

# 建筑工程计价与 计量实务

( 安装工程 )

谭敬胜 常有政 / 主编

吉林人民出版社

# 编委会名单

**主 编：**谭敬胜 常有政

**编 审：**

**参 编：**王月志 魏宏艳 刘丽莘 汪治冰

## 目录

第一章 安装工程专业基础知识.....	1
第一节 安装工程的分类、特点及基本内容.....	1
一、安装工程的概念.....	1
二、安装工程的分类.....	2
三、与建造师中机电工程的关系.....	2
第二节 安装工程常用材料的分类、基本性能及用途.....	3
一、安装工程常用材料分类.....	3
二、型材、板材.....	8
三、管道通用术语标准.....	10
四、管材与管件.....	11
五、管道附件及其他附属器材.....	22
六、电气工程材料.....	31
七、有线通信线缆.....	35
第三节 管道防腐蚀、绝热及水压试验.....	35
一、除锈、刷油防腐蚀和绝热工程.....	35
二、水压试验及有关检验和检测.....	37
第四节 安装工程施工组织设计的编制原理、内容及方法.....	40
一、施工组织设计的编制原理.....	40
二、施工组织设计的编制内容及审批.....	41
三、施工组织设计的编制方法.....	42
第二章 安装工程计量与计价基础知识.....	46
第一节 安装工程工程量清单.....	46
一、《计价规范》基础知识.....	46
二、《安装工程计算规范》的基础知识.....	47
三、安装工程分部分项工程量清单.....	50
四、安装工程措施项目清单.....	52
五、其它项目清单.....	55
六、规费、税金项目清单.....	59
七、各级工程造价的汇总.....	60

第二节 安装工程预算定额.....	60
一、安装工程预算定额基础知识.....	60
二、安装工程预算定额的种类.....	62
三、安装计价定额的组成.....	63
四、安装工程计价定额总说明中有关规定.....	64
五、安装工程计价定额的定额系数.....	65
第三节 安装工程计价形式.....	67
一、工程计价的含义.....	67
二、工程计价基本原理.....	67
三、安装工程计价基本过程.....	68
四、两种计价模式的联系和区别.....	69
第四节 安装工程计价基本程序.....	71
一、定额计价模式的基本程序.....	71
二、工程量清单计价模式的基本程序.....	71
第五节 吉林省安装工程费用定额.....	72
一、编制说明.....	72
二、建筑安装工程费用项目组成.....	73
三、单位工程造价表现形式.....	75
四、工程类别划分标准.....	77
五、费用标准.....	79
六、其他规定.....	81
七、建设工程取费程序表.....	82
第三章 给排水工程计量.....	83
第一节 建筑给水工程基础知识.....	83
一、建筑给水工程的分类和组成.....	83
二、给水方式.....	85
三、给水管网的布置与敷设.....	88
第二节 建筑排水工程基础知识.....	90
一、建筑排水工程的分类和组成.....	90
二、建筑排水管道安装要求.....	95
三、屋面雨水排水.....	96
第三节 建筑给排水工程识图.....	99

---

一、建筑给排水工程施工图纸的组成.....	99
二、建筑给排水工程图例.....	101
三、建筑给排水工程识图方法.....	101
第四节 建筑给排水工程计量.....	102
一、给排水工程计算规范概述.....	102
二、给排水管道选择与计量规则.....	102
三、管道支架及其他工程计量规则.....	105
四、管道附件计量规则.....	107
五、卫生器具计量规则.....	109
六、升压和贮水设备计量规则.....	113
第五节 刷油、防腐蚀、绝热工程计量.....	115
一、刷油、防腐蚀、绝热工程计算规范概述.....	115
二、刷油、防腐蚀工程工程量计算规则.....	116
三、绝热工程工程量清单计算规则.....	117
第六节 给排水工程计价定额.....	119
一、给排水工程定额的内容.....	119
二、给排水与其它专业定额界线划分及相关规定.....	120
三、给排水管道计价定额规则.....	121
四、空调水管道计价定额规则.....	122
五、给排水管道附件计价定额规则.....	122
六、卫生器具计价定额规则.....	123
七、给水设备计价定额规则.....	124
八、支架及其它项目计价定额规则.....	125
第七节 刷油、防腐蚀、绝热工程计价定额.....	126
一、刷油、防腐蚀、绝热工程计价定额的内容.....	126
二、刷油、防腐蚀、绝热工程计价定额有关说明.....	127
三、除锈、刷油、防腐蚀工程工程量计算规则.....	128
第八节 建筑给排水工程计量应用案例.....	129
一、建筑给排水工程计算实例（一）.....	129
二、建筑给排水工程计量实例（二）.....	131
第四章 采暖工程计量.....	136
第一节 采暖工程基础知识.....	136

---

一、采暖工程的组成和分类.....	136
二、热水采暖系统.....	137
三、热辐射采暖.....	142
四、采暖工程管网布置要求.....	145
第二节 采暖工程识图.....	146
一、采暖工程图例.....	146
二、采暖施工图内容.....	146
三、采暖工程识图方法.....	148
第三节 采暖工程计量.....	149
一、采暖工程计算规范概述.....	149
二、管道工程施工方法与计量规则.....	149
三、管道支架及其他工程计量规则.....	150
四、管道附件计量规则.....	150
五、采暖器具计量规则.....	151
六、采暖工程系统调试工程量清单.....	156
七、采暖系统油、防腐蚀、绝热工程.....	156
第四节 采暖工程计价定额.....	156
一、定额内容及适用范围.....	156
二、采暖管道定额计价规则.....	157
三、采暖管道附件安装定额计价规则.....	159
四、采暖器具安装.....	160
第五节 采暖工程计量应用案例.....	162
一、建筑采暖工程计量编制实例.....	162
二、采暖系统综合计算实例.....	167
第五章 消防工程计量.....	172
第一节 消防工程基础知识.....	172
一、火灾自动报警及消防联动控制系统.....	172
二、室内消火栓系统及安装.....	177
三、自动喷水式灭火系统及安装.....	186
第二节 消防工程识图.....	193
第三节 消防工程计量要求.....	194
一、消防工程工程量计算规则概述.....	194

---

二、消防工程工程量清单项目.....	195
第四节 消防工程计价定额.....	202
一、定额内容及适用范围.....	202
二、本定额不包括下列内容，对应项目执行其他册相应定额.....	203
三、按系数计取的费用.....	203
四、界限划分.....	203
五、消防工程计价定额说明及工程量计算规则.....	203
六、消防工程工程量清单编制案例.....	206
第六章 通风空调工程计量.....	213
第一节 通风空调工程基础知识.....	213
一、建筑通风系统.....	213
二、空调系统.....	219
第二节 通风空调工程识图.....	227
一、通风空调系统施工图的构成.....	227
第三节 通风空调工程计量.....	228
一、通风空调工程计算规范概述.....	228
二、通风空调工程工程量清单.....	229
第四节 通风空调工程计价定额.....	238
一、定额适用范围.....	238
二、本定额与其他专业定额界限划分及相关规定.....	238
三、相关费用调整的规定.....	239
四、通风空调设备及部件制作安装.....	240
五、通风管道制作安装.....	240
六、通风管道部件制作安装.....	242
七、定额附录.....	244
第五节 通风空调工程量清单编制案例.....	246
第七章 建筑电气工程计量.....	255
第一节 建筑电气工程基础知识.....	255
一、建筑电气工程简介.....	255
二、变配电工程.....	255
三、动力、照明工程.....	262

---

四、防雷接地系统.....	274
第二节 建筑电气工程识图.....	278
一、建筑电气工程施工图的组成.....	278
二、建筑电气工程施工图的主要内容.....	279
三、建筑电气工程图的特点和注意事项.....	279
四、动力、照明工程图.....	280
第三节 建筑电气工程计量.....	285
一、建筑电气工程工程量计算规范概述.....	285
二、建筑电气工程工程量清单计算规范.....	285
第四节 建筑电气安装工程计价定额.....	303
一、《电气设备安装工程》计价定额说明.....	303
二、各章节介绍及工程量计算规则.....	304
第五节 建筑电气工程工程量清单编制案例.....	318
一、设计说明及相关要求.....	318
二、设计施工图.....	319
三、工程量统计.....	321
四、工程量清单编制.....	323
第八章 建筑智能化工程计量.....	327
第一节 建筑智能化工程概述.....	327
一、建筑智能化工程的定义.....	327
二、有线电视系统.....	328
三、公共广播与厅堂扩声系统.....	330
四、电话通信系统.....	331
五、建筑设备管理系统.....	334
六、安全防范系统.....	336
七、综合布线系统.....	338
八、火灾自动报警及联动控制系统.....	342
第二节 建筑智能化工程识图.....	342
一、有线电视和广播音响系统工程图.....	342
二、火灾自动报警系统工程图.....	345
第三节 建筑智能化工程计量.....	347
一、建筑智能化工程工程量计算规范概述.....	347

---

二、建筑智能化工程工程量清单计算规范.....	347
第四节 建筑智能化工程计价定额.....	350
一、《建筑智能化工程》计价定额说明.....	350
二、各章节介绍及工程量计算规则.....	351
第五节 建筑智能化工程工程量清单编制案例.....	353
一、设计说明及相关要求.....	353
二、设计施工图.....	354
三、工程量计算.....	354
第九章 安装工程计价.....	357
第一节 安装工程施工图预算的编制.....	357
一、施工图预算的组成.....	357
二、施工图预算编制形式.....	357
三、施工图预算的编制.....	358
第二节 安装工程最高投标限价的编制.....	361
一、最高投标限价与标底的关系.....	361
二、最高投标限价的编制内容和方法.....	362
三、编制最高投标限价时应注意的问题.....	364
四、最高标限价的编制案例.....	365
第三节 安装工程投标报价的编制.....	369
一、投标报价的编制程序.....	369
二、投标报价的编制.....	370
第四节 安装工程价款结算和合同价款的调整.....	373
一、建设工程施工合同的类型.....	373
二、合同价款的约定.....	374
三、合同价款调整.....	375
四、工程计量.....	375
五、预付款.....	376
六、合同价款的期中支付.....	378
七、竣工结算与支付.....	379
八、合同解除的价款结算与支付.....	381
九、质量保证金的处理.....	381
十、最终结清.....	382

---

十一、合同价款纠纷的处理.....	383
第五节 安装工程竣工决算价款的编制.....	383
一、竣工决算的内容和编制.....	383
二、新增资产价值的确定.....	386

# 第一章 安装工程专业基础知识

## 第一节 安装工程的分类、特点及基本内容

### 一、安装工程的概念

#### 1. 工程量计算规范中相关术语

《房屋建筑与装饰工程工程量计算规范》（GB50854-2013）中对房屋建筑的解释是指在固定地点，为使用者或占用物提供庇护覆盖以进行生活、生产或其他活动的实体，可分为工业建筑与民用建筑。

工业建筑是指提供生产用的各种建筑物，如车间、厂区建筑、动力站、与厂房相连的生活间、厂区内的库房和运输设施等。

民用建筑是指非生产性的居住建筑和公共建筑，如住宅、办公楼、幼儿园、学校、食堂、影剧院、商店、体育馆、旅馆、医院、展览馆等。

《通用安装工程工程量计算规范》（GB50856-2013）中规定安装工程是指各种设备、装置的安装工程。通常包括：工业、民用设备，电气、智能化控制设备，自动化控制仪表，通风空调，工业、消防、给排水、采暖燃气管道以及通信设备安装等。

#### 2. 建筑安装工程费术语

《工程造价术语标准》（GBT50875-2013）中对建筑安装工程费的解释是指为完成工程项目建造、生产性设备及配套工程安装所需的费用。建筑安装工程费按照专业工程类别分为建筑工程费和安装工程费。

建筑工程费在民用建筑中还应包括电气、采暖、通风空调、给排水、通信及建筑智能等建筑设备及其安装工程费。

安装工程费是指用于设备、工器具、交通运输设备、生产家具等的安装或组装，以及配套工程安装而发生的全部费用。

这个建筑工程费所指的建筑工程与《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB 50300-2013）对建筑工程的解释是一致的，即建筑工程是指通过对各类房屋建筑及其附属设施的建造和与其配套线路、管道、设备等的安装所形成的工程实体。

在《机械工业工程设计基本术语标准》（GB/T51218-2017）中解释为建筑工程费是指用于各种建筑物、构筑物、管道、设备基础、特殊砌筑工程、金属结构工程、施工场地平整及清理、道路、绿化等工程的费用。安装工程费是各种需要安装的机械设备的装配、装置工程，与设备相连的工作台、梯子等的装设工程，附属于被安装设备的管线敷设工程，被安装设备的绝缘、保温、油漆等工程，为测定安装工作质量而进行的各种试车工作等费用。

#### 3. 建筑工程预算及安装工程预算

《工程造价术语标准》对施工图预算的解释是以施工图设计文件为依据，按照规定的程序、方法和依据，在工程施工前对工程项目的工程费用进行的预测与计算。

《建设项目施工图预算编审规程》（CECA/GC 5-2010）有关解释是建筑工程预算是建筑工程各单位工程施工图预算的总称，建筑工程施工图预算按其工程性质分为一般土建工程预算、建筑安装工程预算、构筑物工程预算等。安装工程预算是安装工程各专业人员工程预算的总称，安装工程预算按其工程性质分为机械设备安装工程预算、电气设备安装工程预算、工业管道安装工程预算和热力设备安装工程预算等。施工图预算是施工图设计阶段合理确定和有效控制工程造价的重要依据。

## 二、安装工程的分类

### 1. 建设工程分类

建设工程为人类生活、生产提供物质技术基础各类建（构）筑物和工程设施。依据《建设工程分类标准》（GB/T 50841-2013）将建设工程按自然属性分为建筑工程、土木工程和机电工程三大类。

建筑工程供人们进行生产、生活或其他活动的房屋或场所。

土木工程建造在地上或地下、陆上或水中，直接或间接为人类生活、生产、科研等服务的各类工程。

机电工程按照一定的工艺和方法，将不同规格、型号、性能、材质的设备、管路、线路等有机组合起来，满足使用功能要求的工程。设备包括机械设备、静设备、电气设备、自动化控制仪表和智能化设备等。管路是指按等级使用要求，将各类不同压力、温度、材质、介质、型号、规格的管道与管件、附件组合形成的系统。线路是指按等级使用要求，将各类不同型号、规格、材质的电线电缆与组件、附件组合形成的系统。

从本质上看，建筑工程属土木工程范畴，考虑到建筑工程量大面广，根据国际惯例和满足建设工程监督管理需要，将建筑工程与土木工程并列。

为了确保单项工程或者单位工程按照自然属性规则分解或者复原，作为一个房屋建筑有效组成部分的给排水工程，采暖、通风与空调工程，电梯等划入机电工程，土木工程不再包含建筑工程和机电工程，机电工程不再包含土木工程和建筑工程。

建设工程可以有多种分解方法，按照性质、投资、用途、功能等采用不同方法分类，其结果和表现形式也不尽相同。

建设工程按使用功能可分为房屋建筑工程、铁路工程、公路工程、水利工程、市政工程、煤炭矿山工程、水运工程、海洋工程、民航工程、商业与物资工程、农业工程、林业工程、粮食工程、石油天然气工程、海洋石油工程、火电工程、水电工程、核工业工程、建材工程、冶金工程、有色金属工程、石化工程、化工工程、医药工程、机械工程、航天与航空工程、兵器与船舶工程、轻工工程、纺织工程、电子与通信工程和广播电影电视工程等；

针对上述建设工程，中国建设工程造价管理协会下设 18 个专业委员会，负责本行业工程造价咨询单位的管理，本行业造价工程师的管理工作。18 个专业委员会分别是铁路工作委员会、有色金属工作委员会、核工业工作委员会、煤炭工作委员会、水电工作委员会、建行工作委员会、军队工作委员会、石油化工工作委员会、冶金工作委员会、林业工作委员会、建材工作委员会、公路工作委员会、石油工作委员会、水利工作委员会、电子工作委员会、水运工作委员会、化工专业委员会、电力委员会。

### 2. 工业安装工程专业分类

《工业安装工程施工质量验收统一标准》（GB/T50252-2018）将工业安装工程的专业划归成 9 类，即为新建、改建、扩建工业建设项目中所涉及的土建工程（涉及工业安装工程的建（构）筑物、土木工程）、钢结构工程、设备工程、管道工程、电气工程、自动化仪表工程、防腐蚀工程、绝热工程、炉窑砌筑工程。

### 3. 通用安装工程工程量计算规范中对专业的分类

《通用安装工程工程量计算规范》（GB50856-2013）中把通用安装工程设置了机械设备安装工程、热力设备安装工程、静置设备与工艺金属结构制作安装工程、电气设备安装工程、建筑智能化工程、自动化控制仪表安装工程、通风空调工程、工业管道工程、消防工程、给排水采暖燃气工程、通信线路及设备工程、刷油防腐蚀绝热工程共 12 个附录（专业）。

## 三、与建造师中机电工程的关系

一级建造师中的机电工程包括机械、汽车、电子、电力、冶金、矿业、建筑、建材、石油、化工、石化、轻纺、环保、农林、军工等各类工业和民用、公用建筑的机电工程，其活动包含了设计、采购、安装、调试、运行、竣工验收各个阶段。

现一级建造师专业是将原（2006 年以前年度的专业）“矿山、冶炼（土木部分内容）”合并为“矿

业工程”，将原“电力、石油化工、机电安装、冶炼（机电部分内容）”合并为“机电工程”。因此，现行一级建造师设置 10 个专业类别是建筑工程、公路工程、铁路工程、民航机场工程、港口与航道工程、水利水电工程、市政公用工程、通信与广电工程、矿业工程、机电工程。由上可见，机电工程建造师执业范围包括的工程有：机电安装工程、冶炼工程、石油化工工程、电力工程。不包括的工程有：市政、铁路、公路、民航、水利水电、港口航道、通信广电等。

机电工程技术包含的工业机电工程安装技术有机械设备安装技术、电气工程安装技术、管道工程施工技术、静置设备及金属结构安装技术、发电设备安装技术、自动化仪表工程安装技术、防腐蚀工程施工技术、绝热工程施工技术、炉窑砌筑工程施工技术。

机电工程技术包含的建筑机电工程施工技术有建筑管道工程、建筑电气工程、通风与空调工程、建筑智能化工程、电梯工程、消防工程施工技术。

## 第二节 安装工程常用材料的分类、基本性能及用途

### 一、安装工程常用材料分类

工程材料种类繁多，应用广泛，有多种不同的分类方法。一般将工程材料按化学成分划分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。

#### （一）金属材料

金属材料是最重要的工程材料，包括金属和以金属为基的合金。工业上把金属及其合金分为黑色金属材料和有色金属材料两大部分。

##### 1. 黑色金属

黑色金属材料一般是指铁和以铁为基的合金，即钢铁材料。

钢铁材料是工业中应用最广、用量最多的金属材料。含碳量小于 2.11%（重量）的铁合金称为钢；而含碳量大于 2.11%（重量）的铁合金称为生铁。钢和铸铁中除了含铁、碳以外，还含有一些其他元素，其中一类是杂质元素，如硫、磷、氧、氮等，另一类是根据使用性能和工艺性能的需要，在其生产过程中适量添加的合金元素，常见有铬、镍、锰和钛等，铁碳合金中加入这些合金元素就成为合金钢或合金铸铁。

#### （1）钢的分类和用途

钢具有许多优良特性，如材质均匀、性能可靠，具有较高的强度和良好的塑性、韧性和延展性，可承受各种性质的荷载；加工性优良（如可焊、可铆、可制成各种形状的型材和零件）。

钢中碳的含量对钢的性质有决定性影响，含碳量低的钢材强度较低，但塑性大，延伸率和冲击韧性好，质地较软，易于冷加工、切削和焊接，含碳量高的钢材强度高（当含碳量超过 1%时，钢材强度开始下降）、塑性小、硬度大、脆性大且不易加工。硫、磷为钢材中有害元素，含量较多就会严重影响钢材的塑性和韧性，磷使钢材显著产生冷脆性，硫则使钢材产生热脆性。硅、锰等为有益元素，它们能使钢材强度、硬度提高，而塑性、韧性不显著降低。

##### 1) 钢材按照化学成分分类

按照化学成分将钢材分为非合金钢、低合金钢和合金钢三类。

非合金钢：硅、锰和其他元素的含量都在 GB/T13304（钢分类 第 1 部分：按化学成分分类）相应规定范围界限以内的钢。通常包括碳素钢和规定电磁等特殊性能的非合金钢。

碳素钢：碳含量一般为 0.02%-2%的铁碳合金。其中含有限量的硅、锰和磷、硫及其他微量残余元素，一般统称为非合金钢，但碳素钢的内涵没有非合金钢广泛，不包括具有特殊性能的非合金钢。

低合金钢：至少应有一种合金元素的含量在 GB/T13304 相应规定界限范围内，合金元素总含量大于 5%的钢。低合金钢包括可焊接的低合金高强度结构钢、低合金耐候钢、钢筋用低合金钢、铁道用低合金钢、矿用低合金钢及其他低合金钢等。

合金钢：至少应有一种合金元素含量在 GB/T13304 相应规定界限范围内的钢。合金钢通常包括合金

结构钢、合金弹簧钢、合金工具钢、轴承钢等。

### 2) 按钢中碳的含量分类

低碳钢 碳含量小于 0.25%的碳素钢。

中碳钢 碳含量为 0.25%~0.60%的碳素钢。

高碳钢 碳含量大于 0.60%的碳素钢。

### 3) 钢按质量等级分类

普通质量钢：在生产过程中不需要特别控制质量的供一般用途的钢。这类钢大部分是低碳钢，规定磷、硫、氮含量上限和力学性能指标下限，对其他质量要求一般不作规定。普通质量钢包括普通质量非合金钢和普通质量低合金钢。

优质钢：除普通质量钢和特殊质量钢以外的钢，在生产过程中需要特别控制质量和性能，但又不如特殊质量钢严格。优质钢包括优质非合金钢、优质低合金钢和优质合金钢。

特殊质量钢：在生产过程中需要特别严格控制质量和性能的钢。特别是要严格控制硫、磷等杂质含量和钢的纯洁度。特殊质量钢包括特殊质量非合金钢、特殊质量低合金钢和特殊质量合金钢。

## (2) 铸铁的分类和用途

铸铁是含碳量大于 2.11%的铁碳合金。铸铁与钢相比，其成分特点是碳、硅含量高，杂质含量也较高。但杂质在钢和铸铁中的作用完全不同，如磷在耐磨铸铁中是提高其耐磨性的主要合金元素，锰和硅都是铸铁中的重要元素，唯一有害的元素是硫。

铸铁是应用最广泛的铸造材料。它具有生产设备和工艺简单、价格便宜等优点。大部分机械设备的箱体、壳体、机座、支架和受力不大的零件多用铸铁制造。某些承受冲击不大的重要零件，如小型柴油机的曲轴，多用球墨铸铁制造。其原因是铸铁切削性能和铸造性能优良，有利于节约材料，减少机械加工工时，且有必要的强度和某些优良性能，如高的耐磨性、吸震性和低的缺口敏感性等。

铸铁的组织是由两部分组成的，一部分是石墨；另一部分是基体。基体可以是铁素体、珠光体或铁素体加珠光体，相当于纯铁或钢的组织。所以，铸铁的组织可以看成是纯铁或钢的基体上分布着石墨夹杂。

铸铁的韧性和塑性主要决定于石墨的数量、形状、大小和分布，其中石墨形状的影响最大。铸铁的其他性能也与石墨密切相关。基体组织是影响铸铁硬度、抗压强度和耐磨性的主要因素。

按碳存在的形式分类，铸铁可分为灰口铸铁、白口铸铁和麻口铸铁三大类。

灰口铸铁中的碳除微量溶入铁素体外，全部或大部以石墨形式存在，因断口呈灰色，故名灰口铸铁。按照石墨的形状特征，灰口铸铁可分为普通灰铸铁（石墨呈片状）、蠕墨铸铁（石墨呈蠕虫状），可锻铸铁（石墨呈团絮状）和球墨铸铁（石墨呈球状）四大类。

白口铸铁中的碳完全以渗碳体的形式存在，断口呈亮白色。白口铸铁很难切削加工，主要作炼钢原料使用。但由于它的硬度和耐磨性高，也可以铸成表面为白口组织的铸件，如轧辊、球磨机的磨球等。

麻口铸铁中的碳以石墨和渗碳体的混合形式存在，断口呈灰白色，这种铸铁有较大的脆性，工业上很少使用。

## 2. 有色金属材料

有色金属是指黑色金属以外的所有金属及其合金。不同有色金属具有不同的优良性能，如钛合金的耐蚀性优于不锈钢；铜和铝的导电性明显高于铁合金；镍铬合金的比电阻较高，同时还有高的抗氧化性能和塑性，以及为零的电阻温度系数，铅具有高的抗 X 射线和  $\gamma$  射线穿透能力；铅锡基合金、铝铜基合金具有优良的减摩性能等。对于力学性能，多数有色金属塑性好，尤其是铝钛基合金的比强度和比刚度均比铁基合金高。

### (1) 铝及铝合金

铝资源丰富，成本较低。铝及铝合金在电气工程、航空及宇航工业、一般机械和轻工业中都有广泛的用途。

纯铝材料按纯度可分为高纯铝、工业高纯铝和工业纯铝三类。高纯铝主要用于科学研究及制作电容器等；工业高纯铝用于制作铝箔、包铝及冶炼铝合金的原料；工业纯铝可制作电线、电缆、器皿及配制

合金。纯铝的强度很低，不作为结构材料使用。

铝合金是在铝中加入合金元素获得，具有较高强度，同时保持良好的加工性能。许多铝合金不仅可通过冷变形提高强度，而且可用热处理来大幅度地改善性能。

根据成分及工艺特点，铝合金分为变形铝合金和铸造铝合金两类。变形铝合金塑性较好，适于变形加工；铸造铝合金流动性较好，适于铸造生产。

## (2) 铜及铜合金

铜及铜合金在电气工业、仪表工业、造船工业及机械制造工业部门中获得了广泛的应用。但铜的储械较小，价格较贵，属于应节约使用的材料，只有在要求有特殊的磁性、耐蚀性、加工性能、机械性能以及特殊的外观等条件下，才考虑使用。

纯铜呈紫红色，常称紫铜，纯铜强度不高，硬度较低、塑性好。主要用作导体、制造抗磁性干扰的仪器和仪表零件。纯铜的强度低，不宜用作结构材料。

在铜中加入合金元素后，可获得较高的强度，除了保持纯铜的优良特性外，还具有较高的强度，而且塑性很好，容易冷、热成型，易焊接。一般铜合金分黄铜、青铜和白铜三大类。

1) 黄铜。以锌为主加元素的铜合金称为黄铜。按照化学成分，黄铜分普通黄铜和复杂黄铜两种。

2) 青铜。青铜原指铜锡合金，但工业上习惯称含铝、硅、铅、铍、锰等的铜基合金为青铜，所以青铜实际上包括有锡青铜、铝青铜、铍青铜等。青铜分为压力加工青铜和铸造青铜两类。

3) 白铜。是以镍为主要添加元素的铜基合金，呈银白色，有金属光泽，故名白铜。纯铜加镍能显著提高强度、耐蚀性、硬度、电阻和热电性，并降低电阻率温度系数。因此白铜较其他铜合金的机械性能、物理性能都异常良好，延展性好、硬度高、色泽美观、耐腐蚀、富有深冲性能，被广泛用于造船、石油化工、电器、仪表、医疗器械、日用品、工艺品等领域，锰白铜可制作电阻及热电偶合金。白铜的缺点是主要添加元素——镍属于稀缺的战略物资，价格比较昂贵。

## (二) 非金属材料

非金属材料包括无机非金属材料和高分子材料，无机非金属材料主要介绍耐热保温和绝热材料，高分子材料介绍塑料、橡胶。

### 1. 耐热保温和绝热材料

#### (1) 耐热保温材料

耐热保温材料又称耐火隔热材料，它是各种工业用炉的重要筑炉材料。常用的隔热材料有硅藻土、蛭石、玻璃纤维（又称矿渣棉）、石棉，以及它们的制品，如板、管和砖等。

1) 硅藻土耐火隔热保温材料 硅藻土耐火保温砖、板、管具有气孔率高、耐高温及保温性能好、密度小等特点。采用这种材料，可以减少热损失，降低燃料消耗，减薄炉墙厚度，降低工程造价，缩短窑炉周转时间，提高生产效率。

硅藻土砖、板广泛用于电力、冶金、机械、化工、石油和硅酸盐等工业的各种热体表面及各种高温窑炉、锅炉、炉墙中层的保温绝热部位。硅藻土管广泛用于各种气体、液体高温管道及其他高温设备的保温绝热部位。

2) 硅酸铝耐火纤维 硅酸铝耐火纤维是轻质耐火材料之一。它形似棉花，呈白色纤维状，具有密度小、耐高温、热稳定性好、热导率低、比热容小、抗机械振动好、体胀系数小和优良的隔热性能等特点。因此，硅酸铝耐火纤维及其制品（毡、板、砖、管等）广泛用于冶金、机械、建筑、化工和陶瓷工业中的热力设备（如锅炉、加热炉和导管等）的耐火隔热材料。

3) 微孔硅酸钙保温材料 微孔硅酸钙保温材料制品是用硅藻土、石灰、石棉和水玻璃等混合材料压制而成。其表观密度小、强度高、传热系数低，且不燃烧、不腐蚀、无毒和无味，可用于高温设备、热力管道的保温隔热工程。

4) 矿渣棉制品 矿渣棉制品可用作保温、隔热和吸音材料。

#### (2) 绝热材料

绝热材料一般是轻质、疏松、多孔的纤维状材料。它既包括保温材料，也包括保冷材料。绝热材料按其成分不同，可分为有机材料和无机材料两大类。

热力设备及管道保温用的材料多为无机绝热材料，此类材料具有不腐烂、不燃烧、耐高温等特点。如石棉、硅藻土、珍珠岩、玻璃纤维、泡沫混凝土和硅酸钙等。

低温保冷工程多用有机绝热材料，此类材料具有表观密度小、热导率低、原料来源广、不耐高温、吸湿时易腐烂等特点，如软木、聚苯乙烯泡沫塑料、聚氨基甲酸酯、羊毛毡和羊毛毡等。

### 2. 塑料

塑料是以有机合成树脂为基础，再加入添加剂所组成的高分子材料，它通常可在加热、加压条件下塑制成形，故称为塑料。

#### (1) 塑料的组成

1) 合成树脂 由低分子化合物通过缩聚或加聚反应合成的高分子化合物，如酚醛树脂、聚乙烯等，是塑料的主要组成部分。合成树脂在塑料中的含量约占 40%~100%，塑料的性能起决定性作用。

2) 添加剂 为改善塑料的性能而加入的其他组成，主要有以下几种。

① 填料或增强材料：填料在塑料中主要起增强作用。例如，加入石墨、石棉纤维或玻璃纤维等，可以改善塑料的机械性能。填料也可改善或提高塑料的某些特定性能，以扩大其应用范围。例如，加入石棉粉可提高塑料的耐热性；加入云母粉可提高塑料的电绝缘性；加入二硫化钼可提高塑料的自润滑性；加入铝粉可提高塑料对光的反射能力等。填料的用最可达 20%~50%，是塑料的重要组成。

② 固化剂：它的作用在于通过交联使树脂具有体型网状结构，成为较坚硬和稳定的塑料制品。

③ 增塑剂：是用以提高树脂可塑性和柔性的添加剂。常用的为液态或低熔点固体有机化合物，可降低树脂的玻璃化转变温度。例如，聚氯乙烯树脂中加入邻苯二甲酸二丁酯，可使塑料变为橡胶一样的软塑料。

④ 稳定剂：为了防止受热、光等的作用使塑料过早老化，加入少量能起稳定化作用的物质。例如，能抗氧化的物质有酚类和胺类等有机物；炭黑则可作紫外线吸收剂。

塑料中还有其他一些添加剂，如润滑剂、着色剂、阻燃剂、抗静电剂和发泡剂等，并不是每种塑料中都要有这些添加剂，而是不同用途的塑料添加不同的添加剂。

#### (2) 塑料的分类

1) 根据树脂在加热和冷却时所表现的性质不同，可分为热塑性塑料和热固性塑料。

热塑性塑料。这类塑料的特点是：加热时软化并熔融，可塑造成形，冷却后即成形并保持既得形状，而且该过程可反复进行。这类塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚酰胺（尼龙）、聚甲醛等。优点是加工成形简便，具有较好的机械性能，缺点是耐热性和刚性比较差。近些年开发的氟塑料、聚酰亚胺等高级工程塑料，性能有了明显的提高，具有优良的耐蚀性、耐热性、绝缘性和耐磨性等，如聚酰亚胺的使用温度已经超过 350℃。

热固性塑料。这类塑料的特点是：初加热时软化，可塑造成形，但固化后再加热将不再软化，也不溶于溶剂。这类塑料有酚醛、环氧、氨基、不饱和聚酯等。它们具有耐热性高，受压不易变形等优点。缺点是机械性能不好，但可加入填料来提高强度。

2) 按使用范围分为通用塑料、工程塑料、特种塑料。

通用塑料指应用范围广、生产量大的塑料品种。主要指六大品种：聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、酚醛塑料和氨基塑料。是一般工农业生产和日常生活不可缺少的廉价材料，其产量约占塑料总产量的 3/4 以上。

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、耐蚀性和绝缘性能等）良好的各种塑料。主要有聚甲醛、聚酰胺、聚碳酸酯和 ABS 等四种。它们是制造工程结构、机器零部件、工业容器和设备等的一类新型结构材料。

特种塑料具有某些特殊性能，如耐高温、耐腐蚀等。这类塑料产量少，价格贵，只用于特殊需要的场合。

#### (3) 常用工程塑料

1) 聚乙烯（PE）。聚乙烯由乙烯单体聚合而成，简称 PE。按其密度加以分类，可分为高密度聚乙烯（HDPE）、低密度聚乙烯（LDPE）、线型低密度聚乙烯（LLDPE）、超高分子量聚乙烯（UHMWPE）、

改性聚乙烯。

①低密度聚乙烯 (LDPE)。又称为高压聚乙烯。它是高纯度乙烯在高压、高温和引发剂存在下经聚合而制得的。低密度聚乙烯具有质轻、吸湿性小、电绝缘性好 (尤其是高频绝缘性)、延伸性和透明性强、耐寒性好和化学稳定性强, 热熔接性、成型加工性能很好, 冲击韧性很好等特点, 但其力学强度较差、强度低, 耐热性不高、抗环境应力开裂性差、耐老化性能较差, 用作一般耐蚀材料、小荷载零件 (齿轮、轴承) 及电缆包皮等。

LDPE 的分子链支链较多, 相对分子质量、结晶度和相对密度较低, 质地柔软, 常用来制作农业用和包装用塑料薄膜、软管和塑料瓶等。

②高密度聚乙烯 (HDPE), 又称为低压聚乙烯。它是乙烯在催化剂存在下聚合制得。HDPE 支链化程度最小, 分子能紧密地堆砌, 故密度最大, 结晶度高。HDPE 有较高的刚性及韧性, 良好的力学性能及较高的使用温度。耐磨性及化学稳定性良好, 能耐多种酸、碱、盐类腐蚀, 吸水性和水蒸气渗透性很低, 但耐老化性能较差, 表面硬度较高, 尺寸稳定性好。高密度聚乙烯主要用于制作单口瓶、运输箱、储罐、电缆护套、压力管道等。常用来制造塑料管、板材、绳索以及承载不高的零件, 如齿轮、轴承等。

与 LDPE 比较, 有较高的耐温、耐油性、耐蒸汽渗透性及抗环境应力开裂性, 电绝缘性、抗冲击性及耐寒性都很好。力学性能优于 LDPE, 介电性能优良, 但略低于 LDPE。HDPE 在强度和硬度方面比 LDPE 好, 韧性比 PVC、PP 好, 加工特性优于 PVC, 耐低温、耐老化性能优于 PP, 工作温度比 PVC、LDPE 高。

③交联聚乙烯 (PEX) 是一种改性聚乙烯, 工业上常用的交联聚乙烯有辐照交联聚乙烯、过氧化物交联聚乙烯和硅烷交联聚乙烯。聚乙烯 (LDPF、HDPE、LLDPE 和 MDPE 均可) 通过交联可使其大分子链之间发生部分交联反应而改变其物理力学性能。

交联聚乙烯是一种具有网状结构的热固性塑料, 交联聚乙烯制品成型后就无法再模塑成型, 此时还可用于机械加工。

交联聚乙烯无毒、无味、不吸水; 耐磨性、耐溶剂性、耐应力开裂性、耐候性、防老化性和尺寸稳定性都非常好; 低温柔软性、耐热性能好、可在 140℃ 以下长期使用; 冲击强度、拉伸强度、耐蠕变性和刚性都比 HDPE 好; 有很好的电绝缘性、耐低温性、化学稳定性和耐辐照性能; 交联聚乙烯成型的膜薄透明, 也有较好的水蒸气透过性。交联聚乙烯可用制造热收缩管、制造热收缩膜、各种耐热管材、耐热软管、泡沫塑料、耐腐蚀的化学设备衬里、部件及容器, 制造阻燃建材等。

2) 聚丙烯 (PP)。聚丙烯由丙烯单体聚合而成。

聚丙烯的优点是相对密度小, 是塑料中最轻的。其强度、刚度、硬度和弹性等机械性能均高于聚乙烯, 耐热性也好, 长期使用温度可达 100~110℃。聚丙烯具有优良的电绝缘性能和耐蚀性能, 在常温下能耐酸、碱。

聚丙烯的主要缺点是粘合性、染色性、印刷性均差, 低温易脆化, 易受热、光作用而变质, 与铜接触会促进变质, 易燃, 收缩大。

聚丙烯可用于制作某些零部件, 如法兰、齿轮、风扇叶轮、泵叶轮、把手、接头、仪表盒及壳体等, 还可制作化工管道、容器、医疗器械等。聚丙烯无毒, 可用做药品、食物的包装。

3) 聚氯乙烯 (PVC)。它由乙炔和氯化氢 (电石路线), 乙烯与氯气 (石油化工路线) 合成为氯乙烯单体, 再聚合而成聚氯乙烯树脂。刚度、强度和硬度均比聚乙烯高。

聚氯乙烯热稳定性差, 在加工中会分解出少量氯化氢和氯乙烯气体, 后者有致癌作用, 氯化氢又是使树脂分解的催化剂。所以, 在加工时要加入增塑剂以降低加工温度和加入碱性稳定剂以抑制树脂分解。

聚氯乙烯的突出优点是耐化学腐蚀, 阻燃、自熄, 电绝缘性较好, 成本低、加工容易。最主要的缺点是热稳定性差, 在空气中高于 150℃ 就会降解而放出 HCl, 但可添加热稳定剂克服。冲击强度较低, 还有一定的毒性。为了用于食品和药品的包装, 可用共聚和混合方法改进, 制成无毒聚氯乙烯产品。

聚氯乙烯根据加入增塑剂量的不同分为硬质和软质两种。在聚氯乙烯中添加少量增塑剂、稳定剂和填料时, 可制得硬质聚氯乙烯; 它具有较高的机械强度和较好的耐蚀性, 可用于制作化工、纺织等工业的废气排污排毒塔、气体液体输送管, 还可代替其他耐蚀材料制造储槽、离心泵、通风机和接头等。当