

ICS



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX-20XX

## 压力管道规范 公用管道

Pressure piping code—Public piping

(征求意见稿)

XXXXX-XX-XX 发布

XXXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则》给出的规则起草。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会压力管道分技术委员会（SAC/TC262/SC3）提出，由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC262）归口。

本标准负责起草单位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司

本标准参加起草单位：

燃气部分：北京市煤气热力工程设计院有限公司、天津市管道工程集团有限公司、北京市燃气集团研究院、深圳市燃气集团股份有限公司、杭州燃气工程安装有限公司、港华投资有限公司、重庆燃气集团股份有限公司、浙江伟星新型建材股份有限公司、上海燃气工程设计研究有限公司、天津市迅尔自控设备制造有限公司、广西佳迅管道工程有限公司。

热力部分：北京市煤气热力工程设计院有限公司、北京市热力工程设计有限责任公司、北京市建设工程质量第四检测所、北京市热力集团有限责任公司、天津市管道工程集团有限公司、北京豪特耐管道设备有限公司、四川东泰新材料科技有限公司、中国特种设备检测研究院、中国城市建设研究院有限公司、昊天节能装备股份有限公司、唐山兴邦管道工程设备有限公司、天津天地龙管业有限公司、安阳益和热力有限公司、天津昱丞高科工程设计有限公司。

本标准主要起草人：

本标准为首次发布

## 目 次

### 前 言

1 范 围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	2
3 术语与定义 .....	6
4 管道分级 .....	16
5 材 料 .....	16
6 设计与计算 .....	26
7 制作与安装 .....	61
8 检验与试验 .....	89
9 安全运行与维护 .....	101
附录 A .....	110
附录 B .....	111
附件 C .....	113



## 1 范围

本标准规定了公用管道设计、制作、安装、运行、检验等方面与安全相关的基本技术要求。

### 1.1 燃气管道范围

**1.1.1** 本标准适用于城镇燃气管道，即由门站、储配站、调压站、各类气源厂站等燃气厂站至用户之间或厂站之间的公用性质的燃气管道及其附属设施。附属设施包括线路阀室、调压箱(柜)、凝水器等，详见图1。

**1.1.2** 本标准不适用于以下管道：

- a) 城镇燃气系统中厂站内的压力管道；工业用户内部燃气管道；
- b) 商业和居民用户内部燃气管道（一般以燃气引入管阀门为界）；
- c) 燃气设备内部管道。

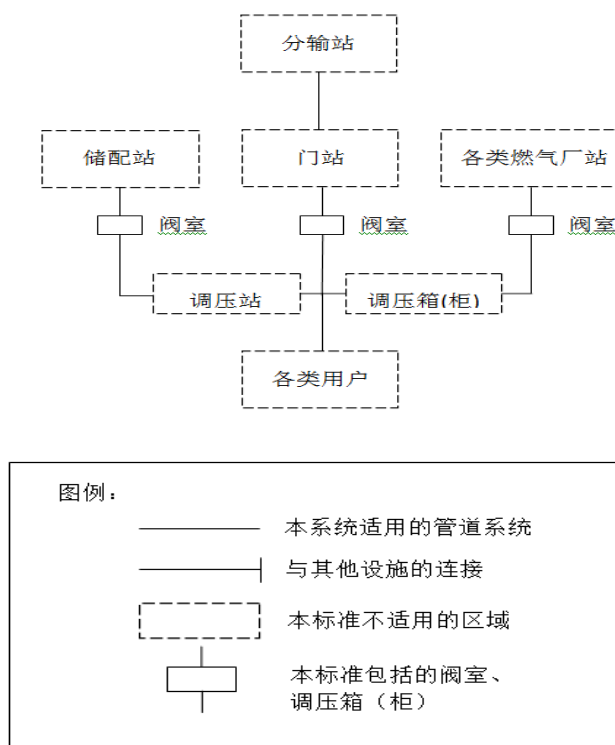
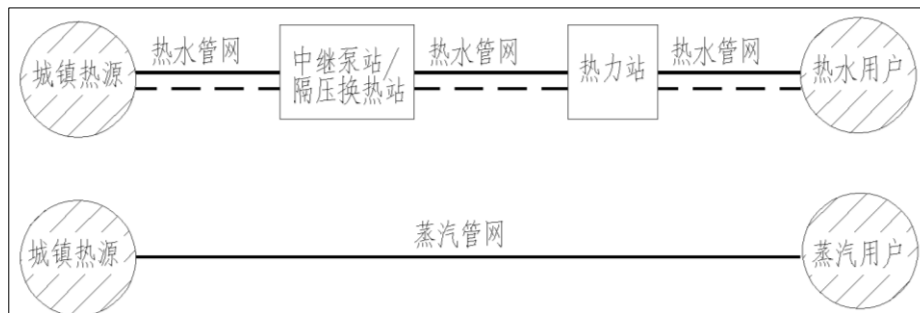


图1 燃气管道范围图

### 1.2 热力管道范围

**1.2.1** 本标准适用范围为：城镇热源出口分界点至民用热用户进口或工业热用户进口分界点之间，敷设在城镇范围内的蒸汽管道和热水管道及附属设施，详见图2。其中蒸汽介质设计压力小于或等于2.5MPa，设计温度小于或等于350℃；热水介质设计压力小于或等于2.5MPa，设计温度小于或等于200℃。



注：图中阴影部分范围内的管道不适用于本标准。

图2 热力管道范围图

1.2.2 本标准不适用于以下管道：

- a) 热电厂、锅炉房、换热首站等站内管道；
- b) 热力设备内部的管道；
- c) 工业用户内部管道。

## 2 规范性引用文件

下列文件通过引用成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分，凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB150-2011 (所有部分) 压力容器

GB/T229 金属材料夏比摆锤冲击试验方法

GB/T1047 管道元件 DN(公称尺寸)的定义和选用

GB/T1048 管道元件 PN(公称压力)的定义和选用

GB/T 1591 低合金高强度结构钢

GB/T2518 连续热镀锌板及钢带

GB/T 3091 低压流体输送用焊接钢管

GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带

GB/T 3524 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢带

GB/T 3880 一般工业用铝及铝合金板、带材

GB/T 4335 低碳钢冷轧薄板铁素体晶粒度测定法

GBT4272 设备及管道绝热技术通则

GB/T4622 缠绕式垫片

GB/T 8163 输送流体用无缝钢管

GB/T8175 设备及管道绝热设计导则

GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级

GB/T 8923.1-2011 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 9115 对焊钢制管法兰

GB/T 9116 带颈平焊钢制管法兰

GB/T 9119 平面、突面板式平焊钢制管法兰

- GB/T 9123 钢制管法兰盖
- GB/T 9124 钢制管法兰技术条件
- GB/T 9125 管法兰连接用紧固件
- GB/T 9711 石油天然气工业 管线输送系统用钢管
- GB/T 10699 硅酸钙绝热制品
- GB 11533—2011 标准对数视力表
- GB/T 11835 绝热用岩棉、矿渣棉及其制品
- GB/T 12234 石油、天然气工业用螺柱连接阀盖的钢制闸阀
- GB/T 12235 石油、石化及相关工业用钢制截止阀和升降止回阀
- GB/T 12241 安全阀的一般要求
- GB/T 12242 压力释放装置 性能试验规范
- GB/T 12243 弹簧直接载荷式安全阀
- GB/T 12459 钢制对焊管件 类型与参数
- GB/T 12754 彩色涂层钢板及钢带
- GB/T 12777 金属波纹管膨胀节通用技术条件
- GB/T 13295 水及燃气管道用球墨铸铁管、管件和附件
- GB/T 13350 绝热用玻璃棉及其制品
- GB/T 13401 钢制对焊管件技术规范
- GB/T 13402 大直径钢制管法兰
- GB/T 13403 大直径钢制管法兰用垫片
- GB 15558.1 燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统 第1部分：管材
- GB 15558.2 燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统 第2部分：管件
- GB 15558.3 燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统 第3部分：阀门
- GB/T 15957 大气环境腐蚀性分类
- GB/T 17116.1 管道支吊架 第1部分：技术规范
- GB/T 17116.2 管道支吊架 第2部分：管道连接部件
- GB/T 17116.3 管道支吊架 第3部分：中间连接件和建筑结构连接件
- GB/T 17794 柔性泡沫橡塑绝热制品
- GB/T 18570 涂覆涂料前钢材表面处理
- GB/T 19326 锻制承插焊、螺纹和对焊支管座
- GB/T 19473.1 冷热水用聚丁烯（PB）管道系统 第1部分：总则
- GB/T 19473.2 冷热水用聚丁烯（PB）管道系统 第2部分：管材
- GB/T 19473.2 冷热水用聚丁烯（PB）管道系统 第3部分：管件
- GB/T 20801 压力管道规范 工业管道
- GB/T 21447 钢质管道外腐蚀控制规范
- GB/T 21448 埋地钢质管道阴极保护技术规范
- GB/T 23257-2009 埋地钢质管道聚乙烯防腐层
- GB/T 25775 焊接材料供货技术条件 产品类型、尺寸、公差和标志

- GB/T 25778 焊接材料采购指南
- GB 26255.1 燃气用聚乙烯管道系统的机械管件 第1部分：公称外径不大于63mm的管材用钢塑转换管件
- GB 26255.2 燃气用聚乙烯管道系统的机械管件 第2部分：公称外径大于63mm的管材用钢塑转换管件
- GB/T 28799.1 冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统 第1部分：总则
- GB/T 28799.2 冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统 第2部分：管材
- GB/T 28799.3 冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统 第3部分：管件
- GB/T29047 高密度聚乙烯硬质聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管及管件
- GB/T 29168.1 石油天然气工业 管道输送系统用感应加热弯管、管件和法兰 第1部分
- GB/T 29639 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则
- GB/T 31032 钢质管道焊接及验收
- GB/T32270-2015 压力管道规范 动力管道
- GB/T 34275 压力管道规范 长输管道
- GB/T 34336 纳米孔气凝胶复合绝热制品
- GB/T 34611 硬质聚氨酯喷涂聚乙烯缠绕预制直埋保温管
- GB/T35842 城镇供热预制直埋保温阀门技术要求
- GB/T35990 压力管道用金属波纹管膨胀节
- GB/T 35979 金属波纹管膨胀节选用、安装、使用维护技术规范
- GB/T37261 城镇供热管道用球型补偿器
- GB/T 37263 高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温钢塑复合管
- GB/T XXXX 城镇供热钢外护管真空复合保温预制直埋管及管件
- GB/TXXXX-2018 城镇供热用焊接球阀
- GB/TXXXX-2018 城镇供热用双向金属硬密封蝶阀
- GB50016 建筑设计防火规范
- GB50021 岩土工程勘察规范
- GB 50028 城镇燃气设计规范
- GB 50032 室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范
- GB 50052 供配电系统设计规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
- GB 50201 防洪标准
- GB 50229 火力发电厂与变电站设计防火规范
- GB 50235 工业金属管道施工规范
- GB50236 现场设备、工业管道焊接工程施工规范
- GB50242 建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范
- GB50243 通风与空调工程施工质量验收规范
- GB 50251 输气管道工程设计规范



- GB50264 工业设备及管道绝热工程设计规范
- GB 50423 油气输送管道穿越工程设计规范
- GB 50460 油气输送管道跨越工程施工规范
- GB 50470 油气输送管道线路工程抗震技术规范
- GB 50494 城镇燃气技术规范
- GB 50683 现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范
- GB/T 50698 埋地钢质管道交流干扰防护技术标准
- GB50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
- GB 50764-2012 电厂动力管道设计规范
- GB 50779 石油化工控制室抗爆设计规范
- GB/T 50811 燃气系统运行安全评价标准
- GB 50838 城市综合管廊工程技术规范
- GB 50991 埋地钢质管道直流干扰防护技术标准
- GB 51098 城镇燃气规划规范
- GB/T 51241 管道外防腐补口技术规范
- GBZ/T 205 密闭空间作业职业危害防护规范
- CJ/T 129 玻璃纤维增强塑料外护层聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管
- CJ/T246 城镇供热预制直埋蒸汽保温管及管路附件
- CJ/T402 城镇供热管道用波纹管补偿器
- CJ/T 480 高密度聚乙烯外护管聚氨酯发泡预制直埋保温复合塑料管
- CJ/T487 城市供热补偿器焊制套筒补偿器
- CJJ28-2014 城镇供热管网工程施工及验收规范
- CJJ34 城镇供热管网设计规范
- CJJ 63 聚乙烯（PE）燃气管道技术规程
- CJJ/T81 城镇供热直埋热水管道技术规程
- CJJ/T 88 城镇供热系统运行维护技术规程
- CJJ 95 城镇燃气埋地钢制管道腐蚀控制技术规程
- CJJ/T104 城镇供热直埋蒸汽管道技术规程
- CJJ/T153 城镇燃气标志标准
- CJJ203 城镇供热系统抢修技术规程
- CJJ/T 250 城镇燃气管道穿跨越工程技术规程
- CJJ/T 254 城镇供热直埋热水管道泄漏监测系统技术规程
- DL/T868 焊接工艺评定规程
- DL/T 5072 火力发电厂保温油漆设计规程
- JGJ 111 建筑与市政工程地下水控制技术规范
- JGJ 120 建筑基坑支护技术规程
- HS/T3811 喷涂聚脲防护材料
- JB/T3223 焊接材料质量管理规程

- JB/T12936 旋转补偿器
- NB/T 47013.2-2015 承压设备无损检测 第2部分：射线检测
- NB/T 47013.3-2015 承压设备无损检测 第3部分：超声检测
- NB/T 47013.4-2015 承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测
- NB/T 47013.5-2015 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
- NB/T47014 承压设备用焊接工艺评定
- NB/T 47018 承压设备用焊接材料订货技术条件
- NB/T 47054 整体式绝缘接头
- SY/T 0061 埋地钢质管道外壁有机防腐层技术规范
- SY/T 0087.1 钢制管道及储罐腐蚀评价标准 埋地钢质管道外腐蚀直接评价
- SY/T 0095 埋地镁牺牲阳极试样实验室评价的试验方法
- SY/T 0096 强制电流深阳极地床技术规范
- SY/T0315 钢质管道单层熔结环氧粉末外涂层技术规范
- SY/T 0407 涂装前钢材表面处理规范
- SY/T0447 埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层技术标准
- SY/T 0516 绝缘接头与绝缘法兰技术规范
- SY/T 5257 油气输送用感应加热弯管
- SY/T 6784 钢质储罐腐蚀控制标准
- SY/T 6793 油气输送管道线路工程水工保护设计规范
- SY/T 7368 穿越管道防腐层技术规范
- YB/T 029 通用型球形补偿器技术条件
- YB/T 5059 低碳钢冷轧钢带
- TSG Z6002 特种设备焊接操作人员考核细则
- TSG D7003 压力管道定期检验规程—长输（油气）管道
- TSG D7004 压力管道定期检验规则
- TSG D7005 压力管道定期检验规则—工业管道
- JGJ141 通风管道技术规程
- T/CDHAXXXX 城镇供热直埋保温塑料管道技术规程
- T/ CDHAXXXX 预制架空和综合管廊热水保温管及管件
- T/ CDHAXXXX 预制架空和综合管廊蒸汽保温管及管件
- ASTM E45 钢中夹杂物含量测定的标准试验方法
- ASTM E112 测定平均晶粒度的标准试验方法
- ASTM E1268 评定显微组织带状物等级或取向的标准实施规范

### 3 术语与定义

本章术语和定义适用于本标准文件。

#### 3.1

**公用管道 Public Pipeline**

城市或乡镇范围内的属于公用事业的市政燃气管道和市政热力管道。

### 3.2

#### **公称压力 (PN) nominal pressure**

按 GB/T1048 的定义, 由字母 PN 和无因次整数数字组成, 代表管道组成件的压力等级。

### 3.3

#### **公称直径 (DN) nominal diameter**

按 GB/T1047 的定义, 由字母 DN 和无因次整数数字组成, 代表管道组成件的规格。

### 3.4

#### **管道 piping**

由管道组成件和管道支撑件组成, 用于输送、分配、混合、分离、排放、计量、控制或制止流体流动的钢管、管件、法兰、螺栓连接、垫片、阀门和其他组成件或受压部件的装配总成。

### 3.5

#### **管道组成件 piping components**

用于连接或装配成压力密封的管道系统机械元件, 包括钢管、管件、法兰、垫片、紧固件、阀门、安全保护设施以及诸如膨胀节、挠性接头、耐压软管、过滤器、管路中的仪表 (如孔板) 和分离器等。

### 3.6

#### **燃气 gas**

气体燃料的总称。一般指从地区性的气源点, 通过输配系统供给居民生活、商业、工业企业生产、采暖通风和空调等各类用户公用性质的, 且符合燃气质量要求的燃气。城镇燃气一般包括天然气、液化石油气和人工煤气。

### 3.7

#### **用户引入管 building service pipe**

室外配气支管与用户室内燃气进口管总阀门 (当无阀门时, 指距离室内地面 1.0m 高处) 之间的管道。

### 3.8

#### **管道受压元件 Pipeline pressure element**

是指压力管道中按几何形状划分的基本承压单元。其设计强度取决于介质压力, 例如管体、封头、接管、法兰、螺栓和盲板等。

### 3.9

#### **强度 strength**

是指表示工程材料抵抗断裂和过度变形的力学性能之一。常用的强度性能指标有拉伸强度和屈服强度 (或屈服点)。铸铁、无机材料没有屈服现象, 故只用拉伸强度来衡量其强度性能。高分子材料也采用拉伸强度。承受弯曲载荷、压缩载荷或扭转载荷时则应以材料的弯曲强度、压缩强度及剪切强度来表示材料的强度性能。

### 3.10

#### **塑性 plasticity**

是指在一定外力下, 表现固体物质具有抗变形的能力。

### 3.11

#### **韧性 toughness**

表示材料在塑性变形和断裂过程中吸收能量的能力。

### 3.12

#### **工况 operating mode condition**

工作压力、工作温度、载荷、安全附件状态、周围环境等的统称

### 3.13

#### **焊接 welding**

焊接，也称作熔接、镕接，是一种以加热、高温或者高压的方式接合金属或其他热塑性材料如塑料的制造工艺及技术。

### 3.14

#### **热处理 heat treatment**

是指材料在固态下，通过加热、保温和冷却的手段，以获得预期组织和性能的一种金属热加工工艺。

### 3.15

#### **脆断 brittle fracture**

一般指钢结构在拉应力状态下没有出现警示性的塑性变形而突然发生的脆性断裂。

### 3.16

#### **综合管廊 utility tunnel**

在城市地下建造的隧道空间，其将电力、通信，燃气、供热、给排水等各种工程管线集于一体，设有专门的检修口、吊装口和监测系统。

### 3.17

#### **钢管 steel pipe**

具有空心截面，其长度远大于直径或周长的钢材。按截面形状分为圆形、方形、矩形和异形钢管；按材质分为碳素结构钢钢管、低合金结构钢钢管、合金钢钢管和复合钢管；按用途分为输送管道用、工程结构用、热工设备用、石油化工工业用、机械制造用、地质钻探用、高压设备用钢管等；按生产工艺分为无缝钢管和焊接钢管，其中无缝钢管又分热轧和冷轧(拔)两种，焊接钢管又分直缝焊接钢管和螺旋缝焊接钢管。

### 3.18

#### **钢制对焊管件 steel butt welding pipe fitting**

一种是用焊管制造的管件，对管件制造厂来说，采用焊管的成形工艺与采用无缝管的成形工艺基本相同。在不同的领域和行业中广泛使用和推广，在使用中适用的范围不同，需要使用的环境也不同，需要按照一定的条件进行使用。

### 3.19

#### **夏比冲击试验 Charpy impact test**

是用以测定金属材料抗缺口敏感性(韧性)的试验。制备有一定形状和尺寸的金属试样，使其具有 U 形缺口或 V 形缺口，在夏比冲击试验机上处于简支梁状态，以试验机举起的摆锤作一次冲击，使试样沿缺口冲断，用折断时摆锤重新升起高度差计算试样的吸收功，即为  $A_{Ku}$  和  $A_{Kv}$ 。

可在不同温度下作冲击试验。吸收功值(焦耳)大,表示材料韧性好,对结构中的缺口或其他的应力集中情况不敏感。对重要结构的材料近年来趋向于采用更能反映缺口效应的 V 形缺口试样做冲击试验。

### 3.20

#### **聚乙烯管道 Polyethylene (PE) gas Pipe**

由燃气用聚乙烯管材、管件、阀门及附件组成的管道系统。聚乙烯管材是用聚乙烯混配料通过加热熔融挤出成型工艺生产的管材;聚乙烯管件是用聚乙烯混配料通过注塑成型等工艺生产的管件。

### 3.21

#### **球墨铸铁管 ductile cast iron pipe**

球墨铸铁管是指使用 18 号以上的铸造铁水经添加球化剂后,经过离心球墨铸铁机高速离心铸造成的管材,简称为球管、球铁管和球墨铸管等。主要用于自来水和低压燃气的输送。

### 3.22

#### **焊接钢管 welded steel pipe**

是指用钢带或钢板弯曲变形为圆形、方形等形状后再焊接成的、表面有接缝的钢管,焊接钢管采用的坯料是钢板或带钢。

### 3.23

#### **无缝钢管 seamless steel pipe**

是指由整块金属制成的,表面上没有接缝的钢管。根据生产方法,无缝管分热轧管、冷轧管、冷拔管、挤压管、顶管等。按照断面形状,无缝钢管分圆形和异形两种,根据用途不同,有厚壁管和薄壁管。

### 3.24

#### **镇静钢 killed steel**

镇静钢是指完全脱氧的钢,即氧的质量分数不超过 0.01%。优质钢和合金钢一般都是镇静钢。

### 3.25

#### **晶粒 grain**

是指结晶物质在生长过程中,由于受到外界空间的限制,未能发育成具有规则形态的晶体,而只是结晶成颗粒状。金属结晶时,每个晶粒都是由一个晶核长大而成的,因此晶粒的大小取决于晶核的数目和晶粒长大速度的相对大小。

### 3.26

#### **落锤撕裂试验 (DWTT) Drop-Weight Tear Test**

检验钢板全断面韧性的一种方法,接近实物的服役条件。按照 API 51.标准或 GB 8363 进行。试验原理为:用一定高度的落锤或摆锤一次性冲断处于简支梁状态的试样,并评定试样断裂面上的剪切面积百分数。

### 3.27

#### **压扁试验 flattening test**

是用以检验金属管压扁到规定尺寸的变形性能,并显示其缺陷的一种试验方法。在进行压扁试验时,将试样放在两个平行板之间,用压力机或其他方法,均匀地压至有关的技术条件规定的

压扁距（用管子外壁压扁距或内壁压扁距，以毫米表示），检查试样弯曲变形处，如无裂缝、裂口或焊缝开裂，即认为合格。

### 3.28

#### **导向弯曲试验 guided-bend Test**

用于检验金属材料承受规定弯曲角度的弯曲变形性能的一种方法。将一定形状和尺寸的试样放置于弯曲装置上，以规定直径的弯心将试样弯曲到所要求的角度后，卸除试验力检查试样承受变形性能。

### 3.29

#### **高频焊接钢管 (HFW steel pipe) High frequency welding steel pipe**

高频电流焊接钢管。高频电流通过金属导体时，会产生集肤效应和邻近效应，集肤效应使高频电流的能量集中在工件的表面；邻近效应可控制高频电流流动路线的位置和范围。在很短的时间内将相邻的钢板边部加热，熔融，并通过挤压实现对接。

### 3.30

#### **螺旋缝埋弧焊钢管 (SSAW steel pipe) Spiral submerged arc welded steel pipe**

是指采用埋弧焊工艺，焊制而成的带有螺旋缝的金属管。

### 3.31

#### **埋弧焊直缝钢管 (LSAW steel pipe) Longitudinal submerged arc welding**

埋弧焊直缝钢管采用的焊接工艺为埋弧焊技术，采用填充物焊接，颗粒保护焊剂埋弧。生产的口径可以达到 1500mm,LSAW 是埋弧焊直缝钢管的英文简称，埋弧焊直缝钢管的生产工艺有 JCOE 成型技术、卷制成型埋弧焊技术。

### 3.32

#### **扩径 hole enlargement**

扩径（胀形）工序，是一种依靠材料的拉伸，将直径较小的空心零件或管毛坯，在半径方向上向外扩张的加工方法。有热扩径和冷扩径两种方式。

### 3.33

#### **管件 pipe fittings**

弯头、弯管、三通、异径接头和管封头等管道上各种异形连接件的统称。

### 3.34

#### **冷弯管 cold bends**

在不加热条件下，用模具(或夹具)将直管弯制成需要角度的弯管。

### 3.35

#### **热煨弯管 hot bends**

在加热条件下，在夹具上将直管弯曲成需要角度的弯管。

### 3.36

#### **管道支座 pipe support**

管道支座是直接支承管道并承受管道作用力的管路附件。它的作用是支撑管道和限制管道位移。支座承受管道重力和由内压、外载荷温度变化引起的作用力，并将这些荷载传递到建筑结构或地面的管道构件上。

**3.37****管法兰 flanged fitting**

法兰，用于管端之间的连接，管道装置中配管用。法兰连接，是指由法兰、垫片及螺栓三者相互连接作为一组组合密封结构的可拆连接。法兰上有孔眼，螺栓使两法兰紧连。法兰间用衬垫密封。法兰都是成对使用的。

**3.38****绝缘接头（绝缘法兰） insulating joint (insulating flange)**

对同时具有埋地钢质管道要求的密封性能和电法腐蚀防护工程要求的电绝缘性能接头的统称。

**3.39****阀门 valve**

阀门是用来开闭管路、控制流向、调节和控制输送介质的参数（温度、压力和流量）的管路附件。根据其功能，可分为关断阀、止回阀、调节阀等。

**3.40****钢塑转换接头 transition fitting for PE plastic pipe to steel pipe**

在燃气管网系统中用于钢管转换为 PE 塑管或 PE 塑管转换为钢管时的转换连接件。

**3.42****燃气发热量 gas heating value**

一定体积或质量的燃气所能放出的热量称为燃气的发热量，也称为燃气的热值。

**3.42****燃气互换 interchangeability of gases**

一燃气具以 a 燃气为基准进行设计，以 s 燃气置换 a 燃气，如果燃烧器不加任何调整而保证燃具正常工作，则称 s 燃气对 a 燃气具有“互换性”。

**3.43****水露点 water dew point**

指天然气在某一压力下，水汽达到最大饱和值时的温度。

**3.44****烃露点 hydrocarbon dew point**

指在一定压力下从天然气中开始凝结出烃类液体的温度。天然气的烃露点与天然气的压力和组成有关。

**3.45****设计压力 design pressure (DP)**

设计压力是指在相应设计温度下用以确定压力管道壁厚的压力，其值不得小于管道的最大工作压力。

**3.46****设计温度 design temperature**

设计温度为压力管道设计条件之一，它是指管道在正常情况下，设定元件的金属温度（沿元件金属截面的温度平均值）。设计温度与设计压力一起作为设计条件。

3.47

**最高工作压力 (MOP) maximum operating pressure**

是指在正常操作情况下，管道内部可能出现的最高压力。

3.48

**设计荷载 design load**

所有部件在任何规定期间不发生破坏而承受的荷载。

3.49

**柔性分析 flexibility analysis**

是指通过应力计算验证管道通过自身变形吸收热胀、冷缩和其他位移变形的能力。

3.50

**弹性敷设 elastic installation**

管道在外力或自重作用下产生弹性弯曲变形，利用这种变形进行管道敷设的一种方式。

3.51

**定向钻 directional drilling**

定向钻是工程技术行业的一种管道施工工艺。由大型的定向钻机进行定位钻孔、扩孔、清孔、管道回拖等过程。一般多用于石油、天然气以及一些市政管道建设。

3.52

**入出土角 Entrance angle \Unearthed corner**

定向钻管道施工工艺中的重要参数，涉及穿越深度和长度。

3.53

**顶管法 hume concrete pipe jacking**

是指隧道或地下管道穿越铁路、道路、gia 河流或建筑物等各种障碍物时采用的一种暗挖式施工方法。在施工时，通过传力顶铁和导向轨道，用支承于基坑后座上的液压千斤顶将管压入土层中，同时挖除并运走管正面的泥土。当第一节管全部顶入土层后，接着将第二节管接在后面继续顶进，这样将一节管子顶入，作好接口，建成涵管。顶管法适于修建穿过已成建筑物、交通线下方的涵管或河流、湖泊。顶管按挖土方式的不同分为机械开挖顶进、挤压顶进、水力机械开挖和人工开挖顶进等。

3.54

**盾构法 shield method**

是暗挖法施工中的一种全机械化施工方法。它是将盾构机械在地中推进，通过盾构外壳和管片支承四周围岩防止发生往隧道内的坍塌。同时在开挖前方用切削装置进行土体开挖，通过出土机械运出洞外，靠千斤顶在后部加压顶进，并拼装预制混凝土管片，形成隧道结构的一种机械化施工方法。

3.55

**矿山法 mine tunneling method**

是指用开挖地下坑道的作业方式修建隧道的施工方法。

3.56

**管道补偿 Pipe thermal compesation**



防止管道因温度升高引起热伸长产生的应力而遭到破坏所采取的措施。主要是利用管道弯曲管段的弹性变形或在管道上设置补偿器。

### 3.57

#### **无损检测 non-destructive testing**

是指在不损害或不影响被检测对象使用性能,不伤害被检测对象内部组织的前提下,利用材料内部结构异常或缺陷存在引起的热、声、光、电、磁等反应的变化,以物理或化学方法为手段,借助现代化的技术和设备器材,对试件内部及表面的结构、性质、状态及缺陷的类型、性质、数量、形状、位置、尺寸、分布及其变化进行检查和测试的方法。

### 3.58

#### **防腐层补口**

对管道连接处或者外防腐层损伤处而进行的防腐措施。

### 3.59

#### **固定口 Fixed weld**

固定焊口是相对转动焊口而言的焊口方式。工件焊口因现场条件要求或工件本身条件限制,焊口只能固定。固定焊口在安装焊接时,只有唯一的方向焊接口,这种焊口焊接难度大,无损检测的比例高。

### 3.60

#### **对口器 Pipeline counterpart**

是在管道安装时,调整管-管对接接头组对用时的工艺装置。通常根据使用位置分为管内对口器和管外对口器;有液压、气动和机械等形式。

### 3.61

#### **热熔对接 fusion-jointing**

是指 PE 管道经过加热升温至(液态)熔点后的一种连接方式。广泛应用于 PP-R 管、PB 管、PE-RT 管、金属复合管、曲弹矢量铝合金衬塑复合管道系统等新型管材与管件连接。

### 3.62

#### **电熔连接 electrofusion-jointing**

用专用的电熔连接管件和电熔焊机,使铜丝发热实现熔接。

### 3.63

#### **清管球(器) pipe scraper**

可在管道内独立运行,清理管道内杂质、积垢等或者检测工作的设备。

### 3.64

#### **强度试验 strength test**

是指测定材料或结构承受力而不发生破坏的能力所进行的试验。

### 3.65

#### **严密性试验 leak test**

是指为了保证管道完全严密,在投产前所进行的试漏过程。

### 3.66

#### **设计使用年限 design working life**

是设计规定的一个时期。在这一规定的时期内，工程设施只需要进行正常的维护而不需进行大修就能按预期目的使用。

### 3.67

#### **燃气置换 gas displacement**

燃气管道建设或维修完成后，将管道中的空气置换为燃气的过程。

### 3.68

#### **燃气转换 gas conversion**

燃气管道由于某种原因，需要由一种燃气转换成另一种燃气的过程。

### 3.69

#### **管道支吊架 pipe-supporting elements**

将管道荷载、包括管道自重、输送介质重量由于压力和温差造成的荷载以及振动、风力、雪载、冲击和位移应变引起的荷载等传递到管架结构上的元件。

### 3.70

#### **管架 pipe trestle**

支承管道的构筑物，管道通过支承件将荷重和推力传递到管架上，管架由钢结构或钢筋混凝土结构构成。

### 3.71

#### **质量证明书 inspection certificate**

材料质量证明（检验文件）的一种形式。由制造厂生产部门以外的独立授权部门或人员，按照标准及合同的规定，按批在交货产品上（或取样）进行检验和试验，并注明结果的检验文件。

制造厂质量证明书由独立于生产部门的制造厂检验部门签署并批准生效。法律法规有规定的，由法定检验检测机构出具监督检验证明。

### 3.72

#### **额定值 rating value**

标准规定的管道组成件压力值。

### 3.73

#### **安全泄放装置 safety relief device**

事故情况下，安全泄放装置自动开启，泄放流体，以防止系统内压力超过预定的安全值，热力管道上常用的安全泄放装置为安全阀。

### 3.74

#### **安全阀 safety valve**

安全阀是一种安全保护用阀，它的启闭件受外力作用下处于常闭状态，当管道内的介质压力升高，超过规定值时自动开启，通过向系统外排放介质来防止管道内介质压力超过规定数值。

### 3.75

#### **安全阀整定压力 set pressure of the safety valve**

整定压力是指在运行条件下，安全阀阀瓣开始开启时的预定压力，是在阀门进口处测量的表压力。

### 3.76

**最大泄放压力 maximum relieve pressure**

最大泄放压力指在泄放状态下，安全阀阀瓣达到规定开启高度时的最大进口压力。

**3.77****安全泄放量 required relief capacity**

为防止系统超压，安全泄放系统必须泄放的流量。

**3.78****泄放面积 relief area**

安全泄放时的净流通面积。

**3.79****长输供热管网 Long-range heating network**

自热源至主要供热负荷区长度超过 20km，且无分支接出的输送干线。

**3.80****一级供热管网 primary heating network**

由热源至热力站的供热管网。

**3.81****二级供热管网 secondary heating network**

由热力站至热用户的供热管网。

**3.82****塑料管 plastic pipes**

由高分子材料复合制成的管道。供热中主要使用 II 型耐热聚乙烯（缩写为 PE-RT II）；聚丁烯（缩写为 PB）。

**3.83****钢塑复合管 plastic-steel-plastic composite pipes**

由耐热聚乙烯（PE-RT II）和增强钢带复合挤出成型的塑料管。

**3.84****工作管 working pipe**

用于输送介质的管道。

**3.85****保温层 insulating layer**

工作管与外护管之间，为保持管道输送介质温度而设置的保温材料层。

**3.86****外护管 outer protecting pipe**

保护保温层免受地下水侵蚀，运输、施工过程中不遭破坏，保证工作管正常工作的外防护层。

**3.87****预制直埋保温管 prefabricated direct buried heat insulation pipe**

由工作钢管、聚氨酯泡沫保温层、外护管三者紧密结合的保温结构，可以直接埋设于土壤中、输送热水的预制保温管。

**3.88**

**预制保温塑料管 prefabricated plastic insulation pipe**

工作管为塑料管的预制直埋保温管。

**3.89**

**预制保温钢塑复合管 prefabricate insulating plastic-steel-plastic composite pipes**

工作管为钢塑复合管的预制直埋保温管。

**3.90**

**预制直埋蒸汽保温管 prefabricated direct buried steam insulation pipe**

由工作钢管、保温层、外护管形成的保温结构，可以直接埋设于土壤中、输送蒸汽的预制保温管。

**3.91**

**保温管补口 heat preservation pipe patch cut**

热水和蒸汽管道连接处的保温层、外护管及防腐层的接口处理。

**3.92**

**防腐层 antiseptic layer**

为防止外护钢管腐蚀而在其表面覆盖并紧密结合的耐腐蚀材料层。

**4 公用管道分级**

公用管道（GB类）划分为GB1级和GB2级：

GB1级：公用燃气管道；

GB2级：公用热力管道。

**5 材料**

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 应根据操作工况、制作安装环境（包括焊接、冷热加工以及热处理等方面）、介质特性和试验要求等具体使用条件以及本部分规定的材料使用要求和限制，选择适用和安全的管道组成件材料。

**5.1.2** 受压元件(螺栓除外)用材料应有足够的强度、塑性和韧性，在最低使用温度下应具备足够的抗脆断能力。

**5.1.3** 在管道上直接焊接的管道附件宜采用与管道相同的材料；当几种不同的材料组合使用时，应考虑可能产生的不利影响。

**5.1.4** 管道材料应具备易获得性和相对经济性。

**5.1.5** 管道组成件应当具有规定的产品标记，采购时还应提供质量文件。

**5.2 焊接材料**

**5.2.1** 焊接材料的品种和型号应符合焊接工艺规程的要求。

**5.2.2** 焊接材料的供货技术条件、产品类型、尺寸、公差和标志应符合 GB/T 25775 的规定。

**5.2.3** 焊接材料的采购应符合 GB/T 25778 的规定。

**5.2.4** 焊接材料（焊条、焊丝及填充丝、焊剂及焊接用气体）在采购、验收、仓储及使用过程中的管理应符合 JB/T 3223 的规定。

**5.2.5** 焊接材料采购基本要求、批量标识、组批规则、质量证明、复验、保管和运输应符合 NB/T 47018.1 的规定。

**5.2.6** 焊接材料的技术要求、熔敷金属弯曲试验、试验方法和产品标识应符合 NB/T47018.2~4 的规定。

**5.2.7** 保护气体的纯度和干燥度应满足焊接工艺规程的要求。

**5.2.8** 保护气体应达到规定的纯度。二氧化碳气体纯度不宜低于 99.5%，含水量和含氧量不超过 0.1%，气路系统中应设置干燥器和预热装置。氩气纯度不宜低于 99.96%。

### 5.3 燃气管道材料

#### 5.3.2 材料的使用限制

**5.3.2.1** 管材选用球墨铸铁时，管道设计压力不应大于0.4MPa，最低使用温度为0℃。管道接口应使用机械接口，密封圈应选用不受输送介质影响密封性能的材料。

**5.3.2.2** 管材不得选用灰口铸铁和可锻铸铁材料。敷设在综合管廊的燃气管道应选用钢管。

**5.3.2.3** 管材选用钢管及钢制对焊管件时，应符合表1的规定。

**表1 钢管及钢制对焊管件**

标准	材料牌号或等级	使用限制
GB/T3091	A级钢	设计压力不大于0.2MPa 免除冲击试验的最低使用温度-10℃（壁厚不大于10mm）
	除A级钢外	设计压力不大于0.4MPa 免除冲击试验的最低使用温度-10℃（壁厚不大于10mm）
GB/T8163	10、20	设计压力不大于1.6MPa 免除冲击试验的最低使用温度大于-20℃（壁厚不大于16mm）
GB/T9711	PSL2	设计压力不大于4.0MPa。 设计压力不大于1.6MPa时，免除冲击试验的最低使用温度大于-20℃
GB/T13401	CF370	设计压力不大于0.2MPa 免除冲击试验的最低使用温度-10℃
	CF415、CF485	设计压力不大于1.6MPa 免除冲击试验的最低使用温度-20℃

**5.3.2.4** 管材选用聚乙烯燃气管材时，应符合下列规定：

a) 工作温度为-20℃~40℃，设计压力不大于 0.4MPa。

b) 在输送人工煤气和液化石油气时，应考虑燃气中存在的其他组分（如：芳香烃、冷凝液）对管材性能的影响。

c) 聚乙烯管材焊制成型的管件不得用于聚乙烯燃气管道系统。

d) 聚乙烯燃气管道严禁露明敷设。

#### 5.3.3 球墨铸铁管道和钢管材料

**5.3.3.1** 机械接口球墨铸铁管道应符合 GB/T13295 的规定；

**5.3.3.2** 焊接钢管或无缝钢管应符合 GB/T3091、GB/T8163、GB/T9711 或不低于上述标准相应技术要求的其它钢管标准的规定。

**5.3.3.3** 对于设计压力大于 1.6MPa 的钢制燃气管道还应根据管道服役环境的最低设计温度提出夏比冲击试验要求。

**5.3.3.4** 按 GB/T9711 选用钢管时，钢管的产品标准水平不应低于 PSL2 级，钢级不应低于 L245。且应符合下列要求：

a) 制管用的钢材应采用吹氧碱性转炉工艺或电炉工艺冶炼。钢应为细晶粒的镇静钢，晶粒尺寸应为 ASTM E112 或 GB/T4335 的 No.7 级或更细。管径大于等于 DN900 的钢管中 A、B、C、D 类非金属夹杂物级别均不应大于 ASTM E45 中的 2 级。带状组织应不大于 ASTM E1268 中的 3 级。

b) 静水压试验应对每根钢管进行，试验过程中整个焊缝或管体无泄漏，试验后无形状的变化和管壁凸起。

c) 夏比 V 型冲击试验 CVN、落锤撕裂试验 DWTT 应从钢管上截取样品进行。并应符合下列要求：

1) 对于钢管的焊缝和热影响区，3 个试样夏比冲击功平均最小值应为 40J，单个试样最小值应为 30J；

2) 夏比 V 型缺口冲击试验温度为-5℃。如果管道的最低设计温度低于 0℃，可在最低设计温度下进行试验。

3) 对于钢级不低于 L360，管径在 508 mm~1219 mm 之间的钢管，应进行落锤撕裂试验。落锤撕裂试验(DWTT)的剪切面积要求和试验温度应符合 GB/T34275 的有关规定。

d) 设计文件应对管体提出防止裂纹长程扩展的止裂韧性要求，焊缝、热影响区提出防止启裂的韧性要求。

e) 对于 HFW 钢管，应做压扁试验。

f) 所有规格的埋弧焊钢管焊缝应进行导向弯曲试验。

**5.3.3.5** 用于生产螺旋缝埋弧焊钢管的钢板或板卷的宽度不得小于钢管外径，也不得大于钢管外径的 2.5 倍。钢板或板卷不应含有任何补焊焊缝，制管过程中也不允许进行补焊。

**5.3.3.6** 当对直缝埋弧焊管进行冷扩径时应采用全长冷扩径，冷扩径技术要求见表 2。

**表 2 燃气管道用钢管冷扩径技术要求**

钢管种类	技术要求
SAW	直缝埋弧焊钢管应全长扩径。扩径量范围为 0.4%~1.4%。即： $0.4\% \leq \frac{\text{扩径后外径} - \text{扩径前外径}}{\text{扩径前外径}} \times 100\% \leq 1.4\%$ 管径不小于 711 mm 螺旋缝埋弧焊管管端 150 mm 范围内应冷扩径；管端扩径量范围为 0.3%~0.6%。
HFW	可采用扩径或减径的方法将钢管定径至最终尺寸。定径比 Sr 不超过 1.5%，即： $\frac{ \text{定径后外径} - \text{定径前外径} }{\text{钢管规定外径}} \times 100\% \leq 1.5\%$

### 5.3.4 钢制弯管

**5.3.4.1** 冷弯管可采用直缝埋弧焊钢管（SAWL）、螺旋缝埋弧焊钢管（SAWH）和无缝钢管制作。设计压力大于 4.0MPa 的燃气管道用冷弯管应采用直缝埋弧焊钢管（SAWL）和无缝钢管制作。弯管用母管应符合第 5.3.3 节规定。

**5.3.4.2** 冷弯管宜选用同钢级、同规格、同批次的线路用钢管制作。冷弯管的弯制角度、弯制工艺与质量检验应符合设计文件及现行相关技术规范的要求；

**5.3.4.3** 热煨弯管可采用具有相同或相近的钢级、化学成分、力学性能和尺寸偏差的管道用钢管制作。用于制作热煨弯管的钢管应具有良好的再次热加工性能和不出出现裂纹等缺陷的能力。

**5.3.4.4** 不得采用螺旋缝钢管制作热煨弯管，用于制作热煨弯管的钢管不允许有对接的环焊缝，其壁厚应有足够的裕量以满足由于感应加热弯制带来的外弧侧壁厚减薄。

**5.3.4.5** 热煨弯管的制作与质量应符合设计文件及 GB/T 29168.1 的要求；

**5.3.4.6** 热煨弯管、冷弯弯管的外观和主要尺寸应按表 3 的要求执行。

**表 3 热煨弯管、冷弯弯管的外观和主要尺寸要求**

种类	曲率半径	外观和主要尺寸	其他规定
热煨弯管	$\geq 5D$	无褶皱、裂纹、重皮、机械损伤；两端椭圆度小于或等于 1.0%，其他部位的椭圆度不应大于 2%，外径偏差 +2,-1，壁厚减薄量 $\leq 9\%$ 壁厚，弯曲半径小于等于 1000mm 时，允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ；弯曲半径大于 1000mm 时，允许偏差为 $\pm 0.5\%$ ，弯曲平面度 $\leq 7.0\text{mm}$ 。	应满足清管器和探测仪器顺利通过；端部直管段 $\geq 1D$ 且不小于 0.5m。
冷弯弯管	$\geq 40DN$	无裂纹，机械损伤，弯管椭圆度小于 2.0%，弯曲角度误差在 $\pm 0.2^\circ$ ，其平面度不大于 8mm 冷弯管褶皱深度 $\leq 3\text{mm}$ 。	端部 2m 的直管段

注：D 为管道外径，DN 为冷弯弯管的公称直径。

### 5.3.5 钢质管道用管件

**5.3.5.1** 钢质管道用管件的原材料应具有要求的韧性和热处理状态，并适合与钢质管道用管材技术条件等相应标准要求的管件、法兰和钢管进行现场焊接。

**5.3.5.2** 制造管件的原材料应为各类锻件、板材、无缝管或有填充金属的焊接钢管。弯头本体不应有丁字或环形焊缝。

**5.3.5.3** 当管件与连接钢管焊接需要预热时，制造商应说明规定的预热条件，并在管件上做出永久性标记。

**5.3.5.4** 弯头、异径管、三通、管帽等管件的类型与参数应符合设计及 GB/T 12459 的规定；技术要求应符合 GB/T13401 的规定。并应符合以下要求：

- a) 管件表面不应有裂纹，过热、过烧等；
- b) 管件内外表面应光滑、无有损强度及外观的缺陷，如结疤、划痕、起皮等；
- c) 不应用焊接方式对管件焊缝错边超标部分进行修补；

d) 设计压力大于 4.0MPa 的弯头、三通、异径管、管帽等的管件材质应采用较高等级（如 CF 应带后缀字母 K；AF 应带后缀字母 G），CVN 冲击试验要求与管道相同。

**5.3.5.5** 管支座应符合 GB/T 19326 的规定。

**5.3.5.6 管法兰应符合下列要求：**

- a) 法兰的尺寸和几何形状误差值应符合设计及相关标准的规定；
- b) 法兰密封面应光滑、平整，不应有毛刺、径向划痕、砂眼及气孔；
- c) 对焊法兰的尾部坡口处不应有碰伤；
- d) 螺纹法兰的螺纹应完好；
- e) 法兰连接件螺栓、螺母、垫片应符合装配要求，不应有影响装配的划痕、毛刺、翘边等。
- f) 选用法兰标准中规定的在设计温度下最高允许工作压力不得低于管道设计压力。

**5.3.5.7 绝缘接头(法兰)应符合 SY/T0516 或 NB/T 47054 整体式绝缘接头的相关要求。并应符合下列要求：**

- a) 绝缘接头(法兰)外观应平整、端部坡口内侧以及锻件本体内侧应与所接管道的内侧齐平。对焊坡口不应有严重的损伤；
- b) 表面涂层用设计规定的绝缘电压值进行电火花检测应无漏电；
- c) 绝缘接头压力等级应符合设计要求。绝缘接头的绝缘电阻值应大于 10MΩ。

**5.3.6 阀门****5.3.6.1 钢制阀门的设计、制造、测试和文件的要求应符合相关产品标准的要求。****5.3.6.2 聚乙烯燃气阀门应符合 GB 15558.3 中规定要求。****5.3.6.3 阀门应有产品合格证，带有伺服机械装置的阀门应有安装使用说明书。****5.3.7 聚乙烯燃气管材和管件****5.3.7.1 聚乙烯燃气管材的性能应符合 GB 15558.1 的规定。****5.3.7.2 聚乙烯燃气管件的性能应符合 GB 15558.2 的规定。****5.3.7.3 钢塑转换管件应符合 GB 26255.1 和 GB 26255.2 的规定****5.3.8 电化学防腐材料****5.3.8.1 锌合金阳极成分中锌的含量应不小于 99.314%，高纯锌合金阳极成分中锌的含量应不小于 99.99%，锌合金阳极化学成分应符合表 4 规定。****表 4 锌合金阳极化学成分**

元素	锌合金主要化学成分的质量分数%	高纯锌合金主要化学成分的质量分数%
Al	0.1~0.5	≤0.005
Cd	0.025~0.07	≤0.003
Fe	≤0.005	≤0.0014
Pb	≤0.006	≤0.003
Cu	≤0.005	≤0.002
其他杂质	总含量≤0.1	—

**5.3.8.2 镁合金牺牲阳极的性能测试应按 SY/T0095 进行。镁合金阳极化学成分应符合表 5 规定。****表 5 镁合金阳极化学成分**

元素	标准型主要化学成分的质量分数%	镁锰型主要化学成分的质量分数%
----	-----------------	-----------------



Mn	≥0.25	0.50~1.50
Al	5.0~7.0	≤0.05
Zn	2.0~4.0	≤0.03
Fe	≤0.005	≤0.03
Ni	≤0.003	≤0.002
Cu	≤0.08	≤0.02
Si	≤0.30	≤0.05
其他杂质	≤0.30	≤0.30
Mg	余量	余量

5.3.8.3 外加电流辅助阳极材料可选用高硅铸铁阳极、石墨阳极、钢铁阳极、导电聚合物柔性阳极和金属氧化物阳极。各阳极材料应符合相关标准的要求。

## 5.4 热力管道材料

### 5.4.1 工作管材

5.4.1.1 常用工作钢管和工作塑料管的材质及适用范围应符合表 6 的规定。

表 6 供热管道钢材钢号及适用范围

材 料	设计参数	管壁厚度
Q235B	$P \leq 2.5 \text{MPa}$ $t \leq 300^\circ\text{C}$	≤20mm
L290	$t \leq 200^\circ\text{C}$	不限
20、Q355、低合金钢	可用于本标准使用范围的全部参数	不限
耐热聚乙烯 (PE-RT II)、聚丁烯 (PB)、 钢塑复合管	$P \leq 1.0 \text{MPa}$ $t \leq 75^\circ\text{C}$	详见附录 A 和附录 B

5.4.1.2 工作钢管可采用无缝钢管、直缝钢管和螺旋缝钢管。钢管性能及尺寸公差应满足GB/T 8163、GB/T 9711、GB/T 1591和GB/T3091的规定。

5.4.1.3 常用工作管的力学性能、弹性模量和线膨胀系数等可按表 7~表 13 选取。

表 7 工作钢管材料的力学性能 (常温)

钢号	10	20	Q235B		L290	Q355	
厚度 (mm)	≤16	≤16	≤16	>16	<25	≤16	>16
抗拉强度最小值 (MPa)	335	410	375	375	415	470	470
屈服极限最小值 (MPa)	205	245	235	225	290	<b>320</b>	<b>310</b>

表 8 常用工作钢管材料的许用应力

钢管 类型	钢号	钢管标准	常温强度指标 (MPa)		在不同温度 (°C) 下的许用应力 (MPa)						
			$\sigma_b$	$\sigma_s$	≤20	100	150	200	250	300	350
焊接	Q235B	GB/T13793 GB/T3091	375	235	113	113	113	105	94	86	—

钢管类型	钢号	钢管标准	常温强度指标 (MPa)		在不同温度 (°C) 下的许用应力 (MPa)						
			$\sigma_b$	$\sigma_s$	≤20	100	150	200	250	300	350
钢管	Q355	GB/T 1591	470	355	156	156	156	156	149	135	129
	L290	GB/T9711	415	290	138	138	138	138	—	—	—
无缝钢管	20	GB/T8163	390	245	130	130	130	123	110	101	92

表 9 常用工作钢管材料弹性模量

钢材物理特性		弹性模量 E/ (10 <sup>4</sup> MPa)			
钢号		20	Q235B	L290	Q355
计算温度 (°C)	20	19.8	20.6	20.6	20.6
	100	18.2	20.0	20.0	20.0
	130	18.1	19.8	19.8	19.7
	140	18.0	19.7	19.7	19.6
	150	18.0	19.6	19.6	19.5
	200	17.5	19.2	—	18.9
	250	17.1	18.8	—	18.5
	300	17.0	18.4	—	18.1
	350	16.2	18.0	—	17.6

表 10 常用工作钢管材料线膨胀系数

钢材物理特性		线膨胀系数 $\alpha/10^{-6}[m/(m.K)]$			
钢号		20	Q235B	L290	Q355
计算温度 (°C)	20	11.2	12.1	12.1	12.1
	100	11.2	12.2	12.2	12.2
	130	11.4	12.4	12.4	12.4
	140	11.5	12.5	12.5	12.5
	150	11.6	12.6	12.6	12.6
	200	11.7	12.7	12.7	12.7
	250	11.8	12.8	—	12.8
	300	11.9	12.8	—	12.8
	350	12.0	—	—	12.8

表 11 常用塑料材料弹性模量

物理特性		弹性模量 E/ (MPa)		
管材材料		PE-RT II	PB	
计算温度 (°C)	-10	1850	512	
	0	1400	420	
	20	910	420	

	40	<b>510</b>	290	
	60	<b>330</b>	235	
	75	<b>220</b>	131	

表 12 常用塑料材料线性膨胀系数和导热系数

塑料管材	线性膨胀系数[m/ (m·k) ]	导热系数[W/ (m·K) ]
PE-RT II	$1.20 \times 10^{-4}$	0.42
PB	$1.30 \times 10^{-4}$	0.22

表 13 工作塑料管的拉伸屈服强度

管材材料	拉伸屈服强度 (MPa)					
	-10℃	0℃	20℃	40℃	60℃	75℃
PE-RT II	33	31	23	19	13	10
PB	21.5	8.9	18.2	16.8	14.9	11.5

**5.4.1.4** 常用工作塑料管及钢塑复合管道的材料、温度、压力及使用范围应符合附录 A 的规定。

**5.4.1.5** 工作钢管可选用性能高于 5.4.1.2 的钢质材料，其许用应力、弹性模量和线膨胀系数可按 GB/T 32270-2015 附录 A 选取，相应工作管壁厚应根据材料性能及管道受力情况重新计算，且所选用材料性能应满足相应规范的要求。

## 5.4.2 钢制管件

**5.4.2.1** 钢制管件的壁厚应符合设计规定，最小壁厚不应低于工作钢管直管的壁厚。

**5.4.2.2** 钢制管件应符合 GB/T 13401 和 GB/T 12459 的规定，煨制管件应符合 SY/T 5257 的规定。

工作管弯头应符合下列规定：

- a) 不得使用由直管段做成的斜接缝弯头。
- b) 弯头弯曲半径不宜低于 1.5D。

**5.4.2.3** 带焊缝管道煨制的弯管应符合下列规定：

a) 应对煨制前后整个弯管的焊缝进行磁粉或渗透检测，并且 100% 超声波检测，检测按照 NB/T 47013.4-2015 或 NB/T 47013.5-2015 执行，超声波检测按照 NB/T 47013.3-2015 执行，要求 I 级合格。

b) 制作弯管的母管性能应符合 GB/T 9711 的规定，不允许有对接的环焊缝，不允许对母管管体进行补焊。

**5.4.2.4** 钢管焊制三通应对支管开孔进行补强，承受主管轴向荷载较大的直埋敷设管道，应对三通主管进行补强。

**5.4.2.5** 异径管应采用压制或钢板卷制。直埋热水工作管异径管应采用同心异径管，且圆锥角不应大于 20°。

## 5.4.3 钢制阀门

**5.4.3.1** 蒸汽管道和热水管道阀门应采用钢制阀门。

**5.4.3.2** 直埋热水管道阀门应采用能承受轴向荷载的钢制全焊接式球阀或蝶阀，旁通阀门应与主阀门型式一致。球阀性能应符合 GB/T XXXXX 的规定，蝶阀性能应符合 GB/T XXXXX 的规定。保温阀门应符合 GB/T 35842 的规定。

**5.4.3.3** 蒸汽管道阀门宜为无盘根的截止阀、闸阀或蝶阀，截止阀性能应符合 GB/T 12235 的规定，

闸阀性能应符合 GB/T12234 的规定，蝶阀性能应符合 GB/TXXXX 的规定。

**5.4.3.4** 管道的放气阀和泄水阀应采用球阀，球阀性能应符合 GB/TXXXX 的规定。

#### **5.4.4 补偿器**

**5.4.4.1** 波纹补偿器的制造应符合 GB/T12777、GB/T35990、CJ/T402 等标准的规定。

**5.4.4.2** 套筒补偿器的制造应符合 CJ/T487 的规定。

**5.4.4.3** 旋转补偿器的制造应符合 JB/T12936 的规定。

**5.4.4.4** 球型补偿器的制造应符合 GB/T37261 和 YB/T 029 的规定。

#### **5.4.5 支架吊架**

**5.4.5.1** 管道支吊架的材料和质量应符合 GB/T 17116 的规定。

**5.4.5.2** 地下敷设管道固定支座的承力结构宜采用耐腐蚀材料，或采取可靠的防腐措施。

**5.4.5.3** 地沟、管廊及架空敷设供热管网中，如导向支座、滑动支座焊接在工作钢管上，应采取相应的隔热措施。

#### **5.4.6 塑料管及管件**

**5.4.6.1** 用于热水二级供热管网的塑料工作管可选用耐热聚乙烯（PE-RT II）管道、聚丁烯（PB）管道、钢塑复合管道等。

**5.4.6.2** 耐热聚乙烯（PE-RT II）管道及管件的外观、规格尺寸、性能等应符合 GB/T 28799.1、GB/T 28799.2、GB/T 2879.3 的规定。

**5.4.6.3** 聚丁烯（PB）管道及管件的外观、规格尺寸、性能等应符合 GB/T 19473.1、GB/T 19473.2、GB/T 19473.3 的规定。

**5.4.6.4** 钢塑复合管道及管件的外观、规格尺寸、性能等应符合 GB /T37263 的规定。

#### **5.4.7 保温材料**

**5.4.7.1** 直埋热水供热管道保温材料应选用硬质聚氨酯泡沫。硬质聚氨酯泡沫的性能应符合 GB/T29047、GB/T 34611 的规定。

**5.4.7.2** 架空（管沟）热水管道的保温材料可选用聚氨酯硬质泡沫，也可选用高温玻璃棉、纳米孔气凝胶绝热材料、岩棉、泡沫橡塑等无机保温材料。

- a) 硬质聚氨酯泡沫的性能应符合 GB/T29047 的规定。
- b) 高温玻璃棉的外观和性能应符合 GB/T 13350 的规定；
- c) 纳米孔气凝胶绝热材料的外观和性能应符合 GB/T 34336 的规定；
- d) 绝热用岩棉、矿渣棉及其制品的外观和性能应符合 GB/T 11835 的规定；
- e) 柔性泡沫橡塑绝热制品的外观和性能应符合 GB/T 17794 的规定。

**5.4.7.3** 蒸汽管道的保温材料可选用硅酸钙绝热制品、高温玻璃棉、纳米孔气凝胶绝热材料、岩棉等无机保温材料或聚氨酯硬质泡沫与无机保温材料组成的复合保温层。

- a) 硅酸钙绝热制品的外观和性能应符合 GB/T 10699 的规定；
- b) 其他保温材料的外观和性能详见 5.4.7.2 中的 a)、b)、c)、d)。

#### **5.4.8 外护材料**

**5.4.8.1** 用于直埋热水管道的外护材料应选用高密度聚乙烯或玻璃钢，高密度聚乙烯应符合 GB/T29047、GB/T34611 的规定，玻璃钢应符合 CJ/T129 的规定。

**5.4.8.2** 用于直埋蒸汽管道的外护管应选用钢管。钢管应符合 GB/T 8163、GB/T 9711 和 GB/T3091

的规定。

**5.4.8.3** 用于架空(管沟、综合管廊)管道的外护材料应根据敷设条件、环境条件选用合适的材料,可为采用彩钢板、热镀锌钢板、不锈钢板、铝板等材料。

- a) 彩钢板应符合GB/T 12754的规定;
- b) 热镀锌钢板应符合GB/T 2518的规定;
- c) 不锈钢板应符合GB/T 3280的规定;
- d) 铝板应符合GB/T 3880的规定。

#### **5.4.9 预制保温管道**

**5.4.9.1** 直埋热水管道应选用工作管、保温层及外护管三位一体的结构,且为工厂预制的保温管道。其设计寿命不应低于30年。直埋热水管道所选用的预制保温管道应符合GB/T 29047、GB/T 34611和CJ/T129的规定。

**5.4.9.2** 用于直埋热水二级管网的预制保温塑料管道应符合 CJ/T 480或GB /T37263的规定。

**5.4.9.3** 架空(管沟、综合管廊)热水管道应符合《预制架空和综合管廊热水保温管及管件》T/CDHA XXXX的规定。

**5.4.9.4** 直埋蒸汽管道应选用钢套钢结构的预制保温管道。其设计寿命不应低于25年。直埋蒸汽管道应符合CJ/T246或《城镇供热钢外护管真空复合保温预制直埋管及管件》GB/T XXXX的规定。

**5.4.9.5** 架空(管沟、综合管廊)蒸汽管道应符合《预制架空和综合管廊蒸汽保温管及管件》T/CDHAXXXX的规定。

#### **5.4.10 防腐材料**

**5.4.10.1** 聚乙烯防腐层应符合 GB/T23257 的有关规定;

**5.4.10.2** 纤维缠绕增强玻璃钢防腐层应符合 CJ/T129 的有关规定;

**5.4.10.3** 熔结环氧粉末防腐层应符合 SY/T0315 的有关规定;

**5.4.10.4** 环氧煤沥青防腐层应符合 SY/T0447 的有关规定;

**5.4.10.5** 聚脲防腐层应符合 HS/T3811 的有关规定。

#### **5.4.11 泄漏监测系统**

直埋热水保温管网泄漏监测系统的设备和材料,应符合CJJ/T 254 的规定。

### **5.5 材料标记和质量证明文件**

#### **5.5.1 材料标记**

**5.5.1.1** 材料标记应符合相应标准的规定和合同约定。

**5.5.1.2** 标记内容至少应包括:制造厂标识、产品规格、工作管材质、壁厚、生产日期等。

**5.5.1.3** 材料应逐件标记,标记应清晰、牢固。

#### **5.5.2 质量证明文件**

**5.5.2.1** 材料应具有相应的质量证明文件。

**5.5.2.2** 质量证明文件应包括标准以及合同规定的检验和试验结果,且具有可追溯性。进口材料还应提供原产地证明文件和入境货物检验检疫证明。

## 6 设计与计算

### 6.1 燃气管道设计

#### 6.1.1 一般规定

6.1.1.1 从事燃气管道工程设计的设计单位应具有国家法律、法规规定的资质要求。

6.1.1.2 管道输送的燃气质量应符合GB50494和GB50028的规定。

6.1.1.3 燃气发热量的波动，应在所确定的基准发热量的 $\pm 5\%$ 以内（供气合同另有规定的除外）。燃气组分的波动应符合燃气互换的要求。

6.1.1.4 管道输送的燃气水露点应比输送条件下最低环境温度低 $5^{\circ}\text{C}$ ；烃露点应低于最低环境温度；气体中硫化氢含量不应大于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

#### 6.1.2 设计条件

##### 6.1.2.1 设计压力

燃气管道的设计压力应根据上游气源条件、用户需要、工艺要求，经水力计算后综合确定，应不小于运行中可能出现的最大工作压力。必要时，还应附加满足事故工况分析和动态水力分析要求的安全裕量。

##### 6.1.2.2 设计温度

设计温度应综合管道内介质温度，管道运行条件和环境条件综合确定。不同管道组成件的设计温度可以不同。

##### 6.1.2.3 设计荷载

管道、管道附件、支撑固定件和支撑结构件，应根据管道结构形式、所处环境和运行条件，按下列可能同时出现的永久荷载、可变荷载和偶然荷载的组合后进行设计：

a) 永久荷载：

- 1) 管道内压；
- 2) 管道内介质重量；
- 3) 管道及其附件、绝缘层、保温层、结构附件的重量；
- 4) 横向和竖向的土压力；
- 5) 管道内介质静压力和水浮力；
- 6) 温度作用荷载以及静止流体由于受热膨胀而增加的应力；
- 7) 连接构件相对位移而产生的作用力。

b) 可变荷载：

- 1) 试压时的水重量；
- 2) 架空管道上的冰荷载、雪荷载；
- 3) 内部高落差或外部风、浪、水流等因素产生的冲击力；
- 4) 车辆及行人等地面荷载；
- 5) 清管荷载；
- 6) 检修荷载；
- 7) 施工过程中的各种作用力。

c) 偶然荷载：

- 1) 地震荷载；

- 2) 振动和共振所引起的应力;
- 3) 冻土或膨胀土中的膨胀压力;
- 4) 地基沉降附加在管道上的荷载。

#### 6.1.2.4 环境影响

环境温度小于0℃时,应考虑因表面冷凝、冰冻而引起的阀门、调压装置或排放管道故障,以及低温对管道系统柔性分析和材料选用的影响。

### 6.1.3 燃气管道设计要求

#### 6.1.3.1 一般规定

- a) 燃气管道设计除应满足使用功能外,还应遵循安全、环保、节能、经济合理的原则。
- b) 管道的管径、流量及敷设位置、埋设深度等设计应符合GB50494、GB50028和GB51098的规定。
- c) 设计所选用的材料及管件应符合国家相关标准和本标准第4章的规定。
- d) 燃气管道与管道附件应具有承受设计压力和设计温度下的强度和密封性。
- e) 系统应具有保证管网超压时能自动泄压、事故工况下能及时切断的功能。
- f) 供气压力应稳定,系统压力变化应保持在允许的范围內。

#### 6.1.3.2 管线敷设

- a) 燃气管道宜采用埋地敷设;当受到条件限制时,局部地段可采用地上敷设;规划有综合管廊的地段宜设置在综合管廊內。
- b) 埋地燃气管道的埋设深度应根据管道所经地段的冻土深度、地面载荷、地形和地质条件、地下水深度、管道稳定性要求及管线穿过地区的等级综合确定。
- c) 埋地管道的基础宜为原土层。凡可能引起管道不均匀沉降的地段,其基础应进行处理。
- d) 当埋地管道通过的地面坡度较大时,视土壤情况和坡长以及管道在坡上敷设的方向,应采取防止地面径流、渗水侵蚀和土体滑动影响管道安全的措施。
- e) 管道穿越河道,或在沼泽、水网地区敷设时,应进行管道抗浮计算,当管道覆土层不足以克服钢管浮力时,应采取稳管措施。
- f) 当管道穿(跨)越冲沟,或管道的一侧临近发育中的冲沟或陡坎时,应对冲沟的边坡、沟底和陡坎采取加固措施。
- g) 管道平面走向适应地形变化时,可采取弹性弯曲、冷弯弯管、热煨弯管等措施,并执行GB50028相关规定。
- h) 当钢管采用弹性弯曲敷设时,应符合下列要求:

- 1) 采用弹性弯曲敷设的管道其曲率半径应满足钢管的强度要求,且不应小于钢管外直径的1000倍。对于垂直面上弹性敷设管道的曲率半径尚应大于管道在自重作用下产生的挠度曲线的曲率半径,其曲率半径应按式(1)计算:

$$R \geq 3600 \sqrt{\frac{1 - \cos \frac{\alpha}{2}}{\alpha^4}} D^2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- R—管道弹性弯曲曲率半径 (m);  
 D—管道的外直径(cm);  
 $\alpha$ —管道的转角 (°)。

2) 在相邻的反向弯曲管段之间应采用直管段连接, 直管段长度不应小于钢管的外直径, 且不应小于500mm。

3) 当管道平面和竖向同时发生转角时, 不宜采用弹性敷设。

i) 热煨弯管和冷弯弯管不应使用褶皱弯和虾米弯。管道对接偏差不应大于3°。

j) 埋地管道穿越铁路、公路时, 除应符合国家现行标准的有关规定外, 还应符合下列规定:

1) 管道宜垂直穿越铁路、公路;

2) 当穿越铁路、高速公路和Ⅱ级及以上公路时, 管道应敷设在套管或涵洞内; 当采用定向钻方式穿越, 并征得铁路或高速公路及公路有关部门同意时, 可不加套管。

3) 当穿越电车轨道或城镇主要干道时, 管道宜敷设在套管或管沟内, 且管沟内应填满中性砂。

k) 埋地管道与重力流管道、沟、涵、暗渠等交叉时, 交叉处应加套管, 或采取其他有效的防护措施。

l) 在燃气管道及附属设施的保护和控制范围内, 从事可能危及燃气管道的活动应执行GB50494的相关要求。钢制埋地管道与建筑或相邻管道之间的净距应执行GB50028的相关规定, 聚乙烯燃气管道与热力管道之间的净距应执行CJJ63的相关规定。

m) 燃气管道与交流电力线接地体的水平净距应执行GB50028相关规定。

n) 抗震设计应符合下列要求:

1) 管道的抗震设计应按GB50470和GB50032的要求执行;

2) 对于一般埋地管道, 当位于设计地动峰值加速度大于或等于0.20g地区的管道, 应进行抗拉伸和抗压缩校核。

o) 管道防护工程在保护管道安全运行的同时, 还应具有水土保持功能。其防护工程设计应满足SY/T6793的要求。

p) 管道的锚固应符合下列要求:

1) 管道沿高差较大陡坡敷设或在起伏较大区段敷设, 应作管道纵向失稳校验, 不满足要求时, 应增加管道埋深或增设锚定装置;

2) 当管道的设计温度与安装温度之差影响管道的稳定性时, 宜在管道的出土段、弯头、管径改变处以及管道和清管器收发筒装置连接处, 应根据计算采取管道锚固措施。

q) 埋地管道沿线应设置里程桩、转角桩、交叉桩和警示牌等永久性标志, 并应符合CJJ/T153的有关规定。

### 6.1.3.3 阀室设置

a) 燃气管道的阀室设置应按GB50028和GB50838规定执行。

b) 管道沿线的大型穿跨越处, 应增设阀室, 中型穿跨越处、地质灾害敏感地段, 宜增设阀室。

c) 阀室宜设在交通便利、检修方便、工程地质条件较好的地方。

d) 燃气管道阀门与管道连接不宜设置波纹管调长器。

## 6.1.4 埋地管道设计计算

### 6.1.4.1 钢管壁厚计算

a) 钢制燃气管道最小公称壁厚应按GB50028规定执行。

b) 钢制燃气管道直管段壁厚应按式(2)计算:



$$\delta = \frac{PD}{2\sigma_s \phi F} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\delta$ —钢管计算壁厚（mm）；

P—设计压力（MPa）；

D—钢管外径（mm）；

$\sigma_s$ —钢管的最小屈服强度（MPa）；

F—强度设计系数，根据地区等级选取，见表5.3.4；

$\Phi$ —焊缝系数，当采用符合GB/T9711的PSL2且材料钢级不低于L245和GB/T8163标准的钢管时，取1.0。

c) 弯管壁厚应按式（3）和式（4）计算

$$\delta_b = \delta \times m \dots\dots\dots (3)$$

$$m = \frac{4R-D}{4R-2D} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$\delta_b$ ——弯管的壁厚（mm）；

$\delta$ ——弯管所连接直管段的计算壁厚（mm）；

m——弯管壁厚的增大系数；

R——弯管的曲率半径（mm）；

D——弯管的外径（mm）。

**6.1.4.2** 钢管的取用壁厚应根据管子的计算壁厚，并考虑管子直径偏差引起的对口焊接要求，按钢管产品规格中公称壁厚系列选取。

**6.1.4.3** 计算热煨弯管壁厚时，钢管如果是经冷加工又经加热处理，且加热温度高于320℃，其屈服强度应取该管材最低屈服强度（ $\sigma_s$ ）的75%。

**6.1.4.4** 设计压力大于1.6MPa燃气管道通过的地区，按沿线建筑物的密集程度划分为四个管道地区等级，并依据管道地区等级作出相应的管道设计。

**6.1.4.5** 地区等级划分应及相应管道强度设计系数应符合下列规定：

a) 沿管道中心线两侧各200m范围内，任意划分为1.6km长并能包括最多供人居住的独立建筑物数量的地段，作为地区分级单元。

注：在多单元住宅建筑物内，每个独立住宅单元按一个供人居住的独立建筑物计算。

b) 管道地区等级应根据地区分级单元内建筑物的密集程度划分，并应符合下列规定：

一级地区：有12个或12个以下供人居住的独立建筑物。

二级地区：有12个以上，80个以下供人居住的独立建筑物。

三级地区：介于二级和四级之间的中间地区。有80个和80个以上供人居住的独立建筑物但不够四级地区条件的地区、工业区或距人员聚集的室外场所90m内铺设管线的区域。

四级地区：4层或4层以上建筑物（不计地下室层数）普遍且占多数、交通频繁、地下设施多的城市中心城区（或镇的中心区域等）。

c) 地区的长度应按下列规定调整：

四级地区垂直于管道的轴线距最近4层或4层以上建筑物不应小于200m。

二、三级地区垂直于管道的边界线距该级地区最近建筑物不应小于200m。

d) 确定城镇燃气管道地区等级时，宜考虑该地区的城市规划发展情况。

e) 燃气管道的强度设计系数（F），见表14:

**表 14 燃气管道的强度设计系数**

地区等级	强度设计系数（F）
一级地区	0.72
二级地区	0.60
三级地区	0.40
四级地区	0.30

f) 穿越铁路、公路和人员聚集场所的管道的强度设计系数，见表 15。

**表15 穿越铁路、公路和人员聚集场所的钢制管道强度设计系数**

管道及管段	地区等级			
	一	二	三	四
	强度设计系数（F）			
有套管穿越III、IV级公路的管道	0.72	0.6	0.4	0.3
无套管穿越III、IV级公路的管道	0.6	0.5		
有套管穿越 I、II级公路、高速公路、铁路的管道	0.6	0.6		
门站、调压站上、下游各200mm管道，截断阀室管道及其上、下游各50m管道	0.5	0.5		
人员聚集场所的管道	0.4	0.4		

**6.1.4.6 受约束的埋地直管段轴向应力计算和当量应力校核如下:**

a) 由内压和温度引起的轴向应力应按式（5）和式（6）计算:

$$\sigma_L = \mu\sigma_h + E\alpha(t_1 - t_2) \dots\dots\dots (5)$$

$$\sigma_h = \frac{Pd}{2\delta} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- σ<sub>L</sub>——管道的轴向应力，拉应力为正，压应力为负（MPa）；
- μ——泊桑比，取0.3；
- σ<sub>h</sub>——由内压产生的管道环向应力（MPa）；
- P——管道设计内压力（MPa）；
- δ——管道公称壁厚（cm）；
- d——管道内径（cm）；
- E——钢材弹性模量（MPa），对碳钢≈2.06×10<sup>5</sup>；
- α——钢材线膨胀系数（℃<sup>-1</sup>），对碳钢≈1×10<sup>-5</sup>；
- t<sub>1</sub> ——管道下沟回填时的温度（℃）
- t<sub>2</sub> ——管道的工作温度（℃）。

b) 受约束热胀直管段，按最大剪应力强度理论计算当量应力，并应满足式（7）的要求:

$$\sigma_e = \sigma_h - \sigma_L < 0.9\sigma_s \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- σ<sub>e</sub>——当量应力（MPa）；

$\sigma_s$ ——钢管的最小屈服强度 (MPa)。

**6.1.4.7** 管道径向稳定性校核应按式 (8)、(9)、(10) 进行计算。对于无套管穿越公路、穿越用钢套管以及管道埋设较深或外荷载较大时, 应按无内压状态校核稳定性。

$$\Delta x \leq 0.03D$$

$$\Delta X = \frac{ZKWD_m^3}{8EI+0.061E_s D_m^3} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$W = W_1 + W_2 \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$I = \frac{\delta_n^3}{12} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$\Delta x$ —钢管水平方向最大变形量 (m);

$D_m$ —钢管平均直径 (m);

$W$ —作用在单位管长上的总竖向荷载 (N/m);

$W_1$ —单位管长上的竖向永久荷载 (N/m);

$W_2$ —地面可变荷载传递到管道上的荷载 (N/m);

$Z$ —钢管变形滞后系数, 宜取1.5;

$K$ —基床系数, 对于公用管道工程取0.103;

$E$ —管材弹性模量 (N/m<sup>2</sup>);

$I$ —单位管长截面惯性矩 (m<sup>4</sup>/m);

$\delta_n$ —钢管公称壁厚 (m);

$E_s$ —土壤变形模量 (N/m<sup>2</sup>), 取2.8。

### 6.1.5 穿跨越管道设计计算

#### 6.1.5.1 一般规定

a) 燃气管道通过河流可采用河底穿越、管桥跨越和利用道路桥梁跨越的形式, 并应符合CJJ/T 250 的有关规定。

b) 穿越铁路、公路和人员聚集场所的钢质管道强度设计系数, 应符合表15的规定。

c) 燃气管道穿越河底时, 还应符合下列要求:

1) 燃气管道应采用钢管。

2) 燃气管道至河床的覆土厚度, 应根据水流冲刷条件及规划河床确定。对不通航河流不应小于 0.5m; 对通航的河流不应小于 1.0m, 还应考虑疏浚和投锚深度。

3) 稳管措施应根据计算确定。

4) 在埋设燃气管道位置的河流两岸上、下游应设立标志。

d) 当利用道路桥梁跨越河流时, 应符合下列要求:

1) 随桥梁跨越河流的燃气管道的输送压力不应大于 0.4MPa。

2) 敷设于桥梁上的燃气管道应采用加厚的无缝钢管或焊接钢管, 尽量减少焊缝。

3) 跨越通航河流燃气管道的管底标高应符合通航净空的要求, 管架外侧应设置护桩。

4) 燃气管道与随桥梁敷设的其它管道的间距应符合CJJ/T250的有关规定。

5) 对燃气管道采取必要的热补偿和减震措施。

6) 对桥梁跨越燃气管道作较高等级的防腐保护; 当连接的埋地燃气管道为钢管并进行阴极保护时, 应根据阴极保护需要设置绝缘装置。

- 7) 跨越河流的燃气管道的支座(架)材料的耐火极限不得低于 1.00h。
- 8) 应采取有效技术措施避免桥梁不均匀沉降对燃气管道的影响和燃气管道热膨胀对桥梁的影响。

e) 管道穿跨越位置应经规划、河道、铁路、公路等相关管理部门同意批复，按主管部门的要求进行相关评价后再进行穿跨越设计。

#### 6.1.5.2 开挖穿越设计计算

a) 开挖穿越河渠段的燃气管道埋深，应经河道管理部门同意，根据水流冲刷条件及规划河床确定，并符合本标准5.5.1条的规定。

b) 水下穿越管段敷设后，不应发生管段漂浮和位移，当管段抗漂浮或抗位移的稳定性核算不满足要求时，应采取稳管措施。抗漂浮或抗位移的稳定性核算宜按式(7)进行。

c) 穿越管段钢管许用应力应按式(11)计算：

$$[\sigma] = \eta F \Phi t \sigma_s \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$[\sigma]$ —钢管许用应力 (MPa)；

$\eta$  —钢管许用应力提高系数，运营阶段工况取1.0，施工阶段工况（包括试压工况）取1.3；

$F$  —管道强度设计系数，应按表7采用；

$\Phi$ —钢管焊缝系数，符合6.1.4.1规定的钢管，取1.0；

$t$  —温度折减系数，当温度小于120 °C时， $t$ 取1.0；

$\sigma_s$ —钢管的规定最低屈服强度 (MPa)。

d) 穿越管段强度验算应根据作用效应组合分别计算轴向应力、环向应力和弯曲应力，对各工况的单项应力代数和、当量应力按下列规定分别进行核算：

1) 内压产生的环向应力按式(12)计算：

$$\sigma_h = \frac{Pd}{2\delta} \quad \dots\dots\dots(12)$$

2) 内压与温度变化产生的轴向应力分别按式(13)和式(14)计算：

当管段轴向变形不受约束时：

$$\sigma_L = 0.5\sigma_h \quad \dots\dots\dots(13)$$

当管段轴向变形受约束时：

$$\sigma_L = E\alpha(t_1 - t_2) + \mu\sigma_h \quad \dots\dots\dots(14)$$

3) 弹性敷设产生的弯曲应力按式(15)计算：

$$\sigma_b = \pm \frac{ED}{2R} \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中：

$\sigma_h$ —管段钢管的环向应力 (MPa)；

$P$ —管道设计压力 (MPa)；

$d$ —钢管内径 (mm)；

$\delta$ —钢管壁厚 (mm)；

$\sigma_L$ —管段钢管的轴向应力 (MPa)；

$E$ —钢材的弹性模量，取 $2.1 \times 10^5$ MPa；

$\mu$ —钢材的泊松比，取0.3；

$\alpha$  —钢材的线膨胀系数，取 $1.2 \times 10^{-5} \text{m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ；

$t_1$ —管道安装闭合时的环境温度（ $^\circ\text{C}$ ）；

$t_2$ —穿越段管道输送介质温度（ $^\circ\text{C}$ ）；

$\sigma_b$ —管段钢管的弯曲应力（MPa）；

$D$ —钢管外径（mm）；

$R$ —管段弹性敷设曲率半径（mm）。

d) 其他作用引起的环向应力、轴向应力和弯曲应力，应根据实际可能发生的情况进行计算。

e) 穿越管段各单项应力、当量应力核算应满足式(16)~式(18)的要求：

$$\sum \sigma_L \leq [\sigma] \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$\sum \sigma_h \leq [\sigma] \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$\sigma_e = \sum \sigma_h - \sum \sigma_L \leq 0.9 \sigma_s \quad \dots\dots\dots(18)$$

式中：

$\sum \sigma_L$ —各作用产生的轴向应力代数和（MPa）；

$\sum \sigma_h$ —各作用产生的环向应力代数和（MPa）；

$\sigma_e$ —穿越管段钢管的当量应力（MPa）。

f) 开挖穿越管段应按式(19)进行抗漂浮稳定性核算。

$$W_1 \geq K F_s \quad \dots\dots\dots(19)$$

式中：

$W_1$ —单位长度管段总重力（包括管身结构自重、加重层重、设计洪水冲刷线至管顶的土重；不含管内介质重）（N/m）；

$K$ —稳定安全系数，大中型穿越工程取1.2，小型穿越工程取1.1；

$F_s$ —单位长度管段静水浮力（N/m）。

对于下凹形竖向弹性敷设穿越管段， $W_1$ 应减去按式(20)~式(23)计算的管段向上的弹性抗力。

$$q = \frac{384 E_s I f_e}{5 L^4} - 0.024 661 5 (D - \delta) \delta \quad \dots\dots\dots(20)$$

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) \quad \dots\dots\dots(21)$$

$$f_e = R - \sqrt{R^2 - \frac{L^2}{4}} \quad \dots\dots\dots(22)$$

$$R \geq 3 600 \sqrt[3]{\frac{1 - \cos \frac{\alpha}{2}}{\alpha^4}} D^2 \times 10^4 \quad \dots\dots\dots(23)$$

式中：

$q$ —弹性敷设管段单位长度抗力（N/m）；

$E_s$ —钢管弹性模量，取 $2.1 \times 10^{11}$ （N/m<sup>2</sup>）；

$I$ —钢管截面惯性矩（m<sup>4</sup>）；

$f_e$ —弹性敷设的矢高（m）；

$L$ —弹性敷设起点与终点间的水平长度（m）；

$D$ —钢管外径（m）；

$\delta$ —钢管壁厚（m）；

$d$ —钢管内径（m）；

$R$ —管段弹性敷设设计曲率半径（m），不应小于 $1000D_s$ ；

$\alpha$ —管段弹性敷设转角（°），宜小于5°。

### 6.1.5.3 定向钻穿越设计

- a) 定向钻穿越铁路、河流、公路等的埋深，应符合相关管理部门的规定。
- b) 定向钻穿越入出土角应根据穿越长度、穿越管段埋深、穿越管径、弹性敷设条件、地形条件，按GB50423和CJJ/T250的相关规定确定。
- c) 采用定向钻穿越河流防洪堤坝时，不应危及堤坝的安全。应根据穿越场地地质条件采取回灌固孔措施防止管涌控制堤坝和地面沉降。
- d) 定向穿越段管道防腐层设计、施工及检验宜按照SY/T7368执行。定向钻穿越段回拖前应对防腐层及补口进行质量检测，穿越完成后应对防腐层性能进行评价；对定向钻穿越段实施阴极保护，并纳入管线阴极保护系统中。
- e) 定向钻穿越管段在扩孔回拖时，应按式（24）～式（28）进行空管在泥浆压力作用下的径向屈曲稳定核算。

$$P_s \leq F_d \cdot P_{yp} \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$P_{yp}^2 - \left[ \frac{\sigma_s}{m} + (1 + 6mn) P_{er} \right] P_{yp} + \frac{\sigma_s P_{er}}{m} = 0 \quad \dots\dots (25)$$

$$m = \frac{D}{2\delta} \quad \dots\dots\dots (26)$$

$$n = \frac{f_0}{2} \quad \dots\dots\dots (27)$$

$$P_{er} = \frac{2E_s \left( \frac{\delta}{D} \right)^3}{1 - \mu^2} \quad \dots\dots\dots (28)$$

式中：

- $P_s$ —泥浆压力，取1.5倍泥浆静压力或回拖施工时的实际动压力（MPa）；
- $F_d$ —穿越管段径向屈曲稳定设计系数，按0.6选取；
- $P_{yp}$ —穿越管段所能承受的极限外压力（MPa）；
- $P_{er}$ —钢管弹性变形临界压力（MPa）；
- $\sigma_s$ —钢管屈服强度（MPa）；
- $D$ —钢管外径（m）；
- $\delta$ —钢管壁厚（m）；
- $f_0$ —钢管椭圆度，以%表示，取1%；
- $E_s$ —钢管弹性模量，取 $2.1 \times 10^5$ （MPa）；
- $\mu$ —泊桑比，取0.3。

### 6.1.5.4 隧道穿越设计

- a) 顶管法、盾构法隧道埋深应根据地面环境、地下设施、工程地质和水文地质条件、设备特性等按GB50423和CJJ/T250的相关规定确定，并应满足隧道抗浮稳定性要求。
- b) 矿山法隧道穿越宜选择在稳定的地层中，不宜穿越工程地质和水文地质复杂以及溶洞、暗河、煤矿采空区等不良地层段。
- c) 隧道净空尺寸应满足管道建筑限界、隧道施工、管道安装及运营维护等要求。
- d) 顶管法隧道应进行顶进套管允许顶力验算、顶进套管强度、稳定性验算、钢套管变形验算、混凝土套管裂缝宽度验算及顶管总顶力和中继站数量估算。
- e) 盾构法隧道应进行管片主体承载力及接头连接计算、千斤顶推力验算、壁后注浆压力验算、管片裂缝宽度验算、管片环及接头变形验算。

f) 矿山法隧道应设衬砌，衬砌结构型式、设计参数应按照围岩级别、水文地质条件、埋置深度、隧道断面、施工条件等，应按GB50423和GB50086通过工程类比和结构计算确定。

#### 6.1.5.5 水工保护设计

##### a) 河流护岸工程设计

1) 可能受水流淘刷或冲蚀威胁的穿越管段，应满足水流顺畅，不产生集中冲刷的要求。为保持岸坡稳定，应修筑护坡工程。

2) 防护工程的设计洪水位宜与穿越工程相同，护岸顶应高出设计洪水位（包括浪高和壅水）0.5m。若堤岸顶低于设计洪水位，护岸宜至堤顶。

3) 防护工程和基础底埋深要求在水床面下1m~2m，同时也应满足设计冲刷线下1.0m和冰冻线下0.3m的要求。

4) 护波（岸）顺水流方向长度，应根据实地水流形态、岸坡地质条件及管沟开挖宽度确定，且不应小于5m。

5) 管道穿越黄土冲沟时，应根据当地水土保持部门的要求进行防护设计。

##### b) 隧道洞口防护设计

1) 隧道、明洞的洞口应设置截水沟和排水沟，水量可根据现场调查结论。排水沟应接口至天然排水处。

2) 多雨地区，宜采取措施防止洞口仰坡范围内地表水下渗的冲刷。

3) 洞外路堑的水不宜流入隧道，当出洞方向路堑为上坡时，宜将洞外侧沟做成与隧道坡度相反，且不宜小于0.2%的坡度。

#### 6.1.5.6 跨越工程设计

a) 随桥梁外挂敷设时，跨越结构型式应根据桥梁形式、桥梁跨度、管径、航运、水文地质及工程地质条件等确定。当采用自建管桥或自承式跨越式，应符合国家相关结构设计规范的要求。

b) 跨越管两端需锚固设计时，应满足地基承载力、变形、稳定性要求。

c) 跨越管段钢管许用应力应按式（29）计算：

$$[\sigma] = \eta F \sigma_s \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中：

$[\sigma]$ —钢管许用应力（MPa）；

$\eta$ —钢管许用应力提高系数，运营阶段工况取1.0，施工阶段工况（包括试压工况）取1.3；

$F$ —管段强度设计系数，四级地区0.3，三级地区0.4；

$\sigma_s$ —钢管的规定最低屈服强度（MPa）。

d) 跨越管段强度验算应根据作用效应组合分别计算环向应力、轴向应力、弯曲应力和剪应力，对各工况的当量应力按下列规定进行核算：

1) 管道输送介质内压引起的环向应力应按式(30)计算：

$$\sigma_h = \frac{Pd}{2\delta} \quad \dots\dots\dots (30)$$

式中：

$\sigma_h$ —管道输送介质内压引起的环向应力（MPa）；

$P$ —管道输送介质内压（MPa）；

$d$ —管道内径（mm）；

$\delta$ —管道壁厚 (mm)。

2) 管道输送介质内压引起的轴向应力应按式(31)计算:

$$\sigma_{L1} = 0.5\sigma_h \quad \dots\dots\dots(31)$$

式中:

$\sigma_{L1}$ —管道输送介质内压引起的轴向应力 (MPa)。

3) 荷载效应引起的弯曲应力应按式(32)计算:

$$\sigma_{L2} = \frac{M}{W} \quad \dots\dots\dots(32)$$

式中:

$\sigma_{L2}$ —桥面荷载效应组合引起的弯曲应力 (MPa) ;

M—桥面荷载效应组合产生的弯矩 (N mm) ;

W—管道净截面抵抗矩 (mm<sup>3</sup>)。

4) 管道弯曲变形引起的轴向应力应按式(33)计算:

$$\sigma_{L3} = \frac{4EDf}{L^2+4f^2} \quad \dots\dots\dots(33)$$

式中:

$\sigma_{L3}$ —管道悬垂引起的轴向应力 (MPa) ;

E—钢材弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>) ;

D—管道外径 (mm) ;

f—矢高 (mm) ;

L—跨度水平长度 (mm)。

5) 跨越结构应进行温度补偿, 补偿后的温度应力应按式(34)计算:

$$\sigma_{Lt} = \frac{F_t}{A} \quad \dots\dots\dots(34)$$

式中:

$\sigma_{Lt}$ —温度变化引起的轴向应力 (MPa) ;

$F_t$ —温度变化引起的弹性力 (N) ;

A—管道截面面积 (mm<sup>2</sup>)。

6) 两端固定管道的温度应力应按式(35)计算: .

$$\sigma_{Lt} = \alpha E \Delta t \quad \dots\dots\dots(35)$$

式中:

$\sigma_{Lt}$ —温度变化引起的轴向应力 (MPa) ;

$\alpha$ —钢管线膨胀系数 (1/°C), 取  $12 \times 10^{-6}/\text{°C}$  ;

E—钢材弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>) ;

$\Delta t$ —温差 (°C) )。

7) 管道最大剪应力应按式(36)计算:

$$\tau_{\max} = \frac{2V}{A} \quad \dots\dots\dots(36)$$

式中:

$\tau_{\max}$ —管道剪切引起的最大剪应力 (MPa) ;

V—管道剪力 (N) ;

A—管道截面面积 (mm<sup>2</sup>)。



8) 当量应力应按式(37)计算:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \quad \dots\dots\dots(37)$$

式中:

- $\sigma_e$  —跨越管段钢管的当量应力 (MPa) ;
- $\sigma_x$ 、 $\sigma_y$ —X、Y方向的应力 (MPa) ;
- $\tau_{xy}$  —XY平面上的剪应力 (MPa) 。

9) 跨越管段当量应力应满足式(38)要求:

$$\sigma_e \leq [\sigma] \quad \dots\dots\dots(38)$$

式中:

$[\sigma]$ ——许用应力 (MPa)

## 6.1.6 管道补偿和应力分析

### 6.1.6.1 一般规定

a) 管道补偿应根据压力、温度、管内介质特性、运行工况及敷设条件确定补偿方式。管道补偿应优先采用自然补偿,当自然补偿不能满足时,应优先采用无结构不连续效应的补偿器。

b) 管道应力分析和计算宜由管道设计人员根据运行中正常工况与其它工况的耦合和可能出现的极端工况等条件确定是否进行。

c) 当进行管道应力分析和计算时,宜对整个管道系统按GB/T34275给出的方法进行计算。

### 6.1.6.2 架空管道的热变形计算

a) 直管段热位移按式(39)计算:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T \quad \dots\dots\dots(39)$$

式中:

- $\Delta L$ --管段的伸长量 (mm) ;
- $\alpha$  --管材的线膨胀系数 (mm/m°C), 钢铁取0.012;
- $L$ --补偿管道(所需补偿管道固定支座间的距离)长度 (m) ;
- $\Delta T$ --温差(管道服役环境温度-安装时环境温度), (°C) 。

b) L型管段热位移

长臂的热伸长量按式(40)计算:

$$\Delta L_1 = \alpha L_1 \Delta T \quad \dots\dots\dots(40)$$

短臂的热伸长量按式(41)计算: .

$$\Delta L_2 = \alpha L_2 \Delta T \quad \dots\dots\dots(41)$$

式中: .....

- $\Delta L_1$ 、 $\Delta L_2$ -- 长臂、短臂的热伸长量 (mm) ;
- $L_1$ 、 $L_2$  -- L型管段的长臂、短臂长度 (m) 。

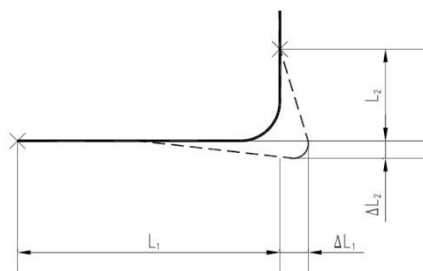


图3 L型管段图

c) Z型管段热位移

管段h的两端热位移量分别按式(42)-(44)计算公式:

$$\Delta h_1 = \frac{\Delta h}{L_1^3 + L_2^3} L_1^3 \dots\dots\dots(42)$$

$$\Delta h_2 = \frac{\Delta h}{L_1^3 + L_2^3} L_2^3 = \Delta h - \Delta h_1 \dots\dots\dots(43)$$

$$\Delta h = h\alpha\Delta T \dots\dots\dots(44)$$

式中:

Δh -- 管段h的伸长量 (mm) ;

Δh<sub>1</sub>、Δh<sub>2</sub> -- 管段h的两端热伸长量 (mm) ;

L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub> 、h --各管段长度 (m) 。

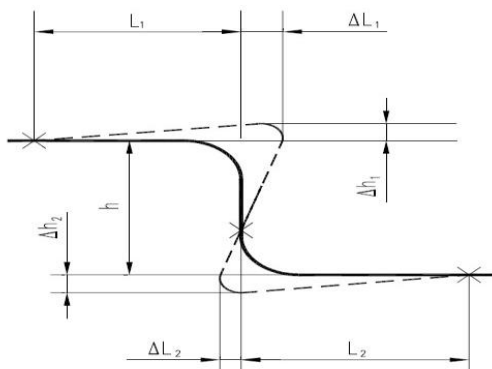


图4 Z型管段图

6.1.7 管道腐蚀控制

6.1.7.1 一般规定

- a) 钢质燃气管道必须进行外涂层处理。
- b) 新建埋地管道应当采用外涂层辅以阴极保护的腐蚀控制措施。仅有外涂层保护的在役管道宜追加阴极保护系统。
- c) 处于强干扰腐蚀地区的管道，应采取防干扰保护措施。

6.1.7.2 腐蚀控制设计应符合CJJ95、GB/T21447、GB/T21448、SY/T6784和SY/T7368的有关规定。

6.1.7.3 管道阴极保护系统

- a) 管道阴极保护系统宜按下列设计原则进行：
  - 1) 城镇燃气埋地钢质管道（以下简称管道）应依据敷设方式和敷设土壤环境因素采用适宜

的外涂层，保证阴极保护系统的有效性和经济性。

2) 管道运行期间阴极保护不应间断。

3) 处于杂散电流干扰腐蚀区域的管道，经确认需采取排流措施后，应根据干扰腐蚀的状况，及时采取适当的保护措施。

4) 实施阴极保护的管道应与其它金属构筑物电绝缘。除非阴极保护系统将其纳入，且有充分的保护电流提供给其它金属构筑物，经测试确认需保护的管道已符合阴极保护准则的要求。

5) 管道阴极保护系统设计应考虑高温、防腐层剥离、隔热保温层、屏蔽、细菌侵蚀及电解质的异常污染等特殊条件。

4) 阴极保护工程应与主体工程同时勘察、设计、施工和投运。当阴极保护系统在管道埋地三个月内不能投运时，应采取临时阴极保护措施保护管道；在强腐蚀性土壤环境中，应在管道埋地时施加临时阴极保护措施；临时阴极保护措施应维持至永久阴极保护系统投运；对于受到直流杂散电流干扰影响的管道，阴极保护系统及排流保护措施应在三个月之内投运。

b) 阴极保护系统方式的确定应考虑下列因素：

1) 有无经济便利的电源；

2) 被保护管道所需保护电流密度；

3) 与周围地下金属构筑物的相互影响；

4) 土壤环境的腐蚀性；

5) 技术、经济、实施的可行性；

6) 管道敷设的地理位置、交通状况、建筑密度和人员密度；

7) 对生物安全和土壤环境的影响。

c) 牺牲阳极材料应能持续提供管道所需的保护电流；总质量应满足阴极保护系统设计寿命要求，阳极利用系数一般取0.8；

d) 应分析阳极及填料对环境的不利影响；对于锌合金阳极，当土壤电阻率大于 $50\Omega\cdot\text{m}$ 时，应现场试验确认其有效性；对于镁合金阳极，当土壤电阻率大于 $100\Omega\cdot\text{m}$ 时，应现场试验确认其有效性；

e) 外加电流阴极保护设计

1) 电源设备应使用市电或所在站场稳定可靠的交流或直流电源。

2) 电源设备的输出电压不宜超过50V。

3) 深井阳极地床的设计、安装、运行与维护应符合SY/T0096的规定。浅埋阳极地床可采用水平式或立式，在非永冻土地区，辅助阳极应安装在冻土层下，埋深不宜小于1m；在永冻土地区，辅助阳极应安装在岛状动土之间的非永冻土层或冻融地层内。

4) 辅助阳极材料可选用高硅铸铁阳极、石墨阳极、钢铁阳极、导电聚合物阳极和金属氧化物阳极等。材料特性见第5章。

f) 阴极保护准则应符合GB/T21448的要求。

g) 阴极保护管道应与非保护金属结构、公共或厂区接地系统、工艺站场内管道、非阴极保护的管道和钢质套管等金属结构电绝缘。在爆炸危险区，应采用防爆电绝缘装置。电绝缘装置安装位置和安装原则应符合GB/T21448的要求。

h) 阴极保护管道在杂散电流干扰区域可安装电绝缘装置分段隔离。电绝缘无法实现时，阴极

保护设计应提供足够的阴极保护电流和有效的电流分布。

i) 绝缘接头和绝缘法兰应设置防电涌保护器。防电涌保护器设置不应影响绝缘接头或绝缘法兰的性能。电涌保护器的选型与安装应符合GB/T21448的要求。

j) 阴极保护管道应具有良好的电连续性。电连续性跨接可设置在电绝缘装置两侧；对于非焊接钢制管道，电连续性跨接应设置在管道接头处。

k) 所有接地设施不应应对阴极保护系统造成不利影响。

l) 阴极保护测试装置应与阴极保护系统同步安装。测试与监测装置的安装位置及安装原则应符合GB/T21448的要求。

m) 直流干扰电流的判断规则、防护措施、效果评定应符合GB50991的规定。交流干扰电流的判断规则、防护措施、效果评定应符合GB/T50698的规定。

## 6.2 热力管道设计

### 6.2.1 设计条件和设计准则

#### 6.2.1.1 设计条件

##### a) 一般要求

管道设计应根据压力、温度及管内介质特性等工艺条件，并结合环境、荷载等综合条件进行。

##### b) 设计压力确定原则应符合下列规定：

管道组成件的设计压力，不应低于运行中可能出现的最大工作压力，且应不小于管内介质静止时的静态压力。必要时，还应附加事故工况分析和动态水力分析要求的安全裕量。

- 1) 装有安全泄放装置的管道，其设计压力不应小于安全泄放装置的设定压力。
- 2) 热水管道的设计压力，不应小于循环水泵最大出口压力加上地形高差产生的静水压力。
- 3) 蒸汽管道的设计压力，不应小于锅炉、汽轮机抽（排）汽口的最大工作压力。
- 4) 凝结水管道的设计压力，不应小于用户凝结水泵最高出水压力加上地形高差产生的静水压力。
- 5) 直埋蒸汽管道外护管计算压力取 0.2MPa。

##### c) 设计温度确定原则应符合下列规定：

- 1) 管道组成件的设计温度，不应小于运行中可能出现的最大工作温度。
- 2) 热水管道的设计温度，不应小于供热系统设计供水温度。
- 3) 蒸汽管道的设计温度，不应小于锅炉、汽轮机抽（排）汽口的最大工作温度。
- 4) 凝结水管道的设计温度，不应小于用户凝结水箱最高温度。
- 5) 管道工作循环最低温度，对于全年运行的管道，地下敷设时应取 30℃，地上敷设时应取 15℃；对于只在供暖期运行的管道，地下敷设时应取 10℃，地上敷设时应取 5℃。
- 7) 非金属材料衬里的管道，管道的设计温度宜按介质的最高温度确定。
- 8) 直埋蒸汽管道外护管计算最高温度取 95℃，计算安装温度取安装时当地的最低温度。

#### 6.2.1.2 设计准则

- a) 管道组成件的压力—温度等级除用设计压力 and 设计温度表示外，还可用公称压力表示。
- b) 管道组成件公称压力的选用应符合 GB/T1048 的有关规定。
- c) 热水管道和凝结水管道在设计温度下的最大允许工作压力，应不大于公称压力。

- d) 蒸汽管道在设计温度下的最大允许工作压力，应符合相关标准规定的压力-温度额定值。
- e) 对于只标明公称压力的管件，除另有规定外，在设计温度下的允许工作压力应按下式进行计算：

$$P_t = K_{PN} \times PN \frac{[\sigma]^t}{[\sigma]^s} \dots\dots\dots (45)$$

式中：

- $P_t$ ——在设计温度下的允许工作压力，单位为兆帕（MPa）；
- $K_{PN}$ ——系数， $K_{PN}=0.1\text{MPa}$ ；
- $PN$ ——公称压力；
- $[\sigma]^t$ ——在设计温度下材料的许用应力，单位为兆帕（MPa）；
- $[\sigma]^s$ ——公称压力对应的基准应力，是指材料在指定某一温度下的许用应力，单位为兆帕（MPa）。

### 6.2.1.3 许用应力

- a) 管子及管件用钢材的许用应力，应根据钢材的有关强度特性取下列三项中的最小值：

$$\frac{R_m^{20}}{3}, \frac{R'_{eL}}{1.5} \text{ 或 } \frac{R'_{p0.2}}{1.5}, \frac{\sigma'_D}{1.5} \dots\dots\dots (46)$$

式中：

- $R_m^{20}$ ——钢材在20℃时的抗拉强度最小值，单位为兆帕（MPa）；
- $R'_{eL}$ ——钢材在设计温度下的下屈服强度最小值，单位为兆帕（MPa）；
- $R'_{p0.2}$ ——钢材在设计温度下0.2%规定非比例延伸强度最小值，单位为兆帕（MPa）；
- $\sigma'_D$ ——钢材在设计温度下10<sup>5</sup>h持久强度平均值，单位为兆帕（MPa）。

- b) 许用应力的应用应符合下列规定：

1) 材料的许用应力系指许用拉应力，使用时应符合下列规定：焊接管子和焊接管件采用许用应力时，应另外按表 16 计入焊接接头系数；

**表 16 纵向焊接接头系数**

序号	接头型式	检测比例	系数
1	单面焊（无填充金属）	按产品标准检测	0.85
		100%射线或超声检测 <sup>a</sup>	1.00
2	单面焊（有填充金属）	按产品标准检测	0.80
		100%射线或超声检测 <sup>a</sup>	1.00
3	双面焊（无填充金属）	按产品标准检测	0.90
		100%射线或超声检测 <sup>a</sup>	1.00
4	双面焊（有填充金属）	按产品标准检测	0.90
		100%射线或超声检测 <sup>a</sup>	1.00

注1：a 射线检测、超声检测应符合7.1.1或相应的材料标准要求。

- 2) 许用剪切应力为许用应力的 0.8 倍；
- 3) 压缩许用应力应符合结构稳定性的要求，且不大于拉伸许用应力。

## 6.2.2 管道组成件的选用

### 6.2.2.1 一般规定

a) 管道组成件应根据管道系统内介质的性质、各种可能出现的运行工况、外部环境、材料的使用性能和工艺性能以及经济性等综合因素选用。

b) 按照本标准中所列的有关标准制造或制作的采用焊接连接、法兰连接的管道组成件均可用于管道系统。但其材料、压力和温度都应符合本标准的规定，弯头、弯管、支管连接、封头和异径管等材料的选用宜与所连接的管子材料一致。

c) 对于本标准中所列标准中未包括的管道组成件应同时符合 6.2.3 的规定，方可采用。

d) 在管道系统中，管道组成件的连接形式宜采用对接焊接。

e) 弯头、弯管、支管连接、异径管、封头、法兰盖的强度计算应符合 6.2.3 的规定。

f) 管道及管件的最小壁厚或厚度应符合 6.2.3 的规定。

### 6.2.2.2 管子

a) 管子材料的选用应符合第 5 章的规定。

b) 当抗震设防烈度为 9 度时，管道敷设宜采取管沟敷设。

### 6.2.2.3 弯头

弯头宜采用长半径弯头，弯头曲率半径根据应力计算确定。

### 6.2.2.4 弯管

a) 弯管曲率半径应根据应力计算确定。

b) 弯管制作应符合第 7 章制作和安装相关内容规定。

### 6.2.2.5 支管连接

a) 支管连接宜优先采用预制三通；

b) 支管连接在满足补强要求的前提下可采用直管开孔连接；

c) 除直埋敷设热水管道外，支管连接的强度计算（补强）方法可采用等面积补偿法和压力面积法，并应考虑内压和温度变形的作用。

### 6.2.2.6 异径管

a) 热水管道宜采用同心异径管。

b) 蒸汽管道宜采用偏心异径管。

c) 异径管宜采用钢管模压型式。

### 6.2.2.7 封头、法兰盖

a) 适用于本标准的管道可采用平焊封头。

b) 法兰盖的型式选用应符合 GB/T 9123 标准的规定，法兰盖的材料选用应符合本标准规定的温度范围，并应符合 6.2.2.9 的规定。

### 6.2.2.8 阀门

a) 阀门应根据管道的设计温度、设计压力、介质性质和管道系统对阀门的功能要求选择，并计及外部荷载对阀门操作性能和密封性能的影响。

b) 阀门应按相应标准规定的压力温度等级选用。

c) 连接不同压力等级管道的阀门、法兰等管道组成件，应按压力等级高的选用。

d) 热水管道应采用双向密封阀门，阀门的泄漏等级应符合相关标准的规定。

- e) 对于双向密封阀门应采取适当的安全措施防止因温度升高导致内部超压。
- f) 流体为饱和蒸汽和汽水两相流时，阀门的阀座及阀芯应采用耐冲蚀材料。
- g) 当开启阀门前需预热主管线或用于平衡阀门两侧压力以便于阀门操作时，需设置旁通阀。

#### 6.2.2.9 法兰及垫片和紧固件

a) 法兰的选择应符合下列规定：

- 1) 法兰型式的选用应符合本标准中所列标准。
- 2) 法兰应符合 GB/T 9124 标准中关于压力—温度等级的规定。
- 3) 连接不同压力等级管道的法兰，应按高等级选用。
- 4) 管道法兰型式的选择除应符合 GB/T 9115、GB/T 9116 和 GB/T 9119、GB/T13402 等相关

标准的规定外，并应满足下列要求：

① 设计温度大于 300℃ 的管道，宜选用对焊法兰。设计温度在 300℃ 及以下且公称压力小于等于 PN25 的管道，宜选用带颈平焊法兰；也可选用板式平焊法兰。

② 带颈平焊法兰应采用突面（RF）型式。

5) 法兰的材料选用应采用符合本标准中规定的温度范围。

6) 当需要选配特殊法兰时，除应核对接口法兰的尺寸外，还应按本标准及相关标准进行计算，保证所选用的法兰厚度不小于连接管道公称压力下国家标准法兰的厚度。

b) 垫片的选择应符合下列规定：

1) 垫片应根据流体性质、使用温度、压力以及法兰密封面等因素选用，垫片的密封荷载应与法兰的压力等级、密封面型式、表面粗糙度和紧固件相适应。

2) 设计温度大于 300℃ 的管道，宜选用柔性石墨金属缠绕式，并应符合 GB/T 4622、GB/T13403 等相关标准的规定；设计温度小于 300℃，可选用非金属垫片；

c) 紧固件的选择应符合下列规定：

1) 六角头螺栓、等长双头螺柱、螺母和垫圈等紧固件的选用应符合 GB150 和 GB/T 9125 等相关标准的规定；

2) 法兰紧固件选用应符合下列规定：

① 紧固件应符合预紧及设计参数下垫片的密封要求；

② 高温条件下使用的紧固件应与法兰材料具有相近的热膨胀系数。

### 6.2.3 管道组成件的强度设计

#### 6.2.3.1 一般规定

本标准 6.2.3 所列的管道组成件强度计算方法是内压下的强度计算。

#### 6.2.3.2 直管的壁厚计算

直管的壁厚计算按照 GB/T 32270-2015 中 6.3.2 条执行。

#### 6.2.3.3 弯管弯头的壁厚计算

弯管弯头的壁厚计算按照 GB/T 32270-2015 中 6.3.3 条执行。

#### 6.2.3.4 支管连接的补强

支管连接的补强按照 GB/T 32270-2015 中 6.3.4 条执行。

#### 6.2.3.5 异径管壁厚计算

异径管壁厚计算按照 GB/T 32270-2015 中 6.3.5 条执行。

### 6.2.3.6 法兰及法兰附件计算

法兰及法兰附件计算 GB/T 32270-2015 中 6.3.6 条执行。

### 6.2.3.7 封头的厚度计算

封头的厚度计算按照 GB/T 32270-2015 中 6.3.7 条执行。

## 6.2.4 管道应力计算（验算）

### 6.2.4.1 一般规定

管道应力计算宜按管道系统进行计算，对各种可能工况进行应力校核。

### 6.2.4.2 架空（管沟、综合管廊）管道

架空（管沟）管道应力计算按照 GB/T 32270-2015 中 6.4.2 条执行。

### 6.2.4.3 直埋热水管道

#### a) 一般规定

1) 管道的应力验算应采用应力分类法，并应符合下列规定：

- ① 一次应力的当量应力不应大于钢材的许用应力；
- ② 一次应力和二次应力的当量应力变化范围不应大于 3 倍钢材的许用应力；
- ③ 局部应力集中部位的一次应力、二次应力和峰值应力的当量应力变化幅度不应大于 3 倍钢材的许用应力。

倍钢材的许用应力。

2) 进行管道应力计算时，计算参数应按下列规定取值：

- ① 计算压力应取管道设计压力；
- ② 工作循环最高温度应取供热管网设计供水温度；
- ③ 工作循环最低温度，对于全年运行的管道应取 30℃，对于只在采暖期运行的管道应取 10℃；
- ④ 计算安装温度应取安装时的最低温度；
- ⑤ 计算应力变化范围范围时，计算温差应采用工作循环最高温度与工作循环最低温度之差；
- ⑥ 计算轴向力时，计算温差应采用工作循环最高温度与计算安装温度之差。

3) 保温管与土壤之间的单位长度摩擦力应按下列式计算：

$$F = \mu \left( \frac{1 + K_0}{2} \pi \times D_c \times \sigma_v + G - \frac{\pi}{4} D_c^2 \times \rho \times g \right) \dots\dots\dots (47)$$

$$K_0 = 1 - \sin \varphi \dots\dots\dots (48)$$

式中：

- $F$  ——单位长度摩擦力，单位为牛/米（N/m）；  
 $\mu$  ——摩擦系数；  
 $D_c$  ——外护管外径，单位为米（m）；  
 $\sigma_v$  ——管道中心线处土壤应力，单位为帕（Pa）；  
 $G$  ——包括介质在内的保温管单位长度自重，单位为牛/米（N/m）；  
 $\rho$  ——土壤密度，单位为千克/立方米（kg/m<sup>3</sup>），可取 1800 kg/m<sup>3</sup>；  
 $g$  ——重力加速度，单位为米/平方秒（m/s<sup>2</sup>）；



$K_0$ ——土壤静压力系数；

$\varphi$ ——回填土内摩擦角，单位为度（°），砂土可取 30°。

4) 土壤应力应按下列公式计算：

① 当管道中心线位于地下水位以上时的土壤应力：

$$\sigma_v = \rho \times g \times H \dots\dots\dots (49)$$

式中：

$\sigma_v$ ——管道中心线处土壤应力，单位为帕（Pa）

$\rho$ ——土壤密度，单位为千克/立方米（ $\text{kg}/\text{m}^3$ ），可取  $1800 \text{ kg}/\text{m}^3$ ；

$g$ ——重力加速度，单位为米/平方秒（ $\text{m}/\text{s}^2$ ）；

$H$ ——管道中心线覆土深度，单位为米（m）；

② 当管道中心线位于地下水位以下时的土壤应力：

$$\sigma_v = \rho \times g \times H_w + \rho_{sw} \times g(H - H_w) \dots\dots\dots (50)$$

式中：

$\rho_{sw}$ ——地下水位线以下的土壤有效密度，单位为千克/立方米（ $\text{kg}/\text{m}^3$ ），可取  $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ ；

$H_w$ ——地下水位线深度，单位为米（m）。

5) 保温管与土壤间的摩擦系数应根据回填条件确定，可按表 17 采用。

表 17 保温管外壳与土壤间的摩擦系数

回填料	摩擦系数	
	最大摩擦系数 $\mu_{\max}$	最小摩擦系数 $\mu_{\min}$
中 砂	0.40	0.20
粉质粘土或砂质粉土	0.40	0.15

6) 管道径向位移时，土壤横向压缩反力系数宜根据当地土壤情况实测数据确定，当无实测数据时，可按下列规定确定：

① 管道水平位移时，可按  $1 \times 10^6 \text{ N}/\text{m}^3 \sim 10 \times 10^6 \text{ N}/\text{m}^3$  取值；

② 管道水平位移，对于粉质粘土、砂质粉土，回填密实度为 90%~95% 时，可按  $3 \times 10^6 \text{ N}/\text{m}^3 \sim 4 \times 10^6 \text{ N}/\text{m}^3$  取值；

③ 管道竖向向下位移时，可按  $5 \times 10^6 \text{ N}/\text{m}^3 \sim 100 \times 10^6 \text{ N}/\text{m}^3$  取值。

b) 直管段应力验算

1) 工作管的屈服温差应按下列公式计算：

$$\Delta T_y = \frac{1}{\alpha \times E} [n \times \sigma_s - (1 - \nu) \sigma_t] \dots\dots\dots (51)$$

$$\sigma_t = \frac{P_d \times D_i}{2\delta} \dots\dots\dots (52)$$

式中：

$\Delta T_y$ ——工作管屈服温差，单位为摄氏度（°C）；

- $\alpha$  ——钢材的线膨胀系数，单位为米/（米·摄氏度） [m/(m·℃)];
- $E$  ——钢材的弹性模量，单位为兆帕（MPa）;
- $n$  ——屈服极限增强系数，取 1.3;
- $\sigma_s$  ——钢材的屈服极限最小值，单位为兆帕（MPa）;
- $\nu$  ——钢材的泊松系数，取 0.3;
- $\sigma_t$  ——管道内压引起的环向应力，单位为兆帕（MPa）;
- $P_d$  ——管道计算压力，单位为兆帕（MPa）;
- $D_i$  ——工作管内径，单位为米（m）;
- $\delta$  ——工作管公称壁厚，单位为米（m）。

2) 直管段的过渡段长度应按下列公式计算:

① 直管段过渡段最大长度:

$$L_{\max} = \frac{[\alpha \times E(t_1 - t_0) - \nu \times \sigma_t] A \times 10^6}{F_{\min}} \dots\dots\dots (53)$$

当  $t_1 - t_0 > \Delta T_y$  时，取  $t_1 - t_0 = \Delta T_y$

② 直管段过渡段最小长度:

$$L_{\min} = \frac{[\alpha \times E(t_1 - t_0) - \nu \times \sigma_t] A \times 10^6}{F_{\max}} \dots\dots\dots (54)$$

当  $t_1 - t_0 > \Delta T_y$  时，取  $t_1 - t_0 = \Delta T_y$

式中:

- $L_{\max}$  ——直管段的过渡段最大长度，单位为米（m）;
- $L_{\min}$  ——直管段的过渡段最小长度，单位为米（m）;
- $F_{\max}$  ——单位长度最大摩擦力，单位为牛/米（N/m）;
- $F_{\min}$  ——单位长度最小摩擦力，单位为牛/米（N/m）;
- $\alpha$  ——钢材的线膨胀系数，单位为米/（米·摄氏度） [m/(m·℃)];
- $E$  ——钢材的弹性模量，单位为兆帕（MPa）;
- $t_1$  ——管道工作循环最高温度，单位为摄氏度（℃）;
- $t_0$  ——管道计算安装温度，单位为摄氏度（℃）;
- $\nu$  ——钢材的泊松系数，取 0.3;
- $\sigma_t$  ——管道内压引起的环向应力，单位为兆帕（MPa）;
- $A$  ——工作管管壁的横截面积，单位为平方米（m<sup>2</sup>）;
- $\Delta T_y$  ——工作管屈服温差，单位为摄氏度（℃）。

3) 在管道工作循环最高温度下，过渡段内工作管任一截面上的最大轴向力和最小轴向力应按下列公式计算:

① 最大轴向力:

$$N_{t-\max} = F_{\max} \times L' + F_f \dots\dots\dots (55)$$

当  $L' \geq L_{\min}$  时, 取  $L' = L_{\min}$

② 最小轴向力:

$$N_{t-\min} = F_{\min} \times L' + F_f \dots\dots\dots (56)$$

式中:

$N_{t-\max}$  ——过渡段内计算截面的最大轴向力, 单位为牛 (N);

$N_{t-\min}$  ——过渡段内计算截面的最小轴向力, 单位为牛 (N);

$F_{\max}$  ——单位长度最大摩擦力, 单位为牛/米 (N/m);

$F_{\min}$  ——单位长度最小摩擦力, 单位为牛/米 (N/m);

$L'$  ——过渡段内计算截面距活动端的距离, 单位为米 (m);

$F_f$  ——活动端对管道伸缩的阻力, 单位为牛 (N)

$L_{\min}$  ——直管段的过渡段最小长度, 单位为米 (m)。

4) 在管道工作循环最高温度下, 锚固段内的轴向力应按下列式计算:

$$N_a = [\alpha \times E(t_1 - t_0) - \nu \sigma_t] A \times 10^6 \dots\dots\dots (57)$$

当  $t_1 - t_0 > \Delta T_y$  时, 取  $t_1 - t_0 = \Delta T_y$

式中:

$N_a$  ——锚固段的轴向力, 单位为牛 (N);

$\alpha$  ——钢材的线膨胀系数, 单位为米/(米·摄氏度) [m/(m·℃)];

$E$  ——钢材的弹性模量, 单位为兆帕 (MPa);

$t_1$  ——管道工作最高循环温度, 单位为摄氏度 (℃);

$t_0$  ——管道计算安装温度, 单位为摄氏度 (℃);

$\nu$  ——钢材的泊松系数, 取 0.3;

$\sigma_t$  ——管道内压引起的环向应力, 单位为兆帕 (MPa);

$A$  ——工作管管壁的横截面积, 单位为平方米 (m<sup>2</sup>)。

5) 对工作管直管段的当量应力变化范围应进行验算, 并应符合下列规定:

① 当量应力变化范围应按下列式计算:

$$\sigma_j = (1 - \nu)\sigma_t + \alpha \times E(t_1 - t_2) \leq 3[\sigma] \dots\dots\dots (58)$$

式中:

$\sigma_j$  ——内压、热胀应力的当量应力变化范围, 单位为兆帕 (MPa);

$\nu$  ——钢材的泊松系数, 取 0.3;

$\sigma_t$  ——管道内压引起的环向应力, 单位为兆帕 (MPa);

$\alpha$  ——钢材的线膨胀系数, 单位为米/(米·摄氏度) [m/(m·℃)];

$E$  ——钢材的弹性模量, 单位为兆帕 (MPa);

$t_1$  ——管道工作循环最高温度, 单位为摄氏度 (℃);

$t_2$  ——管道工作循环最低温度, 单位为摄氏度 (℃);

$[\sigma]$  ——钢材的许用应力, 单位为兆帕 (MPa)。

② 当不能满足公式 (58) 时, 管系设计时不应布置锚固段, 且过渡段长度应按下式计算:

$$L \leq \frac{(3[\sigma] - \sigma_t)A}{1.6F_{\max}} \times 10^6 \dots\dots\dots (59)$$

式中:

- $L$ ——设计布置的过渡段长度, 单位为米 (m);
- $[\sigma]$ ——钢材的许用应力, 单位为兆帕 (MPa);
- $\sigma_t$ ——管道内压引起的环向应力, 单位为兆帕 (MPa);
- $A$ ——工作管管壁的横截面积, 单位为平方米 (m<sup>2</sup>);
- $F_{\max}$ ——单位长度最大摩擦力, 单位为牛 (N)。

c) 直管段局部稳定性验算

1) 对由于土壤摩擦力约束热胀变形或局部沉降造成的高内力的直管段, 不得出现局部屈曲、弯曲屈曲和皱折。

2) 公称直径大于 DN500 的管道应进行局部稳定性验算, 并应符合下式计算规定:

$$\frac{D_0}{\delta} \leq \frac{E}{4[\alpha \times E(t_1 - t_0) + \nu \times P_d] + 2 \times \sqrt{4[\alpha \times E(t_1 - t_0) + \nu \times P_d]^2 - \nu \times E \times P_d}} \dots\dots\dots (60)$$

式中:

- $D_0$ ——工作管外径, 单位为米 (m);
- $\delta$ ——工作管公称壁厚, 单位为米 (m);
- $\alpha$ ——钢材的线膨胀系数, 单位为米/(米·摄氏度) [m/(m·°C)];
- $E$ ——钢材的弹性模量, 单位为兆帕 (MPa);
- $t_1$ ——管道工作最高循环温度, 单位为摄氏度 (°C);
- $t_0$ ——管道计算安装温度, 单位为摄氏度 (°C);
- $\nu$ ——钢材的泊松系数, 取 0.3;
- $P_d$ ——管道计算压力, 单位为兆帕 (MPa)。

3) 对于承受较大静土压和机动车动土压的管道不得出现径向失稳。

4) 公称直径大于 DN500 的管道应按下列公式进行径向稳定性验算:

$$\Delta X = \frac{1.728W \times D_0}{E(\delta^3 / r^3) + 2562} \dots\dots\dots (61)$$

$$\Delta X \leq 0.03D_0 \dots\dots\dots (62)$$

式中:

- $\Delta X$ ——工作管径向最大变形量, 单位为米 (m);
- $W$ ——管顶单位面积上总垂直荷载, 单位为千帕 (kPa), 包括管顶垂直土荷载和地面车辆传递到钢管上的荷载, 直埋管道管顶单位面积上总垂直荷载应符合表 18 的规定;
- $D_0$ ——工作管外径, 单位为米 (m);

$E$ ——钢材的弹性模量，单位为千帕（kPa）；

$\delta$ ——工作管公称壁厚，单位为米（m）；

$r$ ——工作管平均半径，单位为米（m）。

表 18 直埋管道管顶单位面积上总垂直荷载

管顶覆土深度（m）	管顶单位面积上总垂直荷载（kPa）
1.3	62
1.4	60
1.5	58
1.6	56

d) 管件应力验算

1) 弯头的升温弯矩及轴向力可采用有限元法计算。

2) 弯头工作管在弯矩作用下的最大环向应力变化幅度应按下列公式计算：

$$\sigma_{bt} = \frac{\beta_b \times M \times r_{bo}}{I_b} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (63)$$

$$\beta_b = 0.9 \times \left( \frac{1}{\lambda} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (64)$$

$$\lambda = \frac{R \times \delta_b}{r_{bm}^2} \dots\dots\dots (65)$$

$$r_{bm} = r_{bo} - \frac{\delta_b}{2} \dots\dots\dots (66)$$

式中：

$\sigma_{bt}$ ——弯头在弯矩作用下最大环向应力变化幅度，单位为兆帕（MPa）；

$\beta_b$ ——弯头平面弯曲环向应力加强系数；

$M$ ——弯头的弯矩变化范围，单位为牛/米（N m）；

$r_{bo}$ ——弯头工作管横截面的外半径，单位为米（m）；

$r_{bm}$ ——弯头工作管横截面的平均半径，单位为米（m）；

$I_b$ ——弯头工作管横截面的惯性矩，单位为四次方米（m<sup>4</sup>）；

$\lambda$ ——弯头工作管的尺寸系数；

$R$ ——弯头的曲率半径，单位为米（m）；

$\delta_b$ ——弯头工作管的公称壁厚，单位为米（m）。

3) 弯头工作管的强度验算应符合下列表达式：

$$\sigma_{bt} + 0.5\sigma_{pt} \leq 3[\sigma] \dots\dots\dots (67)$$

$$\sigma_{pt} = \frac{P_d \times r_{bi}}{\delta_b} \dots\dots\dots (68)$$

式中:

- $\sigma_{bt}$ ——弯头在弯矩作用下最大环向应力变化幅度, 单位为兆帕 (MPa);
- $\sigma_{pt}$ ——弯头在内压作用下的最大环向应力, 单位为兆帕 (MPa);
- $[\sigma]$ ——钢材的许用应力, 单位为兆帕 (MPa);
- $P_d$ ——管道计算压力, 单位为兆帕 (MPa);
- $r_{bi}$ ——弯头工作管横截面的内半径, 单位为米 (m);
- $\delta_b$ ——弯头工作管的公称壁厚, 单位为米 (m)。

4) 三通等管件工作管应根据内压和主管轴向荷载联合作用进行强度验算, 应采用应力测定或有限元法进行疲劳分析, 当不能满足应力验算条件时应进行加固。

5) 三通工作管加固应采取下列一项或几项措施:

- ① 加大主管壁厚, 提高三通总体强度 (包括采用不等壁厚的锻钢三通);
- ② 在开孔区采取加固措施 (包括增加支管壁厚), 抑制三通开孔区的变形;
- ③ 在开孔区周围加设传递轴向荷载的结构。

e) 管道竖向稳定性验算

1) 直管段上的垂直荷载应符合下式:

$$Q \geq \frac{\gamma_s \times N_{p\text{-max}}^2}{E \times I_p \times 10^6} f_o \dots\dots\dots (69)$$

式中:

- $Q$ ——作用在单位长度管道上的垂直分布荷载, 单位为牛/米 (N/m);
- $\gamma_s$ ——安全系数, 取 1.1;
- $N_{p\text{-max}}$ ——管道的最大轴向力, 单位为牛 (N), 按公式 (55) 或公式 (57) 计算;
- $f_o$ ——初始挠度, 单位为米 (m);
- $E$ ——钢材的弹性模量, 单位为兆帕 (MPa);
- $I_p$ ——直管工作管横截面的惯性矩, 单位为四次方米 (m<sup>4</sup>)。

2) 初始挠度应按下式计算:

$$f_o = \frac{\pi}{200} \sqrt{\frac{E \times I_p \times 10^6}{N_{p\text{-max}}}} \dots\dots\dots (70)$$

当  $f_o < 0.01\text{m}$  时,  $f_o$  取 0.01m

式中:

- $f_o$ ——初始挠度, 单位为米 (m);
- $E$ ——钢材的弹性模量, 单位为兆帕 (MPa);
- $I_p$ ——直管工作管横截面的惯性矩, 单位为四次方米 (m<sup>4</sup>);
- $N_{p\text{-max}}$ ——管道的最大轴向力, 单位为牛 (N), 按式 (55) 或式 (57) 式计算。

3) 垂直荷载应按下列公式计算:

$$Q = G_W + G + S_F \dots\dots\dots (71)$$

$$G_W = \left[ H \times D_c - \frac{\pi \times D_c^2}{8} \right] \times \rho \times g \dots\dots\dots (72)$$

$$S_F = \rho \times g \times H^2 \times K_0 \times \tan \varphi \dots\dots\dots (73)$$

$$K_0 = 1 - \sin \varphi \dots\dots\dots (74)$$

式中:

- $Q$ ——作用在单位长度管道上的垂直分布荷载, 单位为牛/米 (N/m);  
 $G_W$ ——单位长度管道上方的土层重量, 单位为牛/米 (N/m);  
 $G$ ——包括介质在内的保温管单位长度自重, 单位为牛/米 (N/m);  
 $S_F$ ——单位长度管道上方土体的剪切力, 单位为牛/米 (N/m);  
 $H$ ——管道中心线覆土深度, 单位为米 (m);  
 $D_c$ ——外护管外径, 单位为米 (m);  
 $\rho$ ——土壤密度, 单位为千克/立方米 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), 可取  $1800 \text{ kg}/\text{m}^3$ ;  
 $g$ ——重力加速度, 单位为米/平方秒 ( $\text{m}/\text{s}^2$ );  
 $K_0$ ——土壤静压力系数;  
 $\varphi$ ——回填土内摩擦角, 单位为度 ( $^\circ$ ), 砂土可取  $30^\circ$ 。

4) 当竖向稳定性不满足要求时, 应采取下列措施:

- ① 增加管道覆土深度或管道上方荷载;
- ② 降低管道轴向力。

f) 热伸长计算

1) 两过渡段间驻点位置  $Z$  (图 5) 应按下列式计算:

$$l_a = \frac{1}{2} \left( (l_a + l_b) - \frac{F_a - F_b}{F_{\min}} \right) \dots\dots\dots (75)$$

式中:

- $l_a$ 、 $l_b$ ——分别为驻点两侧过渡段长度, 单位为米 (m);  
 $F_a$ 、 $F_b$ ——分别为驻点两侧活动端对管道伸缩的阻力, 单位为牛 (N), 当  $F_a$  或  $F_b$  的数值与过渡段长度有关, 采用迭代计算时,  $F_a$  或  $F_b$  的误差不应大于 10%;  
 $F_{\min}$ ——管道单位长度最小摩擦力, 单位为牛/米 (N/m)。

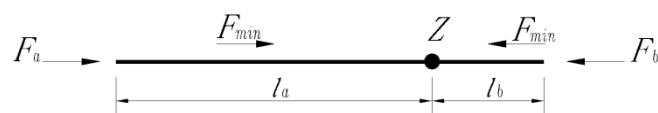


图 5 计算驻点位置简图

2) 管段伸长量应根据该管段所处的应力状态按下列公式计算:

- ① 当  $t_1 - t_0 \leq \Delta T_y$  或  $l \leq L_{\min}$ , 整个过渡段处于弹性状态工作时:

$$\Delta l = \left[ \alpha(t_1 - t_0) - \frac{F_{\min} \times l}{2E \times A \times 10^6} \right] \times l \dots\dots\dots (76)$$

式中:

- $\Delta l$  ——管段的热伸长量, 单位为米 (m), 按式 (37) 计算;
- $\alpha$  ——钢材的线膨胀系数, 单位为米/(米·摄氏度) [m/(m·°C)];
- $t_0$  ——管道计算安装温度, 单位为摄氏度 (°C);
- $t_1$  ——管道工作循环最高温度, 单位为摄氏度 (°C);
- $F_{\min}$  ——管道单位长度最小摩擦力, 单位为牛/米 (N/m);
- $l$  ——设计布置的管段长度, 单位为米 (m), 当  $l \geq L_{\max}$  时, 取  $l = L_{\max}$ ;
- $E$  ——钢材的弹性模量, 单位为兆帕 (MPa);
- $A$  ——工作管管壁的横截面积, 单位为平方米 (m<sup>2</sup>);
- $\Delta T_y$  ——工作管屈服温差, 单位为摄氏度 (°C);
- $L_{\min}$  ——直管段的过渡段最小长度, 单位为米 (m);
- $L_{\max}$  ——直管段的过渡段最大长度, 单位为米 (m)。

② 当  $t_1 - t_0 > \Delta T_y$ , 且  $l > L_{\min}$ , 管段中部分进入塑性状态工作时:

$$\Delta l = \left[ \alpha(t_1 - t_0) - \frac{F_{\min} \times l}{2E \times A \times 10^6} \right] \times l - \Delta l_p \dots\dots\dots (77)$$

$$\Delta l_p = \alpha(t_1 - t_0 - \Delta T_y) \times (l - L_{\min}) \dots\dots\dots (78)$$

式中:

$\Delta l_p$  ——过渡段的塑性压缩变形量, 单位为米 (m);

③ 当  $l \geq L_{\max}$  时,  $l$  取  $L_{\max}$ 。

3) 过渡段内任一计算点的热位移应按下列公式计算:

$$\Delta l_d = \Delta l - \Delta l_a \dots\dots\dots (79)$$

式中:

$\Delta l_d$  ——计算截面的热位移量, 单位为米 (m);

$\Delta l_a$  ——假设过渡段的热伸长量, 单位为米 (m), 按式 (76) 计算, 式中  $l$  取计算点到活动端的距离。

4) 采用套筒、波纹管、球型等补偿器对过渡段的热伸长或分支三通热位移进行补偿时, 选用补偿器的补偿能力应符合下列规定:

① 当过渡段的一端为固定点或锚固点时, 补偿器补偿能力不应小于计算热伸长量 (或热位移量) 的 1.1 倍;

② 当过渡段的一端为驻点时, 补偿器补偿能力不应小于计算热伸长量 (或热位移量) 的 1.2 倍, 但不应大于按过渡段最大长度计算出的热伸长量的 1.1 倍。

#### 6.2.4.4 直埋蒸汽管道

直埋蒸汽管道应力计算应按照 CJJ/T104 的规定执行。



### 6.2.4.5 直埋塑料管道

#### a) 直管的应力

1) 沿管道长度方向的轴向应力按式 (80) 计算:

$$\sigma_1 = \nu\sigma_t - \alpha E(t_1 - t_0) \dots \dots \dots (80)$$

式中:

- $\sigma_1$ ——轴向应力; 单位为兆帕 (MPa);
- $\nu$ ——材料的泊松系数;
- $\sigma_t$ ——管道内压引起的环向应力; 单位为兆帕 (MPa);
- $\alpha$ ——材料的线膨胀系数, 单位为米/(米·摄氏度) [m/(m·℃)];
- $E$ ——材料的弹性模量, 单位为兆帕 (MPa);
- $t_1$ ——管道工作循环最高温度, 单位为摄氏度 (℃);
- $t_0$ ——管道计算安装温度, 单位为摄氏度 (℃)。

2) 沿管道直径方向的径向应力按式 (81) 计算:

$$\sigma_2 = p_n \dots \dots \dots (81)$$

式中:

- $\sigma_2$ ——径向应力; 单位为兆帕 (MPa);
- $p_n$ ——管道的工作压力, 单位为兆帕 (MPa)。

3) 环向应力按式 (82) 计算:

$$\sigma_3 = \frac{p_n(D_o^2 + D_i^2)}{D_o^2 - D_i^2} \dots \dots \dots (82)$$

式中:

- $\sigma_3$ ——环向应力; 单位为兆帕 (MPa);
- $D_i$ ——工作管内径, 单位为米 (m);
- $D_o$ ——工作管外径, 单位为米 (m)。

4) 管道屈服时当量应力按式 (83) 计算:

$$\sigma_{ep} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \leq 1.2[\sigma] \dots \dots \dots (83)$$

式中:

- $\sigma_{ep}$ ——当量应力; 单位为兆帕 (MPa);
- $[\sigma]$ ——许用应力; 单位为兆帕 (MPa)。

#### b) 横向变形量验算

1) 埋地保温管在外压作用下, 其竖向直径的变形量按式 (84) 计算:

$$W_{d,max} = D_L \frac{K_d(F_{sv,k} + \psi_q q_{vk} D_o)}{8S_p + 0.061E_d} \dots \dots \dots (84)$$

式中:

- $W_{d,max}$ ——管道在荷载准永久组合作用下的最大竖向变形量计算值, m;
- $F_{SV,k}$ ——每延米管道上管顶的竖向土压力标准值, kN/m;
- $q_{vk}$ ——地面车辆荷载传至管顶单位面积上的竖向压力标准, kN/m<sup>2</sup>;

- $K_d$ ——管道变形系数，可取 5%；
- $D_L$ ——变形滞后效应系数，可根据管道胸腔回填密实度 1.2~1.5；
- $\psi_q$ ——可变荷载准永久值系数，取 0.5；
- $S_p$ ——管材环刚度， $\text{kN/m}^2$ ，实际检测值；
- $E_d$ ——管侧土的综合变形模量， $\text{kN/m}^2$ 。

2) 管道竖向直径变形率按式 (85) 计算::

$$\varepsilon = \frac{W_{d,\max}}{D_o} \times 100\% \dots\dots\dots (85)$$

式中：

$\varepsilon$ ——管道竖向直径变形率，%。

**6.2.4.6 管道支承反力的计算**

架空（管沟）管道支承反力的计算按照 GB/T 32270-2015 中 6.4.3 条执行。

**6.2.5 管道布置和敷设**

**6.2.5.1** 城镇供热管网的布置应在城镇规划的指导下，根据热负荷分布、热源位置、其他管线及构筑物、园林绿地、水文、地质条件等因素确定。

**6.2.5.2** 直埋热水管道布置应按照 CJJ/T81 的规定执行。

**6.2.5.3** 架空（管沟）热水管道布置应按照 CJJ34 的规定执行，并应符合下列要求：

- a) 对于保温管道，保温表面与地面的净空距离不宜小于 300mm；
- b) 对于平行敷设的两根管道，两管保温表面的净空距离不宜小于 150mm；
- c) 当管道有热位移时，**6.2.5.3** a)、b)规定的各项间距，在考虑管道热位移后不宜小于 50mm；
- d) 管道跨越各类通道的净空距离应考虑管道位移的影响，并应符合下列规定：

1) 当管道横跨人行通道上空时，管道保温表面与通道地面的净空距离不宜小于 2000mm；当通道需要通行车辆时，净空高度应满足车辆通行的需要。

2) 当管道穿越道路时，管道保温表面与道路的净空距离不宜小于 4500mm。

e) 连续弯头或弯管中间应有直管段，其长度不应小于管道外径。

**6.2.5.4** 供热管道管沟的外表面、直埋敷设热水管道或地上敷设管道的保温结构表面与建筑物、构筑物、道路、铁路、电缆、架空电线和其他管线的最小水平净距、垂直净距应符合表 19 和表 20 的规定。

**表 19 地下敷设供热管道与建筑物（构筑物）或其他管线的最小距离（m）**

建筑物、构筑物或管线名称		最小水平净距	最小垂直净距
建筑物基础	管沟敷设供热管道		0.5
	直埋热水管道	DN≤250	2.5
		DN≥300	3.0
铁路钢轨		钢轨外侧 3.0	轨底 1.2
电车钢轨		钢轨外侧 2.0	轨底 1.0
铁路、公路路基边坡底脚或边沟的边缘		1.0	—
通信、照明或 10kV 以下电力线路的电杆		1.0	—
桥墩（高架桥、栈桥）边缘		2.0	—

建筑物、构筑物或管线名称		最小水平净距	最小垂直净距
架空管道支架基础边缘		1.5	—
高压输电线铁塔基础边缘 35kV~220kV		3.0	—
通信电缆管块		1.0	0.15
直埋通信电缆（光缆）		1.0	0.15
电力电缆和控制电缆		35kV 以下	2.0
		110kV	2.0
燃气管道	管沟敷设供热管道	燃气压力<0.01MPa	1.0
		燃气压力≤0.4MPa	1.5
		燃气压力≤0.8MPa	2.0
		燃气压力>0.8MPa	4.0
	直埋敷设热水管道	燃气压力≤0.4MPa	1.0
		燃气压力≤0.8MPa	1.5
燃气压力>0.8MPa		2.0	
给水管道		1.5	0.15
排水管道		1.5	0.15
地 铁		5.0	0.8
电气铁路接触网电杆基础		3.0	—
乔木（中心）		1.5	—
灌木（中心）		1.5	—
车行道路面		—	0.7

注：1 表中不包括直埋敷设蒸汽管道与建（构）筑物或其它管线的最小距离的规定；  
2 当供热管道的埋设深度大于建（构）筑物基础深度时，最小水平净距应按土壤内摩擦角计算确定；  
3 供热管道与电力电缆平行敷设时，电缆处的土壤温度与月平均土壤自然温度比较，全年任何时候对于电压 10kV 的电缆不高出 10℃，对于电压 35kV~110kV 的电缆不高出 5℃时，可减小表中所列距离；  
4 在不同深度并列敷设各种管道时，各种管道间的水平净距不应小于其深度差；  
5 供热管道检查室、方形补偿器壁龛与燃气管道最小水平净距亦应符合表中规定；  
6 在条件不允许时，可采取有效技术措施并经有关单位同意后，可以减小表中规定的距离，或采用埋深较大的暗挖法、盾构法施工。

表 20 地上敷设供热管道与建筑物（构筑物）或其他管线的最小距离（m）

建筑物、构筑物或管线名称		最小水平净距	最小垂直净距
铁路钢轨		轨外侧 3.0	轨顶一般 5.5 电气铁路 6.55
电车钢轨		轨外侧 2.0	—
公路边缘		1.5	—
公路路面		—	4.5
架空输电线 （水平净距：导线最大风	<1kV	1.5	1.0
	1kV~10kV	2.0	2.0

偏时；垂直净距：热力网管道在下面交叉通过导线最大垂度时)	35kV~110kV	4.0	4.0
	220kV	5.0	5.0
	330kV	6.0	6.0
	500kV	6.5	6.5
树冠		0.5（到树中不小于2.0）	—

**6.2.5.5** 直埋蒸汽管道布置应按照 **CJJ/T104** 的规定执行。

#### **6.2.5.6 架空（管沟）蒸汽管道布置**

a) 架空（管沟）蒸汽管道布置应同时满足 **6.2.5.3** 的规定；

b) 当蒸汽管道采用多层布置时，可将管径小、压力高、有阀门或法兰连接的布置在上面。管道垂直间距应满足安装要求。

#### **6.2.5.7 直埋保温塑料管道应符合下列要求：**

a) 直埋保温塑料管道应采用无补偿敷设方式。

b) 直埋保温塑料管道埋深不应小于表 21 的要求：

**表 21 直埋保温塑料管道的最小覆土深度**

工作管公称外径（mm）	最小覆土深度（m）	
	机动车道	非机动车道
≤125	0.8	0.7
140~315	1.0	0.7
355~450	1.2	0.9

#### **6.2.5.8 长输供热管网应符合下列要求：**

a) 长输供热管网除进行静态水力分析外，还应进行动态水力分析。

b) 长输供热管网宜对工作管道内壁进行处理，减小内壁当量粗糙度。

c) 长输供热管网的比摩阻可采用 20Pa/m~40Pa/m。

d) 长输供热管网的线路选择应符合下列规定：

- 1) 宜避开多年生经济作物区和重要的农田基本建设设施。
- 2) 应避开重要的军事设施、易燃易爆仓库、国家重点文物保护区和塌陷区。
- 3) 严禁穿过铁路或公路的隧道。

e) 长输供热管网采用直埋敷设时，应采用预热安装或冷安装的无补偿敷设方式。

f) 长输供热管网应装设分段阀门，分段阀门的间距宜为 5km~10km。

g) 长输供热管网上应设置管道检漏报警系统。

h) 长输供热管网在向下穿越河流、池塘或交通设施时，应在穿越前后两端水流方向的管道上设置除污装置。

i) 长输供热管网中补水装置的选择应符合下列规定：

1) 补水装置的流量，不应小于供热系统循环流量的 1%；事故补水量不应小于供热系统循环流量的 2%。

2) 软水装置的出力，不应小于供热系统循环流量的 2%（单根管分段阀门之间水容积的 10%）。

**6.2.5.9 综合管廊内供热管道应符合下列要求:**

- a) 采用蒸汽介质时应在独立舱室内敷设。
- b) 供热管道不应与电力电缆同舱敷设。
- c) 供热管道可与自来水管、通信线路、压力排水管道一起入廊。在综合管廊内，热力管道应高于自来水管，并且自来水管应做绝热层和防水层。
- d) 供热管道在进出综合管廊时，应在综合管廊外设置阀门。
- e) 热水管道舱室逃生口间距不应大于 400m，蒸汽管道逃生口的间距不应大于 100m。
- f) 综合管廊应预留管道排气阀、补偿器、阀门等附件安装、运行、维护作业所需的空间。
- g) 供热管道及配件保温材料应采用难燃材料或不燃材料。
- h) 敷设在综合管廊内的蒸汽管道的疏水管和热水管道的泄水管应引至综合管廊外安全空间，并应与周边环境相协调。
- i) 综合管廊供热管道舱室不得与燃气管道舱室连通，且出入口及进排风口与燃气舱室排风口的距离不应小于 10m。

**6.2.5.10 供热管道穿跨越工程应符合下列要求:**

- a) 当供热管线穿（跨）越铁路、公路、桥梁、堤坝等设施时，应保证各种设施安全。
- b) 当供热管线跨越水面或河底敷设时，不应妨碍河流通航、泄洪和河道整治。
- c) 当采用顶管、暗挖、盾构的结构工艺时，管道应力计算按照 GB/T 32270-2015 中 6.4.2 条执行。
- d) 当采用定向钻的工艺时，管道应力计算按照 6.2.4.3 条执行。

**6.2.6 钢质管道支吊架****6.2.6.1 一般规定**

- a) 管道支吊架的设置和选型应根据管道布置和对支吊架的功能要求确定。
- b) 支吊架间距应根据管道荷载的合理分布，并满足管道强度、刚度和防止振动等要求。
- c) 支吊架应支承在可靠的构筑物上，便于施工，且不影响设备检修及其他管道的安装和扩建。
- d) 支吊架零部件应有足够的强度和刚度，结构简单，宜采用标准产品。
- e) 室外管道吊架的拉杆，在穿过保温层处应采取防雨措施。

**6.2.6.2 支吊架允许间距**

- a) 管道支吊架的间距应满足强度和刚度条件的要求。
- b) 水平直管道支吊架间距应满足下列要求：
  - 1) 按强度条件确定的支吊架间距：

$$\sigma_{\max} = \frac{(qL + 2P_j)L}{8W} \dots\dots\dots (86)$$

$$L = \frac{\sqrt{P_j^2 + 8qW\sigma_{\max}} - P_j}{q} \dots\dots\dots (87)$$

式中：

$\sigma_{\max}$  ——水平直管最大弯曲应力，单位为兆帕（MPa）；

$q$  ——管道单位长度自重，单位为牛/米（N/m）；

$L$  ——支吊架间距，单位为米（m）；

$P_j$  ——跨中集中荷载，单位为牛（N）；

$W$ ——管子截面抗弯矩，单位为立方厘米（ $\text{cm}^3$ ）。

2) 按刚度条件确定的支吊架间距：

$$\delta_{\max} = \frac{L^3}{E_t I} \left( \frac{5}{384} qL + \frac{1}{48} P_j \right) \times 10^5 \dots\dots\dots (88)$$

式中：

$\delta_{\max}$ ——最大弯曲挠度，单位为毫米（ $\text{mm}$ ）；一般钢管道的弯曲挠度不宜大于 $2.5\text{mm}$ 。

$E_t$ ——管子材料在设计温度下的弹性模量，单位为兆帕（ $\text{MPa}$ ）；

$I$ ——管子截面惯性矩，单位为四次方厘米（ $\text{cm}^4$ ）；

3) 水平直管支吊架的允许间距，应取强度和刚度确定的间距最小值；在水平管道方向改变处，两支吊点间的管子展开长度不应超过水平直管支吊架允许间距的 $3/4$ 。

c) 垂直管道支吊架的间距可大于水平直管支吊架的允许间距，在最不利荷载作用下不应使管壁应力超过允许值。为防止管道侧向振动，垂直管道宜设置适当数量的管道侧向约束装置。

### 6.2.6.3 支吊架荷载及荷载组合

a) 支吊架荷载及荷载组合应符合 **GB/T17116.1** 的规定。支吊架应能承受管道和相关设备在可能出现的各种工况下所施加的静荷载和规定的动力荷载。支吊架零部件应按对其结构最不利的组合荷载进行选择与设计。在管道支吊架设计时，应计及的荷载包括（但不限于）下列各项：

- 1) 管道组成件及保温层的重力；
- 2) 支吊架的重力；
- 3) 管道输送介质的重力；
- 4) 对于蒸汽管道，应根据具体情况计及水压试验或管道清洗时的介质重力；
- 5) 管道中柔性管件由于内压力产生的作用力；
- 6) 支吊架约束管道位移所产生的约束反力和力矩；
- 7) 管道位移时在活动支吊架上引起的摩擦力，摩擦系数  $\mu$  可按表 15 取值；
- 8) 室外管道受到的雪荷载；
- 9) 室外管道受到的风荷载；
- 10) 正常运行时，由于种种原因引起的管道振动力；
- 11) 管内流体动量瞬时突变(如汽锤、水锤、安全阀排汽反力)引起的瞬态作用力；
- 12) 流体排放产生的反力；
- 13) 地震引起的荷载，但不计及地震荷载与风荷载同时出现的工况。

b) 支吊架结构荷载应符合 **GB 50764-2012** 第 10.3.2 节的规定。支吊架结构荷载计算应根据具体情况计及下述工况：

- 1) 运行初期冷态工况；
- 2) 运行初期热态工况；
- 3) 管道应变自均衡后的冷态工况；
- 4) 管道应变自均衡后的热态工况；
- 5) 水压试验或管路清洗工况；
- 6) 各种瞬态工况。

c) 管道位移在活动支吊架上引起的摩擦力，其摩擦系数  $\mu$  可按表 22 取值。

**表 22 摩擦系数**

序号	摩擦形式	摩擦系数
1	钢与钢滑动摩擦	0.3
2	钢与聚四氟乙烯板	0.2
3	聚四氟乙烯之间	0.1
4	不锈钢（镜面）薄板之间	≤0.1
5	不锈钢（镜面）与聚四氟乙烯板间	0.05~0.07
6	钢表面的滚动摩擦	0.1

#### 6.2.6.4 支吊架材料

a) 与管道直接接触的支吊架零部件，其材料应按管道设计温度选用。与管道直接焊接的零部件，其材料应与管道材料相同或相容。

b) 钢材的使用温度上限应符合 GB/T32270-2015 附录 A 的规定。

c) 用于承受拉伸荷载的支吊架零部件应采用有冲击功保证值的钢材。当采用没有冲击功保证值的钢材，应按 GB/T229 的要求补做冲击韧性试验，其冲击功值符合有关国家标准的规定。

d) 支吊架零部件不应采用沸腾钢或铸铁材料。

#### 6.2.6.5 支吊架结构及强度

a) 支吊架管部结构不应使管道局部过应力。

b) 管部结构的设计应符合下列规定：

1) 管部结构应能承受功能所要求的力和力矩，保证管部与管道之间在预定约束方向不发生相对位移。管部结构的设计应控制管壁应力，防止管道局部塑性变形；

2) 管部结构尺寸应与管道外径相配，且应保证其与支吊架其它连接部件相连接的部位裸露在管道保温层外；

3) 垂直管道的管部结构或限制管道轴向位移的双臂管部结构，管部的任一侧应能承受该支吊架点的全部荷载。

c) 支吊架的连接件设计应符合以下规定：

1) 螺纹拉杆的最大承载力可根据其许用应力和螺纹根部截面计算，螺纹拉杆的许用应力按照本 GB/T32270-2015 附录 A 的 75% 取用。用于不大于 DN50 管子上的吊杆直径不应小于 10mm，用于大于 DN50 管子上的吊杆直径不应小于 12mm；

2) 任何状态下吊杆与垂线之间夹角应符合下列规定值：

(I) 刚性吊架吊杆与垂线之间夹角不应大于 3°；

(II) 弹性吊架吊杆与垂线之间夹角不应大于 4°。

(III) 当不能满足 (I)、(II) 的规定时，应采取偏装或加装滚动装置等措施。

3) 吊杆应有足够的螺纹长度，并配有调节垂直高度的部件，螺纹连接处应设锁紧螺母；

4) 垂直管道双拉杆刚性吊架的连接件应按单侧承受全部结构荷载选择。

d) 支吊架的焊接和根部钢结构设计应符合 GB/T 17116.3 的规定。

### 6.2.7 塑料管道支吊架

#### 6.2.7.1 塑料管支吊架

塑料管垂直或水平安装的支架间距应符合表 23 的规定。采用金属制作的管道支架，应在管

道与支架间加衬非金属垫或套管。

**表 23 塑料管管道支架的最大间距**

管外径(mm)		40	50	63	75	90	110
最大间距(m)	立管	1.3	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
	水平管	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2

#### 6.2.7.2 钢塑复合管道支吊架

水平管与立管的支架间距不得大于表 24 的规定。

**表 24 钢塑复合管道支架最大间距 (m)**

工作管外径 dn		50	63	75	90	110	140	160
最大间距	立管	3.4	3.8	4.1	4.6	5.1	5.2	5.6
	水平管	2.2	2.6	2.9	3.4	4.0	4.1	4.4
工作管外径 dn		200	250	315	400	450	500	
最大间距	立管	5.8	7.2	7.5	9.2	9.2	9.2	
	水平管	4.8	6.3	6.9	8.1	8.1	8.1	

### 6.2.8 管道防腐

#### 6.2.8.1 腐蚀环境类型

- 大气腐蚀性等级应按 GB/T 15957 的规定划分；
- 土壤腐蚀性等级应按 GB 50021 的规定划分。

#### 6.2.8.2 一般规定

管道在下列条件下应进行外部防腐：

- 架空和管沟敷设的热水管道、凝结水管道；
- 架空和管沟敷设季节运行的蒸汽管道；
- 无防腐功能的保护层。

#### 6.2.8.3 防腐设计

- 防腐涂料的性能应与腐蚀环境相适应。
- 防腐涂料的选择应符合下列规定：
  - 热水管道宜选择富锌涂料等；
  - 蒸汽管道应按介质的最高温度选择涂料；
  - 直埋蒸汽管道外护管应按重腐蚀环境选择涂料，长期耐温不应低于 70℃。
- 防腐涂层体系的设计应符合下列规定：
  - 具有良好的附着力、耐蚀性、抗冲击、电绝缘性、低吸水性、低水蒸汽渗透性和抗温度变化的能力；
  - 应符合 DL/T 5072 或 SY/T 0061 的有关规定。
- 直埋蒸汽管道的外护管应采取阴极保护措施。

### 6.2.9 管道保温

#### 6.2.9.1 一般规定

- 热水管道和蒸汽管道均应保温。



- b) 保温层结构应保证在设计条件下运行时，其外表面温度不应高于 50℃。
- c) 管沟和综合管廊内管道保温应满足管沟和综合管廊内的环境温度要求。

#### 6.2.9.2 保温材料及主要辅助材料性能

- a) 保温材料应符合下列规定：

- 1) 无机保温材料在平均温度为 70℃时的导热系数不得大于 0.080W/(m·K)；有机保温材料在平均温度为 50℃时的导热系数不应大于 0.043W/(m·K)；
- 2) 硬质保温制品的密度不应大于 250 kg/m<sup>3</sup>，软质保温制品的密度不应大于 150kg/m<sup>3</sup>；
- 3) 硬质保温制品的抗压强度：无机保温材料不应小于 0.4MPa，有机保温材料不应小于 0.3MPa；
- 4) 最高使用温度、吸湿率、收缩率、抗折强度、腐蚀性、耐蚀性等性能应符合相关标准的规定；
- 5) 室内及综合管廊内的管道和设备保温材料，燃烧性能应不低于 GB 8624 难燃材料的要求，且氧指数不应小于 30%；
- 6) 对环境无污染，对人体无伤害。

- b) 保护层材料应符合下列规定：

- 1) 具有良好的防水性、防湿性、防潮性及抗大气腐蚀性；
- 2) 具有稳定的化学性能，不易老化变质，不对保温层产生腐蚀或溶解；
- 3) 室内及综合管廊内的管道和设备保护层材料，燃烧性能应不低于 GB 8624 难燃材料的要求；
- 4) 对环境无污染，对人体无伤害。

#### 6.2.9.3 保温设计

- a) 保温材料应按介质的最高温度选择。

- b) 保温计算应符合下列规定：

- 1) 直埋热水管道保温计算应符合 CJJ/T 81 的规定；
- 2) 直埋蒸汽管道保温计算应符合 CJJ/T 104 的规定；
- 3) 架空管道保温计算应符合 GB 50264 的规定。

- c) 保温结构应符合下列规定：

- 1) 保温结构宜由保温层和保护层组成；
- 2) 保温结构应有足够的机械强度；
- 3) 保温结构宜为固定式，但需要维修的部位宜采用可拆卸式；
- 4) 直埋热水管道应采用整体保温结构。

## 7 制作与安装

### 7.1 燃气管道制作与安装

#### 7.1.1 一般规定

**7.1.1.1** 承担压力管道制作、施工与安装单位应按照国家规定具有相关资质；应有与生产相适应的专业人员、生产场地和检测手段；有与生产相适应的设备、设施和工作场所。

**7.1.1.2** 承担压力管道制作、施工与安装单位应具有健全的压力管道安装安全、技术、质量管理、环境保护管理体系和施工现场管理制度。

**7.1.1.3** 承担燃气管道、设备焊接的人员应取得国家相应部门颁发的特种作业人员资格证书及上岗资格证，所从事工作范围应与资格证书相符；取得上岗资格的焊工，若中断特种设备焊接作业超过六个月，应重新进行评定或考试。承担其他材质燃气管道安装的人员，必须经过相关专业机构进行专门培训，并经考试合格取得上岗资格证书，间断安装时间超过 6 个月，再次上岗前应重新考试和技术评定；特殊工种应按照相关的规定持证上岗。

**7.1.1.4** 施工前，应进行图纸会审、设计技术交底并应依据设计和规范编制施工组织设计及专项施工方案。

**7.1.1.5** 燃气管道施工前，施工单位应向管道安装工程所在地取得相关施工许可。

**7.1.1.6** 燃气管道工程施工所使用的管材、设备、管道组成件、压力容器及元件、防腐材料、阴极保护材料、管道标示材料等，应符合设计要求，其质量应符合国家现行有关产品标准的规定，并具有材质证明文件、质量证明书、出厂质量合格文件以及使用说明书。

**7.1.1.7** 施工前应依据设计文件进行地上、地下障碍物调查，调查情况、处置方案应纳入施工组织设计，实施情况留有影像资料并应纳入竣工档案。

**7.1.1.8** 在燃气管道竣工单线图上应标明焊缝位置（里程）、焊缝编号、焊工代号、焊接位置、返修焊缝、无损检测方法及其抽查的焊缝、扩大检验的焊缝、热处理及硬度抽查的焊缝等。

**7.1.1.9** 防腐层补口现场施工前，应对选用的补口材料和施工方式进行工艺评定试验（PQT）；补口施工环境应满足材料的施工要求。

**7.1.1.10** 阴极保护材料应符合GB/T 21448中的规定。

## **7.1.2 材料、设备的进场检验**

### **7.1.2.1 燃气钢质管道、管件、设备的检查与验收**

a) 在入库和进入施工现场安装前，应对管道组成件进行检查，其材质、规格、型号应符合设计文件和合同的规定，并按现行的国家产品标准进行外观、椭圆度、壁厚、尺寸等检查；对外观质量有异议、设计文件或本标准有要求时应进行有关质量检验，不合格者不得使用。

b) 当对材料的质量有疑问或相关文件有要求时，应对材料进行复验。复检的材料应按照相关规范的规定进行复检。牌号及质量性能不明的材料不应用于管道（承压）组成件，不合格的材料、管道附件、设备不应安装使用。

c) 管道组成件应当逐件进行核实并标记，标志内容一般包括制造单位代号或商标、许可标志、材料（牌号或强度等级、规格、炉批号）、产品编号等。产品规格较小，无法标记全部内容时，可采用标签或按照相关要求省略部分内容。产品标志应当能够追溯到产品质量证明文件。

d) 现场安装的阀门应逐个进行外观检查，其外观质量应符合下列要求：

- 1) 阀体、阀盖、阀外表面无气孔、砂眼、裂纹等；
- 2) 垫片、填料应满足介质要求，安装应正确；
- 3) 丝杆、手轮、手柄无毛刺、划痕，且传动机构操作灵活、指示正确；
- 4) 铭牌完好无缺，标识清晰完整；
- 5) 备品备件应数量齐全、完好无损。

e) 阀门安装前应按照有关国家或行业标准进行性能和严密性检查。试验合格后立即将水渍清理干净。有特殊要求时，试验介质应符合设计文件的规定。经建设方或其建造代表认可的阀门生产商的出厂性能检验证明文件可免除现场检验。

f) 法兰的公称压力应符合设计要求，法兰密封面应平整光洁，不得有毛刺及径向沟槽。法兰螺纹部分应完整，无损伤。凹凸面法兰应能自然嵌合，凸面的高度不得低于凹槽的深度。

g) 螺栓及螺母的螺纹应完整，不得有伤痕、毛刺等缺陷；螺栓与螺母应配合良好，不得有松动或卡涩现象。设计压力大于或等于 1.6MPa 的管道使用的高强度螺栓、螺母设计文件有疑问时，应按照相关规范要求进行复验。

h) 石棉橡胶垫、橡胶垫及软塑料等非金属垫片应质地柔韧，不得有老化变质或分层现象，表面不应有折损、皱纹等缺陷；金属垫片的加工尺寸、精度、光洁度及硬度应符合要求，表面不得有裂纹、毛刺、凹槽、径向划痕及锈斑等缺陷；包金属及缠绕式垫片不应有径向划痕、松散、翘曲等缺陷。

#### 7.1.2.2 外防腐层检查

a) 管道防腐层材料、补口补伤材料及防腐等级应符合设计要求，防腐补口材料应与管体防腐层材料相同或相容，且施工工艺应能适应具体工程的现场施工环境及施工条件。防腐层基本结构应符合CJJ95的有关规定。

b) 聚乙烯防腐层的检漏电压为25kV，熔结环氧粉末防腐层、双层环氧防腐层检测电压为5V/μm。绝缘接头(法兰)表面涂层用设计规定的绝缘电压值进行电火花检测应无漏电。

c) 防腐补口材料的检查验收除应符合本标准规定外，尚应满足GB/T 51241中的要求。

#### 7.1.2.3 聚乙烯管材、管件、设备的检查与验收

a) 管材、管件的验收，应按有关标准进行，当对物理力学性能存在异议时，应委托具有检定资质的第三方进行检验，检验合格后方可使用。

b) 管材从生产到使用之间的存放时间不宜超过1年，管件不宜超过2年。超过上述期限时宜重新抽样，进行性能检验，合格后方可使用。管材检验项目：静液压强度（165h/80℃）、热稳定性和断裂伸长率；管件检验项目：静液压强度（165h/80℃）、对接熔接的拉伸强度或电熔管件的熔接强度。

c) 钢塑转换接头应光滑整洁，不应有明显的划伤、凹陷、鼓包等表面缺陷，其质量应符合GB 26255.1、GB 26255.2的规定。

#### 7.1.2.4 焊接材料应符合下列规定：

a) 焊接材料生产厂商应随货提供必要的质量证明文件，工程使用前采购方应对不同批号的焊接材料进行复检；

b) 焊材的品种和型号应符合焊接工艺规程的要求，焊材包装应完好，标识应清晰；

c) 焊条应无破损、霉变、油污、锈蚀；焊丝应无锈蚀和折弯；焊剂应无变质现象；保护气体的纯度和干燥度应满足焊接工艺规程的要求；

d) 保护气体应达到规定的纯度。二氧化碳气体纯度不宜低于99.5%，含水量和含氧量不超过0.1%，气路系统中应设置干燥器和预热装置。氩气纯度不宜低于99.96%。

#### 7.1.2.5 球墨铸铁管道的检查验收

a) 管材及管件表面不得有裂纹及影响使用的凹凸不平等缺陷；

b) 使用橡胶密封圈密封时，其性能必须符合燃气输送介质的使用要求。橡胶圈应光滑、轮廓清晰，不得有影响接口密封的缺陷；

c) 球墨铸铁管、管件和附件质量应符合设计要求和GB13295的有关规定。产品应有出厂气密

性试验合格文件，试验压力不应小于0.6MPa。管材及管件承插口密封工作面铸造不应有连续的轴向勾纹，管材及管件承口密封工作面应喷涂有防腐漆。

### 7.1.3 材料运输与存放

#### 7.1.3.1 管材、管件的保管

- a) 管材、管件装卸时，严禁抛摔、拖拽和剧烈撞击。存放时的堆放高度、环境条件(湿度、温度、光照等)必须符合产品的要求，应避免暴晒和雨淋；
- b) 管材、管件入库前必须查验产品质量合格文件或质量保证文件等，并应妥善保管；
- c) 应按产品储存要求分类储存，堆放整齐、稳固，便于管理；
- d) 管材、管件应平放在地面上，存放和堆置高度应保证管子不会发生损伤和永久变形，并应采取防止滚落的措施。每层防腐管之间应垫放软垫，最下层的管子下宜铺垫两排枕木或沙袋，支撑物必须牢固，直管道等长物件应做连续支撑；管子距地面的距离宜大于 200mm；
- e) 山地、丘陵、冲沟、水网地段堆管场地应选择在不易受洪水、滑坡、滚石侵害的地方。
- f) 在沿海、空气潮湿、盐雾腐蚀等地区存放钢管和管件应有防止潮湿空气、盐雾侵蚀的措施；
- g) 暂不安装的管材、管件和阀门等，应对端口进行妥善封闭；

#### 7.1.3.2 阀门保管

- a) 阀门宜采用室内库房存放保管，阀门入库前要进行检验,核对合格证等技术资料与实物是否相符。入库后保管员应及时办理入库手续；
- b) 阀门应按阀门的规格、型号、材质分别存放；
- c) 壳体压力试验和密封试验后的阀门，闲置时间超过半年，使用前应重新进行检验；
- d) 外露阀杆的部位，应涂润滑脂进行保护。除塑料和橡胶密封面不允许涂防锈剂外，阀门的其他关闭件和阀座密封面应涂工业用防锈油脂；
- e) 阀门的内腔、法兰密封面和螺栓螺纹应涂防锈剂进行保护；阀门试验合格后，内部应清理干净，阀门两端应加防护盖，填写试验记录；

#### 7.1.3.3 补偿器保管

- a) 补偿器运输过程中应采取有效措施防止相互碰撞。起吊时吊具严禁吊在波纹管、拉杆或拉板上；
- b) 补偿器进场后应检查产品合格证，核对产品型号，并对外观质量和安装尺寸进行复检。安装前不得拆除运输紧固装置；
- c) 补偿器应按不同规格、型号分类贮存并分别做好标识，并采取防锈、防变形措施；
- d) 补偿器露天存放时，场地应坚实、平整不得有积水、石块等，并应采用篷布覆盖；
- e) 补偿器宜放置在方木上，平行支撑不少于 2 道，均匀对称配置，方木高度不小于 200mm。

#### 7.1.3.4 聚乙烯管道和钢骨架聚乙烯复合管材、管件、设备的保管

- a) 管材、管件和阀门的运输应符合下列规定：
  - 1) 搬运时，不得抛、摔、滚、拖；在冬季运时应小心轻放。当采用机械设备吊装直管时，必须用非金属绳（带）吊装；
  - 2) 管材运输时，应放置在带挡板的平底车上或平坦的船舱内，堆放处不得有可能损伤管材的尖凸物，并应采用非金属绳（带）捆扎、固定，以及应有防晒措施；管件运输时，应按箱逐层叠放整齐、固定牢靠，并应有防晒措施；

3) 管件、阀门运输时，应按箱逐层叠放整齐、固定牢靠，并有相应的防雨淋措施。

b) 管材、管件和阀门的贮存过程中应符合下列规定：

1) 管材、管件和阀门应存放在通风良好的库房或棚内，远离热源，并应有防晒、防雨淋的措施；严禁与油类或化学品混合存放，库区应有防火措施；管材、管件和阀门存放时，应按不同规格尺寸和不同类型分别存放，并应遵守“先进先出”原则；

2) 管材应水平堆放在平整的支撑物或地面上。当直管采用三角形式堆放和两侧加支撑保护的矩形堆放时，堆放高度不宜超过 1.5m；当直管采用分层货架存放时，每层货架高度不宜超过 1m，堆放总高度不宜超过 3m；管件贮存应成箱存放在货架上或叠放在平整地面上；当成箱叠放时，堆放高度不宜超过 1.5m；

3) 管材、管件在户外临时存放时，应有遮盖物遮盖。

#### 7.1.3.5 球墨铸铁管材、管件的保管

a) 管材、管件及设备运至施工现场，卸车时要使用软带吊装，轻吊轻放，避免管道互相碰撞，入槽前管道要放在适当的砂袋拖架上，防止损坏管道外防腐；

b) 存放地面应平坦松软，场地附近不得有腐蚀性化学物品；

c) 管材在运输、装卸过程中管身要设弧形支座，支座外包麻袋片，管身应用外套胶管的钢丝拉紧；

d) 管材、管件运至现场后，可沿沟槽一侧摆放，在搬运和装卸过程中不得使管子摔落、相互撞击、自由滚动或沿地面拖拉；

#### 7.1.3.6 焊材保管

a) 焊材应在干燥通风的室内分类存放，室内温度应在 5℃以上，相对湿度小于 60%，防止受潮气、雨水、雪霜及油类等有害物质的侵蚀；

b) 焊接材料应按有关的技术要求和安全规程妥善保管。因吸潮而可能导致失效的焊接材料在存放时应采取必要的防潮措施，如设置货架、采用防潮剂或去湿器等。品种、型号及牌号、批号、规格、入库时间不同的焊接材料应分类存放，并有明确的区别标志，以免混杂；

c) 在保管和搬运时，应避免损害焊接材料及其包装，包装开启后，应保护其不致变质，凡有损害或变质迹象的焊材不应使用；

d) 施工现场应建立焊接材料的保管、烘干、清洗、发放、使用和回收制度；

e) 库存管理人员应具备有关焊接材料保存的基本知识，熟悉本岗位的各项管理程序和制度。定期对库存的焊接材料进行检查，并将检查结果作书面记录。发现由于保存不当而出现可能影响焊接质量的缺陷时，不得使用。

#### 7.1.3.7 防腐补口材料保管

a) 防腐补口材料应有进货清单，抽检复核资料，入库时分类清点，分类存放；

b) 防腐补口材料应存放在通风干燥的库房。存放地点应远离火源，阴凉通风，避免雨淋和阳光直射；

c) 库房应有严禁动火警示标识，照明等器材应为防爆型。同时库房应配备足够的消防器材，留有消防通道；

d) 搬运过程中应轻装轻放，不得撞击，翻滚，倾倒，防止包装容器损坏；

e) 对可燃性和有毒性材料应有紧急防范措施；

f) 喷砂用石英砂应在半露天库存放并做到防潮、防雨。

**7.1.4 管沟开挖**

**7.1.4.1** 沟槽及基坑的开挖、支护应根据工程地质条件、施工方法、周围环境等要求进行，并应符合 GB50201、JGJ120 的规定。

**7.1.4.2** 开挖前应对地下土质情况、建构筑物分布情况、已建管道的衔接位置与高程进行调查，并与管理单位洽谈处理方案，同时制定土方开挖、调运方案及安全措施。

**7.1.4.3** 混凝土路面和沥青路面的开挖应使用机械切割。

**7.1.4.4** 在地下水位较高的地区或雨期施工时，应采取降水或排水措施，并应采取防止管道、构筑物漂浮的措施。施工降水、排水符合 JGJ111 的规定。

**7.1.4.5** 开挖管沟时，应保护地下文物，当发现文物时应保护现场，并向当地主管部门报告。

**7.1.4.6** 管道沟底宽度和工作坑尺寸应符合设计要求，当设计无要求时可按下列规定执行：

a) 当单管沟底组装时，沟底宽度可按表 25 确定。

**表 25 单管沟底组装沟底宽度**

管道公称管径 (mm)	沟底宽度 (m)
50~80	0.6
100~200	0.7
250~350	0.8
400~450	1.0
500~600	1.3
700~800	1.6
900~1000	1.8
1100~1200	2.0
1300~1400	2.2

b) 当单管沟边组装或双管同沟敷设时，沟底宽度可按式 (89) 确定：

$$A = D_1 + D_2 + s + c \dots\dots\dots (89)$$

式中：

- A——沟底宽度 (m) ；
- D1——第一条管道外径 (m) ；
- D2 ——第二条管道外径 (m) ；
- s——两管道之间的设计净距 (m) ；
- c——工作宽度 (m) ，在沟底组装 c 取 0.6；在沟边组装 c 取 0.3。

c) 梯形槽 (图 6) 上口宽度可按式 (90) 确定：

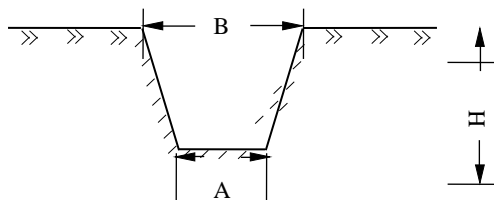


图6 梯形槽横断面

$$B = A + 2n \times H \dots\dots\dots (90)$$

式中：

B——沟槽上口宽度（m）；

A——沟槽底宽度（m）；

n——沟槽边坡率（边坡的水平投影与垂直投影的比值）；

H——沟槽深度（m）。

7.1.4.7 当在无地下水的天然湿度土壤中开挖沟槽，且沟深不超过表 26 的规定时，沟壁可不设边坡。

表 26 不设边坡沟槽深度

土的类别	沟槽深度（m）	土的类别	沟槽深度（m）
密实的砂土或砾石土	≤1.00	粘土	≤1.50
亚砂土或亚粘土	≤1.25	坚土	≤2.00

7.1.4.8 当土壤具有天然湿度、构造均匀、无地下水、水文地质条件良好，且挖深小于 5 m，沟槽不设支撑时，沟槽的最大边坡率可按表 27 确定。

表 27 深度在 5m 以内的沟槽最大边坡率

土的类别	边坡坡度（高：宽）		
	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
中密的砂土	1:1.00	1:1.25	1:1.50
中密的碎石类土（充填物为砂土）	1:0.75	1:1.00	1:1.25
硬塑的粉土	1:0.67	1:0.75	1:1.00
中密的碎石类土（充填物为黏性土）	1:0.50	1:0.67	1:0.75
硬塑的粉质黏土、黏土	1:0.33	1:0.50	1:0.67
老黄土	1:0.10	1:0.25	1:0.33
软土（经井点降水后）	1:1.25	—	—

7.1.4.9 当无法达到本标准 7.1.4.8 条的要求时，应采用支撑加固沟壁。对不坚实的土体应及时做连续支撑，支撑物应有足够的强度。支撑应按先撑后挖、限时、对称、分层、分区等的开挖的方法确定开挖顺序，严禁超挖，应减小沟槽无支撑暴露开挖时间和空间。

7.1.4.10 沟槽一侧或两侧临时堆土位置和高度不得影响边坡的稳定性和管道安装，临时堆土高度不宜超过 1.5m，且不得靠墙堆土。堆土前应对消防栓、阀门井、雨水口等设施进行保护。

7.1.4.11 沟槽的开挖断面、边坡坡度应符合施工组织设计（方案）的要求。沟槽、基坑开挖的允许偏差及检查应符合表 28 和表 29 的规定。

表 28 沟槽开挖的允许偏差及检查

检查项目	允许偏差（mm）		检查数量		检查方法
			范围	点数	
槽底高程	土方	±20	100m	3	用水准仪测量

	石方	+20、-200			
槽底中线每侧宽度	正偏差		100m	6	挂中线用钢尺量测，每侧计 3 点
沟槽边坡率	正偏差		100m	6	用坡度尺量测，每侧计 3 点

表 29 基坑开挖的允许偏差及检查

检查项目	允许偏差 (mm)		检查数量		检查方法
			范围	点数	
平面位置	≤50		每轴	4	经纬仪测量，纵横各 2 点
槽底高程	土方	±20	每 25m <sup>2</sup>	1	5×5m 方格网挂线量
	石方	+20、-200			
平面尺寸	0, +50		每座	8	用钢尺量测，坑底、坑顶各 4 点
边坡坡度率	正偏差		每边	2/每边	用坡度尺量
边坡平台宽度	+100、-50		每级	2/每边	用钢尺量
基底表面平整度	20		每 25m <sup>2</sup>	1	用 2m 靠尺、塞尺量测

#### 7.1.4.12 不良地质处理

a) 沟槽开挖后，应对槽底原状土进行检查，若土质及地层情况与设计不符时，应与设计人员洽商确定处理方法。

b) 管道沟槽应按设计规定的平面位置和标高开挖。当采用人工开挖且无地下水时，槽底预留值宜为 0.05m~0.10m，当采用机械开挖或有地下水时，槽底预留值不应小于 0.15m，管道安装前应人工清底至设计标高。

c) 当沟底无地下水，且超挖在 0.15 m 以内时，可用原土回填；超挖在 0.15m 以上，可用石灰土处理。超挖部分回填后应压实，其密度应接近原地基天然土的密实度。

d) 槽底地基槽基土浸泡或含水率较大时，应根据浸泡土及含水率较大土层的厚度采用不同的处理方法：

- 1) 浸泡土层厚在 200mm 以内，将浸泡土铲除采用石灰土或中粗砂换填夯实；
- 2) 含水率较大土层厚度在 200mm~500mm 时，将该土层挖除采用中粗砂、天然级配砂砾或砂石换填分层夯实；
- 3) 含水率较大土层厚度在大于 500mm 时，将该土层挖除采用卵石或块石回填，再用砂砾石填充空隙并找平表面；或按设计要求进行处理。

**7.1.4.13** 在土石方开挖施工过程中，当发现有有毒有害液体、气体、固体或不明情况时，应立即停止作业，进行现场保护，并应报有关部门处理后方可继续施工。

**7.1.4.14** 采用其它方法进行管道地基处理时，应满足设计要求和国家有关规范规定。

### 7.1.5 钢管敷设

#### 7.1.5.1 钢管下料切割及坡口加工

a) 管道及配件的制作应符合本标准及合同约定，管道及配件应在工厂内制作，钢管、管件制作和质量要求应符合 GB/T9711、GB/T 12459、GB/T13401、SY/T5257 的要求；

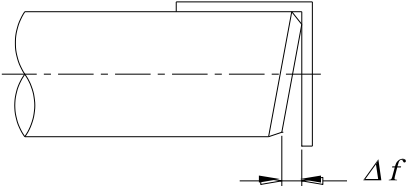
b) 碳钢、碳锰钢可采用机械加工方法或火焰切割方法切割和制备坡口。合金钢宜采用机械加



工方法切割和制备坡口。若采用火焰切割，火焰切割后应采用机械加工或打磨方法去除热影响区；

- c) 跨越管道管段加工前应对管段的长度、管径和壁厚进行选配每根钢管最小长度不宜小于 8m；
- d) 管材、管件切口表面应平整，尺寸应正确，并应无裂纹、重皮、毛刺、凸凹、缩口、熔渣、气化物、铁屑等现象；
- e) 除设计另有规定外，坡口端面偏斜度  $\Delta f$  应符合表 30 的规定；

表 30 坡口端面偏斜度偏差

图 例	$\Delta f$
	不应大于管子外径的 1% 且不大于 3mm。

f) 坡口及边缘 20mm 内母材应无裂纹、重皮、破损、弧坑、氧化铁、毛刺缺陷及污染物。管道坡口加工尺寸应符合设计要求，设计无要求时应按 GB 50236 中的相关规定执行。

g) 钢管如有凿痕、槽痕、凹陷、变形等有害缺陷，应按下列方法修复或消除后使用；

1) 凿痕、槽痕可用砂轮磨去，但磨剩的厚度不得小于材料标准允许的最小厚度。否则，应将受损部分整段切除；

2) 凹陷的深度不得超过公称管径的 2%，且不得大于 6mm（尖底凹陷不得大于 3mm）。凹陷位于纵向焊缝或环向焊缝处影响管子曲率者，应将凹陷处管子受损部分整段切除；

3) 变形的管段超过钢管制造标准时，应废弃；

h) 标记移植

1) 管道组成件应尽量保存材料的原始标记。当切割、加工不可避免地破坏原始标记时，应采用移植方法重新进行材料标识，也可采用管道组成件的工程统一编码；

2) 所采用的标记方法应对材料表面不构成损害或污染，避免降低材料的使用性能。

#### 7.1.5.2 钢管安装

a) 三通、弯头（弯管）、变径管等管路附件应采用机制管件，当需要现场制作时，应符合 GB/T 12459、GB/T 13401、GB 50235 的相关规定。弯头（弯管）上严禁带有环焊缝。

b) 管道安装前，管子、管件、阀门等内部已清理干净、无杂物。对管内有特殊要求的管道，其质量已符合设计文件的规定。

c) 接头设计及对口间隙应符合所采用的焊接工艺规程的要求。管道接口应按照焊接工艺规程的要求，对接焊应选用对口器。

d) 在城市综合管廊、阀室、深基坑等密闭空间进行管道安装作业应符合 GBZ/T205 的相关规定。

e) 管道固定口连头

1) 固定口连头前应及时将管道临时封堵装置、护口器、防尘盖等拆除后方可进行连头工作；

2) 固定口留头位置地形宜选择在地势较高处。沟底比设计深度加深 500mm~800mm。连头处人行通道修成阶梯形。沟壁应坚实，对不良地质应加设防护装置；

3) 固定口连头前，两侧宜各留出 60m 管线不回填，并且连头处两管头应对中。连头长度宜 2 根~3 根管；

4) 固定口连头应参与整体管道试压；若“固定口”两侧管道已分段试压合格，该焊口须经双百无损检测

f) 新、旧燃气管道连接使用不停气开孔连接工艺，应由有相关资质的单位单独编制施工组织设计及应急预案，施工单位、监理单位和建设单位技术负责人审批后方可实施。

g) 燃气管道穿入套管前，应进行隐蔽工程检查，套管内的污物应清扫干净。

**7.1.5.3 管口的组对**

a) 管口组对的坡口型式应符合焊接工艺规程的规定。管道组对应符合**表 31**的规定。

**表 31 管道组对规定**

检查项目	规定要求
管内清扫	无污物
管口清理(10mm 范围内)和修口	管口完好无损，无铁锈、油污、油漆、毛刺
管端螺旋焊缝或直缝余高打磨	端部 10mm 范围内余高打磨掉，并平缓过渡
两管口螺旋焊缝或直缝间距	错开间距大于或等于 100mm
错口和错口校正要求	当壁厚 < 14mm 时，不大于 1.6mm； 当壁厚 14mm < t ≤ 17mm 时，不大于 2mm； 当壁厚 17mm < t ≤ 21mm 时，不大于 2.2mm； 当壁厚 21mm < t ≤ 26mm 时，不大于 2.5mm； 当壁厚 t ≥ 26mm 时，不大于 3mm。 局部错边均不应大于 3mm，错边沿周长均匀分布
钢管短节长度	不应小于钢管外径值且不应小于 0.5m
钢管对接偏差	不应大于 3°
管端斜口	不允许

b) 不应使用锤击的方法对管口整形。

c) 不等壁厚对焊管端宜采用加过渡管或坡口过渡处理措施。壁厚差小于或等于 2mm 时可直接焊接，大于 2mm 时，应采用内削边处理，内坡角度宜为 15°~30°，并按**图 7**进行加工修整。

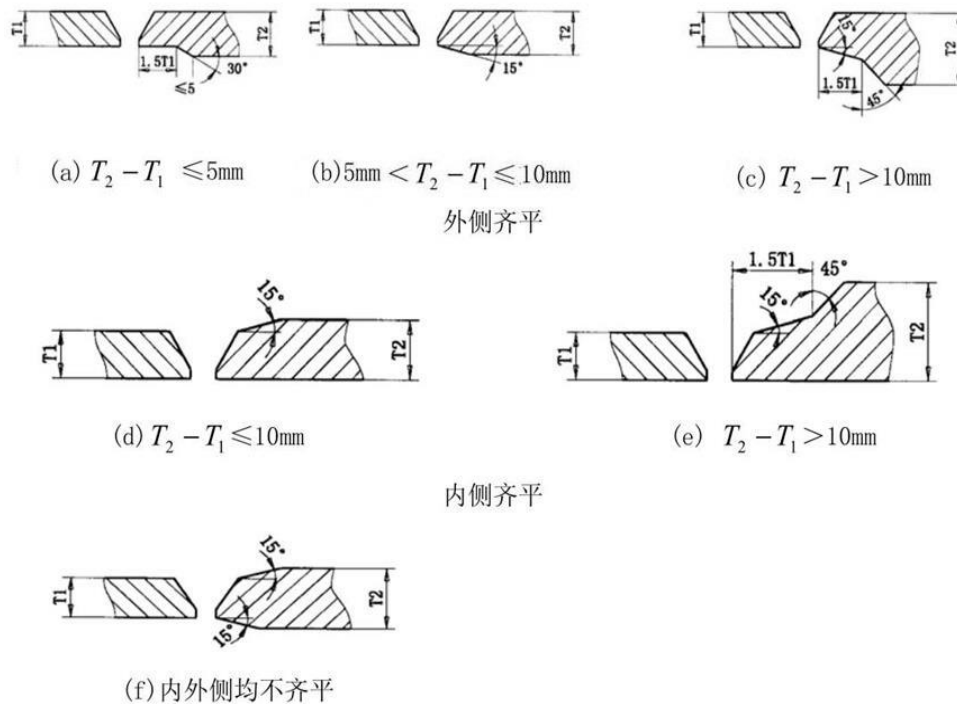


图7 不等厚对接焊件坡口加工

d) 管道连接时，不得采用强力对口。端面的间隙、偏差、错口或不同心等缺陷不得采用加热管子、加偏垫等方法消除。

e) 当允许在根焊道完成前撤离对口器时，则在卸下对口器前，完成的根焊道应均匀分布于管口圆周，且每段焊道长度和间距近似相等；如使用内对口器，应在卸去内对口器张力前焊完全部根焊道；在外对口器撤离前，完成的根焊道应均匀分布于管口圆周，焊道累计长度应不少于管周长的 50%。

f) 弯管吊装安装时，弯管上的吊点设置不应少于三个且绑扎牢固，安装过程中不得出现弯管突然翻转现象。

g) 钢制管道安装允许偏差应符合表 32 的规定。

表 32 钢制管道安装的允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	
坐标	架空、套管、涵管、地沟	室外	25
		室内	15
	埋地	60	
标高	架空、套管、涵管、地沟	室外	$\pm 20$
		室内	$\pm 15$
	埋地	$\pm 25$	
水平管道平直度		DN $\leq$ 100	$2 l_0\%$ ，最大 50
		DN $>$ 100	$3 l_0\%$ ，最大 80
立管铅垂度		$5 l_0\%$ ，最大 50	
成排管道间距		15	
交叉管的外壁间距		20	

i) 燃气管道穿越化粪池、窖井、雨、污水井、电缆井、热力井、人防工事等地下设施且与各设施净距小于 1m 时, 应增设套管, 套管管径宜大于穿越管二级管径以上, 套管长度以套管两端与各地下设施最外侧垂直净距宜大于 2m。

#### 7.1.5.4 钢制管道焊接

##### a) 一般规定

1) 在进行正式焊接施工前, 应根据评定合格的焊接工艺编制焊接工艺规程。焊接工艺规程在管道焊接作业时应严格执行;

2) 焊接所用设备应配有指示焊接工艺参数的电流表、电压表, 气压表和流量计应读数准确并能够满足焊接工艺要求, 具有良好的工作状态和安全性, 适合于野外工作条件。不符合要求的焊接设备应予以更换或维修;

3) 新建管道与原有管道停气或带气接线前必须调查原有管道的材质情况, 根据材质情况确定符合的焊接工艺或进行焊接工艺评定。焊接工艺评定应符合 GB/T 31032 中的相关规定;

4) 管道焊缝距离支管或管接头的开孔边缘不应小于 50mm, 且不应小于孔径。当无法避免在管道焊缝上开孔或开孔补强时, 应对开孔直径 1.5 倍或开孔补强板直径范围内的焊缝进行射线或超声波检测被补强板覆盖的焊缝应磨平, 管孔边缘不应存在焊缝缺陷;

5) 管道环焊缝距支吊架净距不得小于 50mm;

6) 施焊时不应在坡口以外的管壁上引弧; 焊机地线与管子连接应采用专用卡具, 防止地线与管壁产生电弧而烧伤管材; 对于防腐管, 焊前应在焊缝两端的管口缠绕一周宽度为 0.5m 的保护层。

7) 施焊时焊接的环境温度应符合焊件焊接所需的温度, 并不影响焊工的操作技能。同时焊条电弧焊、自保护药芯焊丝电弧焊、埋弧焊焊接时的风速不应大于 8m/s; 钨极惰性气体保护电弧焊、熔化极气体保护电弧焊和二氧化碳气体保护焊不应大于 2m/s; 低氢型焊条电弧焊, 风速不应大于 5m/s; 当超过规定时应有防风设施。焊接电弧 1m 范围内的相对湿度不得大于 90%。

##### b) 焊接材料

1) 低氢型焊条焊前应按产品说明书要求进行烘干、保存及使用; 当天未用完的焊条应回收存放, 重新烘干后首先使用, 重新烘干的次数不得超过 2 次;

2) 自保护药芯焊丝不应烘干, 纤维素焊条不宜烘干;

3) 焊丝应在焊接前打开包装; 当日未用完的焊丝应妥善保管, 防止污染。

##### c) 焊前预热

1) 焊前预热及焊后热处理应符合 GB/T 20801 中的相关规定;

2) 需要预热的焊件, 其层间温度应不低于预热温度, 碳钢和低合金钢的最高预热温度和道间温度不宜大于 250°C;

3) 当焊接两种具有不同预热要求的材料时, 应以预热要求较高的材料为准;

4) 预热应均匀达到要求, 层间温度宜用相同的加热方式保持, 在实际施焊期间温度不应降至最低值以下。预热宜选用合适的测温工具, 保证在焊接前和焊接过程中及时获得温度数据。温度测量仪表应经检定或校准合格。

##### d) 定位焊

1) 定位焊的焊接材料、焊接工艺、焊工和预热温度等应与正式焊相同;

- 2) 定位焊的长度、厚度和间距应能保证焊缝在正式施焊过程中不致开裂;
- 3) 定位焊后应立即检查, 如有残留疤痕、裂纹等缺陷应立即清除, 重新定位焊。

e) 焊接过程控制

- 1) 管道焊接应符合焊接工艺规程的要求;
- 2) 根焊完成后应立即进行热焊;
- 3) 管道接头应进行打磨, 相邻两层的接头不得重叠, 应错开 30mm 以上; 各焊道宜连续焊接, 焊接过程中, 应控制道间温度; 焊道上的焊渣, 在下一道焊接前应清除干净; 焊口完成后应清除表面焊渣和飞溅;
- 4) 焊口宜当日焊完, 当日不能完成的应至少完成管壁厚的 50%, 且不应少于 3 层;
- 5) 在焊接作业中, 焊工应对自己所焊的焊道进行自检和修补工作, 每处修补长度不应小于 50mm;
- 6) 对需要后热或热处理的焊缝, 应按焊接工艺规程的规定进行处理;
- 7) 每日作业结束后应将管线端部管口临时封堵; 遇水及沟下焊管线应采取防水措施;
- 8) 焊口应有标识, 焊口标识可用记号笔写在距焊口 1m 处防腐层表面, 并应同时做好焊接记录;
- 9) 因地势受限, 水平定向钻穿越管道采用二接一、三接一或多接一方式时, 两条 (或多条) 管段的接口焊接工艺宜采用低氢型焊条氩电联焊, 每层焊道层间温度及预热温度按照 7.1.5.4 c) 焊前预热规定执行。

f) 焊缝缺陷的清除和修补

- 1) 焊缝缺陷的清除和修补应符合 GB/T 31032 的要求;
- 2) 电弧烧痕应打磨掉, 打磨后剩余壁厚应不小于材料标准允许的最小厚度。否则应将含有电弧烧痕的这部分钢管整段切除;
- 3) 焊缝在同一部位的返修, 不应超过 2 次。根部只允许返修一次, 否则应将该焊缝切除。返修后, 按原标准检测。裂纹性缺陷应切除。

#### 7.1.5.5 钢质管道防腐补口和补伤

- a) 根据补口防腐层材料和设计要求的除锈等级可选择喷射处理工具和工具除锈的表面处理方法, 钢质管道表面处理应按 GB/T8923、SY/T0407 执行;
- b) 防腐质量应采用外观检查、厚度检查、电火花检漏、粘结力测试等方法进行;
- c) 管道锚固墩、穿越段管道、阴极保护测试线焊接处的防腐, 检查合格后方可进行下一道工序。阴极保护测试线焊接处的防腐材料应与管道防腐层相匹配并与测试线外皮粘接良好。
- d) 防腐补口补伤施工除应本标准规定外, 尚应满足 GB/T 51241 中的要求。

#### 7.1.5.6 阴极保护

- a) 管道牺牲阳极阴极保护的施工与调试应符合 GB/T21448 的规定。
- b) 强制电流阴极保护系统的施工与调试应符合 GB/T21448 的规定。

#### 7.1.6 聚乙烯管道敷设

7.1.6.1 聚乙烯管道安装与敷设应符合 CJJ63 的有关规定。

7.1.6.2 聚乙烯管道安装施工前, 应根据评定合格的焊接工艺编制焊接工艺规程。

7.1.6.3 管道连接前应进行外观检查, 管材表面划伤深度不应超过管材壁厚的 10%, 穿跨越敷设时,

管材表面划伤深度不应超过管材壁厚的 5%，管件及管道附属设备的外包装应完好。

**7.1.6.4** 聚乙烯管材、管件的热熔对接连接，必须采用全自动焊机进行，焊机应定期进行校准和检定，周期不应超过 1 年；

**7.1.6.5** 管道连接时，聚乙烯管材的切割应采用专用割刀或切管工具，切割端面应垂直于管道轴线，并应平整、光滑、无毛刺。切割端口的不圆度应符合要求。

**7.1.6.6** 热熔对接连接的操作应符合下列规定：

- a) 在固定连接件时，应将连接件的连接端伸出夹具，伸出的自由长度不应小于公称外径的 10%；
- b) 连接件的端面接触后，应将其校直到同一轴线上，错边量不应大于壁厚的 10%；
- c) 铣削连接件端面，使其与轴线垂直。连续切屑的平均厚度不宜大于 0.2mm；
- d) 接口端面对接面最大间隙应符合表 33 的规定。

**表 33 接口端面对接面最大间隙**

管道元件公称外径 dn (mm)	接口端面对接面最大间隙 (mm)
dn≤250	0.3
250<dn≤400	0.5
400<dn≤630	1.0

**7.1.6.7** 电熔连接的操作应符合下列规定：

- a) 应刮除插入端表皮的氧化层，刮削表皮厚度宜为 0.1mm~0.2mm；
- b) 通电加热焊接的电压或电流、加热时间等焊接参数的设定应符合电熔焊机和电熔管件产品说明书的要求。

**7.1.6.8** 法兰式钢塑转换管件的法兰盘、紧固件应经过喷塑或镀锌的防腐处理。

## 7.1.7 球墨铸铁管道安装

**7.1.7.1** 球墨铸铁管及其管件应采用机械型柔性接口输气球墨铸铁管（包括 N I 和 S 型）。

**7.1.7.2** 现场切割短管应符合下列规定：

- a) 切割管道应采用砂轮切割机或其他有齿锯的切管工具，不得使用气割方法；
- b) 切割后进行打磨处理。打磨插口的长度应与插入承口内的长度一致，管道断面不得有毛边，管道两端应按原材料管端的要求进行倒角处理；
- c) 打磨后应进行磨光处理。

**7.1.7.3** 球墨铸铁管宜沿沟槽一侧连续布管。径管小于 300mm 的小口径管道可采用人工下管方法，中、大口径宜采用机械下管法。

**7.1.7.4** 管道对口前，插口端向承口方向 240mm 范围和承口端工作范围应将管道表面铸瘤、沥青、砂子铲除干净，表面应涂覆润滑剂。

**7.1.7.5** 接口支撑环、胶圈应无裂纹、龟裂等缺陷，支撑环、胶圈应进入正确位置，管道接口应严密。胶圈应采用尼龙棒、硬杂木等非金属棒敲击就位。橡胶圈安装位置正确，不得扭曲、外露；沿圆周各点应与承口端面等距，其允许误差应为±3mm。

**7.1.7.6** 管道安装时，应保证插口压兰中心点与管道的轴径同心，压兰压头压在胶圈断面中心上，承口法兰螺孔与压兰螺孔应对准，圆周间隙均匀，所有螺栓均匀锁紧达到扭矩值。法兰接口的螺栓和螺母等连接件的规格型号应一致，防腐处理应符合产品说明书要求。

**7.1.7.7** 接口借转角应在管道按直线安装完成，螺栓拧到 80% 紧固力后再摆至预定角度，最后逐个

螺栓紧固。管道最大借转角应符合表 34 的规定。

**表 34 球墨铸铁管允许最大借转角**

管道公称直径 (mm)	100~300	350~600	700
平面借转角 (°)	1.5	1.15	0.75
6m 管子平面借转距离 (mm)	157	120	78

注：垂直借转距离为平面借转距离的 1/2。

**7.1.7.8** 管道敷设时，弯头、三通和固定盲板处均应砌筑永久性支墩。

**7.1.7.9** 管道安装允许偏差应符合表 35 的规定。

**表 35 管道安装允许偏差**

项 目	允许偏差 (mm)	检验频率		检查方法
		范围	点数	
高 程	±10mm	20m	1	水准仪
中心线位移	每 10m≤5mm	20m	1	经纬仪 挂边线、量尺
	全长≤30mm			

**7.1.7.10** 输送湿燃气的管道安装管底高程应符合设计要求，偏差 ±15 mm。

### 7.1.8 架空管道安装

**7.1.8.1** 管道支、吊架安装前应进行标高和坡降测量并放线，固定后的支、吊架位置应正确，安装应平整、牢固，与管道接触良好。

**7.1.8.2** 涂料的种类、涂敷次序、层数、各层的表干要求及施工的环境温度应按设计和所选涂料的产品要求进行。

**7.1.8.3** 管道安装前应涂底漆。涂漆前应清除被涂表面的铁锈、焊渣、毛刺、油、水等污物，涂漆完成后方可进行管道安装。

**7.1.8.4** 吹扫、压力试验完成后，应补刷底漆并完成管道设备的防腐。

### 7.1.9 管沟回填与管道标识

**7.1.9.1** 管道主体安装完成，焊接、防腐检验合格，井室及其他附属构筑物的现浇混凝土强度或砌体水泥砂浆强度应达到设计要求后，应及时对沟槽或基坑进行回填。

**7.1.9.2** 回填时应采取防止管道发生位移或损伤的措施。井室周围回填应与沟槽回填同时进行。回填压实时应沿井室中心对称进行，且不得漏夯。

**7.1.9.3** 回填土或其他回填材料运入槽内时不得损伤管道及其防腐层。管道两侧和管顶以上 500mm 范围内的回填材料，应由沟槽两侧对称运入槽内，不得直接回填在管道上。

**7.1.9.4** 沟槽应分层夯填密实。管道两侧及管顶以上 0.5m 内的回填土应采用人工压实，管顶 0.5m 以上的回填土可采用小型机械压实。每层虚铺厚度应符合表 36 的规定

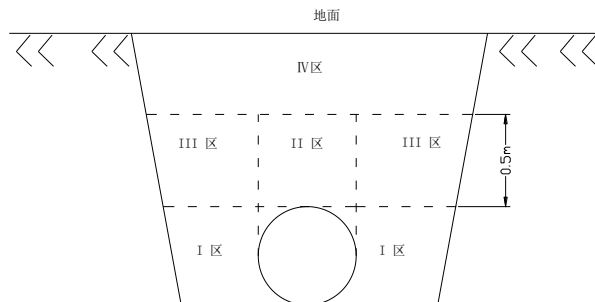
**表 36 回填土的每层虚铺厚度**

压实机具	虚铺厚度 (mm)
木夯、铁夯	≤200
轻型压实设备	200~250
压路机	200~300
振动压路机	≤400

**7.1.9.5** 回填材料不得用有机物、冻土、垃圾、木材及软性物质。管道周围两侧及管顶以上 500mm 范围内的回填土应采用细砂或细土，不得含有碎石、砖块等，且不得用灰土回填。距管顶 500mm 以上的回填土中的石块不得大于 10%，直径不得大于 100mm，且应均匀分布。

**7.1.9.6** 回填前应将槽底施工遗留的杂物清理干净，且不得积水。

**7.1.9.7** 沟槽回填土应分层压实，分层检查填土压实度，合格后方可进行上层填土施工。沟槽回填压实度应符合下列规定（图 8）：



**图 8 回填土断面图**

a) 对（I）区部位，采用中、粗砂或细土分层回填，每层厚度为 100mm~200mm。压实度不应小于 90%；

b) 对（II）区部位，采用符合要求的原土或中、粗砂回填，压实度不应小于 85%；

c) 对（III）区部位，采用符合要求的原土或中、粗砂回填，压实度不应小于 90%；

d) 对（IV）区部位，采用原土分层回填，压实度应符合相应地面对压实度的要求。

**7.1.9.8** 基坑回填土的压实度应大于或等于 95%。

**7.1.9.9** 燃气管道与其他地下管线或设施交叉安装完成后，其交叉位置 2m 范围内的沟槽回填应密实，以免对其他管线造成影响，可采用水撼砂或其他材料回填，湿陷性黄土地区应严格控制水撼砂含水量。水撼砂为采自河槽或料场的中-细砂，回填前应剔除砂子中的石子。

**7.1.9.10** 聚乙烯管道穿越道路不具备增设套管情况下，管道上方 500mm 及管道两侧 300mm 范围内宜采用水撼砂回填。

**7.1.9.11** 埋设燃气管道的沿线应连续敷设警示带（板）。警示带（板）敷设前应将敷设面压实，并平整地敷设在管道的正上方，距管顶的距离宜为 0.3~0.5m，不得敷设在路基和路面里。

**7.1.9.12** 公称直径小于等于 400 的燃气管道上方可敷设一条警示带，公称直径大于 400 的燃气管道可敷设两条警示带，且间距宜为 150mm。

## 7.1.10 管道附件安装

### 7.1.10.1 法兰连接

a) 应检查法兰密封面及密封垫片，不得有影响密封性能的划痕、斑点等缺陷，否则应予修理或更换；

b) 一对法兰密封面间只允许使用一个垫片。当大直径垫片需要拼接时，应采用斜口搭接或迷宫式拼接，不得平口对接；

c) 法兰接头装配应与管道同心，并应保证螺栓自由穿入。法兰螺栓孔应跨中安装。法兰间应保持平行，其偏差不得大于法兰外径的 0.15%，且不得大于 2mm。法兰接头装配时，垫片应均匀地压缩到预定的设计载荷。不得用强紧螺栓的方法消除法兰接头的歪斜；



d) 法兰接头装配应使用同一规格螺栓，安装方向应一致。螺栓紧固后应与法兰紧贴，不得有楔缝。需加垫圈时，每个螺栓不应超过一个。所有螺母应全部拧入螺栓。任何情况下，螺母上未完全啮合的螺纹应不大于 1 个螺距；

e) 法兰接头装配时，如两个法兰的压力等级或力学性能有较大差别时，应予特别注意。宜将螺栓拧紧至预定的扭矩；

#### 7.1.10.2 螺纹连接

a) 用于螺纹的保护剂或润滑剂应适用于工况条件，并对输送的燃气或管道材料均应不产生不良影响；

b) 进行密封焊的螺纹接头不得使用螺纹保护剂和密封材料；

c) 采用垫片密封而非螺纹密封的直螺纹接头，直螺纹上不应缠绕任何填料，在拧紧和安装后，不得产生任何扭矩。直螺纹接头与主管焊接时，应防止密封面变形；

d) 螺纹接头密封材料宜选用聚四氟乙烯带，外露螺纹 2~3 扣为宜，拧紧螺纹时，不得将密封材料拧入管内；

e) 应采取措施防止螺纹接头因热膨胀导致的螺纹松动。

#### 7.1.10.3 阀门安装

a) 阀门吊装应平稳，不得用阀门手轮作为吊装的承重点，不得损坏阀门，已安装就位的阀门应防止重物撞击；

b) 当焊接球阀水平安装时应将阀门完全开启；当垂直管道安装，且焊接阀体下方焊缝时应将阀门关闭。焊接过程中应对阀体进行降温，避免焊缝热影响区对阀体造成影响。当阀门与管道以法兰或螺纹方式连接时，阀门应在关闭状态下安装；当阀门与管道以焊接方式连接时，阀门不得关闭，且宜采用氩弧焊打底；

c) 阀门不得强行组对连接或承受外加重力负荷，以防止由于附加应力而损坏阀门；

d) 当焊接安装时，焊机地线应搭在同侧焊口的钢管上，不得搭在阀体上；

e) 阀门焊接完成降至环境温度后方可操作；

f) 阀门安装时，应按阀门标示的介质流向与管道介质的流向确定阀门的安装方向，避免强力安装。

#### 7.1.10.4 管道补偿装置

a) 自然补偿器的安装应符合下列规定：

1) 应按设计文件规定进行预拉伸或预压缩，允许偏差为预伸缩量的 10%，且不大于 10mm；

2) 水平安装时，平行臂应与管道坡度相同，两垂直臂应平行；

b) 波形膨胀节的安装应符合下列规定：

1) 应按设计文件规定进行预拉伸或预压缩，受力应均匀；尚应符合 GB/T 35979 相关要求。

2) 波形膨胀节内套有焊缝的一端，在水平管道上应迎介质流向安装，在铅垂管道上应置于上部；

3) 波形膨胀节应与管道保持同轴，不得偏斜；

4) 安装波形膨胀节时，应设临时约束装置，待管道安装固定后再拆除临时约束装置。

5) 燃气管道跨越工程补偿器安装应按 GB50460 规定执行。

#### 7.1.10.5 支吊架安装

a) 管道安装时，应及时进行支、吊架的固定和调整工作。支、吊架位置应正确，管子和支承面接触应良好；

b) 固定支架应在补偿装置预拉伸或预压缩前固定。导向支架或滑动支架的滑动面应洁净平整，不得有歪斜和卡涩现象；

c) 支吊架的焊接应由合格焊工施焊，并不得有漏焊、欠焊或焊接裂纹等缺陷。管道与支架焊接时，管道不得有咬边、烧穿等现象；

d) 不得在滑动支架底板处临时点焊定位。仪表及电气的支撑件不得焊在活动支架上。

### 7.1.11 管道清扫

#### 7.1.11.1 一般规定

a) 球墨铸铁管道、聚乙烯管道和公称直径小于 100mm 或长度小于 100m 的钢质管道，可采用气体清扫；

b) 公称直径大于或等于 100mm 的钢质管道，宜采用清管球进行清扫。管道直径必须是同一规格，不同管径的管道应断开分别进行清扫；

c) 管道清扫前，应仔细检查管道支吊架的牢固程度，对有异议的部位应进行加固。对不允许清扫的设备及管道，应进行隔离；

d) 管道清扫前，应编制施工方案，制定安全措施，考虑施工人员及附近公众与设施安全，管道清扫作业应统一指挥，并配备必要的交通工具、通讯及医疗救护设备；

e) 管道清扫清理出的污物、残余水的排放，应按照工程所在地环保部门指定的地点进行，排放标准应符合工程所在地环保部门的相关要求和国家相关法律规定执行；

f) 管道清扫宜与管道试压充分结合进行。已清扫干净的管道组成件、装配管段或整个管道系统应及时采取封闭管口或充氮保护等措施防止再污染；

g) 燃气管道压缩空气清扫、等径管道清管球（器）清扫时，压缩机出口端应安装油水分离器和过滤器；在对聚乙烯管道或钢骨架聚乙烯复合管道清扫及试验时，进气口应采取冷却措施，确保管道进口气体干燥，且其温度不应高于 40℃。

#### 7.1.11.2 气体清扫

a) 气体清扫应符合下列要求：

- 1) 清扫口应设在开阔地段并加固，清扫时应设安全区域，清扫出口前严禁站人；
- 2) 清扫压力不得大于管道的设计压力；
- 3) 清扫介质宜采用压缩空气，严禁采用氧气和可燃性气体；
- 4) 清扫合格设备复位后，不得再进行影响管内清洁的其他作业；
- 5) 清扫出口宜设置快开盲板。

b) 清扫气体流速不宜小于 20m/s，清扫口与地面的夹角应在 30°~45°之间，清扫口管段与被吹扫管段必须采取平缓过渡对焊，吹扫口直径应符合表 37 的规定；

表 37 清扫口直径(mm)

末端管道公称直径 DN	DN<150	150≤DN≤300	DN≥350
清扫口公称直径 DN	与管道同径	150	250

c) 每次清扫管道的长度不宜超过 500m；当管道长度超过 500m 时，宜分段清扫；

d) 当清扫出口目测排气无烟尘时，应在排气口设置白布或涂白漆木靶板检验，5min 内靶上无

铁锈、尘土等其他杂物为合格。

### 7.1.11.3 管道清管球（器）清扫

a) 燃气管道如果采用清管球（器）清扫，分段试压前应进行清管球（器）清扫，清扫次数不应少于 2 次，分段清扫的长度应根据分段试压长度确定。

b) 清扫应设临时清管球（器）收发装置，发射装置及接收装置应由发球筒、压力表、进气阀、放散阀、排污阀组成。临时清管球（器）收发装置首次使用前应进行压力试验，试验压力为所用于管线设计压力的 1.5 倍，试压介质为洁净水，稳压 1h，无压降、无泄漏为合格；

c) 清管球（器）接收装置应选择在地势较高，且 50m 内没有建筑物和人口的区域内，并应设置警示装置；

d) 管线上有支管部分应在三通连接处设置挡栅，挡栅的规格以设计要求为准，宜采用与主管道内壁相同的弧度设置，且不得有毛刺、焊瘤等缺陷，以确保清管球（器）在管线中顺利通过；

e) 清管球（器）的选择：

- 1) 清管球（器）过盈量应为管内径的 5%~8%；（1%~4%）
- 2) 清管球（器）应适用于管线弯管的曲率半径。

f) 清管球（器）清扫时，宜采用压缩空气推动清管球（器）运行，清管器运行时速度应控制在 3km/h~9km/h，工作压力宜为 0.05MPa~0.2MPa，如遇阻力可提高其工作压力，但最大压力不应超过设计压力。在地形起伏较大的地区，应设置背压控制清管球（器）运行速度；

g) 清管球（器）清扫时应及时检查清扫效果，应将管道内的水、泥土、杂物清理干净，清理出污物应符合表 38 的规定。

表 38 清管球（器）清扫合格标准

管径 (mm)	100~300	300~600	600~1000	1000 以上
污物 (kg) /10km	0.03	0.09	0.18	0.3

## 7.2 热力管道制作与安装

### 7.2.1 一般规定

7.2.1.1 本章规定了管道制作和安装的基本要求，包括原材料验收，钢制管道弯曲成形、组对、预热、焊接、热处理，管道防腐保温，管道工程测量、土建工程、管道安装等规定。

7.2.1.2 管道制作和安装单位应建立并妥善保存相关的记录及证明文件。

7.2.1.3 管道的制造、制作、检测和安装单位应具有符合压力管道安全监察有关法规要求的行政许可证，以及相应的质量、安全和环境管理体系。

7.2.1.4 焊工应取得国家相应部门颁发的特殊作业人员资格证书及上岗资格证，所从事工作范围应与资格证书相符。取得上岗资格的焊工，若中断特种设备焊接作业超过六个月，应重新进行评定或考试。

7.2.1.5 焊接热处理人员应经专业培训并具有资格证书。

7.2.1.6 用于热力管道施工的机械设备、焊接设备、工器具等应性能稳定、安全可靠；仪表和计量器具应检定合格并在有效期内。

7.2.1.7 热力管道施工前，施工单位应向管道安装工程所在地的质量技术监督部门办理书面告知，并应接受监督检查单位的监督检查。

## 7.2.2 制作或安装前材料的验收

### 7.2.2.1 一般规定

制作和安装单位应对所接收的材料进行验收，验收项目除应符合本标准及相应材料产品标准规定外，还应符合合同约定。

### 7.2.2.2 材料标记和质量证明文件的验收

a) 入厂（场）材料应验证材料标记和质量证明文件，并应符合相关材料产品标准和规范要求。

b) 材料的质量证明文件内容不全、质量证明文件与实物上的标记不符以及标记模糊不清者应拒收。

### 7.2.2.3 管子的验收

a) 金属管子按照 GB/T32270-2015 中 7.2.3 的规定进行验收。

b) 非金属管子应按本标准及相应产品标准的规定进行验收。

c) 预制直埋保温管保温管（件）应采用工厂预制并应符合现行国家有关产品标准、设计和合同要求，应具有生产厂质量检验部门的产品合格文件。对生产厂提供的各种规格保温管材（件）除应按产品标准要求进行外观检查外，还应抽取典型规格产品按相关标准进行性能复验。

### 7.2.2.4 管件、法兰、阀门的验收

管件、法兰、阀门应按照 GB/T32270-2015 中 7.2.4 的规定进行验收。

### 7.2.2.5 支吊架的验收

支吊架应按照 GB/T32270-2015 中 7.2.5 的规定进行验收。

### 7.2.2.6 抽样检查数量规定

a) 抽样检查数量应符合相应材料产品标准规定。

b) 加倍抽样检查应符合第 7 章累进检查的规定。

## 7.2.3 材料的保管

7.2.3.1 管道制作和安装单位对所接收的材料应采取，防止变形、腐蚀、受潮、损伤和防老化、防火和防晒的必要防护措施。暂不安装的管子、管件和阀门等，应对端口进行妥善封闭。

7.2.3.2 保温管（件）及现场接口保温防腐材料不应受烈日照射、雨淋和浸泡，露天存放时应用篷布遮盖。堆放处应远离热源和火源。热水保温管在环境低于-20℃时，不宜露天存放。

### 7.2.3.3 焊材保管

a) 焊材应放置于通风干燥的室内，室内温度应在 5℃ 以上，相对湿度应小于 60%；不同品种、牌号和批号的焊接材料应分类存放，并设置明确的区分标识；应有防止受潮和被雨水、雪霜及油类等有害物质侵蚀的措施。

b) 库存期超过规定期限的焊接材料，应重新做出鉴定，符合规定要求方可使用。

## 7.2.4 钢制管道（件）制作

### 7.2.4.1 一般规定

a) 管道的制作应符合产品标准、本标准规定及合同约定，产品应在工厂完成预制。

b) 三通、弯头、异径管等钢制管件应采用机制管件。质量应符合现行国家标准 GB/T12459、GB/T13401 和 SY/T5257 的规定。

### 7.2.4.2 金属管道切割与坡口制备

a) 切割应符合 GB/T32270-2015 中 7.3.2.1 的规定。

b) 坡口制备应符合下列规定：

- 1) 坡口制备宜采用机械方法加工。
- 2) 焊接坡口应按设计规定进行加工，当设计无规定时，坡口形式和尺寸应符合 GB50236 和相关产品标准的规定；
- 3) 坡口表面质量应符合 GB/T32270-2015 中 7.3.2.2 c) 的规定。

#### 7.2.4.3 标记移植

标记移植应符合 GB/T32270-2015 中 7.3.3 的规定。

#### 7.2.4.4 弯曲成形

a) 弯曲成形应符合 GB/T32270-2015 中 7.3.4.1~7.3.4.2 的规定。

b) 成形后的弯管应符合以下规定：

- 1) 任一点壁厚不应小于连接管子的最小壁厚；
- 2) 弯管表面不应有裂纹、折迭、重皮、凹陷和尖锐划痕等缺陷，发现缺陷应打磨直至完全消除，缺陷消除后的壁厚应符合 a) 的规定；
- 3) 壁厚减薄率

弯管宜采用正公差壁厚的管子制作，弯管制作前管子壁厚应符合表 18 和表 19 的规定。弯管任何一点的实测壁厚不应小于直管的最小壁厚；壁厚减薄率，当弯管半径  $R=5D$  时，应不大于 10%，当弯管半径  $R \geq 6D$  时，应不大于 9%。

$$C = \frac{S_m - S_h}{S_m} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (91)$$

式中：

C——壁厚减薄率；

$S_m$ ——母管实际壁厚的最小值，单位为毫米（mm）；

$S_h$ ——弯管外弧侧最薄处壁厚，单位为毫米（mm）；

d) 弯管的圆度偏差应符合以下规定：

1) 弯管的圆度偏差  $\mu$ （%）应按式（92）计算：

$$\mu = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D_{\max}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (92)$$

式中：

$D_{\max}$  和  $D_{\min}$  ——分别为同一截面实测最大外径和最小外径，mm。

2) 弯管的圆度偏差不应大于 2.5%；弯管两端直管段端部的圆度应符合相应钢管标准要求；

e) 当弯曲半径  $R$  不大于 1000mm 时，弯管弧的弯曲半径  $R$  最大偏差为  $\pm 5\text{mm}$ ；当弯曲半径  $R$  大于 1000mm 时，弯管弧的弯曲半径  $R$  最大偏差为  $\pm 0.5\%R$ ；

f) 平面弯管弯曲角度允许偏差为  $\pm 1^\circ$ ；

g) 弯管表面不允许有明显的折皱，内弧侧波浪度  $h$  应不大于 1.4mm，且波浪间距  $f$  与波浪度  $h$  之比 ( $f/h$ ) 应大于 150，如图 9 所示；

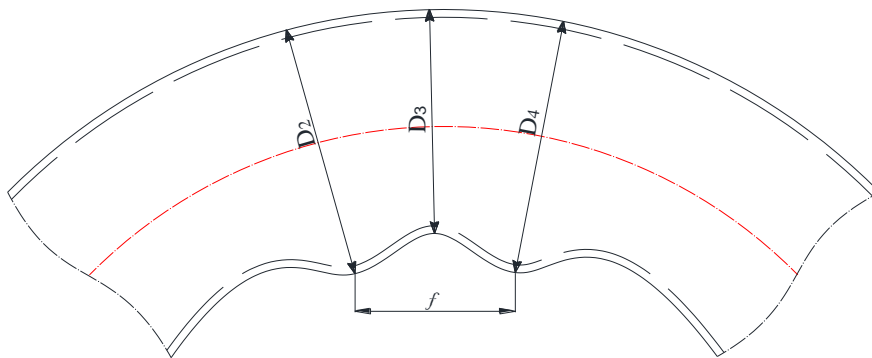


图 9 弯管波浪度与波浪间距测量示意图

h) 弯管不应有过烧组织，不应出现晶间裂纹；

表 39 热弯弯管弯制前直管最小壁厚

弯曲半径	弯制前直管最小壁厚
不小于 6 Do	1.06 S <sub>m</sub>
5 Do	1.08 S <sub>m</sub>
4 Do	1.12 S <sub>m</sub>
3 Do	1.16 S <sub>m</sub>

注：弯曲半径为中间值的弯管，弯制前直管最小壁厚可采用内插法计算。

i) 冷弯弯管弯制前直管最小壁厚不宜低于表 40 要求。

表 40 冷弯弯管弯制前直管最小壁厚

弯曲半径	弯制前直管最小壁厚
不小于 6Do	1.09S <sub>m</sub>
5 Do	1.14S <sub>m</sub>
4 Do	1.20S <sub>m</sub>
3 Do	1.28S <sub>m</sub>

注：弯曲半径为中间值的弯管，弯制前直管最小壁厚可采用内插法计算。

### 7.2.4.5 支吊架

管道支吊架的型式、材质、加工尺寸、制作精度及焊接质量应符合设计文件和 GB/T17116.1 的规定。

### 7.2.4.6 钢制管道焊接

#### a) 一般规定

1) 管道焊接应采用经评定合格的焊接工艺，焊接工艺评定应符合 NB/T47014 或 DL/T868 的规定。并由按 TSG Z6002 或相关规范考试合格并取得相应施焊资格的焊工施焊。

2) 当钢管公称尺寸不大于 DN500 时，管道焊接应采用单面焊双面成型焊接工艺；当钢管公称尺寸大于 DN500 时，管道焊接应采用双面焊接成型工艺。

#### b) 焊接材料

1) 焊接材料应根据钢材的化学成分、力学性能、使用条件和焊接工艺评定的结果选用。

2) 焊条、焊丝、焊剂及焊接用气体等焊接材料，使用前应按设计文件和 JB/T3223 的规定进

行检查和验收。

3) 焊接材料的存放管理应符合下列要求:

① 存放焊接材料的库房应保持适宜的温度和湿度, 室内温度应在 5℃ 以上, 相对湿度不应超过 60%;

② 不同品种、型号、牌号和批号的焊接材料宜分类存放, 并设置明确的区分标识;

③ 库存期超过规定期限的焊接材料, 应重新做出鉴定, 符合规定要求方可使用。

4) 焊条、焊剂在使用前应按照说明书的要求进行烘焙, 重复烘焙次数不应超过 2 次。焊工领用经烘焙过的焊条时, 应使用专用的保温筒, 随用随取。

#### c) 焊接环境

1) 最低焊接环境温度和焊接区域要求应符合 GB/T32270-2015 中 7.4.3.1~7.4.3.3 的规定。

2) 焊接时, 电弧焊、埋弧焊、氧乙炔焊焊接时的风速不应超过 8m/s; 氩弧焊、二氧化碳气体保护焊焊接时的风速不应超过 2m/s, 当超过规定时应采取防风措施, 以保证焊接不受周围环境风速的影响。

#### d) 焊前准备

1) 焊件组对前坡口表面清理应符合 GB/T32270-2015 中 7.4.4.1 的规定。

2) 组对时内壁或根部宜齐平, 错口值应符合 GB/T32270-2015 中 7.4.4.2 a) 的规定。

3) 焊口组对的对口间隙应符合以下规定:

① 对口间隙参见 GB50236 和相关产品标准的规定, 应与所采用的焊接方法相适应;

② 公称尺寸大于 DN500 的管道, 对口间隙局部超差不应超过 2mm, 且总长度不应超过焊缝总长度的 20%。

4) 不同厚度焊件组对时, 应符合 7.1.5.3 的规定;

5) 在进行上述管道不同厚度焊件组对加工时, 尖角部位应圆滑过渡。

6) 定位焊缝应均匀分布, 焊点长度及点焊数应符合表 41 要求, 其他应符合 GB/T32270-2015 中 7.4.4.3 的规定。

7) 有缝管道对口组对时, 纵向焊缝之间相互错开的距离不应小于 100mm;

8) 在有缝钢管上焊接分支管时, 分支管外壁与其他焊缝中心距的距离应大于分支管外径, 且不得小于 70mm。

表41 定位焊长度和点数

管径(mm)	点焊长度(mm)	点数(处)
50~150	5~10	均布 2~3
200~300	10~20	4
350~500	15~30	5
600~700	40~60	6
800~1000	50~70	7
1000 以上	80~100	一般间距 300mm 左右

#### e) 施焊

1) 焊接操作应符合 GB/T32270-2015 中 7.4.5.1 的规定。

2) 对接焊缝应符合 GB/T32270-2015 中 7.4.5.2 的规定。

- 3) 角焊缝应符合 GB/T32270-2015 中 7.4.5.3 的规定。
- 4) 焊制支管连接应符合 GB/T32270-2015 中 7.4.5.4 的规定。
- f) 焊接中断应符合 GB/T32270-2015 中 7.4.7 的规定。
- g) 焊缝返修应符合 GB/T32270-2015 中 7.4.8 的规定。

**7.2.4.7** 钢制管道预热应符合 GB/T32270-2015 中 7.5 的规定。

**7.2.4.8** 钢制管道热处理应符合 GB/T32270-2015 中 7.6 的规定。

## **7.2.5 塑料管道（件）制作**

**7.2.5.1** 塑料工作管可选用 II 型耐热聚乙烯（PE-RT II）、聚丁烯（PB）管材，并应符合下列规定：

- a) II 型耐热聚乙烯（PE-RT II）管材应符合 GB/T 28799.2 的规定；
- b) 聚丁烯（PB）管材应符合 GB/T 19473.2 的规定。
- c) 钢塑复合管应符合 GB/T37263 的规定。

**7.2.5.2** 塑料管道管件应与管材相匹配，并应符合下列规定：

- a) 与 II 型耐热聚乙烯（PE-RT II）管材连接的管件应符合 GB/T 28799.3 的规定；
- b) 与聚丁烯（PB）管材连接的管件应符合 GB/T 19473.3 的规定。
- c) 钢塑复合管管件应符合 GB/T 37263 的规定。
- d) 塑料工作管弯头不得使用由直管段做成的斜接缝弯头。弯头的最小壁厚不得小于直管段壁厚。
- e) 塑料工作管三通主管和支管任意点的壁厚不应小于对应焊接的直管壁厚。
- f) 塑料工作管异径管应采用同心异径管，异径管壁厚不应小于直管道的壁厚。

**7.2.5.3** 塑料管道的焊接应按照 T/CDHA0001 的规定执行。

## **7.2.6 热水保温管（件）制作**

**7.2.6.1** 预制直埋高密度聚乙烯外护管（层）热水保温管（件）制作

a) 钢管（件）除锈

1) 钢管除锈

聚氨酯发泡前应对工作钢管外表面进行抛丸处理，质量应符合 GB/T8923.1-2011 中 Sa2.5 的规定。

2) 钢管件除锈

聚氨酯发泡前应对钢制管件外表面进行预处理，去除铁锈、轧钢鳞片、灰尘、水分等，除锈等级应符合产品标准的要求。

3) 对已进行外表面处理的钢管（件）进行防护，防止雨淋及灰尘油污等污染。

b) 聚乙烯外护管(层)制作

1) 原材料

① 外护管（层）应使用高密度聚乙烯树脂，用于外护管（层）挤出的高密度聚乙烯树脂应采用 PE80 级或更高级的原料。

② 外护管(层)应按产品标准规定的比例要求，使用制造商在产品生产过程中产生的洁净、未降解的回用料，回用料在使用时应分散均匀。

2) 聚乙烯外护管（层）

① 外护管（层）外径和壁厚应符合设计、产品标准，外径和壁厚偏差应符合产品标准的规



定。

② 聚乙烯外护管内壁应采用连续在线电晕处理工艺，处理后外护管内表面 75%范围内的表面张力应不低于 50dyn/cm。

③ 聚乙烯外护管成型宜采用真空定径工艺。

c) 聚乙烯外护管焊接

1) 外护管焊口应采用端面熔融焊接工艺和挤出焊接工艺，聚乙烯焊接设备、焊接工艺按照 GB/T29047 的规定。

2) 外护管焊接应采用经评定合格的焊接工艺，生产企业具有用于设备和生产工艺操作的作业指导书，操作者具有相应的操作资质。

3) 聚乙烯熔体质量流动速率差值应符合下列规定：

① 端面熔融焊接：两段焊接外护管的熔体质量流动速率的差值不应大于 0.5g/10min（试验条件为 5kg，190℃）

② 挤出焊接：焊接粒料与焊接外护管之间的熔体质量流动速率的差值不应大于 0.5g/10min（试验条件为 5kg，190℃）

4) 焊件在组对前应将坡口每侧各 15mm~25mm 表面及附近母材内、外壁的油污等清理干净。

5) 弯头与弯管靠近焊接预留段处的外护管段的最小长度不应小于 200mm，焊接分段应符合管件最小保温层厚度的要求。

6) 外护管端面熔融焊接和挤出焊接的焊接质量应符合 GB/T29047 的规定。

d) 聚氨酯保温层制作

1) 保温管生产企业所使用的聚氨酯原料的长期耐受温度应符合 GB/T29047 和 GB/T34611 的要求，且具有由检测资质单位出具的长期耐受温度证明性文件。

2) 保温层材料应采用硬质聚氨酯泡沫塑料，保温层厚度应符合产品标准和设计的规定。

3) 应采用高压发泡设备进行聚氨酯发泡，发泡设备具有自动计量和自动温度控制的功能。

4) 冬季聚氨酯发泡生产时，聚氨酯原料灌注之前宜对钢管和聚乙烯外护管进行预热处理。

5) 聚氨酯发泡时应选择与直埋热水保温管（件）规格相匹配的发泡设备及聚氨酯原料成型工艺时间。

6) 在聚氨酯发泡过程中，生产企业应具备防止聚氨酯泄漏和保证排气良好的工艺工装措施。

7) 生产含报警线的直埋热水保温管（件）时，应具有防止报警线不短接、不断开的工艺工装措施。

#### 7.2.6.2 玻璃纤维增强塑料外护层聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管及管件制作

a) 钢管（件）除锈符合 7.2.6.1 a) 的规定。

b) 聚氨酯保温层制作

1) 聚氨酯原料、设备等要求符合 7.2.6.1 d) 的规定。

2) 聚氨酯成型模具应能够承受发泡过程产生的发泡应力且宜脱模。

3) 聚氨酯成型使用的脱模剂应不影响与聚氨酯之间的粘接力。聚氨酯成型使用的脱模剂应不影响玻璃纤维增强塑料外护层与聚氨酯之间的粘接力。

4) 冬季聚氨酯发泡生产时，聚氨酯原料灌注之前宜对模具进行预热处理。

5) 生产企业应具有防止聚氨酯开裂的工艺措施。

## c) 玻璃纤维增强塑料外护层制作

- 1) 玻璃纤维增强塑料外护层制作必须采用机械湿法缠绕成型工艺。
- 2) 根据产品规格确定合理的树脂成型时间。
- 3) 应有保证玻璃布缠绕紧密、平整、树脂浸透和防止针孔、裂纹产生的工艺措施。

**7.2.6.3 架空（管沟、综合管廊）热水保温管（件）制作**

- a) 热水保温管应采用工厂预制，采用金属外护管预制热水保温管（件）
- b) 金属外护管预制热水保温管（件）制作
  - 1) 钢管（件）除锈符合 7.2.6.1 a) 的规定。
  - 2) 金属外护管（件）制作应符合 JGJ141 和 GB50243 的规定。
  - 3) 聚氨酯保温层制作应符合 7.2.6.1 d) 的规定。
  - 4) 聚氨酯及保温管（件）整体性能应符合 GB/T29047 的规定。
- c) 现场防腐保温制作应符合 CJJ28-2014 中 7.1~7.3 的规定。

**7.2.7 蒸汽保温管（件）制作****7.2.7.1 “钢套钢”预制直埋蒸汽保温管（件）制作**

- a) 去除工作钢管和外护钢管（件）浮锈、水分及污物。
- b) 工作钢管（件）防腐涂层处理
  - 1) 涂层可采用刷涂、滚涂或喷涂方法。
  - 2) 涂层防腐时，钢管表面应干燥、洁净。
  - 3) 涂层应连续，不得漏涂，涂层厚度应符合设计要求。
  - 4) 作业环境应通风良好，并符合下列规定：
    - ① 钢管表面温度应高于露点温度 3℃；
    - ② 相对湿度宜不大于 85%；
- c) 直埋蒸汽保温管（件）无机保温层制作
  - 1) 保温层结构可采用单一保温材料层或多种保温材料的复合层（复合层中可含空气层、辐射隔热层或真空层），保温层厚度应符合设计及合同要求。
  - 2) 无机保温材料质量应符合相应产品标准规定。
  - 3) 当无机富锌防腐材料和导向支座制作完成后可进行保温材料的制作。工作钢管公称直径 <125mm 时，导向支座间距为 3.0m；工作钢管公称直径 ≥125mm 时，导向支座间距为 6.0m。导向支座空隙必须塞满玻璃棉。
  - 4) 复合保温层界面温度不应大于外层保温材料允许使用温度的 0.8 倍；接触工作管的保温材料，其最高使用温度应比保温管的工作介质温度高 100℃ 以上。
  - 5) 同一材质保温材料厚度大于 100mm 时，应分层错缝敷设，且各层材料厚度宜相等。
  - 6) 保温材料敷设时，同层接缝应互相错缝，内外层应互相压缝，所有缝隙间应密实嵌缝。
  - 7) 保温材料采用软质材料包敷时，应采用不锈钢带或不锈钢丝分段捆扎。
  - 8) 补偿器的保温结构应考虑补偿器活动端位移，不应造成保温结构破坏。预拉伸的波纹管补偿器在进行保温制作时，应保证预拉伸不被释放。
  - 9) 保温层端头应采取临时严密防水措施。
- d) 外护钢管防腐层制作
  - 1) 三层 PE 防腐层制作

### (1) 外护钢管表面预处理

① 用于抛丸除锈的磨料应是清洁、无油、无污物并干燥的颗粒，其尺寸应能满足生产要求的表面锚纹深度。

② 表面预处理：在防腐层涂敷前，应先清除钢管表面的油污和污垢等附着物，并将钢管预热后进行抛丸除锈。在进行钢管抛丸除锈前，钢管表面温度应不低于露点温度以上 3℃。除锈质量应符合 GB/T8923.1-2011 中 Sa2.5 的要求，锚纹深度应达到  $50\ \mu\text{m}$ - $90\ \mu\text{m}$ ，对可能影响涂层质量的钢管表面焊渣、毛刺等缺陷应进行处理，以满足涂敷要求。

③ 将钢管表面附着的灰尘及没磨料清除干净，钢管表面的灰尘度应不低于 GB/T18570.3 规定的 2 级，钢管表面的盐分不应超过  $20\text{mg}/\text{m}^2$ 。

④ 钢管表面处理后应防止钢管表面受潮、生锈或二次污染。表面处理后的钢管应在 4h 内进行涂敷，超过 4h 或当出现返锈或表面污染时，应重新进行表面处理。

(2) 外护钢管加热：涂敷前外护钢管表面应加热至环氧粉末生产厂家推荐，且经防腐层适应性试验确定的涂敷温度，应采用中频加热系统连续、均匀、充分地加热钢管。

### (3) 防腐层制作

#### ① 涂敷适应性试验

在防腐层涂敷生产之前，涂敷厂应对所选定的防腐层材料在涂敷生产线上进行防腐层材料适应性试验，并对防腐层性能进行试验。当防腐层材料生产厂家或牌（型）号或钢管规格改变时，应重新进行适应性试验。

② 涂敷厂应按照经评定合格的涂敷适应性试验的工艺参数进行防腐层涂敷生产。

③ 环氧粉末应采用静电技术喷涂，环氧粉末应均匀涂敷在已加热的钢管表面，喷枪出粉应稳定、均匀、雾化良好。回收环氧粉末的使用及添加比例应符合 GB/T23257 规定。

④ 胶粘剂涂敷应在环氧粉末胶化过程中进行。

⑤ 聚乙烯层应按防腐层材料适应性试验确定的时间限度内涂敷在胶粘剂层上，应确保搭接部分的聚乙烯及焊缝两侧的聚乙烯完全辊压密实，避免防腐层产生气泡。

⑥ 聚乙烯层包覆后应用水冷却至外护钢管温度不高于 60℃，并确保熔接环氧涂层完全固化。

⑦ 防腐层涂敷完成后，应采用机械打磨方式去除管端部位的聚乙烯层，聚乙烯层端面应形成小于或等于 30 度的倒角，聚乙烯层端部外宜保留不超过 20mm 的环氧粉末涂层。

(4) 防腐层修复应符合 GB/T23257-2009 中 8.4 的规定。

### 2) 熔结环氧粉末防腐层制作

(1) 外护钢管表面预处理及加热执行三层 PE 防腐层制作对外护钢管的要求。

(2) 熔结环氧粉末防腐层涂敷。

① 在防腐层涂敷生产之前，涂敷厂应对所选定的防腐层材料在涂敷生产线上进行防腐层材料适应性试验，并对防腐层性能进行试验。当防腐层材料生产厂家或牌（型）号或钢管规格改变时，应重新进行适应性试验。

② 涂敷前外护钢管温度应控制在工艺试验确定的范围内。涂敷厂应按照经评定合格的涂敷适应性试验的工艺参数进行防腐层涂敷生产

③ 固化时间应符合所用环氧粉末涂料的要求。

④ 双层环氧粉末涂敷时，外层涂敷应在内层胶化完成前进行，且应保证外层环氧粉末涂

料所要求的固化温度。

⑤ 环氧粉末应采用静电技术喷涂，环氧粉末应均匀涂敷在已加热的外护钢管表面，喷枪出粉应稳定、均匀、雾化良好。回收环氧粉末的使用及添加比例应符合 GB/T23257 的规定。

(3) 涂层的修复和重涂应符合 SY/T0315-2013 中 8.1~8.2 的规定。

### 3) 纤维缠绕增强玻璃钢防腐层制作

(1) 在防腐层制作前应对外护钢管进行表面处理，去除外护钢管（件）锈蚀、水分及污物，质量应符合 GB/T8923.1-2011 中 Sa2.0 的规定。

(2) 防腐层制作应符合 6.6.1.2 c) 的规定。

(3) 纤维缠绕增强玻璃钢防腐层质量应符合 CJ/T129 的有关规定。

### 4) 环氧煤沥青防腐层制作

(1) 在防腐层制作前应对外护钢管进行表面处理，去除外护钢管（件）锈蚀、水分及污物，质量应符合 GB/T8923.1-2011 中 Sa2.0 的规定，表面粗糙度宜为  $40\ \mu\text{m}$ ~ $50\ \mu\text{m}$ 。

(2) 准备工作应符合 SY/T0447-1996 中 4.1 的规定。

(3) 添料配置应符合 SY/T0447-1996 中 4.2 的规定。

(4) 涂底和打腻子应符合 SY/T0447-1996 中 4.3~4.4 的规定。

(5) 涂面漆和缠绕玻璃布应符合 SY/T0447-1996 中 4.5 的规定。

### 5) 聚脲防腐层防腐层制作

(1) 在防腐层涂敷前，应对外护钢管进行表面处理，去除外护钢管（件）锈蚀、水分、油污及污物，质量应符合 GB/T8923.1-2011 中 Sa2.5 的规定，表面粗糙度宜为  $50\ \mu\text{m}$ ~ $90\ \mu\text{m}$ 。在进行外护钢管抛丸除锈前，钢管表面温度应不低于露点温度以上  $3^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 对可能影响涂层质量的外护钢管表面焊渣、毛刺等缺陷应进行处理，以满足涂敷要求。

(3) 将外护钢管表面附着的灰尘及没磨料清除干净，外护钢管表面的灰尘度应不低于 GB/T18570.3 规定的 2 级。

(4) 外护钢管表面处理后应防止钢管表面受潮、生锈或二次污染。表面处理后的外护钢管应在 4h 内进行涂敷，超过 4h 或当出现返锈或表面污染时，应重新进行表面处理。

#### 7.2.7.2 管廊及架空预制蒸汽保温管（件）制作

a) 管廊及架空预制直埋蒸汽保温管（件）宜采用硬质无机保温材料、硬质聚氨酯泡沫保温材料和螺旋镀锌金属外护管的复合结构，保温及其他性能应符合相关标准的要求，阻燃性能应符合 GB8624-2012 的要求。

b) 钢管（件）除锈符合 7.2.7.1 a) 的规定。

c) 无机保温层制作符合 7.2.7.1 c) 的规定。

d) 聚氨酯保温层制作符合 7.2.7.1 d) 的规定。

#### 7.2.7.3 架空（管沟、综合管廊）蒸汽保温管（件）制作

a) 架空（管沟、综合管廊）蒸汽保温管（件）所采用的产品结构，保温防腐及保护层的品种、规格、阻燃要求应符合设计和相关标准的要求。

b) 金属外护管预制热水保温管（件）制作

1) 钢管（件）除锈符合 6.6.1.1 a) 的规定。

2) 金属外护管（件）制作应符合 JGJ141 和 GB50243 的规定。

c) 现场防腐保温制作应符合 CJJ/T28-2014 中 7.1~7.3 的规定。

## 7.2.8 保温管接头补口

7.2.8.1 预制直埋热水保温管和钢外护管预制直埋蒸汽保温管接头保温应符合《城镇直埋供热保温管道接头保温技术条件》GB/T xxxxx 的规定。

7.2.8.2 预制直埋热水保温管接头发泡前，应做气密性检测，且在接头外护层冷却到 40℃ 以下进行。气密性检验的压力应为 0.02MPa，保压时间不应小于 2min，不漏气为合格，并应符合 CJJ 28 的规定。

7.2.8.3 管廊、管沟及架空预制保温管接头保温应符合《预制架空和综合管廊热水保温管和管件》T/CDHA xxxxx和《预制架空和综合管廊蒸汽保温管和管件》T/CDHA xxxxx的规定。

## 7.2.9 现场管道及附件的装配与安装

7.2.9.1 现场施工准备、工程测量、土建工程、防腐与保温施工应按照 CJJ28 的规定执行。防腐工程应按 CJJ 28 的规定进行施工与验收。

7.2.9.2 现场管道及管路附件的安装应按照 GB/T23257、GB50242、CJJ28、CJJ/T254、CJJ/T81、CJJ/T104、SY/T0315、SY/T0447 等的规定执行。

7.2.9.3 塑料管道的安装应按照《城镇供热直埋保温塑料管道技术规程》T/CDHA xxxxx的规定执行。

## 8 检验与试验

### 8.1 检验范围

8.1.1 管道组成件制作和安装的检查及检验应符合本标准的规定。

8.1.2 管道、管件、法兰及阀门等制作，防腐保温层的质量以及安装前的验收应符合本标准的规定。

8.1.3 有热处理的管道应在全部热处理结束后进行检查及检验检测工作。

8.1.4 探伤检验及水压试验合格后方可进行管道补口。

### 8.2 一般规定

#### 8.2.1 检测单位

a) 从事燃气、热力管道检验检测的单位应具备省（部）级以上质量技术监督部门对该检验检测机构核发的相关产品及参数第三方检测的 CMA 认证证书，其中从事无损探伤检测的单位还应取得国家质量监督检验检疫总局颁发的特种设备检验检测机构核准证书。

b) 进行燃气、热力管道检测前应按相关标准的规定编制符合要求的检验检测工艺规程。

c) 检测程序及检测结果应正确、完整并应有相应责任人员签名认可。

d) 检测用仪器和设备应进行定期检定（校准），并提供仪器设备的溯源，有记录可查。

#### 8.2.2 检测人员的资质和要求应符合下列规定：

a) 从事检验检测的人员，应当按相应技术标准进行培训，并通过考核取得相应资格证书，持证上岗。

b) 从事全自动超声波检测以及其它新检测技术的人员还应接受设备调试、检测结果评定等培训，经考核合格方可从事检测工作。

c) 检测人员未经矫正或经矫正的近（距）视力和远（距）视力不应低于 GB 11533-2011 的 5.0 级，从事全自动超声、磁粉和渗透检测的评判人员不应有色盲。

### 8.2.3 检查方法

#### 8.2.3.1 一般规定

a) 本条规定了主要检查方法。如使用本条规定以外的方法，则应在设计文件中规定其验收标准。

b) 检查的比例包括 100%检查、抽样检查和局部检查，并应符合以下规定：

- 1) 100%检查应在指定的一批管道中，对某一具体项目进行全部检查；
- 2) 抽样检查应在指定的一批管道中，对某一百分数的管道做某一具体项目的全部检查；
- 3) 局部检查应在指定的一批管道中，对每一件管道规定的部分做某一具体项目的检查。

#### 8.2.3.2 目视检查

目视检查是对易于观察或能暴露检查的组成件、连接接头及其它管道元件的部分在其制造、制作、装配、安装、检查或试验之前、进行中或之后进行观察。这种检查包括核实材料、组件、尺寸、接头的制备、组对、焊接、粘接、钎焊、法兰连接、螺纹或其它连接方法、支承件、装配以及安装等的质量是否达到规范和工程设计的要求。

#### 8.2.3.3 无损检测

a) 无损检测可分为射线检测、超声波检测、磁粉检测和渗透检测，检测方法应按 NB/T 47013.2、NB/T 47013.3、NB/T 47013.4、NB/T 47013.5 的规定进行。无损检测应在目视检查合格后进行。

b) 除设计文件另有规定外，现场焊接的管道及管道组成件的对接环焊缝、对接式支管连接焊缝应进行射线检测或超声检测。

c) 射线检测复验、抽查时，若发现不合格焊口，应对该焊工或流水作业焊工组在该日或该检查段中焊接的焊口加倍检查，如再有不合格的焊口，则对其余的焊口进行 100%的射线检测。

d) 管道采用全自动超声波检测时，可不进行射线检测复查。

e) 抽查的无损检测焊接接头位置及检查点应由监理选择或批准。

#### 8.2.3.4 过程检查

制作过程中的检查内容应包括下列内容：

- a) 焊接坡口的制备和清洗；
- b) 预热；
- c) 连接前的预组装、连接间隙以及内侧对准；
- d) 焊接工艺规定的技术参数，包括填充材料、焊接位置等；
- e) 焊接清理后的根部焊道（包括外侧和可及内侧）状况，按焊接工艺指导书的规定进行磁粉检测或渗透检测；
- f) 焊渣的清除和焊道间焊缝情况；
- g) 完工后接头外观。

### 8.3 燃气管道检验

#### 8.3.1 钢质管道无损检测

8.3.1.1 无损检测通用工艺规程和工艺卡应根据相关法规、产品标准、有关的技术文件和本标准的规定，并结合本单位的特点和检测能力编制。通用工艺规程由无损检测Ⅲ（高）级人员编制，工艺卡由无损检测Ⅱ（中）级及以上人员编制，无损检测责任工程师审核，所在单位技术负责人批准。修订、更改时也应履行上述程序。

8.3.1.2 当采用未经本标准规定的无损检测方法时，应经相关部门审核并在相关行业有成功应用的经验，并制定了相关的检测标准。

8.3.1.3 焊缝检查、检测比例及合格标准应符合设计文件的要求。当设计无要求时，应符合表 42 的规定。

表 42 焊缝质量检验比例及合格标准

项目	焊缝外观		射线检测		超声波	
	比例	合格标准	比例	合格标准	比例	合格标准
超高压管道在三类地区及以上焊口	100%	≥II	100%	≥II	100%	≥I
高压、次高压燃气钢管焊口	100%	≥II	100%	≥II	不作要求	
中压燃气钢管焊口	100%	≥II	30%	≥III	不作要求	
穿越或跨越铁路、公路、河流、桥梁、城市地铁等地的管道焊口	100%	≥II	100%	≥II	100%	≥I
车行道下、套管和过街沟内全部管线	100%	≥II	100%	≥II	不作要求	
固定焊口	100%	≥II	100%	≥II	100%	≥I
有延迟裂纹倾向的焊口	100%	≥II	100%	≥II	100%	≥I
设计压力 II 级、III 级的液态液化石油气管道	100%	≥II	100%	≥II	不作要求	
注 1：管道焊缝外观检查应符合 GB 50683 的规定。管道焊缝无损检验应符合 NB/T 47013 的规定。						
注 2：有延迟裂纹倾向的焊口应在 24h 后进行无损检测。						

8.3.1.4 对焊缝进行抽查时，每位焊工不应少于一个焊缝，并应侧重抽查固定焊口。每出现一道不合格焊缝，应增加检测两道焊缝，如果第二次抽检仍出现不合格焊缝，则应对该焊工所焊全部同批的焊缝进行检验，并应采用同样的检测方法。不合格的焊缝应进行返修，并应对返修的焊缝进行无损探伤检验。同一焊缝的返修次数不应超过 2 次。

8.3.1.5 实施无损检测的单位应保存无损检测原始记录，正确填写检测报告，保管期限不应少于 7 年。

### 8.3.2 压力试验

8.3.2.1 燃气管道工程完工后应按确定的施工方案依次进行管道吹扫、强度试验和严密性试验。

8.3.2.2 管道在吹扫和压力试验时应与无系统采取隔离措施，与现已运行的燃气管道应加盲板断开，不应用阀门隔离。

8.3.2.3 压力试验环境温度不宜低于 5℃，当环境温度低于 5℃时，应采取防冻措施。

8.3.2.4 压力试验检查合格后，卸压时应缓慢。在压力试验过程中发现泄漏时，不应带压处理，应在试验压力降至大气压时进行修补，修补后应进行复试。

8.1.2.5 管道吹扫和清管球清扫应符合 7.1.11 的规定。

8.3.2.6 管道强度试验应符合下列规定：

a) 强度试验压力与试验介质应符合表 43 的规定：

表 43 强度试验压力及试验介质

管道类型	设计压力 P (MPa)	试验介质	试验压力 (MPa)
埋地钢管及架空钢管	P>0.8	清洁水	1.5 P
	0.4<P≤0.8	压缩空气	1.25P 且 ≥0.4

聚乙烯管	$P \leq 0.4$		$1.25P$ 且 $\geq 0.2$
注：当 $P > 0.8$ MPa 时，现场条件不允许进行水压试验，并且具备 GB 50251 中表 10.2.3 全部各项条件时，经建设单位与设计单位书面同意，也可采用气压试验代替水压试验，并应采取安全保护措施，试验压力为 $1.15P$ 。若所有焊口经双百无损检测合格，可免除水压强度检验（一级地区 0.8 设计系数的管道除外）。			

b) 进行强度试验时，压力应逐步缓升，首先升至试验压力的 50%，应进行初检，无泄漏、异常，继续升压至试验压力，待稳压后，试验持续时间为 1h，每 30min 记一次压力表读数，无压降为合格。

### 8.3.2.7 管道严密性试验应符合下列规定：

a) 严密性试验介质宜采用压缩空气，当强度试验以水为介质时，应将管内的水排除干净后再进行严密性试验；当强度试验以空气为介质时，应及时将管内压力降至严密性试验压力。

b) 设计压力小于 2.5MPa，且大于等于 0.1MPa 时，试验压力应为设计压力的 1.15 倍，且不应小于 0.1MPa；设计压力大于等于 2.5MPa 时，试验压力应为设计压力。

c) 试验待稳压后，持续时间应为 24h，每小时记录不应少于 1 次，当试验仪表采用电子压力记录仪时，试验开始与试验结束时相比压力无变化为合格。

## 8.4 热力管道检验

### 8.4.1 检查范围

#### 8.4.1.1 目视检查

##### a) 管件

1) 钢管的检验，应控制管标准检查钢管的外径、壁厚、圆度等钢管尺寸偏差，尺寸偏差应符合要求，设计或购方有特殊要求时，按照订货要求执行。钢管表面不应有裂纹、结疤、折叠以及其它深度超过公称壁厚偏差的缺陷。钢管如有凿痕、槽痕、凹坑、变形或压扁等有害缺陷应按下列方法修复或消除后使用：

2) 凿痕、槽痕可用砂轮磨去，但磨剩的厚度不应小于材料标准允许的最小厚度，否则，应将受损部分整段切除；

3) 凹坑的深度不应超过公称管径 2%。凹坑位于纵向焊缝或环向焊缝处，应将凹坑处管子受损部分整段切除；

4) 变形或压扁的管段超过制管标准规定时，应修复或废弃。弯管端部应标注弯曲角度、钢管外径、壁厚、曲率半径及材质等参数。凡标注不明或不符合设计要求的不应使用。

##### b) 焊缝

焊缝应进行 100% 外观质量检验，并应符合下列规定：

1) 焊缝表面应清理干净，焊缝应完整并圆滑过渡，不得有裂纹、气孔、夹渣及熔合性飞溅物等缺陷；

2) 焊缝高度不应小于母材表面，并应与母材圆滑过渡；

3) 加强高度不得大于被焊件壁厚的 30%，且应小于或等于 5mm。焊缝宽度应焊出坡口边缘 1.5 mm~2.0mm；

4) 咬边深度应小于 0.5mm，且每道焊缝的咬边长度不得大于该焊缝总长的 10%；

5) 表面凹陷深度不得大于 0.5mm，且每道焊缝表面凹陷长度不得大于该焊缝总长的 10%；

6) 焊缝表面检查完毕后应填写检验报告，并可按 CJJ28-2014 表 A.0.16 的规定填写。



### 8.4.1.2 无损检测

- a) 应由有资质的单位进行检测；
- b) 宜采用射线探伤。当采用超声波探伤时，应采用射线探伤复检，复检数量应为超声波探伤数量的 20%。角焊缝处的无损检测可采用磁粉或渗透探伤；
- c) 无损检测数量应符合设计的要求，当设计未规定时应符合下列规定：
- 1) 干线管道与设备、管件连接处和折点处的焊缝应进行 100% 无损探伤检测；
  - 2) 穿越铁路、高速公路的管道在铁路路基两侧各 10m 范围内，穿越城市主要道路的不通行管沟在道路两侧各 5m 范围内，穿越江、河或湖等的管道在岸边各 10m 范围内的焊缝应进行 100% 无损探伤；
  - 3) 不具备强度试验条件的管道焊缝，应进行 100% 无损探伤检测；
  - 4) 现场制作的各种承压设备和管件，应进行 100% 无损探伤检测；
  - 5) 其他无损探伤检测数量应按 **表 44** 和 **表 45** 规定执行，且每个焊工不应少于一个焊缝。
- d) 无损检测合格标准应符合设计要求。当设计未规定时，应符合下列规定：
- 1) 要求进行 100% 无损探伤的焊缝，射线探伤不得低于 NB/T 47013.2 的 II 级质量要求，超声波探伤不得低于 NB/T 47013.3 的 I 级质量要求。
  - 2) 进行无损检测抽检的焊缝，射线探伤不得低于 NB/T 47013.2 的 III 级质量要求，超声波探伤不得低于 NB/T 47013.3 的 II 级质量要求。
  - 3) 直埋蒸汽保温管及管件的钢外护管无损检测要求：钢外护管的焊接应进行 100% 超声检测，并应符合 NB/T 47013.3 中规定的 II 级；当管道保温层采用抽真空技术时，应符合 NB/T 47013.3 中规定的 I 级。当公称壁厚小于或等于 6.0mm 的角焊缝无法进行超声检测时，可采用渗透检测进行替代，渗透探伤不应低于 NB/T 47013.5 中规定的 I 级。
- e) 当无损探伤抽样检出现不合格焊缝时，对不合格焊缝返修后，并按下列规定扩大检验：
- 1) 每出现一道不合格焊缝，应再抽检两道该焊工所焊的同一批焊缝，按原探伤方法进行检验。
  - 2) 第二次抽检仍出现不合格焊缝，应对该焊工所焊全部同批的焊缝按原探伤方法进行检验。
  - 3) 同一焊缝的返修次数不应大于 2 次。

**表44 钢质管道无损探伤检测数量（1）**

介质名称	管道设计参数		焊缝无损探伤检验数量（%）							
			地上敷设				综合管廊、通行及半通行管沟敷设			
	温度（℃）	压力（MPa）	DN<500mm		DN≥500mm		DN<500mm		DN≥500mm	
			固定焊口	转动焊口	固定焊口	转动焊口	固定焊口	转动焊口	固定焊口	转动焊口
过热蒸汽	200<T≤350	1.6<P≤2.5	30	20	36	18	40	22	46	18
过热或饱和蒸汽	200<T≤350	1.0<P≤1.6	30	20	36	18	40	22	46	18
过热或饱和蒸汽	T≤200	P≤1.0	30	20	36	18	40	22	46	18
高温热水	150<T≤200	1.6<P≤2.5	30	20	36	18	40	22	46	18

高温热水	120<T≤150	1.0<P≤1.6	20	20	36	18	40	22	46	18
热水	T≤120	P≤1.6	18	12	22	16	26	20	30	16
热水	T≤100	P≤1.0	12				20			
凝结水	T≤100	P≤0.6	10				16			

表45 钢质管道无损探伤检测数量（2）

介质名称	管道设计参数		焊缝无损探伤检验数量（%）						
			不通行管沟敷设（含套管敷设）				直埋敷设		
	温度（℃）	压力（MPa）	DN<500mm		DN≥500mm				
			固定焊口	转动焊口	固定焊口	转动焊口			
过热蒸汽	200<T≤350	1.6<P≤2.5	50	30	60	40	100	100	100
过热或饱和蒸汽	200<T≤350	1.0<P≤1.6	50	30	60	40	100	100	100
过热或饱和蒸汽	T≤200	P≤1.0	50	30	60	40	100	100	100
高温热水	150<T≤200	1.6<P≤2.5	50	30	60	40	100	100	100
高温热水	120<T≤150	1.0<P≤1.6	50	30	60	40	100	100	100
热水	T≤120	P≤1.6	40	28	50	40	100	100	100
热水	T≤100	P≤1.0	30	20	50	30	60	40	30
凝结水	T≤100	P≤0.6	20				60	40	30

## 8.4.2 压力试验

### 8.4.2.1 一般规定

#### a) 钢质管道

供热系统施工完成后应按设计要求进行水压试验和严密性试验，并应符合下列规定：

- 1) 水压试验压力应为 1.5 倍设计压力，且不得小于 0.6MPa；严密性试验压力应为 1.25 倍设计压力，且不得小于 0.6 MPa；
- 2) 当设备有特殊要求时，试验压力应按产品说明书或根据设备性质确定；
- 3) 开式设备应进行满水试验，以无渗漏为合格。

#### b) 塑料管道

试验压力应符合下列规定：

- 1) 聚乙烯（PE-RT II）和聚丁烯（PB）管道试验压力不应小于工作压力的 1.5 倍，且不应小于 0.8MPa；
- 2) 钢塑复合管道试验压力应大于工作压力 0.5MPa，且不应小于 0.9MPa。

### 8.4.2.2 试验过程

a) 钢质管道压力试验应按强度试验、严密性试验的顺序进行，试验介质宜采用清洁水，对于奥氏体不锈钢工作管道，水压试验时，试验用水中氯离子含量应不超过 25mg/L。

- b) 压力试验前，供热管道焊缝外观检查及焊接质量无损探伤检验应合格。
- c) 安全阀的爆破片与仪表组件等应拆除或已加盲板隔离。加盲板处应有明显标识。
- d) 压力试验应编制试验方案，并报有关单位审批。试验前应进行技术、安全交底。
- e) 压力试验前应划定试验区、设置安全标志。在整个试验过程应有专人值守，无关人员不得进入试验区。
- f) 检查室和沟槽中应有可靠的排水系统。试验现场应进行清理，具备检验的条件。
- g) 水压试验前应完成下列工作：
- 1) 水压试验应在试验段内的管道接口防腐、保温及设备安装前进行；
  - 2) 管道安装使用的材料、设备资料应齐全；
  - 3) 管道自由端的临时加固装置应安装完成，并应经设计核算与检查确认安全可靠。试验管道与其他管线应用盲板或采取其他措施隔开，不得影响其他系统的安全；
  - 4) 试验用的压力表应经校验，其精度不得小于 1.0 级，量程应为试验压力的 1.5 倍~2 倍，数量不得少于 2 块，并应分别安装在试验泵出口和试验系统末端。
- h) 严密性试验前应完成下列工作：
- 1) 严密性试验应在试验范围内的管道工程全部安装完成后进行。压力试验长度宜为一个完整的设计施工段。
  - 2) 试验用的压力表应经校验，其精度不得小于 1.5 级，量程应为试验压力的 1.5 倍~2 倍，数量不得少于 2 块，并应分别安装在试验泵出口和试验系统末端；
  - 3) 管道各种支架已安装调整完毕，固定支架的混凝土已达到设计强度，回填土及填充物已满足设计要求；
  - 4) 管道自由端的临时加固装置已安装完成，并经设计核算与检查确认安全可靠。试验管道与无系统应采用盲板或采取其他措施隔开，不得影响其他系统设备正常使用。
- i) 压力试验应符合下列规定：
- 1) 当管道充水时应将管道及设备中的空气排尽；
  - 2) 试验时环境温度不宜小于 5℃。当环境温度小于 5℃时，应有防冻措施；
  - 3) 当运行管道与压力试验管道之间的温度差大于 100℃时，应根据传热导致的温度变化对压力试验的影响采取运行管道和试验管道安全的措施；
  - 4) 地面高差较大的管道，试验介质的静压应计入试验压力中。热水管道的试验压力应以最高点的压力为准，最低点的压力不得大于管道及设备能承受的额定压力；
  - 5) 压力试验方法和合格判定应符合表 46 的规定。

表46 压力试验方法和合格判定

项目	试验方法和合格判定		检验范围
<b>钢质管道</b>			
强度试验	升压至试验压力，稳压 10min 无渗漏、无压降后降至设计压力，稳压 30min 无渗漏、无压降为合格。		每个试验段
严密性试验	升压至试验压力，当压力趋于稳定后，检查管道、焊缝、管路附件及设备无渗漏，固定支架无明显变形等。		全段
	一级管网	稳压在 1h，前后压降不大于 0.05MPa，为合格。	

	二级管网	稳压在 30min, 前后压降不大于 0.05MPa, 为合格。	
<b>塑料管道</b>			
预试验阶段	(1) 将试验管段内水压应缓缓地升至试验压力并稳压 30min。 (2) 期间如有压力下降可注水补压, 但不得高于试验压力。 (3) 当管道接口、配件等处有漏水、损坏现象时, 应及时停止试压, 查明原因并应采取相应措施后重新试压。		每个试验段
主试验阶段	(1) 聚乙烯 (PE-RT II) 和聚丁烯 (PB) 管道 预试验阶段结束, 停止注水补压并稳定 30min 后, 压力下降不应大于 60kPa, 再稳压 2h 后压力下降不应大于 20kPa, 水压试验结果应判定为合格。 (2) 钢塑复合管道 预试验阶段结束后, 停止注水补压并稳定 15min 后, 压力下降不应大于 20kPa, 再将试验压力降至工作压力并保持恒压 30min, 压力不降、无渗漏, 水压试验结果应判定为合格。		每个试验段

j) 试验过程中发现渗漏时, 不得带压处理。消除缺陷后, 应重新进行试验。

l) 试验结束后应及时排尽管内积水、拆除试验用临时加固装置。排水时不得形成负压, 试验用水应排到指定地点, 不得随意排放, 不得污染环境。

m) 压力试验合格后应填写供热管道水压试验记录、设备强度和严密性试验记录, 并按 CJJ28-2014 中表 A.0.28 和表 A.0.29 的规定进行记录。

### 8.4.3 清洗

8.4.3.1 供热管网的清洗应在试运行前进行, 并应符合 CJJ28 的相关规定。

8.4.3.2 清洗方法应根据设计及供热管网的运行要求、介质类别确定。可采用人工清洗、水力冲洗和气体吹洗。当采用人工清洗时, 管道的公称直径应大于或等于 DN800; 蒸汽管道应采用蒸汽吹洗。

8.4.3.3 清洗前应编制清洗方案, 并报有关单位审批。方案中应包括清洗方法、技术要求、操作及安全措施等内容。清洗前应进行技术、安全交底。

8.4.3.4 清洗前应完成下列工作:

a) 减压器、疏水器、流量计和流量孔板 (或喷嘴)、滤网、调节阀芯、止回阀芯及温度计的插入管等应已拆下并妥善存放, 待清洗结束后方可复装;

b) 不与管道同时清洗的设备、容器及仪表管等应隔开或拆除;

c) 支架的强度应能承受清洗时的冲击力, 必要时应经设计核算;

d) 水力冲洗进水管的截面积不得小于被冲洗管截面积的 50%, 排水管截面积不得小于进水管截面积;

e) 蒸汽吹洗排汽管的管径应按设计计算确定。吹洗口及冲洗箱应按设计要求加固;

f) 设备和容器应有单独的排水口;

8.4.3.5 人工清洗应符合下列规定:

a) 钢管安装前应进行人工清洗, 管内不得有浮锈等杂物;

b) 钢管安装完成后、设备安装前应进行人工清洗, 管内不得有焊渣等杂物, 并应验收合格;

8.4.3.6 水力冲洗应符合下列规定:

a) 冲洗应按主干线、支干线、支线分别进行。二级管网应单独进行冲洗。冲洗前应先应充满水

并浸泡管道。冲洗水流方向应与设计的介质流向一致；

- b) 清洗过程中管道中的脏物不得进入设备；已冲洗合格的管道不得被污染；
- c) 冲洗应连续进行，冲洗时的管内平均流速不应小于 1m/s；排水时，管内不得形成负压；
- d) 冲洗水量不能满足要求时，宜采用密闭循环的水力冲洗方式。循环水冲洗时管道内流速应达到或接近管道正常运行时的流速。在循环冲洗后的水质不合格时，应更换循环水继续进行冲洗，并达到合格；
- e) 水力冲洗应以排水水样中固形物的含量接近或等于冲洗用水中固形物的含量为合格；
- f) 水力清洗结束后应打开排水阀门排污，合格后应对排污管、除污器等装置进行人工清洗；
- g) 排放的污水不得随意排放，不得污染环境。

**8.4.3.7** 蒸汽吹洗时必须划定安全区，并设置标志。在整个吹洗作业过程中，应有专人值守。

**8.4.3.8** 蒸汽吹洗应符合下列规定：

- a) 吹洗前应缓慢升温进行暖管，暖管速度不宜过快，并应及时疏水。检查管道热伸长、补偿器、管路附件及设备等工作情况，恒温 1h 后再进行吹洗；
- b) 吹洗使用的蒸汽压力和流量应按设计计算确定。吹洗压力不应大于管道工作压力的 75%；
- c) 吹洗次数应为 2 次~3 次，每次的间隔时间宜为 20 min~30min；
- d) 蒸汽吹洗应以出口蒸汽无污物为合格。

**8.4.3.9** 空气吹洗适用于管径小于 DN300 的热水管道。

**8.4.3.10** 供热管网清洗合格后应填写清洗检验记录，并应符合 CJJ28-2014 中表 A.0.30 的规定。

#### **8.4.4 试运行**

**8.4.4.1** 试运行应在单位工程验收合格、热源具备供热条件后进行。

**8.4.4.2** 试运行前应编制试运行方案。在环境温度小于 5℃时，应制定防冻措施。试运行方案应经管部门审查同意，并应进行技术交底。

**8.4.4.3** 试运行应符合下列规定：

- a) 供热管线工程应与热力站工程联合进行试运行；
- b) 试运行应有完善可靠的通讯系统及安全保障措施；
- c) 试运行应在设计的参数下运行。试运行的时间应在达到试运行的参数条件下连续运行 72h。试运行应缓慢升温，升温速度不得大于 10℃/h，在低温试运行期间，应对管道、设备进行全面检查，支架的工作状况应做重点检查。在低温试运行正常以后，方可缓慢升温至试运行温度下运行；
- d) 在试运行期间管道法兰、阀门、补偿器及仪表等处的螺栓应进行热拧紧。热拧紧时的运行压力应降低至 0.3MPa 以下；
- e) 试运行期间应观察管道、设备的工作状态，并应运行正常。试运行应完成各项检查，并做好试运行记录；
- f) 试运行期间出现不影响整体试运行安全的问题，可待试运行结束后处理；当出现需要立即解决的问题时，应先停止试运行，然后进行处理。问题处理完后，应重新进行 72h 试运行；

**8.4.4.4** 蒸汽管网工程的试运行应带热负荷进行，试运行合格后可直接转入正常的供热运行。蒸汽管网试运行应符合下列规定：

- a) 试运行前应进行暖管，暖管合格后方可略开启阀门，缓慢提高蒸汽管的压力。待管道内蒸汽压力和温度达到设计规定的参数后，保持恒温时间不宜少于 1h。试运行期间应对管道、设备、

支架及凝结水疏水系统进行全面检查；

b) 确认管网各部位符合要求后，应对用户用汽系统进行暖管和各部位的检查，确认合格后，再缓慢提高供汽压力，供汽参数达到运行参数，即可转入正常运行。

**8.4.4.5 热水管网试运行应符合下列规定：**

a) 试运行前应确认关闭全部泄水阀门；

b) 排气充水，水满后应关闭放气阀门；

c) 全线水满后应再次逐个进行放气并确认管内无气体后，关闭放气阀；

d) 试运行开始后，每隔 1h 应对补偿器及其他设备和管路附件等进行检查，并按 CJJ28-2014 中表 A.0.32 的规定进行记录。

**8.4.4.6** 试运行合格后应填写试运行记录，并应符合 CJJ28-2014 中表 A.0.33 的规定。

**8.4.4.7** 试运行完成后应进行工程移交，并应签署工程移交文件。

## **8.4.5 定期检验**

### **8.4.5.1 年度检查**

a) 承担年度检查的人员（以下简称检查人员）应当在全面了解被检管道的使用、管理情况，并且认真调阅管道技术资料和管理资料的基础上，对管道运行记录、管道隐患监护措施实施情况记录、管道改造施工记录、检修报告、管道故障处理记录进行审查，记录审查情况和处置结果。

b) 对于架空或者管沟敷设管道，参考《压力管道定期检验规则—工业管道》TSG D7005 相关内容进行年度检查。对于直埋管道，检查人员应当根据审查的数据进行综合评价，重点对下列管道或者位置进行检查，确定事故容易发生的位置以及事故造成严重后果的位置。

1) 穿、跨越管道；

2) 管道出土、入土点、管道分支处、敷设于位置较低点的管道，以及位于排污管下或者其他液体管道下的供热保温管道；

3) 曾经发生过影响管道安全运行的泄漏、较大以上（含较大）事故的管道；

4) 工作条件苛刻及承受交变载荷的管道；

5) 存在第三方破坏或外来液体浸蚀、浸泡的管道；

6) 曾经为非机动车道或者绿化带改为机动车道的、经过空穴（地下室）的管道；

7) 位于固定墩、补偿器等位置的管道。

c) 年度检查的内容，应当包括宏观检查、防腐（保温）层检查、电性能测试、壁厚测定、补偿器、安全保护装置检验，必要时进行腐蚀防护系统检查。年度检查具体内容和要求见附录 B，其中部分检查项目可以结合日常巡线进行。

d) 年度检查的现场工作结束后，检查人员应当根据检查情况出具年度检查报告，作出下述检查结论：

1) 允许使用。检查结果符合有关安全技术规范及其相应标准的规定；

2) 需要进行全面检验，发现存在超出有关安全技术规范规定的缺陷，并且不能满足安全使用要求。

e) 有条件的使用单位应当将年度检查及其检查结论录入管道地理信息系统（GIS）、管道完整性管理信息系统（PIMS）。

### **8.4.5.2 全面检验**

全面检验前，检验机构应当对提交和收集的以下资料进行审查、分析：

- a) 设计图纸、文件与有关强度计算书；
- b) 管道元件产品质量证明资料；
- c) 安装监督检验证明文件，安装及其竣工验收资料；
- d) 管道使用登记证；
- e) 管道运行记录，包括输送介质压力、电法保护运行记录、阴极保护系统故障记录，管道修理或者改造的资料，管道事故或者失效资料，管道的各类保护措施的使用记录，管线周围的其他施工活动，管道的电法保护日常检查记录；
- f) 运行周期内的年度检查报告；
- g) 上一次全面检验报告、合于使用评价报告；
- h) 检验人员认为全面检验所需要的其他资料。

本条 a)~ c)款在管道投用后首次全面检验时必须进行审查，在以后的全面检验中可以根据需要查阅。

**8.4.5.3** 全面检验前，检验机构应当根据资料分析辨识危害管道结构完整性的潜在危险。这些潜在危险主要分为以下几种：

- a) 固有危险，如制造与安装、改造、维修施工过程中产生的缺陷；
- b) 运行过程中与时间有关的危险，如内腐蚀、外腐蚀；
- c) 运行过程中与时间无关的危险，如第三方破坏、外力破坏、误操作；
- d) 其他危害管道安全的潜在危险。

**8.4.5.4** 检验机构对资料审查分析完成后，应当按照有关安全技术规范及其相应标准进行风险预评估。从事评估工作的人员应当充分了解每种风险评估方法的优缺点，能够选择合适的风险评估方法。

**8.4.5.5** 检验机构应当根据风险预评估确定的结果，选择合适的全面检验方法。

全面检验的检验方法有直接检测和耐压（压力）试验，详细内容见附录 C。检验机构也可以选择经过国家质检总局批准的其他检验方法。架空及管沟、综合管廊敷设的热力管道全面检验可参考《在用工业管道定期检验规程》TSG D7004。直埋敷设管道检验方法参考《压力管道定期检验规程—长输（油气）管道》TSG D7003。

## **8.4.6 合于使用评价**

**8.4.6.1** 热力管道全面检验完成后，使用单位应当及时安排合于使用评价工作，评价机构应当结合全面检验情况进行合于使用评价，并且确定管道许用参数与下次全面检验日期。

**8.4.6.2** 热力管道有下列情况之一的，应当按照许用压力进行耐压强度校核：

- a) 全面减薄量超过公称壁厚 20%的；
- b) 操作参数增大的。

**8.4.6.3** 热力管道有下列情况之一的，应当进行应力分析校核：

- a) 存在较大变形、挠曲、破坏，以及支撑件损坏等现象且无法复原的；
- b) 全面减薄量超过管道设计壁厚 30%的；
- c) 需要设置而未设置补偿器或者补偿器失效的；
- d) 法兰经常性泄漏、破坏的；

- e) 无强度计算书的;
- f) 检验人员或者使用单位认为有必要的。

**8.4.6.4** 应当及时对检测中发现的危害管道结构完整性的缺陷进行剩余强度评估与超标缺陷安全评定。在剩余强度评估与超标缺陷安全评定过程中应当考虑缺陷发展的影响,并且根据剩余强度评估与超标缺陷安全评定的结果提出运行维护意见。

**8.4.6.5** 应当根据危害管道安全的主要潜在危险因素选择管道剩余寿命的预测方法。

**8.4.6.6** 应当结合全面检验结果和合于使用评价结果,确定管道下一次全面检验日期,其全面检验周期不能超过 12 年,并且最长不能超过预测的管道剩余寿命的一半。

注 1: 以非金属管为管道材料的管道全面检验周期不超过 15 年;

注 2: 对于风险评估结果表明风险值较低的管道,经使用单位申请,负责使用登记的机关同意,全面检验周期可适当延长。

### 8.4.7 全面检验报告、合于使用评价报告及问题处理

**8.4.7.1** 检验人员应当根据全面检验情况和所进行的全面检验项目,填写全面检验记录,及时出具相应的全面检验报告。

除出具全面检验报告外,还应当由合于使用评价人员根据全面检验报告和所进行的合于使用评价项目,及时出具合于使用评价报告。合于使用评价报告中应当明确许用参数、下次全面检验日期等。

**8.4.7.2** 使用单位应当对全面检验、合于使用评价过程中要求进行处理的缺陷,采取修复或者降压运行的措施。检验机构、评价机构可以在出具全面检验报告、使用评价报告前将需要处理缺陷通知使用单位。使用单位处理完成并且经检验机构、评价机构确认后,检验机构、评价机构再出具全面检验报告、合于使用评价报告,并且重新对风险预评估结果进行修正(即风险再评估)。风险评估的结果应当纳入管道使用登记中。

缺陷修复前,使用单位应当制订修复方案,缺陷的修复应当按照有关要求,相关文件记录应当存档。

**8.4.7.3** 使用单位应当将全面检验与合于使用评价结果归档,有条件的应当将全面检验与合于使用评价结果录入管道地理信息系统(GIS)、管道完整性管理信息系统。

检验机构、评价机构应当按照特种设备信息化的要求,及时将全面检验、合于使用评价结果输入特种设备有关信息系统。

## 8.5 合格证和记录

**8.5.1** 检查人员应通过审阅合格证、质量证明书、标记和其它证明文件,确信材料和组成件均为规定等级并经过要求的热处理、检查和试验。检查人员应向检验人员提交一份说明规范和工程设计规定的全部质量控制要求已经执行的证明文件。

**8.5.2** 管道所用材料、管道附件和设备的材质、规格和型号应符合设计要求,其质量性能应符合本标准所列标准最新版本的规定,并具备出厂合格证、盖有制造单位质量检验章的质量证明书,以及材质证明书或使用说明书,进口物资应有商检报告。实行监督检验的管道组成件,还应提供特种设备检验检测机构出具的监督检验证书。质量证明文件除包括产品合格证外,还应包括以下内容:

- a) 材料化学成分;



- b) 材料及焊接接头力学性能;
- c) 热处理状态;
- d) 无损检测结果;
- e) 压力试验结果 (适用于有关安全技术规范及其相应标准或者合同有规定的);
- f) 型式试验结果 (适用于有型式试验要求的);
- g) 产品标准或用户规定的其他检验项目。
- h) 阀门应有产品合格证, 带有伺服机械装置的阀门应有安装使用说明书。
- i) 防腐保温材料的品种、规格、性能应符合设计和环保要求, 产品应具有出厂质量证明文件或检验证明。
- j) 管道焊前、焊接过程中间、焊后检查、焊接缺陷的清除和返修、焊接工程交工检验记录。

## 9 安全运行与维护

### 9.1 燃气管道运行

#### 9.1.1 一般规定

**9.1.1.1** 公用燃气管道运营单位应建立、健全安全生产管理制度, 以及运行维护和抢修作业的操作规程。运行维护制度应明确公用燃气管道运行维护的周期。安全生产管理制度和操作规程应包括下列内容:

- a) 事故统计分析制度。
- b) 隐患排查和分级治理管理制度。
- c) 运行维护制度和操作规程。
- d) 日常运行中发现问题及事故处理的报告处置程序。

**9.1.1.2** 公用燃气管道运营单位应设立运行维护和应急抢修的管理部门, 并应配备专职安全管理人员; 应设置并向社会公布24小时报修方式, 抢修人员应24小时值班。从事公用燃气管道运行维护和应急抢修的人员必须经过专业技术培训, 培训合格后方可上岗。

**9.1.1.3** 公用燃气管道运营单位宜建设设施监控及数据采集系统, 具备故障判断、作业指挥及事故统计分析的智能化管理功能。

**9.1.1.4** 公用燃气管道重要的或部位应设置明显的标志标识, 并应定期进行检查和维护。燃气设施运行维护和抢修过程中, 应设置安全警示标志和警戒范围。

**9.1.1.5** 公用燃气管道运营单位应国家相关要求建立安全事故报告和统计分析制度。

**9.1.1.6** 公用燃气管道运营单位应编制燃气安全生产事故应急预案, 应急预案的编制程序、内容和要素等应符合GB/T29639的有关规定。应急预案应报有关部门备案, 并定期演习, 每年不得少于1次。

**9.1.1.7** 对于停止运行、报废的公用燃气管道, 管道运营单位应及时进行处置, 暂时没有处置的应采取安全措施, 继续对其进行管理, 并应与运行中的其他管道系统进行有效隔断。

**9.1.1.8** 已竣工但未投入运行的公用燃气管道应采取安全保护措施, 并应符合下列规定:

- a) 采用惰性气体或空气保压, 压力不宜超过运行压力, 并按本规程有关规定进行检查和运行维护。
- b) 未投入运行的管道与运行管道之间应采取有效隔断, 不得使用阀门作为隔断措施。

c) 未进行保压的管道，应在通气前重新进行压力试验，试验合格后方可通气运行。

**9.1.1.9** 公用燃气管道运营单位应定期对燃气设施进行安全评价，并应符合 GB/T50811 的有关规定。

**9.1.1.10** 设计压力大于 0.4MPa 的燃气管道应定期进行检验，定期检验包括年度检查、全面检验与合乎使用评价。

**9.1.1.11** 公用燃气管道设施进行维修或抢修时应有专人监护。

**9.1.2 管道及管道附件的运行维护**

**9.1.2.1** 输送不同种类燃气的相连管段之间应进行有效隔断。输送不同压力燃气的相连管段之间应通过调压装置连接。

**9.1.2.2** 公用燃气管道运行维护应做好相关记录。运行维护中发现问题应及时上报，并应采取有效的处理措施。

**9.1.2.3** 当钢质管道服役年限达到管道的设计使用年限时，应对其进行安全专项评价。

**9.1.2.4** 埋地燃气管道的泄漏检查应符合下列规定：

a) 埋地燃气管道应进行周期性泄漏检测。管道泄漏检测周期应符合下列规定：

- 1) 聚乙烯管道和设有阴极保护的钢质管道，检测周期不应超过 1 年；
- 2) 铸铁管道和未设阴极保护的钢质管道，检测周期不应超过半年；
- 3) 管道运行时间超过设计使用年限的 1/2 时，检测周期应缩短至原周期的 1/2。
- 4) 出现多次抢维修的或者检测评价结果证明剩余使用寿命较短的管道，应当增加检测频次。

b) 埋地管道因腐蚀发生泄漏后，应对管道的腐蚀控制系统进行检查，并根据检查结果对该区域内腐蚀因素近似的管道增加检测频次。

c) 发生地震、塌方和塌陷等自然灾害后，应立即对所涉及的埋地管道及设备进行泄漏检测，并根据检测结果增加检测频次。

d) 泄漏检测方法应根据检测项目和检测程序进行选择，可按表 47 的规定执行。当同时采用两种以上方法时，应以仪器检测法为主。

**表 47 泄漏检测方法**

检测项目		检测程序		
		泄漏初检	疑似泄漏判定	确定泄漏部位
管道	埋地	仪器检测环境观察	气相色谱分析	仪器检测钻孔或开挖
	架空	激光甲烷遥测		

**9.1.2.5** 埋地燃气管道的泄漏检查过程应符合下列规定：

- a) 泄漏检测速度不应超过仪器的检测响应速度限定值。
- b) 检测宜在白天进行，且宜避开风、雨、雪等恶劣天气。
- c) 检测时宜沿管道走向在管道附近的道路接缝、路面裂痕等处进行检测。
- d) 检测仪器有浓度显示时应进行疑似泄漏判定，确定为燃气泄漏时应对周边的建构筑物空间进行检测。
- e) 检测确认的燃气浓度数值应是连续稳定的。

**9.1.2.6** 运行中的钢质燃气管道，第一次发现腐蚀漏气点后，应查明腐蚀原因，并对该管道的防腐

层及腐蚀情况进行选点检查，并应根据实际情况制定运行维护方案。

**9.1.2.7** 对在役燃气管道的防腐层及燃气管道的阴极保护系统应进行周期性检查。检测周期应符合下列规定：

- a) 高压、次高压管道每 3 年不得少于 1 次；
- b) 中压管道每 5 年不得少于 1 次；
- c) 再次检测的周期可依据上一次的检测结果和维护情况适当缩短。

**9.1.2.8** 管道防腐层的检测方法与内容应符合下列规定：

- a) 管道防腐层检测评价应符合 SY/T0087.1 的有关规定；
- b) 管道防腐层的绝缘性能可用电流—电位法定量检测或交流电流衰减法定性检测；
- c) 管道防腐层的缺陷可采用直流电位梯度法、交流电位梯度法、交流电流衰减法、密间隔电位法等进行检测。对一种检测方法检出的评价为“重”的点应采用另一种检测方法进行再检，加以校验；

- d) 可采用开挖探坑或在检测孔处通过外观检测、粘结力检测及电火花检测评价管道防腐层状况；

- e) 已实施阴极保护的管道，可采用检测阴极保护的电流、保护电位、保护电位分布评价管道防腐层状况。出现下列情况应检查管道防腐层：

- 1) 运行保护电流大于正常保护电流范围；
- 2) 运行保护电位超出正常保护电位范围；
- 3) 保护电位分布出现异常。

**9.1.2.9** 电流干扰防护系统的检测周期和检测内容应符合下列规定：

- a) 直流干扰防护系统应每月检测 1 次，检测内容应包括管地电抗、排流电流（最大、最小、平均值）；

- b) 交流干扰防护系统应每月检测 1 次，检测内容应包括管道交流干扰电压、管道交流电流密度、防护系统交流排流量。

- c) 当干扰环境发生较大改变时，应及时对干扰源和被干扰管道进行调查测试，对干扰防护系统进行调整或改进防护措施。

- d) 保护电位测试的正常周期为半年，对电位变化较快的测试异常点，测试周期为一个月，直至保护电位恢复正常。

**9.1.2.10** 架空敷设的公用燃气管道应设置安全警示标志，在可能被车辆碰撞的位置应设置防撞保护设施，并应定期对管道的外防腐层进行检查和维护。

**9.1.2.11** 公用燃气管道阀门的运行维护应符合下列规定：

- a) 应定期检查阀门，不得有燃气泄漏、损坏等现象。
- b) 阀门井内不得有积水、塌陷，不得有妨碍阀门操作的堆积物。
- c) 应根据管网运行情况，对阀门定期进行启闭操作和维护保养。
- d) 无法启闭或关闭不严的阀门，应及时维修或更换。
- e) 带有系统联动执行机构的阀门应定期检查执行机构的运行状态。

**9.1.2.12** 公用燃气管道的凝水装置运行维护应符合下列规定：

- a) 护罩、排水装置应定期进行检查，不得有泄漏、腐蚀和堵塞的现象及妨碍排水作业的堆积

物。

- b) 应定期排放积水，排放时不得空放燃气。
- c) 排出的污水应收集处理，不得随地排放。

### 9.1.3 停气、降压和动火作业

#### 9.1.3.1 公用燃气管道停气与降压作业应符合下列规定：

- a) 停气作业时应可靠的切断气源，并将作业管段和设备内的燃气安全的排放或进行燃气置换。
- b) 降压作业应有专人监控管道内的燃气压力，降压作业时应控制降压速度，管道内部不得产生负压。
- c) 密度大于空气的燃气输送管道进行停气或降压作业时，应采取防爆风机驱散在作业坑内积聚的燃气。

9.1.3.2 公用燃气管道设施进行动火作业时，应有燃气运营单位的安全或技术管理等部门进行配合和监护。

9.1.3.3 公用燃气管道设施动火作业时应保持空气流通，动火作业区内可燃气体浓度应小于其爆炸下限的 20%。在通风不良的有限空间内作业时应采用防爆风机进行强制通风。

9.1.3.4 公用燃气管道设施动火作业过程中，操作人员不得正对管道开口处。

9.1.3.5 旧管道接驳新管道的动火作业时，应采取措施使管道电位达到平衡。

9.1.3.6 公用燃气管道设施停气动火作业时，应检测管段和设备内可燃气体浓度的变化情况，应符合下列规定：

- a) 当有燃气泄漏等异常情况时应立即停止作业，待消除异常情况并再次置换合格后方可继续进行。
- b) 当作业中断或连续作业时间较长时，应再次取样检测并确认合格后方可继续作业。
- c) 燃气管道内积有燃气杂质时，应采取有效措施进行处置。

#### 9.1.3.7 公用燃气管道设施带气动火作业应符合下列规定：

- a) 带气动火作业时燃气设施内应保持微正压，且压力不宜高于 800Pa，并应设专人监控压力。
- b) 动火作业引燃的火焰，应采取可靠有效的方法进行扑灭。

### 9.1.4 通气与置换转换作业

9.1.4.1 公用燃气管道设施通气前应按规定程序组织验收并合格。

9.1.4.2 新建公用燃气管道设施通气作业应编制作业方案，并经过安全技术部门批准后方可实施。

9.1.4.3 高、次高压燃气管道升压过程应分阶段实施，应实施分级保压，期间应对各阀室静密封点进行检漏，无异常后继续升压。达到规定压力后保压 24 小时，再对所有静密封点进行查漏，检查过程中无异常、无泄漏为合格。

9.1.4.4 公用燃气管道设施置换合格或停气后恢复通气前，应进行全面检查并符合运行要求，且应提前有效地通知相关联的燃气用户。

9.1.4.5 置换放散时，作业现场应有专人负责监控压力及进行浓度检测。应符合下列要求：

- a) 间接置换：采用惰性气体置换空气时，氧浓度的测定值应小于 2% 体积浓度；采用燃气置换惰性气体时，燃气浓度测定值应大于 85% 体积浓度。采用液氮气化工作工艺置换时，应控制氮温度不应小于 5℃。

b) 直接置换：采用燃气置换空气时，燃气浓度测定值应大于 90% 体积浓度；

**9.1.4.6** 置换作业时，应根据管道情况和现场条件确定放散点数量与位置，管道末端应设置临时放散管，在放散管上应设置控制阀门和检测取样阀门。

**9.1.4.7** 临时放散管的安装应符合下列规定：

a) 放散管应远离居民住宅、明火、高压架空电线等场所。当无法远离居民住宅等场所时，应采取有效的防护措施。

b) 放散管应高出地面 2m 以上。

c) 放散管应采用金属管道、安装牢固并应可靠接地。

**9.1.4.8** 临时放散火炬的设置应符合下列规定：

a) 放散火炬应设置在带气作业点的下风向，并应避开居民住宅、明火、高压架空电线等场所；

b) 放散火炬的管道上应设置控制阀门、防风和防回火装置、压力测试接口；

c) 放散火炬应高出地面 2m 以上；

d) 放散燃烧时应有专人现场监护，控制火势，监护人员与放散火炬的水平距离宜大于 25m；放散火炬现场应备有有效的消防器材。

**9.1.4.9** 天然气转换前应对在役埋地燃气管道进行升压试验，检验管道的承压能力，以适应将来天然气运行压力的要求。并符合下列要求：

a) 升压试验前应制定《埋地燃气管道升压试验方案及应急预案》，预案中应对试验管段发生泄漏、阀门内漏等不同情况采取相应的应急措施，预防事故的发生或扩大。

b) 升压试验作业点应设置合理的警戒区域，现场配备足够的消防器材，严禁明火及无关人员进入试验现场。

c) 在升压和稳压期间，若发现试验管道存在泄漏，应使用燃气泄漏检漏仪对试验管段及周边污水井、电缆沟、地下井进行检漏，对等进行连续监控检查，待查清压力下降原因并对泄漏点妥善处理后方可继续进行试验。

d) 在升压和稳压期间，若发现管道控制阀门存在内漏，应查清内漏原因并采取可靠措施消除阀门内漏，必要时可将内漏阀门予以更换，待确认隐患消除后方可继续进行试验。

e) 升压试验完成后，将试验管段列入重点管网巡查范围，试验后一天内巡查周期为半天一次，3 天内巡查周期为每天一次。

**9.1.4.10** 气质转换前应制定片区转换计划和地下燃气管网转换作业方案，作业过程中对转换片区及周边地下燃气管网压力进行监控。转换作业结束，对地下管网不同气质处分界阀门设置“禁止开启”标志牌，并加强对分界阀门的检查管理。当压力出现异常时，应立即停止转换作业，关闭气源控制阀门，查明原因并妥善处理，方可继续实施转换作业。

**9.1.4.11** 管网巡查保护

a) 下列情况巡视周期每天应至少一次：

1) 重点区域的燃气管网在重大节假日期间及前五天内；

2) 大型社会活动场所的燃气管网在活动期间及前五天内；

3) 特殊地段（穿越跨越处、斜坡）燃气管网在暴雨大风等恶劣天气后。

b) 对地下管道及设施的完好性以及标志桩的完整性和准确性进行检查。管道及设施的巡察周期每半年至少开展一次。

## 9.1.5 安全防护

### 9.1.5.1 埋地管道安全防护

- a) 燃气管道与建构筑物或相邻管道之间的水平和垂直净距，应满足 GB50028 的规定。
- b) 埋地燃气管道敷设过程中宜避开土壤酸碱度比较高的地段。
- c) 宜建立埋地管线安全运行评价体系，并宜符合下列要求：

1) 定期检查埋地钢管牺牲阳极保护阳极腐蚀损耗情况，检查情况建立数据库以评估管线的腐蚀情况。

2) 定期检查埋地钢管管体的腐蚀情况，检查情况建立数据库以评估管线的腐蚀情况。

3) 定期检查埋地聚乙烯管道的管体环境蠕变及老化情况，检查情况建立数据库以评估管线的腐蚀情况。

d) 燃气管道应装设能提示埋地管线的走向及相对位置的标志，标志的设置应符合 CJJ/T153 的要求。

### 9.1.5.2 架空管道安全防护

- a) 架空管线与其他建筑墙壁的最小净距不宜小于 0.1m。
- b) 配电箱、线缆与架空管线的最小净距不宜小于 0.3m，且不得交叉。
- c) 架空燃气管道与铁路、道路、其他管线交叉时的垂直净距应符合 GB50028 的规定。
- d) 架空管线应在支架、支墩或管线转弯处，管线首末端及直线段处设置永久标志牌。
- e) 架空敷设的金属燃气管道应设防直击雷措施，并符合 GB50057 的相关要求。
- f) 架空敷设的金属燃气管道应设防感应雷措施，并应符合如下规定：

1) 管道及放空管均应接到防闪电感应的接地装置上；

2) 距离建筑物 100m 的架空管道，应每隔 25m 左右接地一次，其冲击电阻不应大于 30Ω。并应利用金属支架或钢筋混凝土支架的焊接、绑扎钢筋网作为引下线，其钢筋混凝土基础宜作为接地装置。

3) 防雷防静电共用接地装置，接地电阻不大于 10 欧姆。

### 9.1.5.3 超压保护和放空

- a) 设计压力不大于 0.4MPa 的公用燃气管道上严禁直接安装加压设备。
- b) 燃气管道系统中应设防止燃气出口压力过高的安全保护装置。
- c) 调压器宜加装压力远程监测系统，并宜设置进出口压力上限下限报警功能。

### 9.1.5.4 管廊管道安全防护

a) 综合管廊燃气舱的燃气管道应设置远程控制的电液联动紧急切断阀；事故时紧急切断阀必须处于关闭状态。

b) 燃气舱内应设置燃气浓度检测报警器，并由管理室集中监视和控制。燃气浓度报警值不得大于其爆炸下限值的 20%，并联动燃气舱内事故分段及相邻分段事故通风机。

c) 人口聚集区等重要区段的燃气舱主要本体结构应按抗爆设计；抗爆结构的爆轰荷载和结构形式应按 GB50779 要求执行。

d) 管廊设置的排风系统风机、燃气泄漏紧急切断系统和应急照明系统应按 GB50052 规定的二级负荷供电。

e) 进出综合管廊的燃气管道和廊内跨越变形处的管道应采取防止管廊沉降的自适应措施，并

确保有效。

f) 天然气管道进出综合管廊附近的埋地管线、放散管、天然气设备等均应满足防雷、防静电接地的要求。具有阴保系统的燃气管道进出综合管廊时应配置绝缘接头，同时在绝缘接头受力侧设锚固墩。

### 9.1.6 应急抢修

9.1.6.1 公用燃气管道运营单位应根据供应规模设立抢险机构，应配备必要的抢修车辆、抢修设备、抢修器材、通讯设备、防护用具、消防器材、检测仪器等装备，并保证设备处于良好状态。

9.1.6.2 应根据燃气泄漏程度确定警戒区并设立警示标志；应随时监测周围环境的燃气浓度。在警戒区内应管制交通，严禁烟火，严禁无关人员入内。

9.1.6.3 操作人员进入抢修作业区前应按规定穿戴好防静电服、鞋及防护用具，并严禁在作业区内穿脱和摘戴。作业现场应有专人监护，严禁单独操作。

9.1.6.4 在警戒区内燃气浓度未降至安全范围时，严禁使用非防爆型的机电设备及仪器、仪表等。

9.1.6.5 抢修人员进入事故现场，应立即控制气源、消灭火种，切断电源，驱散积聚的燃气。燃气管道泄漏的抢修宜在降低燃气压力或切断气源后进行。

9.1.6.6 当抢修中暂时无法消除漏气现象或不能切断气源时，应及时通知有关部门，并做好事故现场的安全防护工作。

9.1.6.7 公用燃气管道恢复供气后，应进行复查，确认安全后抢修人员方可撤离事故现场。

## 9.2 热力管道安全与运行

### 9.2.1 安全泄放装置

#### 9.2.1.1 一般规定

- a) 有超压危险的管道系统应设置安全泄放装置。
- b) 自动控制仪表和事故联锁装置不应代替安全泄放装置。
- c) 符合下列情况之一者，应设置安全泄放装置：

- 1) 设计压力小于外部压力源的压力，出口可能被关断或堵塞的设备和管道系统；
- 2) 减压装置出口设计压力小于进口压力，排放出口可能被关断或堵塞的设备和管道系统；
- 3) 因两端关断阀关闭，受外界影响而产生热膨胀或汽化的管道系统；
- 4) 可能产生超压的其他部位。

- d) 安全泄放装置相关压力的确定应符合下列规定：

1) 当安装一个安全泄放装置时，其整定压力不应大于系统设计压力，且最大泄放压力不宜大于系统设计压力的 106%。

2) 当安装多个安全泄放装置时，至少有一个安全阀整定压力不应大于系统设计压力，其余安全阀整定压力不宜大于系统设计压力的 103%，且安全阀最大泄放压力不宜大于系统设计压力的 106%。

- e) 安全泄放量应符合下列规定：

- 1) 安全泄放量的计算应符合 GB/T32270-2015 附录 F 的规定；
- 2) 取各种超压工况安全泄放量的最大值。

- f) 最小泄放面积应符合下列规定：

- 1) 最小泄放面积应根据安全泄放量、最大泄放压力、泄放流体温度、额定泄放系数以及流

体的物理性质等计算，计算方法应符合 GB/T32270-2015 附录 F 的规定；

2) 安全泄放装置的泄放面积不应小于最小泄放面积。

g) 安全泄放装置的进、出口侧不应安装关断阀。

h) 安全泄放装置的入口管道管径不应小于安全泄放装置的进口尺寸，入口管道应短捷，压力降应当小于安全阀设定压力的 3%。

i) 安全泄放装置的出口排放管道应符合下列规定：

1) 排放管道及其支承应有足够的强度承受泄放反力。当直接向大气排放时，应避开其它管道、设备及平台或人员可能到达的场所，排放管出口应高出屋面（平台）2200mm。

2) 安全泄放装置宜设置单独排放管道，当两个及以上排放装置组合排放时，排放管的流通截面不应小于所有安全泄放装置泄放面积的总和。

3) 排放管道的设计应有可靠的疏水。

4) 装设消音器时，消音器应有足够的通流面积。

#### 9.2.1.2 安全泄放装置的选用

汽水介质管道安全泄放装置宜选用安全阀，安全阀的选用应符合 GB12241、GB12242 及 GB12243 的规定。

### 9.2.2 安全防护设施和措施

#### 9.2.2.1 一般规定

a) 下列条件下应采取安全防护措施：

1) 由工作压力、工作温度和介质特性决定的流体危险性；

2) 管道发生损坏或泄漏时，流体的泄漏量及其对周围人员和设备造成的危害程度。

b) 流体泄漏应采用自动关闭压力源等方法限制。

#### 9.2.2.2 布置中的安全防护

a) 穿越道路、铁路及人行道等架空管道的净空高度，以及管架边缘至建筑物或其他设施的水平距离应符合 GB50229 和 GB50016 的规定，管道与电力线路间交叉净距应符合相关标准的规定；

b) 位于道路和铁路上方的管道不应装设阀门、法兰等可能发生泄漏的管道组成件；

c) 紧急放空、事故隔离、消防蒸汽等事故用的阀门，应布置在安全、明显、便于操作的位置。

### 9.2.3 运行与应急抢修

9.2.3.1 城镇供热系统运行维护应符合 CJJ/T 88 的规定。

9.2.3.1 公用热力管道运营单位应根据供应规模设立抢险机构，应配备必要的抢修车辆、抢修设备、抢修器材、通讯设备、防护用具、消防器材、检测仪器等装备，并保证设备处于良好状态。

9.2.3.2 应根据热介质泄漏程度确定警戒区并设立警示标志。在警戒区内应管制交通，严禁无关人员入内。

9.2.3.3 作业现场应有专人监护，严禁单独操作。

9.2.3.4 公用热力管道恢复供热后，应进行复查，确认安全后抢修人员方可撤离事故现场。

9.2.3.5 城镇供热系统抢修应符合 CJJ203 的规定。

## 9.3 图档资料

9.3.1 公用燃气、热力管道运营单位的档案管理部门应收集燃气、热力设施运行维护、安全防护和抢修资料，并应建立档案，实施动态管理，宜采用电子文档管理，并建立公用燃气、热力管网地



理信息系统。

**9.3.2** 公用燃气、热力管道运营单位的档案管理部门应根据运行、维护和抢修工程的要求，及时提供图档资料。

**9.3.3** 公用燃气、热力管道设施运行维护和抢修管理部门应向档案管理部门提交运行、维护记录和抢修作业的相关资料。

## 附录 A

## (规范性附录)

## 热力用塑料管道材料的温度及压力使用范围

A.1 塑料工作管最大允许工作压力，见表 A.1。

表A.1 塑料工作管最大允许工作压力

塑料工作管		最大允许工作压力 (MPa)			
管材	规格	70℃生活热水	45℃地板供暖	60℃地板供暖	75℃散热器供暖
PE-RT II管	S4/SDR9	0.93	1.27	1.09	1.0
	S5/SDR11	0.74	1.02	0.87	0.84
	S6.3/SDR13.6	0.59	0.81	0.70	0.63
	S8/SDR17	0.46	0.63	0.54	0.50
PB 管	S4/SDR9	1.26	1.83	1.58	1.53
	S5/SDR11	1.00	1.46	1.26	1.22
	S6.3/SDR13.6	0.80	1.16	1.00	0.97
	S8/SDR17	0.63	0.91	0.79	0.76

A.2 塑料工作管道的规格尺寸，见表 A.2。

表 A.2 塑料工作管规格尺寸

公称外径	公称壁厚 (mm)			
	S8/SDR17	S6.3/SDR13.6	S5/SDR11	S4/SDR9
50	—	—	4.6	5.6
63	—	—	5.8	7.1
75	—	—	6.8	8.4
90	5.4	6.7	8.2	10.1
110	6.6	8.1	10.0	12.3
125	7.4	9.2	11.4	14.0
140	8.3	10.3	12.7	15.7
160	9.5	11.8	14.6	17.9
180	10.7	13.3	16.4	20.1
200	11.9	14.7	18.2	22.4
225	13.4	16.6	20.5	25.2
250	14.8	18.4	22.7	27.9
280	16.6	20.6	25.4	31.3
315	18.7	23.2	28.6	35.2
355	21.1	26.1	32.2	39.7
400	22.7	29.4	36.4	44.7
450	25.6	33.1	40.9	50.3

## 附录 B

### (规范性附录)

#### 热力管道年度检查项目与要求

##### B.1 资料审查

- a) 安全管理资料，包括使用登记证、安全管理规章制度与安全操作规程、作业人员上岗持证情况；
- b) 技术档案资料，包括定期检验报告，必要时还包括设计资料和安装、改造、维修等施工、竣工验收资料；
- c) 运行状况资料，包括日常运行维护记录、隐患排查治理记录、改造与维修资料、故障与事故记录。

##### B.2 宏观检查

- a) 泄漏检查，主要检查管道穿跨越段、阀门、阀井、法兰、疏水器、补偿器、套管等组成件的泄漏情况；
- b) 位置与走向检查<sup>注B.1</sup>；
- c) 地面标志检查；
- d) 管道沿线地表环境调查，主要检查管道与其他建（构）筑物或者管道的净距、占压状况、管道裸露、土壤扰动情况等；
- e) 穿、跨越管段检查，主要检查穿越管道固定墩、套管检查孔的完好情况以及河流冲刷侵蚀情况，跨越管道防腐（保温）层、补偿器完好情况，吊索、支架、管道支架的变形、腐蚀情况；
- f) 疏水器检查，主要检查定期排放积水情况，护盖、排水装置的泄漏、腐蚀和堵塞情况；
- g) 线路阀门、法兰、补偿器等管道元件的检查；
- h) 检查人员认为有必要的其他检查。

<sup>注B.1</sup>：如管线周围地表环境无较大变动、管道无沉降等情况，可以不要求。

##### B.3 防腐（保温）层检查（适用于钢质管道）

主要检查入土端与出土端、露管段、阀井内、阀室内管道防腐（保温）层的完好情况。检查人员认为有必要时，可以对风险较高地段管道采用检测设备进行地面不开挖检测。

##### B.4 电性能测试（适用于有阴极保护的钢质管道）

- a) 测试绝缘法兰、绝缘接头、绝缘短管、绝缘套、绝缘固定支墩和绝缘垫块等电绝缘装置的绝缘性能；
- b) 对采用法兰和螺纹等非焊接件连接的阀门等管道附件的跨接电缆或者其他电连接设施，测试其电连续性。

##### B.5 阴极保护系统测试（适用于有阴极保护的钢质管道）

- a) 管道沿线保护电位，测量时应考虑 IR（<sup>注B.2</sup>）降的影响；
- b) 牺牲阳极输出电流、开路电位（当管道保护电位异常时测试）；
- c) 管内电流（当管道保护电位异常时测试）；
- d) 辅助阳极床和牺牲阳极接地电阻（牺牲阳极接地电阻应当在管道保护电位异常时测试）；
- e) 阴极保护系统运行状况，检查管道阴极保护率和运行率、排流效果，阴极保护系统设备

及其排流设施。

**注B.2**：管道外防腐层破损部位的阴极保护电流在土壤介质中产生的电位梯度。

### **B.6 壁厚测定**

利用阀井或者探坑，对重要压力管道或者有明显腐蚀和冲刷减薄的弯头、三通、盲管、管径突变部位以及相邻直管部位进行壁厚抽样测定。

### **B.7 安全保护装置检验**

参照工业管道定期检验有关要求执行，特殊的安全保护装置参照现行相关标准的规定。

## 附件 C (规范性附录)

### 热力管道全面检验项目与要求

#### C.1 直接检测方法

直接检测方法包括管道内腐蚀直接检测、外腐蚀直接检测。检验机构应当根据危害管道完整性的危害因素选择一种或者几种直接检测方法。

##### C.1.1 内腐蚀直接检测

管道内腐蚀直接检测应当在凝结水、沉淀物最有可能聚集之处进行局部内腐蚀检测，可以采用多相流计算、高程点分布等方法确定检测位置。对管道进行内腐蚀直接检测时，一般在开挖后采用超声壁厚测定等方法进行直接检测，确定内腐蚀状况；也可采用腐蚀监测方法或者其他认可的检测手段。

内腐蚀直接检测方法的步骤主要包括预评价、间接检测、直接检查、后期评价四个步骤。

###### C.1.1.1 预评价

预评价步骤包括收集历史数据和当前数据，根据收集的数据资料确定该方法是否可行，并确定评价区域。

###### C.1.1.2 间接检测

该步骤主要采用流体模拟结果，预测可能发生腐蚀的管道区域，并且对腐蚀程度进行预测。

###### C.1.1.3 直接检查

对 C.1.1.1 预评价和 C.1.1.2 间接检测两个过程发现的可能产生的腐蚀点进行检查，可以采用管道本体腐蚀检测技术，也可采用监测技术，确定管道内部的腐蚀状态。在条件许可时，按照一定比例（0.6 处/km 至 1.5 处/km）开挖后用漏磁检测技术、低频电磁检测技术、远场涡流检测技术、壁厚测定技术或者腐蚀扫描技术进行直接检验。

必要时还应进行埋地管段焊缝无损检测。

###### C.1.1.4 后期评价

该步骤包括分析 C.1.1.1、C.1.1.2、C.1.1.3 中收集的数据资料，评价内腐蚀直接检测方法的有效性。

##### C.1.2 外腐蚀直接检测

外腐蚀直接检测的具体项目一般包括管线敷设环境调查、防腐(保温)层状况不开挖检测、管道阴极保护有效性检测、开挖直接检验。根据检测、检验结果，对腐蚀防护系统进行分级，原则上分为四个等级，1 级为最好，4 级为最差。

###### C.1.2.1 管线敷设环境调查

管线敷设环境调查一般包括环境腐蚀性检测和大气腐蚀性调查。

###### C.1.2.1.1 环境腐蚀性检测

环境腐蚀性检测包括土壤腐蚀性测试和杂散电流测试，基本要求如下：

a) 根据管道经过地区土壤类型选择有代表性的位置测试土壤腐蚀性，当地物地貌环境和土壤无较大变化时，土壤腐蚀性数据可采用工程勘察或者上次全面检验报告的数据；

b) 进行杂散电流测试时，特别需要注意有轨道交通、并行电缆线、以及其他易产生杂散电流的地方，杂散电流的测试数量依据干扰源的数量确定。

### C.1.2.1.2 大气腐蚀性调查

对可能存在大气腐蚀环境的跨越段与露管段，应当按照相应国家标准或者行业标准进行大气腐蚀性调查。

### C.1.2.2 防腐（保温）层状况非开挖检测

对防腐（保温）层与腐蚀活性区域采用非开挖检测方法进行检测，主要检测方法有直流（交流）电位梯度法、直流（交流）电位衰减法。检测过程中至少选择两种相互补充的检测方法。

### C.1.2.3 管道阴极保护有效性检测

对采用外加电流阴极保护或者可断电的牺牲阳极阴极保护的管道，应当采用相应检测技术测试管道的真实阴极保护极化电位；对阴极保护效果较差的管道，应当采用密间隔电位测试技术。

### C.1.2.4 开挖直接检验

#### C.1.2.4.1 开挖点确定原则

根据 C.1.2.1~C.1.2.3 检测结果，按照一定比例选择开挖检验点。开挖点数量的确定原则见表 C.1。开挖点的选取应当结合资料调查中的错边、咬边严重的焊接接头以及碰口支连头焊口，风险较高的管段，使用中发生过泄漏、第三方破坏的位置。

表 C.1 开挖点数量确定原则

腐蚀防护系统质量等级			
1	2	3	4
不开挖	0.05	0.3	0.6~0.8

#### C.1.2.4.2 开挖直接检验的方法和内容

a) 土壤腐蚀性检测，检查土壤剖面分层情况以及土壤干湿度，必要时可以对探坑处的土壤样品进行理化检验；

b) 防腐(保温)层检查和探坑处管地电位测试，检查防腐（保温）层的物理性能以及探坑处管地电位，必要时收集防腐(保温)层样本，按照相应国家标准或者行业标准的要求进行防腐（保温）层性能分析；

c) 管道腐蚀状况检测，包括金属腐蚀部位外观检查、腐蚀产物分析、管道壁厚测定、腐蚀区域的描述；

d) 阀井（室）、**泵站**、热力站（室）内管道以及阀体检查；

e) 管道焊缝无损检测，对开挖处的管道对接环焊缝进行无损检测，必要时还应对焊接钢管焊缝进行无损检测。无损检测一般采用射线或者超声方法，也可采用国家质检总局认可的其他无损检测方法。

对于宏观检查存在裂纹或者可疑情况的管道以及检验人员认为有必要时，可以对管道对接环焊缝、管道连头与碰口、管道螺旋焊缝或者对接直焊缝以及焊缝返修处等部位进行无损检测。

### C.1.3 穿、跨越段检查

应当对穿越段进行重点检查或者检测。

对跨越管道的检查参照工业管道定期检验的有关要求进行，并且按照相应国家标准或者行业标准对跨越段附属设施进行检查。

### C.1.4 其他位置的无损检测

除对 C.1.2.4 条规定的检测位置进行无损检测外，必要时对下述位置的裸露管段也应当进行无损检测抽查：

- a) 阀门、补偿器连接的第一道焊接接头；
- b) 跨越部位、出土与入土端的焊接接头；
- c) 检验人员和使用单位认为需要抽查的其他焊接接头。

### C.1.5 理化检验

对有可能材质劣化的热力管道，一般应当进行管道理化检验。

理化检验包括化学成份分析、硬度测试、力学性能测试、金相分析。

#### C.1.5.1 化学成份分析

对材料状况不明的管道，应当分析其化学成份，分析部位包括母材、焊缝。

#### C.1.5.2 硬度测试

- a) 碳钢管的焊缝硬度值不宜超过母材最高硬度的 120%；
- b) 合金钢管的焊缝硬度值不宜超过母材最高硬度的 125%。

当焊接接头的硬度值超标时，检验人员应当根据具体情况扩大焊接接头内外部无损检测抽查比例。

#### C.1.5.3 力学性能测试

包括管道母材横向、纵向及焊缝的屈服强度、抗拉强度、延伸率和冲击性能。冲击性能测试内容包括 10℃ 以下的管道母材和焊缝的夏比冲击功。测试方法应按照国家标准或者行业标准的规定。

#### C.1.5.4 金相分析

应当对管道母材和焊缝的显微组织、夹杂物进行金相分析。

### C.1.6 非钢质材料的检验

聚乙烯管和钢骨架聚乙烯复合管的检查，应当通过阀井（室）的外露管段或者开挖等方式进行直接检查，开挖点位置应当选择发生过泄漏、沉降、第三方破坏等风险较大的位置、穿越位置、钢塑接头转换位置。直接检查的抽查检测比例为 0.3 处/km，并且根据实际检测结论以确定是否需要进一步增加抽查数量。

检查主要内容有管道表面有无槽痕、凿痕或者凹痕等缺陷，管道有无老化降解（如表面粉化）等迹象，钢塑转换接头的质量状况。

### C.2 耐压（压力）试验

当直接检测不可实施时，可以采用耐压（压力）试验的方法进行检验。耐压（压力）试验按照相应国家标准或者行业标准的规定。

### C.3 其他要求

进行全面检验时，应当包括年度检查内容。