

# 燃气工程施工

黄国洪 编

建设部科技干部培训中心

## 前 言

随着社会主义四个现代化的飞速发展，~~城市~~城市燃气供应工程也出现了突飞猛进的局面，燃气工程施工队伍不断发展壮大。但是，长期以来，燃气工程施工部门在城市建设中的地位被严重忽视，目前，施工队伍的技术状况和管理水平仍然十分落后。致使普遍存在工程质量差，工期长，造价高和浪费大等弊端。为了培养出更多有社会主义觉悟，有一定燃气工程施工技术知识和管理知识的新人才，为了提高现有施工人员的技术素质和管理水平，我们编写了《燃气工程施工》一书，希望能对城市燃气化的发展发挥一定的促进作用。

《燃气工程施工》是高等工科院校《城市燃气热能供应工程》专业的内部交流专业教材，是在总结数年教学经验的基础上，根据部分燃气专业人员及某些施工单位的意见整理编写而成，使之尽量做到既适应理论教学的需要，又能满足广大燃气工程技术人员的实用要求。

本书主要介绍燃气工程常用材料，论述土方工程，焊接技术，燃气构筑物施工，防腐保温工程，室内外燃气管道和配件的安装，穿越障碍物的施工，以及各类燃气设备的安装等的施工方法，施工机械设备，施工工艺，质量要求和验收标准等。同时阐述了燃气工程予（概）算，施工管理，施工企业的经营和投标承包。

本书可供大专院校和中等专业技术学校有关专业作教学参考书，也可供从事燃气热力工程施工、设计、运行管理、科研的工程技术人员等参考使用。

BYJ 04.00

本书编写工作得到多方面的支持，在此向他们致以衷心的感谢。限于编者水平以及编写时间仓促，书中缺点、不妥和错误之处，恳切希望读者批评指正。

# 目 录

第一章 钢材、管材、管件和阀门.....	( 1 )
第一节 钢材.....	( 1 )
第二节 管材.....	( 9 )
第三节 管件.....	( 14 )
第四节 阀门.....	( 20 )
第二章 土方工程.....	( 28 )
第一节 土的分类及性质.....	( 28 )
第二节 沟槽断面选择及土方量计算.....	( 38 )
第三节 沟槽土方的开挖.....	( 42 )
第四节 沟槽支撑.....	( 59 )
第五节 施工排水.....	( 64 )
第六节 土方回填.....	( 73 )
第七节 雨季、冬季的施工措施.....	( 77 )
第八节 管道地基处理.....	( 78 )
第三章 钢筋混凝土和砌砖工程.....	( 80 )
第一节 模板工程.....	( 81 )
第二节 钢筋工程.....	( 91 )
第三节 水泥.....	( 99 )
第四节 砂、石骨料.....	( 110 )
第五节 混凝土的性质和配合比设计.....	( 117 )
第六节 混凝土的施工.....	( 132 )
第七节 砌砖工程.....	( 139 )
第四章 焊接技术.....	( 148 )
第一节 气焊和气割.....	( 148 )
第二节 手工电弧焊.....	( 158 )
第三节 碳弧气刨.....	( 166 )
第四节 自动和半自动电弧焊.....	( 168 )
第五节 钢燃气管道的焊接.....	( 175 )
第六节 焊接的质量检验和安全技术.....	( 178 )
第五章 防腐绝缘和保温工程.....	( 189 )
第一节 防腐材料.....	( 189 )
第二节 钢管沥青防腐绝缘层施工.....	( 195 )
第三节 钢管沥青防腐绝缘层的机械化施工.....	( 198 )

第四节	新型防腐绝缘层简介	( 202 )
第五节	燃气管道的保温工程	( 207 )
第六章	室外燃气管道和配件的安装	( 213 )
第一节	起重吊装知识	( 213 )
第二节	燃气管道入沟	( 226 )
第三节	钢焊接管件的制作	( 232 )
第四节	燃气管道的架空敷设	( 242 )
第五节	铸铁燃气管道的安装	( 247 )
第六节	塑料燃气管道的安装	( 251 )
第七节	管道配件的安装和静密封	( 255 )
第八节	燃气管道的试验和验收	( 271 )
第九节	燃气管道的带气接线	( 273 )
第七章	燃气管道穿越障碍的施工方法	( 280 )
第一节	人工掘进顶管施工法	( 280 )
第二节	其他掘进顶管法	( 287 )
第三节	燃气管道的水下敷设	( 290 )
第八章	室内燃气系统的施工	( 299 )
第一节	室内燃气管网概况及施工准备	( 299 )
第二节	管子加工	( 302 )
第三节	室内燃气管道的安装	( 307 )
第四节	公共福利设施的煤气表和燃气用具的安装	( 312 )
第五节	蒸锅灶和炒菜灶的砌筑	( 316 )
第六节	试验和验收	( 320 )
第九章	燃气设备和仪表的安装	( 322 )
第一节	燃气调压站的安装	( 322 )
第二节	机泵安装的一般知识	( 330 )
第三节	压缩机的安装	( 335 )
第四节	机泵的整体安装	( 346 )
第五节	仪表安装	( 348 )
第十章	球形贮罐的安装	( 355 )
第一节	球形贮罐的构造及系列	( 355 )
第二节	球壳板的制造	( 359 )
第三节	球形罐的组装	( 369 )
第四节	球形罐焊接	( 375 )
第五节	球形罐盘梯的制造安装	( 378 )
第六节	球形罐的检查与鉴定	( 387 )
第十一章	螺旋导轨式贮气罐的施工	( 392 )
第一节	构造及施工要点	( 392 )
第二节	部件放样	( 393 )

第三节	部件加工制作	( 396 )
第四节	现场安装	( 401 )
第五节	施工总验收	( 410 )
第十二章	定额和概(预)算	( 412 )
第一节	基本建设工程的项目划分和建设预算文件的组成	( 412 )
第二节	建筑安装工程定额	( 415 )
第三节	施工图预算	( 419 )
第四节	综合概(预)算及总概算	( 424 )
第十三章	施工管理与施工组织设计	( 438 )
第一节	施工企业管理	( 438 )
第二节	施工组织设计	( 451 )
第三节	统筹网络施工进度计划的编制	( 458 )
第四节	概率型统筹网络	( 475 )
第十四章	建筑企业的工程投标承包	( 484 )
第一节	建筑企业的经营方式	( 484 )
第二节	建筑企业的工程投标	( 488 )
第三节	工程的承包内容和方式	( 491 )
第四节	工程施工招标投标的程序	( 498 )
第五节	工程承包合同	( 505 )
附录一	试验	( 513 )
试验一	土的击实试验	( 513 )
试验二	水泥技术性质试验	( 517 )
试验三	普通混凝土性能试验	( 522 )
试验四	石油沥青性能测定	( 534 )
附录二	钢材断面形状、称呼及规格表示方法	( 538 )
附录三	钢管主要技术参数	( 540 )
附录四	有关的非法定计量单位与法定计量单位的换算关系	( 543 )

# 第一章 钢材、管材、管件和阀门

燃气工程的主要安装对象是钢材、管材、管件和阀门，限于篇幅，本章仅能作一般性介绍。

## 第一节 钢 材

钢材是燃气工程使用最多的材料，由于钢材具有品质均匀，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。

钢材中尤以钢管和钢板在燃气工程中使用最多。

### 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，它的含碳量在2%以下。

钢按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净的少量硅、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%），高碳钢（含碳大于0.6%）。

合金钢中则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，或者使其获得某些特殊性能。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（合金元素总含量大于10%）。

根据钢中有害杂质的多少，工业用钢可分为普通钢、优质钢和高级优质钢。

根据用途的不同，工业用钢常分为结构钢、工具钢和特殊性能钢。

燃气工程上所用的主要是普通碳素结构钢的低碳钢和属普通钢一类的低合金结构钢。

#### (二) 冶炼对钢材质量的影响

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之内。

在炼钢的过程中，碳被氧化形成一氧化碳气体而逸出；硅、锰等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的氧化，故精炼后的钢液中还留有一定量的氧化铁，使钢的质量降低。为了消除它的影响，在精炼结束后应加入脱氧剂以去除钢液中的氧，这个步骤称为“脱氧”。常用的脱氧剂有锰铁、硅铁和铝锭等。

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。

常用钢材主要为前面三种方法所炼得。

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。由于吹炼中较易吸收有害气体氮、氢等，以及冶炼时间短，不易准确控制成分，故其质量较差。但由于其设备投资少，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。此法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。这种冶炼方法是目前发展很快的先进方法。

平炉钢的冶炼，是以煤气或重油作燃料，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、控制其成分；去除杂质和气体亦较净，故质量较好，也较稳定。由于设备投资较大，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，钢可分沸腾钢、镇静钢和介于二者之间的半镇静钢。沸腾钢脱氧不充分，故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、硫等的偏析（元素在钢中分布不均匀，富集于某些区间的现象称为偏析）较严重，钢的致密程度较差。故沸腾钢的冲击韧性和可焊性较差，特别是低温冲击韧性的降低更显著。从经济上比较，沸腾钢只消耗少量的脱氧剂，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，故在设计选材时应予注意。

## 二、钢材的力学性能

### （一）抗拉性能

抗拉性能是钢材的重要性能。由拉力试验所得的屈服点、抗拉强度和伸长率是钢材的重要技术指标。

钢材的抗拉性能，可通过软钢受拉的应力—应变图来阐明（图1—1）。

图中明显地可划分为弹性阶段（O→A），屈服阶段（A→B），强化阶段（B→C）和颈缩阶段（C→D）等四个阶段。

在OA范围内，如卸去拉力，试件能恢复原状，这种性质称为弹性。和A点对应的应力称为弹性极限，用 $\sigma_p$ 表示。当应力稍低于A点对应的应力时，应力与应变的比值为常数，称为弹性模量，用E表示，即 $\frac{\sigma}{\epsilon} = E$ 。普通碳素结构钢3号钢的弹性极限 $\sigma_p = 18 \sim 20$ 公斤/毫米<sup>2</sup>；弹性模量 $E = 2.0 \sim 2.1 \times 10^6$ 公斤/厘米<sup>2</sup>。

应力超过A点以后，如卸去拉力，试件变形不能全部消失，表明已经出现塑性变形，形到达屈服阶段。图1—1中的B<sub>上</sub>点，是这一阶段的最高点，称为屈服上限，B<sub>下</sub>点称为屈服下限。由于B<sub>下</sub>比较稳定，且较易测定，故一般以B<sub>下</sub>点对应的应力为屈服点，用 $\sigma_s$ 表示。3号钢的屈服点 $\sigma_s$ 不小于21~24公

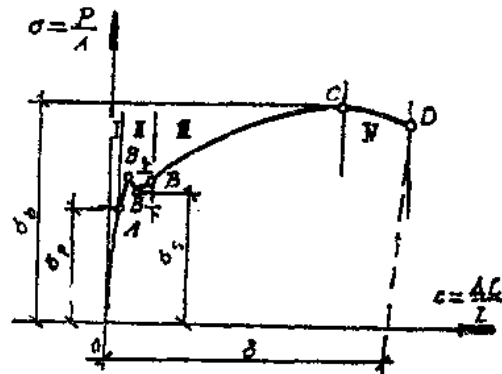


图1—1 低碳钢受拉的应力应变图



斤/毫米<sup>2</sup>。

钢材受力达到屈服点以后，变形即迅速发展，尽管尚未破坏，但已不能满足使用要求。故设计中一般以屈服点作为强度取值的依据。

从图中BC曲线逐步上升可以看出：试件在屈服阶段以后，其抵抗塑性变形的能力又重新提高故称为强化阶段。对应于最高点C的应力称为抗拉强度，用 $\sigma_b$ 表示。3号钢的抗拉强度 $\sigma_b$ 不小于38~47公斤/毫米<sup>2</sup>。

抗拉强度在设计中虽然不能利用，但屈强比 $\sigma_s/\sigma_b$ 有一定意义。屈强比愈小，反映钢材受力超过屈服点工作时的可靠性愈大，因而结构的安全性高。但屈强比太小，反映钢材不能有效地被利用。3号钢的屈强比大致为0.58~0.63；低合金结构钢的屈强比一般为0.65~0.75。

试件拉断后，将其拼合（图1—2），量出拉断后标距部分的长度 $l_1$ （毫米），即可按下式计算伸长率 $\delta$ ：

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中  $l_0$ ——试件的原标距长度（毫米）。

应当注意，由于发生颈缩，故塑性变形在试件标距内的分布是不均匀的，颈缩处的伸长较大，故当原标距与直径之比愈大，则颈缩处伸长值在整个伸长值中的比重愈小，因而计算的伸长率会小些。通常以 $\delta_5$ 和 $\delta_{10}$ 分别表示 $l_0 = 5d_0$ 和 $l_0 = 10d_0$ 时的伸长率， $d_0$ 为试件的原直径。对于同一钢材， $\delta_5$ 大于 $\delta_{10}$ 。

伸长率表明钢材的塑性变形能力，是钢材的重要技术指标。尽管结构是在弹性范围内使用，但其应力集中处，其应力可能超过屈服点。一定的塑性变形能力，可保证应力重分布，从而避免结构的破坏。

## （二）冷弯性能

冷弯性能，指钢材在常温下承受弯曲变形的能力，是钢材的重要工艺性能。

钢材的冷弯性能指标，用试件在常温下所能承受的弯曲程度表示。弯曲程度是通过试件被弯曲的角度和弯心直径对试件厚度（或直径）的比值区分的。试验时采用的弯曲角度愈大，弯心直径对试件厚度（或直径）的比值愈小，表示对冷弯性能的要求愈高。钢的技术标准



图1—2 试件断后标距的测量

中对各号钢的冷弯性能指标都有规定：按规定的弯曲角和弯心直径进行试验，试件的弯曲处不发生裂缝、裂断或起层，即认为冷弯性能合格。例如，3号钢进行冷弯试验时规定：弯曲角为180度；弯心直径为0.5a（条钢）或1.5a（钢板）（a为试件直径或厚度）。

冷弯试验是通过试件弯曲处的塑性变形实现的。它和伸长率一样，表明钢材在静荷下的塑性。但冷弯是钢材处于不利变形条件下的塑性，而伸长率则是反映钢材在均匀变形下的塑性。故冷弯试验是一种比较严格的检验，能揭示钢材是否存在内部组织不均匀、内应力和夹杂物等缺陷。在拉力试验中，这些缺陷，常因塑性变形导致应力重分布而得不到反映。

冷弯试验对焊接质量也是一种严格的检验，能揭示焊件在受弯表面存在的未熔合，微

裂纹和夹杂物。

### (三) 冲击韧性

冲击韧性指钢材抵抗冲击荷载的能力。冲击韧性指标是通过标准试件的弯曲冲击韧性试验确定的(图1—3)以摆锤打击试件,于刻槽处将其打断,试件单位截面积(平方厘米)上所消耗的功,即为钢材的冲击韧性指标,用冲击韧性 $a_k$ (公斤·米/厘米<sup>2</sup>)表示。 $a_k$ 值愈大,冲击韧性愈好。

钢材的冲击韧性对钢的化学成分、组织状态,以及冶炼、轧制质量都较敏感。例如,钢中磷、硫含量较高,存在偏析、非金属夹杂物和焊接中形成的微裂纹等都会使冲击韧性显著降低。

试验表明,冲击韧性随温度的降低而下降,其规律是开始下降缓和,当达到一定温度范围时,突然下降很多而呈脆性,这种性质称为钢材的冷脆性;这时的温度称为脆性临界温度。它的数值愈低,钢材的低温冲击性能愈好。所以在负温下使用的结构(例如液化石油气和液化天然气的低温贮罐),应当选用脆性临界温度较使用温度为低的钢材,由于脆性临界温度的测定工作较复杂,规范中通常是根据气温条件规定-20℃或-40℃的负温冲击值指标。

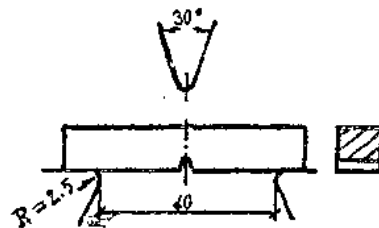


图1—3 冲击韧性试验示意

### (四) 硬度

钢材的硬度,指其表面局部体积内,抵抗外物压入产生塑性变形的能力。

测定钢材硬度的方法有布氏法,洛氏法和维氏法等。较常用的为布氏法和洛氏法。

布氏法的测定原理,是利用直径为 $D$ (毫米)的淬火钢球,以 $P$ (公斤)的荷载将其压入试件表面,经规定的持续时间后卸除荷载,即得直径为 $d$ (毫米)的压痕,以压痕表面积 $F$ (毫米<sup>2</sup>)除荷载 $P$ ,所得的应力值即为试件的布氏硬度值 $HB$ ,以数字表示,不带单位。

测定时所得压痕直径应在 $0.25D < d < 0.6D$ 范围内,否则测定结果不准确。故测定时应根据试件厚度和估计的硬度值范围,按GB231—63标准的规定选择钢球直径,所加荷载和荷载持续时间。例如,对于估计硬度值在140~450HB之间的钢材,试件厚度大于6毫米,则选用的 $D$ 为10毫米, $P$ 为3000公斤,荷载持续时间为10秒。测定结果由硬度表查得。

各类钢材的 $HB$ 值与强度之间都有大致一定的正比关系。对于碳素钢,当 $HB < 175$ 时, $\sigma_b = 0.36HB$ ;  $HB > 175$ 时, $\sigma_b = 0.35HB$ 。布氏法比较准确,但压痕较大,不适宜成品检验。

洛氏法测定的原理与布氏法相似,但系根据压头压入试件的深度来表示硬度值。洛氏法压痕很小,常用于判断工件的热处理效果。

### 三、钢中化学元素对钢材性能的影响

化学成分对钢材性能的影响是通过它们对钢的组成结构的影响而体现的。

钢中的铁和碳是对钢材性能起主导作用的基本元素成分,它们组成钢中下述基本组织:

奥氏体 是碳溶于 $\gamma$ -Fe晶格中的固溶体,一般只在高温下存在。奥氏体具有一定强度

和良好的塑性，故钢在高温下容易轧制成材。随着温度的下降，奥氏体即依含碳量的不同按一定规律分解：例如，含碳量少于0.8%时，分解析出的是铁素体和珠光体；含碳量高于0.8%时，则析出的是次生渗碳体和珠光体。奥氏体的分解温度与冷却速度有关，冷却愈快，分解的温度愈低，析出的珠光体将愈分散，其强度和硬度愈高，而塑性和韧性愈低。

**铁素体** 是碳溶于 $\alpha$ -Fe晶格中的固溶体，铁素体晶格原子间的空隙较小，其溶碳能力很低，室温下仅能溶入小于0.005%的碳。由于溶碳少而且晶格中滑移面较多，故其强度低，塑性很好。

**渗碳体** 是铁与碳的化合物，分子式为 $Fe_3C$ ，含碳量为6.67%。它的晶体结构复杂，性质硬脆，是碳钢中的主要强化组分。

**珠光体** 是奥氏体在共析点（含碳量0.8%，缓冷时温度为723℃）分解中，同时析出的铁素体和渗碳体所形成的层状机械混合物。其层次可认为是铁素体基体上分布着硬脆的渗碳体片。珠光体的性能介于铁素体和渗碳体之间。

燃气工程常用钢材的含碳量低于0.6%。系铁素体和珠光体所组成。

化学元素成分对钢材性能的影响

分述于下：

**碳** 含量提高，钢中的强化组分渗碳体随之增多，故强度和硬度相应提高，而塑性和韧性则相应降低（图1—4）。图中含碳量超过1%时，钢的 $\sigma_b$ 即开始下降。这是因为，单独析出的次生渗碳体形成网状分布于珠光体晶界上，当碳含量达到约1%时，这种网络已达相当厚度并连成整体，使钢变脆，因而 $\sigma_b$ 开始下降。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** 在钢中除少量呈非金属夹杂物外，大部分溶于铁素体中。当含量较低（小于1%）时，可提高钢材的强度。

硅在低合金钢中的作用主要是提高钢材的强度。

**锰** 溶于铁素体中。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。溶于铁素体的锰，可提高钢材的强度。

作为低合金钢的合金元素，锰含量一般在1~2%范围内，它的作用主要是：溶于铁素体中使其强化；降低奥氏体的分解温度，起到细化珠光体作用，使强度提高。

**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，钢材的强度提高，塑性和韧性显著下降。特别是温度愈低，对塑性和韧性的影响愈大。磷在钢中的偏析

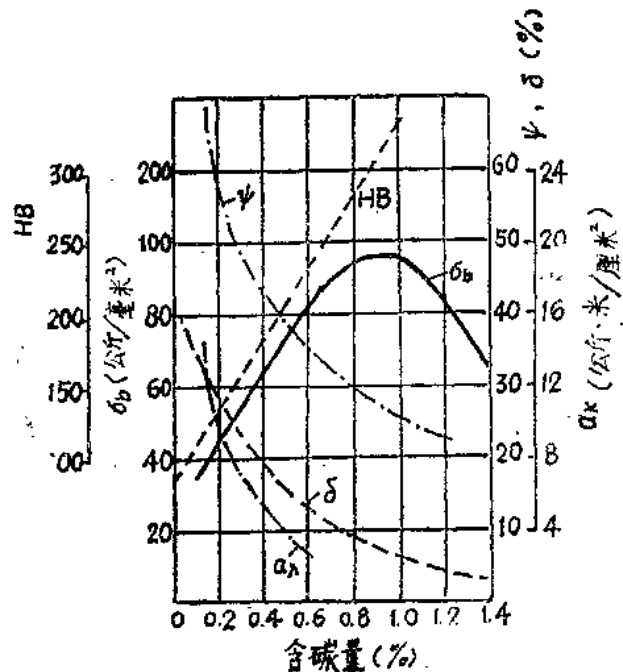


图 1—4 含碳量对碳素钢性能影响。

倾向强烈，一般认为：磷的偏析富集，使铁素体晶格严重畸变，是钢材冷脆性显著增大的原因。磷使钢材变脆的作用，使它显著降低钢材的可焊性。

硫 是很有害的元素。呈非金属的硫化物夹杂物存在于钢中，降低各种机械性能。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。硫亦有强烈的偏析作用，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，特别是韧性。氧有促进时效倾向的作用。氧化物所造成的低熔点亦使钢的可焊性变坏。

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，塑性特别是韧性显著下降，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AlN或氮化钛TiN等形式存在，可减少氮的不利影响，并能细化晶粒，改善性能。

在常用的低合金钢中，还常用钛、钒等作为合金元素。

钛 是强脱氧剂，能细化晶粒。钛能显著提高强度，但稍降低塑性；由于晶粒细化，故可改善韧性，改善可焊性，是常用的合金元素。

钒 是强的碳化物和氮化物形成元素。钒能细化晶粒，有效地提高强度；但增加焊接时的淬硬倾向。

#### 四、常用钢材的标准和选用

常用钢材可分为钢结构用钢材和钢筋混凝土结构用钢筋两类。

##### (一) 钢结构用钢材

我国钢结构用钢材的钢类主要有普通碳素结构钢和低合金结构钢。

##### 1. 普通碳素结构钢和采用的主要钢号

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：抗拉强度和伸长率应符合表1—2的要求；磷、硫含量应符合乙类钢的要求；氮含量不大于0.008%等。根据需方要求，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—2要求；焊接结构用钢的碳含量应不大于同号乙类钢的上限。

乙类钢 按化学成分供应，燃气工程上应用不多。有时用于储仓等钢板结构。

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。

##### 2. 低合金结构钢和采用的主要钢号

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，按屈服点要求分为30、35、40和45公斤/毫米<sup>2</sup>等四个等级。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“半”字（代号b）表示为半镇静钢；如采用空气转炉冶炼，应于钢号前标“碱”字（代号J）。例如，16锰钢（16Mn），表示为平炉或氧气转炉镇静钢，其平均含碳量为0.16%（0.12~0.20%），平均锰含量低于1.5%。

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	氧气转炉钢	氧气转炉钢	氧气转炉钢	氧气转炉钢	屈服点 $\sigma_s$ (公斤/毫米 <sup>2</sup> ) 不 小 于	抗拉强度 $\sigma_b$ (公斤/毫米 <sup>2</sup> ) 不 小 于	伸长率% 不 小 于	$\delta_5$	$\delta_{10}$	d = 弯心直径	a = 试样厚度	
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	不 小 于	$\delta_5$	$\delta_{10}$	型钢	钢板
1	A1		AY1				—	—	—	32~40	33	28	d = 0	d=0.5a
	A1F		AY1F											
2	A2	C2	AY2	CY2	AJ2	CJ2	22	20	19	34~42	31	26	d = c	d = a
	A2F	C2F	AY2F	CY2F	AJ2F	CJ2F								
3	A3	C3	AY3	CY3	AJ3	CJ3	24	23	22	38~47	26	22	d =	d=1.5a
	A3F	C3F	AY3F	CY3F	AJ3F	CJ3F	24	22	21				0.5a	
4	A4	C4	AY4	CY4	AJ4	CJ4	26	25	24	42~52	24	20	d = 2a	
	A4F	C4F	AY4F	CY4F	AJ4F	CJ4F								
5	A4	C5	AY5	CY5	AJ5	CJ5	28	27	26	50~62	20	16	d = 3a	
6	A6	—	AY6	—	AJ6	—	31	30	30	60~72	15	12	—	—
7	A7	—	AY7	—	—	—	—	—	—	70	10	8	—	—

注：屈服点按钢材尺寸的分组规定见表1—2。

表1—2

组 别	钢 材 尺 寸 (毫米)		
	条钢直径或厚度	异型钢厚度	钢板厚度
第 1 组	≤40	≤15	4~20
第 2 组	40~100	15~20	20~40
第 3 组	100~250	20	40~60

已经用于高压燃气贮罐的低合金结构钢有：35公斤/毫米<sup>2</sup>级的16锰容（16MnR），40公斤/毫米<sup>2</sup>级的15锰钒容（15MnVR）；45公斤级的15锰钒氮容（15MnVNR）等。

低合金结构钢具较高的强度，良好的塑性和冲击韧性，并且有耐锈蚀，耐低温性能，可在平炉和氧气转炉中冶炼，可用一般轧制设备生产，成本与普通碳素结构钢接近。

采用低合金结构钢可减轻结构重量，延长使用寿命，经济效果显著。

钢结构采用的上述两类钢材的品种有型钢、钢板和钢管。型钢中的角钢，工字钢和槽钢，以及钢板中的厚钢板（厚度4毫米~60毫米），是钢结构的主要用材。

## （二）钢筋

钢筋按生产工艺和机械性能的不同分为热轧钢筋，冷拔低碳钢丝，碳素钢丝，刻痕钢丝，钢绞线和热处理钢筋等，燃气工程中主要采用前二种。

## 1. 热轧钢筋

根据《热轧钢筋》GB149—79，热轧钢筋按机械性能（屈服点和抗拉强度）划分为：42/33，34/52，38/58，55/85公斤级等四个级别。另外，根据需要，可供应普通碳素结构钢甲类5号钢轧制的28/50公斤级和用低合金钢35硅2锰钒等轧制的50/75公斤级钢筋。各级钢筋的机械性能应符合表1—3的要求。

表1—3

级别	牌 号		直径 (公斤/毫米 <sup>2</sup> )	屈服点 $\sigma_s$ (公斤/毫米 <sup>2</sup> )		抗拉强度 $\sigma_b$ (公斤/毫米 <sup>2</sup> )		伸长率% $\delta_5$ $\delta_{10}$ 冷 弯			钢筋 涂色 外形 标记
	牌 号	代 号		不 小 于							
I	3 号 钢	A3, A13AD3	8~40	24	88	25	21	180°d = d <sub>0</sub>			圆 红
II	20 锰 硅	20MnSi	8~25 28~40	34 32	52 50	16		180°d = 3d <sub>0</sub>			人字纹
III	25 锰 硅	25MnSi	8~40	38	58	14		90°d = 3d <sub>0</sub>			人字纹 白
	40硅2锰钒	40Si2MnV						90°			
	45硅2锰钒	45SiMnV	10~28	55	85	10	8	d = 5d <sub>0</sub>			螺旋纹 黄
	45硅2锰钛	45Si2MnTi									
IV	5 号 钢	A5, A15, AD5	10~40	28	50	19	15	180°d = 3d			人字纹 绿
	25硅2锰钒	35Si2MnV									
	35硅2锰钒	35SiMnV	10~28	50	75	12	10	90°d = 4d <sub>0</sub>			螺旋纹 蓝
	35硅2锰钛	35Si2MnTi									

24/38、34/52和38/58公斤级钢筋一般用作非预应力钢筋。冷拉34/52，38/58，50/75和55/85公斤级钢筋用作预应力钢筋。

## 2. 冷拔低碳钢丝

冷拔低碳钢丝，是用直径为6.5~8毫米的甲类3号钢（或2号钢）盘条，经冷拔制成的。根据《钢筋混凝土工程施工及验收规范》GBJ204-83的规定，冷拔低碳钢丝分为甲、乙两级。甲级钢丝主要用作预应力筋，乙级钢丝用于焊接网、焊接骨架、箍筋和构造钢筋。

冷拔低碳钢丝的机械性能应符合表1—4的规定。

冷拔低碳钢丝的机械性能

表1—4

钢丝级别	直 径 (毫米)	抗 拉 强 度 (公斤/毫米 <sup>2</sup> )		伸 长 率 (标距100毫米) (%)	反 复 弯 曲 (180°) 次 数
		I 组	II 组		
		不 小 于			
甲 级	5	65	60	3	4
	4	70	65	2.5	4
乙 级	3~5	55		2	4

冷拔低碳钢丝应逐盘检查外观。割丝表面不得有裂纹和机械损伤。甲级钢丝的机械性能应逐盘检验。乙级钢丝的机械性能可分批抽样检验。

冷拔低碳钢丝因冷拔强化，其强度大为提高，塑性显著降低，不显屈服阶段，已属硬钢类钢丝。

冷拔低碳钢丝适宜用于生产中、小型预应力构件，它的强度较高，可自行加工拔制，成本较低，故发展很快。有些单位还用它绞捻成钢绞线，应用范围更为扩大。

冷拔低碳钢丝由于经过反复拉拔，强度大为提高，但脆性也随之增加。冷拔低碳钢丝的性能受到原材料质量和工艺的影响较大，常有强度和塑性离散性较大的情况，故使用时应加注意分析。

## 第二节 管 材

燃气工程主要使用钢管和铸铁管，其次是塑料管，石棉水泥管和自应力钢筋混凝土管。后三种是为节约金属而采用的代用品，由于塑料管材的许多优点，国外已广泛采用，国内正在推广使用塑料管作为低压燃气管道。石棉水泥管和自应力钢筋混凝土管经试用，严密性很差，近年来很少采用，本节不予介绍。

### 一、钢管

钢管是燃气输配工程中使用的主要管材，一般采用A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>、C<sub>1</sub>、C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>号钢制成，按照制造方法分为无缝钢管及焊接钢管两种。

#### 1. 无缝钢管

无缝钢管一般用优质碳素钢或低合金结构钢制作，化学成分不予保证。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，但水压试验的压力值应不少于下式所定：

$$P_s = \frac{2000\delta}{D_n}$$

式中：P<sub>s</sub>——水压试验最小压力值，公斤/厘米<sup>2</sup>。

δ——管壁厚度，毫米。

D<sub>n</sub>——钢管内径，毫米。

根据制作方法，无缝钢管还有热轧和冷拔之分。

#### 2. 焊接钢管

焊接钢管亦称有缝钢管，根据管径大小分为《水、煤气输送钢管》和普通卷焊钢管。

##### (1) 《水、煤气输送钢管》

该种钢管有表面镀锌（俗称白铁管）和不镀锌（黑铁管）两种。按出厂壁厚不同分为普通钢管，加厚钢管和薄壁管，前两种可用于燃气工程，主要用于室内燃气管阀，基本上采用螺纹连接，管子两端一般带有圆锥状管螺纹。

钢管用易焊接的低碳钢制造，钢号和焊接方法（炉焊或电焊）均由制造厂选择，但出厂时应保证能承受下述规定的水压试验：

普通钢管和薄壁钢管 20公斤/厘米<sup>2</sup>

加厚钢管 30公斤/厘米<sup>2</sup>

燃气工程主要采用加厚钢管。

### (2) 普通卷焊钢管

此类焊接钢管以中厚钢板采用直缝或螺旋缝卷制，以电弧焊方法焊接而成。

直缝卷焊钢管制作较简单，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。

$$L = \pi (D_n + \delta) + S$$

式中 L 钢管下料长度，毫米；

$D_n$  钢管内径，毫米；

$\delta$  钢板厚度，毫米；

S 加工余量，采用剪切机剪切，刨床加工坡口一般不小于2毫米，用半自动切割机切割，再用刨床加工为5毫米；用半自动切割机直接从钢板上割出坡口不必留加工余量。

螺旋缝卷焊钢管需在专门的工厂内进行。

### 3. 钢管检验

不论是无缝钢管还是焊接钢管，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（钢材和焊缝的机械性能）等内容，此外，还要进行外观检查，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如下允许值。

钢管外径（毫米）	允许偏差（毫米）
$\phi 159 \sim \phi 273$	+1.5
$\phi 325 \sim \phi 426$	+2.0
$> \phi 426$	+2.5

管子椭圆度公差不得超过外径允许偏差范围，管子两端面与轴线应垂直，其偏斜值不得大于2毫米。

对于直缝卷焊钢管，管段互相焊接时，两管段的轴向焊缝应按轴线45°角相互错开，允许偏差±5°，但两焊缝间弧长不小于10厘米；每段管均不允许有两条或两条以上焊缝，此外，管子端面的坡口形状，焊缝错口和焊缝质量还应符合第五章所述。

### 4. 钢管重量计算

$$G = 0.02466 \cdot \delta (D_H - \delta)$$

式中：G 钢管每米重量，公斤；

$D_H$  钢管外径，毫米；

$\delta$  钢管壁厚，毫米。

该式计算出的钢管重量对无缝钢管已足够精确，对直缝卷焊钢管可增加0.1%，对螺旋缝卷焊钢管可增加0.15%。

## 二、铸铁管

铸铁管在城市燃气管道中经常采用，使用的历史也相当悠久。国内生产的铸铁管口径在50~1200毫米之间，近年试制到口径1500毫米。

### (一) 铸铁管的类别

铸铁管按材质分为普通铸铁管、高级铸铁管、和球墨铸铁管。目前国内生产的管材是



用普通灰铸铁铸造的，其所含化学成分中：

碳3~3.8%；硅1.5~3.2%；锰0.5~0.9%；

硫 $\leq$ 0.10%；磷 $\leq$ 0.3%

普通铸铁管的抗拉强度应不小于12.5公斤/毫米<sup>2</sup>，在冶金部部标准“YB427—64”和“YB428—64”中，规定铸铁管的抗拉强度等于或大于14公斤/毫米<sup>2</sup>。

国外对铸铁化学成分提出了更严密的要求，进一步采取了脱硫、脱磷措施，并在铸造方法上适当改善后，铸造出组织致密、且具有韧性的高级铸铁管。它的抗拉强度达到25公斤/毫米<sup>2</sup>。

近三十年来，在美、日、西德、英、法等国，球墨铸铁得到广泛采用，其中球墨铸铁管（简称球铁管）被认为是耐腐蚀性好，强度高、具有韧性的较理想管材，正逐步替代着普通铸铁管。

这种具有优良性能的球墨铸铁，是在原材料严格选择后的铸铁铁水中，添加了镁、钙、铈等碱土金属或稀土金属，使含在铸铁中的石墨组织，从普通铸铁、高级铸铁中的片状变成球状，消除了由石墨产生的缺陷，使它不仅没有失去铸铁的铸造性、耐腐蚀性，还增加了抗拉性、延伸性、弯曲性和耐冲击性。

六十年代我国采用稀土镁作铸铁球化剂成功后，形成了我国特有的稀土镁球铁，它与上述镁球铁比较，具有“工艺简单、操作安全、铸造缺陷少，机械性能高”等优点。近年来，一些科研、制管单位，正在积极研制这种稀土镁作球化剂的球铁管，试制的最大口径已达到1000毫米。

球铁管的化学成分中，在日本的控制指标如下：

碳3.2~3.8%；硅1.7~2.7%；镁 $\geq$ 0.05%；

硫 $\leq$ 0.015%；磷 $\leq$ 0.1%；锰 $\leq$ 0.4%

球铁管中的石墨组织呈球状，它的表面积为最小，这就消除了由片状石墨所引起的金属晶体连续性被切断的缺陷，使抗拉强度大大提高，达38~45公斤/毫米<sup>2</sup>。这种管材经热处理后，显微组织中 ferrite 的形成，使管材具有良好的延伸率，并使它的耐冲击性比高级铸铁管还高达10倍以上。

在国外，燃气管道上所采用的铸铁管基本是球铁管，所用管件也是用球墨铸铁或高级铸铁铸造。可以预料这种球铁管材及管件，也必将在我国得到广泛的使用。

我国的铸铁管按承受水压力的大小分三种级别，即高压管、普压管及低压管。高压管的工作压力不大于10公斤力/厘米<sup>2</sup>，普压管的工作压力不大于7.5公斤力/厘米<sup>2</sup>，低压管的工作压力不大于4.5公斤力/厘米<sup>2</sup>。燃气工程中采用高压管和普压管。

## （二）铸铁管的铸造方法及允许公差

铸钢管按铸造方式分立式铸造法、离心铸造法和半连续铸造法。

立式铸造法适用于大口径管的铸造，它有带砂衬的金属外模及内模（泥芯）。铁水是垂直向的重力流浇铸。这种方式的设备简单，机械化水平要求不高，但生产效率低，铸造的管材较短，管壁厚。

离心铸造法，适用于各种口径的管材铸造，是一项良好的制管工艺，在国内外广泛采用。

1. 把耐火材料粉末在金属模中涂刷成薄膜的金属模离心铸造法。采用这种方法时，金