然后以不同的速度冷却下来的一种操作。

§ 1.1 金属材料

三、耐蚀金属材料及性能

金属材料的化学性能最主要的是指它的耐腐蚀性。材料抵抗周围介质对腐蚀破坏的能力称为材料的耐蚀性能。耐蚀性不是材料固有不变的特性，它随材料的工作条件而改变。

1、碳钢和普通铸铁的耐蚀性

(1) 耐蚀性能

- *在淡水、大气、土壤、海水等中性介质中都不耐蚀；
- *在各类干燥气体和有机溶剂等介质中耐蚀性良好；
- *在低浓度碱溶液及浓硫酸、浓氢氟酸等介质中，碳钢和普通铸铁表面能生成稳定的膜，因而是耐蚀的。

(2) 影响耐蚀性的因素：

介质组成；铁碳合金的成分和组织；钢铁热处理条件差异。



§ 1.1 金属材料

2、耐蚀合金铸铁

在铸铁中加入某些合金元素可以大大提高它在一些介质中的耐蚀性。如添加硅、铬、铝等元素，可使铸铁表面形成连续、致密、牢固的表面膜；添加镍能获得耐碱性介质腐蚀性能优良的奥氏体铸铁；加稀土元素、镁，能使石墨球化，从而大大改善高硅铸铁的力学性能和工艺性能。

3、耐蚀低合金钢

耐蚀低合金钢通常是指在碳钢中加入合金元素的总量低于3%左右的合金。加入的合金元素种类、含量不同，所起的作用不同。

根据在不同介质中的耐腐蚀性能，可将耐蚀低合金钢分为如下几种：

- (1) 耐大气腐蚀钢种：铜系、磷矾系、磷稀土系、磷铌稀土系
- (2) 耐海水腐蚀钢种
- (3) 耐硫化氢腐蚀钢种

§ 1.1 金属材料

4、不锈钢

不锈钢是铬、镍含量较高的合金钢。通常把耐大气腐蚀的合金钢称为不锈钢，把在酸中及其它强腐蚀性介质中耐腐蚀的合金钢称为耐酸钢。一般把上述不锈钢与耐酸钢统称为不锈钢耐酸钢或简称为不锈钢。

(1) 马氏体不锈钢：钢中加入一定的铬。主要用在氧化性介质中，如大气、水蒸气中具有良好的耐蚀性，在淡水、海水、温度不超过30度的盐水溶液、硝酸、食品介质以及浓度不高的有机酸中也具有足够的耐蚀性。

(2) 铁素体不锈钢：单相组织。主要用于制作抗高温氧化、耐硝酸腐蚀的设备。

(3) 奥氏体不锈钢：碳化物溶于奥氏体中。可用于制作在腐蚀性介质中使用的设备。

§ 1.1 金属材料

5. 有色金属及其合金

工业上钢铁称为黑色金属，除钢铁以外的金属称为有色金属。有色金属及其合金因具有良好的耐腐蚀性和低温性能，常用来制造水处理、化工容器及有关设备零部件。

(1) 铜及其合金

铜及其合金具有高的导电性、导热性、塑性、冷韧性，并且在许多介质中具有高的耐蚀性能。

① 纯铜：也称紫铜。铜在一般大气、工业大气、海洋性大气中，比较稳定；在碱中、在弱的和中等浓度的非氧化性酸中也相当稳定，若溶液中有氧或氧化剂存在，腐蚀将更加严重。铜不耐硫化物（如 H_2S ）腐蚀。铜具有高的导电性、导热性、塑性和良好的加工性能，另外，铜具有良好的冷韧性。但铜的强度低，铸造性能不好，且在某些介质中的耐蚀性不高，很少用作结构材料。

§ 1.1 金属材料

② 铜合金：常用的铜合金有黄铜和青铜。

黄铜：铜与锌组成的合金称为黄铜。为改善其性能，常加入锡、铝、硅、镍、锰、铅、铁等元素，这样形成的合金称为特殊黄铜。

特点：机械性能与含锌量有着极为密切的关系；铸造性能很好；抗蚀性较好；含锌量大于20%的黄铜经冷加工后，在潮湿的大气、海水、高温高压水、蒸汽及一切含氨的环境中都可引起应力腐蚀断裂。黄铜在中性溶液、海水和在退火后酸洗溶液中易发生脱锌腐蚀，可在黄铜中加入0.02%的砷防止其发生。



§ 1.1 金属材料

铅黄铜的切削性能优良，耐磨性好，广泛用于制造钟表零件，经铸造制作轴瓦和衬套。

锡黄铜的耐腐蚀性能好，广泛用于制造海船零件。

铝黄铜中的铝能提高黄铜的强度和硬度，提高在大气中的抗蚀性，铝黄铜用于制造耐蚀零件。

硅黄铜中的硅能提高铜的力学性能、耐磨性的耐蚀性，硅黄铜主要用于制造海船零件及化工机械零件。

§ 1.1 金属材料

青铜：凡是铜合金中的主加元素不是锌而是锡、铝、硅等其它元素者，通称为青铜。

特点：

锡青铜铸造性能较黄铜差，抗腐蚀性比纯铜和黄铜更好，但对酸类的抗蚀性较差。

在造船、化工、机械、仪表等工业中用以制造轴承、轴套等耐磨零件和弹簧等弹性元件以及抗蚀、抗磁零件等。

铝青铜的机械性能也比黄铜和锡青铜高，而且在大气、海水、碳酸及大多数有机酸中具有比黄铜和锡青铜更高的耐蚀性。

铝青铜可制造齿轮、轴套、蜗轮等高强度抗磨零件以及高耐蚀性弹性元件。

硅青铜具有比锡青铜高的机械性能和较低的价格，而且铸造性能和冷、热压力加工性能都很好。

§ 1.1 金属材料

(2) 铝及其合金

① 铝

特点：铝的密度小，比重为2.7，约为铜的1/3；导电性、导热性、塑性、冷韧性都好，但强度低，经冷变形后强度可提高；能承受各种压力加工。铝是电极电位很负的元素质，铝在强氧化性介质以及在氧化性酸（如硝酸）中也是稳定的。卤素离子对铝的氧化膜有破坏作用，所以铝在氢氟酸、盐酸、海水和其它含卤素离子的溶液中是不耐蚀的。

应用：广泛用于制造反应器、热交换器、冷却器、泵、阀、槽车、管件等

② 铝合金 纯铝的强度较低，若在铝中加入一些元素，如铜、镁、锌、锰、硅等形成铝合金，其性能将会有很大的改善。

§ 1.1 金属材料

1. 形变铝合金

形变铝合金包括防锈铝合金、硬铝合金、超硬铝合金等。因其塑性好，故常利用压力加工方法制造冲压件、锻件等，如铆钉、焊接油箱、管道、容器、发动机叶片、飞机大梁及起落架、内燃机活塞等。

2. 铸造铝合金

铸造铝合金是用于制造铝合金铸件的材料，按主要合金元素的不同，铸造铝合金分为铝硅合金、铝铜合金、铝镁合金和铝锌合金。

§ 1.1 金属材料

(1) 铝硅铸造铝合金

其铸造性能好，比重小，并有相当好的抗蚀性和耐热性，适于制造形状复杂的零件，如泵体、电动机壳体、发动机的气缸头、活塞以及汽车、飞机、仪器上的零件，也可制造日用品。

(2) 铝铜铸造铝合金

铝铜合金的强度较高，耐热性较好，铸造性能较差，常用于铸造内燃机气缸头、活塞等零件，也可作为结构材料铸造承受中等载荷、形状较简便的零件。

(3) 铝镁铸造铝合金

强度高、比重小，有良好的耐蚀性，但铸造性能不好，多用于制造承受冲击载荷、在腐蚀性介质中工作、外形简单的零件，如舰般配件、氮用泵体等。

(4) 铝锌铸造铝合金

价格便宜、铸造性能优良、强度较高，但抗蚀性差、热裂倾向大，常用于制造汽车、拖拉机发动机零件及形状复杂的仪器元件，也可用于制造日用品。

§ 1.1 金属材料

(3) 钛及钛合金

① 纯钛

特点：是很活泼的元素。有很好的钝化性能，钝化膜很稳定，在许多环境中表现出很好的耐蚀性。有“耐海水腐蚀之王”之称。在中性弱酸性氯化物中耐蚀。在王水、次氯酸钠、湿氯气中耐蚀。

高温下，钛的化学活性很高，能与卤素、氧、氮、碳、硫等元素发生剧烈反应。钛一般不发生孔蚀；除在几个个别介质（如发烟硝酸、甲醇溶液）中，也不发生晶间腐蚀；钛的应力腐蚀破裂敏感性小，具有抗腐蚀疲劳的性能，耐缝隙腐蚀性能良好。

② 钛合金

特点：钛合金的机械性能与耐蚀性都比纯钛有明显提高。工业上使用的都是钛合金。钛合金的主要腐蚀形态是氢脆和应力腐蚀破裂。

§ 1.1 金属材料

(4) 铅及其合金

① 铅：

特点：铅的强度小（仅为钢的1/20）、硬度低、密度大、再结晶温度低、熔点低、导热性差，在硫酸中、大气中（特别是有二氧化硫、硫化氢的气体中）有很高的耐蚀性，在生产上多用于处理硫酸的设备上。铅有毒，且价格高，在生产上多被其他非金属材料代替。纯铅不耐磨，非常软，不宜单独制作设备，只能做衬里。

② 铅合金：铅中加锡，可增加铅的硬度、强度和耐硫酸中的稳定性。加入不同锡含量的铅锡合金称为硬铅（编号规则同前）。硬铅可制作硫酸工业用的泵、阀门、管道等。

§ 1.1 金属材料

(5) 镍及其合金

① 镍：

特点：在各种温度、任何浓度的碱溶液和各种熔碱中，镍具有特别高的耐蚀性。但镍在含硫气体、浓氨水和强烈充气氨溶液、含氧酸和盐酸等介质中，耐蚀性很差。镍具有高强度、高塑性和冷韧的特性，能压延成很薄的板和拉成细丝。

用途：镍很稀贵，在水处理工程和化工上主要用于制造碱性介质设备，以及铁离子在反应过程中会发生催化影响而不能采用不锈钢的那些过程设备。

§ 1.1 金属材料

② 镍合金:

- Ni-Cu合金中的蒙乃尔合金具有很好的力学性能和机械性能，易于压力加工和切削加工，耐腐蚀性好。主要用于在高温荷载下工作的耐蚀零件和设备。
- Ni-Mo合金中的哈氏合金 (0Cr16Ni57Mo16Fe6W4) 能耐室温下所有浓度的盐酸和氢氟酸。
- Ni-Cr合金中的因考尔合金 (0Cr15Ni57Fe)，在高温下具有很好的力学性能和很高的抗氧化能力，是能抗热浓MgCl₂腐蚀的少数几种材料之一。

§ 1.2 无机非金属材料

1.2.1 陶瓷材料

1.2.1.1 陶瓷材料的分类

- (1) 传统陶瓷：以粘土为主要原料
- (2) 玻璃：工业玻璃，建筑玻璃，日用玻璃
- (3) 玻璃陶瓷：光学玻璃陶瓷，耐热、耐蚀微晶玻璃
- (4) 特种陶瓷：耐蚀陶瓷、高温陶瓷、电容器陶瓷、压电陶瓷、电光陶瓷
- (5) 金属陶瓷：粉末冶金法生长的金属材料（制粉、成形、烧结）

1.2.2.2 陶瓷的基本性能

(1) 陶瓷的机械性能

刚度：陶瓷的刚度由弹性模量衡量，陶瓷具有强大化学键的陶瓷都有很高的弹性模量，是各类材料中最高的。



§ 1.2 无机非金属材料

硬度：同刚度一样，硬度也决定于化学键的强度，所以陶瓷也是各类材料中硬度最高的，这也是陶瓷的最大特点。陶瓷的硬度随温度的升高而降低，但在高温下仍能保持较高的数值。

强度：陶瓷实际强度比理论值低得多。它的破坏作用比在金属中更大。

塑性：陶瓷在室温下几乎没有塑性。

韧性或脆性：陶瓷受载时都不发生塑性变形，在较低的应力下就会断裂，因此韧性极低或脆性极高。脆性是陶瓷的最大缺点，是阻碍其作为结构材料广泛应用的首要问题，是当前的重点研究课题。



§ 1.2 无机非金属材料

(2) 物理化学性能

热膨胀：温度升高时物质原子振动振幅提高、原子间距增大所导致的体积长大现象。陶瓷的线膨胀系数比高聚物低，比金属低得多。

导热性：导热性为在一定温度梯度作用下热量在固体中的传导速率。陶瓷的导热性比金属小，陶瓷多为较好的绝热材料。

热稳定性：热稳定性就是抗热振性，为陶瓷在不同温度范围波动时的寿命，一般用急冷到水中不破裂所能承受的最高温度来表征。陶瓷的热稳定性很低，比金属低得多。这是陶瓷的另一个主要缺点。



§ 1.2 无机非金属材料

化学稳定性：陶瓷的结构非常稳定。具有很好的耐火性能或不可燃烧性，对酸、碱、盐等腐蚀性很强的介质均有较强的抗蚀能力。

导电性：陶瓷的导电性变化范围很广。大多数陶瓷是良好的绝缘体。但不少陶瓷既是离子导体，又有一定的电子导电性，是重要的半导体材料。

陶瓷性能的主要特点是，具有不可燃烧性、高耐热性、高化学稳定性、不老化性、高的硬度和良好的抗压能力，但脆性很高，对温度剧变的抵抗力很低，抗拉、抗弯性能差。



§ 1.2 无机非金属材料

1.2.2 耐蚀无机非金属材料及其性能

1.2.2.1 陶瓷及其耐蚀性能

(1) 耐酸陶瓷：耐酸陶瓷又称化工陶瓷。

性能：耐酸陶瓷可耐沸腾温度下任何浓度的铬酸、96%的硫酸、沸点以下的任何浓度盐酸和任何浓度的醋酸、草酸等有机酸，但不耐氢氟酸，耐碱性也差。另外，由于其性脆、抗拉强度低，在急热、急冷变化时和硬物敲击下易碎裂。

应用：耐酸陶瓷主要用来制作耐酸容器和塔器、泵、管道、阀门等，也用来制作耐酸瓷砖。

§ 1.2 无机非金属材料

(2) 氮化硅陶瓷：这是一种新型的工业陶瓷材料。

特点：热膨胀系数小，耐温度急变性好，摩擦系数小，并有自润滑性，是一种优良的耐磨材料。氮化硅陶瓷耐所有的无机酸（氢氟酸除外）和某些碱溶液的腐蚀，它在高温下的抗氧化性能也很好。

应用：氮化硅陶瓷可用于制作机械密封环、球阀和一些耐蚀、耐磨、耐高温的精密零部件。

其它陶瓷

➤ 氧化物陶瓷

大部分氧化物具有很高的熔点，良好的电绝缘性能，特别是具有优异的化学稳定性和抗氧化性，在上程领域已得到了较广泛的应用。

➤ 氮化物陶瓷

氮化物包括非金属和金属元素氮化物，他们是高熔点物质

➤ 碳化物(SiC)陶瓷

典型碳化物陶瓷材料一有碳化硅(SiC)、碳化硼(B₄C)碳化钛(TiC)碳化锆(ZrC等)、碳化物的共同特点是高熔点许多碳化物的抗氧化能力都比W, Mo等高熔点金属好。大多数碳化物都具有良好的电导率和热导率，许多碳化物都有非常高的硬度，特别是B₄C的硬度仅次于金刚石和立方氮化硼，但碳化物的脆性一般较大

➤ 玻璃陶瓷材料

将特定组成(含晶核剂)的玻璃进行晶化热处理玻璃相填充于晶界，得到像陶瓷一样的多晶固体材料统称为玻璃陶瓷，也称之为微晶玻璃。

氧化物陶瓷

➤ 氧化铝陶瓷

氧化铝陶瓷又称刚玉瓷，化学性质稳定、机械强度高，具有优异的电绝缘性能和较低的介质损耗

应用：耐酸泵叶轮、泵体、泵盖、轴套，输送酸的管道内衬和阀门；电子、电器；制造纺织耐磨零件、刀具；高压钠灯灯管、红外检测窗口材料

➤ 氧化锆(ZrO_2)陶瓷

高温炉内衬，也可作为各种耐热涂层

日前所研制的陶瓷发动机中用于气缸内壁、活塞、缸盖板部件

氮化物陶瓷

► 氮化硅(Si_3N_4)陶瓷

热膨胀系数小，因此具有较好的抗热震性能；弯曲强度比较高，硬度也很高，同时具有自润滑性，摩擦系数小；常温电阻率比较高，可以作为较好的绝缘材料；耐氢氟酸以外的所有无机酸和某些碱液的腐蚀，也不被铅、锡、银、黄铜、镍等熔融金属合金所浸润与腐蚀

热机材料、切削工具、高级耐火材料，还可用作抗腐蚀、耐磨损的密封部件等。

► 氮化铝(AlN)陶瓷

热硬度很高，具有优异的抗热震性，对Al和其它熔融金属、砷化稼等具有良好的耐蚀性；还具有优良的电绝缘性和介电性质；但AlN的高温抗氧化性差，在大气中易吸潮、水解。

AlN可以用作熔融金属用坩锅、热电偶保护管、真空蒸镀用容器，也可用作真空中蒸镀金的容器、耐热砖等



氮化物陶瓷

► 氮化硼(BN)陶瓷

六方BN

六方BN具有自润滑性，可用于机械密封、高温固体润滑剂，还可用作金属和陶瓷的填料制成轴承

六方BN对酸碱和玻璃熔渣有良好的耐侵蚀性，对大多数熔融金属既不润湿也不发生反应，因此可以用作熔炼有色金属、贵金属和稀有金属的坩锅、器皿等部件

BN是最轻的陶瓷材料，可以用于飞机和宇宙飞行器的高温结构材料。

立方BN

立方BN为闪锌矿结构，化学稳定性高，导热及耐热性能好，其硬度与人造金刚石相近，是性能优良的研磨材料。与金刚石相比，其最突出的优点在于高温下不与铁系金属反应，并且可以在1400℃的温度使用。

立方BN除了直接用作磨料外，还可以将其与某些金属或陶瓷混合，经烧结制成块状材料，作为各种高性能切削刀具。



碳化物(SiC)陶瓷

► 碳化硅(SiC)陶瓷

碳化硅的硬度很高，仅次于金刚石、立方BN和B₄C等少数几种物质，碳化硅的热导率很高，具有优异的高温强度和抗高温蠕变能力

高性能碳化硅材料可以用于高温、耐磨、耐腐蚀机械部件
碳化硅是各种高温燃气轮机高温部件提高使用性能的重要候选材料。

► 碳化硼(BC)陶瓷

碳化硼的显著特点是高熔点(约2450℃);低比重，其密度仅是钢的1/3;低膨胀系数;高导热;高硬度和高耐磨性，其硬度仅低于金刚石和立方BN;较高的强度和一定的断裂韧性

B₄C所具有的优异性能，除了大量用作磨料之外，还可以制作各种耐磨零件、热电偶元件、高温半导体、宇宙飞船上的热电转化装置、防弹装甲、反应堆控制棒与屏蔽材料等。

玻璃陶瓷材料

► 低膨胀玻璃陶瓷

具有热膨胀系数低(可为负值)、强度高、热稳定性能好、使用温度高等特点,并可制成透明和浊白两种类型

所以可以用作航天飞机上尺寸稳定性要求高的零件

广泛用来制作各种高级炊具、高温作业观察窗、微波炉盖、大型天文望远镜和激光反射镜的支撑棒,激光元器件

► 表面可强化玻璃陶瓷

玻璃陶瓷的强度比一般玻璃要大好几倍,抗弯强度可达到88-250MPa,但在某些特殊场合仍然不能满足要求,需要进一步提高

► 可加工玻璃陶瓷

高热震抗力、优异的绝缘性能、高介电强度;低介电损耗

具有较高的强韧性、更高的热稳定性($>1100^{\circ}\text{C}$)和绝缘性

在电绝缘、微波技术以及精密仪器和航空、航天领域具有广阔的应用前景。

§ 1.2 无机非金属材料

1.2.2 玻璃及其耐蚀性能

特点：玻璃是一种优良的耐蚀非金属材料。它表面光滑、透明度好。耐温度急变性差、质脆、不耐冲击和震动。

应用：可用作制造容器、量具、管道、阀门、泵及金属管道的内衬等。

1.2.3 化工搪瓷及其耐蚀性能

特点：它兼有金属设备的力学性能和瓷釉的耐腐蚀性能双重优点。瓷表面光滑易清洗，并有防止金属离子干扰化学反应和玷污产品的作用，

应用：广泛用于医药、酿造、合成纤维生产中。



§ 1.2 无机非金属材料

1.2.4、石墨及其耐蚀性能

特点：天然石墨含有大量杂质耐蚀性差。人工不透性石墨具有优良的耐蚀性、优良的导热性、热膨胀系数小、耐温度急变性好、不污染介质、密度低、易于加工成形。其缺点是机械强度低、性脆。

应用：用于制造热交换器、塔及塔件、管道、管件、盐酸合成炉等。

§ 1.3 高分子材料

一、高分子化合物概念

是指分子量很大的化合物。分子量大多在 $5 \times 10^3 \sim 10^6$ 之间。工程上认为，只有具备较好的强度、弹性和塑性等机械性能的高分子化合物才是工业用高分子化合物。

二、高分子化合物的合成

高分子化合物的合成就是将单体通过聚合反应聚合起来形成化合物的过程。因此，高分子化合物也称为聚合物或高聚物。

最常见的聚合反应有加聚反应和缩聚反应两种。

加聚反应：加聚反应是指一种或多种单体相互加成而连接成聚合物的反应。分均加聚反应和共加聚反应。--无副产物

缩聚反应：缩聚反应是指一种或多种单体相互混合而连接成聚合物，同时析出（缩去）其它低分子物质（如水、氨、醇、卤化氢等）的反应。又可分为均缩聚和共缩聚反应两种。

§ 1.3 高分子材料

三、高分子材料的分类和命名

1、高分子材料的分类

按来源：天然高分子、合成高分子材料；

按大分子链的几何形状：线型、支链型和体型三种；

按大分子链的排列特点：无定型和晶态两种；

按极性：极性和非极性两种；

按照实际用途：塑料、橡胶、纤维和胶粘剂等。

最本质和最重要的是按照化学组成：

① 碳链有机聚合物：该类聚合物的大分子主链全部由饱和碳链或双键不饱和碳链组成（如聚烯烃、聚二烯烃） $-C-C-C-C-C-$ 或 $-C-C=C-C-$

② 杂链有机聚合物：该类聚合物的大分子主链中除碳原子外，还含有氧、氮、硫、磷等其它原子： $-C-C-O-C-$ ， $-C-C-N-C-$ ，或 $-C-C-S-C-$



§ 1.3 高分子材料

③ 元素有机聚合物: 该类聚合物的主链主要由硅、钛、铝、硼、氧等原子构成, 如: $-O-Si-O-Si-O-$ 其侧基一般为有机基团 (碳链)。

④ 无机聚合物: 该类聚合物的主链和侧基均由无机元素或基团构成。



§ 1.3 高分子材料

2. 命名

①由化学结构命名：就是以聚合物链节的化学组成和结构来命名。一是按链节的环学结构的特点命名；一是按有机化合物系统命名。

②由原料单体命名：就是以合成聚合物的低分子原料单体为基础来命名。对于加聚类聚合物，在其链节所含单体前加一“聚”字来取名；对于缩聚类以及某些共聚类聚合物，在其低分子原料之后习惯加“树脂”二字命名。

③采用商品名称和代表符号：有许多聚合物人们习惯使用其商品名称，例如有机玻璃（聚甲基丙烯酸甲脂）、电木（酚醛塑料）、电玉（脲醛塑料）、涤纶或的确良（聚脂纤维）、腈纶或人造羊毛（聚丙烯腈纤维）、维纶或维尼龙（聚乙烯醇纤维）、锦纶或尼龙（聚酰胺纤维）、丙纶（聚丙烯）、氯纶（聚氯乙烯）等。

§ 1.3 高分子材料

四、高分子材料的性能

(1) **重量轻**：高分子聚合物是最轻的一类材料，比金属和陶瓷都要轻。重量轻是高分子聚合物的最大优点之一。

(2) **高弹性**：①弹性变形量大；②弹性模量低。③拉伸时温度升高。

(3) **滞弹性**：应变不随作用力即时建立平衡，而有所滞后，这就是滞弹性，它是高聚物的又一重要特性。主要表现有：

① **蠕变**：高聚物在室温下承受力的长期作用时，发生的不可恢复的塑性变形称为蠕变。

② **应力松弛**：高聚物受力变形后所产生的应力随时间而逐渐衰减的现象就是应力松弛。

③ **滞后与内耗**：高聚物承受周期性荷载时，出现应变落后于应力，即造成应变的滞后。在重复加载时，就会出现上一次的变形还未来得及回复，或分子链的构象未跟上改变，又施加上了下一次荷载，于是造成了分子间的内摩擦，产生所谓内耗。

§ 1.3 高分子材料

(4) 塑性与受迫弹性

加热时，分子链各部分受热的不均匀使材料不立即熔化而先有一软化过程所表现出的特性称为塑性。

无定形高聚物在玻璃化温度以下，较大应力下产生的较大的不能回复变形称为受迫高弹性。

(5) 强度与断裂

强度：高聚物的强度比金属低得多，比强度还是很高。



§ 1.3 高分子材料

断裂：高聚物的断裂也有脆性断裂和韧性断裂两种形式。

①硬脆类高聚物：弹性模量很高，强度较高，断裂伸长率很小，发生完全的脆性断裂

②强硬类高聚物：弹性模量和强度较高，断裂伸长率较小(约2%)，产生脆性断裂，但局部断面有流动痕迹

③强韧类高聚物：弹性模量和强度高，断裂伸长率较大(约100%)，多发生韧性断裂

④柔韧类高聚物：弹性模量和屈服极限低，有一定的强度，伸长率很大，不一定发生韧性断裂多发生脆性断裂

⑤软弱类高聚物：弹性模量和强度都很低，有一定的伸长率。：发生完全的韧性断裂，主要有天然橡胶等



§ 1.3 高分子材料

(6) 韧性

高聚物的优点之一是其内在的韧性较好，即在断裂前能吸收较大的能量。

冲击韧性：是材料在高速冲击状态下的韧性或对断裂的抗力，在高聚物中也被称为冲击强度。

高聚物的冲击韧性为金属的百分之一。

(7) 减摩、耐磨性

摩擦是接触表面之间的机械粘接和分子粘着所引起的。大多数塑料对金属和对塑料的摩擦系数值一般在0.2~0.4倍范围内，但有一些塑料的摩擦系数很低。

塑料（一部分）除了摩擦系数低以外，更主要的优点是磨损率低。
——自润滑性好，消声、吸振能力强



§ 1.3 高分子材料

(8) 绝缘性

高聚物分子的化学键为共价键，不能电离，没有自由电子和可移动的离子，因此是良好的绝缘体，绝缘性能与陶瓷相当。

(9) 耐热性

高聚物的耐热性是指它对温度升高时性能明显降低的抵抗能力。同金属相比，高聚物的耐热性是较低的，这是高聚物的一大不足。

(10) 耐腐蚀性

耐腐蚀性是材料抵抗介质化学和电化学破坏的能力。耐腐蚀性好是高分子材料的优点之一。

(11) 老化

老化是指高聚物在长期使用或存放过程中，由于受各种因素的作用，性能随时间不断恶化，逐渐丧失使用价值的过程。老化是高聚物一个主要缺点。



§ 1.3 高分子材料

五、常用塑料

1. 塑料的组成

塑料是指以有机合成树脂为主要组成材料，与其他配料混合，通过加热、加压塑造成一定形状的产品。一般来讲，组成塑料的物质主要包括：

- ①合成树脂：由低分子化合物通过聚合或缩聚反应合成的高分子化合物。
- ②填料（或增强材料）：是塑料改性最重要的成分，起增强性能的作用。
- ③固化剂：作用是通过交联使树脂具有体型网状结构、硬化和稳定塑料制品。

§ 1.3 高分子材料

- ④增塑剂：用以提高树脂可塑性和柔性的添加剂。
- ⑤稳定剂：其作用主要是延迟塑料在环境中的老化过程。
- ⑥润滑剂：可防止塑料成形过程中产生的粘模问题。
- ⑦着色剂：其作用是使塑料着色，可为有机颜料或无机颜料。
- ⑧阻燃剂：作用是遏止燃烧或造成自熄。

§ 1.3 高分子材料

2、常用塑料的分类及特性

(1) 按照热性能分:

- ①热塑性塑料: 加热时软化, 可塑造成形, 冷却后则变硬。线型聚合物。
- ②热固性塑料: 初加热时软化, 可塑造成形, 但固化之后再加热, 将不再软化, 也不溶于溶剂。体型聚合物。

(2) 按照使用范围分

- ①通用塑料: 指应用范围广, 生产量大的塑料品种。主要有聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、酚醛塑料和氨基塑料等。
- ②工程塑料: 主要指综合工程性能(包括机械性能、耐热耐寒性能、耐腐蚀性绝缘性能等)良好的各种塑料。最重要的有聚甲醛、聚酰胺、聚碳酸酯、ABS等四种。
- ③耐热塑料: 指能在较高温度下工作的各种塑料。常见的有聚四氟乙烯、聚三氟氯乙烯、有机硅树脂、环氧树脂等。(100~200度)



§ 1.3 高分子材料

六、橡胶：天然橡胶、合成橡胶。天然橡胶的弹性和抗切割性好于合成橡胶，但合成橡胶耐蚀性好。

1、天然橡胶

组成：天然橡胶是橡胶树的树汁经过炼制的高弹性固体。它是不饱和异戊二烯（ C_5H_8 ）高分子聚合物。

特点：天然橡胶的力学性能较差（硫化处理）；化学稳定性较好，能耐一般非氧化性强酸、有机酸、碱溶液和盐溶液的腐蚀，但不耐强氧化性酸和芳香族化合物的腐蚀。

应用：在水工艺工程、化学工程等设备防腐处理中，软橡胶主要用作各种设备的衬里；硬橡胶还可制成整体设备，如泵、管道、阀门等。

§ 1.3 高分子材料

2、合成橡胶

组成：合成橡胶的主要原料是石油、煤和天然气。

特点及其应用：

丁基橡胶的突出特点是不透气性，对氧化性环境如空气和稀硝酸具有较好的耐蚀性。

硅橡胶无味、无毒，其最大的特点是耐热性好，可用作垫圈、密封件材料和隔热材料。

氟橡胶具有优良的耐高温、耐油、耐强氧化剂和耐酸碱性能，主要用于高温、强氧化环境。

§ 1.4 复合材料

一、概述

1、概念

复合材料就是由两种或更多种的物理和化学本质不同的物质，人工制成的一种多相固体材料。

① 它可改善或克服组成材料的弱点，充分发挥它们的优点。

② 它可按照零部件、构件的结构和受力要求，给出预定的、分布合理的配套性能，进行材料的最佳设计。

③ 可
不同

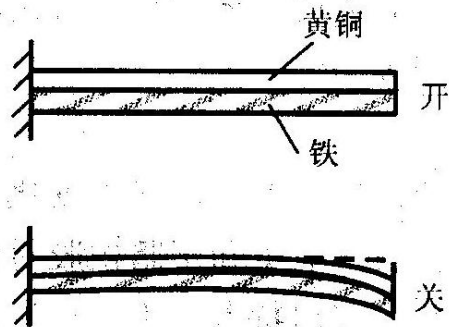


图 1.1 双金属片控制温度开关示意图

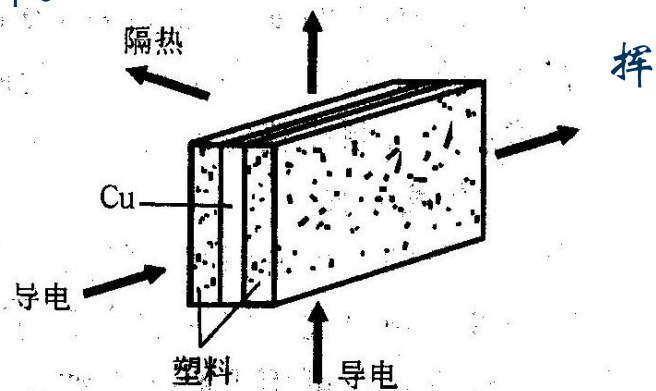


图 1.2 复合材料的多功能示意图

§ 1.4 复合材料

2. 分类

复合材料为多相或多组成体系，全部相可分为两类，一类为基体相，主要起粘剂作用；另一类为增强相，起提高强度或韧性的作用。

复合材料可由金属、高聚物和陶瓷中任意两者人工合成，也可由多种金属、高聚物或陶瓷来制备



§ 1.4 复合材料

(1) 玻璃纤维复合材料：用玻璃纤维增强工程塑料的复合材料，即玻璃钢。玻璃钢分热塑性和热固性两种。

① 热塑性玻璃钢：以玻璃纤维为增强剂和以热塑性树脂为粘结剂制成的复合材料。

热塑性玻璃钢同热塑性塑料相比，基本材料相同时，强度和抗疲劳性能可提高2~4倍以上，冲击韧性提高2~4倍，蠕变抗力提高2~5倍，达到或超过了某些金属的强度。

② 热固性玻璃钢：以玻璃纤维为增强剂和以热固性树脂为粘结剂制成的复合材料。

热固性玻璃钢集中了其组成材料的优点，是质量轻、比强度高、耐腐蚀性能好、介电性能优越、成形性能良好的工程材料，它们的比强度比铜合金和铝合金高，甚至比合金钢还高，但刚度较差，只为钢的1/10~1/5，耐热性不高(低于200℃)，容易老化蠕变



§ 1.4 复合材料

(2) 碳纤维复合材料

碳纤维的强度和模量极高。是比较理想的增强材料，可用来增强塑料、金属和陶瓷。

①碳纤维复合材料：作基体的树脂，目前应用最多的是环氧树脂、酚醛树脂和聚四氟乙烯。

比玻璃钢的性能普遍优越，可作各种机器中的齿轮；轴承等受载磨损零件，活塞、...密封圈等受摩擦件、也可用于制作化工容器和设备部件。这类材料的问题是，碳纤维与树脂的粘结力不够大，各向异性程度高，耐高温性能差等

②碳纤维碳复合材料：用有机基体浸渍纤维坯块，固化后再进行热解，或纤维坯型经化学气相沉积，直接填入碳。

除具有石墨的各种优点外，强度和冲击韧性比石墨高5~10倍，刚度和耐磨性高，化学稳定性好，尺寸稳定性也好，目前已用于高温技术领域(如防热)，化工和热核反应装置中。在航空中用于制造导弹鼻锥、飞船的前缘、超音速飞机的制动装置等



§ 1.4 复合材料

③碳纤维金属复合材料：用于熔点较低的金属或合金，在碳纤维表面镀金属，制成了碳纤维铝基复合材料。这种材料直到接近于金属熔点时仍有很好的强度和弹性模量。

用碳纤维和铝锡合金制成的复合材料，是一种减摩性能比铝锡合金更优越，强度很高的高级轴承材料。

④碳纤维陶瓷复合材料：一种碳纤维石英玻璃复合材料。

同石英玻璃相比，它的抗弯强度提高了约12倍，冲击韧性提高了约40倍，热稳定性也非常好，是一种有前途的新型陶瓷材料



§ 1.4 复合材料

(3) 硼纤维复合材料

① 硼纤维树脂复合材料：基体主要为环氧树脂、聚苯并咪唑和聚酰亚胺树脂等。硼纤维是由硼气相沉积在钨丝上来制取的。

特点是，压缩强度(为碳纤维树脂复合材料的2~2.5倍)和剪切强度很高，蠕变小，硬度和弹性模量高。硼纤维树脂复合材料有很高的抗疲劳强度，耐辐射，对水、有机溶剂和燃料、润滑剂都很稳定。

由于硼纤维是半导体，所以它的复合材料的导热性和导电性很好。

硼纤维树脂材料主要应用于航空和宇航工业，制造翼面、仪表盘、转子、压气机叶片、直升飞机螺旋桨叶和传动轴等

② 硼纤维金属复合材料：常用的基体为铝，镁及其合金，还有钛及其合金等。

强度，弹性模量和疲劳极限，一直到500℃都比高强铝合金和高商耐热铝合金高它在400℃时的持久强度为烧结铝的5倍，它的比强度比钢和钛合金高。

金属纤维的韧性和抗拉能力改善陶瓷的脆性。

§ 1.4 复合材料

(4) 金属纤维复合材料

做增强纤维的金属主要是强度较高的高熔点金属钨、钼、钢、不锈钢、钛、铍等，它们能被基体金属润湿，也能增强陶瓷。

①金属纤维金属复合材料：研究较多的增强剂为钨钼丝，基体为镍合金和钛合金。

特点是除了强度和高温强度较高外，主要是塑性和韧性较好，而且比较容易制造

用钼纤维增强的钛合金复合材料的高温强度和弹性模量，比未增强的高得多，可望用于飞机的许多构件。

用钨纤维增强，可大大提高镍基合金的高温强度

②金属纤维陶瓷复合材料

陶瓷材料压缩强度大，弹性模量高，抗氧化性能强，耐热，但是脆性太大、热稳定性太差。改善脆性的重要途径之一，就是采用金属纤维增强，充分利用金属纤维的韧性和抗拉能力。

§ 1.4 复合材料

3、复合材料的性能特点

(1) 比强度和比刚度高

增强剂或者基体为比重小的物质，或两者的比重都不高，且都不是完全致密的；另一方面，增强剂多是强度很高的纤维。比强度和比弹性模量是各类材料中最高的。

(2) 抗疲劳性能好

首先，缺陷少的纤维的疲劳抗力很高；其次，基体的塑性好，能消除或减小应力集中区的大小和数量。

(3) 减振能力强

复合材料的比模量高，所以它的自振频率很高，不容易发生共振而快速脆断；另外，复合材料是一种非均质多相体系，在复合材料中振动衰减都很快。

§ 1.4 复合材料

(4) 高温性能好

增强纤维多有较高的弹性模量，因而常有较高的熔点和较高的高温强度。

此外，由于复合材料高温强度高，耐疲劳性能好，纤维和基体的相容性好，热稳定性也是很好的。

(5) 断裂安全性高

纤维增强复合材料每平方厘米截面上有成千上万根隔离的细纤维。过载会使其部分纤维断裂，但随即迅速进行应力的重新分配，而未断纤维将荷载承担起来，不至造成构件的瞬间完全丧失承载能力而断裂，所以工作的安全性高。

另：复合材料的减摩性、耐腐蚀性以及工艺性能也都较好。但是，复合材料为各向异性材料，横向拉伸强度和层间剪切强度是不高的，同时伸长率较低，冲击韧性有时也不好，尤其是成本太高，所以目前应用还很有限。



◆ Over