



全国一级建造师执业资格考试用书（第四版）

1H400000

# 机电工程 管理与实务

全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会 编写



中国建筑工业出版社

全国一级建造师执业资格考试用书(第四版)

# 机电工程管理与实务

全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会 编写

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

机电工程管理与实务/全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会编写. —4版. —北京:中国建筑工业出版社, 2015.4

全国一级建造师执业资格考试用书(第四版)

ISBN 978-7-112-17795-0

I. ①机… II. ①全… III. ①机电工程-建造师-资格考试-自学参考资料 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 032838 号

责任编辑:牛松 张国友

责任校对:姜小莲 刘钰

全国一级建造师执业资格考试用书(第四版)  
**机电工程管理与实务**  
全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会 编写

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京富生印刷厂印刷

\*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:32 字数:797千字

2015年5月第四版 2015年5月第二十四次印刷

定价:75.00元(含增值服务)

ISBN 978-7-112-17795-0  
(26930)

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

**版权所有 翻印必究**

**请读者识别、监督:**

本书封面贴有网上增值服务标,环衬用含有中国建筑工业出版社水印的专用防伪纸印制,封底贴有中国建筑工业出版社专用防伪标,否则为盗版书,欢迎举报监督!举报电话:(010) 58337026; 举报 QQ:3050159269

本社法律顾问:上海博和律师事务所许爱东律师

# 全国一级建造师执业资格考试用书(第四版)

## 审 定 委 员 会

主 任：吴慧娟

副 主 任：张 毅 刘晓艳 赵春山

委 员：丁士昭 逢宗展 张鲁风

## 编 写 委 员 会

主 编：丁士昭 逢宗展

委 员：(按姓氏笔画排序)

马志刚 王建斌 王雪青 王清训

毛志兵 付海诚 孙杰民 李国祥

李雪飞 李惠民 杨存成 吴 涛

何孝贵 沈元勤 沈美丽 张余庆

张建军 张鲁风 赵泽生 贺永年

徐永田 高金华 唐 涛 焦凤山

詹书林 滕小平

办公室主任：逢宗展(兼)

办公室成员：李雪飞 李 强 张国友

# 序

为了加强建设工程项目管理,提高工程项目总承包及施工管理专业技术人员素质,规范施工管理行为,保证工程质量和施工安全,根据《中华人民共和国建筑法》、《建设工程质量管理条例》、《建设工程安全生产管理条例》和国家有关执业资格考试制度的规定,2002年,原人事部和建设部联合颁发了《建造师执业资格制度暂行规定》(人发[2002]111号),对从事建设工程项目总承包及施工管理的专业技术人员实行建造师执业资格制度。

注册建造师是以专业技术为依托、以工程项目管理为主的注册执业人士。注册建造师可以担任建设工程总承包或施工管理的项目负责人,从事法律、行政法规或标准规范规定的相关业务。实行建造师执业资格制度后,我国大中型工程施工项目负责人由取得注册建造师资格的人士担任,以提高工程施工管理水平,保证工程质量和安全。建造师执业资格制度的建立,将为我国拓展国际建筑市场开辟广阔的道路。

按照原人事部和建设部印发的《建造师执业资格制度暂行规定》(人发[2002]111号)、《建造师执业资格考试实施办法》(国人部发[2004]16号)和《关于建造师资格考试相关科目专业类别调整有关问题的通知》(国人厅发[2006]213号)的规定,本编委会组织全国具有较高理论水平和丰富实践经验的专家、学者,在第三版的基础上重新编写了《全国一级建造师执业资格考试用书》(第四版)(以下简称《考试用书》)。在编撰过程中,编写人员按照《一级建造师执业资格考试大纲》(2014年版)要求,遵循“以素质测试为基础、以工程实践内容为主导”的指导思想,坚持“与建造师制度实行的现状相结合,与现行法律法规、规范标准相结合,与当前先进的工程施工技术相结合,与用人企业的实际需求相结合”的修订原则,力求在素质测试的基础上,从工程项目实践出发,重点测试考生解决实际问题的能力。

本套《考试用书》共14册,书名分别为《建设工程经济》、《建设工程项目管理》、《建设工程法规及相关知识》、《建设工程管理与实务》、《公路工程管理与实务》、《铁路工程管理与实务》、《民航机场工程管理与实务》、《港口与航道工程管理与实务》、《水利水电工程管理与实务》、《矿业工程管理与实务》、《机电工程管理与实务》、《市政公用工程管理与实务》、《通信与广电工程管理与实务》、《建设工程法律法规选编》。本套《考试用书》既可作为全国一级建造师执业资格考试学习用书,也可供其他从事工程管理的有关人员使用和高等学校相关专业师生教学参考。

《考试用书》编撰者为高等学校、行政管理、行业协会和施工企业等方面的专家和学者。在此,谨向他们表示衷心感谢。

在《考试用书》编写过程中,虽经反复推敲核证,仍难免有不妥甚至疏漏之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会

2015年4月

# 《机电工程管理与实务》

## 编 写 组

组 长：王清训

副 组 长：李慧民 杨俊保 刘秀玲 陆文华

成 员：（按姓氏笔画排序）

丁志升 毛文祥 吕 莉 任俊和 刘 川

刘小平 刘朝志 孙雯芬 李 涛 余海敏

张新民 范进科 庞南生 贺广利 袁春燕

徐贡全 高玉芬 曹丹桂 曹冬冬 潘 华

# 前 言

本书由中国安装协会牵头，会同中国石油工程建设协会、中国冶金建设协会，中国电力建设协会依据修订的《一级建造师执业资格考试大纲（机电工程专业）》，组织有关行业富有技术和管理实践经验的专家以及大专院校教授编写。在编写过程中，遵照编委会的要求和考试大纲的精神，突出以素质测试为基础，实践内容为主导，体现共性与特点，与一级大纲的内容、结构和体例相结合，与大型工程建设需要相结合，与施工现场相结合，与现行的大学学历教育相结合。

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，其活动包涵了设计、采购、安装、调试、运行、竣工验收各个阶段。

本书章、节、目、条的编排与编码和《一级建造师执业资格考试大纲（机电工程专业）》完全一致。经几次考试后，调整结构，增删内容，充实案例，内容更加新颖丰富，知识点更加突出，体现了运用《建设工程项目管理》《建设工程法规及相关知识》《建设工程经济》的基本原理和方法，突出机电工程施工技术、施工管理、相关法规与标准要求和解决现场实践工作能力。

编写组在编委会的领导下，得到了中国安装协会副会长、秘书长杨存成、副秘书长赵爱兰和中国石油工程建设协会、中国冶金建设协会、中国电力建设协会领导的协调、指导。编写过程中还得到了中国机械工业建设集团有限公司、上海市安装工程集团有限公司教育培训中心、上海电力学院、中国石油管道学院、西安建筑科技大学、中建工业设备安装集团有限公司、中建一局集团安装工程有限公司、中材建设有限公司、中冶建工集团有限公司、中国石油天然气第一建设公司、中国石油天然气第六建设公司、中国能源建设集团山西电力建设四公司、河北省安装工程公司、湖南省工业设备安装有限公司、湖南省六建安装有限责任公司、北京住总安装公司、华北电力大学、长安大学等单位的大力支持和协助。在文稿的审查和修改中，荆永强工程师承担了本书的编排、制图、校对和打印工作，在此一并表示衷心的感谢。

本书虽然经过了较充分的准备、论证、征求意见、讨论、审查和修改，但仍难免存在不足之处，殷切希望广大读者提出宝贵意见，以便进一步修改完善。

# 目 录

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| <b>1H410000 机电工程技术</b>     | <b>1</b>   |
| 1H411000 机电工程常用材料及工程设备     | 1          |
| 1H411010 机电工程常用材料          | 1          |
| 1H411020 机电工程常用工程设备        | 12         |
| 1H412000 机电工程专业技术          | 26         |
| 1H412010 测量技术              | 26         |
| 1H412020 起重技术              | 37         |
| 1H412030 焊接技术              | 50         |
| 1H413000 工业机电工程安装技术        | 65         |
| 1H413010 机械设备安装技术          | 65         |
| 1H413020 电气工程安装技术          | 76         |
| 1H413030 管道工程施工技术          | 96         |
| 1H413040 静置设备及金属结构安装技术     | 112        |
| 1H413050 动力设备安装技术          | 126        |
| 1H413060 自动化仪表工程安装技术       | 135        |
| 1H413070 防腐蚀工程施工技术         | 145        |
| 1H413080 绝热工程施工技术          | 155        |
| 1H413090 工业炉窑砌筑工程施工技术      | 167        |
| 1H414000 建筑机电工程安装技术        | 174        |
| 1H414010 建筑管道工程安装技术        | 174        |
| 1H414020 建筑电气工程安装技术        | 183        |
| 1H414030 通风与空调工程安装技术       | 191        |
| 1H414040 建筑智能化工程安装技术       | 201        |
| 1H414050 电梯工程安装技术          | 215        |
| 1H414060 消防工程安装技术          | 224        |
| <b>1H420000 机电工程项目施工管理</b> | <b>238</b> |
| 1H420010 机电工程项目及其建设程序      | 238        |
| 1H420020 机电工程项目管理的任务       | 247        |
| 1H420030 机电工程施工招标投标管理      | 256        |
| 1H420040 机电工程施工合同管理        | 267        |



|                 |                                      |            |
|-----------------|--------------------------------------|------------|
| 1H420050        | 机电工程设备采购管理 .....                     | 278        |
| 1H420060        | 机电工程施工组织设计 .....                     | 292        |
| 1H420070        | 机电工程施工资源管理 .....                     | 303        |
| 1H420080        | 机电工程施工协调管理 .....                     | 323        |
| 1H420090        | 机电工程施工进度管理 .....                     | 331        |
| 1H420100        | 机电工程施工成本管理 .....                     | 346        |
| 1H420110        | 机电工程施工预结算 .....                      | 356        |
| 1H420120        | 机电工程施工现场职业健康安全管理 .....               | 370        |
| 1H420130        | 机电工程施工质量管理 .....                     | 394        |
| 1H420140        | 机电工程试运行管理 .....                      | 419        |
| 1H420150        | 机电工程竣工验收管理 .....                     | 428        |
| 1H420160        | 机电工程保修与回访管理 .....                    | 441        |
| <b>1H430000</b> | <b>机电工程项目施工相关法规与标准 .....</b>         | <b>448</b> |
| 1H431000        | 机电工程施工相关法规 .....                     | 448        |
| 1H431010        | 计量法相关规定 .....                        | 448        |
| 1H431020        | 电力法相关规定 .....                        | 453        |
| 1H431030        | 特种设备安全法相关规定 .....                    | 463        |
| 1H432000        | 机电工程施工相关标准 .....                     | 474        |
| 1H432010        | 工业安装工程施工质量验收统一要求 .....               | 474        |
| 1H432020        | 建筑安装工程施工质量验收统一要求 .....               | 482        |
| 1H433000        | 一级建造师（机电工程）注册执业管理规定及相关要求 .....       | 489        |
|                 | <b>网上增值服务说明（附赠在线学习费 100 元） .....</b> | <b>503</b> |

# 1H410000 机电工程技术

机电工程是指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。设备是指各类机械设备、静置设备、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。机电工程涵盖的专业工程技术很多，涉及的专业面很广、学科跨度大，本章按照考试大纲要求的知识点，对机电工程涉及的有关机电工程常用材料、常用工程设备、工程测量技术、起重技术、焊接技术等必须掌握的专业技术基础知识做了重要的叙述。对机电工程工业安装技术和建筑安装技术，从工程实践出发，结合有关施工质量控制、安全管理、现行相关的法规和标准及施工质量验收规范，提出了各专业工程施工技术要点和要求。

## 1H411000 机电工程常用材料及工程设备

机电工程项目是将不同规格、型号、性能、材质的设备、管路、线路等按照一定的工艺和方法，有机组合起来的项目。因此，正确选择合格的材料、设备，是满足使用功能要求、生产出合格产品的关键。本节重点是：机电工程项目常用材料；机电工程项目常用工程设备。

### 1H411010 机电工程常用材料

机电工程常用材料品种、规格、型号繁多，主要有金属材料、非金属材料 and 电气线材。在施工时，必须按照设计文件要求进行。本目重点是：常用金属材料的类型及应用；常用非金属材料的类型及应用；常用电气材料的类型及应用。

#### 1H411011 常用金属材料的类型及应用

金属材料分为黑色金属和有色金属两大类。机电工程常用的金属材料主要是制造各种大型金属构件的用钢，如建筑、机电、冶金、石化、电力以及锅炉压力容器、压力管道等工程的用钢。本条主要知识点是：黑色金属材料的类型及应用；有色金属材料的类型及应用。

##### 一、黑色金属材料的类型及应用

###### （一）碳素结构钢

1. 碳素结构钢的分级。碳素结构钢又称为普碳钢，在国家标准《碳素结构钢》GB/T 700—2006 中，按照碳素结构钢屈服强度的下限值将其分为四个级别，其钢号对应为

Q195、Q215、Q235 和 Q275，其中 Q 代表屈服强度，数字为屈服强度的下限值，数字后面标注的字母 A、B、C、D 表示钢材质量等级，即硫、磷质量分数不同，A 级钢中硫、磷含量最高，D 级钢中硫、磷含量最低。

## 2. 碳素结构钢的特性及用途

(1) Q195、Q215、Q235A 和 Q235B 塑性较好，有一定的强度，通常轧制成钢筋、钢板、钢管等；Q235C、Q235D 可用于重要的焊接件；Q235 和 Q275 强度较高，通常轧制成型钢、钢板作构件用。

(2) 碳素结构钢具有良好的塑性和韧性，易于成型和焊接，常以热轧态供货，一般不再进行热处理，能够满足一般工程构件的要求，所以使用极为广泛。

例如，机电工程中常见的各种型钢、钢筋、钢丝等，优质的碳素钢还可以制成钢丝、钢绞线、圆钢、高强度螺栓及预应力锚具等。

## (二) 低合金结构钢

### 1. 低合金结构钢的分级

低合金结构钢也称为低合金高强度钢，按照国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591—2008，根据屈服强度划分，其共有 Q345、Q390、Q420、Q460、Q500、Q550、Q620 和 Q690 八个强度等级。

### 2. 低合金结构钢的特性及用途

(1) 低合金结构钢是在普通钢中加入微量合金元素，而具有高强度、高韧性、良好的冷成形和焊接性能、低的冷脆转变温度和良好的耐蚀性等综合力学性能，如，Q345 强度比普碳钢 Q235 高约 20%~30%，耐大气腐蚀性能高 20%~38%，用它制造工程结构，重量可减轻 20%~30%。

(2) 低合金结构钢主要适用于桥梁、钢结构、锅炉汽包、压力容器、压力管道、船舶、车辆、重轨和轻轨等制造，用它来代替碳素结构钢，可大大减轻结构质量，节省钢材。

例如，2008 年北京奥运会主会场——国家体育场“鸟巢”钢结构总重为 4.6 万 t，最大跨度 343m，所用的钢材就是 Q460，屈服强度为 460MPa，是由我国自主研发生产的，这是国内在钢结构上首次使用 Q460 钢材，这次使用的钢板厚度达到 110mm。

## (三) 铸钢和铸铁

### 1. 铸钢

#### (1) 铸钢的分类

铸钢分碳素铸钢、合金铸钢等类型。

#### (2) 铸钢的特性及用途

将钢铸造成形，既能保持钢的各种优异性能，又能直接制造成最终形状的零件。铸钢主要用于制造形状复杂，需要一定强度、塑性和韧性的零件。

例如，轧钢机机架是轧钢机组的重要结构件，要求有较好的强度和较好的塑性，以及较好的铸造性能、焊接性能和加工性能，轧钢机机架就是选择碳素铸钢制造加工的。

例如，吊车所用的齿轮有开式小齿轮、大齿轮、过渡齿轮三种不同尺寸的齿轮，一般均采用合金铸钢件。

### 2. 铸铁

### (1) 铸铁的分类

铸铁是碳质量分数大于 2.11% 的铁碳合金, 含有较多的 Si、Mn、S、P 等元素。常用铸铁有灰铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁、可锻铸铁、特殊性能铸铁等。

### (2) 铸铁的特性及用途

铸铁具有许多优良的使用性能和工艺性能, 并且生产设备和工艺简单, 可以用来制造各种机器零件。

例如, 普通罩壳、阀壳等强度要求不高, 可采用灰铸铁制造; 液压泵壳体强度有较高要求, 可采用孕育铸铁(经孕育处理后的灰铸铁); 汽车发动机凸轮轴常用球墨铸铁制造。

### (四) 特殊性能低合金高强度钢

#### 1. 特殊性能低合金高强度钢分类

特殊性能低合金高强度钢也称特殊钢, 是指具有特殊化学成分、采用特殊工艺生产、具备特殊的组织和性能、能够满足特殊需要的钢类。其中, 工程结构用特殊钢主要包括: 耐候钢、耐热钢、耐海水腐蚀钢、耐磨钢、表面处理钢材、汽车冲压钢板、石油及天然气管线钢、工程机械用钢与可焊接高强度钢、钢筋钢、低温用钢以及钢轨钢等。

#### 2. 特殊性能低合金高强度钢的特性及用途

例如, 在桥梁、建筑、塔架、车辆和其他要求耐候性能好的螺栓连接等钢结构中使用的耐候钢, 就是在钢中加入少量的合金元素, 如 Cu、Cr、Ni、P 等, 使其在金属基体表面形成保护层, 提高了钢材的耐候性能, 同时保持钢材具有良好的焊接性能。

例如, 在加热炉、锅炉、燃气轮机等高温装置中的零件就是使用耐热钢, 要求在高温下具有良好的抗蠕变、抗断裂和抗氧化的能力, 以及必要的韧性。

例如, 钢轨钢分为轻轨钢和重轨钢, 轻轨钢主要用于临时运输线和中小型起重机轨道, 重轨钢主要用于铁道、大型起重机轨和吊车轨道。

例如, 车辆履带、挖掘机铲斗、破碎机腭板、铁轨分道叉等使用的就是耐磨钢, 耐磨钢常用于承受严重磨损和强烈冲击的零件。

### (五) 钢材的类型及应用

1. 型钢。在机电工程中常用型钢主要有: 圆钢、方钢、扁钢、H 型钢、工字钢、T 型钢、角钢、槽钢、钢轨等。

例如, 电站锅炉钢架的立柱通常采用宽翼缘 H 型钢(HK300b); 为确保炉膛内压力波动时炉墙有一定的强度, 在炉墙上设有足够强度的刚性梁。一般每隔 3m 左右装设一层, 其大部分采用强度足够的工字钢制成。

2. 板材。按其厚度分为厚板、中厚板和薄板。按其轧制方式分为热轧板和冷轧板两种, 其中冷轧板只有薄板。按其材质有普通碳素钢板、低合金结构钢板、不锈钢板、镀锌薄钢板等。

例如, 油罐、电站锅炉中的汽包就是用钢板焊制成的圆筒形容器。其中, 中、低压锅炉的汽包材料常为专用的锅炉碳素钢, 高压锅炉的汽包材料常用低合金钢制造。

3. 管材。在机电工程中常用的有普通无缝钢管、螺旋缝钢管、焊接钢管、无缝钢管、高压无缝钢管等, 广泛应用在各类管道工程中。

例如, 锅炉水冷壁和省煤器使用的无缝钢管一般采用优质碳素钢管或低合金钢管, 但过热器和再热器使用的无缝钢管根据不同壁温, 通常采用 15CrMo 或 12Cr1MoV 等钢材。

4. 钢制品。在机电工程中,常用的钢制品主要有焊材、管件、阀门等。

## 二、有色金属的类型及应用

通常将钢铁以外的金属及其合金,统称为有色金属。有色金属具有钢铁所没有的许多特殊的力学和物理性能,为机电工程中不可缺少的材料。

有色金属的种类很多,密度大于  $4.5 \text{ g/cm}^3$  的金属称为重金属,如铜、锌、镍等;密度小于等于  $4.5 \text{ g/cm}^3$  的金属称为轻金属,如铝、镁、钛等。

### 1. 重金属

#### (1) 铜及铜合金的特性及应用

工业纯铜密度为  $8.96 \text{ g/cm}^3$ ,具有良好的导电性、导热性以及优良的焊接性能,纯铜强度不高,硬度较低,塑性好。主要用于作导体、制造抗磁性干扰的仪器和仪表零件,如罗盘、航空仪表等零件。

在纯铜中加入合金元素制成铜合金,除了保持纯铜的优良特性外,还具有较高的强度,主要品种有黄铜、青铜和白铜,在机电工程中广泛使用的是铜合金。

例如,机电设备冷凝器、散热器、热交换器、空调器等就是使用黄铜制造的,黄铜是以锌为主要合金元素制成的铜合金。

#### (2) 锌及锌合金的特性及应用

纯锌具有一定的强度和较好的耐腐蚀性,在室温下较脆,在  $100 \sim 150^\circ\text{C}$  时变软,超过  $200^\circ\text{C}$  后又变脆。

锌合金的特点是密度大、铸造性能好,可压铸形状复杂、薄壁的精密件,如压铸仪表、汽车零部件外壳等。锌合金分为变形锌合金、铸造锌合金和热镀锌合金。

#### (3) 镍及镍合金的特性及应用

纯镍是银白色的金属,强度较高,塑性好,导热性差,电阻大。镍表面在有机介质溶液中会形成钝化膜保护层而有极强的耐腐蚀性,特别是耐海水腐蚀能力突出。

镍合金是在镍中加入铜、铬、钼等而形成的,耐高温,耐酸碱腐蚀。镍合金按其特性和应用领域分耐腐蚀镍合金、耐高温镍合金和功能镍合金等。

例如,在化工、石油、船舶等领域用作阀门、泵、船舶紧固件、锅炉热交换器等。

### 2. 轻金属

#### (1) 铝及铝合金的特性及应用

工业纯铝密度小,熔点低,具有良好的导电性和导热性,仅次于金、银和铜,塑性好,但强度、硬度低,耐磨性差,不适合制作受力的机械零件,可进行各种冷、热加工。工业纯铝广泛应用于制造硝酸、含硫石油工业、橡胶硫化和含硫的药剂等生产所用设备,如反应器、热交换器、槽车和管件等。

在铝中加入铜、锰、硅、镁、锌等合金元素制成的铝合金,由于合金元素的强化作用,可用于制造承受荷载较大的构件。铝合金分为变形铝合金和铸造铝合金。

例如,油箱、油罐、管道、铆钉等需要弯曲和冲压加工的零件就是使用变形铝合金,变形铝合金塑性好,易于变形加工。

#### (2) 镁及镁合金的特性及应用

纯镁强度不高,室温塑性低,耐腐蚀性差,易氧化,可用作还原剂。

在镁中加入铝、锰、锌等可制成镁合金,镁合金可分为变形镁合金、铸造镁合金。许

多镁合金既可做铸造镁合金,也可做变形镁合金。经过锻造和挤压后,变形镁合金比相同成分的铸造镁合金有更高的强度。

镁合金主要优点是密度小,强度高,刚度高,抗振能力强,可承受较大冲击荷载。如,镁合金弹性变形功效大,吸收能量多,减振性好,飞机的起落架轮毂很多就是采用镁合金制造,就是发挥其减振性好这一特性。但镁合金抗蚀性差,在使用时要采取防护措施,如氧化处理、涂装保护等。

例如,镁合金比强度比铝合金高,使用镁合金可减轻飞机、发动机、仪表等重量。目前,国外在汽车上应用镁合金零部件已经超过 60 种,已经大批量生产的如仪表盘、轮毂、桌椅框架、变速箱壳、发动机罩和汽缸盖等。

### (3) 钛及钛合金的特性及应用

纯钛的强度低,熔点高,但比强度高,塑性及低温韧性好,耐腐蚀性好,容易加工成型。纯钛在大气和海水中有优良的耐腐蚀性,在硫酸、盐酸、硝酸等介质中都很稳定。随着钛的纯度降低,强度升高,塑性大大降低。

在纯钛中加入合金元素对其性能进行改善和强化形成钛合金,其强度、耐热性、耐腐蚀性高,具有无磁性,声波和振动的低阻尼特性,生物相容性好,与复合材料的相容性好,具有超导特性、形状记忆和吸氢特性等优异性能,但也存在一些缺点,如热加工困难,冷加工性能差,切削加工性差,抗磨性差等。

目前,只有碳纤维增强塑料的比强度高于钛合金,钛合金是比强度最高的金属材料。所以,也被称为“太空金属”,这也是钛合金被广泛应用于航空工业的主要原因。例如,在飞机发动机上,钛合金常用做压气机盘、压气机叶片、发动机罩、燃烧室外壳及喷气管等。

## 1H411012 常用非金属材料的应用

机电工程常用非金属材料的类型很多,广泛应用在机电工程中,本条主要知识点是:硅酸盐材料的类型及应用;高分子材料的类型及应用;非金属风管材料的类型及应用。

### 一、硅酸盐材料的类型及应用

以天然矿物或人工合成的各种化合物为基本原料,经粉碎、配料、成型和高温烧结等工序制成的无机非金属固体材料,包括水泥、绝热棉、砌筑材料和陶瓷。

#### (一) 水泥

以适当成分的生料烧至部分熔融,获得以硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料,加入适量石膏,磨细制成的水硬性胶凝材料。广泛应用在建设工程中。

#### (二) 绝热棉

常用绝热棉的种类很多,通常有膨胀珍珠岩类、离心玻璃棉类、超细玻璃棉类、微孔硅酸壳、矿棉类、岩棉类等。在机电安装工程中,常用于保温、保冷的各类容器、管道、通风空调管道等绝热工程。

例如,玻璃钢及其制品以玻璃纤维为增强剂,以合成树脂为胶粘剂制成的复合材料,主要用于石油化工耐腐蚀耐压容器及管道等。

#### (三) 砌筑材料

1. 砌筑材料种类很多,有各种类型的耐火砖和耐火材料,要求具有很好的耐高温性

能、一定的高温力学性能、良好的体积稳定性、抗各种侵蚀性的熔渣及气体的性能等。一般用于高温窑、炉或高温容器等热工设备的内衬结构材料，也可作为高温装置中的部件材料等。

2. 按照用途分为钢铁行业用、有色金属行业用、石化行业用、硅酸盐行业用、电力行业用、废物焚烧熔融炉用等耐火材料。

3. 按照矿物组成为氧化硅质、硅酸铝质、镁质、白云石质、橄榄石质、含碳质、含锆质耐火材料等。

例如，在机电工程中，各种耐火砖和耐火材料主要用于各种类型的炉窑砌筑工程，各种类型的锅炉炉墙砌筑，各种类型的冶炼炉砌筑，各种类型的窑炉砌筑等。

例如，镁质耐火材料是以镁石作为原料，以方镁石为主要矿物组成，方镁石含量在80%~85%以上的耐火材料，属于碱性耐火材料，抵抗碱性物质的侵蚀能力较好，耐火度很高，是炼钢碱性转炉、电炉、化铁炉以及许多有色金属火法冶炼炉中使用最广泛的一类重要耐火材料。

#### （四）陶瓷

##### 1. 陶瓷的特性

陶瓷是以黏土等硅酸盐类矿物为原料，经粉末处理、成型、烧结等过程加工而成，具有坚硬、不燃、不生锈，能承受光照、压力等优良性能。陶瓷的硬度很高，但脆性很大。

##### 2. 陶瓷的分类

按照原料来源可分为普通陶瓷和特种陶瓷；普通陶瓷是以天然硅酸盐矿物为主要原料，如黏土、石英、长石等，其主要制品有建筑陶瓷、电气绝缘陶瓷、化工陶瓷、多孔陶瓷等；特种陶瓷是以纯度较高的人工合成化合物为主要原料的人工合成化合物，如氧化铝陶瓷、氮化硅陶瓷、碳化硅陶瓷、氮化硼陶瓷等。按照陶瓷材料的性能和用途不同，可分为结构陶瓷、功能陶瓷。

##### 3. 陶瓷的主要用途

（1）陶瓷制品。有管件、阀门、管材、泵用零件、轴承等，主要用于防腐蚀工程中。

例如，氮化硅陶瓷主要用于耐磨、耐高温、耐腐蚀、形状复杂且尺寸精度高的制品，如石油化工泵的密封环、高温轴承、燃气轮机叶片等。

（2）结构陶瓷。应用主要有：切削工具、模具、耐磨零件、泵和阀部件、发动机部件、热交换器等。功能陶瓷如绝缘陶瓷、敏感陶瓷、介电陶瓷、超导陶瓷、红外辐射陶瓷、发光陶瓷、透明陶瓷、生物与抗菌陶瓷、隔热陶瓷等，已在能源开发、空间技术、电子技术、生物技术、环境科学等领域得到了广泛应用。

#### （五）特种新型的无机非金属材料

1. 普通传统的非金属材料指以硅酸盐为主要成分的材料，并包括一些生产工艺相近的非硅酸盐材料。主要有碳化硅、氧化铝陶瓷、硼酸盐、硫化物玻璃，镁质、铬镁质耐火材料和碳素材料等。这一类材料生产历史较长，产量较大，用途也较广。

2. 特种新型的无机非金属材料主要指用氧化物、氮化物、碳化物、硼化物、硫化物、硅化物以及各种无机非金属化合物经特殊的先进工艺制成的材料。它是20世纪以后发展起来的，具有特殊性质和用途的材料。



## 二、高分子材料的类型及应用

高分子材料是由相对分子质量很大的大分子组成的材料。由小分子单体经聚合反应生成大分子链而得到高分子材料，通过加工制成各种高分子材料制品。

### （一）高分子材料的特性

高分子材料由于本身的结构特性，表现出与其他材料所不同的特点，表现为：质轻、透明，具有柔软、高弹的特性；多数高分子材料摩擦系数小，易滑动，能吸收振动和声音能量；是电绝缘体、难导热体，热膨胀较大，耐热温度低，低温脆性；耐水，大多数能耐酸、碱、盐等；使用过程中会出现“老化”现象。

### （二）高分子材料的类型及用途

#### 1. 高分子材料的类型

按来源分为天然、半合成（改性天然高分子材料）和合成高分子材料。按特性分为橡胶、纤维、塑料、高分子胶粘剂、高分子涂料和高分子基复合材料。高分子材料按用途，又分为普通高分子材料和功能高分子材料。现代高分子材料已与金属材料、无机非金属材料一起，成为科学技术、经济建设中的重要材料。

#### 2. 塑料

塑料是以合成的或天然的树脂作为主要成分，添加一些辅助材料（如填料、固化剂、增塑剂、稳定剂、防老剂等），在一定温度、压力下塑制成型。按照成型工艺不同，分为热塑性塑料、热固性塑料。

##### （1）热塑性塑料

热塑性材料是以热塑性树脂为主体成分，加工塑化成型后具有链状的线状分子结构，受热后又软化，可以反复塑制成型，如聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等。优点是加工成型简便，具有较好的机械性能，缺点是耐热性和刚性比较差。

例如，薄膜、软管和塑料瓶等常采用低密度聚乙烯制作；煤气管采用中、高密度聚乙烯制作；水管主要采用聚氯乙烯制作；热水管目前均用耐热性高的氯化聚氯乙烯或聚丁烯制造；泡沫塑料热导率极低，相对密度小，特别适于用作屋顶和外墙隔热保温材料，在冷库中用得更多。

##### （2）热固性塑料

热固性塑料是以热固性树脂为主体成分，加工固化成型后具有网状体型的结构，受热后不再软化，强热下发生分解破坏，不可以反复成型。优点是耐热性高，受压不宜变形等，缺点是机械性能不好，但可加入填料来提高强度。这类塑料如酚醛塑料、环氧塑料等。

例如，环氧塑料可用来制作塑料模具、精密量具、电子仪表装置、配置飞机漆、电器绝缘漆等。

（3）塑料制品：聚氯乙烯、聚乙烯、聚四氟乙烯等，用于建筑管道、电线导管、化工耐腐蚀零件及热交换器等。

1) 聚乙烯塑料管：无毒，可用于输送生活用水。常使用的低密度聚乙烯水管（简称塑料自来水管），这种管材的外径与焊接钢管基本一致。

2) ABS 工程塑料管：耐腐蚀、耐温及耐冲击性能均优于聚氯乙烯管，它由热塑性丙烯腈丁二烯—苯乙烯三元共聚体粘料经注射、挤压成型加工制成，使用温度为  $-20 \sim$



70℃, 压力等级分为 B、C、D 三级。

3) 聚丙烯管 (PP 管): 丙烯管材系聚丙烯树脂经挤出成型而得, 其刚性、强度、硬度和弹性等机械性能均高于聚乙烯, 但其耐低温性差, 易老化, 常用于流体输送。按压力分为 I、II、III 型, 其常温下的工作压力为: I 型为 0.4MPa、II 型为 0.6MPa、III 型为 0.8MPa。

4) 硬聚氯乙烯排水管及管件: 硬聚氯乙烯排水管及管件用于建筑工程排水, 在耐化学性和耐热性能满足工艺要求的条件下, 此种管材也可用于化工、纺织等工业废气排污排毒塔、气体液体输送等。

5) 铝塑复合管 (PAP 管): 铝合金层增加耐压和抗拉强度, 使管道容易弯曲而不反弹。外塑料层可保护管道不受外界腐蚀, 内塑料层采用中密度聚乙烯时可作饮用水管, 无毒、无味、无污染, 符合国家饮用水标准; 内塑料层采用交联聚乙烯则可耐高温、耐高压, 适用于采暖及高压用管。

例如, 塑料及复合材料水管常用的有: 聚乙烯塑料管, 涂塑钢管, ABS 工程塑料管, 聚丙烯管 (PP 管), 硬聚氯乙烯管。

### 3. 橡胶

(1) 橡胶是具有高弹性的高分子材料, 它是由生胶、配合剂、增强剂组成, 按材料来源不同分为天然橡胶和合成橡胶。天然橡胶弹性最好, 具有强度大、电绝缘性好、不透水的特点, 也有较好的耐碱性能, 但不耐浓酸, 能溶于苯、汽油等溶剂。

(2) 橡胶制品有天然橡胶、氯化橡胶、丁苯橡胶、氯丁橡胶、氯磺化聚乙烯橡胶、丁酯橡胶等, 用于密封件、衬板、衬里等。

例如, 天然橡胶广泛用于制造胶带、胶管和减振零件等。

### 4. 纤维

具有很大长径比和一定柔韧性的纤细物质。按原材料及生产过程不同, 可分为天然纤维、人造纤维与合成纤维。

(1) 天然纤维有棉花、麻、羊毛、蚕丝等。

(2) 人造纤维是利用自然界中的木料、芦苇、棉绒等原料经过制浆提取纤维素, 再经过化学处理及机械加工而成的。

(3) 合成纤维是利用石油、煤炭、天然气等原料生产制造的纤维制品。常用的合成纤维 (六大纶) 如聚酯纤维 (涤纶)、聚酰胺纤维 (锦纶)、聚丙烯腈纤维 (腈纶)、聚乙烯醇纤维 (维纶)、聚丙烯纤维 (丙纶) 和聚氯乙烯纤维 (氯纶) 等。

例如, 涤纶常用做工业上的运输带、传动带、帆布、绳索等。

### 5. 涂料

(1) 涂料是一种涂覆于固体物质表面并形成连续性薄膜的液态或粉末状态的物质。涂料的主要功能是: 保护被涂覆物体免受各种作用而发生表面的破坏; 具有装饰效果; 并能防火、防静电、防辐射。例如, 涂塑钢管具有优良的耐腐蚀性能和比较小的摩擦阻力。环氧树脂涂塑钢管适用于给水排水及海水、温水、油、气体等介质的输送, 聚氯乙烯 (PVC) 涂塑钢管适用于排水及海水、油、气体等介质的输送。根据需要, 可在钢管的内外面涂塑或仅涂敷外表面。

(2) 油漆广泛用于设备管道工程中的防锈保护。例如, 清漆、冷固环氧树脂漆、环氧