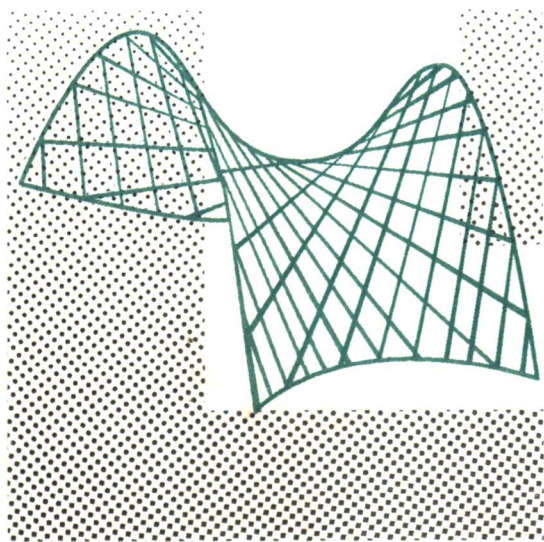


高等学校试用教材

燃气工程 施工

黄国洪 编

● 中国建筑工业出版社



高等学校试用教材

燃气工程施工

黄国洪 编

中国建筑工业出版社

本书是高等工科院校城市燃气工程专业的试用教材。

教材内容包括:常用钢材、管材和配件,土方工程,燃气工程构筑物的施工,起重吊装与简易运输,管道和储罐的焊接,防腐层与绝热层施工,管道和配件的安装,管道穿越障碍的施工方法,室内燃气系统施工,燃气设备安装,球形储罐安装,螺旋导轨式储气罐的施工,定额和预算,施工企业管理与施工组织设计等。

本书也可供从事城市和工业企业煤气、天然气和液化石油气工程的施工、设计、科研以及运行管理的工程技术人员参考。

高等学校试用教材
燃 气 工 程 施 工
黄国洪 编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店总店科技发行所发行
北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19 $\frac{1}{4}$ 字数: 465 千字
1994年6月第一版 2003年1月第四次印刷
印数: 8,701—10,200册 定价: 19.80元

ISBN 7-112-02169-3
TU·1665 (7189)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换
(邮政编码 100037)

前 言

本书是根据1991年4月全国高等学校供热通风空调及燃气工程学科专业指导委员会的决定,按照城市燃气工程专业的《燃气工程施工》教学大纲编写的。使用时可根据课堂教学和生产实习具体情况安排学时。

提高燃气工程的施工技术水平和管理水平,对发展城市燃气事业,适应社会主义市场经济发展的需要具有重要意义。本书较完整地论述了燃气工程施工的理论和方法,结合工程实际,并注意吸收国外的先进施工技术和施工管理方法。

本书承北京市建设工程质量监督总站第六分站邢国宝细致审阅,又承山东省建筑工程学院薛世达,北京建筑工程学院钱申贤,北京市天然气工程指挥部张元善、松长茂,北京市煤气工程公司孙枚,北京市城乡建设第二建筑工程公司管道设备安装工程处马洪权,北京市市政工程局董铁珊,以及北京市煤气公司、北京市天然气公司和北京市液化石油气公司等单位提供资料和宝贵意见,在此致以衷心感谢。

由于编者水平所限,书中错误和不妥之处,恳切希望读者批评指正。

目 录

| | |
|--------------------------|-----|
| 第一章 燃气工程常用钢材、管材和配件 | 1 |
| 第一节 钢材 | 1 |
| 第二节 管道标准 | 6 |
| 第三节 管材 | 7 |
| 第四节 管件 | 10 |
| 第五节 阀门与法兰 | 12 |
| 第二章 土方工程 | 17 |
| 第一节 土的分类与性质 | 17 |
| 第二节 沟槽断面选择及土方量计算 | 21 |
| 第三节 沟槽土方的开挖 | 23 |
| 第四节 土石方爆破 | 26 |
| 第五节 沟槽支撑 | 30 |
| 第六节 施工排水 | 33 |
| 第七节 管道地基处理与土方回填 | 37 |
| 第三章 燃气工程构筑物的施工 | 41 |
| 第一节 构筑物的分类和施工特点 | 41 |
| 第二节 模板与钢筋 | 42 |
| 第三节 混凝土的组成材料 | 46 |
| 第四节 混凝土的性质和配合比设计 | 52 |
| 第五节 混凝土的施工 | 58 |
| 第六节 砌体与防水层 | 61 |
| 第四章 起重吊装与简易运输 | 67 |
| 第一节 索具与设备 | 67 |
| 第二节 地锚 | 71 |
| 第三节 起重机与吊装 | 75 |
| 第四节 起重桅杆与吊装 | 78 |
| 第五节 重型设备的简易运输与装卸 | 80 |
| 第五章 燃气管道和储气罐的焊接 | 83 |
| 第一节 焊接概述 | 83 |
| 第二节 钢燃气管道的焊接 | 85 |
| 第三节 球形燃气储罐的焊接 | 88 |
| 第四节 螺旋导轨式储气罐的焊接 | 93 |
| 第五节 焊接质量检验 | 96 |
| 第六章 防腐层与绝热层的施工 | 105 |
| 第一节 防腐层涂料 | 105 |

| | | |
|------|---------------------|-----|
| 第二节 | 油漆防腐层的施工 | 110 |
| 第三节 | 埋地钢管防腐绝缘层的施工 | 113 |
| 第四节 | 湿式储气罐的防腐施工 | 118 |
| 第五节 | 燃气管道绝热层的施工 | 120 |
| 第七章 | 室外燃气管道和配件的安装 | 124 |
| 第一节 | 燃气管道入沟 | 124 |
| 第二节 | 钢管焊接管件的制作 | 126 |
| 第三节 | 钢燃气管道的安装 | 129 |
| 第四节 | 铸铁燃气管道的安装 | 131 |
| 第五节 | 塑料燃气管道的安装 | 136 |
| 第六节 | 管道配件的安装和密封 | 139 |
| 第七节 | 燃气管道的试验与验收 | 147 |
| 第八节 | 燃气管道的带气接线 | 150 |
| 第八章 | 燃气管道穿越障碍的施工方法 | 157 |
| 第一节 | 人工掘进顶管施工法 | 157 |
| 第二节 | 机械与水力掘进顶管 | 162 |
| 第三节 | 水下穿越的施工方法 | 164 |
| 第九章 | 室内燃气系统的施工 | 173 |
| 第一节 | 室内燃气管道的安装 | 173 |
| 第二节 | 管子加工 | 178 |
| 第三节 | 燃气表和燃气灶具的安装 | 181 |
| 第四节 | 公用燃气炉灶的砌筑 | 186 |
| 第五节 | 室内燃气系统的压力试验 | 189 |
| 第十章 | 燃气设备的安装 | 191 |
| 第一节 | 燃气调压站的安装 | 191 |
| 第二节 | 机泵安装概述 | 195 |
| 第三节 | 整体机泵的安装 | 199 |
| 第四节 | 解体压缩机的安装 | 201 |
| 第十一章 | 球形燃气储罐的安装 | 208 |
| 第一节 | 球形储罐的构造与系列 | 208 |
| 第二节 | 球壳板的加工与验收 | 213 |
| 第三节 | 球罐的组装 | 220 |
| 第四节 | 球罐盘梯的组对与安装 | 225 |
| 第五节 | 球形燃气储罐的试验和验收 | 229 |
| 第十二章 | 螺旋导轨式储气罐的施工 | 235 |
| 第一节 | 构造及施工特点 | 235 |
| 第二节 | 部件放样 | 237 |
| 第三节 | 部件加工制作 | 243 |
| 第四节 | 储气罐的安装 | 247 |
| 第五节 | 储气罐的总体试验与交工 | 254 |
| 第十三章 | 定额和概(预)算 | 256 |
| 第一节 | 工程项目划分和预算文件 | 256 |
| 第二节 | 工程定额 | 258 |

| | | |
|------|--------------------|-----|
| 第三节 | 施工图预（概）算..... | 262 |
| 第四节 | 综合概（预）算及总概算..... | 266 |
| 第十四章 | 施工企业管理与施工组织设计..... | 272 |
| 第一节 | 施工企业管理..... | 272 |
| 第二节 | 施工组织设计..... | 282 |
| 第三节 | 网络施工进度计划的编制..... | 284 |
| 第四节 | 概率型网络施工进度计划..... | 293 |

第一章 燃气工程常用钢材、 管材和配件

第一节 钢 材

钢材具有品质均匀，强度高，较好的塑性和韧性，承受冲击和振动荷载的能力较强，可采用焊接方法施工，便于安装，故燃气工程广泛采用。但钢材易腐蚀，工程维护费用大，故使用上又受到某些限制。

一、钢的分类及冶炼对钢材质量的影响

(一) 钢的分类

钢的主要成分是铁和碳，其含碳量在2%以下。

按照钢的化学成分可分为碳素钢和合金钢两大类。

碳素钢中除铁和碳以外，还含有在冶炼中难以除尽的少量硅、锰、磷、硫、氧和氮等。其中磷、硫、氧、氮等对钢材性能产生不利影响，为有害杂质。碳素钢根据含碳量可分为：低碳钢（含碳小于0.25%），中碳钢（含碳0.25~0.6%）和高碳钢（含碳大于0.6%）。

合金钢中含有一种或多种特意加入或超过碳素钢限量的化学元素，如锰、硅、钒、钛等，这些元素称为合金元素。合金元素的作用是改善钢的性能，或者使钢获得某些特殊性能。合金钢按合金元素的总含量可分为低合金钢（合金元素总含量小于5%）、中合金钢（合金元素总含量为5%~10%）和高合金钢（合金元素含量大于10%）。

根据钢中有害杂质的含量，工程上所用的钢可分为普通钢、优质钢和高级优质钢。

根据用途的不同，工程用钢常分为结构钢、工具钢和特殊性能钢。

燃气工程常用的钢主要是低碳钢、优质碳素结构钢和低合金结构钢。

(二) 冶炼方法对钢材质量的影响

炼钢的原理是把熔融的生铁进行氧化，使碳的含量降低到预定范围，其他杂质含量也降低到允许范围内。炼钢过程中，碳被氧化形成一氧化碳气体而逸出；硅和锰等被氧化形成氧化硅和氧化锰进入渣中除去；磷和硫在石灰的作用下，亦进入渣中被排除。

由于精炼中必须供给足够的氧以保证杂质元素被氧化，故精炼后的钢液中仍留有一定量的氧化铁，使钢的质量降低。为了消除其影响，在精炼结束后加入脱氧剂以去除钢液中的氧，这个步骤称为“脱氧”。

常用的炼钢方法有空气转炉法、氧气转炉法、平炉法和电炉法等。燃气工程常用钢材主要为前三种方法所炼得。

空气转炉钢的冶炼特点是用吹入铁液的空气将碳和杂质氧化。由于吹炼中混入有害气

体氮和氢等，以及冶炼时间短，不易准确控制成分，故其质量较差。但空气转炉钢的设备投资少，不需燃料、速度快，故其成本较低。

氧气转炉钢的冶炼是利用纯氧进行吹炼，所以能有效地去除磷和硫，钢中所含气体很低、非金属夹杂物亦较少，故质量较好。

平炉钢的冶炼是以煤油或重油作燃料，原料为铁液或固体生铁、废钢铁和适量的铁矿石，利用空气中的氧（或吹入的氧气）和铁矿石中的氧使杂质氧化。平炉钢的冶炼时间长，有足够时间调整和控制其成分，去除杂质和气体较完全，故质量较好，也较稳定。但设备投资较大，燃料热效率不高，冶炼时间较长，故其成本较高。

根据脱氧程度的不同，钢可分为沸腾钢、镇静钢和介于二者之间的半镇静钢。沸腾钢脱氧不彻底，浇铸后在钢液冷却时有大量一氧化碳气体外逸，引起钢液激烈沸腾，故称沸腾钢。镇静钢则在浇铸时钢液平静地冷却凝固。沸腾钢和镇静钢相比较，沸腾钢中碳和有害杂质磷和硫的偏析较严重，使钢的致密程度较差，冲击韧性和可焊性较差，尤其是低温冲击韧性显著降低。从经济方面比较，沸腾钢消耗的脱氧剂较少，钢锭的收缩孔减少，成品率较高，故成本较低。

综上所述，冶炼和浇铸都对钢材质量产生影响，选材时应予注意。

二、钢中化学元素对钢材性能的影响

燃气工程中的不同钢结构，对钢材的抗拉、冷弯、冲击韧性和硬度等性能均有不同的要求。不同化学元素对钢材性能有重要影响，某些钢材在一定条件下，其性能亦会逐渐发生变化。

(一) 化学元素成分的影响

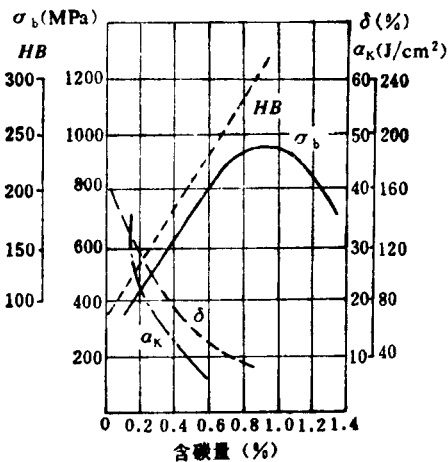


图 1-1 含碳量对碳素钢性能的影响

用主要是提高钢材的强度。

锰 锰能消减硫和氧所引起的热脆性，使钢材的热加工性质改善。作为低合金钢的合金元素，锰含量一般在1%~2%范围内，其主要作用是溶于铁素体中使铁素体强化，降低奥氏体的分解温度，使珠光体细化，使钢材强度提高。

磷 是碳钢中的有害杂质。主要溶于铁素体起强化作用。含量提高，钢材的强度虽有

钢中的铁和碳对钢材性能起主导作用，它们组成钢中的奥氏体、铁素体、渗碳体和珠光体等基本组分。化学元素对钢材性能的影响是通过它们对基本组分的影响而体现的。

碳含量提高，钢中的强化组分渗碳体随之增多，抗拉强度(σ_b)和硬度(HB)相应提高，伸长率(δ)和冲击韧性(α_k)则相应降低(图1-1)。碳是显著降低钢材可焊性元素之一，含碳量超过0.3%时，钢的可焊性显著降低。

硅 硅在钢中除少量呈非金属夹杂物外，大部分溶于铁素体中，当含量小于1%时，可提高钢材的强度。在低合金钢中，硅的作

提高，但塑性和韧性显著下降。尤其是温度愈低，对塑性和韧性的影响愈大。磷在钢中的偏析倾向强烈，一般认为，磷的偏析富集，使铁素体晶格严重畸变，导致钢材冷脆性显著增大，从而降低钢材的可焊性。

硫是很有害的元素。呈非金属硫化物夹杂于钢中，降低钢的各种机械性能。硫化物所造成的低熔点使钢在焊接时易于产生热裂纹，显著降低可焊性。硫也有强烈的偏析作用，增加了危害性。

氧是钢中的有害杂质。主要存在于非金属夹杂物内，少量溶于铁素体中。非金属夹杂物降低钢的机械性能，尤其是韧性。氧有促进时效倾向的作用。氧化物所造成的低熔点使钢的可焊性变坏。

氮主要溶于铁素体中，也可呈化合物形式存在。氮对钢材性质的影响与碳相似，使钢材的强度提高，塑性和韧性显著下降，降低可焊性。在用铝或钛补充脱氧的镇静钢中，氮主要以氮化铝或氮化钛等形式存在，可减少氮的不利影响，并能细化晶粒，改善性能。

钛是强脱氧剂，能细化晶粒。钛能显著提高强度，对降低塑性略有影响，由于晶粒细化，故可改善韧性，提高可焊性。是常用的合金元素。

钒是强烈形成碳化物和氮化物的元素。钒能细化晶粒，有效地提高强度；但焊接时增加淬硬倾向。

(二) 应变时效与时效冲击值

碳钢和低合金钢均具有明显的屈服点，经过塑性变形后，在室温下放置一段时间（几个月或几年），或经一定温度加热处理后，屈服点会提高，塑性和韧性则相应降低，这种现象称应变时效效应，简称时效。若在空气温度下放置称为自然时效，若是经加热处理称为人工时效。

一般认为，产生应变时效的原因，主要是溶于 α -Fe晶格中的氮原子有向缺陷移动、集中、甚至呈氮化物析出的倾向。当钢材在冷塑性变形后，或者在使用中受到强力冷变形后，则氮原子的移动、集中大大加快，造成缺陷处氮原子富集，使晶格畸变加快，因而脆性增加。

应变时效对超高压（ $P_g > 0.8\text{MPa}$ ）燃气储罐和燃气管道的安全使用构成威胁，甚至可能导致脆性破坏。

应变时效的敏感性可用“应变时效敏感系数 C ”来表示。

$$C = \frac{a_k - a_{k_0}}{a_k} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 a_k ——时效前的冲击值；

a_{k_0} ——经10%冷变形后，加热至250℃，保温一小时后在空气中冷却至室温所测得的冲击值。

三、常用钢材的标准和选用

燃气工程常用钢材主要是钢结构（管道和储罐等）用钢材和少量钢筋混凝土结构（地沟和闸井等）用钢筋。

(一) 钢结构用钢材

1. 普通碳素结构钢与钢号

根据《普通碳素结构钢技术条件》(GB700-79),普通碳素结构钢按供应时的保证条件不同分为甲类钢(代号A),乙类钢(代号B)和特类钢(代号C)三类。

甲类钢 按机械性能供应。其基本保证条件有抗拉强度和伸长率,其值应符合表1-1的要求;磷与硫含量应符合乙类钢的要求;氮含量不大于0.008%等。根据用户要求,可补充保证若干附加条件,如屈服点或冷弯试验应符合表1-1要求;焊接结构用钢的碳含量应不大于同号乙类钢的上限。

甲类和特类钢材的机械性能和冷弯试验指标要求

表 1-1

| 序 号 | | 钢 号 | | | | | | 机 械 性 能 | | | | | 180度冷弯试验 | | |
|-----|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------------------------|------------|------------|---------------------------------|---------------------|----------------|----------|----------|
| | | 平 炉 钢 | | 氧 气 转 炉 钢 | | 空 气 转 炉 钢 | | 屈服点 σ_s (MPa) 不小于 | | | 抗拉强度 σ_b (MPa) 不小于 | 伸 长 率 (%) 不小于 | d_0 | d_{10} | 型钢 |
| 号 | | 甲类钢 | 特类钢 | 甲类钢 | 特类钢 | 甲类钢 | 特类钢 | 第1组 | 第2组 | 第3组 | | | | | |
| 1 | A1 A1F | | AY1 AY1F | | | | | — | — | — | 320~400 | 33 | 28 | $d=0$ | $d=0.5a$ |
| 2 | A2 A2F | C2 C2F | AY2 AY2F | CY2 CY2F | AJ2 AJ2F | CJ2 CJ2F | 220 | 200 | 190 | 340~420 | 31 | 26 | $d=0$ | $d=a$ | |
| 3 | A3 A3F | C3 C3F | AY3 AY3F | CY3 CY3F | AJ3 AJ3F | CJ3 CJ3F | 240 240 | 230 220 | 220 210 | 380~470 | 26 | 22 | $d=$ $0.5a$ | $d=1.5a$ | |
| 4 | A4 A4F | C4 C4F | AY4 AY4F | CY4 CY4F | AJ4 AJ4F | CJ4 CJ4F | 260 | 250 | 240 | 420~520 | 24 | 20 | $d=2a$ | | |
| 5 | A5 | C5 | AY5 | CY5 | AJ5 | CJ5 | 280 | 270 | 260 | 500~620 | 20 | 16 | $d=3a$ | | |
| 6 | A6 | — | AY6 | — | AJ6 | — | 310 | 300 | 300 | 600~720 | 15 | 12 | — | | |
| 7 | A7 | — | AY7 | — | — | — | — | — | — | ≥ 700 | 10 | 8 | — | | |

乙类钢 按化学成分供应。

特类钢 按机械性能和化学成分供应,是保证技术指标最全面的钢类。

各类钢均按性能差别划分钢号,随钢号增大,强度增高,伸长率降低。

各类钢还应标出冶炼方法的代号,例如碱性空气转炉钢为“J”,氧气转炉钢为“Y”。

2. 优质碳素结构钢与钢号

根据《优质碳素结构钢钢号和一般技术规定》(GB699-65),优质碳素结构钢除保证机械性能和化学成分外,还应保证 $S \leq 0.045\%$, $P \leq 0.040\%$ 。其钢号以平均含碳量的万分数表示,沸腾钢和半镇静钢应特别标明。例如,平均含碳量为0.10%的沸腾钢,其钢号写为“10F”。

3. 低合金结构钢与钢号

根据《低合金结构钢技术条件》(GB1591-79),低合金结构钢共有18个钢号,钢号的表示方法为:前面数字表示平均含碳量的万分数,其后元素名称为所加合金元素,如合金元素后面未附数字,表示其平均含量在1.5%以下;如附有数字“2”表示其平均含量超过1.5%,而低于2.5%;最后如附有“b”,表示为半镇静钢;如采用空气转炉冶炼,应于钢号前标“J”。例如,16Mn表示为平炉或氧气转炉镇静钢,其平均含碳量为0.16%,平均含锰量低于1.5%。

4. 高压燃气储罐用钢材的特点

各类高压燃气储罐均属钢制压力容器，必须采用压力容器专用钢。压力容器专用钢在钢号尾部均标有汉语拼音字母“R”，例如，16MnR、15MnVR等。高压燃气储罐用钢材和一般结构用钢材有下述区别。

(1) 不能用空气转炉冶炼，因为空气转炉钢含氮量高，时效倾向严重，析出氮化物后，塑性和韧性明显下降。

(2) 一般应将含碳量控制在0.24%以下。对高压燃气储罐用钢材除必须保证强度指标外，尤其重要的是要保证塑性和韧性指标以及良好的焊接性，而提高含碳量会使钢材的强度和硬度提高，塑性和韧性下降，焊接性变坏。

(3) 硫和磷含量应尽量低，一般要求是 $S \leq 0.035\%$ ， $P \leq 0.03\%$ 。以尽量减小钢的热脆和冷脆倾向。此外，氧、氮和氢等元素含量也应控制在尽可能低的水平。

(4) 钢板结构要保证内部质量，出厂前必须进行超声波探伤，低合金钢板应符合《压力容器用钢板超声波探伤》(JB1153—73)的Ⅱ级要求。

(5) 要比普通结构钢增加试验取样组数。

燃气工程钢结构用的主要钢材品种有钢轨、型钢、钢板和钢管。型钢是角钢、工字钢、槽钢、圆钢、扁钢和方钢等不同断面形状的钢材的总称。钢板又分薄钢板(厚度 $\leq 4\text{mm}$)和中厚钢板(厚度 $> 4\text{mm}$)。

(二) 钢筋

常用的钢筋按生产工艺不同分为热轧钢筋和冷拔低碳钢丝二种，按钢筋表面形状分为光面、人字纹和螺纹钢筋三种。

1. 热轧钢筋

根据《钢筋混凝土用钢筋》(GB1499—84)的规定，热轧钢筋按机械性能划分为四个级别，如表1-2所示。Ⅰ~Ⅲ级钢筋一般用作非预应力钢筋，Ⅱ~Ⅳ级钢筋经冷拉加工可用作预应力钢筋。

热轧钢筋的机械性能

表 1-2

| 品 种 | | 牌 号 | 公称直径 (mm) | 屈服点 σ_s (MPa) | 抗拉强度 σ_b (MPa) | 伸长率 δ_5 (%) | 冷 弯 | |
|------------|------|---------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| 外 形 | 强度等级 | | | | | | $d = \text{弯心直径}$ | $a = \text{钢筋直径}$ |
| 光 面 | Ⅰ | A3, AY3 | 8~25 | 240 | 380 | 25 | 180° | $d = a$ |
| | | | 28~50 | | | | 180° | $d = 2a$ |
| 人字纹 或螺纹 | Ⅱ | 20MnSi | 8~25 | 340 | 520 | 16 | 180° | $d = 3a$ |
| | | 20MnNbb | 28~50 | | | | 180° | $d = 4a$ |
| | Ⅲ | 25MnSi | | 380 | 580 | 14 | 90° | $d = 3a$ |
| | | Ⅳ | 40SiMnV 45SiMnV 45Si2MnTi | | | | 10~25 28~32 | 550 |

2. 冷拔低碳钢丝

冷拔低碳钢丝是用直径为6.5~8mm的 A_3 (或 A_2)盘条经冷拔制成的。冷拔低碳钢丝分为甲、乙两级，甲级钢丝主要用作预应力钢筋，乙级钢丝用于焊接钢筋网、箍筋和构造钢筋。

第二节 管道标准

管道标准的作用是为了简管子、管件、阀门和法兰等的品种规格，便于成批生产，使管道具有互换性，有利于设计和安装时选用。标准化的主要内容之一就是统一规定管子、管件、阀门和法兰的主要结构尺寸与性能参数，如公称直径和公称压力。凡有相同公称直径与公称压力的管子、管件、阀门和法兰，可以互相配套，倘若材质相同，其结构尺寸也相同时，可以互换使用。

一、公称直径

管道和工艺设备的公称直径是为了设计、制造、安装和检修方便而人为规定的一种标准直径，通常以 DN 表示。 DN 后附加以 mm 为单位的公称直径数字。对于钢管和塑料管及其同材质管件等， DN 后的数值不一定是管子的内径(D)，也不一定是管子的外径(D_w)，而是与 D 或 D_w 接近的整数。对制造而言，一般 D_w 是固定的系列数值，壁厚(δ)增加，则 D 减小；对于铸铁管及其管件和阀门， DN 等于内径；对于法兰， DN 仅是与 D 或 D_w 接近的整数；对工艺设备(例如压缩机、液化石油气泵和燃气调压器等)， DN 就是设备接口的内径。

管道中的管子及其附件均根据《管子及管路附件的公称通径》(GB1047—70)制造。

二、公称压力和试验压力

管道和工艺设备的公称压力是为了设计、制造和使用方便而人为规定的一种标准压力，通常用 P_g 表示，其后附加以 MPa 为单位的公称压力数值。

试验压力是为了保证安全使用对管道和工艺设备进行强度和密封性(严密性)试验而规定的一种压力，通常以 P_s 表示， P_s 后附加以 MPa 为单位的试验压力数值。一般情况下，强度试验时 $P_s = 1.5P_g$ ，严密性试验时 $P_s = P_g$ 。

管道和工艺设备产品均根据《管子与管路附件的公称压力和试验压力》(GB1048—70)制造。根据 P_g (MPa)，工业上通常将管道分为低压管道($P_g \leq 2.5$)、中压管道($4 \leq P_g \leq 6.4$)、高压管道($10 \leq P_g \leq 100$)和超高压管道($P_g > 100$)。这和城市燃气管道根据输气压力分级的标准称呼完全不同。

三、工作压力和公称压力的关系

制造管子和工艺设备的材料，其许用应力值的大小受温度影响，材料在低于某温度下使用，温度变化对许用应力的影响可忽略不计，此温度称为基准温度。当操作温度高于基准温度时，随操作温度升高，材料许用应力下降。因此，一定公称压力的管子或工艺设备可以承受的最大工作压力(操作压力)随操作温度升高而下降。对于碳素钢和低合金结构钢制品，其公称压力与允许最大工作压力 P_{max} 的关系可用下式换算

$$P_{max} = \frac{[\sigma]_t}{[\sigma]_j} \cdot P_g \quad (1-2)$$

式中 $[\sigma]_t$ ——工作温度下的材料额定许用应力；

$[\sigma]_j$ ——基准温度下的材料额定许用应力。

对于铸铁制品，当 $t \leq 120^\circ C$ 时， $P_{max} = P_g$ ，当 $t = 350^\circ C$ 时， $P_{max} = 0.7P_g$ 。

根据管道内介质温度大小，通常分为常温管道($t = -40 \sim 120^\circ C$)，低温管道($t <$

-40℃), 中温管道 ($t = 121 \sim 450^\circ\text{C}$) 和高温管道 ($t > 450^\circ\text{C}$)。若燃气管道在非常温下工作, 对管材及配件的额定压力应进行温度校核, 看其是否符合最高工作压力的要求。

燃气管道属有毒, 有火灾危险的管道, 根据《工业管道工程施工及验收规范(金属管道篇)》(GBJ235-82), 选用管子及配件时, 可以比普通介质管道提高一个压力级别。

第三节 管 材

燃气工程主要使用钢管和铸铁管, 其次是塑料管。

一、钢管

钢管是燃气工程中应用最多的管材, 按照制造方法分为无缝钢管和焊接钢管。一般钢管规格的习惯表示方法是 $D_w \times \delta$, 低压流体输送用焊接钢管经常用 DN 表示规格。

(一) 无缝钢管

一般无缝钢管用普通碳素钢、优质碳素钢或低合金结构钢制造。普通碳素钢管按保证机械性能供货; 优质碳素钢管和低合金钢管按同时保证化学成分和机械性能供货。此外, 还有按水压试验供应的无缝钢管, 即轧钢厂根据需方要求保证水压试验, 而化学成分和机械性能不予规定。

根据制造方法, 无缝钢管还有热轧和冷拔(轧)之分。热轧管的最大 D_w 为 630mm, 冷拔(轧)管的最大 D_w 为 219mm。一般情况下, $D_w > 57\text{mm}$ 时常选用热轧管。

钢管出厂长度分为普通长度、定尺长度和倍尺长度。普通长度即不定尺长度, 热轧管为 3~12.5m, 冷拔管为 1.5~9m。定尺长度即在普通长度范围内规定一个或几个固定长度供货; 倍尺长度是在普通长度范围内按某一长度的倍数供货。

一般无缝钢管适用于各种压力级别的城市燃气管道和制气厂的工艺管道。对于具有高压高温要求的制气厂设备, 例如炉管、热交换器等可根据不同的技术要求分别选用专用无缝钢管, 如《锅炉用无缝钢管》、《锅炉用高压无缝钢管》、《化肥用高压无缝钢管》或《石油裂化用无缝钢管》等等。

(二) 焊接钢管

焊接钢管亦称有缝钢管, 其品种有低压流体输送用焊接钢管, 螺旋缝电焊钢管和钢板卷制直缝电焊钢管。

1. 低压流体输送用焊接钢管

此种钢管用焊接性较好的低碳钢制造, 钢号和焊接方法均由制造厂选择。其管壁有一条纵向焊缝, 一般用炉焊法或高频电焊法焊成, 所以又称炉焊对缝钢管或高频电焊对缝钢管。钢管表面有镀锌(俗称白铁管)和不镀锌(俗称黑铁管)两种。按出厂壁厚不同分为普通管(适用于 $P_g \leq 1.0\text{MPa}$)和加厚管(适用于 $P_g \leq 1.6\text{MPa}$), 两种都可用于燃气工程。

钢管最小 DN 为 6mm, 最大 DN 为 150mm, 普通长度为 4~12m。管子两端一般带有管螺纹。采用螺纹连接的燃气管网, 一般使用的最大 DN 为 50mm。镀锌钢管安装时不需涂刷防锈漆, 其理论重量比不镀锌钢管重 3%~6%。

2. 钢板卷制直缝电焊钢管

此种焊接钢管用中厚钢板采用直缝卷制, 以电弧焊方法焊接而成。钢板的弯卷常用三

辊或四辊对称式卷板机，钢管展开下料长度可按下式计算。

$$L = \pi(D + \delta) + S \quad (1-3)$$

式中 L —— 钢管展开下料长度，mm；

D —— 钢管内径，mm；

δ —— 钢板厚度，mm；

S —— 加工余量，采用剪切机剪切，刨床加工坡口时， $S \approx 2\text{mm}$ ；用半自动切割机切割，再用刨床加工时 $S \approx 5\text{mm}$ ；用半自动切割机直接从钢板上割出坡口时， $S = 0$ 。

钢板卷制直缝电焊钢管的最小 D_w 为159mm。

3. 螺旋缝电焊钢管

此种钢管一般用带钢螺旋卷制后焊接而成。钢号一般为 A_2 ， A_3 ， A_4 或 B_2 ， B_3 的普通碳素钢，也可采用16Mn低合金结构钢焊制。管子的最大工作压力一般不超过2.0MPa，最小 D_w 为219mm，最大 D_w 在当前为820mm。管子普通长度为8~18m。

(三) 钢管检验

各类钢管出厂时都应附有出厂合格证明书，证明书上应注明钢号（或钢的化学成分），水压试验和机械性能试验等内容。水压试验压力（MPa）按下式确定。

$$P_s = \frac{200\delta R}{D_w - 2\delta} \quad (1-4)$$

式中 R —— 管材允许工作压力（MPa）。

其余符号意义同前所述。

钢管出厂时要进行外观检查，管子表面应平滑，没有斑疤、沙眼、夹皮及裂纹；钢管外径的偏差不得超过允许值；管子椭圆度公差不得超过外径允许偏差范围；管子端面与轴线应垂直。

对于直缝电焊钢管，管段互相焊接时，两管段的轴向焊缝应按轴线 45° 角互相错开。 $DN \leq 600\text{mm}$ 的长管，每段管只允许有一条焊缝，此外，管子端面的坡口形状，焊缝错口和焊缝质量均应符合焊接规范要求。

钢管重力可按下式计算

$$G = 0.2419\delta(D_w - \delta) \quad (1-5)$$

式中 G —— 钢管每米重力，N/m；

其余符号意义同前所述。

二、铸铁管

铸铁管规格习惯以公称直径 DN 表示，国内生产的铸铁管直径在 $DN50 \sim DN1500$ 之间。

(一) 铸铁管的种类

铸铁管按材质分为普通铸铁管、高级铸铁管和球墨铸铁管。

普通铸铁管的材质为普通灰铸铁，化学成分中 $C = 3 \sim 3.3\%$ ， $Si = 1.5 \sim 2.2\%$ ， $Mn = 0.5 \sim 0.9\%$ ， $S \leq 0.12\%$ ， $P \leq 0.4\%$ 。抗拉强度应不小于140MPa。按工作压力大小分为高压管（ $P_g \leq 1.0\text{MPa}$ ），普压管（ $P_g \leq 0.75\text{MPa}$ ）和低压管（ $P_g \leq 0.45\text{MPa}$ ）。燃气管道可采用高压管和普压管。

高级铸铁管（又称可锻铸铁管）对铸铁化学成分提出了严格要求，进一步采取脱硫和脱磷措施，铸造方法上亦有适当改进。铸铁组织致密，韧性增强，抗拉强度可达250MPa。

球墨铸铁管（简称球铁管）被认为是耐腐蚀性好，强度高，具有较强韧性的较理想管材，正逐步替代普通铸铁管。

球墨铸铁是在原材料经严格选择的铁水中，添加了镁、钙等碱土金属或稀土金属，使铸铁中的石墨组织呈球状，表面积最小，从而消除了普通铸铁或高级铸铁中由片状石墨所引起的金属晶体连续性被割断的缺陷，使抗拉强度提高到380~450MPa。这种管材经热处理后，显微组织中铁素体的形成，使管材具有良好的延伸率，冲击韧性比高级铸铁管还高出10倍以上。

（二）铸铁管的铸造方法

铸铁管可采用离心铸造法或连续铸造法在铸管厂铸造。

离心铸造法适用于各种直径的铸铁管铸造。铸造模型可采用砂模型或金属模型。砂模型是在钢模内用含酚醛树脂和型砂的拌合物涂成一定厚度的衬里，或在钢模内制成一定厚度的铸造砂衬，然后离心铸造。砂模型适用于较大直径。采用金属模型时，可在模型外采用喷水或设置水套的降温措施，管材铸造后需经热处理，一般用于小直径铸铁管的铸造。离心铸铁管插口端有凸缘。

连续铸造法是将熔融的铁水，连续浇入称作结晶器的特制水冷金属模中，铁水经冷凝形成的管子不断从结晶器中拉出。生产中，一般只间断地浇铸一定长度的管子，实际为半连续铸造。连续铸铁管插口端无凸缘。

铸铁管的连接一般为承插，螺栓压盖和法兰三种方式。

三、塑料管

与钢管和铸铁管相比较，塑料管具有材质轻，较强的耐腐蚀性，良好的气密性和施工非常方便等优点。但塑料管机械强度较低（中密度聚乙烯管的抗拉强度仅19MPa），只有60℃以下才能保证适当的强度，当温度在70℃以上时，强度显著降低，高于90℃则不能作管材使用。

国内燃气输配工程中曾经使用硬质聚氯乙烯、中密度或高密度聚乙烯，以及尼龙-11等各种材质的塑料管。不同材质的塑料管是采用不同材质的树脂，掺加增塑剂，稳定剂，填料及着色剂等，经搅拌、加热、挤压成粒状，再经风冷却制成塑料粒料，将粒料送入制管机中，先加热到150~160℃，使粒料熔化，然后挤压成管形，通过水冷却而硬化成塑料管。

塑料管的尺寸根据其外径和壁厚来确定。外径与壁厚的比值（SDR）又取决于树脂的质量和塑料管的使用条件。对于中、高密度聚乙烯塑料管，若是加厚管， $SDR = 11, P_g \leq 0.4MPa$ ；若是普通管， $SDR = 17, P_g \leq 0.25MPa$ 。我国某些厂家目前生产的中密度聚乙烯管 $SDR = 17.63$ ，加厚型 $SDR = 9.33 \sim 12.11$ ，可用于中低压燃气管道。国产硬质聚氯乙烯管的最大管径可达 $DN400$ ，聚乙烯管最大为 $DN200$ ，尼龙-11最大为 $DN100$ 。

$DN < 63mm$ 的聚乙烯管出厂时通常被卷成盘管； DN 在65~150mm范围内则被绕在大线轮上供应； $DN > 150$ 时一般均以直管段供应，每根管子长4~12m。直管段堆放时要放平整，防止日晒、冷冻和因重力而自然弯曲。

塑料管的颜色有黄、黑、灰或绿等，可在定货时提出要求。例如，法国煤气公司规定聚乙烯塑料管为黑色，沿长度方向衬黄色线条，以利辨认。

塑料管出厂时应对其尺寸、表面光洁度、承压能力和抗压裂性能进行检验和测试。

塑料管的最佳施工温度为 $-20\sim 35^{\circ}\text{C}$ 。目前，塑料管主要用于室外埋地天然气输送管线，当人工燃气中芳香烃含量较多时，对降低管材屈服点影响较严重，不易使用。塑料管的热膨胀系数一般为 $0.15\sim 0.18\text{mm}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，是钢管的7~8倍，使用环境温度不易过高，例如，硬质聚氯乙烯管用于室内燃气管道时，环境温度不易超过 38°C 。

不同材质的塑料管，其接头可分别采用螺纹连接，承插粘接，承插焊接和电热熔连接等方法。

第四节 管 件

管件又名异形管，是管道安装中的连接配件，用于管道变径，引出分支，改变管道走向，管道末端封堵等。有的管件则是为了安装维修时拆卸方便，或为管道与设备的连接而设置。

管件的种类和规格随管子材质，管件用途和加工制作方法而变化。本节只介绍低压流体输送用焊接钢管上用的螺纹连接管件，铸铁燃气管道上用的铸铁管件，无缝钢管件和塑料管件。

一、螺纹连接管件

室内燃气管道的管径不大于50mm时，一般均采用螺纹连接管件。管件有两种材质，可锻铸铁（玛铁）异形管件（ $P_g\leq 1.0\text{MPa}$ ）和钢制管件（ $P_g\leq 1.6\text{MPa}$ ）。钢制管件有镀锌与不镀锌之分，管件上均带有圆锥形或圆柱形管螺纹。

可锻铸铁管件外观上的特点是较厚，端部有加厚边；钢制管件的管壁较薄，端部平整无加厚边。

经常使用的螺纹连接管件有管箍、活接头、外螺纹接头、内外螺母、锁紧螺母、弯头、三通、四通和丝堵等，如图1-2所示。根据管件端部直径是否相等可分为等径管件和异径管件，异径管件可连接不同管径的管子。螺纹连接弯头有 90° 和 45° 两种规格。

管件应该具有规则的外形、平滑的内外表面没有裂纹、砂眼等缺陷。管件端面应平整，并垂直于连接中心线。管件的内外螺纹应根据管件连接中心线精确加工，螺纹不应有偏扣或损伤。

二、铸铁管管件

同铸铁管配套的管件，一般用普通灰铸铁铸造，也可采用高级铸铁或球墨铸铁。采用灰铸铁铸造时，管件壁厚比同直径的管子壁厚增加10%~20%，壁厚尺寸的增加应保证管承口内径和管插口外径符合管子的标准尺寸。

管件外表面应铸有规格、额定工作压力、制造日期和商标。内外壁均涂刷热沥青防锈。

管件承插口填料作业面的铁瘤必须修剔平整。法兰盘在铸造成型后应按标准进行机械加工。法兰背面的螺帽接触面必须平整。其他不妨碍使用的部位允许有不超过5mm高的铸瘤。管件内外表面不应有任何细微裂纹。

所有管件出厂前均应通过气压法检验，检验压力为 0.3MPa 。要求承压十分钟不渗漏为合格。

常用的铸铁管管件有双承套管、承盘短管、插盘短管、承插乙字管、承堵或插堵，以