



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 38942—2020

---

## 压力管道规范 公用管道

Pressure piping code—Utility piping

2020-06-02 发布

2020-12-01 实施

---

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	2
3 术语和定义 .....	6
4 材料 .....	9
5 设计与计算 .....	16
6 制作与安装 .....	47
7 检验与试验 .....	67
8 安全运行与维护 .....	76
附录 A (规范性附录) 热力用塑料管道性能参数 .....	85
附录 B (规范性附录) 常用钢管的性能参数 .....	87
参考文献 .....	88

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 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(SAC/TC 262)提出并归口。

本标准起草单位:中国市政工程华北设计研究总院有限公司、北京市煤气热力工程设计院有限公司、全国化工设备设计技术中心站、天津市管道工程集团有限公司、北京市燃气集团研究院、北京市建设工程质量第四检测所、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、中国特种设备检测研究院、天津昱丞高科工程设计有限公司、北京豪特耐管道设备有限公司、北京市热力集团有限责任公司、四川鑫中泰新材料有限公司、北京市热力工程设计有限责任公司、唐山兴邦管道工程设备有限公司、昊天节能装备有限责任公司、安阳益和热力有限责任公司、天津天地龙管业股份有限公司、中国城市建设研究院有限公司。

本标准主要起草人:李颜强、李建勋、王淮、王启、马鸿敬、赵惠中、阎海鹏、杜建梅、赵国强、吴洪松、高建文、金树奎、廖荣平、赵志楠、杨永慧、冯继蓓、黄正林、蔡暖姝、尤子涵、王景松、于燕平、白冬军、应援农、俞善东、陈秋雄、杨光、磨承礼、陈淑贤、李大治、周扬、刘军、于乘麟、吉建立、何仁洋、蒋建志、贾丽华、李萍、李想、王云琦、邱华伟、周曰从、郑中胜、杨永峰、刘秀清、王刚。



## 压力管道规范 公用管道

### 1 范围

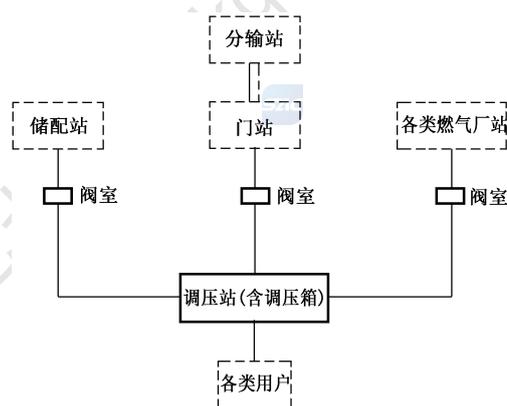
1.1 本标准规定了公用管道(燃气管道和热力管道)的材料、设计与计算、制作与安装、检验与试验、安全运行与维护等与安全相关的基本要求。

1.2 本标准适用于以下城镇燃气管道和城镇热力管道:

- a) 燃气管道:由门站、储配站、各类气源厂站等燃气厂站至用户之间或厂站之间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、调压站(含调压箱)、凝水缸等,详见图 1。
- b) 热力管道:由热源出口分界点至热用户(民用或工业)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其附属设施,详见图 2。其中蒸汽介质设计压力小于或等于 2.5 MPa,设计温度小于或等于 350 ℃;热水介质设计压力小于或等于 2.5 MPa,设计温度小于或等于 200 ℃。

1.3 本标准不适用于以下燃气管道和热力管道:

- a) 燃气系统中厂站内(调压站除外)的燃气管道和热力系统中厂站内(热力站和热分配站除外)的热力管道;
- b) 工业用户内部燃气和热力管道(以厂界划分);
- c) 商业和居民用户内部燃气管道(以用户引入管阀门为界)和热力管道(以热力入口为界);
- d) 燃气和热力设备内部管道。



说明:

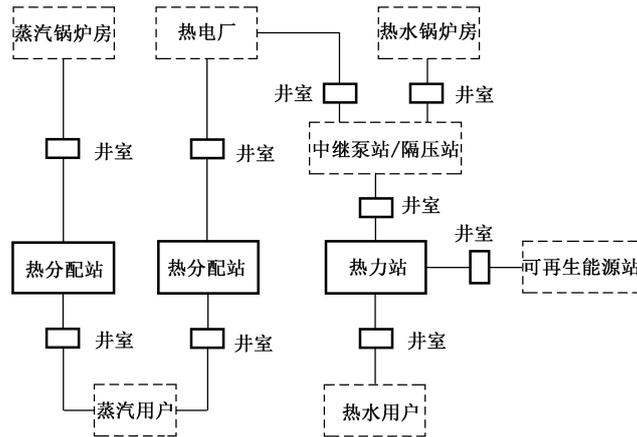
—— 本标准适用的管道系统

[ ] 本标准不适用的范围

□ 本标准包括的阀室及调压站(含调压箱)

分输站至门站之间的燃气管道,应执行 GB/T 34275,当敷设在城市建成区时,可参照本标准执行。

图 1 本标准适用的燃气管道系统范围



说明：

- 本标准适用的管道系统
- [- - - -] 本标准不适用的范围
- 本标准包括的井室、热力站及热分配站

图 2 本标准适用的热力管道系统范围

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 150(所有部分) 压力容器
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 1048 管道元件 公称压力的定义和选用
- GB/T 2518 连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带
- 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 3880(所有部分) 一般工业用铝及铝合金板、带材
- GB/T 4622.1 缠绕式垫片 分类
- GB/T 4622.2 缠绕式垫片 管法兰用垫片尺寸
- GB/T 4622.3 缠绕式垫片 技术条件
- GB/T 8163 输送流体用无缝钢管
- GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级
- GB/T 8923.1 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 9124.1 钢制管法兰 第1部分：PN系列
- GB/T 9124.2 钢制管法兰 第2部分：Class系列
- 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/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式止回阀
- GB/T 12241 安全阀一般要求
- 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/T 15558.1 燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统 第1部分:管材
- GB/T 15558.2 燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统 第2部分:管件
- GB/T 15558.3 燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统 第3部分:阀门
- 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 19285 埋地钢质管道腐蚀防护工程检验
- GB/T 19292.1 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第1部分:分类、测定和评估
- 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 19473.3 冷热水用聚丁烯(PB)管道系统 第3部分:管件
- GB/T 20801(所有部分) 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 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 63 mm 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 63 mm 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/T 29047 高密度聚乙烯外护管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:感应加热弯管
- GB/T 29168.2 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2部分:管件

- GB/T 29461 聚乙烯管道电熔接头超声检测
- 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 32270—2015 压力管道规范 动力管道
- GB/T 32563 无损检测 超声检测 相控阵超声检测方法
- 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/T 35842 城镇供热预制直埋保温阀门技术要求
- GB/T 35979 金属波纹管膨胀节选用、安装、使用维护技术规范
- GB/T 35990 压力管道用金属波纹管膨胀节
- GB/T 37190 管道腐蚀控制工程全生命周期 通用要求
- GB/T 37228 公共安全 应急管理 突发事件响应要求
- GB/T 37261 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发泡预制直埋保温钢塑复合管
- GB/T 37369 埋地钢质管道穿跨越段检验与评价
- GB/T 37827 城镇供热用焊接球阀
- GB/T 37828 城镇供热用双向金属硬密封蝶阀
- GB/T 38097 城镇供热 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
- GB/T 38105 城镇供热 钢外护管真空复合保温预制直埋管及管件
- GB/T 38343 法兰接头安装技术规定
- GB 50016 建筑设计防火规范
- 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—2012 土方与爆破工程施工及验收规范
- GB 50235 工业金属管道工程施工规范
- GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工规范
- GB 50251—2015 输气管道工程设计规范
- GB 50264 工业设备及管道绝热工程设计规范
- GB 50369 油气长输管道工程施工及验收规范
- 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/T 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—2011 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
- 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/T 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 246 城镇供热预制直埋蒸汽保温管及管路附件
- CJ/T 402 城市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/T 487 城镇供热管道用焊制套筒补偿器
- CJJ 28—2014 城镇供热管网工程施工及验收规范
- CJJ 34 城镇供热管网设计规范
- CJJ 63 聚乙烯燃气管道工程技术标准
- CJJ/T 81 城镇供热直埋热水管道技术规程
- CJJ 88 城镇供热系统运行维护技术规程
- CJJ 95 城镇燃气埋地钢质管道腐蚀控制技术规程
- CJJ/T 104 城镇供热直埋蒸汽管道技术规程
- CJJ/T 153 城镇燃气标志标准
- CJJ 203 城镇供热系统抢修技术规程
- CJJ/T 220 城镇供热系统标志标准
- 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
- DB 31/T 1058 燃气用聚乙烯(PE)管道焊接接头相控阵超声检测
- DL/T 5072 发电厂保温油漆设计规程
- HG/T 3707 工业用孔网钢骨架聚乙烯复合管件
- HG/T 3831 喷涂聚脲防护材料
- HG/T 20592 钢制管法兰(PN系列)
- HG/T 20606 钢制管法兰用非金属平垫片(PN系列)
- HG/T 20607 钢制管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片(PN系列)
- HG/T 20609 钢制管法兰用金属包覆垫片(PN系列)
- HG/T 20610 钢制管法兰用缠绕式垫片(PN系列)
- HG/T 20611 钢制管法兰用具有覆盖层的齿形组合垫(PN系列)
- HG/T 20612 钢制管法兰用金属环形垫(PN系列)
- HG/T 20613 钢制管法兰用紧固件(PN系列)
- HG/T 20614 钢制管法兰、垫片、紧固件选配规定(PN系列)
- HG/T 20615 钢制管法兰(Class系列)
- HG/T 20623 大直径钢制管法兰(Class系列)
- HG/T 20627 钢制管法兰用非金属平垫片(Class系列)
- HG/T 20628 钢制管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片(Class系列)
- HG/T 20630 钢制管法兰用金属包覆垫片(Class系列)
- HG/T 20631 钢制管法兰缠绕式垫片(Class系列)
- HG/T 20632 钢制管法兰用具有覆盖层的齿形组合垫(Class系列)
- HG/T 20633 钢制管法兰用金属环形垫(Class系列)
- HG/T 20634 钢制管法兰用紧固件(Class系列)
- HG/T 20635 钢制管法兰、垫片、紧固件选配规定(Class系列)
- JB/T 3223 焊接材料质量管理规程

- JB/T 12936 旋转补偿器
- 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
- 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/T 47013.7 承压设备无损检测 第7部分:目视检测
- NB/T 47013.8 承压设备无损检测 第8部分:泄漏检测
- NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
- NB/T 47018(所有部分) 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 0087.1 钢制管道及储罐腐蚀评价标准 第1部分:埋地钢质管道外腐蚀直接评价
- SY/T 0096 强制电流深阳极地床技术规范
- SY/T 0315 钢质管道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/T 0447 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 油气输送用钢制感应加热弯管
- 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

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### 公用管道 utility piping

城市或乡镇范围内用于公用事业或民用的燃气管道和热力管道,燃气管道为 GB1 级,热力管道为 GB2 级。

#### 3.2

##### 设计压力 design pressure

在相应设计温度下用以确定管道壁厚的压力,其值不得小于管道的最大工作压力。

#### 3.3

##### 设计温度 design temperature

管道在正常情况下,设定元件的温度。

注:设计温度与设计压力一起作为设计条件。

#### 3.4

##### 设计使用年限 design working life

在规定的时期内,工程设施只需正常维护而不需大修就能按预期目的使用的年限。

#### 3.5

##### 应力分析 stress analysis

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。

## 3.6

**弹性敷设 pipe laying with elastic bending**

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。

## 3.7

**综合管廊 utility tunnel**

建于城市地下用于容纳两类及以上城市工程管线的构筑物及附属设施。

## 3.8

**燃气 gas**

气体燃料的总称。

注:城镇燃气一般包括天然气、液化石油气和人工煤气等。

## 3.9

**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。

## 3.10

**气质转换 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。

## 3.11

**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 1.0 m 高处)之间的管道。

## 3.12

**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。

## 3.13

**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。

## 3.14

**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。

## 3.15

**绝缘接头 insulating joint****绝缘法兰 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。

## 3.16

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

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

## 3.17

**无损检测 non-destructive inspection**

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。

3.18

**防腐层补口 antiseptic layer patch cut**

对管道连接处或者外防腐层损伤处进行的防腐措施。

3.19

**聚乙烯燃气管道 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。

3.20

**热熔对接 fusion-jointing**

塑料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。

3.21

**电熔连接 electrofusion-jointing**

用专用的电熔管件和电熔焊机,使铜丝发热实现塑料管道的熔接。

3.22

**管道支、吊架 pipe supports and hangers**

将管道自重、输送介质重量、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。

3.23

**安全泄放装置 safety relief device**

在非正常运行工况下,为防止系统内压力超过预定安全值,利用进口静压力作用开启,泄放流体的装置。

3.24

**长输供热热水管网 long distance heating hot water network**

供热系统中包含中继泵站、中继能源站或隔压换热站,自热源至主要厂站长度超过20 km的热水管道及其沿线的管路附件和附属构筑物的总称。

3.25

**热力塑料管 heating plastic pipes**

由高分子材料复合制成的管道。

注:供热中主要使用耐热聚乙烯(PE-RT II)和聚丁烯(PB)。

3.26

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

由耐热聚乙烯和增强钢带复合挤出成型的塑料管。

3.27

**预制直埋热水保温管 prefabricated directly buried hot water insulating pipe**

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

3.28

**预制直埋蒸汽保温管 prefabricated directly buried steam insulating 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,用于输送蒸汽的预制保温管。

3.29

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

工作管为热力塑料管的预制直埋保温管。

## 3.30

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

热水或蒸汽管道连接处的保温层、外护管及防腐层的接口处理。

## 4 材料

## 4.1 一般规定

4.1.1 应根据设计工况、制作安装环境(包括焊接、冷热加工以及热处理等)、介质特性和试验要求等具体使用条件以及本章规定的材料使用要求和限制,选择适用和安全的管道及组成件材料。

4.1.2 受压元件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。

4.1.3 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。

4.1.4 管道组成件应具有规定的产品标记,采购时还应提供质量证明文件。

4.1.5 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,合格证要求见 7.5 的规定。

## 4.2 焊接材料

4.2.1 焊接材料的品种和型号应符合焊接工艺规程的要求。

4.2.2 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。

4.2.3 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。

4.2.4 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 GB/T 25778 和 NB/T 47018 的规定。

4.2.5 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/T 47018 的规定。

4.2.6 保护气体的纯度和干燥度应满足焊接工艺规程的要求,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%。

## 4.3 燃气管道材料

## 4.3.1 材料的使用限制

4.3.1.1 管材选用球墨铸铁时,管道设计压力不应大于 0.4 MPa,最低使用温度为 0 °C。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。

4.3.1.2 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。

4.3.1.3 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/T 3091	A 级钢	设计压力不大于 0.2 MPa; 免除冲击试验的最低使用温度 -10 °C (壁厚不大于 10 mm)
	除 A 级钢外	设计压力不大于 0.4 MPa; 免除冲击试验的最低使用温度 -10 °C (壁厚不大于 10 mm)
GB/T 8163	20	设计压力不大于 4.0 MPa; 免除冲击试验的最低使用温度大于 -20 °C (壁厚不大于 16 mm)

表 1 (续)

标 准	材料牌号或等级	使用限制
GB/T 9711	PSL1	设计压力不大于 4.0 MPa; 设计压力不大于 1.6 MPa 时,免除冲击试验的最低使用温度大于-20 °C
GB/T 13401	CF370	设计压力不大于 0.2 MPa; 免除冲击试验的最低使用温度-10 °C
GB/T 13401	CF415、CF485	设计压力不大于 1.6 MPa; 免除冲击试验的最低使用温度-20 °C

4.3.1.4 管材选用聚乙烯燃气管道材料时,应符合下列规定:

- a) 工作温度为-20 °C~40 °C,工作压力不大于 0.8 MPa;
- b) 在输送人工煤气和气态液化石油气时,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) 聚乙烯燃气管道不应露明敷设。

4.3.2 球墨铸铁管道和钢管材料

4.3.2.1 机械接口球墨铸铁管道应符合 GB/T 13295 的规定。

4.3.2.2 焊接钢管或无缝钢管应符合 GB/T 3091、GB/T 8163、GB/T 9711 或不低于上述标准相应技术要求的其他钢管标准的规定。

4.3.2.3 对于设计压力大于 1.6 MPa 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。

4.3.2.4 对于设计压力大于 4.0 MPa 的钢制燃气管道,按 GB/T 9711 选用钢管时,钢管的产品规范水平不应低于 PSL2 级,并应根据管道的重要程度,由设计文件提出钢管的性能和检验要求。

4.3.2.5 用于生产螺旋缝埋弧焊钢管的钢带宽度不得小于钢管公称外径的 0.8 倍,也不得大于钢管公称外径的 3.0 倍。钢板或板卷不得含有任何补焊焊缝,制管过程中也不得进行补焊。

4.3.2.6 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
埋弧焊(SAW)	a) 直缝埋弧焊钢管应全长扩径。扩径量范围为 0.4%~1.4%。即 $0.4\% \leq \frac{\text{扩径后外径} - \text{扩径前外径}}{\text{扩径前外径}} \times 100\% \leq 1.4\%$ b) 管外径不小于 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%
高频焊(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 $S_r$ 不超过 1.5%,即 $\frac{ \text{定径后外径} - \text{定径前外径} }{\text{钢管规定外径}} \times 100\% \leq 1.5\%$

### 4.3.3 钢制弯管

4.3.3.1 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 4.0 MPa、L485 及以上的燃气管道用冷弯管应采用直缝埋弧焊钢管(SAWL)或无缝钢管制作。

4.3.3.2 冷弯管宜选用同钢级、同规格、同批次的钢管制作。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。

4.3.3.3 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裂纹等缺陷的能力。

4.3.3.4 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得有对接的环焊缝,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。

4.3.3.5 热煨弯管的制作与质量应符合设计文件及 GB/T 29168.1 或 SY/T 5257 的要求。

4.3.3.6 热煨弯管、冷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 $\pm 1\%$ ,壁厚减薄量 $\leq 9\%$ 壁厚。弯曲半径小于或等于 1 000 mm 时,允许偏差为 $\pm 5$ mm;弯曲半径大于 1 000 mm 时,允许偏差为 $\pm 0.5\%$ ,弯曲平面度 $\leq 7.0$ 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 0.5 m
冷弯管	$\geq 40DN$	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 8 mm,冷弯管褶皱深度 $\leq 3$ mm	端部 2 m 的直管段
注: D 为管道外径, DN 为冷弯管的公称直径。			

### 4.3.4 钢质管道用管件

4.3.4.1 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。

4.3.4.2 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。

4.3.4.3 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。

4.3.4.4 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/T 13401 或 GB/T 29168.2 的规定,并应符合以下要求:

- 管件表面不应有裂纹、过热、过烧等;
- 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;
- 不得用焊接方式对管件焊缝错边超标部分进行修补。

4.3.4.5 支管座应符合 GB/T 19326 的规定。

4.3.4.6 波纹补偿器应符合 GB/T 12777、GB/T 35990 的规定。

4.3.4.7 管法兰应符合下列要求:

- 管法兰的材料、压力-温度额定值、尺寸与公差、连接密封面、螺栓连接副、焊接段型式及尺寸、加工制造与试验、检验与验收应符合 GB/T 9124.1、GB/T 9124.2、HG/T 20592、HG/T 20606、

HG/T 20607、HG/T 20609～HG/T 20615、HG/T 20623、HG/T 20627、HG/T 20628 和 HG/T 20630～HG/T 20635 的要求；

- b) 管法兰应根据工艺条件、管径、按 PN 系列或 Class 系列选择配合；
- c) 管法兰工作温度下的最高无冲击工作压力和管法兰材质应满足上述标准的相关规定；
- d) 燃气管道宜选用带颈对焊法兰；
- e) 对焊法兰的端部坡口处不应有碰伤，螺纹法兰的螺纹应完好；
- f) 法兰的螺栓连接副应满足装配要求，不应有影响装配的划痕、毛刺、翘边等，且应符合相应标准的规定；
- g) 螺栓预紧扭矩值应与垫片、紧固件材料和尺寸、法兰压力等级相适配，并应符合 GB/T 38343 的规定。

4.3.4.8 绝缘接头(法兰)应符合 SY/T 0516 或 NB/T 47054 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点；
- 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 10 MΩ。

#### 4.3.5 阀门

4.3.5.1 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。

4.3.5.2 聚乙烯燃气阀门应符合 GB/T 15558.3 规定的要求。

4.3.5.3 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。

#### 4.3.6 聚乙烯燃气管材和管件

4.3.6.1 聚乙烯燃气管材的性能应符合 GB/T 15558.1 的规定。

4.3.6.2 聚乙烯燃气管件的性能应符合 GB/T 15558.2 的规定。

4.3.6.3 钢塑转换管件应符合 GB 26255.1 和 GB 26255.2 的规定。

#### 4.3.7 外护防腐材料

4.3.7.1 聚乙烯防腐层应符合 GB/T 23257 的有关规定。

4.3.7.2 纤维缠绕增强玻璃钢防腐层应符合 GB/T 38097 的有关规定。

4.3.7.3 熔结环氧粉末防腐层应符合 SY/T 0315 的有关规定。

4.3.7.4 环氧煤沥青防腐层应符合 SY/T 0447 的有关规定。

4.3.7.5 聚脲防腐层应符合 HG/T 3831 的有关规定。

#### 4.3.8 电化学防腐材料

4.3.8.1 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 的规定。

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	≤0.001 4

表 4 (续)

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/%
Pb	≤0.006	≤0.003
Cu	≤0.005	≤0.002
其他杂质	总含量≤0.1	—

4.3.8.2 镁合金阳极化学成分应符合表 5 的规定。

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

4.3.8.3 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。

#### 4.4 热力管道材料

##### 4.4.1 工作管材

4.4.1.1 常用工作钢管和热力塑料工作管的材质及适用范围应符合表 6 的规定。

表 6 供热管道材料及适用范围

材 料	设计参数	管壁厚度
Q235B	$P \leq 2.5 \text{ MPa}, T \leq 300 \text{ }^\circ\text{C}$	≤20 mm
L290、L360	$T \leq 200 \text{ }^\circ\text{C}$	不限
20、Q345B、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	$P \leq 1.0 \text{ MPa}, T \leq 75 \text{ }^\circ\text{C}$	详见附录 A

4.4.1.2 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 和 GB/T 3091 的规定。

4.4.1.3 常用钢管的性能参数可按附录 B 选取。工作钢管可选用性能高于 4.4.1.1 的钢质材料,相应工作钢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。

4.4.1.4 热力塑料工作管的性能参数可按附录 A 选取。

#### 4.4.2 钢制管件

4.4.2.1 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。

4.4.2.2 钢制管件应符合 GB/T 12459 和 GB/T 13401 的规定,热煨弯管管件应符合 SY/T 5257 的规定。工作钢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  $1.5D$ 。

4.4.2.3 带焊缝管道的热煨弯管应符合下列规定:

- a) 应对热煨前后整个弯管的焊缝进行磁粉或渗透检测,并且进行 100% 超声检测。磁粉或渗透检测按照 NB/T 47013.4—2015 或 NB/T 47013.5—2015 执行,超声检测按照 NB/T 47013.3—2015 执行,均要求 I 级合格。
- b) 制作弯管的母管不应有对接的环焊缝,不对母管管体进行补焊。

4.4.2.4 钢管焊制三通应对支管开孔进行补强,承受干管轴向荷载较大的直埋敷设管道,还应对三通干管进行补强。

4.4.2.5 异径管应采用压制或钢板卷制,且圆锥角不应大于  $20^\circ$ 。

#### 4.4.3 钢制阀门

4.4.3.1 蒸汽管道和热水管道的阀门均应采用钢制阀门。

4.4.3.2 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三偏心双向密封蝶阀,旁通阀门应采用球阀。球阀性能应符合 GB/T 37827 的规定,蝶阀性能应符合 GB/T 37828 的规定。保温阀门应符合 GB/T 35842 的规定。

4.4.3.3 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/T 12234 的规定,蝶阀性能应符合 GB/T 37828 的规定。

4.4.3.4 管道的放气阀和泄水阀应采用球阀,球阀性能应符合 GB/T 37827 的规定。

#### 4.4.4 补偿器

4.4.4.1 波纹补偿器应符合 GB/T 12777 和 CJ/T 402 的要求。

4.4.4.2 套筒补偿器应符合 CJ/T 487 的规定。

4.4.4.3 旋转补偿器应符合 JB/T 12936 的规定。

4.4.4.4 球型补偿器应符合 GB/T 37261 的规定。

#### 4.4.5 支、吊架

管道支、吊架的材料和质量应符合 GB/T 17116.1、GB/T 17116.2、GB/T 17116.3 的规定。

#### 4.4.6 热力塑料工作管及管件

4.4.6.1 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。

4.4.6.2 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 28799.3 的规定。

4.4.6.3 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。

4.4.6.4 钢塑复合管道的外观、规格尺寸、性能等应符合 GB/T 37263 的规定,管件应符合 HG/T 3707 的规定。

#### 4.4.7 保温材料

4.4.7.1 直埋热水管道中硬质聚氨酯泡沫的性能应符合 GB/T 29047、GB/T 34611 的规定。

4.4.7.2 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、矿渣棉、柔性泡沫橡塑等无机保温材料,并应符合下列规定:

- a) 硬质聚氨酯泡沫的性能应符合 GB/T 29047 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。

4.4.7.3 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,并应符合下列规定:

- 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 4.4.7.2 中的 a)、b)、c)、d)。

#### 4.4.8 外护管材料

4.4.8.1 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/T 29047、GB/T 34611 的规定,玻璃钢应符合 GB/T 38097 的规定。

4.4.8.2 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/T 3091 的规定。

4.4.8.3 架空(管沟、综合管廊)管道的外护应根据敷设条件、环境条件选用合适的材料,可选用彩钢板、热镀锌钢板、不锈钢板、铝板等材料,并应符合下列规定:

- 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。

#### 4.4.9 预制保温管道

4.4.9.1 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。预制保温管道应符合 GB/T 29047、GB/T 34611 和 GB/T 38097 的规定。

4.4.9.2 直埋预制保温塑料管道应符合 GB/T 37263 或 CJ/T 480 的规定。

4.4.9.3 架空(管沟、综合管廊)热水管道保温材料应符合 4.4.7.2 的规定,外护材料应符合 4.4.8.3 的规定。

4.4.9.4 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/T 246 的规定。钢外护管真空复合保温预制直埋管及管件应符合 GB/T 38105 的规定。

4.4.9.5 架空(管沟、综合管廊)蒸汽管道保温材料应符合 4.4.7.3 的规定,外护材料应符合 4.4.8.3 的规定。

#### 4.4.10 泄漏监测系统

直埋热水管网泄漏监测系统的设备和材料应符合 CJJ/T 254 的规定。

## 4.5 材料标记和质量证明文件

### 4.5.1 材料标记

4.5.1.1 材料标记应符合相应标准的规定和合同约定。

4.5.1.2 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。

4.5.1.3 材料应逐件标记,标记应清晰、牢固。

### 4.5.2 质量证明文件

4.5.2.1 材料应具有相应的质量证明文件。

4.5.2.2 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,并应获得中国制造许可或型式试验验证等证明文件。

## 5 设计与计算

### 5.1 燃气管道设计

#### 5.1.1 一般规定

5.1.1.1 管道输送的燃气质量应符合 GB 50494 和 GB 50028 的规定。

5.1.1.2 燃气组分的波动应符合燃气互换的要求。

5.1.1.3 管道输送压力下的燃气水露点应比输送条件下最低环境温度低 5℃,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 mg/m<sup>3</sup>。

#### 5.1.2 设计条件

##### 5.1.2.1 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。

##### 5.1.2.2 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确定。不同管道组成件的设计温度可以不同。

##### 5.1.2.3 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) 永久荷载包括:

- 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) 可变荷载包括：
  - 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) 偶然荷载包括：
  - 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。

#### 5.1.2.4 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材料选用的影响。

### 5.1.3 燃气管道设计要求

#### 5.1.3.1 一般规定

- 5.1.3.1.1 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。
- 5.1.3.1.2 管道的管径、流量及敷设位置、埋设深度等设计应符合 GB 50494、GB 50028 和 GB/T 51098 的规定。
- 5.1.3.1.3 设计所选用的管材及管件应符合国家相关标准和第 4 章的规定。
- 5.1.3.1.4 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及密封性。
- 5.1.3.1.5 供气压力应稳定,系统压力变化应保持在允许的范围内。
- 5.1.3.1.6 敷设于抗震设防要求地区的燃气管道选材和管道构造等,应符合 GB 50032 和 GB/T 50470 的规定。

#### 5.1.3.2 管线敷设

- 5.1.3.2.1 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内。
- 5.1.3.2.2 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、地面荷载、地形和地质条件、地下水深度、管道稳定性要求综合确定。
- 5.1.3.2.3 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。
- 5.1.3.2.4 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。
- 5.1.3.2.5 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。
- 5.1.3.2.6 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。

5.1.3.2.7 管道平面走向适应地形变化时,可采取弹性弯曲、冷弯管、热煨弯管等措施,并执行GB 50028的相关规定。

5.1.3.2.8 当钢管采用弹性弯曲敷设时,应符合下列要求:

- a) 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,且不应小于钢管外径的1 000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:

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

式中:

R ——管道弹性弯曲曲率半径,单位为米(m);

D ——管道的外径,单位为厘米(cm);

α ——管道的转角,单位为度(°)。

- b) 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径,且不应小于500 mm。
- c) 当管道平面和竖向同时发生转角时,不宜采用弹性敷设。

5.1.3.2.9 热煨弯管和冷弯管不应使用褶皱弯和虾米弯,管道对接偏差不应大于3°。

5.1.3.2.10 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:

- a) 管道宜垂直穿越铁路、公路;
- b) 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;
- c) 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。

5.1.3.2.11 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。

5.1.3.2.12 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GB 50494的相关要求。钢制埋地管道与建构筑物、电缆或相邻管道之间的净距应执行GB 50028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CJJ 63的相关规定。

5.1.3.2.13 燃气管道与交流电力线接地体的水平净距应执行GB 50028的相关规定。

5.1.3.2.14 抗震设计应符合下列要求:

- a) 管道的抗震设计应按GB/T 50470和GB 50032的要求执行;
- b) 对于一般埋地管道,当位于设计地震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;
- c) 重要区段内的管道,应按1.3倍基本地震动峰值加速度及速度计算地震作用,且应采用罕遇地震动参数进行抗震校核。

5.1.3.2.15 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/T 6793的要求。

5.1.3.2.16 管道的锚固应符合下列要求:

- a) 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;
- b) 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,根据计算采取管道锚固措施;
- c) 设有绝缘接头的埋地管道,应在绝缘接头受力侧设置锚固墩。

5.1.3.2.17 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/T 153

的有关规定。

### 5.1.3.3 阀室设置

5.1.3.3.1 燃气管道的阀室设置应按 GB 50028 和 GB 50838 的规定执行。

5.1.3.3.2 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。

5.1.3.3.3 阀室宜设在交通便利、检修方便、工程地质条件较好的地方。

5.1.3.3.4 燃气管道阀门与管道连接不应设置导致结构不连续效应的波纹管调长器。

### 5.1.4 埋地管道设计计算

5.1.4.1 钢管壁厚计算应按式(2)~式(4)进行计算。设计压力小于或等于 1.6 MPa 的钢制燃气管道,最小公称壁厚应按 GB 50028 的规定执行。设计压力大于 1.6 MPa 的钢制燃气管道,直管段壁厚应按式(2)计算:

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

式中:

$\delta$  ——钢管计算壁厚,单位为毫米(mm);

$P$  ——设计压力,单位为兆帕(MPa);

$D$  ——钢管外径,单位为毫米(mm);

$\sigma_s$  ——钢管的最小屈服强度,单位为兆帕(MPa);

$F$  ——强度设计系数,根据地区等级选取,见表 7;

$\Phi$  ——焊缝系数,当采用符合 GB/T 9711 的 PSL2 和 GB/T 8163 的钢管时,取 1.0。

弯管壁厚应按式(3)和式(4)计算:

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

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

式中:

$\delta_b$  ——弯管的壁厚,单位为毫米(mm);

$\delta$  ——弯管所连接直管段的计算壁厚,单位为毫米(mm);

$m$  ——弯管壁厚的增大系数;

$R$  ——弯管的曲率半径,单位为毫米(mm);

$D$  ——弯管的外径,单位为毫米(mm)。

5.1.4.2 钢管的选用壁厚应根据管道的计算壁厚,并考虑管道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。

5.1.4.3 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 °C,其屈服强度应取该管材最低屈服强度( $\sigma_s$ )的 75%。

5.1.4.4 设计压力大于 1.6 MPa 燃气管道通过的地区,按沿线建筑物的密集程度划分为 4 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。

5.1.4.5 地区等级划分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 200 m 范围内,任意划分为 1.6 km 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:

- 1) 一级地区:有 12 个或 12 个以下供人居住的独立建筑物;

- 2) 二级地区:有 12 个以上 80 个以下供人居住的独立建筑物;
- 3) 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 90 m 内铺设管线的区域;
- 4) 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:
  - 1) 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 200 m;
  - 2) 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 200 m。
- 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 7。

表 7 燃气管道的强度设计系数

地区等级	强度设计系数 $F$
一级	0.72
二级	0.60
三级	0.40
四级	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  $F$  见表 8。

表 8 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			
	一级	二级	三级	四级
	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(箱)内管道及其上、下游各 200m 管道、截断阀室管道及其上、下游各 50m 管道(其距离从站和阀室边界线起算)	0.5	0.5		
人员聚集场所的管道	0.4	0.4		

5.1.4.6 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:

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

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

式中:

- $\sigma_L$ ——管道的轴向应力,拉应力为正,压应力为负,单位为兆帕(MPa);
- $\nu$ ——泊松比,取 0.3;
- $\sigma_h$ ——由内压产生的管道环向应力,单位为兆帕(MPa);
- $P$ ——管道设计压力,单位为兆帕(MPa);
- $\delta$ ——管道公称壁厚,单位为厘米(cm);

- $d$  ——管道内径,单位为厘米(cm);  
 $E$  ——钢材弹性模量,单位为兆帕(MPa);  
 $\alpha$  ——钢材线膨胀系数,单位为米每米开尔文[m/(m·K)];  
 $t_1$  ——管道下沟回填时的温度,单位为摄氏度(°C);  
 $t_2$  ——管道的工作温度,单位为摄氏度(°C)。

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:

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

式中:

- $\sigma_e$  ——当量应力,单位为兆帕(MPa);  
 $\sigma_s$  ——钢管的最小屈服强度,单位为兆帕(MPa)。

5.1.4.7 管道径向稳定性校核应按式(8)~式(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:

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

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

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

式中:

- $\Delta x$  ——钢管径向最大变形量,单位为米(m), $\Delta x = 0.03D$ ;  
 $D$  ——管道外径,单位为米(m);  
 $D_m$  ——钢管平均直径,单位为米(m);  
 $W$  ——作用在单位管长上的总竖向荷载,单位为牛每米(N/m);  
 $W_1$  ——单位管长上的竖向永久荷载,单位为牛每米(N/m);  
 $W_2$  ——地面可变荷载传递到管道上的荷载,单位为牛每米(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,单位为帕(Pa);  
 $I$  ——单位管长截面惯性矩,单位为四次方米每米(m<sup>4</sup>/m);  
 $\delta_n$  ——钢管公称壁厚,单位为米(m);  
 $E_s$  ——土壤变形模量,单位为帕(Pa),取  $2.8 \times 10^6$ 。

5.1.4.8 受内压和温差共同作用下弯头的组合应力,按 GB 50251—2015 附录 C 进行计算。

5.1.4.9 与没有约束直管连接的管道附件,其承受热胀强度校核按 GB 50251—2015 附录 E 进行计算。

## 5.1.5 穿跨越管道设计计算

### 5.1.5.1 一般规定

5.1.5.1.1 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。

5.1.5.1.2 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 8 的规定。

5.1.5.1.3 燃气管道穿越河底时,还应符合下列要求:

- 设计压力大于 0.4 MPa 的燃气管道应采用钢管,穿越位置应结合工程条件确定,避免水流下切扰动区段穿越,宜垂直穿越河流;
- 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,对不通航的河流不应小于

0.5 m;对通航的河流不应小于 1.0 m,还应考虑疏浚和投锚深度;

- c) 稳管措施应根据计算确定;
- d) 在埋设燃气管道位置的河流两岸上、下游应设立标志。

5.1.5.1.4 当利用道路桥梁跨越河流时,应符合下列要求:

- a) 随桥梁跨越河流的燃气管道输送压力不应大于 0.4 MPa;
- b) 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;
- c) 跨越通航河流的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;
- d) 燃气管道与随桥梁敷设的其他管道的间距应符合 CJJ/T 250 的有关规定;
- e) 对燃气管道采取必要的热补偿和减震措施;
- f) 随桥梁敷设的燃气管道应采用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;
- g) 跨越河流的燃气管道的支座(架)材料的耐火极限不应低于 1.00 h;
- h) 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。

5.1.5.1.5 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。

5.1.5.1.6 穿越高铁、电气化铁路、城市轨道交通时,应采取防止杂散电流腐蚀的措施,并确保有效。

5.1.5.2 开挖穿越设计计算

5.1.5.2.1 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 5.1.5.1 的规定。

5.1.5.2.2 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宜按式(17)进行核算。

5.1.5.2.3 穿越管段钢管许用应力应按式(11)计算:

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

式中:

- $[\sigma]$ ——钢管许用应力,单位为兆帕(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 8 采用;
- $\Phi$  ——钢管焊缝系数,符合 5.1.4.1 规定的钢管,取 1.0;
- $K_t$  ——温度折减系数,当温度小于 120 °C 时,取 1.0;
- $\sigma_s$  ——钢管的最小屈服强度,单位为兆帕(MPa)。

5.1.5.2.4 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:

- a) 内压产生的环向应力按式(6)计算。
- b) 内压与温度变化产生的轴向应力分别按式(12)和式(5)计算:  
当管段轴向变形不受约束时:

$$\sigma_L = 0.5\sigma_h \dots\dots\dots (12)$$

当管段轴向变形受约束时,按式(5)计算。

- c) 弹性敷设产生的弯曲应力按式(13)计算:

$$\sigma_b = \pm \frac{ED}{2R} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

$\sigma_b$ ——管段钢管的弯曲应力，单位为兆帕(MPa)。

5.1.5.2.5 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。

5.1.5.2.6 穿越管段各单项应力、当量应力核算应满足式(14)~式(16)的要求：

$$\sum \sigma_L \leq [\sigma] \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$\sum \sigma_h \leq [\sigma] \quad \dots\dots\dots(15)$$

$$\sigma_e = \sum \sigma_h - \sum \sigma_L \leq 0.9\sigma_s \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中：

$\sum \sigma_L$ ——各作用产生的轴向应力代数和，单位为兆帕(MPa)；

$\sum \sigma_h$ ——各作用产生的环向应力代数和，单位为兆帕(MPa)；

$\sigma_e$ ——穿越管段钢管的当量应力，单位为兆帕(MPa)。

开挖穿越管段应按式(17)进行抗漂浮稳定性核算：

$$W_1 \geq KF_s \quad \dots\dots\dots(17)$$

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)，单位为牛每米(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，单位为牛每米(N/m)。

对于下凹形竖向弹性敷设穿越管段， $W_1$ 应减去按式(1)、式(18)~式(20)计算的管段向上的弹性抗力。

$$q = \frac{384EI f_e}{5L^4} - 0.0246615(D - \delta)\delta \quad \dots\dots\dots(18)$$

$$I = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) \quad \dots\dots\dots(19)$$

$$f_e = R - \sqrt{R^2 - \frac{L^2}{4}} \quad \dots\dots\dots(20)$$

式中：

$q$ ——弹性敷设管段单位长度抗力，单位为牛每米(N/m)；

$E$ ——钢管弹性模量，单位为帕(Pa)；

$I$ ——钢管截面惯性矩，单位为四次方米(m<sup>4</sup>)；

$f_e$ ——弹性敷设的矢高，单位为米(m)；

$L$ ——弹性敷设起点与终点间的水平长度，单位为米(m)；

$D$ ——钢管外径，单位为米(m)；

$\delta$ ——钢管壁厚，单位为米(m)；

$d$ ——钢管内径，单位为米(m)；

$R$ ——管段弹性敷设设计曲率半径，单位为米(m)，不应小于 1 000 $D_s$ 。

### 5.1.5.3 定向钻穿越设计

5.1.5.3.1 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。

5.1.5.3.2 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 GB 50423 和 CJJ/T 250 的相关规定确定。

5.1.5.3.3 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。

5.1.5.3.4 定向钻穿越段管道防腐层设计、施工及检验宜按照 SY/T 7368 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。

5.1.5.3.5 定向钻穿越管段在扩孔回拖时,应按式(21)~式(25)进行空管在泥浆压力作用下的径向屈曲稳定核算:

$$P_s \leq F_d \cdot P_{yp} \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$P_{yp}^2 - \left[ \frac{\sigma_s}{m} + (1 + 6mn)P_{er} \right] P_{yp} + \frac{\sigma_s P_{er}}{m} = 0 \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$m = \frac{D}{2\delta} \quad \dots\dots\dots (23)$$

$$n = \frac{f_0}{2} \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$P_{er} = \frac{2E \left( \frac{\delta}{D} \right)^3}{1 - \nu^2} \quad \dots\dots\dots (25)$$

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,单位为兆帕(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,单位为兆帕(MPa);
- $P_{er}$  —— 钢管弹性变形临界压力,单位为兆帕(MPa);
- $\sigma_s$  —— 钢管屈服强度,单位为兆帕(MPa);
- $D$  —— 钢管外径,单位为米(m);
- $\delta$  —— 钢管壁厚,单位为米(m);
- $f_0$  —— 钢管椭圆度,以百分比(%)表示,取 1%;
- $E$  —— 钢管弹性模量,单位为兆帕(MPa)。

#### 5.1.5.4 隧道穿越设计

5.1.5.4.1 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 GB 50423 和 CJJ/T 250 的相关规定确定,并应满足隧道抗浮稳定性要求。

5.1.5.4.2 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。

5.1.5.4.3 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。

5.1.5.4.4 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。

5.1.5.4.5 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。

5.1.5.4.6 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 GB 50423 和 GB 50086 通过工程类比和结构计算确定。

#### 5.1.5.5 水工保护设计

5.1.5.5.1 河流护岸工程设计应符合下列要求:

- a) 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。

- b) 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) 0.5 m。若堤岸顶低于设计洪水位,护岸宜至堤顶。
- c) 防护工程和基础底埋深要求在水床面下 1 m~2 m,同时应满足设计冲刷线下 1.0 m 和冰冻线下 0.3 m 的要求。
- d) 护坡(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 5 m。
- e) 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。

#### 5.1.5.5.2 隧道洞口防护设计应符合下列要求:

- a) 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。排水沟应接至天然排水处。
- b) 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。
- c) 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。

#### 5.1.5.6 跨越工程设计

5.1.5.6.1 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时,应符合国家相关结构设计规范的要求。

5.1.5.6.2 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。

5.1.5.6.3 跨越管段钢管许用应力应按式(11)计算。

5.1.5.6.4 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:

- a) 管道输送介质内压引起的环向应力应按式(6)计算。
- b) 管道输送介质内压引起的轴向应力应按式(5)计算。
- c) 荷载效应引起的弯曲应力应按式(26)计算:

$$\sigma_{1.2} = \frac{M}{W} \dots\dots\dots (26)$$

式中:

- $\sigma_{1.2}$ ——桥面荷载效应组合引起的弯曲应力,单位为兆帕(MPa);
- $M$ ——桥面荷载效应组合产生的弯矩,单位为牛毫米(N·mm);
- $W$ ——管道净截面抗弯矩,单位为三次方毫米(mm<sup>3</sup>)。

- d) 管道弯曲变形引起的轴向应力应按式(27)计算:

$$\sigma_{1.3} = \frac{4EDf}{L^2 + 4f^2} \dots\dots\dots (27)$$

式中:

- $\sigma_{1.3}$ ——管道悬垂引起的轴向应力,单位为兆帕(MPa);
- $E$ ——钢材弹性模量,单位为兆帕(MPa);
- $D$ ——管道外径,单位为毫米(mm);
- $f$ ——矢高,单位为毫米(mm);
- $L$ ——跨度水平长度,单位为毫米(mm)。

- e) 跨越结构应进行温度补偿,补偿后的温度应力应按式(28)计算:

$$\sigma_{L_t} = \frac{F_t}{A} \dots\dots\dots (28)$$

式中：

$\sigma_{L_t}$ ——温度变化引起的轴向应力，单位为兆帕(MPa)；

$F_t$ ——温度变化引起的弹性力，单位为牛(N)；

$A$ ——管道截面面积，单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)。

- f) 两端固定管道的温度应力应按式(29)计算：

$$\sigma_{L_t} = \alpha E \Delta t \dots\dots\dots (29)$$

式中：

$\sigma_{L_t}$ ——温度变化引起的轴向应力，单位为兆帕(MPa)；

$\alpha$ ——钢管线膨胀系数，单位为米每米开尔文[m/(m·K)]；

$E$ ——钢材弹性模量，单位为兆帕(MPa)；

$\Delta t$ ——温差，单位为摄氏度(°C)。

- g) 管道最大剪应力应按式(30)计算：

$$\tau_{\max} = \frac{2V}{A} \dots\dots\dots (30)$$

式中：

$\tau_{\max}$ ——管道剪切引起的最大剪应力，单位为兆帕(MPa)；

$V$ ——管道剪力，单位为牛(N)；

$A$ ——管道截面面积，单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)。

- h) 当量应力应按式(31)计算：

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \dots\dots\dots (31)$$

式中：

$\sigma_e$ ——跨越管段钢管的当量应力，单位为兆帕(MPa)；

$\sigma_x, \sigma_y$ ——X、Y方向的应力，单位为兆帕(MPa)；

$\tau_{xy}$ ——XY平面上的剪应力，单位为兆帕(MPa)。

- i) 跨越管段当量应力应满足式(32)的要求：

$$\sigma_e \leq [\sigma] \dots\dots\dots (32)$$

式中：

$[\sigma]$ ——许用应力，单位为兆帕(MPa)。

## 5.1.6 管道补偿和应力分析

### 5.1.6.1 一般规定

5.1.6.1.1 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。

5.1.6.1.2 管道应力分析和计算宜根据运行中正常工况与其他工况的耦合和可能出现的极端工况等条件确定。

5.1.6.1.3 当进行管道应力分析和计算时，宜对整个管道系统按 GB/T 34275 给出的方法进行计算。

### 5.1.6.2 架空管道的热变形

架空管道的热变形计算按照 GB/T 32270—2015 中 6.4.2 的规定执行。



## 5.1.7 管道腐蚀控制

### 5.1.7.1 一般规定

5.1.7.1.1 钢质燃气管道应进行外涂层处理,采用挤压聚乙烯防腐层材料应符合 GB/T 23257 的规定。

5.1.7.1.2 新建钢质埋地管道应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。

5.1.7.1.3 处于强干扰腐蚀地区的管道,应采取防干扰保护措施。

### 5.1.7.2 腐蚀控制设计

腐蚀控制设计应符合 CJJ 95、GB/T 21447、GB/T 21448、SY/T 6784 和 SY/T 7368 的有关规定。

### 5.1.7.3 管道阴极保护系统

5.1.7.3.1 管道阴极保护系统宜按下列设计原则进行:

- a) 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。
- b) 管道运行期间阴极保护不应间断。
- c) 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。
- d) 实施阴极保护的管道应与其他金属构筑物电绝缘。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他金属构筑物,经测试确认需保护的管道已符合阴极保护准则的要求。
- e) 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。
- f) 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。

5.1.7.3.2 阴极保护系统方式的确定应考虑下列因素:

- a) 有无经济便利的电源;
- b) 被保护管道所需保护电流密度;
- c) 与周围地下金属构筑物的相互影响;
- d) 土壤环境的腐蚀性;
- e) 技术、经济、实施的可行性;
- f) 管道敷设的地理位置、交通状况、建筑密度和人员密度;
- g) 对生物安全和土壤环境的影响。

5.1.7.3.3 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,牺牲阳极电缆应通过测试装置与管道实现电连接。

5.1.7.3.4 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。

5.1.7.3.5 外加电流阴极保护设计:

- a) 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。

- b) 电源设备的输出电压不宜超过 50 V。
- c) 深井阳极地床的设计、安装、运行与维护应符合 SY/T 0096 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 1 m;在永冻土地区,辅助阳极应安装在岛状冻土之间的非永冻土层或冻融地层内。
- d) 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 4 章。

5.1.7.3.6 阴极保护准则应符合 GB/T 21448 的要求。

5.1.7.3.7 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/T 21448 的要求。

5.1.7.3.8 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。

5.1.7.3.9 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/T 21448 的要求。

5.1.7.3.10 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。

5.1.7.3.11 所有接地设施不应影响阴极保护系统造成不利影响。

5.1.7.3.12 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/T 21448 的要求。

5.1.7.3.13 直流干扰电流的判断规则、防护措施、效果评定应符合 GB 50991 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/T 50698 的规定。

## 5.2 热力管道设计

### 5.2.1 设计条件 and 设计准则

#### 5.2.1.1 设计条件

5.2.1.1.1 管道设计应根据设计压力、设计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。

5.2.1.1.2 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。

5.2.1.1.3 设计压力确定原则应符合下列规定:

- a) 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;
- b) 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;
- c) 蒸汽管道的设计压力,不应小于锅炉、汽轮机抽(排)汽口、减温减压装置(排)汽口的最大工作压力;
- d) 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;
- e) 直埋蒸汽管道外护管计算压力取 0.2 MPa。

5.2.1.1.4 设计温度确定原则应符合下列规定:

- a) 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;
- b) 热水管道的设计温度,不应小于供热系统设计供水温度;
- c) 蒸汽管道的设计温度,不应小于锅炉、汽轮机抽(排)汽口、减温减压装置(排)汽口的最高工作温度;
- d) 凝结水管道的设计温度,不应小于用户凝结水箱最高温度;

- e) 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 °C,地上敷设时应取 15 °C;对于只在供暖期运行的管道,地下敷设时应取 10 °C,地上敷设时应取 5 °C;
- f) 非金属材料衬里的管道,设计温度宜按介质的最高温度确定;
- g) 直埋蒸汽管道外护管计算最高温度取 95 °C,计算安装温度取安装时当地的最低温度。

5.2.1.2 设计准则

- 5.2.1.2.1 管道组成件的压力-温度等级除用设计压力和设计温度表示外,还可用公称压力表示。
- 5.2.1.2.2 管道组成件公称压力的选用应符合 GB/T 1048 的有关规定。
- 5.2.1.2.3 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。
- 5.2.1.2.4 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。
- 5.2.1.2.5 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式(33)进行计算:

$$P_t = K_{PN} \times PN \frac{[\sigma]^t}{[\sigma]^s} \dots\dots\dots(33)$$

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, $K_{PN}=0.1$  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)。

5.2.1.3 许用应力

- 5.2.1.3.1 管道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:

$$\frac{R_m^{20}}{3}, \frac{R_{eL}^t}{1.5} \text{ 或 } \frac{R_{p0.2}^t}{1.5}, \frac{\sigma_D^t}{1.5} \dots\dots\dots(34)$$

式中:

- $R_m^{20}$  ——钢材在 20 °C 时的抗拉强度最小值,单位为兆帕(MPa);
- $R_{eL}^t$  ——钢材在设计温度下的下屈服强度最小值,单位为兆帕(MPa);
- $R_{p0.2}^t$  ——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);
- $\sigma_D^t$  ——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)。

- 5.2.1.3.2 许用应力应符合下列规定:

- a) 材料的许用应力系指许用拉应力,焊接管道和焊接管件采用许用应力时,应另外按表 9 计入焊接接头系数;
- b) 许用剪切应力为许用应力的 0.8 倍;
- c) 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。

表 9 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

表 9 (续)

序号	接头型式	检测比例	系数
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
<sup>a</sup> 射线检测、超声检测应符合第 7 章或相应的材料标准的要求。			

## 5.2.2 管道组成件的选用

### 5.2.2.1 一般规定

5.2.2.1.1 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。

5.2.2.1.2 按照本标准中所列的有关标准制造的采用焊接连接、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道材料一致。

5.2.2.1.3 对于本标准所列标准中未包括的管道组成件应同时符合 5.2.3 的规定,方可采用。

5.2.2.1.4 在管道系统中,管道组成件的连接形式宜采用对接焊接。

5.2.2.1.5 弯头、弯管、支管连接、异径管、封头、法兰盖的强度计算应符合 5.2.3 的规定。

5.2.2.1.6 管道及管件的最小壁厚或厚度应符合 5.2.3 的规定。

### 5.2.2.2 管道

管道材料的选用应符合 4.4.1 的规定。

### 5.2.2.3 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,并应符合 4.4.2 的规定。

### 5.2.2.4 弯管

5.2.2.4.1 弯管曲率半径应根据应力计算确定,并应符合 4.4.2 的规定。

5.2.2.4.2 弯管制作应按照 GB/T 32270—2015 中 7.3.4 执行。

### 5.2.2.5 支管连接

5.2.2.5.1 支管连接宜优先采用预制三通。

5.2.2.5.2 支管连接在满足补强要求的前提下可采用直管开孔连接。

5.2.2.5.3 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。

### 5.2.2.6 异径管

5.2.2.6.1 异径管宜采用钢管模压型式。

5.2.2.6.2 热水管道宜采用同心异径管。

5.2.2.6.3 蒸汽管道宜采用偏心异径管。

### 5.2.2.7 封头、法兰盖

5.2.2.7.1 适用于本标准的管道可采用平焊封头。

5.2.2.7.2 法兰盖的型式选用应符合 GB/T 9124.1 的规定,法兰盖的材料选用应符合 GB/T 32270—2015 表 A.1 中规定的温度范围,并应符合 5.2.2.9 的规定。

### 5.2.2.8 阀门

5.2.2.8.1 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,应考虑外部荷载对阀门操作性能和密封性能的影响。

5.2.2.8.2 阀门应按相应标准规定的压力-温度等级选用。

5.2.2.8.3 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。

5.2.2.8.4 热水管道应采用双向密封阀门,阀门的泄漏等级应符合 GB/T 37827 和 GB/T 37828 的规定。

5.2.2.8.5 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。

### 5.2.2.9 法兰

5.2.2.9.1 法兰应符合 GB/T 9124.1 中关于压力-温度等级的规定。

5.2.2.9.2 连接不同压力等级管道的法兰应按高等级选用。

5.2.2.9.3 管道法兰型式的选择除应符合 GB/T 9124.1、GB/T 13402 等相关标准的规定外,并应满足下列要求:

- a) 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或等于 PN25 的管道,宜选用带颈平焊法兰,也可选用板式平焊法兰;
- b) 带颈平焊法兰应采用突面(RF)型式。

5.2.2.9.4 法兰的材料选用应采用符合 GB/T 32270—2015 表 A.1 中规定的温度范围。

5.2.2.9.5 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。

### 5.2.2.10 垫片

5.2.2.10.1 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。

5.2.2.10.2 设计温度大于 300℃ 的管道,宜选用柔性石墨金属缠绕式垫片,并应符合 GB/T 4622.1、GB/T 4622.2、GB/T 4622.3 和 GB/T 13403 等相关标准的规定;设计温度小于 300℃ 时,可选用非金属垫片。

### 5.2.2.11 紧固件

5.2.2.11.1 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 GB/T 150 和 GB/T 9125 等相关标准的规定。

5.2.2.11.2 法兰紧固件选用应符合下列规定:

- a) 紧固件应符合预紧及设计参数下垫片的密封要求;
- b) 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。

### 5.2.3 管道组成件的强度设计

#### 5.2.3.1 一般规定

管道组成件强度计算方法是内压下的强度计算。

#### 5.2.3.2 直管的壁厚计算

直管的壁厚计算按照 GB/T 32270—2015 中 6.3.2 执行。

#### 5.2.3.3 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 执行。

#### 5.2.3.4 支管连接的补强

支管连接的补强按照 GB/T 32270—2015 中 6.3.4 执行。

#### 5.2.3.5 异径管壁厚计算

异径管壁厚计算按照 GB/T 32270—2015 中 6.3.5 执行。

#### 5.2.3.6 法兰及法兰附件计算

法兰及法兰附件计算按照 GB/T 32270—2015 中 6.3.6 执行。

#### 5.2.3.7 封头的厚度计算

封头的厚度计算按照 GB/T 32270—2015 中 6.3.7 执行。

### 5.2.4 管道应力计算(验算)

#### 5.2.4.1 一般规定

管道应力宜按管道系统进行计算,对各种可能工况进行应力校核。

#### 5.2.4.2 架空(管沟、综合管廊)管道

架空(管沟、综合管廊)管道应力计算按照 GB/T 32270—2015 中 6.4.2 执行。

#### 5.2.4.3 直埋热水管道

##### 5.2.4.3.1 计算原则应符合下列要求:

- a) 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。
- b) 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 °C,对于只在采暖期运行的管道应取 10 °C;
  - 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。
- c) 保温管与土壤之间的单位长度摩擦力应按式(35)和式(36)计算:

$$F = \mu \left( \frac{1 + K_0}{2} \pi \times D_c \times \sigma_v + G - \frac{\pi}{4} D_c^2 \times \rho \times g \right) \dots\dots\dots (35)$$

$$K_0 = 1 - \sin\varphi \dots\dots\dots (36)$$

式中:

- $F$  ——单位长度摩擦力,单位为牛每米(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,单位为牛每米(N/m);
- $\rho$  ——土壤密度,单位为千克每立方米(kg/m<sup>3</sup>),可取 1 800 kg/m<sup>3</sup>;
- $g$  ——重力加速度,单位为米每二次方秒(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°。

- d) 土壤应力应按式(37)和式(38)计算:

- 1) 当管道中心线位于地下水位以上时的土壤应力:

$$\sigma_v = \rho \times g \times H \dots\dots\dots (37)$$

式中:

- $\sigma_v$  ——管道中心线处土壤应力,单位为帕(Pa);
- $\rho$  ——土壤密度,单位为千克每立方米(kg/m<sup>3</sup>),可取 1 800 kg/m<sup>3</sup>;
- $g$  ——重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s<sup>2</sup>);
- $H$  ——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:

$$\sigma_v = \rho \times g \times H_w + \rho_{sw} \times g (H - H_w) \dots\dots\dots (38)$$

式中:

- $\rho_{sw}$  ——地下水位线以下的土壤有效密度,单位为千克每立方米(kg/m<sup>3</sup>),可取 1 000 kg/m<sup>3</sup>;
- $H_w$  ——地下水位线深度,单位为米(m)。

- e) 保温管与土壤间的摩擦系数应根据回填条件确定,可按表 10 采用。

表 10 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
粉质黏土或砂质粉土	0.40	0.15

- f) 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  $1 \times 10^6 \text{ N/m}^3 \sim 10 \times 10^6 \text{ N/m}^3$  取值;
  - 2) 管道水平位移,对于粉质黏土、砂质粉土,回填密实度为 90%~95%时,可按  $3 \times 10^6 \text{ N/m}^3 \sim 4 \times 10^6 \text{ N/m}^3$  取值;
  - 3) 管道竖向向下位移时,可按  $5 \times 10^6 \text{ N/m}^3 \sim 100 \times 10^6 \text{ N/m}^3$  取值。

5.2.4.3.2 直管段应力验算应符合下列规定:

- a) 工作管的屈服温差应按式(39)和式(40)计算:

$$\Delta T_y = \frac{1}{\alpha \times E} [n \times \sigma_s - (1 - \nu) \sigma_h] \dots\dots\dots (39)$$

$$\sigma_h = \frac{P_d \times d}{2\delta} \dots\dots\dots (40)$$

式中:

- $\Delta T_y$ ——工作管屈服温差,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );
- $\alpha$ ——钢材的线膨胀系数,单位为米每米开尔文 [ $\text{m}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ];
- $E$ ——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;
- $\sigma_h$ ——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);
- $d$ ——工作管内径,单位为米(m);
- $\delta$ ——工作管公称壁厚,单位为米(m)。

- b) 直管段的过渡段长度应按式(41)和式(42)计算:

- 1) 直管段过渡段最大长度:

$$L_{\max} = \frac{[\alpha \times E(t_1 - t_0) - \nu \times \sigma_h] A \times 10^6}{F_{\min}} \dots\dots\dots (41)$$

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:

$$L_{\min} = \frac{[\alpha \times E(t_1 - t_0) - \nu \times \sigma_h] A \times 10^6}{F_{\max}} \dots\dots\dots (42)$$

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,单位为牛每米(N/m);
- $F_{\min}$ ——单位长度最小摩擦力,单位为牛每米(N/m);
- $t_1$ ——管道工作循环最高温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );
- $t_0$ ——管道计算安装温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );
- $A$ ——工作管管壁的横截面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ );
- $\Delta T_y$ ——工作管屈服温差,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )。

- c) 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式(43)和式(44)计算:



1) 最大轴向力:

$$N_{t,\max} = F_{\max} \times L' + F_f \quad \dots\dots\dots(43)$$

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

2) 最小轴向力:

$$N_{t,\min} = F_{\min} \times L' + F_f \quad \dots\dots\dots(44)$$

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, 单位为牛每米(N/m);

$F_{\min}$  ——单位长度最小摩擦力, 单位为牛每米(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)。

d) 在管道工作循环最高温度下, 锚固段内的轴向力应按式(45)计算:

$$N_a = [\alpha \times E(t_1 - t_0) - \nu\sigma_h] A \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(45)$$

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);

$t_1$  ——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)。

e) 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式(46)和式(47)验算:

$$\sigma_j = (1 - \nu)\sigma_h + \alpha \times E(t_1 - t_2) \leq 3[\sigma] \quad \dots\dots\dots(46)$$

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);

$t_1$  ——管道工作循环最高温度, 单位为摄氏度(°C);

$t_2$  ——管道工作循环最低温度, 单位为摄氏度(°C);

$[\sigma]$  ——钢材的许用应力, 单位为兆帕(MPa)。

2) 当不能满足式(46)时, 管系设计时不应布置锚固段, 且过渡段长度应按式(47)计算:

$$L \leq \frac{(3[\sigma] - \sigma_h)A}{1.6F_{\max}} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(47)$$

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);

$F_{\max}$  ——单位长度最大摩擦力, 单位为牛(N)。

5.2.4.3.3 直管段局部稳定性验算应符合下列规定:

- a) 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。
- b) 公称尺寸大于 DN500 的管道应进行局部稳定性验算, 并应符合式(48)的计算规定:

$$\frac{D}{\delta} \leq \frac{E}{4[\alpha \times E(t_1 - t_0) + \nu \times P_d] + 2 \times \sqrt{4[\alpha \times E(t_1 - t_0) + \nu \times P_d]^2 - \nu \times E \times P_d}} \dots\dots\dots(48)$$

式中：

- $D$  ——工作管外径,单位为米(m);
- $\delta$  ——工作管公称壁厚,单位为米(m);
- $t_1$  ——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);
- $P_d$  ——管道计算压力,单位为兆帕(MPa)。

- c) 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。
- d) 公称尺寸大于 DN500 的管道应按式(49)和式(50)进行径向稳定性验算：

$$\Delta x = \frac{1.728W \times D_o}{E(\delta^3/r^3) + 2 \times 562} \dots\dots\dots(49)$$

$$\Delta x \leq 0.03D_o \dots\dots\dots(50)$$

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 11 的规定;
- $D_o$  ——工作管外径,单位为米(m);
- $r$  ——工作管平均半径,单位为米(m)。

表 11 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

5.2.4.3.4 管件应力验算应符合下列规定：

- a) 弯头的升温弯矩及轴向力宜采用有限元法计算。
- b) 弯头工作管在弯矩作用下的最大环向应力变化幅度应按式(51)~式(54)计算：

$$\sigma_{bt} = \frac{\beta_b \times M \times r_{bo}}{I_b} \times 10^{-6} \dots\dots\dots(51)$$

$$\beta_b = 0.9 \times \left(\frac{1}{\lambda}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(52)$$

$$\lambda = \frac{R \times \delta_b}{r_{bm}^2} \dots\dots\dots(53)$$

$$r_{bm} = r_{bo} - \frac{\delta_b}{2} \dots\dots\dots(54)$$

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)。

c) 弯头工作管的强度验算应符合式(55)和式(56)：

$$\sigma_{bt} + 0.5\sigma_{pt} \leq 3[\sigma] \quad \dots\dots\dots(55)$$

$$\sigma_{pt} = \frac{P_d \times r_{bi}}{\delta_b} \quad \dots\dots\dots(56)$$

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)。

d) 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。

e) 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。

#### 5.2.4.3.5 管道竖向稳定性验算应符合下列规定：

a) 直管段上的垂直荷载应符合式(57)：

$$Q \geq \frac{\gamma_s \times N_{p \cdot \max}^2}{E \times I_p \times 10^6} f_0 \quad \dots\dots\dots(57)$$

式中：

- $Q$  ——作用在单位长度管道上的垂直分布荷载,单位为牛每米(N/m)；  
 $\gamma_s$  ——安全系数,取 1.1；  
 $N_{p \cdot \max}$  ——管道的最大轴向力,单位为牛(N),按式(43)或式(45)计算；  
 $f_0$  ——初始挠度,单位为米(m)；  
 $I_p$  ——直管工作管横截面的惯性矩,单位为四次方米(m<sup>4</sup>)。

b) 初始挠度应按式(58)计算：

$$f_0 = \frac{\pi}{200} \sqrt{\frac{E \times I_p \times 10^6}{N_{p \cdot \max}}} \quad \dots\dots\dots(58)$$

当  $f_0 < 0.01$  m 时,  $f_0$  取 0.01 m。

式中：

- $f_0$  ——初始挠度,单位为米(m)；

$I_p$  ——直管工作管横截面的惯性矩,单位为四次方米( $m^4$ );  
 $N_{p \cdot \max}$  ——管道的最大轴向力,单位为牛(N),按式(43)或式(45)计算。

c) 垂直荷载应按式(59)~式(62)计算:

$$Q = G_w + G + S_F \quad \dots\dots\dots (59)$$

$$G_w = \left[ H \times D_c - \frac{\pi \times D_c^2}{8} \right] \times \rho \times g \quad \dots\dots\dots (60)$$

$$S_F = \rho \times g \times H^2 \times K_0 \times \tan\varphi \quad \dots\dots\dots (61)$$

$$K_0 = 1 - \sin\varphi \quad \dots\dots\dots (62)$$

式中:

$Q$  ——作用在单位长度管道上的垂直分布荷载,单位为牛每米(N/m);  
 $G_w$  ——单位长度管道上方的土层重量,单位为牛每米(N/m);  
 $G$  ——包括介质在内的保温管单位长度自重,单位为牛每米(N/m);  
 $S_F$  ——单位长度管道上方土体的剪切力,单位为牛每米(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,单位为千克每立方米( $kg/m^3$ ),可取  $1\,800\,kg/m^3$ ;  
 $g$  ——重力加速度,单位为米每二次方秒( $m/s^2$ );  
 $K_0$  ——土壤静压力系数;  
 $\varphi$  ——回填土内摩擦角,单位为度( $^\circ$ ),砂土可取  $30^\circ$ 。

d) 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。

5.2.4.3.6 热伸长计算应符合下列规定:

a) 两过渡段间驻点位置  $Z$ (图 3)应按式(63)计算:

$$l_a = \frac{1}{2} \left( (l_a + l_b) - \frac{F_a - F_b}{F_{\min}} \right) \quad \dots\dots\dots (63)$$

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,单位为牛每米(N/m)。

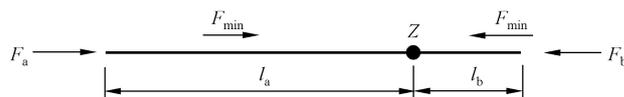


图 3 计算驻点位置简图

b) 管段伸长量应根据该管段所处的应力状态按式(64)~式(67)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:

$$\Delta l = \left[ \alpha(t_1 - t_0) - \frac{F_{\min} \times l}{2E \times A \times 10^6} \right] \times l \quad \dots\dots\dots (64)$$

式中：

$\Delta l$  ——管段的热伸长量，单位为米(m)；

$t_0$  ——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，单位为牛每米(N/m)；

$l$  ——设计布置的管段长度，单位为米(m)；当  $l \geq L_{\max}$  时，取  $l = L_{\max}$ ；

$\Delta T_y$  ——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：

$$\Delta l = \left[ \alpha(t_1 - t_0) - \frac{F_{\min} \times l}{2E \times A \times 10^6} \right] \times l - \Delta l_p \quad \dots\dots\dots(65)$$

$$\Delta l_p = \alpha(t_1 - t_0 - \Delta T_y) \times (l - L_{\min}) \quad \dots\dots\dots(66)$$

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  $L_{\max}$ 。

c) 过渡段内任一计算点的热位移应按式(67)计算：

$$\Delta l_d = \Delta l - \Delta l_a \quad \dots\dots\dots(67)$$

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(64)计算，式中  $l$  取计算点到活动端的距离。

d) 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。

#### 5.2.4.4 直埋蒸汽管道

直埋蒸汽管道应力计算应按照 CJJ/T 104 的规定执行。

#### 5.2.4.5 直埋塑料管道

直埋塑料管道应力计算应符合下列规定：

a) 沿管道长度方向的轴向应力按式(68)计算：

$$\sigma_L = \nu\sigma_h - \alpha E(t_1 - t_0) \quad \dots\dots\dots(68)$$

式中：

$\sigma_L$  ——轴向应力，单位为兆帕(MPa)；

$t_1$  ——管道工作循环最高温度，单位为摄氏度(°C)；

$t_0$  ——管道计算安装温度，单位为摄氏度(°C)。

b) 沿管道直径方向的径向应力按式(69)计算：

$$\sigma_j = p_n \quad \dots\dots\dots(69)$$

式中：

$\sigma_j$ ——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)。

c) 环向应力按式(70)计算：

$$\sigma_h = \frac{p_n(D^2 + d^2)}{D^2 - d^2} \dots\dots\dots(70)$$

式中：

$\sigma_h$ ——环向应力，单位为兆帕(MPa)；  
 $d$ ——工作管内径，单位为米(m)；  
 $D$ ——工作管外径，单位为米(m)。

d) 当量应力验算按式(71)计算：

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_L - \sigma_j)^2 + (\sigma_j - \sigma_h)^2 + (\sigma_h - \sigma_L)^2]} \leq 1.2[\sigma] \dots\dots\dots(71)$$

$$[\sigma] = \sigma_s / 1.5 \dots\dots\dots(72)$$

式中：

$\sigma_e$ ——当量应力，单位为兆帕(MPa)；  
 $[\sigma]$ ——许用应力，单位为兆帕(MPa)；  
 $\sigma_s$ ——屈服强度，单位为兆帕(MPa)，按附录 A 中表 A.5 选取。

5.2.4.6 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 执行。

5.2.5 管道布置和敷设

5.2.5.1 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。

5.2.5.2 当抗震设防烈度为 9 度时，管道敷设宜采取管沟敷设。

5.2.5.3 直埋热水管道的布置应按照 CJJ/T 81 的规定执行。

5.2.5.4 架空(管沟)热水管道布置应按照 CJJ 34 的规定执行，并应符合下列要求：

- a) 保温外表面与地面的净空距离不宜小于 300 mm；
- b) 对于平行敷设的两根管道，两管保温外表面的净空距离不宜小于 150 mm；
- c) 当管道有热位移时，a)、b)规定的各项间距，在考虑管道热位移后不宜小于 50 mm；
- 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，管道保温外表面与通道地面的净空距离不宜小于 2.5 m；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) 当管道跨越道路时，管道保温外表面与道路的净空距离不宜小于 5.0 m；
- 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，且不应小于 500 mm；
- f) 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；
- g) 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；
- h) 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应符合表 12 中规定。

5.2.5.5 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 12 和表 13 的规定。

表 12 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

单位为米

建筑物、构筑物或管线名称		供热管线形式	最小水平净距	最小垂直净距
建筑物基础		管沟	0.5	—
		直埋管道	3.0	—
铁路钢轨(或坡脚)		管沟、直埋管道	5.0	轨底 1.2
有轨电车钢轨		管沟、直埋管道	2.0	轨底 1.0
道路侧石边缘		管沟、直埋管道	1.5	—
桥墩(高架桥、栈桥)边缘		管沟、直埋管道	2.0	—
架空管道支架基础边缘		管沟、直埋管道	1.5	—
通信、照明或 10 kV 以下电力线路的电杆		管沟、直埋管道	1.0	—
高压输电线铁塔 基础边缘	电压 $\leq 330$ kV	管沟、直埋管道	3.0	—
	电压 $> 330$ kV	管沟	3.0	—
直埋管道		5.0		
通信管线		管沟、直埋管道	1.0	0.25
电力管线		管沟	1.0	电力直埋 0.5 保护管或隔板 0.25
		直埋管道	2.0	
燃气管道	燃气压力 $< 0.01$ MPa	供热管沟	1.0	燃气钢管 0.15 聚乙烯管在上 0.2 聚乙烯管在下 0.3
	燃气压力 $\leq 0.4$ MPa		1.5	
	燃气压力 $\leq 0.8$ MPa		2.0	
	燃气压力 $> 0.8$ MPa		4.0	
	燃气压力 $\leq 0.4$ MPa	直埋管道	1.0	燃气钢管 0.15 聚乙烯管在上 0.5 聚乙烯管在下 1.0
	燃气压力 $\leq 0.8$ MPa		1.5	
	燃气压力 $> 0.8$ MPa		2.0	
给水管道		管沟、直埋管道	1.5	0.15
雨、污排水管道		管沟、直埋管道	1.5	0.15
再生水管道		管沟	1.5	0.15
		直埋管道	1.0	
地铁隧道结构		管沟、直埋管道	5.0	0.8
电气铁路接触网电杆基础		管沟、直埋管道	3.0	—
乔木(中心)		管沟	1.5	—
		直埋热水管道	1.5	—
		直埋蒸汽管道	2.0	—
灌木(中心)		管沟	1.0	—
		直埋管道	1.5	—
机动车道路面		管沟	—	0.5
		直埋管道	—	1.0

表 12 (续)

建筑物、构筑物或管线名称	供热管线形式	最小水平净距	最小垂直净距
非机动车道路面	直埋管道	—	0.7
<p>注 1: 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 10 kV 的电缆不高出 10 °C, 对于电压 35 kV~110 kV 的电缆不高出 5 °C 时, 可减小表中所列距离。</p> <p>注 2: 在条件不允许时, 可采取有效技术措施, 可以减小表中规定的距离, 或采用埋深较大的排开挖法施工。</p>			

表 13 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

单位为米

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 6.0; 电气铁路 10.5
电车钢轨	轨外侧 2.0	路面 9.0
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)	<3 kV	1.5
	3 kV~10 kV	2.0
	35 kV~110 kV	4.0
	220 kV	5.0
	330 kV	6.5
	500 kV	6.5
750 kV	9.5	8.5
通信线	—	1.0
其他管线	—	0.25
树冠	0.5(到树中不小于 2.0)	—

5.2.5.6 直埋蒸汽管道布置应按照 CJJ/T 104 的规定执行。

5.2.5.7 架空(管沟)蒸汽管道布置应符合下列要求:

- a) 架空(管沟)蒸汽管道布置应同时满足 5.2.5.4 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和检修要求。

5.2.5.8 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 14 的要求。

表 14 直埋保温塑料管道的最小覆土深度

工作管公称外径 $d_n$ /mm	最小覆土深度/m	
	机动车道	非机动车道
$\leq 125$	0.8	0.7
140~315	1.0	0.7
355~450	1.2	0.9

## 5.2.5.9 长输供热热水管网应符合下列要求：

- a) 长输供热热水管网除进行静态水力分析外,还应进行动态水力分析;
- b) 长输供热热水管网宜对工作管道内壁进行减阻处理,减小内壁当量粗糙度;
- c) 长输供热热水管网的比摩阻宜采用 20 Pa/m~50 Pa/m;
- d) 长输供热热水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) 不应占用铁路或高速公路的隧道,可与桥梁合建;
- e) 长输供热热水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) 长输供热热水管网应装设分段阀门,分段阀门的间距宜为 3 km~5 km;
- g) 长输供热热水管网上宜设置管道检漏报警系统;
- h) 长输供热热水管网在向下穿越河流、池塘或交通设施时,应在穿越前后两端介质方向的管道上设置除污装置;
- i) 长输管线系统补水装置的小时补水总能力,不宜小于最长管道分段阀门之间单根管道水容积的 10%。

## 5.2.5.10 综合管廊内热力管道应符合 GB 50838 的要求。

## 5.2.5.11 热力管道穿跨越工程应符合下列要求：

- a) 当热力管线穿(跨)越铁路、公路、桥梁、堤坝等设施时,应保证各种设施安全;
- b) 当热力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 执行;
- d) 当采用定向钻的工艺时,管道应力计算按照 5.2.4.3 执行。

## 5.2.6 管道支、吊架

## 5.2.6.1 一般规定

5.2.6.1.1 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。

5.2.6.1.2 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。

5.2.6.1.3 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。

5.2.6.1.4 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。

5.2.6.1.5 室外管道吊架的拉杆,在穿过保温层处应采取防雨措施。

## 5.2.6.2 支、吊架允许间距

## 5.2.6.2.1 水平直管道支、吊架间距应满足下列要求：

- a) 强度条件确定的支、吊架间距按式(73)和式(74)计算:

$$L_{\max} = 2.24 \sqrt{\frac{W\phi[\sigma]^t}{q}} \dots\dots\dots(73)$$

$$W = \frac{\pi}{32} \frac{D^4 - d^4}{D} \dots\dots\dots(74)$$

式中：

- $L_{\max}$  ——支、吊架最大允许间距,单位为米(m);
- $q$  ——管道单位长度自重,单位为牛每米(N/m);
- $W$  ——管道截面抗弯矩,单位为三次方厘米( $\text{cm}^3$ );
- $D$  ——钢管外径,单位为厘米(cm);
- $d$  ——管道内径,单位为厘米(cm);
- $\phi$  ——管道横向焊缝系数,一般  $\phi=0.9$ ,也可参考表 15 选取;
- $[\sigma]^t$  ——钢材在设计温度下的许用应力,单位为兆帕(MPa)。

表 15 管道横向焊缝系数  $\phi$  值

管道横向焊缝	$\phi$ 值	管道横向焊缝	$\phi$ 值
手工电弧焊	0.7	手工双面加强焊	0.95
有垫环对焊	0.9	自动双面焊	1.0
无垫环对焊	0.7	自动单面焊	0.8

b) 刚度条件确定的支、吊架间距按式(75)和式(76)计算：

$$L_{\max} = 0.19 \cdot \sqrt[3]{\frac{100E_t I i_0}{q}} \dots\dots\dots(75)$$

$$I = \frac{\pi}{4} \left[ \left(\frac{D}{2}\right)^4 - \left(\frac{d}{2}\right)^4 \right] \dots\dots\dots(76)$$

式中：

- $i_0$  ——最大弯曲挠度,单位为毫米(mm),一般管道排水坡度,  $i_0 \geq 0.002$ ;
- $E_t$  ——管道材料在设计温度下的弹性模量,单位为兆帕(MPa);
- $I$  ——管道截面惯性矩,单位为四次方厘米( $\text{cm}^4$ )。

c) 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、吊点间的管道展开长度不应超过水平直管支、吊架允许间距的 3/4。

5.2.6.2.2 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。

5.2.6.3 支、吊架荷载及荷载组合

5.2.6.3.1 支、吊架荷载及荷载组合应符合 GB/T 17116.1 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 and 设计。在管道支、吊架设计时,应考虑荷载包括(但不限于)下列各项：

- a) 管道组成件及保温层的重力;
- b) 支、吊架的重力;
- c) 管道输送介质的重力;
- d) 对于蒸汽管道,应根据具体情况考虑水压试验或管道清洗时的介质重力;
- e) 管道中柔性管件由于内压力产生的作用力;
- f) 支、吊架约束管道位移所产生的约束反力和力矩;

- g) 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 16 取值;
- h) 室外管道受到的雪荷载;
- i) 室外管道受到的风荷载;
- j) 正常运行时,由于种种原因引起的管道振动力;
- k) 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;
- l) 流体排放产生的反力;
- m) 地震引起的荷载,但不考虑地震荷载与风荷载同时出现的工况。

5.2.6.3.2 支、吊架结构荷载应符合 GB 50764—2012 中 10.3.2 的规定。支、吊架结构荷载计算应根据具体情况考虑下述工况:

- a) 运行初期冷态工况;
- b) 运行初期热态工况;
- c) 管道应变自均衡后的冷态工况;
- d) 管道应变自均衡后的热态工况;
- e) 水压试验或管路清洗工况;
- f) 各种瞬态工况。

5.2.6.3.3 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 16 取值。

表 16 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	钢与聚四氟乙烯板之间	0.2
3	聚四氟乙烯之间	0.1
4	不锈钢(镜面)薄板之间	$\leq 0.1$
5	不锈钢(镜面)与聚四氟乙烯板之间	0.05~0.07
6	钢表面的滚动摩擦	0.1

#### 5.2.6.4 支、吊架材料

5.2.6.4.1 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。

5.2.6.4.2 钢材的使用温度上限应符合 GB/T 32270—2015 附录 A 的规定。

5.2.6.4.3 用于承受拉伸荷载的支、吊架零部件应采用有冲击吸收能量保证值的钢材。当采用没有冲击吸收能量保证值的钢材时,应按 GB/T 229 的要求补做冲击韧性试验,其冲击吸收能量值符合有关国家标准的规定。

5.2.6.4.4 支、吊架零部件不应采用沸腾钢或铸铁材料。

#### 5.2.6.5 支、吊架结构及强度

5.2.6.5.1 支、吊架管部结构不应使管道局部产生额外应力。

5.2.6.5.2 管部结构的设计应符合下列规定:

- a) 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。
- b) 管部结构尺寸应与管道外径相配,且应保证其与支、吊架其他连接部件相连接的部位裸露在管道保温层外。

- c) 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,管部的任一側应能承受该支、吊架点的全部荷载。

#### 5.2.6.5.3 支、吊架的连接件设计应符合以下规定:

- a) 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 GB/T 32270—2015 附录 A 的 75% 取用。用于不大于 DN50 管道上的吊杆直径不应小于 10 mm,用于大于 DN50 管道上的吊杆直径不应小于 12 mm。
- b) 任何状态下吊杆与垂线之间夹角应符合下列规定值:
  - 1) 刚性吊架吊杆与垂线之间夹角不应大于 3°;
  - 2) 弹性吊架吊杆与垂线之间夹角不应大于 4°;
  - 3) 当不能满足 1)、2) 的规定时,应采取偏装或加装滚动装置等措施。
- c) 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。
- d) 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。

#### 5.2.6.5.4 支、吊架的焊接和根部钢结构设计应符合 GB/T 17116.3 的规定。

#### 5.2.6.6 其他支座的要求

5.2.6.6.1 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。

5.2.6.6.2 地沟、综合管廊及架空敷设供热管网中,导向支座、滑动支座和固定支座应采取相应的隔热措施。

#### 5.2.7 管道防腐

##### 5.2.7.1 腐蚀环境类型

5.2.7.1.1 大气腐蚀性等级应按 GB/T 19292.1 的规定划分。

5.2.7.1.2 土壤腐蚀性等级应按 GB/T 19285 的规定划分。

##### 5.2.7.2 一般规定

管道在下列条件下应进行外部防腐:

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

##### 5.2.7.3 防腐设计

5.2.7.3.1 防腐涂层的性能应与腐蚀环境相适应。

5.2.7.3.2 防腐涂层的选择应符合下列规定:

- a) 热水管道宜选择富锌涂料;
- b) 蒸汽管道应按介质的最高温度选择涂料;
- c) 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 °C。

5.2.7.3.3 防腐涂层体系的设计应符合下列规定:

- a) 具有良好的附着力、耐蚀性、抗冲击、电绝缘性、低吸水性、低水蒸气渗透性和抗温度变化的能力;
- b) 应符合 DL/T 5072 的有关规定。

5.2.7.3.4 直埋蒸汽管道的外护管应采取阴极保护措施。

#### 5.2.8 管道保温

##### 5.2.8.1 一般规定

5.2.8.1.1 热水管道和蒸汽管道均应保温。

5.2.8.1.2 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℃。

5.2.8.1.3 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。

### 5.2.8.2 保温材料及保护层材料性能

5.2.8.2.1 保温材料应符合下列规定:

- a) 对环境无污染,对人体无伤害;
- b) 无机保温材料在平均温度为 70℃时的导热系数不得大于 0.080 W/(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 0.043 W/(m·K);
- c) 硬质保温材料的密度不应大于 250 kg/m<sup>3</sup>,软质保温材料的密度不应大于 150 kg/m<sup>3</sup>;
- d) 硬质保温材料的抗压强度:无机保温材料不应小于 0.4 MPa,有机保温材料不应小于 0.3 MPa;
- e) 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;
- f) 室内及综合管廊内管道和设备的保温材料,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%。

5.2.8.2.2 保护层材料应符合下列规定:

- a) 对环境无污染,对人体无伤害;
- b) 具有良好的防水性、防湿性、防潮性及抗大气腐蚀性;
- c) 具有稳定的化学性能,不易老化变质,不应对保温层产生腐蚀或溶解;
- d) 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。

### 5.2.8.3 保温设计

5.2.8.3.1 保温材料应按介质的最高温度选择。

5.2.8.3.2 保温计算应符合下列规定:

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

5.2.8.3.3 保温结构应符合下列规定:

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

## 6 制作与安装

### 6.1 一般规定

6.1.1 承担压力管道制作、施工与安装的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。

6.1.2 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。

6.1.3 承担公用管道、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,所从事的工作范围应与资格证书相符。承担其他材质公用管道安装的人员,应经过相关专业机构的专门培训。

6.1.4 施工前,应进行图纸会审、设计技术交底等,并应依据设计和规范编制施工组织设计及专项施工方案。应准备与工程项目相适应的焊接工艺评定、焊接作业指导书等文件。

6.1.5 管道施工前,施工单位应向工程所在地的特种设备监察机构送达施工告知文件。

6.1.6 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。

6.1.7 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。

6.1.8 在管道焊缝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。

6.1.9 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。

## 6.2 材料、设备的进场检验

### 6.2.1 钢质管道、管件、设备的检查与验收

6.2.1.1 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。

6.2.1.2 当有相关文件要求时,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。

6.2.1.3 管道组成件应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。产品标志应能够追溯到产品质量证明文件。

6.2.1.4 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:

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

6.2.1.5 阀门安装前应按照有关国家标准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。经建设方或其监造代表认可的阀门生产商的出厂性能检验证明文件,阀门可免除现场检验。

6.2.1.6 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。

6.2.1.7 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 1.6 MPa 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。

6.2.1.8 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。

### 6.2.2 聚乙烯管材、管件、设备的检查与验收

6.2.2.1 管材、管件的验收,应按有关标准进行,检验合格后方可使用。

6.2.2.2 管材、管件的储存应符合 CJJ 63 的有关规定,管材存放时间超过 4 年,密封包装的管件存放时

间超过 6 年,应对其抽样检验,性能符合要求方可使用。

6.2.2.3 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。

### 6.2.3 球墨铸铁管道检查与验收

6.2.3.1 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。

6.2.3.2 使用橡胶密封圈密封时,其性能应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。

6.2.3.3 球墨铸铁管、管件和附件质量应符合设计要求和 GB/T 13295 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 0.6 MPa。管材及管件承插口密封工作面铸造不应有连续的轴向沟纹,管材及管件承口密封工作面应喷涂防腐漆。

### 6.2.4 补偿器的检查与验收

6.2.4.1 补偿器的材质、规格型号、压力等级、技术要求、外型尺寸等应符合设计要求,其产品质量应符合 GB/T 12777 和 GB/T 35990 的相关规定。

6.2.4.2 补偿器的焊缝质量、压力试验应经检验符合设计要求。

### 6.2.5 凝水缸的检查与验收

6.2.5.1 凝水缸应按设计要求进行施工安装与制作。

6.2.5.2 凝水缸应逐个进行外观检查,并进行强度和严密性试验。

6.2.5.3 凝水缸抽水管及井内管件应涂刷两道油漆防腐,油漆可选用红丹防锈漆。

### 6.2.6 外防腐层检查

6.2.6.1 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 CJJ 95 的有关规定。

6.2.6.2 用电火花检漏仪进行针孔检查,单层环氧粉末或热收缩带(套)底漆时,检漏电压为 5 V/ $\mu\text{m}$ ;聚乙烯三层结构时,检漏电压为 25 kV;热收缩带(套)防腐层时,检漏电压为 15 kV;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点。

6.2.6.3 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 的要求。

### 6.2.7 焊接材料

6.2.7.1 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。

6.2.7.2 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。

6.2.7.3 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。

6.2.7.4 保护气体的纯度应满足 4.2.6 的要求。

### 6.2.8 支、吊架的验收

支、吊架应按照 GB/T 32270—2015 中 7.2.5 的规定进行验收。

### 6.3 材料运输与存放

#### 6.3.1 钢制管材、管件的保管

6.3.1.1 管材、管件装卸时,不应抛摔、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)应符合产品的要求,应避免暴晒和雨淋。

6.3.1.2 管材、管件入库前应查验产品质量合格文件或质量保证文件等,并应妥善保管。

6.3.1.3 管材、管件应按产品储存要求分类储存,堆放整齐、稳固,便于管理。

6.3.1.4 管材、管件应平放在地面上,存放和堆置高度应保证管道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,最下层的管道下宜铺垫两排枕木或砂袋,支撑物应牢固,直管道等长物件应做连续支撑;管道距地面的距离宜大于 200 mm。

6.3.1.5 山地、丘陵、冲沟、水网地段堆管场地应选择在不受洪水、滑坡、滚石侵害的地方。

6.3.1.6 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。

6.3.1.7 暂不安装的管材、管件和阀门等,应对端口进行妥善封闭。

#### 6.3.2 阀门保管

6.3.2.1 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。

6.3.2.2 阀门应按阀门的规格、型号、材质分别存放。

6.3.2.3 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。

6.3.2.4 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准许涂防锈剂外,阀门的其他关闭件和阀座密封面应涂工业用防锈油脂。

6.3.2.5 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。

#### 6.3.3 补偿器保管

6.3.3.1 补偿器运输过程中应采取有效措施防止相互碰撞。起吊时吊具不应吊在波纹管、拉杆或拉板上。

6.3.3.2 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。

6.3.3.3 补偿器应按不同规格、型号分类储存并分别做好标识,并采取防锈、防变形措施。

6.3.3.4 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。

6.3.3.5 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 200 mm。

#### 6.3.4 聚乙烯燃气管道和热力塑料管道、管件的保管

6.3.4.1 管材、管件和阀门的运输应符合下列规定:

- a) 搬运时,不得抛、摔、滚、拖,在冬季运输时应小心轻放。当采用机械设备吊装直管时,应用非金属绳(带)吊装。
- b) 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。
- c) 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。

6.3.4.2 管材、管件和阀门的储存过程中应符合下列规定:

- a) 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,且应有防晒、防雨淋的措施;不

应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”的原则。

- b) 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 1.5 m;当直管采用分层货架存放时,每层货架高度不宜超过 1 m,堆放总高度不宜超过 3 m;管件储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 1.5 m。
- c) 管材、管件在户外临时存放时,应有遮盖物遮盖。

### 6.3.5 球墨铸铁管材、管件的保管

6.3.5.1 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。

6.3.5.2 存放地面应平坦松软,场地附近不得有腐蚀性化学物品。

6.3.5.3 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。

6.3.5.4 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道摔落、相互撞击、自由滚动或沿地面拖拉。

### 6.3.6 焊材保管

6.3.6.1 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。

6.3.6.2 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。

6.3.6.3 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。

6.3.6.4 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。

6.3.6.5 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。

### 6.3.7 防腐补口材料保管

6.3.7.1 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。

6.3.7.2 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。

6.3.7.3 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。

6.3.7.4 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。

6.3.7.5 对可燃性和有毒性材料应有紧急防范措施。

6.3.7.6 喷砂用石英砂应在半露天库存放并做到防潮、防雨。

## 6.4 燃气管道制作与安装

### 6.4.1 管沟开挖

6.4.1.1 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

GB 50201—2012、JGJ 120 的规定。

6.4.1.2 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。

6.4.1.3 混凝土路面和沥青路面的开挖应使用机械切割。

6.4.1.4 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、排水应符合 JGJ 111 的规定。

6.4.1.5 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。

6.4.1.6 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 17 确定;

表 17 单管沟底组装沟底宽度

管道公称尺寸 DN/mm	沟底宽度 A/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
900~1 000	1.8
1 100~1 200	2.0
1 300~1 400	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(77)确定:

$$A = D_1 + D_2 + s + c \quad \dots\dots\dots(77)$$

式中:

A ——沟底宽度,单位为米(m);

$D_1$  ——第一条管道外径,单位为米(m);

$D_2$  ——第二条管道外径,单位为米(m);

s ——两管道之间的设计净距,单位为米(m);

c ——工作宽度,单位为米(m),在沟底组装 c 取 0.6,在沟边组装 c 取 0.3。

- c) 梯形槽(图 4)上口宽度可按式(78)确定:

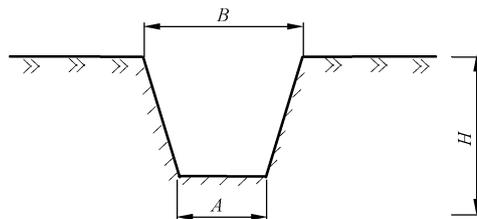


图 4 梯形槽横断面

$$B = A + 2n \times H \quad \dots\dots\dots (78)$$

式中：

$B$ ——沟槽上口宽度，单位为米(m)；

$A$ ——沟槽底宽度，单位为米(m)；

$n$ ——沟槽边坡率(边坡的水平投影与垂直投影的比值)，按表 18 取值；

$H$ ——沟槽深度，单位为米(m)。

表 18 深度在 5 m 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	—	—

6.4.1.7 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 19 的规定时，沟壁可不设边坡。

表 19 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	黏土	≤1.50
亚砂土或亚黏土	≤1.25	坚土	≤2.00

6.4.1.8 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 18 确定。

6.4.1.9 当无法达到 6.4.1.8 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、分区等的开挖方法确定开挖顺序，不应超挖，应减小沟槽无支撑暴露开挖时间和空间。

6.4.1.10 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 1.5 m，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。

6.4.1.11 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 20 和表 21 的规定。

表 20 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	100 m	3	用水准仪测量
	石方	+20、-200			

表 20 (续)

检查项目	允许偏差/mm	检查数量		检查方法
		范围	点数	
槽底中线每侧宽度	正偏差	100 m	6	挂中线用钢尺量测,每侧计 3 点
沟槽边坡率	正偏差	100 m	6	用坡度尺量测,每侧计 3 点

表 21 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 25 m <sup>2</sup>	1	5 m×5 m 方格网挂线尺量
	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/边	用坡度尺量
边坡平台宽度	+100、-50		每级	2/边	用钢尺量
基底表面平整度	20		每 25 m <sup>2</sup>	1	用 2 m 靠尺、塞尺量测

6.4.1.12 不良地质处理应符合下列规定:

- 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,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 0.05 m~0.10 m,当采用机械开挖或有地下水时,槽底预留值不应小于 0.15 m,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;当超挖在 0.15 m 以上时,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 200 mm 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 200 mm~500 mm 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 500 mm 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。

6.4.1.13 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。

6.4.1.14 采用其他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的规定。

6.4.1.15 验槽应符合下列规定:

- a) 沟槽和基坑边坡应稳定,边坡护坡应完整,支撑无明显变形,不得有滑坡、塌方现象;
- b) 沟槽和基坑有地下水或雨季施工时,应排除积水,槽底无浸泡现象;
- c) 管道下沟前,应按照表 20 和表 21 的规定复查沟槽和基坑,并清除沟槽和基坑内的石块、冰雪、冻土等有损防腐层的杂物。

## 6.4.2 钢管敷设

## 6.4.2.1 钢管下料切割及坡口加工应符合下列规定：

- 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/T 9711、GB/T 12459、GB/T 13401、GB/T 29168.1、SY/T 5257 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，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 8 m。
- 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 22 的规定。

表 22 坡口端面偏斜度偏差

图 例	$\Delta f$
	不应大于管道外径的 1% 且不大于 3 mm

- f) 坡口及边缘 20 mm 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 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%，凹陷位于纵向焊缝或环向焊缝处，应将凹陷处管道受损部分整段切除；
  - 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。

## 6.4.2.2 钢管安装应符合下列规定：

- a) 三通、弯头(弯管)、异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)上不得带有环焊缝。
- b) 管道安装前，管道、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，其质量应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/T 205 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 500 mm~800 mm，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 60 m 管线不回填，并且连头处两管头应对中，连头宜有 2 根~3 根管长度；
  - 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，该焊口应经双百无损检测。
  - 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，经施工单位、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。
- 6.4.2.3 管口的组对应符合下列规定：
- 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 23 的规定。

表 23 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(10 mm 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 10 mm 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 100 mm
错口和错口校正要求	当壁厚 $t < 14$ mm 时,不大于 1.6 mm; 当 $14 \text{ mm} < t \leq 17$ mm 时,不大于 2 mm; 当 $17 \text{ mm} < t \leq 21$ mm 时,不大于 2.2 mm; 当 $21 \text{ mm} < t \leq 26$ mm 时,不大于 2.5 mm; 当 $t \geq 26$ mm 时,不大于 3 mm。 局部错边均不应大于 3 mm,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 0.5 m
钢管对接偏差	不应大于 3°
管端斜口	不能

- 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 2 mm 时可直接焊接,大于 2 mm 时,应采用内削边处理,内坡角度宜为 15°~30°,并按图 5 进行加工修整。
- 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道、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 3 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 24 的规定。

h) 钢质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 1 m 时,应增设套管,套管管径宜大于穿越管二级管径以上,套管长度为套管两端与各地下设施最外侧垂直净距,宜大于 2 m。

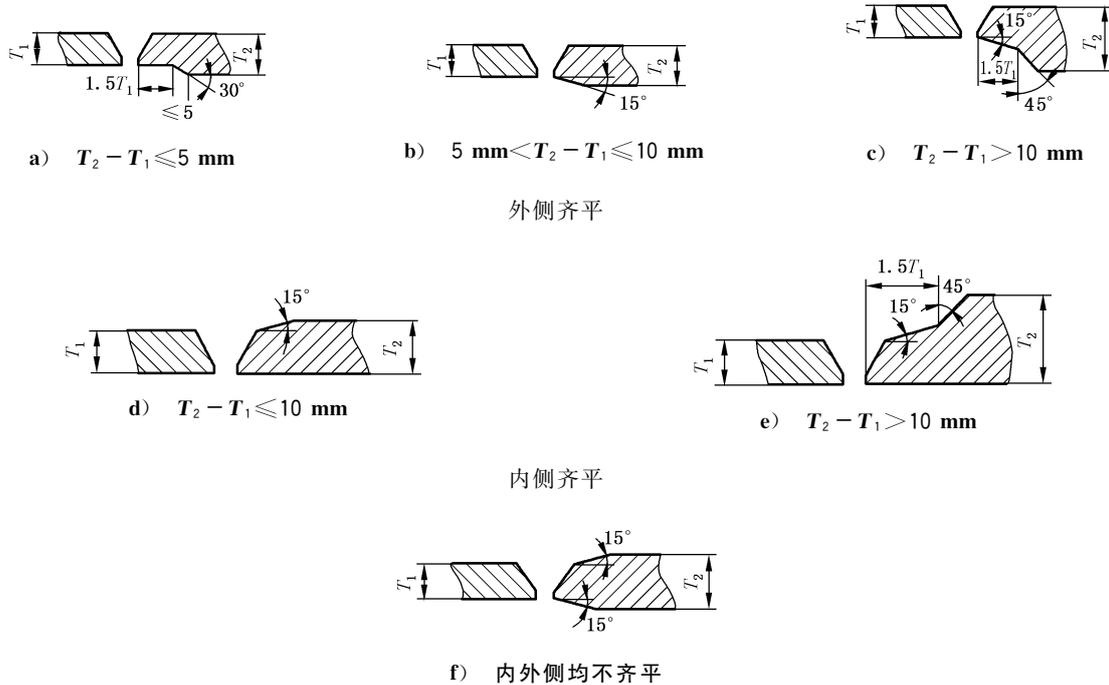


图 5 不等厚对接焊件坡口加工

表 24 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	±20
		室内	±15
	埋地	±25	
水平管道平直度		DN ≤ 100	$2L \times 10^{-3}$ , 最大 50
		DN > 100	$3L \times 10^{-3}$ , 最大 80
立管铅垂度		$5L \times 10^{-3}$ , 最大 50	
成排管道间距		15	
交叉管的外壁间距		20	
注: L——管道安装段的长度。			

6.4.2.4 钢制管道焊接应符合下列规定:

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应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 NB/T 47014 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 50 mm,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检测,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 50 mm。
  - 6) 施焊时不应在坡口以外的管壁上引弧;焊机地线与管道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 0.5 m 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 8 m/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,风速不应大于 2 m/s;低氢型焊条电弧焊,风速不应大于 5 m/s;当超过规定时应有防风设施。焊接电弧 1 m 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 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填充焊;
  - 3) 管道接头应进行打磨,相邻两层的接头不得重叠,应错开 30 mm 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物;
  - 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 50 mm;
  - 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 1 m 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 6.4.2.4c) 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 NB/T 47014 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 1 次,非裂纹性缺陷修补长度不应小于 50 mm,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。

6.4.2.5 钢质管道防腐补口和补伤应符合下列规定:

- 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艺和工具除锈的表面处理方法,钢质管道表面处理应按 GB/T 8923.1、SY/T 0407 执行;
- b) 防腐质量应采用外观检查、厚度检查、电火花检漏、黏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黏接良好;
- d) 防腐补口补伤施工除应符合本标准规定外,尚应满足 GB/T 51241 的要求。

6.4.2.6 管道下管应符合下列规定:

- a) 管道应采用起重设备进行下沟,不得使用推土机或撬杠等非起重工具;采用多台起重设备下沟时,起重设备不宜少于 3 台,起吊点距离管道环焊缝不应小于 2 m。起吊高度以 1 m 为宜,吊点间距应符合 GB 50369 的相关规定。
- b) 管道下沟前应使用电火花检漏仪检查管道防腐层,检测电压应符合 6.2.6.2 的规定,如有破损或针孔应及时修补。
- c) 管道下沟时,应注意避免与沟壁碰撞,以防止擦伤防腐层。管道应与沟底充分结合,局部悬空应用细土填塞密实。
- d) 管道下沟时,应由专人统一指挥作业,应采取有效措施防止管道滚沟。

6.4.2.7 阴极保护应符合下列规定:

- a) 管道牺牲阳极阴极保护的施工与调试应符合 GB/T 21448 的规定;
- b) 强制电流阴极保护系统的施工与调试应符合 GB/T 21448 的规定。

### 6.4.3 聚乙烯燃气管道敷设

6.4.3.1 聚乙烯燃气管道安装与敷设应符合 CJJ 63 的有关规定。

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

6.4.3.3 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。

6.4.3.4 聚乙烯管材、管件的热熔对接连接,应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。

6.4.3.5 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。

6.4.3.6 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 0.2 mm;
- d) 接口端面对接面最大间隙应符合表 25 的规定。

表 25 接口端面对接面最大间隙

单位为毫米

管道元件公称外径 $d_n$	接口端面对接面最大间隙
$d_n \leq 250$	0.3
$250 < d_n \leq 400$	0.5
$400 < d_n \leq 630$	1.0

6.4.3.7 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 0.1 mm~0.2 mm;
- 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。

6.4.3.8 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。

#### 6.4.4 球墨铸铁管道安装

6.4.4.1 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 NI 和 S 型)。

6.4.4.2 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。

6.4.4.3 球墨铸铁管宜沿沟槽一侧连续布管。公称尺寸小于 DN300 的管道可采用人工下管方法,公称尺寸大于或等于 DN300 的管道宜采用机械下管法。

6.4.4.4 管道对口前,插口端向承口方向 240 mm 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。

6.4.4.5 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  $\pm 3$  mm。

6.4.4.6 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。

6.4.4.7 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,最后逐个紧固螺栓。管道最大借转角应符合表 26 的规定。

表 26 球墨铸铁管允许最大借转角

管道公称尺寸 DN/mm	100~300	350~600	700
平面借转角/(°)	1.5	1.15	0.75
6 m 管道平面借转距离/mm	157	120	78

注:垂直借转距离为平面借转距离的 1/2。

6.4.4.8 管道敷设时,弯头、三通和固定盲板处均应砌筑永久性支墩。

6.4.4.9 管道安装允许偏差应符合表 27 的规定。

表 27 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	±10 mm	20 m	1	水准仪
中心线位移	5 mm/10 m	20 m	1	经纬仪、挂边线、量尺
	全长≤30 mm			

6.4.4.10 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。

#### 6.4.5 架空管道安装

6.4.5.1 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。

6.4.5.2 涂料的种类、涂敷次序、层数、各层的表面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。

6.4.5.3 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。

6.4.5.4 吹扫、压力试验完成后,应补刷底漆并完成管道设备的防腐。

#### 6.4.6 管沟回填与管道标识

6.4.6.1 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达到设计要求后,应及时对沟槽或基坑进行回填。

6.4.6.2 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。

6.4.6.3 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 500 mm 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。

6.4.6.4 沟槽应分层夯填密实。管道两侧及管顶以上 500 mm 内的回填土应采用人工压实,管顶 500 mm 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 28 的规定。

表 28 回填土的每层虚铺厚度

单位为毫米

压 实 机 具	虚 铺 厚 度
木 夯、铁 夯	≤200
轻型压实设备	200~250
压 路 机	200~300
振动压路机	≤400

6.4.6.5 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 500 mm 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 500 mm 以上的回填土中的石块不得大于 10%,直径不得大于 100 mm,且应均匀分布。

6.4.6.6 回填前应将槽底施工遗留的杂物清除干净,且不得积水。

6.4.6.7 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 6):

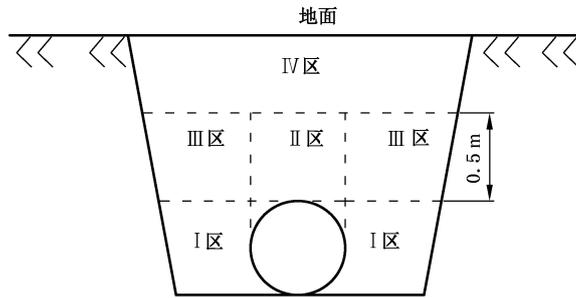


图 6 回填土断面图

- a) 对(I)区部位,采用中、粗砂或细土分层回填,每层厚度为 100 mm~200 mm,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。

6.4.6.8 基坑回填土的压实度应大于或等于 95%。

6.4.6.9 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。

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

6.4.6.11 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 300 mm~500 mm,不得敷设在路基和路面里。

6.4.6.12 公称尺寸小于或等于 DN400 的燃气管道上方可敷设一条警示带,公称尺寸大于 DN400 的燃气管道可敷设两条警示带,且间距宜为 150 mm。

#### 6.4.7 管道附件安装

6.4.7.1 法兰连接应符合下列规定:

- 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 2 mm。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 1 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,应予特别注意。宜将螺栓拧紧至预定的扭矩。

## 6.4.7.2 螺纹连接应符合下列规定：

- a) 用于螺纹的保护剂或润滑剂应适用于工况条件,并对输送的燃气和管道材料均不产生不良影响。
- 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 扣~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。

## 6.4.7.3 阀门安装应符合下列规定：

- 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。

## 6.4.7.4 管道补偿装置应符合下列规定：

- 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 10 mm;
  - 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) 波纹管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 的相关要求;
  - 2) 波纹管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) 波纹管膨胀节应与管道保持同轴,不得偏斜;
  - 4) 安装波纹管膨胀节时,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 GB 50460 的规定执行。

## 6.4.7.5 支、吊架安装应符合下列规定：

- 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,管道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。

6.4.8 管道吹扫与清管

6.4.8.1 管道吹扫与清管应符合下列规定：

- a) 球墨铸铁管道、聚乙烯管道和公称尺寸小于 DN100 或长度小于 100 m 的钢质管道,可采用气体吹扫;公称尺寸大于或等于 DN100 的钢质管道,宜采用清管球(器)进行清管,管道直径应是同一规格,不同管径的管道应断开分别进行清管。
- b) 管道吹扫、清管前,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。对不准许吹扫、清管的设备及管道应进行隔离。
- c) 管道吹扫、清管前,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,管道吹扫、清管作业应统一指挥,并配备必要的交通工具、通信及医疗救护设备。
- d) 管道吹扫、清管清理出的污物、残余水,应按照工程所在地环保部门指定的地点进行排放,排放标准应符合工程所在地环保部门的相关要求和按照国家相关法律规定执行。
- e) 管道吹扫、清管宜与管道试压充分结合进行。已吹扫、清管干净的管道组成件、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。
- f) 燃气管道压缩空气吹扫、等径管道清管球(器)清管时,压缩机出口端应安装油水分离器和过滤器;在对聚乙烯管道吹扫及试验时,进气口应采取冷却措施,确保管道进气口气体干燥,且其温度不应高于 40 ℃;聚乙烯管道吹扫出口应设置一段钢制管道,且应静电接地。

6.4.8.2 管道气体吹扫应符合下列规定：

- a) 气体吹扫应符合下列要求：
  - 1) 吹扫口应设在开阔地段并加固,吹扫时应设置安全区域,吹扫出口前不应站人；
  - 2) 吹扫压力不得大于管道的设计压力；
  - 3) 吹扫介质宜采用压缩空气,不应采用氧气和可燃性气体；
  - 4) 吹扫合格设备复位后,不得再进行影响管内清洁的其他作业；
  - 5) 吹扫出口宜设置快开盲板。
- b) 吹扫气体流速不宜小于 20 m/s,吹扫口与地面的夹角应在 30°~45°,吹扫口管段与被吹扫管段应采取平缓过渡对焊,吹扫口直径应符合表 29 的规定。

表 29 吹扫口直径

单位为毫米

末端管道公称尺寸	DN<150	150≤DN≤300	DN≥350
吹扫口直径	与管道同径	150	250

- c) 每次吹扫钢质管道的长度不宜超过 500 m,当管道长度超过 500 m 时,宜分段吹扫。聚乙烯管道每次吹扫长度不宜大于 1 000 m。
- d) 当吹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,5 min 内靶上无铁锈、尘土等其他杂物为合格。

6.4.8.3 管道清管球(器)清管应符合下列规定：

- a) 燃气管道当采用清管球(器)清管时,分段试压前应进行清管球(器)清管,清管次数不应少于 2 次,分段清管的长度应根据分段试压长度确定。
- b) 清管应设临时清管球(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,试验压力为管线设计压力的 1.5 倍,试压介质为洁净水,稳压 1 h,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 50 m 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)过盈量应结合管道与管件外径或内径对齐的具体情况,宜为管内径的2.5%~5%(1%~2%);
  - 2) 清管球(器)应适用于管线弯管的曲率半径。
- f) 清管球(器)清管时,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3 km/h~9 km/h,工作压力宜为0.05 MPa~0.2 MPa,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)清管时应及时检查清管效果,应将管道内的水、泥土、杂物清理干净。

## 6.5 热力管道制作与安装

### 6.5.1 钢制管道(件)制作

钢制管道的制作详见6.4.2.1。

### 6.5.2 热力塑料管道(件)制作

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

- a) 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/T 37263 的规定。

6.5.2.2 塑料管道管件应与管材相匹配,并应符合下列规定:

- a) 与耐热聚乙烯(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) 与钢塑复合管管材连接的管件应符合 HG/T 3707 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。

### 6.5.3 热水保温管及管件制作

6.5.3.1 预制热水保温管及管件应采用工厂预制。

6.5.3.2 预制直埋高密度聚乙烯外护管硬质聚氨酯泡沫塑料保温管及管件的制作应符合 GB/T 29047 和 GB/T 34611 的规定。

6.5.3.3 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应符合 GB/T 38097 的规定。

6.5.3.4 架空(管沟、综合管廊)热水保温管及管件的制作可参照 GB/T 29047 的规定执行。

### 6.5.4 蒸汽保温管及管件制作

6.5.4.1 预制蒸汽保温管及管件应采用工厂预制。

6.5.4.2 预制直埋蒸汽保温管及管件的制作应符合 CJ/T 246 的规定。

6.5.4.3 钢外护管真空复合保温预制直埋管及管件的制作应符合 GB/T 38105 的规定。

6.5.4.4 架空(管沟、综合管廊)蒸汽保温管及管件的制作可参照 CJ/T 246 的规定执行。

### 6.5.5 保温管接头补口

6.5.5.1 预制直埋热水保温管接头保温应符合 GB/T 29047 和 GB/T 34611 的规定。

6.5.5.2 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 °C 以下进行。气密性检验的压力应为 0.02 MPa,保压时间不应小于 2 min,不漏气为合格,并应符合 CJJ 28—2014 的规定。

6.5.5.3 钢外护管预制直埋蒸汽保温管接头保温应符合 CJ/T 246 的规定。钢外护管真空复合保温预制直埋管接头保温应符合 GB/T 38105 的规定。

6.5.5.4 架空(管沟、综合管廊)热水保温管接头保温可参照 GB/T 29047 的规定执行。

6.5.5.5 架空(管沟、综合管廊)蒸汽保温管接头保温可参照 CJ/T 246 的规定执行。

### 6.5.6 管道及附件的装配与安装

6.5.6.1 现场施工准备、工程测量、土建工程、防腐与保温施工应按照 CJJ 28—2014 的规定执行。

6.5.6.2 现场管道及管路附件的安装应按照 GB/T 23257、CJJ 28—2014、CJJ/T 81、CJJ/T 104、CJJ/T 254 等的规定执行。

6.5.6.3 热力塑料管道的焊接与安装可参照 CJJ 63 的规定执行。

### 6.5.7 热力管道清洗

6.5.7.1 供热管网的清洗应在试运行前进行,并应符合 CJJ 28—2014 的相关规定。

6.5.7.2 清洗前应编制清洗方案,并应报有关单位审批。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。

6.5.7.3 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。

6.5.7.4 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应不小于被冲洗管截面积的 50%,排水管截面积应不小于进水管截面积;
- e) 蒸汽吹洗排气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。

6.5.7.5 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。

6.5.7.6 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 1 m/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) 冲洗后的污水不得随意排放,不得污染环境。
- 6.5.7.7 蒸汽吹洗时应划定安全区,并设置标志。在整个吹洗作业过程中,应有专人值守。
- 6.5.7.8 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 1 h 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~30 min。
  - d) 蒸汽吹洗应以出口蒸汽无污物为合格。
- 6.5.7.9 空气吹洗适用于公称尺寸小于或等于 DN300 的热水管道。
- 6.5.7.10 供热管网清洗合格后应填写清洗检验记录,并应符合 CJJ 28—2014 中表 A.0.30 的规定。

## 7 检验与试验

### 7.1 检验范围

- 7.1.1 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。
- 7.1.2 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 6.2 的规定。
- 7.1.3 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。
- 7.1.4 无损检测及强度试验合格后方可进行管道保温补口。

### 7.2 一般规定

#### 7.2.1 检验检测机构

- 7.2.1.1 从事燃气、热力管道检验检测的单位应具备省(部)级以上市场监督管理部门对该检验检测机构核发的相关产品及参数,第三方检测的计量认证证书,其中,从事燃气管道和热力管道检验、无损检测的单位还应取得国家市场监督管理总局颁发的特种设备检验检测机构核准证书。
- 7.2.1.2 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。
- 7.2.1.3 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。
- 7.2.1.4 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,且有记录可查。

#### 7.2.2 检测人员资质

- 7.2.2.1 从事检验检测的人员,应按相应技术标准进行培训,通过考核取得相应资格证书,持证上岗。
- 7.2.2.2 从事全自动超声波检测以及其他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。
- 7.2.2.3 检测人员视力和辨色力应符合 NB/T 47013.7 的要求。

#### 7.2.3 检查方法

##### 7.2.3.1 一般规定

- 7.2.3.1.1 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。
- 7.2.3.1.2 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:
  - a) 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;

- b) 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;
- c) 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。

### 7.2.3.2 目视检查

目视检查的范围、内容、基本要求及结果评价应符合 GB/T 20801 和 NB/T 47013.7 的相关规定。

### 7.2.3.3 无损检测

7.2.3.3.1 无损检测应在目视检查合格后进行。

7.2.3.3.2 钢质管道无损检测应符合下列规定:

- a) 无损检测应按 NB/T 47013.2—2015、NB/T 47013.3—2015、NB/T 47013.4—2015、NB/T 47013.5—2015 的规定进行;
- 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检测时,可不进行射线检测复查;
- e) 要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。

7.2.3.3.3 塑料管道无损检测应符合下列规定:

- a) 无损检测可按照 GB/T 32563、GB/T 29461 和 DB 31/T 1058 的规定进行;
- b) 除设计文件另有规定外,现场电熔焊接和热熔焊接的管道及管路附件焊接处宜进行 100% 相控阵超声检测,当进行焊接前工艺评定或焊口检测结果出现争议时,参照 TSG D2002 规定的破坏性检验与试验方法进行试验验证;
- c) 城镇燃气和供热中使用的聚乙烯塑料管道中,公称尺寸为 DN40~DN400 的电熔焊接接头和公称尺寸为 DN75~DN400 的热熔对接焊接接头可进行相控阵超声检测。其他规格聚乙烯管道和其他类型塑料管道焊接接头的相控阵超声无损检测技术可参照实施。

### 7.2.3.4 过程检查

7.2.3.4.1 钢质管道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。

7.2.3.4.2 聚乙烯和聚丁烯管热熔对接焊过程控制的检查内容应包括下列内容:

- a) 焊接前准备工作要求:
  - 1) 清洁油路接头,正确连接焊机各部件;
  - 2) 测量电源电压,确认现场电压符合焊机施焊要求;
  - 3) 检查加热板表面质量,清理聚乙烯残留物,油污、油脂等污物,当加热板表面涂层损坏时应及时予以更换;
  - 4) 按照焊接工艺评定结果正确设置吸热、冷却时间及加热板温度等参数,并在焊接前适当预

热,保证加热板温度均匀。

- b) 焊接管道及附件的装夹:检查即将焊接的管道及附件是否垫平,调整同心度到同一轴线,并用夹具校正准备施焊管材的不圆度,焊接错边量不应大于管壁厚的10%。连接端伸出夹具预留足够焊接距离,自由端长度不应小于公称外径的10%。
- c) 焊接面的清理和铣削:
  - 1) 焊接前连接部位应进行擦拭,清理污物并保持干燥;
  - 2) 需要焊接件的端面应进行铣削,使其与轴线垂直,连续切削时每次切削量不得大于0.2 mm,应确保焊接时对接端面的间隙小于0.3 mm,错边量小于焊接处管壁厚的10%。重新装夹需重新铣削。
- d) 拖动压力的测量与检查:每次焊接时都应测量和记录拖动压力。
- e) 加热:
  - 1) 放置加热板,调整焊接压力等于拖动压力与焊接规定压力之和;
  - 2) 当加热板两侧焊接处圆周卷边凸起高度达到规定值时,焊接压力降至拖动压力或在确保焊接端面与加热板紧密粘合的情况下开始吸热记录时间。
- f) 切换对接:吸热时间达到规定要求后,抽出加热板,使待连接面完全接触,并调整压力匀速升至焊接压力并保持规定时间,不得发生高压碰撞。
- g) 焊接接头采用自然冷却的方式,冷却期间,不得拆卸夹具。

#### 7.2.3.4.3 聚乙烯和聚丁烯管道电熔焊接过程控制的检查内容应包括下列内容:

- a) 焊接前准备工作要求:
  - 1) 清洁电源输出接头,保证良好导电性;
  - 2) 测量电源电压,确认焊机工作时电压符合施焊要求;
  - 3) 检查焊机的输出端尺寸是否和管件接线部位匹配。
- b) 管材截取过程:
  - 1) 管材端面应垂直其轴线,垂直度偏差应小于5 mm;
  - 2) 当准备施焊管材的不圆度影响安装时,应使用夹具校正。
- c) 焊接面的清理:
  - 1) 焊接前连接部位应进行擦拭,清理污物并保持干燥,管件应在焊接时拆除封装袋;
  - 2) 测量待焊接管件的长度或中心线,对待焊管材的端部标识处管件长度一半加10 mm的热熔区域的待焊接面刮削0.1 mm~0.2 mm,去除氧化层。
- d) 管材与管件承插:
  - 1) 在管材上重新划线,检查位置距端面应为1/2的管件长度;
  - 2) 将清洁的电熔管件与要焊接的管材承插,保持管件外缘与标线平齐;
  - 3) 安装电熔焊夹具,不得使电熔管件承受外力,管材与管件不同轴度应小于2%。
- e) 焊机输出端与管件接线端连接应牢固,不得虚接,必要时可使用专用的转换连接接头。
- f) 焊接:按照要求设定电熔焊接的模式,并根据设备和管件的使用要求来确定电压、电流、加热时间等焊接参数,实施电熔接头的焊接作业。
- g) 焊接接头冷却采用自然冷却的方式,时间按照管件产品说明书确定,冷却过程中不得向焊接件施加任何外力,冷却完成后才可拆卸夹具。

## 7.3 燃气管道检验

### 7.3.1 钢质管道无损检测

#### 7.3.1.1 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。

7.3.1.2 当采用未经本标准规定的无损检测方法时,此检测方法应经相关部门审核并在相关行业有成功的应用经验,并制定了相关的检测标准。

7.3.1.3 焊缝检查、检测比例及合格标准应符合表 30 的规定,并应符合下列要求:

- a) 管道焊缝外观检查的合格标准应符合 GB 50683—2011 的规定;
- b) 管道焊缝无损检验的合格标准应符合 NB/T 47013.2—2015 和 NB/T 47013.3—2015 的规定;
- c) 有延迟裂纹倾向的管道焊口应在 24 h 后进行无损检测。

表 30 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 检 测	
	比例	合格标准	比例	合格标准	比例	合格标准
设计压力大于 4.0 MPa 在三类地区及以上管道焊口	100%	≥Ⅱ	100%	≥Ⅱ	100%	I
设计压力小于或等于 4.0 MPa 且大于 0.4 MPa 管道焊口	100%	≥Ⅱ	100%	≥Ⅱ	100%	I
设计压力小于或等于 0.4 MPa 管道焊口	100%	≥Ⅱ	≥30%	≥Ⅲ	—	
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道	100%	≥Ⅱ	100%	≥Ⅱ	—	
固定焊口	100%	≥Ⅱ	100%	≥Ⅱ	100%	I
设计压力小于或等于 4.0 MPa 液态液化石油气管道焊口	100%	≥Ⅱ	100%	≥Ⅱ	100%	I
综合管廊内的管道	100%	≥Ⅱ	100%	≥Ⅱ	100%	I
有延迟裂纹倾向的管道焊口	100%	≥Ⅱ	100%	≥Ⅱ	100%	I

7.3.1.4 对焊缝进行抽查时,同一项目每位焊工不应少于一条焊缝,并应侧重抽查固定焊口。每出现一道不合格焊缝,应增加检测同一焊工两道焊缝,二次抽检仍出现不合格时,应对该焊工本项目同批施焊的全部焊缝进行检验,且应采用同样的检验方法。

7.3.1.5 对检验不合格的焊缝应进行现场返修,并应对全部返修的焊缝进行无损探伤检验。同一焊缝返修次数不应超过 2 次,根部缺陷只允许返修 1 次。

7.3.1.6 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。

### 7.3.2 燃气管道压力试验

7.3.2.1 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。

7.3.2.2 管道在吹扫和压力试验时应与无关系系统采取隔离措施,与现已运行的燃气管道应加盲板断开,不应用阀门隔离。

7.3.2.3 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。

7.3.2.4 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。

7.3.2.5 管道吹扫和清管球清扫应符合 6.4.8 的规定。

7.3.2.6 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 31 的规定；

表 31 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
钢制管道	$P > 0.8$	清洁水	$1.5P$
	$P \leq 0.8$	清洁水	$1.5P$ , 且 $\geq 0.4$
		空气或惰性气体	$1.25P$ , 且 $\geq 0.4$
球墨铸铁管道	$P \leq 0.4$	空气或惰性气体	$1.5P$ , 且 $\geq 0.4$
燃气聚乙烯管道	$P > 0.4$	空气或惰性气体	$1.5P$
	$P \leq 0.4$	空气或惰性气体	$1.5P$ , 且 $\geq 0.20$

- b) 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—2015 中表 10.2.3 中全部各项条件时,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 1.15;
- c) 若所有焊口经 100% 无损检测合格,可免除水压强度试验(一级地区 0.8 设计系数的管道除外);
- d) 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 1 h,每 30 min 记一次压力表读数,无降压为合格。

7.3.2.7 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 2.5 MPa,且大于或等于 0.1 MPa 时,试验压力应为设计压力的 1.15 倍,且不应小于 0.1 MPa;设计压力大于或等于 2.5 MPa 时,试验压力应为设计压力;
- c) 试验待稳压后,持续时间应为 24 h,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。

## 7.4 热力管道检验

### 7.4.1 目视检测

7.4.1.1 管件和钢管的检验,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、折叠以及其他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,应按照 6.4.2.1g) 执行。

7.4.1.2 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。

7.4.1.3 焊缝应进行 100% 外观质量检验,并应符合下列规定：

- a) 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;
- b) 焊缝高度不应小于母材表面,并应与母材圆滑过渡;
- c) 加强高度不得大于被焊件壁厚的 30%,且应小于或等于 5 mm,焊缝宽度应焊出坡口边缘 1.5 mm~2.0 mm;

- d) 咬边深度应小于 0.5 mm,且每道焊缝的咬边长度不得大于该焊缝总长的 10%;
- e) 表面凹陷深度不得大于 0.5 mm,且每道焊缝表面凹陷长度不得大于该焊缝总长的 10%;
- f) 焊缝表面检查完毕后应填写检验报告,并可按 CJJ 28—2014 中表 A.0.16 的规定填写。

7.4.2 无损检测

7.4.2.1 应由有资质的单位进行检测。

7.4.2.2 宜采用射线检测。当采用超声检测时,应采用射线检测复检,复检数量应为超声波检测数量的 20%。角焊缝处的无损检测可采用磁粉或渗透检测。

7.4.2.3 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:

- a) 干线管道与设备、管件连接处和折点处的焊缝应进行 100%无损检测;
- b) 穿越铁路、高速公路的管道在铁路路基两侧各 10 m 范围内,穿越城市主要道路的不通行管沟在道路两侧各 5 m 范围内,穿越江、河或湖等的管道在岸边各 10 m 范围内的焊缝应进行 100%无损检测;
- c) 不具备强度试验条件的管道焊缝,应进行 100%无损检测;
- d) 现场制作的各种承压设备和管件,应进行 100%无损检测;
- e) 其他无损检测数量应按表 32 和表 33 的规定执行,且每个焊工不应少于 1 个焊缝。

7.4.2.4 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:

- a) 要求进行 100%无损检测的焊缝,射线检测不得低于 NB/T 47013.2—2015 中规定的 II 级质量要求,超声检测不得低于 NB/T 47013.3—2015 中规定的 I 级质量要求;
- b) 进行无损检测抽检的焊缝,射线检测不得低于 NB/T 47013.2—2015 中规定的 III 级质量要求,超声检测不得低于 NB/T 47013.3—2015 中规定的 II 级质量要求;
- c) 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—2015 中规定的 II 级质量要求;当管道保温层采用抽真空技术时,应符合 NB/T 47013.3—2015 中规定的 I 级质量要求。当公称壁厚小于或等于 6.0 mm 的角焊缝无法进行超声检测时,可采用渗透检测进行替代,渗透检测不应低于 NB/T 47013.5—2015 中规定的 I 级质量要求。

7.4.2.5 当无损检测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:

- a) 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,按原检测方法进行检验;
- b) 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检测方法进行检验;
- c) 同一焊缝的返修次数不应大于 2 次。

表 32 钢质管道无损检测数量(1)

介质名称	管道设计参数		焊缝无损检测检验数量/%							
			地上敷设				综合管廊、通行及半通行管沟敷设			
	温度/°C	压力/MPa	DN<500 mm		DN≥500 mm		DN<500 mm		DN≥500 mm	
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
	T≤200	P≤1.0	30	20	36	18	40	22	46	18

表 32 (续)

介质名称	管道设计参数		焊缝无损检测检验数量/%							
			地上敷设				综合管廊、通行及半通行管沟敷设			
	温度/℃	压力/MPa	DN<500 mm		DN≥500 mm		DN<500 mm		DN≥500 mm	
			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
高温热水	$150 < T \leq 200$	$1.6 < P \leq 2.5$	30	20	36	18	40	22	46	18
	$120 < T \leq 150$	$1.0 < P \leq 1.6$	20	20	36	18	40	22	46	18
热水	$100 < T \leq 120$	$P \leq 1.6$	18	12	22	16	26	20	30	16
	$T \leq 100$	$P \leq 1.0$	12				20			
凝结水	$T \leq 100$	$P \leq 0.6$	10				16			

表 33 钢质管道无损检测数量(2)

介质名称	管道设计参数		焊缝无损检测检验数量/%						
			不通行管沟敷设(含套管敷设)				直埋敷设		
	温度/℃	压力/MPa	DN<500 mm		DN≥500 mm		主要道路	一般道路	其他
			固定焊口	转动焊口	固定焊口	转动焊口			
过热蒸汽	$200 < T \leq 350$	$1.6 < P \leq 2.5$	50	30	60	40	100	100	100
过热或饱和蒸汽	$200 < T \leq 350$	$1.0 < P \leq 1.6$	50	30	60	40	100	100	100
	$T \leq 200$	$P \leq 1.0$	50	30	60	40	100	100	100
高温热水	$150 < T \leq 200$	$1.6 < P \leq 2.5$	50	30	60	40	100	100	100
	$120 < T \leq 150$	$1.0 < P \leq 1.6$	50	30	60	40	100	100	100
热水	$100 < T \leq 120$	$P \leq 1.6$	40	28	50	40	100	100	100
	$T \leq 100$	$P \leq 1.0$	30	20	50	30	60	40	30
凝结水	$T \leq 100$	$P \leq 0.6$	20				60	40	30

### 7.4.3 热力管道压力试验

#### 7.4.3.1 钢质管道进行强度试验和严密性试验,并应符合下列规定:

- a) 强度试验压力应为 1.5 倍设计压力,且不得小于 0.6 MPa;严密性试验压力应为 1.25 倍设计压

力,且不得小于 0.6 MPa;

b) 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。

7.4.3.2 塑料管道试验压力应符合下列规定:

a) 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 0.8 MPa;

b) 钢塑复合管道试验压力应大于工作压力加 0.5 MPa,且不应小于 0.9 MPa。

7.4.3.3 试验过程应符合下列规定:

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,试验介质应采用清洁水,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 25 mg/L。

b) 压力试验前,供热管道焊缝外观检查及焊接质量无损检测应合格。

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,并应报有关单位审批。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,使具备检验的条件。

g) 强度试验前应完成下列工作:

1) 强度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 °C,当环境温度小于 5 °C 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 °C 时,应根据传热导致的温度变化对压力试验的影响采取保证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 34 的规定。

表 34 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
钢 质 管 道			
强度试验	升压到试验压力,稳压 10 min 无渗漏、无压降后降至设计压力,稳压 30 min 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,固定支架无明显的变形等		全段
	长输热水管线和一级管网	稳压在 1 h,前后压降不大于 0.05 MPa 为合格	
	二级管网	稳压在 30 min,前后压降不大于 0.05 MPa 为合格	
塑 料 管 道			
预试验阶段	a) 将试验管段内水压应缓缓地升至试验压力并稳压 30 min。 b) 期间如有压力下降可注水补压,但不得高于试验压力。 c) 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	a) 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 30 min 后,压力下降不应大于 60 kPa,再稳压 2 h 后压力下降不应大于 20 kPa,水压试验结果应判定为合格。 b) 钢塑复合管道:预试验阶段结束后,停止注水补压并稳定 15 min 后,压力下降不应大于 20 kPa,再将试验压力降至工作压力并保持恒压 30 min,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。
- k) 试验结束后应及时排净管内积水、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。
- l) 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 CJJ 28—2014 中表 A.0.28 和表 A.0.29 的规定进行记录。

## 7.5 合格证和记录

7.5.1 检查人员应通过审阅合格证、质量证明书、标记和其他证明文件,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。

7.5.2 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、焊后检查、焊接缺陷的清除和返修、焊接工程交工的检验记录。

## 7.6 定期检验

7.6.1 燃气管道和热力管道均应进行定期检验。

7.6.2 燃气管道定期检验应符合下列要求：

- a) 设计压力大于 1.6 MPa 的燃气管道,定期检验参照 TSG D7003 的规定执行,其中地区级别划分按照 GB 50028 的规定执行；
- b) 设计压力大于 0.1 MPa 且小于或等于 1.6 MPa 的燃气管道,定期检验参照 TSG D7004 的规定执行；
- c) 燃气输配系统中调压站(箱)、阀室及管道、安全保护装置、附属设施的定期检验参照 TSG D7005 和 TSG 21 的有关规定执行；
- d) 重要穿跨越区段的燃气管道检验应符合 GB/T 37369 的有关规定。

7.6.3 热力管道定期检验应符合下列要求：

- a) 当敷设方式为管沟敷设或者架空敷设时,管道本身、附属设施与安全保护装置定期检验参照 TSG D7005 的规定执行；
- b) 当敷设方式为直埋敷设时,定期检验参照 TSG D7004 的规定执行；
- c) 安全保护装置、附属设施的定期检验参照 TSG D7005 和 TSG 21 的有关规定执行。

## 8 安全运行与维护

### 8.1 燃气管道运行

#### 8.1.1 一般规定

8.1.1.1 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。

8.1.1.2 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和抢修队伍;应设置并向社会公布 24 h 报修方式,抢修人员应 24 h 值班。从事燃气管道运行维护和应急抢修的人员应经过专业技术培训,培训合格后方可上岗。

8.1.1.3 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。

8.1.1.4 燃气管道重要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。

8.1.1.5 燃气管道运营单位应按国家相关要求建立安全事故报告和统计分析制度。

8.1.1.6 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/T 29639 和 GB/T 37228 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。

8.1.1.7 对于停止运行、报废的燃气管道,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。

8.1.1.8 已竣工但未投入运行的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,并应按本标准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。

8.1.1.9 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/T 50811 的有关规定。

8.1.1.10 燃气管道设施进行维修或抢修时应有专人监护。

## 8.1.2 管道及管道附件的运行维护

8.1.2.1 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。

8.1.2.2 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。

8.1.2.3 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。

8.1.2.4 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) 球墨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,应适当增加检测频次。
- 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) 泄漏检测方法应符合 NB/T 47013.8 的规定,并根据检测项目和检测程序进行选择,可按表 35 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 35 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		

8.1.2.5 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。

8.1.2.6 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,并根据实际情况制定运行维护方案。

8.1.2.7 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) 设计压力大于 0.4 MPa 的管道每 3 年不得少于 1 次;
- b) 设计压力小于或等于 0.4 MPa 的管道每 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。

8.1.2.8 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/T 0087.1 和 GB/T 37190 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、黏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。

8.1.2.9 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位、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 1 个月,直至保护电位恢复正常。

8.1.2.10 架空敷设的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。

8.1.2.11 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。

8.1.2.12 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。

### 8.1.3 停气、降压和动火作业

8.1.3.1 燃气管道停气与降压作业应符合下列规定：

- a) 停气作业时应可靠地切断气源，并应将作业管段和设备内的燃气安全地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。

8.1.3.2 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。

8.1.3.3 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。

8.1.3.4 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。

8.1.3.5 旧管道接驳新管道的动火作业时，应采取有效措施使管道电位达到平衡。

8.1.3.6 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，并应符合下列规定：

- 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。

8.1.3.7 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800 Pa，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。

### 8.1.4 通气与置换转换作业

8.1.4.1 燃气管道设施通气前应按规定程序组织验收并合格。

8.1.4.2 新建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。

8.1.4.3 设计压力大于0.4 MPa的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 h，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。

8.1.4.4 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。

8.1.4.5 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。并应符合下列要求：

- 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，应控制氮气温度不应小于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。

8.1.4.6 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。

8.1.4.7 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2 m以上；
- c) 放散管应采用金属管道、安装牢固并应可靠接地。

8.1.4.8 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 2 m 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 25 m;放散火炬现场应备有有效的消防器材。

8.1.4.9 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,不应有明火,无关人员不应入内；
- c) 在升压和稳压期间,若发现试验管道存在泄漏,应使用燃气泄漏检测仪对试验管段及周边污水井、电缆沟、地下井进行检漏,并进行连续监控检查,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 1 天内巡查周期为半天 1 次,3 天内巡查周期为每天 1 次。

8.1.4.10 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。

8.1.4.11 管网巡查保护应符合下列规定：

- a) 下列情况巡视周期每天应至少 1 次：
  - 1) 重点区域的燃气管网在重大节假日期间及前 5 天内；
  - 2) 大型社会活动场所的燃气管网在活动期间及前 5 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 1 次。

8.1.5 安全防护

8.1.5.1 埋地管道安全防护应符合下列规定：

- 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 GB 50028 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系统阳极腐蚀损耗情况,将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,将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,将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/T 153 的要求。

#### 8.1.5.2 架空管道安全防护应符合下列规定：

- a) 架空管线与其他建筑墙壁的最小净距不宜小于 0.1 m；
- b) 配电箱、线缆与架空管线的最小净距不宜小于 0.3 m，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 GB 50028 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 GB 50057 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) 管道及放散管均应接到防闪电感应的接地装置上；
  - 2) 距离建筑物 100 m 的架空管道，应每隔 25 m 左右接地一次，其冲击电阻不应大于 30  $\Omega$ ；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  $\Omega$ 。

#### 8.1.5.3 超压保护和放空应符合下列规定：

- a) 设计压力不大于 0.4 MPa 的燃气管道上不应直接安装加压设备；
- b) 燃气管道系统中应设防止燃气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。

#### 8.1.5.4 管廊管道安全防护应符合下列规定：

- 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，事故时紧急切断阀应处于关闭状态；
- 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 GB 50779 的要求执行；
- 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 GB 50052 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缝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。具有阴极保护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。

### 8.1.6 应急抢修

8.1.6.1 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、通信设备、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。

8.1.6.2 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，不应有明火，无关人员不应入内。

8.1.6.3 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，并不应在作业区内穿脱和摘戴。作业现场应有专人监护，不应单独操作。

8.1.6.4 在警戒区内燃气浓度未降至安全范围时，不应使用非防爆型的机电设备及仪器、仪表等。

8.1.6.5 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置换安全后进行。

8.1.6.6 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。

8.1.6.7 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。

## 8.2 热力管道安全与运行

### 8.2.1 热力管道试运行

8.2.1.1 试运行应在单位工程验收合格、热源具备供热条件后进行。

8.2.1.2 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。试运行方案应经管理部门审查同意,并应进行技术交底。

8.2.1.3 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信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 72 h,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 0.3 MPa 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,并应做好试运行记录。
- 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 72 h 试运行。

8.2.1.4 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 1 h。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。

8.2.1.5 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,关闭放气阀门;
- d) 试运行开始后,每隔 1 h 应对补偿器及其他设备和管路附件等进行检查,并按 CJJ 28—2014 中表 A.0.32 的规定进行记录。

8.2.1.6 试运行合格后应填写试运行记录,并应符合 CJJ 28—2014 中表 A.0.33 的规定。

8.2.1.7 试运行完成后应进行工程移交,并应签署工程移交文件。

### 8.2.2 运行与应急抢修

8.2.2.1 城镇供热系统运行维护应符合 CJJ 88 的规定。

8.2.2.2 热力管道运行维护应满足日常运行和应急抢修的需求。管道运营单位应根据管网规模设立专业的运行和抢险组织机构,应制定相应的管理制度,配备必要的运输车辆、设备材料、通信设备、防护用具、安全器材、检测仪器等装备,并保证装备处于良好状态。

8.2.2.3 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,无关人员不应

入内。

8.2.2.4 作业现场应有专人监护,不应单独操作。作业时应采取保证作业人员安全和健康的措施。

8.2.2.5 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。

8.2.2.6 城镇供热系统抢修应符合 CJJ 203 的规定。

### 8.2.3 安全泄放装置

#### 8.2.3.1 一般规定

8.2.3.1.1 有超压危险的管道系统应设置安全泄放装置。

8.2.3.1.2 自动控制仪表和事故连锁装置不应代替安全泄放装置。

8.2.3.1.3 符合下列情况之一者,应设置安全泄放装置:

- a) 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;
- b) 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;
- c) 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;
- d) 可能产生超压的其他部位。

8.2.3.1.4 安全泄放装置相关压力的确定应符合下列规定:

- a) 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%;
- b) 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%。

8.2.3.1.5 安全泄放量应符合下列规定:

- a) 安全泄放量的计算应符合 GB/T 32270—2015 附录 F 的规定;
- b) 取各种超压工况安全泄放量的最大值。

8.2.3.1.6 最小泄放面积应符合下列规定:

- a) 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/T 32270—2015 附录 F 的规定;
- b) 安全泄放装置的泄放面积不应小于最小泄放面积。

8.2.3.1.7 安全泄放装置的进、出口侧不应安装关断阀。

8.2.3.1.8 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,压力降应小于安全阀设定压力的 3%。

8.2.3.1.9 安全泄放装置的出口排放管道应符合下列规定:

- a) 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,应避开其他管道、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)200 mm;
- b) 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;
- c) 排放管道的设计应有可靠的疏水;
- d) 装设消音器时,消音器应有足够的通流面积。

#### 8.2.3.2 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 GB/T 12241、GB/T 12242 及 GB/T 12243 的规定。



## 8.2.4 安全防护设施和措施

### 8.2.4.1 一般规定

8.2.4.1.1 下列条件下应采取安全防护措施：

- a) 由工作压力、工作温度和介质特性决定的流体危险性；
- b) 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。

8.2.4.1.2 流体泄漏应采用自动关闭压力源等方法限制。

### 8.2.4.2 布置中的安全防护

8.2.4.2.1 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 GB 50016 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。

8.2.4.2.2 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。

8.2.4.2.3 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。

8.2.4.2.4 地下敷设热力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/T 220 的要求。

## 8.3 图档资料

8.3.1 公用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，并建立燃气管网、热力管网地理信息系统。

8.3.2 公用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。

8.3.3 公用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)  
热力用塑料管道性能参数

A.1 塑料工作管道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

单位为兆帕

塑料工作管		最大允许工作压力			
管材	规格	70℃生活热水	45℃供暖	60℃供暖	75℃供暖
PE-RT II 管	S4/SDR9	0.88	1.23	1.05	1.01
	S5/SDR11	0.70	0.98	0.84	0.80
	S6.3/SDR13.6	0.56	0.78	0.66	0.63
	S8/SDR17	0.44	0.62	0.53	0.50
PB 管	S4/SDR9	1.26	1.84	1.59	1.56
	S5/SDR11	1.00	1.46	1.26	1.24
	S6.3/SDR13.6	0.80	1.16	1.00	0.98
	S8/SDR17	0.63	0.92	0.80	0.78

A.2 塑料工作管道的规格尺寸见表 A.2。

表 A.2 塑料工作管的规格尺寸

单位为毫米

公称外径	公称壁厚			
	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

表 A.2 (续)

单位为毫米

公称外径	公称壁厚			
	S8/SDR17	S6.3/SDR13.6	S5/SDR11	S4/SDR9
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

A.3 热力用塑料管道的弹性模量、线膨胀系数和导热系数、拉伸屈服强度等可按表 A.3~表 A.5 选取。

表 A.3 塑料管道弹性模量

单位为兆帕

物理特性		弹性模量	
管材材料		耐热聚乙烯(PE-RT II)	聚丁烯(PB)
计算温度/℃	-10	1 850	512
	0	1 400	420
	20	910	420
	40	510	290
	60	330	235
	75	220	131

表 A.4 塑料管道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)]
耐热聚乙烯(PE-RT II)	$1.20 \times 10^{-4}$	0.42
聚丁烯(PB)	$1.30 \times 10^{-4}$	0.22

表 A.5 塑料管道的拉伸屈服强度

单位为兆帕

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

**附 录 B**  
(规范性附录)  
常用钢管的性能参数

**B.1** 常用钢管的许用应力见表 B.1。

**表 B.1** 常用钢管材料的许用应力

牌号	常温强度指标		许用应力/MPa						
	$\sigma_b$	$\sigma_s$	<20 °C	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C	350 °C
20	390	235	137	137	137	137	129	119	114
Q235B	375	225	125	125	122	119	113	105	—
L290	415	290	138	138	138	138	—	—	—
L360	460	360	153	153	153	153	—	—	—
Q345B	490	335	163	163	163	158	144	139	135

**B.2** 常用钢管的弹性模量见表 B.2。

**表 B.2** 常用钢管材料的弹性模量

钢材物理特性		弹性模量/( $10^4$ MPa)			
钢 号		20	Q235B	L290/L360	Q345B
计算温度/°C	20	19.8	20.6	20.6	20.6
	100	18.2	20.0	20.0	20.0
	150	18.0	19.6	19.6	19.5
	200	17.5	19.2	19.2	18.9
	250	17.1	18.8	—	18.5
	300	16.6	18.4	—	18.1
	350	16.2	—	—	17.6

**B.3** 常用钢管的线膨胀系数见表 B.3。

**表 B.3** 常用钢管的线膨胀系数

钢材物理特性		线膨胀系数/[ $10^{-6}$ m/(m·K)]			
钢 号		20	Q235B	L290/L360	Q345B
计算温度/°C	100	11.16	12.20	12.2	8.31
	150	11.64	12.60	12.6	9.65
	200	12.12	13.00	12.7	10.99
	250	12.45	13.23	—	11.60
	300	12.78	13.45	—	12.31
	350	13.31	—	—	12.77

参 考 文 献

- [1] TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程
  - [2] TSG D2002 燃气用聚乙烯管道焊接技术规则
  - [3] TSG D7003 压力管道定期检验规则 长输(油气)管道
  - [4] TSG D7004 压力管道定期检验规则 公用管道
  - [5] TSG D7005 压力管道定期检验规则 工业管道
- 

