

城镇供热直埋保温塑料管道技术规程

Buried heating insulation plastic pipe technology procedures  
for urban heating

（征求意见稿）

2019-××-××发布

2019-××-××实施

---

中国城镇供热协会 发布

## 前 言

根据中国城镇供热协会标准化委员会《2018 年第一批团体标准制订计划的通知》中热协标委会【2018】1 号的要求，规程编制组在深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本规程。

本规程的主要技术内容：1、总则；2、术语；3、材料；4、设计；5、管道施工；6、压力试验、清洗和试运行；7、工程竣工验收。

本规程由中国城镇供热协会负责管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。请各单位在执行本规程过程中，注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议寄送中国市政工程华北设计研究总院有限公司（地址：天津市南开区卫津南路奥体道钻石山星城33号楼；邮政编码：300381，电话：022-23545320，邮箱：Wanghuai2935@163.com）和河北昊天热力发展有限公司（地址：河北省沧州市新华区荣官屯；邮政编码：061300，电话：18600618177，邮箱：zhengzhongsheng@163.com），以供今后修订时参考。

本规程主编单位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司、河北昊天热力发展有限公司。

本规程参编单位：中国城市建设研究院有限公司  
北京市建设工程质量第四检测所  
道达尔炼化（中国）有限公司  
天津军星管业集团有限公司  
威迪斯（山东）管道系统有限公司  
福建恒杰塑业新材料有限公司  
天津太合节能科技有限公司  
唐山兴邦管道工程设备有限公司  
天津天地龙管业股份有限公司  
北京豪特耐管道设备有限公司  
北京市热力工程设计有限责任公司  
合肥热电设计院  
廊坊华宇天创能源设备有限公司  
上海科华热力管道有限公司  
合肥热电集团有限公司、西安市热力总公司  
大连科华热力管道有限公司  
亚大塑料制品有限公司  
浙江伟星新型建材股份有限公司  
哈尔滨朗格斯特节能科技有限公司  
淄博洁林塑料制管有限公司  
宁夏青龙塑料管材有限公司  
牡丹江热电有限公司  
洛阳双瑞特种装备有限公司  
北京乔治费歇尔管路系统有限公司。

本规程主要起草人员：王 淮 苗庆伟 赵欣刚 张建兴 郑中胜 张国玉 杨 健  
白冬军 赵启辉 夏 艳 熊召举 许建钦 周曰从 邱华伟

刘秀清 贾丽华 张永康 刘 琴 段文宇 陈 雷 高永军  
石娟玲 吴军见 李 瑜 任磊刚 王 辉 薛彦超 李永峰  
王智旭 刘海威 万 峰。

本规程主要审查人：

## 目 次

|                      |    |
|----------------------|----|
| 1 总 则 .....          | 1  |
| 2 术 语 .....          | 2  |
| 3 材 料 .....          | 4  |
| 3.1 预制保温塑料管 .....    | 4  |
| 3.2 管件及保温 .....      | 4  |
| 3.3 接口材料 .....       | 4  |
| 3.4 材料设计计算参数 .....   | 5  |
| 4 设 计 .....          | 7  |
| 4.1 一般规定 .....       | 7  |
| 4.2 水力计算 .....       | 7  |
| 4.3 管网布置与敷设 .....    | 8  |
| 4.4 管道应力和作用力计算 ..... | 9  |
| 4.5 管道阀门及附件 .....    | 10 |
| 5 施 工 .....          | 11 |
| 5.1 一般规定 .....       | 11 |
| 5.2 沟槽开挖 .....       | 11 |
| 5.3 管道敷设 .....       | 12 |
| 5.4 管道连接 .....       | 12 |
| 5.5 连接质量检验 .....     | 13 |
| 5.6 接头保温 .....       | 14 |
| 5.7 沟槽回填 .....       | 14 |
| 6 压力试验、清洗和试运行 .....  | 16 |
| 6.1 一般规定 .....       | 16 |
| 6.2 压力试验 .....       | 16 |
| 6.3 管网清洗 .....       | 17 |
| 6.4 系统试运行 .....      | 18 |
| 7 工程竣工验收 .....       | 19 |
| 7.1 一般规定 .....       | 19 |
| 7.2 竣工验收资料 .....     | 19 |
| 附录 A 热熔承插焊接连接 .....  | 20 |
| 附录 B 热熔对接连接 .....    | 21 |
| 附录 C 电熔焊接连接 .....    | 27 |
| 本规程用词说明 .....        | 29 |
| 引用标准名录 .....         | 30 |
| 附：条文说明 .....         | 31 |

# 1 总 则

**1.0.1** 为提高供热管道防腐性能，减少热损失，促进我国城镇供热事业的发展，推进塑料供热管道系统在集中供热领域的应用，做到技术先进、经济合理、安全运行和保证工程质量，特制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于设计压力不大于 1.0MPa，设计温度不大于 75℃的热水供热管道，公称管径小于或等于 DN450 的直埋塑料供热管道系统的设计、施工与验收。

**1.0.3** 直埋保温塑料管道的设计与施工除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 塑料管 plastic pipes

由高分子材料复合制成的管道。供热中工作管为Ⅱ型耐热聚乙烯（缩写为 PE-RTⅡ）和聚丁烯（缩写为 PB）。

### 2.0.2 钢塑复合管 plastic-steel-plastic composite pipes

由耐热聚乙烯（PE-RTⅡ）和增强钢带复合挤出成型的塑料管。

### 2.0.3 工作管及管件 working pipe and Fittings

以Ⅱ型耐热聚乙烯（PE-RTⅡ）、聚丁烯（PB）为原料加工制造而成管材、钢塑复合管及管件产品。

### 2.0.4 管系列（S） pipe series

与公称外径和壁厚有关的无量纲数值，可用于指导塑料管材规格的选用。

### 2.0.5 标准尺寸比（SDR） standard dimension ratio

公称外径与公称壁厚比值。

### 2.0.6 保温层 insulating layer

在工作管与外护管之间设置的保温材料层。

### 2.0.7 外护管 out protecting pipe

在工作塑料管和保温层的外侧，设置具有一定的机械强度和防水性能的高密度聚乙烯套管。

### 2.0.8 预制保温塑料管 prefabricated insulation plastic pipe

由塑料工作管（钢塑复合管）、聚氨酯泡沫保温层、高密度聚乙烯外护管三者紧密结合的保温结构，可以直接埋设于土壤中、输送热水的预制保温管。

### 2.0.9 热水供热管网 hot-water heating net-work

自热力站或锅炉房、热泵机房、直燃机房等热源至建筑物热力入口，介质温度不超过 75℃ 热水的供热管网，通常指二级供热管网。

### 2.0.10 无补偿敷设 installation no compensator

直管段不采取人为热补偿措施的直埋敷设方式。

### 2.0.11 热熔承插连接 Socket fusion

用加热工具加热管件承口的内表面和管材插入端的外表面，然后将其管材插入管件并相互熔接，冷却后从而实现相互连接。

### 2.0.12 热熔对接连接 butt fusio

利用专用焊机的加热板将管材端口和尺寸相同的管件端口加热到规定的温度，将两个加热后的端面进行对接，并在压力作用下相互挤压、融合，形成一定的卷边，冷却后从而实现相互连接。

### 2.0.13 电熔连接 electrical fusion

采用专门的电熔管件，由专用的电熔焊机，按照一定的规则控制流过塑料管件中埋设的电阻丝中的电流，使其合理发热，加热塑料管件与塑料管材的连接界面，经过一定时间的熔融，达到熔接目的。

#### **2.0.14 机械连接及管件 mechanical and fitting**

通过机械作用将塑料管件与另一段管材或塑料管道附件连接的管件。一般可在施工现场装配或由制造商在工厂预装。可以通过螺纹、压缩接头或法兰与金属部件连接装配。

#### **2.0.15 接头保温 connection insulation**

保温塑料管道连接处的保温层、外护管的接口处理。

## 3 材料

### 3.1 预制保温塑料管

**3.1.1** 预制保温塑料管道应为塑料工作管、保温层、外护管为一体的工厂预制产品。产品质量应符合现行行业标准《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/T480和现行国家标准《高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温钢塑复合管及管件》GB/TXXXX的规定。

**3.1.2** 预制保温塑料管的工作管可选用Ⅱ型耐热聚乙烯（PE-RTⅡ）、聚丁烯（PB）管材或钢塑复合管，并应符合下列规定：

1 Ⅱ型耐热聚乙烯（PE-RTⅡ）管材应符合现行国家标准《冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统 第2部分：管材》GB/T 28799.2 的规定；

2 聚丁烯（PB）管材应符合现行国家标准《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统 第2部分：管材》GB/T 19473.2 的规定。

3 钢塑复合管应符合现行国家标准《高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温钢塑复合管及管件》GB/TXXXX的规定。

**3.1.3** 预制保温塑料管的保温层应采用硬质聚氨酯泡沫塑料，其物理力学性能应符合《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/T29047的规定。

**3.1.4** 管道保温计算应按《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81的规定执行。

### 3.2 管件及保温

**3.2.1** 预制保温塑料管道工程选用的管件应与管材相匹配，并应符合下列规定：

1 与Ⅱ型耐热聚乙烯（PE-RTⅡ）管材连接的管件应符合现行国家标准《冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统 第3部分：管件》GB/T 28799.3 的规定；

2 与聚丁烯（PB）管材连接的管件应符合现行国家标准《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统 第3部分：管件》GB/T 19473.3 的规定。

3 钢塑复合管管件应符合现行国家标准《高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温钢塑复合管及管件》GB/TXXXX的规定。

**3.2.2** 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。

**3.2.3** 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。

**3.2.4** 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。

**3.2.5** 保温管件应采用塑料工作管、硬质聚氨酯泡沫塑料保温层、高密度聚乙烯外护管紧密结合在一起的工厂预制的产品。

### 3.3 接口材料

**3.3.1** 直埋保温塑料管道接头处补口保温材料，其技术性能应与管材中保温层材质相同。

**3.3.2** 直埋保温塑料管道接头处外护套用电熔套筒，应符合现行国家标准《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/T29047的规定，其焊接性能应满足电熔连接要求。

**3.3.3** 直埋保温塑料管道接头处外护套用电热熔带（卷筒），外观应平整，电热丝嵌入应平顺、均匀、无褶皱、无影响使用的严重翘曲；电热熔带（卷筒）的基材应为管道用聚乙烯材料；中间的电热元件应采用以镍铬为主要成分的电热丝，电热丝应无短路、断路，电阻值不应大于20Ω。电热熔带（卷筒）的拉伸强度应符合相关产品标准的规定。

### 3.4 材料设计计算参数

**3.4.1** 预制保温塑料工作管最大允许工作压力详见表3.4.1。

**表3.4.1 预制保温塑料工作管最大允许工作压力**

| 塑料工作管      |              | 最大允许工作压力（MPa） |         |         |          |
|------------|--------------|---------------|---------|---------|----------|
| 管材         | 规格           | 70℃生活热水       | 45℃地板供暖 | 60℃地板供暖 | 75℃散热器供暖 |
| PE-RT II 管 | S4/SDR9      | 0.93          | 1.27    | 1.09    | 1.0      |
|            | S5/SDR11     | 0.74          | 1.02    | 0.87    | 0.84     |
|            | S6.3/SDR13.6 | 0.59          | 0.81    | 0.70    | 0.63     |
|            | S8/SDR17     | 0.46          | 0.63    | 0.54    | 0.50     |
| PB 管       | S4/SDR9      | 1.26          | 1.83    | 1.58    | 1.53     |
|            | S5/SDR11     | 1.00          | 1.46    | 1.26    | 1.22     |
|            | S6.3/SDR13.6 | 0.80          | 1.16    | 1.00    | 0.97     |
|            | S8/SDR17     | 0.63          | 0.91    | 0.79    | 0.76     |

注：  $P = \sigma_D / S$  公式计算得出。式中：  $P$ —最大允许工作压力；  $\sigma_D$ —设计应力；  $S$ —管系列值。

**3.4.2** 预制保温塑料工作管道的规格尺寸详见表 3.4.2。

**表3.4.2 预制保温塑料工作管规格尺寸**

| 公称外径 | 公称壁厚（mm） |              |          |         |
|------|----------|--------------|----------|---------|
|      | S8/SDR17 | S6.3/SDR13.6 | S5/SDR11 | S4/SDR9 |
| 20   | —        | —            | 2.0      | 2.3     |
| 25   | —        | —            | 2.3      | 2.8     |
| 32   | —        | —            | 2.9      | 3.6     |
| 40   | —        | —            | 3.7      | 4.5     |
| 50   | —        | —            | 4.6      | 5.6     |
| 63   | —        | —            | 5.8      | 7.1     |
| 75   | —        | —            | 6.8      | 8.4     |
| 90   | 5.4      | 6.7          | 8.2      | 10.1    |
| 110  | 6.6      | 8.1          | 10.0     | 12.3    |
| 125  | 7.4      | 9.2          | 11.4     | 14.0    |
| 140  | 8.3      | 10.3         | 12.7     | 15.7    |
| 160  | 9.5      | 11.8         | 14.6     | 17.9    |
| 180  | 10.7     | 13.3         | 16.4     | 20.1    |
| 200  | 11.9     | 14.7         | 18.2     | 22.4    |
| 225  | 13.4     | 16.6         | 20.5     | 25.2    |
| 250  | 14.8     | 18.4         | 22.7     | 27.9    |
| 280  | 16.6     | 20.6         | 25.4     | 31.3    |
| 315  | 18.7     | 23.2         | 28.6     | 35.2    |
| 355  | 21.1     | 26.1         | 32.2     | 39.7    |

|                  |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|
| 400 <sup>a</sup> | 22.7 | 29.4 | 36.4 | 44.7 |
| 450 <sup>a</sup> | 25.6 | 33.1 | 40.9 | 50.3 |

注：1 (S) SDR为管道系列；

2 公称外径400mm和450mm的工作管中应含有骨料的复合塑料管，以增加管道的抗压强度。

**3.4.3** 预制保温塑料工作管的弹性模量、线性膨胀系数和导热系数、拉伸屈服强度可分别按表3.4.3-1、表3.4.3-2和表3.4.3-3取值。

**表3.4.3-1 塑料工作管在不同温度下的弹性模量**

| 管材材料     | 弹性模量 (MPa) |       |       |       |       |       |
|----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | -10℃       | 0℃    | 20℃   | 40℃   | 60℃   | 75℃   |
| PE-RT II | 1390       | 1105  | 765   | 470   | 331   | 173   |
| PB       | 512        | 420   | 420   | 290   | 235   | 131   |
| 钢塑复合管    | 18000      | 18000 | 18000 | 17000 | 16000 | 13000 |

**表3.4.3-2 塑料工作管的线性膨胀系数和导热系数**

| 管材材料     | 线性膨胀系数[m/ (m•k) ]     | 导热系数[W/ (m•K) |
|----------|-----------------------|---------------|
| PE-RT II | $1.2 \times 10^{-4}$  | 0.42          |
| PB       | $1.3 \times 10^{-4}$  | 0.22          |
| 钢塑复合管    | $1.36 \times 10^{-4}$ | 0.42          |

**表3.4.3-3 塑料工作管的拉伸屈服强度**

| 管材材料     | 拉伸屈服强度 (MPa) |      |      |      |      |      |
|----------|--------------|------|------|------|------|------|
|          | -10℃         | 0℃   | 20℃  | 40℃  | 60℃  | 75℃  |
| PE-RT II | 29.2         | 25.4 | 21.1 | 15.5 | 12.9 | 7.6  |
| PB       | 21.5         | 18.9 | 18.2 | 16.8 | 14.9 | 11.5 |
| 钢塑复合管    | 110          | 108  | 105  | 100  | 98   | 96   |

## 4 设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 供热管网设计时，应计算所承担的建筑物设计热负荷，热负荷计算应符合现行行业标准《城镇供热管网设计规范》CJJ34 的规定。对既有建筑应调查历年实际热负荷、耗热量及建筑节能改造情况，按实际耗热量确定设计热负荷。

**4.1.2** 供热管网应采用热水作为供热介质，供水设计温度不大于 75℃，水质应符合下列规定：

1 热力站间接或混水连接系统二级热水供热管网水质，应满足现行行业标准《城镇供热管网设计规范》CJJ 34 的要求；

2 连接锅炉房等热源的低温热水供热管网水质，应满足现行国家标准《工业锅炉水质》GB/T 1576 对热水锅炉水质的要求；

3 应满足室内系统散热设备、管道及附件的要求。

**4.1.3** 用于生活热水系统的管网水质卫生指标，应符合现行国家标准《生活饮用水卫生标准》GB 5749 的规定。

**4.1.4** 塑料供热管道保温结构设计和计算应符合现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81 和现行国家标准《设备及管道绝热技术通则》GB/T 4272、《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175、《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264 的相关规定。

**4.1.5** 电熔连接的管道，其保温层厚度要考虑管件增大对保温层的影响。

**4.1.6** 塑料供热管道应随管道走向设计示踪线（带）和警示带。

### 4.2 水力计算

**4.2.1** 管网管径和循环泵的设计参数应根据水力计算结果确定。当用户分期建设时，主干管应按远期负荷进行管网水力计算、选择管径。

**4.2.2** 用于采暖、空调系统的管网，确定主干线管径时，宜采用经济比摩阻，经济比摩阻数值宜根据工程具体条件计算确定，主干线比摩阻可采用 60 Pa/m～100 Pa/m。

**4.2.3** 支线管径应按允许压力降确定，比摩阻不宜大于 200 Pa/m。

**4.2.4** 用于供暖、空调系统的管网最不利用户的资用压头，应考虑用户系统安装过滤装置、计量装置、调节装置的压力损失。

**4.2.5** 供热管道的最大允许设计流速不宜大于 3.0 m/s。

**4.2.6** 供热管道单位长度沿程水头损失应按式（4.2.6）计算：

$$i = 105K_1 \times C_h^{-1.85} \times d_j^{-4.87} \times G_g^{1.85} \quad (4.2.6)$$

式中：i——管道单位长度沿程水头损失，单位为千帕每米（kPa/m）；

$K_1$ ——水温修正系数，按表 4.2.6 取值；

$C_h$ ——海澄-威廉系数，取 140；

$d_j$ ——管道计算内径（m）；

$G_g$ ——管道设计流量，单位为立方米每秒（m<sup>3</sup>/s）。

表 4.2.6 水温修正系数  $K_1$

| 水温（℃）        | 10   | 20    | 30    | 40    | 50    | 55    |
|--------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 水温修正系数 $K_1$ | 1.00 | 0.943 | 0.895 | 0.856 | 0.822 | 0.808 |

|              |       |       |       |       |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 水温 (°C)      | 60    | 65    | 70    | 75    | 80    | 85    |
| 水温修正系数 $K_1$ | 0.793 | 0.781 | 0.769 | 0.761 | 0.750 | 0.740 |

**4.2.7** 供热管道局部阻力损失可按公式 (4.2.7) 计算:

$$\Delta H_s = \frac{k \times v^2}{2g} \quad (4.2.7)$$

式中:  $\Delta H_s$ ——局部阻力损失 (m);

$k$ ——局部阻力系数;

$v$ ——管道内流速 (m/s);

$g$ ——重力加速度 ( $\text{m/s}^2$ )。

在计算资料不足的情况下, 管道局部水头损失可按管网沿程水头损失的 12%~18% 计算。

### 4.3 管网布置与敷设

**4.3.1** 供热管道布置应符合下列规定:

- 1 居住建筑及公共建筑管网的水力平衡调节装置和热量计量装置应设置在建筑物热力入口内;
- 2 当系统较大、阻力较高、各环路负荷特性或阻力相差悬殊、供水温度不同时, 宜在建筑物热力入口处设二级管网循环泵或混水装置;
- 3 生活热水系统应设循环水管道;
- 4 供热管网宜采用枝状敷设;
- 5 在满足室内各环路水力平衡和供热计量的前提下, 宜减少建筑物热力入口的数量;
- 6 建筑物热力入口装置应设置在专用的空间内, 当设在室外热力小室内时, 热力检查室的防水及排水设施应能满足设备、控制阀和计量仪表对使用环境的要求。

**4.3.2** 管道的布置应符合现行行业标准《城镇供热管网设计规范》CJJ 34和《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81的相关规定。直埋塑料管道与设施的净距应符合表4.3.2的规定:

**表 4.3.2 直埋保温塑料管道与设施的净距**

| 设施名称                  |                      | 最小水平净距 (m)                            | 最小垂直净距 (m)             |
|-----------------------|----------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 给水、排水管道               |                      | 1.5                                   | 0.15                   |
| 排水盲沟                  |                      | 1.5                                   | 0.50                   |
| 燃气管道 (钢管)             | $\leq 0.4\text{MPa}$ | 1.0                                   | 0.15                   |
|                       | $\leq 0.8\text{MPa}$ | 1.5                                   |                        |
|                       | $> 0.8\text{MPa}$    | 2.0                                   |                        |
| 燃气管道 (聚乙烯管)           | $\leq 0.4\text{MPa}$ | 1.0                                   | 燃气管在上 0.5<br>燃气管在下 1.0 |
|                       | $\leq 0.8\text{MPa}$ | 1.5                                   |                        |
| 通讯、照明或 10kV 以下电力线路的电杆 |                      | 1.0                                   | —                      |
| 架空管道支架基础              |                      | 1.5                                   | —                      |
| 乔木、灌木                 |                      | 1.5                                   | —                      |
| 建筑物基础                 |                      | 2.5 ( $\text{dn} \leq 250\text{mm}$ ) | —                      |
|                       |                      | 3.0 ( $\text{dn} \geq 300\text{mm}$ ) | —                      |
| 电缆                    | 通讯电缆及管块              | 1.0                                   | 0.15                   |

| 设施名称 |             |        | 最小水平净距（m） | 最小垂直净距（m） |
|------|-------------|--------|-----------|-----------|
|      | 电力及<br>控制电缆 | ≤35kV  | 2.0       | 0.50      |
|      |             | ≤110kV | 2.0       | 1.00      |

**4.3.3** 直埋敷设保温塑料管道应采用无补偿敷设，并应符合现行行业标准《城镇供热直埋热水供热管道技术规程》CJJ/T 81 的规定。

**4.3.4** 直埋保温塑料管道的最小覆土深度应符合表 4.3.4 的规定。

**表 4.3.4 直埋保温塑料管道的最小覆土深度**

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

**4.3.5** 直埋保温塑料管道的敷设应符合下列规定：

- 1 供热管道的坡度不宜小于0.002，高处应设置放气阀，低处应设泄水阀；
- 2 当地基软硬不一致时，应对地基做特殊处理。

**4.3.6** 直埋保温塑料管道穿越工程应符合现行行业标准《城镇供热管网设计规范》CJJ 34和《城镇燃气管道穿跨越工程技术规程》CJJ/T250的要求，并应符合下列规定：

- 1 穿越铁路、电车轨道和城镇主要干道时，宜垂直穿越。
- 2 通过河流时，可采用河底穿越，在埋设管道位置的河流两岸上、下游应设立标志。
- 3 定向钻穿越时，工作塑料管应至少采用SDR11系列管材。

## 4.4 管道应力和作用力计算

**4.4.1** 塑料工作管应力应按系统最大工作压力计算。

**4.4.2** 塑料工作管道在进行受力计算与应力验算时，供热介质参数和安装温度应符合下列规定：

- 1 热水管道供、回水管道的计算压力应采用循环水泵最高出口压力加上循环水泵与管道最低点地形高差产生的静水压力；
- 2 管道工作循环最高工作温度，应采用室外供暖计算温度下的管网计算供水温度；管道工作循环最低温度，对于全年运行的管网应采用30℃，对于只在供暖期运行的管网应采用10℃；
- 3 计算安装温度取安装时当地的最低温度。

**4.4.3** 对应不同设计压力，应按表 3.4.1 来选取相应管系列S的塑料工作管道。

**4.4.4** 应力验算应符合下列规定：

- 1 沿管道长度方向的轴向应力按下式计算：

$$\sigma_1 = \nu \times \sigma_t - \alpha \times E(t_1 - t_0) \quad (4.4.4-1)$$

式中： $\sigma_1$ ——轴向应力 (MPa)；

$\nu$ ——管材的泊松系数；

$\sigma_t$ ——管道内压引起的环向应力 (MPa)；

$\alpha$ ——材料的线膨胀系数[m/(m·℃)]；

$E$ ——材料的弹性模量 (MPa)；

$t_1$ ——管道工作循环最高温度 (℃)；

$t_0$ ——管道计算安装温度 (℃)。

2 沿管道直径方向的径向应力按式 (4.4.4-3) 计算:

$$\sigma_2 = P_n \quad (4.4.4-2)$$

式中:  $\sigma_2$ ——径向应力 (MPa);

$P_n$ ——管道的工作压力 (MPa)。

3 环向应力按式 (4.4.4-4) 计算:

$$\sigma_3 = \sigma_t = \frac{P_n(D_0^2 + D_i^2)}{D_0^2 - D_i^2} \quad (4.4.4-3)$$

式中:  $\sigma_3$ ——环向应力 (MPa);

$D_0$ ——工作管外径 (m);

$D_i$ ——工作管内径 (m)。

4 管道屈服时的相当应力按式 (4.4.4-5) 计算:

$$\sigma_{ep} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \geq 1.2[\sigma] \quad (4.4.4-4)$$

式中:  $\sigma_{eq}$ ——相当应力 (MPa);

$[\sigma]$ ——许用应力 (MPa)。

## 4.5 管道阀门及附件

**4.5.1** 在建筑物热力入口处, 供、回水管道上应设阀门、温度计、压力表, 供、回水管之间宜设旁通管并加阀门, 在供水入口调节阀、流量计、热量表前的管道上应设过滤器。

**4.5.2** 在建筑物热力入口处, 供暖、通风, 空调系统应分系统设水力平衡调节装置, 生活热水系统循环管上宜设水力平衡调节装置。水力平衡调节装置的安装应符合产品的要求。

**4.5.3** 热量表应符合现行国家标准《热量表》GB/T 32224的规定。热量表的安装位置、过滤器的规格应符合热量表的产品要求。

**4.5.4** 管网的各种设备、阀门、热量表及热力入口装置的使用要求及防水等级, 应满足安装环境条件。

**4.5.5** 建筑物热力入口处的温度、压力、流量、热量信号并传至控制中心。

## 5 施 工

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 直埋保温塑料管道施工应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28和《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T81的规定。

**5.1.2** 施工前,设计单位应向施工单位进行设计图纸的技术交底。施工单位应按设计要求对管线进行平面位置和高程测量,并应会同建设、监理等单位核对管道路由、相关地下管道以及构筑物的资料,必要时应局部开挖核实。

**5.1.3** 施工单位开工前应熟悉图纸和现场,并应按建设单位或监理单位审定的施工组织设计组织施工。操作人员应经培训,掌握材料的一般性能、操作要点及安全施工知识,并应持特殊工种上岗证上岗。

**5.1.4** 直埋保温塑料管道应符合现行国家有关产品的标准,并应具有生产厂质量检验部门的产品合格文件。在入库和进入施工现场安装前应进行进场验收,其材质、规格、型号应符合设计文件和合同的规定。并应对到货现场的供热直埋保温塑料管、保温层进行性能复检,由具备检测资质的第三方检测单位提供复检合格证明。不合格者不得使用。

**5.1.5** 在地下水位较高的地区或雨季施工时,应采取降低水位或排水措施,并应及时清除沟内积水。

**5.1.6** 在沿车行道、人行道施工时,应在管沟沿线设置安全护栏,并应设置明显的警示标志。在施工路段的路线上,应设置夜间警示灯。

**5.1.7** 直埋保温塑料管道连接宜采用沟底连接,沟底连接处应设置工作坑。

**5.1.8** 直埋保温塑料管道连接当日工程完工时,应对未安装完成的管端采取封堵措施,并应对裸露的保温层进行封端防水处理。

**5.1.9** 直埋保温塑料管道连接完成后,应按要求进行接头质量检查,不合格的接头必须返工,返工后应重新进行接头质量检查。

### 5.2 沟槽开挖

**5.2.1** 沟槽开挖前,应对设置的临时水准点、管道轴线控制桩、高程桩进行复核。施工测量的允许偏差应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的规定。

**5.2.2** 管沟沟底宽度和工作坑尺寸应根据现场实际情况确定,设计未规定时,可按下列规定执行:

1 沟底宽度可按下式确定:

$$B = 2D_w + S + 2C \quad (5.2.2)$$

式中:  $B$ ——沟底宽度 (m);

$D_w$ ——外护管外径 (m);

$S$ ——两管之间的净距 (m), 取0.25~0.40;

$C$ ——安装工作宽度 (m), 取0.10~0.20。

2 工作坑尺寸(沟底连接),管道连接处工作坑的沟槽壁或侧面支撑与管道的净距不宜小于0.6m,工作坑的沟槽底面与管道的净距不应小于0.2m,工作坑长度不应小于0.5m。

**5.2.3** 沟槽开挖严格控制基底高程，不得扰动基底原状土层。基底设计标高以上0.2m的原状土，应人工清理至设计标高。当槽底遇有坚硬物体、生活垃圾、建筑垃圾、腐殖土时，必须清除。槽底局部超挖时，应按以下方法处理：

1 沟槽超挖在150mm以内时，用原土回填夯实，其压实度不应低于90%。沟槽超挖在150mm以上时，采用石灰土处理，压实度不应低于95%。

2 槽底有地下水或含水量较大时，应采用天然级配砂石或天然砂回填到设计标高。

### **5.3 管道敷设**

**5.3.1** 直埋保温塑料管道应在沟底标高和管沟基础质量检查合格后，方可敷设。

**5.3.2** 下管时，应采用非金属绳（带）捆扎和吊运，并应防止管道（外护管）划伤、扭曲或承受过大的拉伸和弯曲。

**5.3.3** 直埋保温塑料管道宜采用直线敷设，可随地形自然弯曲。在管道敷设过程中出现折角或管道折角大于设计值时，应与设计单位确认后再进行敷设。

**5.3.4** 直埋保温塑料管道敷设坡度、埋深应与设计要求一致。

**5.3.5** 直埋保温塑料管道穿越工程应符合现行行业标准《城镇燃气管道穿跨越工程技术规程》CJJ/T250的规定，并应符合下列规定：

1 穿越铁路、电车轨道和城镇主要干道时，不得影响交通通行。

2 通过河流时，采用河底穿越，要保证最小覆土深度；开挖敷设时需采取稳管措施，防止管道漂浮及移位。

3 定向钻穿越时，应符合下列规定：

1) 沟底不应有可能损伤管道表面的石块和尖凸物，拖拉长度不宜超过300m；

2) 工作塑料管的曲率半径不应小于管径的500倍；

3) 应具有保温接头不被损坏的保护措施；

4) 管道回拖前，应对焊接完成的管段进行水压试验；

5) 回拖结束后，应将管道放置 24h 以上，待管道在穿越过程中的拉伸应力充分释放后，方可与两端管道进行连接。

### **5.4 管道连接**

**5.4.1** 管道连接的环境温度宜在-5~45℃范围内，在温度低于-5℃或风力大于 5 级的条件下进行连接操作时，应采取保温、防风措施，并应调整连接工艺；在炎热夏天进行连接操作时，应采取遮阳措施。

**5.4.2** 管材、管件存放处与施工现场温差较大时，连接前应将管材、管件在施工现场放置一定时间，使其温度接近施工现场温度。

**5.4.3** 管道连接前应对管材、管件及管道附件按设计要求进行核对，并进行外观质量检查。

**5.4.4** 公称外径小于90mm的工作管道宜采用电熔承插焊接或承插热熔焊接，公称外径大于或等于90mm的工作管道可采用热熔对接焊接或电熔承插焊接。

**5.4.5** 工作管道连接必须根据不同连接形式选用专用的焊接设备。聚乙烯系统焊接设备应符合《塑料管材和管件 聚乙烯系统熔接设备 第1部分：热熔对接》GB/T 20674.1和《塑料管材和管件 聚乙烯系统熔接设备 第2部分：电熔对接》GB/T20674.2的规定。

**5.4.6** 工作管道连接时，管材切割应采用专用割刀或切管工具，工作管切割端面应平整并垂直于管轴线。

**5.4.7** 应采用相同牌号材料生产的管材和管件进行焊接，当无法避免时应进行焊接工艺评定。

**5.4.8** 热熔承插连接步骤参见本规程附录A

**5.4.9** 热熔对接连接操作步骤参见本规程附录B。

**5.4.10** 电熔焊接连接操作步骤参见本规程附录C。

**5.4.11** 无论电熔焊接还是热熔焊接，每一道焊口都应进行外观预验；工作管道焊接检验主要手段为非破坏性检验，通过目测、专用工具等用于现场质量控制和操作人员的自检。

**5.4.12** 工作管道与金属管道或阀门、流量计、压力表等管道配件的连接应采用法兰连接。法兰连接应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的规定。

**5.4.13** 阀门的安装应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的规定。

**5.4.14** 工作管钢塑转换接头连接应符合现行国家标准《燃气用聚乙烯管道系统的机械管件 第1部分：公称外径不大于63mm的管材用钢塑转换管件》GB26255.1和《燃气用聚乙烯管道系统的机械管件 第2部分：公称外径大于63mm的管材用钢塑转换管件》GB26255.2的规定，并符合下列规定：

- 1 钢塑转换接头钢管端与金属管道连接应符合设计要求。
- 2 钢塑转换接头钢管端与钢管焊接时，在钢塑过渡段应采取降温措施。
- 3 钢塑转换接头连接后应对接头进行防腐处理，并应达到原设计防腐要求。

## **5.5 连接质量检验**

**5.5.1** 工作管道连接前，在施工现场应对管材、管件及管道附属设备进行查验，并应符合设计要求。对产品检验合格证、检验报告、产品进场验收记录等进行100%检查。

**5.5.2** 工作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%，管件及管道附属设备的外包装应完好。并检查、清理工作管杂物及污垢，用尺量测、目测等方式进行100%检查。

**5.5.3** 热熔对接接头质量检验应符合下列规定：

1 卷边对称性检验：沿管道元件整个圆周内的接头卷边应平滑、均匀、对称，卷边融合线的最低处不应低于管道元件的外表面；

2 接头对正性检验：接口两侧紧邻卷边的外圆周上任何一处的错边量不应超过管道元件壁厚的10%；

3 卷边切除检验时，应使用专用工具切除接口外部的熔接卷边，检验应符合下列规定：

- 1) 卷边应是实心圆滑的，根部较宽；
- 2) 卷边切割面中不应有夹杂物、小孔、扭曲和损坏；
- 3) 背弯检验时，卷边切割面中线附近不应有开裂、裂缝，也不得露出熔合线。

4 用目测、量规量测和检查焊缝记录，卷边对称性检验与接头对正性检验应全部检查，卷边切除检验随机抽取不少于15%接头检查。

**5.5.4** 电熔承插连接接头的质量检验应符合下列规定：

- 1 电熔管件与管材或插口管件的轴线应对正；
- 2 管材或插口管件在电熔管件端口处的周边表面应有明显的刮皮痕迹；
- 3 电熔管件端口的接缝处不应有熔融料溢出；

- 4 电熔管件内的电阻丝不应被挤出；
  - 5 从电熔管件上的观察孔中应能看到指示柱移动或有少量熔融料溢出，但溢料不应呈流淌状；
  - 6 用目测进行 100%检查。
- 5.5.5** 电熔鞍形连接接头的质量检验应符合下列规定：
- 1 电熔鞍形管件周边的管道表面上应有明显的刮皮痕迹；
  - 2 鞍形分支或鞍形三通的出口应垂直于管道的中心线；
  - 3 管壁不应塌陷；
  - 4 熔融料不应从鞍形管件周边溢出；
  - 5 从鞍形管件上的观察孔中应能看到指示柱移动或有少量熔融料溢出，但溢料不应呈流淌状。
  - 6 用目测进行 100%检查。

## 5.6 接头保温

**5.6.1** 接头保温应在现场施工及管道系统水压试验完成后进行。

**5.6.2** 接头保温发泡应采用专用发泡机械注料，接头保温应符合下列规定：

- 1 使用聚氨酯发泡时，环境温度宜为 25℃，且不小于 10℃；
- 2 接头保温的材质和厚度应与预制保温层相同；
- 3 施工过程中应对保温管的保温层采取防潮措施，若预制保温层被水浸泡，应清除被浸泡的保温材料方可进行接头保温；
- 4 接头外护管与其两侧的保温外护管的搭接长度不小于 100mm。接口时，外护管与工作管表面应清洁干燥。

**5.6.3** 接头外护管连接完毕且发泡前应进行100%气密性检验，应符合现行国家标准《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/T29047和《城镇供热直埋保温管道接头保温技术条件》GB/TXXXX的相关规定。

## 5.7 沟槽回填

**5.7.1** 直埋保温塑料管道敷设完毕并经外观检验合格后，应及时进行沟槽回填。在强度试验前，除接头部位可外露外，管道两侧和管顶以上的回填高度不宜小于0.5m，强度试验合格后，应及时回填其余部分。

**5.7.2** 回填前应检查沟槽，沟槽内不得有积水、砖、石、木块等杂物，若有应清除干净。

**5.7.3** 沟槽回填应从两侧同时对称均衡进行，并应保证管道不产生位移。必要时应对管道采取临时限位措施，防止管道上浮。

**5.7.4** 直埋保温塑料管道系统中阀门井等附属构筑物周围回填应符合下列规定：

- 1 井室周围的回填，应与管道沟槽回填同时进行，不能同时进行，应留阶梯形接茬；
- 2 井室周围回填压实时应沿井室中心对称进行，且不得漏夯；
- 3 回填材料压实后应与井壁紧贴；
- 4 路面范围内的井室周围，应采用石灰土、砂、砂砾等材料回填，且回填宽度不宜小于200mm；
- 5 严禁在槽壁取土回填。

**5.7.5** 沟槽回填时，不得回填淤泥、有机物或冻土，回填土中不得含有石块、砖及其他杂物。

**5.7.6** 管基设计中心角范围内应采取中粗砂填充密实，并应与外护管管壁紧密接触，不得用土或其他材料填充。

**5.7.7** 沟槽回填时，回填土或其他回填材料应从沟槽两侧对称运入槽内，不得直接回填在供热管道上，不得损伤供热管道及其接口。

**5.7.8** 回填土的厚度应根据夯实或压实机具及压实度而定，虚铺厚度应符合表5.7.8的规定。

**表5.7.8 回填土的虚铺厚度表**

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

**5.7.9** 当沟槽采用钢板桩支护时，应在回填达到规定高度后，方可拔除钢板桩。钢板桩拔除后应及时回填桩孔，并应填实。当采用砂灌填时，可冲水密实；当对周围环境影响有要求时，可采取边拔桩边注浆措施。

**5.7.10** 直埋保温塑料管道管区回填施工应符合下列规定：

1 管底基础到管顶以上0.5m范围内，必须采用人工回填，轻型压实设备夯实，不得采用机械推土回填；

2 回填、夯实应分层对称进行，每层回填土高度不应大于200mm，不得单侧回填、夯实；

3 管顶0.5m以上采用机械回填压实时，应从管轴线两侧同时均匀进行，并夯实、碾压。

**5.7.11** 管道回填作业每层土的压实遍数，应根据压实度要求、压实工具、虚铺厚度和含水量，经现场试验确定。

**5.7.12** 采用重型压实机械压实或较重车辆在回填土上行使时，管顶以上应有一定厚度的压实回填土，其最小厚度应根据压实机械的规格和管道的设计承载能力，经计算确定。

**5.7.13** 管道管顶0.5m以上部位回填土的压实度，应按相应的场地或道路设计要求确定，不宜小于90%；管顶0.5m以下各部位回填土应符合表5.7.13的规定。

**表5.7.13 沟槽回填土压实度与回填材料**

| 回填部位          |           | 压实度（%） | 回填材料                            |
|---------------|-----------|--------|---------------------------------|
| 管道基础          | 管底基础      | ≥90    | 中砂、粗砂                           |
|               | 管道有效支撑角范围 | ≥95    | 中砂、粗砂、碎石屑、最大粒径小于40mm的沙砾或符合要求的原土 |
| 管道两端          |           | ≥95    |                                 |
| 管顶以上0.5m内     | 管道两侧      | ≥90    |                                 |
|               | 管道上部      | 85±2   |                                 |
| 管顶以上0.5m~1.0m |           | ≥90    | 原土                              |

注：回填土的压实度，除设计要求用重型机击实标准外，其他皆以轻型机击实标准试验获得最大干密度为100%。

## 6 压力试验、清洗和试运行

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 直埋保温塑料管道安装完毕后,除接口部位外,管道两侧和管顶以上的回填应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28的有关规定。当管道系统中最后一个接口连接的焊接冷却时间或粘接固化时间达到要求后,方可进行水压试验。

**6.1.2** 水压试验应分为预试验和主试验两个阶段。

**6.1.3** 管道系统采用两种或两种以上管材时,宜按不同管材分别进行水压试验;不具备分别水压试验条件或设计无具体要求时,应采用其中水压试验控制最严的管材标准进行水压试验。

**6.2.4** 水压试验应符合下列规定:

- 1 压力试验的介质应采用清洁水;
- 2 压力试验时环境温度不宜低于 5℃,否则应采取防冻措施;
- 3 压力试验的管段长度不宜超过 500m;
- 4 当试验过程中发现渗漏时,严禁带压处理,消除缺陷后,应重新进行压力试验;
- 5 试验结束后,应及时排尽管道内的积水。

**6.1.5** 试验压力应符合下列规定:

- 1 聚乙烯(PE-RT II)和聚丁烯(PB)管道试验压力不应小于工作压力的 1.5 倍,且不应小于 0.8MPa;
- 2 钢塑复合管道试验压力应大于工作压力 0.5MPa,且不应小于 0.9MPa。

**6.1.6** 直埋保温塑料管道水压试验、冲洗与试运行,除应符合本章规定外,尚应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28的有关规定。

### 6.2 压力试验

**6.2.1** 水压试验前,施工单位应编制水压试验方案,并应包括下列内容:

- 1 后背及堵板的设计;
- 2 进水管路、排气孔及排水孔的设计;
- 3 加压设备、压力计的选择及安装的设计;
- 4 排水疏导措施;
- 5 升压分级的划分及观测制度的规定;
- 6 试验管道的稳定措施和安全措施。

**6.2.2** 水压试验前准备工作应符合下列规定:

- 1 管道及附属设备、管件、管端的后背及堵板等固定或加固支撑措施应安装合格,并应达到承载力要求;
- 2 除接口位置外,管道两侧及管顶以上应按要求回填;
- 3 试验管段不得用阀门做堵板,不得含有消火栓、水锤消除器、安全阀等附件,系统包含的阀门,应处于全开状态;
- 4 加压设备应有不少于两块压力计。采用弹簧压力计时,弹簧压力计应在校准有效期内,使用前应经校正,且精度不得低于 1.5 级,最大量程范围宜为试验压力的 1.3 倍~1.5 倍,表壳的公称直径不宜小于 150mm;

5 管道内的杂物应清理干净；

6 试验管段所有敞口应封闭，不得有渗漏水现象。

**6.2.3** 试验管段注水应从下游缓慢注入，注入时在试验管段上游的管顶及管段中的高点应设置排气阀，并将管段内的气体排出。

**6.2.4** 管段应分级升压，每升一级应检查后背、管身及接口，无异常现象时再继续升压。管段升压时，管段内的气体应排除；升压过程中，发现弹簧压力表指针摆动、不稳，且升压较慢时，应重新排气后再升压。

**6.2.5** 直埋保温塑料管道预试验阶段应符合下列规定：

1 将试验管段内水压应缓缓地升至试验压力并稳压 30min；

2 期间如有压力下降可注水补压，但不得高于试验压力；

3 当管道接口、配件等处有漏水、损坏现象时，应及时停止试压，查明原因并应采取相应措施后重新试压。

**6.2.6** 直埋保温塑料管道主试验阶段应符合下列规定：

1 聚乙烯（PE-RT II）和聚丁烯（PB）管道：预试验阶段结束，停止注水补压并稳定 30min 后，压力下降不应大于 60kPa，再稳压 2h 后压力下降不应大于 20kPa，水压试验结果应判定为合格；

2 钢塑复合管道：预试验阶段结束后，停止注水补压并稳定 15min 后，压力下降不应大于 20kPa，再将试验压力降至工作压力并保持恒压 30min，压力不降、无渗漏，水压试验结果应判定为合格。

**6.2.7** 水压试验结束后，释放试验管段压力应缓慢进行。

**6.2.8** 水压试验时，不得修补缺陷。遇有缺陷时，应作出标记，泄压后应进行修补。

**6.2.9** 重新试压应在试验管段压力释放 8h 后方可重新开始。

**6.2.10** 试验合格后，应填写强度试验记录和严密性试验记录，记录内容应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。

## 6.3 管网清洗

**6.3.1** 直埋保温塑料管道清洗应在压力试验后、试运行前进行。

**6.3.2** 清洗应符合下列规定：

1 清洗宜采用清洁水；

2 不与供热管道同时清洗的设备、容器及仪表应与清洗管道隔离或拆除；

3 清洗进水管的截面积不应小于被清洗管道截面积的50%，清洗排水管截面积不应小于进水管截面积，排放水应引入可靠的排水井或排水沟内；

4 清洗宜按主干线—支干线—支线顺序进行，排水时，不得形成负压；

5 清洗前应将供热管道充满水，冲洗的水流方向应与设计介质流向一致；

6 清洗应连续进行，并应逐渐加大管内流量，管内平均流速不应低于1m/s；

7 清洗过程中应观察排出水清洁度，当目测排水口水色和透明度与入口一致时，即清洗合格。

**6.3.3** 直埋保温塑料管道清洗合格后，应填写情况检验记录，记录内容应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的规定。

**6.3.4** 清洗完成后，应在分项工程、分部工程验收合格的基础上进行单位工程验收，并应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的规定。

## **6.4 系统试运行**

**6.4.1** 试运行应在单位工程验收合格，同时在热源具备供热条件的情况下进行。

**6.4.2** 试运行前应编制试运行方案，对试运行各个阶段的任务、方法、步骤、指挥等方面的协调配合及应急措施均应作详细的安排。在环境温度低于5℃时，应制定可靠的防冻措施。试运行方案应由建设单位、设计单位审查同意并进行交底。

**6.4.3** 试运行前应有完善、可靠的通讯系统及其他安全保障措施。

**6.4.4** 试运行的实施应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的规定。

**6.4.5** 当试运行期间发现不影响运行安全和试运行效果的问题时，可待试运行结束后进行处理，否则应停止试运行，并应在降温、降压后进行处理。

**6.4.6** 试运行合格后，应填写试运行记录，记录内容应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28的规定。

## 7 工程竣工验收

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 直埋保温塑料管道的竣工验收，应在单位工程验收和试运行合格后进行。

**7.1.2** 工程验收应复检下列主要项目：

- 1 附属构筑物结构防水效果；
- 2 防腐和保温；
- 3 竣工资料。

**7.1.3** 直埋保温塑料管道竣工验收合格后，应签署验收文件，移交工程，应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的规定，并填写竣工交接书。

**7.1.4** 在试运行结束后3个月内应向城建档案馆、管道管理单位提供纸质版竣工资料和电子版竣工资料，所有隐蔽工程应提供影像资料。

**7.1.5** 工程竣工验收后，保修期不应少于2个采暖期。

### 7.2 竣工验收资料

**7.2.1** 竣工验收时施工单位应提供下列资料：

- 1 施工技术资料：施工组织设计、图纸会审记录，技术交底记录，工程变更及洽商记录等；
- 2 施工管理资料：工程概况、开工报告、施工日志、事故处理报告；
- 3 工程物资资料：工程用原材料、构配件等质量证明文件，进场检验或复试报告、主要设备合格证书及进场验收文件和竣工图、安装说明书、技术性能说明书、专用工具和备件的移交证明；
- 4 施工测量监测资料：工程定位及复核记录、施工沉降和位移等观测记录；
- 5 施工记录应包括下列资料：
  - 1) 检查及情况处理记录：隐蔽工程检查记录、地基处理记录、钎探记录、验槽记录、管道变形记录、管道焊口检查和管道排位记录（图）、混凝土浇筑等；
  - 2) 设备安装记录：各种管件和设备安装记录等。
- 6 施工试验及检测报告：回填压实检测记录、管道检测报告、管道强度和严密性试验记录、管道的冲洗记录、管道试运行记录等；
- 7 施工质量验收资料：分项、分部工程质量验收记录、单位工程质量评定记录；
- 8 工程竣工验收资料：竣工报告、竣工测量报告、工程安全和功能、工程观感及内业资料核查等。

**7.2.2** 竣工验收时，检查项目应包括下列规定：

- 1 输热能力应达到设计参数，输热损耗应符合国家标准规定，管网末端的水力工况、热力工况应满足末端用户的需求；
- 2 工程档案资料应符合要求。

## 附录 A 热熔承插焊接连接

**A.0.1** 应根据工作管或管件的规格，选用相应的夹具，将工作管、管件的连接端伸出夹具，自由长度不应小于公称直径的10%，并校直使其在同一轴线上。

**A.0.2** 在工作管插口端划出插入深度标线，并刮除管材连接段表皮氧化层和保温层残渣，用洁净棉布擦净连接面。

**A.0.3** 采用热熔承插连接设备加热工作管插口和管件承口，加热时间应符合表A.0.3-1和表A.0.3-2的规定：

**表A.0.3-1 聚乙烯（PE-RT II）承插热熔焊接工艺参数**

| 公称外径（mm） | 插入深度（mm） | 加热时间（s） | 加压保持时间（s） | 冷却时间（min） |
|----------|----------|---------|-----------|-----------|
| 16       | 15       | 4       | 15        | 2         |
| 20       | 15       | 4       | 15        | 2         |
| 25       | 18       | 6       | 15        | 2         |
| 32       | 20       | 7       | 20        | 4         |
| 40       | 22       | 10      | 20        | 4         |
| 50       | 25       | 16      | 30        | 4         |
| 63       | 28       | 22      | 30        | 6         |
| 75       | 31       | 28      | 40        | 6         |

注：公称外径≤50mm，加热温度为 $240 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ；公称外径≥63mm，加热温度为 $260 \pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

**表 A.0.3-2 聚丁烯（PB）承插热熔焊接工艺参数**

| 公称外径（mm） | 最小厚度（mm） | 插入深度（mm） | 加热时间（s） | 加压保持时间（s） | 冷却时间（min） |
|----------|----------|----------|---------|-----------|-----------|
| 16       | 2.0      | 15       | 5       | 15        | 2         |
| 20       | 2.0      | 15       | 6       | 15        | 2         |
| 25       | 2.3      | 18       | 6       | 15        | 2         |
| 32       | 3.0      | 20       | 10      | 20        | 4         |
| 40       | 3.7      | 22       | 14      | 20        | 4         |
| 50       | 4.6      | 25       | 18      | 30        | 4         |
| 63       | 5.8      | 28       | 22      | 30        | 6         |
| 75       | 6.8      | 31       | 26      | 60        | 6         |
| 90       | 8.2      | 36       | 30      | 75        | 6         |
| 110      | 10       | 42       | 35      | 90        | 6         |

注：加热温度为 $260 \pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

**A.0.4** 加热时间达到工艺要求后，应迅速撤出加热工具，检查连接件加热面熔化的均匀性，不得有损伤，并应迅速用均匀外力使插口端插入承口内，至插入深度标线位置。

**A.0.5** 在保压冷却期间不得移动连接件或在连接件上施加任何外力。

## 附录 B 热熔对接连接

**B.0.1** 管道热熔连接的环境温度宜在 $-5\sim 45^{\circ}\text{C}$ 范围内，在温度低于 $-5^{\circ}\text{C}$ 或风力大于5级的条件下进行热熔连接操作时，应采取保温、防风措施，并应调整连接工艺；在炎热夏天进行热熔连接操作时，应采取遮阳措施。

**B.0.2** 管材、管件存放处与施工现场温差较大时，连接前应将管材、管件在施工现场放置一定时间，使其温度接近施工现场温度。

**B.0.3** 热熔对接连接操作应符合下列规定：

1 根据管材或管件的规格，选用相应的夹具，连接件的连接端应伸出夹具，自由长度不应小于公称直径的10%，移动夹具使待连接件端面接触，并校直对应的待连接件，使其在同一轴线上，错边不应大于壁厚的10%；

2 应将管材或管件的连接部位擦拭干净，并铣削待连接件端面，使其与轴线垂直，切削平均厚度不宜超过0.2mm，切削后的熔接面应防止污染；

3 连接件的端面应使用热熔对接连接设备加热；

4 吸热时间达到工艺要求后，应迅速撤出加热板，检查待连接件的加热面熔化的均匀性，不得有损伤。在规定的时间内用均匀外力使连接面完全接触，并翻边形成均匀一致的双凸缘；

5 在保压冷却期间不得移动连接件或在连接件上施加任何外力。

**B.0.4** 热熔对接连接步骤应符合下列规定：

1 热熔对接连接设备应符合下列规定：

1) 支架应坚固稳定，能保证加热板和铣削工具切换方便及管材或管件方便的移动和校正对中；

2) 夹具应能固定管材或管件，并能使管材或管件快速定位或移开；

3) 铣刀应为双面铣削刀具，应能将待连接的管材或管件端面铣削成垂直于管材中轴线的清洁、平整、平行匹配面；

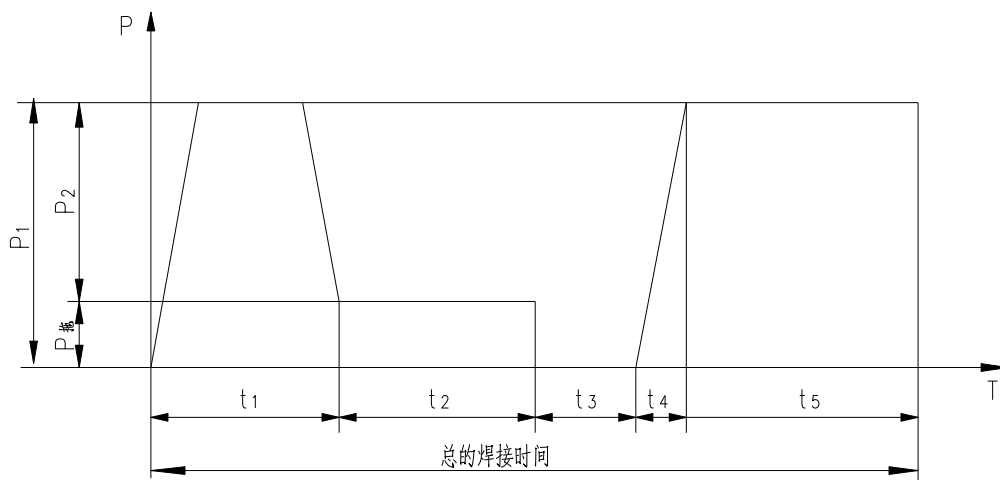
4) 加热板表面结构应完整，并保持洁净，温度分布应均匀，允许偏差为设定温度的 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ；

5) 压力系统的压力显示分度值不应大于0.1MPa；

6) 焊接设备使用电源的电压波动范围应不大于额定电压的 $\pm 10\%$ ；

7) 热熔对接连接设备应定期校准和检定，周期不宜超过1年。

2 热熔对接连接的焊接工艺应符合图 B.0.4-1 的规定，焊接参数应符合表 B.0.4-1 和表 B.0.4-2 的规定，具体焊接参数宜按表 B.0.4-3、表 B.0.4-4、表 B.0.4-5、表 B.0.4-6 和表 B.0.4-7 的规定。



$P_2$ —焊接规定的压力（表压，MPa）； $P_{拖}$ —拖动压力（表压，MPa）； $t_1$ —卷边达到规定高度的时间； $t_2$ —焊接所需要的吸热时间（s）， $t_2 = \text{管材壁厚} \times 10$ （壁厚单位：mm）； $t_3$ —切换所规定的时间（s）； $t_4$ —调整压力到  $P_1$  所规定的时间（s）； $t_5$ —冷却时间（min）。

图 B.0.4-1 热熔对接焊焊接工艺

表 B.0.4-1 聚乙烯（PE-RT II）热熔对接焊焊接工艺参数

| 焊接工艺参数                 | 对应值                              |
|------------------------|----------------------------------|
| 加热板温度（℃）               | 225~230                          |
| 初始卷边尺寸（mm）             | 1~4                              |
| 吸热时间 $t_2$ （s）         | $10e_n$                          |
| 切换时间 $t_3$ （s）         | 5~13                             |
| 热熔对接压力 $P_2$ （MPa）     | $(0.15 \pm 0.01) \times A_1/A_2$ |
| 增压时间 $t_4$ （s）         | 5~18                             |
| 在焊机内保压冷却时间 $t_5$ （min） | 10~40                            |

注：1 以上参数基于环境温度为 20℃；

2  $A_1$ —管材的截面积（mm<sup>2</sup>）； $A_2$ —焊机液压缸中活塞的总有效面积（mm<sup>2</sup>），由焊机生产厂家提供。

表 B.0.4-2 聚丁烯（PB）热熔对接焊焊接工艺参数

| 焊接工艺参数                 | 对应值                              |
|------------------------|----------------------------------|
| 加热板温度（℃）               | 245~265                          |
| 初始卷边尺寸（mm）             | 0.5~1.5                          |
| 切换时间 $t_3$ （s）         | 5~8                              |
| 热熔对接压力 $P_2$ （MPa）     | $(0.10 \pm 0.01) \times A_1/A_2$ |
| 增压时间 $t_4$ （s）         | 8~15                             |
| 在焊机内保压冷却时间 $t_5$ （min） | 7~30                             |

注：1 以上参数基于环境温度为 20℃；

2  $A_1$ —管材的截面积（mm<sup>2</sup>）； $A_2$ —焊机液压缸中活塞的总有效面积（mm<sup>2</sup>），由焊机生产厂家提供。

表 B.0.4-3 聚乙烯（PE-RT II）SDR9/S4 管材热熔对接焊参数

| 公称直径 $d_n$ （mm） | 管材壁厚 $e$ （mm） | $P_2$ （MPa） | 压力= $P_1$ 凸起高度 $h$ （mm） | 压力 $\approx P_{拖}$ 吸热时间 $t_2$ （s） | 切换时间 $t_3$ （s） | 增压时间 $t_4$ （s） | 压力= $P_1$ 冷却时间 $t_5$ （min） |
|-----------------|---------------|-------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------------------|
| 90              | 10.1          | 380/ $A_2$  | 1.5                     | 101                               | $\leq 6$       | $< 7$          | $\geq 11$                  |

|     |      |                     |     |     |     |     |     |
|-----|------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 110 | 12.3 | 566/A <sub>2</sub>  | 2.0 | 123 | ≤8  | <7  | ≥14 |
| 125 | 14.0 | 732/A <sub>2</sub>  | 2.0 | 140 | ≤8  | <8  | ≥15 |
| 140 | 15.7 | 919/A <sub>2</sub>  | 2.0 | 157 | ≤8  | <9  | ≥17 |
| 160 | 17.9 | 1198/A <sub>2</sub> | 2.0 | 179 | ≤8  | <10 | ≥19 |
| 180 | 20.1 | 1514/A <sub>2</sub> | 2.5 | 201 | ≤10 | <10 | ≥21 |
| 200 | 22.4 | 1874/A <sub>2</sub> | 2.5 | 224 | ≤10 | <11 | ≥23 |
| 225 | 25.2 | 2372/A <sub>2</sub> | 2.0 | 252 | ≤12 | <12 | ≥26 |
| 250 | 27.9 | 2920/A <sub>2</sub> | 3.0 | 279 | ≤12 | <14 | ≥28 |
| 280 | 31.3 | 3668/A <sub>2</sub> | 3.0 | 313 | ≤12 | <14 | ≥31 |
| 315 | 35.2 | 4641/A <sub>2</sub> | 3.5 | 352 | ≤12 | <16 | ≥35 |
| 355 | 39.7 | 5898/A <sub>2</sub> | 3.5 | 397 | ≤12 | <18 | ≥39 |
| 400 | 44.7 | 7480/A <sub>2</sub> | 4.0 | 447 | ≤12 | <20 | ≥44 |
| 450 | 50.3 | 9469/A <sub>2</sub> | 4.0 | 503 | ≤12 | <22 | ≥50 |

表 B.0.4-4 聚乙烯 (PE-RT II) SDR11/S5 管材热熔对接焊接参数

| 公称直径<br>d <sub>n</sub> (mm) | 管材壁厚 e<br>(mm) | P <sub>2</sub><br>(MPa) | 压力=P <sub>1</sub> 凸<br>起高度 h<br>(mm) | 压力≈P <sub>热</sub> 吸<br>热时间 t <sub>2</sub><br>(s) | 切换时间 t <sub>3</sub><br>(s) | 增压时间 t <sub>4</sub><br>(s) | 压力=P <sub>1</sub> 冷<br>却时间 t <sub>5</sub><br>(mm) |
|-----------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------|
| 90                          | 8.2            | 315/A <sub>2</sub>      | 1.5                                  | 82                                               | ≤6                         | <7                         | ≥11                                               |
| 110                         | 10.0           | 471/A <sub>2</sub>      | 1.5                                  | 100                                              | ≤6                         | <7                         | ≥14                                               |
| 125                         | 11.4           | 608/A <sub>2</sub>      | 1.5                                  | 114                                              | ≤6                         | <8                         | ≥15                                               |
| 140                         | 12.7           | 763/A <sub>2</sub>      | 2.0                                  | 127                                              | ≤8                         | <8                         | ≥17                                               |
| 160                         | 14.5           | 996/A <sub>2</sub>      | 2.0                                  | 145                                              | ≤8                         | <9                         | ≥19                                               |
| 180                         | 16.4           | 1261/A <sub>2</sub>     | 2.0                                  | 164                                              | ≤8                         | <10                        | ≥21                                               |
| 200                         | 18.2           | 1557/A <sub>2</sub>     | 2.0                                  | 182                                              | ≤8                         | <11                        | ≥23                                               |
| 225                         | 20.5           | 1971/A <sub>2</sub>     | 2.5                                  | 205                                              | ≤10                        | <12                        | ≥26                                               |
| 250                         | 22.7           | 2433/A <sub>2</sub>     | 2.5                                  | 227                                              | ≤10                        | <13                        | ≥28                                               |
| 280                         | 25.5           | 3052/A <sub>2</sub>     | 2.5                                  | 255                                              | ≤12                        | <14                        | ≥31                                               |
| 315                         | 28.6           | 3862/A <sub>2</sub>     | 3.0                                  | 286                                              | ≤12                        | <15                        | ≥35                                               |
| 355                         | 32.3           | 4906/A <sub>2</sub>     | 3.0                                  | 323                                              | ≤12                        | <17                        | ≥39                                               |
| 400                         | 36.4           | 6228/A <sub>2</sub>     | 3.0                                  | 364                                              | ≤12                        | <18                        | ≥43                                               |
| 450                         | 40.9           | 7882/A <sub>2</sub>     | 3.5                                  | 409                                              | ≤12                        | <18                        | ≥47                                               |

表 B.0.4-5 聚乙烯 (PE-RT II) SDR13.6/S6.3 管材热熔对接焊接参数

| 公称直径<br>d <sub>n</sub> (mm) | 管材壁厚 e<br>(mm) | P <sub>2</sub><br>(MPa) | 压力=P <sub>1</sub> 凸<br>起高度 h<br>(mm) | 压力≈P <sub>热</sub> 吸<br>热时间 t <sub>2</sub><br>(s) | 切换时间 t <sub>3</sub><br>(s) | 增压时间 t <sub>4</sub><br>(s) | 压力=P <sub>1</sub> 冷<br>却时间 t <sub>5</sub><br>(mm) |
|-----------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------|
| 110                         | 8.1            | 388/A <sub>2</sub>      | 1.5                                  | 81                                               | ≤6                         | <7                         | ≥11                                               |
| 125                         | 9.2            | 502/A <sub>2</sub>      | 1.5                                  | 92                                               | ≤6                         | <7                         | ≥12                                               |
| 140                         | 10.3           | 629/A <sub>2</sub>      | 2.0                                  | 103                                              | ≤6                         | <7                         | ≥14                                               |
| 160                         | 11.8           | 824/A <sub>2</sub>      | 2.0                                  | 118                                              | ≤6                         | <8                         | ≥15                                               |
| 180                         | 13.3           | 1044/A <sub>2</sub>     | 2.0                                  | 133                                              | ≤8                         | <8                         | ≥17                                               |
| 200                         | 14.7           | 1283/A <sub>2</sub>     | 2.0                                  | 147                                              | ≤8                         | <9                         | ≥18                                               |

| 公称直径<br>$d_n$ (mm) | 管材壁厚 $e$<br>(mm) | $P_2$<br>(MPa) | 压力= $P_1$ 凸<br>起高度 $h$<br>(mm) | 压力 $\approx P_{\text{热}}$ 吸<br>热时间 $t_2$<br>(s) | 切换时间 $t_3$<br>(s) | 增压时间 $t_4$<br>(s) | 压力= $P_1$ 冷<br>却时间 $t_5$<br>(mm) |
|--------------------|------------------|----------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|
| 225                | 16.6             | 1630/ $A_2$    | 2.5                            | 166                                             | $\leq 8$          | $< 10$            | $\geq 20$                        |
| 250                | 18.4             | 2008/ $A_2$    | 2.5                            | 184                                             | $\leq 8$          | $< 11$            | $\geq 23$                        |
| 280                | 20.6             | 2518/ $A_2$    | 2.5                            | 206                                             | $\leq 10$         | $< 12$            | $\geq 26$                        |
| 315                | 23.2             | 3190/ $A_2$    | 2.5                            | 232                                             | $\leq 12$         | $< 13$            | $\geq 29$                        |
| 355                | 26.1             | 4045/ $A_2$    | 3.0                            | 261                                             | $\leq 12$         | $< 14$            | $\geq 31$                        |
| 400                | 29.4             | 5132/ $A_2$    | 3.0                            | 294                                             | $\leq 12$         | $< 14$            | $\geq 35$                        |
| 450                | 33.1             | 6500/ $A_2$    | 3.0                            | 331                                             | $\leq 12$         | $< 16$            | $\geq 37$                        |

表 B.0.4-6 聚乙烯 (PE-RT II) SDR17/S8 管材热熔对接焊接参数

| 公称直径<br>$d_n$ (mm) | 管材壁厚 $e$<br>(mm) | $P_2$<br>(MPa) | 压力= $P_1$ 凸<br>起高度 $h$<br>(mm) | 压力 $\approx P_{\text{热}}$ 吸<br>热时间 $t_2$<br>(s) | 切换时间 $t_3$<br>(s) | 增压时间 $t_4$<br>(s) | 压力= $P_1$ 冷<br>却时间 $t_5$<br>(mm) |
|--------------------|------------------|----------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|
| 110                | 6.6              | 317/ $A_2$     | 1.0                            | 66                                              | $\leq 5$          | $< 6$             | $\geq 10$                        |
| 125                | 7.4              | 404/ $A_2$     | 1.5                            | 74                                              | $\leq 6$          | $< 6$             | $\geq 10$                        |
| 140                | 8.3              | 508/ $A_2$     | 1.5                            | 83                                              | $\leq 6$          | $< 7$             | $\geq 11$                        |
| 160                | 9.5              | 664/ $A_2$     | 1.5                            | 95                                              | $\leq 6$          | $< 7$             | $\geq 13$                        |
| 180                | 10.7             | 842/ $A_2$     | 1.5                            | 107                                             | $\leq 6$          | $< 7$             | $\geq 14$                        |
| 200                | 11.9             | 1040/ $A_2$    | 1.5                            | 119                                             | $\leq 6$          | $< 8$             | $\geq 15$                        |
| 225                | 13.4             | 1318/ $A_2$    | 2.0                            | 134                                             | $\leq 8$          | $< 8$             | $\geq 17$                        |
| 250                | 14.8             | 1618/ $A_2$    | 2.0                            | 148                                             | $\leq 8$          | $< 9$             | $\geq 19$                        |
| 280                | 16.6             | 2033/ $A_2$    | 2.0                            | 166                                             | $\leq 8$          | $< 10$            | $\geq 20$                        |
| 315                | 18.7             | 2576/ $A_2$    | 2.0                            | 187                                             | $\leq 8$          | $< 11$            | $\geq 23$                        |
| 355                | 21.1             | 3276/ $A_2$    | 2.5                            | 211                                             | $\leq 10$         | $< 12$            | $\geq 25$                        |
| 400                | 22.7             | 4039/ $A_2$    | 2.5                            | 227                                             | $\leq 10$         | $< 13$            | $\geq 28$                        |
| 450                | 25.6             | 5111/ $A_2$    | 2.5                            | 256                                             | $\leq 10$         | $< 14$            | $\geq 32$                        |

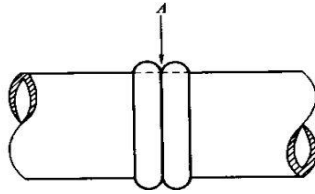
注： $A_2$ ——焊机液压缸中活塞的总有效面积 ( $\text{mm}^2$ )，由焊机生产厂家提供。

表 B.0.4-7 聚丁烯 (PB) SDR11/S5 管材热熔对接焊接参数

| 公称直径<br>$d_n$<br>(mm) | 管材壁厚 $e$<br>(mm) | $P_2$<br>(MPa) | 压力= $P_1$ 凸<br>起高度 $h$<br>(mm) | 压力 $\approx P_{\text{热}}$ 吸<br>热时间 $t_2$<br>(s) | 切换时间 $t_3$<br>(s) | 增压时间 $t_4$<br>(s) | 压力= $P_1$ 冷<br>却时间 $t_5$<br>(min) |
|-----------------------|------------------|----------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 40                    | 3.7              | 43/ $A_2$      | 0.5                            | 24                                              | $\leq 5$          | $< 8$             | $\geq 7$                          |
| 50                    | 4.6              | 65/ $A_2$      | 0.5                            | 30                                              | $\leq 5$          | $< 8$             | $\geq 7$                          |
| 63                    | 5.8              | 103/ $A_2$     | 0.5                            | 40                                              | $\leq 6$          | $< 9$             | $\geq 10$                         |
| 75                    | 6.8              | 146/ $A_2$     | 0.5                            | 60                                              | $\leq 6$          | $< 9$             | $\geq 12$                         |
| 90                    | 8.2              | 211/ $A_2$     | 1.0                            | 75                                              | $\leq 6$          | $< 11$            | $\geq 14$                         |
| 110                   | 10.0             | 314/ $A_2$     | 1.0                            | 95                                              | $\leq 6$          | $< 11$            | $\geq 15$                         |
| 125                   | 11.4             | 407/ $A_2$     | 1.0                            | 95                                              | $\leq 6$          | $< 12$            | $\geq 16$                         |
| 140                   | 12.7             | 508/ $A_2$     | 1.0                            | 130                                             | $\leq 7$          | $< 12$            | $\geq 20$                         |
| 160                   | 14.6             | 667/ $A_2$     | 1.0                            | 145                                             | $\leq 7$          | $< 15$            | $\geq 24$                         |
| 225                   | 20.5             | 1317/ $A_2$    | 1.5                            | 220                                             | $\leq 8$          | $< 15$            | $\geq 30$                         |

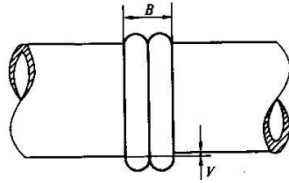
**B.0.5** 管道连接后，应进行热熔对接连接接头质量检验，并符合下列规定。

**1** 应对接头进行 100%的翻边对称性检验，接头应具有沿管材整个圆周平滑对称的翻边，翻边最低处的深度（A）不应低于管材表面（图 B.0.5-1）。



**图 B.0.5-1 翻边对称性**

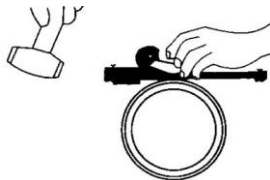
**2** 应对接头进行 100%翻边对正性检验，焊缝两侧紧邻翻边的外圆周的任何一处错边量（V）不应超过管材壁厚的 10%（图 B.0.5-2）。



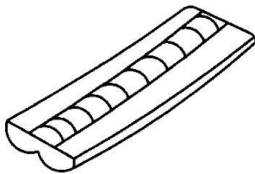
**图 B.0.5-3 翻边对正性**

**3** 应对接头进行不少于 10%的翻边切除检验。使用专用工具，在不损伤管材和接头的情况下，切除外部的焊接翻边（B.0.5-4）。翻边切除检验应符合下列规定：

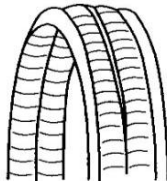
- 1) 翻边应是实心圆滑的，根部较宽（图 B.0.4-5）；
- 2) 翻边下侧不应有杂质、小孔、扭曲和损坏；
- 3) 每隔 50mm 进行 180° 的背弯试验（B.0.5-6），不应有开裂、裂缝，接缝处不得露出熔合线。



**图 B.0.5-4 翻边切除示意图**



**图 B.0.5-5 合格实心翻边图**



**图 B.0.5-6 翻边背弯试验**

**4** 当抽样检验的焊缝全部合格时，则此次抽样所代表的该批焊缝应认为全部合格；若出现与上述条款要求不符合的情况，则判定本焊口不合格，并按下列规定加倍抽样检验：

- 1) 每出现一道不合格焊缝，则应加倍抽检该焊工所焊的同一批焊缝，按本规程进行检验；
- 2) 如第二次抽检仍出现不合格焊缝，则对该焊工所焊的同批全部焊缝进行检验。

**B.0.6** 热熔对接焊接工艺评定检验与试验应符合表 B.0.6-1 和表 B.0.6-2 的要求。

**表 B.0.6-1 聚乙烯（PE-RT II）热熔对接焊接工艺评定检验与试验**

| 检验与试验项目     | 检验与试验参数                                                        | 检验与试验要求                     | 检验与试验方法                                     |
|-------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|
| 拉伸性能        | 23±2℃                                                          | 试验到破坏为止：<br>韧性，通过<br>脆性，未通过 | 参照《聚乙烯（PE）管材和管件热熔对接接头拉伸强度和破坏形式的测定》GB/T19810 |
| 耐压（静液压）强度试验 | 密封接头：a 型；<br>调节时间：12h；<br>试验时间：165h；<br>环应力：4.0MPa<br>试验温度：95℃ | 焊接处无破坏，无渗漏                  | 《流体输送用热塑性管材耐内压试验方法》GB/T6111                 |

**表 B.0.6-2 聚丁烯（PB）热熔对接焊接工艺评定检验与试验**

| 检验与试验项目     | 检验与试验参数                                                       | 检验与试验要求    | 检验与试验方法                     |
|-------------|---------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------|
| 耐压（静液压）强度试验 | 密封接头：a 型；<br>调节时间：6h；<br>试验时间：165h；<br>环应力：6.2MPa<br>试验温度：95℃ | 焊接处无破坏，无渗漏 | 《流体输送用热塑性管材耐内压试验方法》GB/T6111 |

## 附录 C 电熔焊接连接

### C.0.1 电熔连接流程应符合下列规定：

- 1 电熔连接机具与电熔管件应正确连通，连接时，通电加热的电压和加热时间应符合电熔连接机具和电熔管件生产企业的规定。
- 2 电熔连接冷却期间，不得移动连接件或在连接件上施加任何外力。
- 3 管材、管件连接部位擦拭干净；
- 4 测量管件承口长度，在管材入端或插口管件入端标出插入长度并刮除插入长度加 10mm 的入端表皮，刮削氧化皮厚度宜为 0.1~0.2mm，然后重新标记插入长度。
- 5 公称外径小于 90mm 的管道，以及管材不圆度影响安装时，应采用整圆工具对入端进行整圆；
- 6 将管材或管件插入电熔管件承口内，至长度标记位置，并检查配合尺寸；
- 7 通电前，应校直两对应的待连接件，使其在同一轴线上，并用专用夹具固定管材、管件。

### C.0.2 电熔连接接头质量检验应符合下列规定：

- 1 管道连接后，应进行接头质量检查。
- 2 电熔管件端口处的管材或插口管件周边均应有明显刮皮痕迹和明显的入长度标记；
- 3 接缝处不应有熔融料溢出；
- 4 电熔管件内电阻丝不应挤出（特殊结构设计的电熔管件除外）；
- 5 电熔管件上观察孔中应能看到有少量熔融料溢出，但溢料不得呈流淌状；
- 6 凡出现与上述要求条款不符合的情况，应判为不合格。

### C.0.3 电熔连接工艺评定检验与试验应符合表 C.0.3-1 和表 C.0.3-2 的要求。

表 C.0.3-1 聚乙烯（PE-RT II）电熔连接工艺评定检验与试验

| 检验与试验项目              | 检验与试验参数                                                                    | 检验与试验要求                                                            | 检验与试验方法                                           |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 电熔管件剖面检验             | —                                                                          | 电熔管件中的电阻丝应当排列整齐，不应当有涨出、裸露、错行，焊后不游离，管件和管材熔接面上无可见界线，无虚焊、过焊气泡等影响性能的缺陷 | 按《燃气用聚乙烯管道焊接技术规则》TSGD2002                         |
| $d_n < 90$ 挤压剥离试验    | $23 \pm 2^\circ\text{C}$                                                   | 剥离脆性破坏百分比 $\leq 33.3\%$                                            | 按《塑料管材和管件聚乙烯电熔组件的挤压剥离试验》GB/T19806                 |
| $d_n \geq 90$ 拉伸剥离试验 | $23 \pm 2^\circ\text{C}$                                                   | 剥离脆性破坏百分比 $\leq 33.3\%$                                            | 按《塑料管材和管件公称直径大于或等于 90mm 的聚乙烯电熔组件的拉伸剥离试验》GB/T19808 |
| 耐压<br>(静液压)<br>强度试验  | 密封接头，a 型；<br>方向，任意；<br>调节时间，12h；<br>试验时间，165h；<br>环向应力 4.0MPa；<br>试验温度，95℃ | 焊接处无破坏，无渗漏                                                         | 按《流体输送用热塑性管材耐内压试验方法》GB/T6111                      |

表 C.0.3-2 聚丁烯（PB）电熔连接工艺评定检验与试验

| 检验与试验项目 | 检验与试验参数    | 检验与试验要求     | 检验与试验方法        |
|---------|------------|-------------|----------------|
| 热循环试验   | 最高试验温度，90℃ | 试验中管件、管材及连接 | 参照《冷热水用聚丁烯（PB） |

|       |                                                                                                                 |             |                                |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------|
|       | 最低试验温度, 20℃<br>试验压力/MPa, $P_D$<br>循环次数, 5000<br>每次循环时间/分钟, $30 \pm \frac{2}{0}$<br>(冷热水各 $15 \pm \frac{1}{0}$ ) | 处应无破裂、无渗漏   | 管道系统》GB/T19473                 |
| 耐内压试验 | 试验时间, 1000h;<br>试验压力, 1.19MPa;<br>试验温度, 95℃;<br>试验样数, 3                                                         | 焊接处无破坏, 无渗漏 | 参照《冷热水用聚丁烯 (PB) 管道系统》GB/T19473 |

## 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《工业锅炉水质》GB/T 1576
- 2 《设备及管道绝热技术通则》GB/T 4272
- 3 《生活饮用水卫生标准》GB 5749
- 4 《流体输送用热塑性管材耐内压试验方法》GB/T 6111
- 6 《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175
- 7 《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统 第2部分：管材》GB/T 19473.2
- 8 《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统 第3部分：管件》GB/T 19473.3
- 9 《塑料管材和管件聚乙烯电熔组件的挤压剥离试验》GB/T 19806
- 10 《塑料管材和管件公称直径大于或等于 90mm 的聚乙烯电熔组件的拉伸剥离试验》GB/T 19808
- 11 《聚乙烯（PE）管材和管件热熔对接接头拉伸强度和破坏形式的测定》GB/T19810
- 12 《塑料管材和管件 聚乙烯系统熔接设备 第1部分：热熔对接》GB/T 20674.1
- 13 《塑料管材和管件 聚乙烯系统熔接设备 第2部分：电熔对接》GB/T20674.2
- 14 《燃气用聚乙烯管道系统的机械管件 第1部分：公称外径不大于 63mm 的管材用钢塑转换管件》GB26255.1
- 15 《燃气用聚乙烯管道系统的机械管件 第2部分：公称外径大于 63mm 的管材用钢塑转换管件》GB 26255.2
- 16 《冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统 第2部分：管材》GB/T 28799.2
- 17 《冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统 第3部分：管件》GB/T 28799.3
- 18 《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 29047
- 19 《热量表》GB/T 32224
- 20 《城镇供热直埋保温管道接头保温技术条件》GB/TXXXX
- 21 《高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温钢塑复合管及管件》GB/T XXXX
- 22 《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264
- 23 《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28
- 24 《城镇供热管网设计规范》CJJ 34
- 25 《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81
- 26 《城镇燃气管道穿跨越工程技术规程》CJJ/T250
- 27 《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/T480
- 28 《燃气用聚乙烯管道焊接技术规则》TSG D2002

# 城镇供热直埋保温塑料管道技术规程

**T/CDHA** ×××××-201×

## 条文说明

## 制定说明

《城镇供热直埋保温塑料管道技术规程》T/CDHA ××××-201×经中国城镇供热协会 201×年××月××日以第××号公告批准、发布。

为便于广大设计、施工、运行管理、科研、院校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《城镇供热直埋保温塑料管道技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

## 目 次

|     |                   |    |
|-----|-------------------|----|
| 1   | 总 则.....          | 34 |
| 2   | 术 语.....          | 36 |
| 3   | 材 料.....          | 37 |
| 3.1 | 预制塑料保温管 .....     | 37 |
| 3.2 | 管件及保温 .....       | 37 |
| 3.3 | 接口材料 .....        | 38 |
| 3.4 | 材料设计计算参数 .....    | 38 |
| 4   | 设 计.....          | 40 |
| 4.1 | 一般规定 .....        | 40 |
| 4.2 | 水力计算 .....        | 41 |
| 4.3 | 管网的布置与敷设 .....    | 42 |
| 4.4 | 管道应力和作用力的计算.....  | 46 |
| 4.5 | 管道阀门及附件 .....     | 46 |
| 5   | 施 工.....          | 47 |
| 5.1 | 一般规定 .....        | 47 |
| 5.2 | 沟槽开挖 .....        | 48 |
| 5.3 | 管道敷设 .....        | 48 |
| 5.4 | 管道连接 .....        | 48 |
| 5.5 | 连接质量检验 .....      | 49 |
| 5.6 | 接头保温 .....        | 49 |
| 5.7 | 沟槽回填 .....        | 50 |
| 6   | 压力试验、清洗和试运行 ..... | 52 |
| 6.1 | 一般规定 .....        | 52 |
| 6.2 | 压力试验 .....        | 52 |
| 6.3 | 管网清洗 .....        | 52 |
| 6.4 | 系统试运行 .....       | 52 |
| 7   | 工程竣工验收.....       | 54 |
| 7.1 | 一般规定 .....        | 54 |
| 7.2 | 竣工验收资料 .....      | 54 |

# 1 总 则

**1.0.1** 目前供热管网普遍采用传统的钢管,热媒介质中游离的氯离子以及其他盐类的存在会引起金属管道的电化学腐蚀,这种电化学反应随着热媒的温度升高而加剧,因此以钢管作为工作管的管道,投入使用一段时间内就发生管内锈蚀,在发展的初期会导致管道堵塞,导致输送能耗增加、采暖效果降低;随着锈蚀的发展,管道泄漏成为常态,导致热媒损失。此外管道锈蚀影响仪表和计量装置的计量精度。

自 20 世纪 80 年代开始,随着小区集中供暖不断增加,欧洲的供热单位就开始寻求更经济的方法建设新的供热管网,研制了用于小区供热的预制直埋保温塑料管道系统,现已在欧洲大部分地区的小区二级热力管网中应用,国内也有部分工程进行了应用,取得了一定的经验。PE-RT II 型材料是在 PE-RT 材料的基础上,由道达尔等大型石化公司近年推出的专门应用于高温流体输送领域的一种新型管道材料。在国内其作为建筑地暖管/冷热水管等应用已取得了行业的认可,并有广泛应用,在供热二级管网中也有了进一步的应用,但是还没有相应的标准规范。从其材质的标准耐热性能考察,该管道具备替代钢管的潜力。

根据调研报告:

(1) 单就保温结构来看,塑料工作管就要比采用钢管做工作管节约能源 30%~40%。

(2) 从管网的散热损失看,实测的管道热损失值为  $19.8\text{W/m}^2$ ,仅为国家标准的 17%,说明整个管网的保温效果非常好。

(3) 从热用户反映情况看热水输送质量较高,水温能保证在  $50^{\circ}\text{C}$  左右,而且水质清澈没有铁锈等混杂物,说明塑料保温管不仅保温效果好,而且具有良好的卫生性。

采用塑料管除具有无锈蚀性、不结垢、流阻小,加工能耗低等特殊性能外,还具有使用寿命长,低温抗冲击性能好,耐高温和良好的热熔焊接性。具体的性能特点如下:

(1) 重量轻(仅为金属管的 1/8)施工强度低、搬运方便。

(2) 采用热熔连接:管材、管件同质熔化为同一整体,使用寿命长,安全可靠,永不渗漏。

(3) 保温节能: PE-RT II 管导热系数为  $0.42\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ,仅为钢管导热系数的 1/200,用于热水管道保温节能效果明显。

(4) 耐热性较好: PE-RT II 管维卡软化点  $126^{\circ}\text{C}$ ,最高工作温度可达  $80^{\circ}\text{C}$ 。使用温度在  $70^{\circ}\text{C}$  左右工作压力在  $1.0\text{MPa}$  以下时均可以使用 50 年。

(5) 耐化学腐蚀性好,卫生性好。对于水中的大多离子和建筑物内的化学物质均不起化学作用,不会生锈,不腐蚀,不细菌。

(6) 管道阻力小、管材内壁光滑不会结垢,压力损失小,水流速度快。

(7) 绿色环保,外形美观,色彩柔和,韧性好,耐冲击,不影响环境并可重复再生使用。

本规程为使工程设计和施工人员掌握材料基本物理力学性能,施工技术,确保工程质量,在吸收国外先进技术和总结国内施工安装经验的基础上进行编制。

**1.0.2** 本条是针对低温供热的特点以及 II 型耐热聚乙烯(PE-RT II)和聚丁烯(PB)管道的特性,规定了本规程的使用范围,工作温度不高于  $75^{\circ}\text{C}$ ,经过相应的调查和了解,我国城市供热二级管网的实际水温基本不会超过  $75^{\circ}\text{C}$ ,即使是最寒冷时段,管道内的热水温度也不会超过  $80^{\circ}\text{C}$ 。现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012 规定,散热器集中供暖系统热水温度宜按  $75^{\circ}\text{C}/50^{\circ}\text{C}$  连续供暖进行设计。为了响应建筑节能的政策,供暖水温还将呈下降趋势。PE-RT II 型材料为高密度聚乙烯,其软化点通常为  $126^{\circ}\text{C}$ ,最高工作温度通常应至少低于该温度  $15^{\circ}\text{C}$ ;当短期用于  $95^{\circ}\text{C}$ ,甚至  $100^{\circ}\text{C}$  的工况时,设计使用寿命应按照相关标准进行折

减计算。PE-RT II 型材料和其他聚烯烃材料一样，随着使用温度升高，材料的静液压强度会相应降低，为了确保能够长期（与建筑同寿命 50 年）应用，同时还确保具有很好的静液压强度（耐压能力），不适用于蒸汽和高温水。

**1.0.3** 本规程应与现行国家规范、行业及地方标准协调。对于有特殊地质条件和土壤性质的地区，还需要遵守其相关的标准和规范。直埋塑料供热管道用于地震、湿陷性黄土、膨胀土、盐渍土等地区除应执行本规程外，尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011、《湿陷性黄土地区建筑规范》GB50025、《膨胀土地区建筑技术规范》GB50112、《盐渍土地区建筑技术规范》GB/T50942 等的规定。

## 2 术 语

塑料管主要包括耐热聚乙烯（PE-RT II）、交联聚乙烯（PE-X）、无规共聚聚丙烯（PP-R）和聚丁烯（PB）。

目前，虽然国家发布了建筑内冷热水管道系统用的 PP-R、PE-X、PB、PE-RT 的国家标准，但是，低温直埋供热管道设计与施工领域，只有 PE-RT II 管道得到了快速发展和用户的认可。多地已经发布了基于 PE-RT II 管道材料的低温直埋供热管道设计与施工规范。如：山东省《II 型耐热聚乙烯（PE-RT II）低温直埋供热管道设计与施工规范》DB 37/T 5021、宁夏《预制直埋聚合塑料保温管道应用技术规程》DB 64/T 1056、山西省《耐热聚乙烯（PE-RT II）直埋保温供热管道技术规程》DBJ04/T 318。聚丁烯（PB）由于造价的原因，制约了其暂时发展，今后可能会有很好的发展前途。

通过调研分析，只有耐热聚乙烯（PE-RT II）和聚丁烯（PB）用于热水管道上可靠性较好，钢塑复合管也属于耐热聚乙烯（PE-RT II）的一种，其耐压强度更高。

本规程主要指上述二种材料的管道。

## 3 材料

### 3.1 预制塑料保温管

**3.1.1** 预制保温复合管的三层结构包括了工作管、保温层和外护管。工作管承担系统的压力和温度，外护管起到保护保温层的作用。工作管与外护管之间的支架主要起到支撑的作用，确保工作管和外护管的同轴度。从结构上和钢管保温复合管是一样的，不同的是以塑料管为工作管，结构的稳定性要求不那么严苛，因为塑料工作管的导热系数约为  $0.42\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，是热的不良导体，与保温层之间的空气间隙对系统保温性的影响不像钢管复合保温管那么显著。行业标准《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/T480-2015，对产品质量要求有明确的规定。

目前也有企业生产柔性保温管，柔性保温管 SDR11 为采用 PE-RTII 型 SDR11 级别工作管而制作的柔性盘管；管径  $\text{dn}20\sim\text{dn}110$ ，柔性保温管 SDR11 与刚性保温管 SDR11 区别：

1) 相同点：

(1) 连接方式相同：均采用热熔，电熔等连接方式，完全符合《冷热水用耐热聚乙烯(PE-RT)管道系统 第2部分：管材》GB/T28799.2 的标准要求；

(2) 安装使用方式及要求相同：二者同属于非增强型塑料保温管，现场施工，安装敷设，运行，验收等要求完全相同；

(3) 性能一致：均为 PE-RTII 型 SDR11 级别工作管，尺寸、规格及性能、应用等要求完全相同；

2) 不同点：

(1) 产品外观形态不同：一是带有波纹状的柔性盘管，一种是无波纹状的刚性直管；

(2) 外护管材质不同：一种是高密度聚乙烯，柔性保温管采用电缆级低密度聚乙烯；

(3) 保温层压缩强度不同：刚性保温管要求大于或等于  $0.3\text{MPa}$ ，柔性保温管要求大于或等于  $0.2\text{MPa}$ ；

(4) 柔韧性测试不同：刚性保温管要求管径小于或等于  $50\text{mm}$  时进行柔韧性测试，柔性保温管要求管径小于或等于  $110\text{mm}$  即进行柔韧性测试。

**3.1.2** 通过调研分析，只有耐热聚乙烯(PE-RT II)和聚丁烯(PB)用于热水管道上可靠性较好，本规程主要指上述二种材料的管道。并明确了产品质量要符合国家相应的标准。

**3.1.3** 《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/T29047 中明确了聚氨酯保温材料的力学性能等技术指标要求。

**3.1.4** 主要给出保温计算需要遵循的国家有关规范，《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81 中给出了详细的计算公式。

### 3.2 管件及保温

**3.2.1** 与 3.1.2 条相对应，明确了产品质量要符合国家相应的标准。也是针对耐热聚乙烯(PE-RT II)和聚丁烯(PB)管件的要求。

**3.2.2** 塑料管工作管弯头与钢管不同，不得使用由直管段做成的斜接缝弯头，必须挤压成型才能保证其性能的可靠。

**3.2.3** 塑料管工作管三通与钢管不同，需要特殊的工艺成型才能保证其性能的可靠。

**3.2.4** 对塑料管工作管异径管提出的具体要求。

**3.2.5** 特别强调管件需要保温，并在工厂预制，保证管道系统三位一体的性能要求。

3.3 接口材料

3.3.1~3.3.4 对接头处各种补口材料提出的要求。《城镇供热直埋保温管道接头保温技术条件》GB/TXXXX 已给出了明确的要求。主要强调其材料要与管道、管件对应的材料技术性能指标要一致，以保证管道接口时材料的融合性，保证工程质量。

3.4 材料设计计算参数

3.4.1 按照现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012提出的条件，参照《冷热水系统用热塑性塑料管材和管件》GB/T18991和《塑料管道系统 用外推法确定热塑性塑料材料以管材形式的长期静液压强度》GB/T18252，计算出塑料工作管道的各种性能参数选择值，供设计人员参考，详见表1。

表1 预制保温塑料管工作管使用条件

| 主要内容     | 设计温度 $T_D$ (°C) | 在 $T_D$ 下的时间累计分布 (年) | 最高温度 $T_{max}$ (°C) | 在 $T_{max}$ 下的时间 (年) | 故障温度 $T_{mal}$ (°C) | 在 $T_{mal}$ 下的时间 (h) |
|----------|-----------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| 70℃生活热水  | 70              | 49                   | 80                  | 1                    | 95                  | 100                  |
| 45℃地板供暖  | 20              | 0.5                  | 60                  | 4.5                  | 70                  | 100                  |
|          | 30              | 20                   |                     |                      |                     |                      |
|          | 45              | 25                   |                     |                      |                     |                      |
| 60℃地板供暖  | 20              | 12.5                 | 70                  | 2.5                  | 80                  | 100                  |
|          | 40              | 25                   |                     |                      |                     |                      |
|          | 60              | 10                   |                     |                      |                     |                      |
| 75℃散热器供暖 | 20              | 14                   | 75                  | 1                    | 95                  | 100                  |
|          | 50              | 25                   |                     |                      |                     |                      |
|          | 60              | 10                   |                     |                      |                     |                      |

注：  $T_D$ ——设计温度（°C）、 $T_{max}$ ——最高设计温度（°C）、 $T_{mal}$ ——故障（失控）温度（°C）

设计应力的计算应根据塑料管道的运行条件，按照规定进行计算。本规程定义了五个常用的供热管道运行条件。以75℃供暖条件为例，50年设计使用寿命。在每年6个月采暖季中，设计温度50℃~60℃，短期峰值出现75℃，故障温度为95%，其余时间为冷水20%保压，根据《冷热水系统用热塑性塑料管材及管件》GB/T18991中规则（累计损伤原则），计算出设计应力4.02MPa（详见表2）。

表2 工作管在供暖和输送热水时设计应力（MPa）

| 工作管        | 70℃生活热水 | 45℃地板供暖 | 60℃地板供暖 | 75℃散热器供暖 |
|------------|---------|---------|---------|----------|
| PE-RT II 管 | 3.72    | 5.12    | 4.39    | 4.02     |
| PB 管       | 5.04    | 7.34    | 6.38    | 6.12     |

按照上述推算结果，考虑温度的影响对塑料管道使用的折减系数，推算出塑料管工作管最大允许工作压力。

3.4.2 根据调研报告和试验，特别提出对于大口径塑料工作管道要在管道中增加骨料，以提高管道的抗压强度。目前增加的骨料有：钢丝网、孔网钢带、尼龙纤维等等，都可以起到增加管道强度的作用。现行国家标准《高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温钢塑复合管及管件》

GB/T XXXX、现行行业标准《给水用钢骨架聚乙烯塑料复合管件》CJ/T 124 和《钢丝网骨架塑料（聚乙烯）复合管材及管件》CJ/T 189 都对产品质量有明确的要求。

**3.4.3** 预制保温塑料工作管与钢管不同，在不同温度下的弹性模量、线性膨胀系数、导热系数、轴向拉伸屈服强度等都会发生变化，特别给出不同温度下的数值。

## 4 设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 热负荷是管道设计的基础数据，尤其是近年来节能建筑的不断发展，单位热指标也在逐年下降，在选择管径时首先要核实热负荷，避免出现较大的误差。

**4.1.2** 明确了塑料管道只能使用水作为工作介质，并限定了最高温度的要求，虽然塑料管道抗腐蚀性较好，但整个供热系统中还有金属材料的设备，所以仍然要控制水质标准。根据不同的系统需要满足《城镇供热管网设计规范》CJJ 34 和《工业锅炉水质》GB/T 1576 的要求。

但室内散热设备会有各种不同的金属材料（如铸铁、钢、不锈钢、铝、铜等等），其各地方标准（北京、天津）都明确规定对水质的要求。如果地方标准没有规定，仍然需要满足《城镇供热管网设计规范》CJJ 34 的要求。以下是天津市地方标准《天津市集中供热住宅计量供热设计规程》DB 29-26-2017 中对二级网水质的要求（仅供参考），详见表 3 和表 4。

**表 3 间接连接的热力站二级网水质要求**

| 对水质的要求                                   |              | 循环水   |
|------------------------------------------|--------------|-------|
| 悬浮物（mg/L）                                |              | ≤10   |
| pH（25℃）                                  | 钢制设备         | 10~12 |
|                                          | 铜制设备         | 9~10  |
|                                          | 铝制设备         | 8.5~9 |
| 总硬度（mmol/L）                              |              | ≤0.6  |
| 溶氧量（mg/L）                                |              | ≤0.1  |
| 含油量（mg/L）                                |              | ≤1    |
| 氯根 Cl <sup>-</sup> （mg/L）                | 钢制设备         | ≤300  |
|                                          | AISI 304 不锈钢 | ≤10   |
|                                          | AISI 316 不锈钢 | ≤100  |
|                                          | 铜制设备         | ≤100  |
|                                          | 铝制设备         | ≤30   |
| 硫酸根 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> （mg/L） |              | ≤150  |
| 总铁量 Fe（mg/L）                             | 一般           | ≤0.5  |
|                                          | 铝制设备         | ≤0.1  |
| 总铜量 Cu（mg/L）                             | 一般           | ≤0.1  |
|                                          | 铝制设备         | ≤0.02 |

**表 4 直接连接锅炉房（无压热水锅炉除外）的二级网水质要求**

| 对水质的要求      |      | 循环水   |
|-------------|------|-------|
| 悬浮物（mg/L）   |      | ≤10   |
| pH（25℃）     | 钢制设备 | 10~12 |
|             | 铜制设备 | 9~10  |
| 总硬度（mmol/L） |      | ≤0.6  |
| 溶氧量（mg/L）   |      | ≤0.1  |
| 含油量（mg/L）   |      | ≤1    |

|                               |              |            |
|-------------------------------|--------------|------------|
| 氯根 $\text{Cl}^-$ (mg/L)       | 钢制设备         | $\leq 300$ |
|                               | AISI 304 不锈钢 | $\leq 10$  |
|                               | AISI 316 不锈钢 | $\leq 100$ |
|                               | 铜制设备         | $\leq 100$ |
| 硫酸根 $\text{SO}_4^{2-}$ (mg/L) |              | $\leq 150$ |
| 总铁量 Fe (mg/L)                 |              | $\leq 0.5$ |
| 总铜量 Cu (mg/L)                 |              | $\leq 0.1$ |

**4.1.3** 生活热水的水质要求就更严格了，特别强调需要满足《生活饮用水卫生标准》GB 5749 的规定。

**4.1.4** 主要指管道的保温计算需要满足相关标准的要求。这里特别要提示，塑料工作管的与钢管不同，其自身的导热系数很低，约为  $0.42\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，对保温计算可能会产生较大的影响，也就是说保温效果会更好。

**4.1.5** 由于电熔管件的增大，保温层的厚度可能会受到影响，局部可能会造成保温层减薄，增加散热损失，需要引起重视。

**4.1.6** 主要是防止被其他管道施工时遭到意外破坏。

## 4.2 水力计算

**4.2.1** 水力计算的目的是合理确定管网管径和循环水泵扬程，保证最不利用户的流量、压力和整个管网的水力平衡。供暖系统管网、生活热水系统供水管网和循环水管网应进行水力计算并采取水力平衡措施。当用户建筑分期建设时，供热管网一般按最终设计规模建设，随着负荷逐步发展，水力工况变化较大。管网设计时，需要根据分期水力计算结果，确定循环泵的配置和运行调节方案。

**4.2.2** 按经济比摩阻数值确定管网主干线管径，在管网设计时比较容易实施，小区供热范围较小，经济比摩阻数值高于大型热水管网，本条建议  $60\text{Pa}/\text{m}\sim 100\text{Pa}/\text{m}$ ，当主干线长度较长时取较小值。我国现行的建筑节能设计标准对循环水泵的耗电输送比进行控制，其控制指标折算为比摩阻与本条规定接近值。

**4.2.3** 支线设计应充分利用主干线提供的总用压头，提高管内流速，不仅可以节约管道成本，还可以减少用户水力不平衡现象。最高比摩阻取  $200\text{Pa}/\text{m}$  符合一般暖通设计对最高流速的控制要求。

**4.2.4** 室外管网定压系统设计应结合建筑内部供暖系统和热源系统的情况统筹考虑，保证系统内任何一点不超压、不汽化、不倒空，还应保证循环水泵吸入口不发生汽蚀。当系统循环水泵停止运行时，应有维持系统静压的措施。管网的静态压力应保证系统中任何一点不超压、不倒空。

**4.2.5** 供热管道的最大允许设计流速不宜大于  $3.0\text{m}/\text{s}$ 。本规程沿用钢管保温管的设计。由于塑料管道内壁光滑、阻力损失小，而且塑料管道是柔性管道，噪声和水锤现象的影响比金属管道小，综合这些因素，在使用供热管道时，特别是工作管公称直径  $\text{dn}355$  以下时，鼓励考虑较高的流速，使得管材的设计既经济又合理。

**4.2.6** 按照国家标准《建筑给水排水设计规范》GB50015 的规定，本规程增加了温度的修正系数。沿程水头损失计算，城镇供热管道原先常用流体力学中的达西公式进行计算。

$$R = \frac{\lambda \times \rho \times V^2}{2d} \quad (1)$$

式中： $R$ ——每米管长的沿程损失（Pa/m）；

$\lambda$ ——管段的摩擦阻力系数；

$d$ ——管子内径，单位为米（m）；

$\rho$ ——水的密度，单位为千克每立方米（kg/m<sup>3</sup>）；

$V$ ——水在管道内的流速，单位为米每秒（m/s）。

热媒在管内流动的摩擦阻力系数  $\lambda$  值取决于管内热媒的流动状态和管壁的粗糙程度，即：

$$\lambda = f\left(R_e, \frac{K}{d}\right) \quad (2)$$

$$R_e = \frac{V \times d}{\nu} \quad (3)$$

式中： $R_e$ ——雷诺数；

$K$ ——管壁的当量绝对粗糙度（m）；

$\nu$ ——水的运动粘滞系数（m<sup>2</sup>/s）。

钢制管道管壁的当量绝对粗糙度  $K$  的设计值为 0.5mm，塑料管道（耐热型聚乙烯）管壁的当量绝对粗糙度  $K$  值约为 0.02mm，是钢制管道的 4%。对钢制管道管内水的流动状态多处于粗糙区（阻力平方区）内，而塑料管道处于紊流过渡区。紊流过渡区的摩擦阻力系数  $\lambda$  值用洛巴耶夫公式来计算，即

$$\lambda = \frac{1.42}{(\lg(R \times d/K))^2} \quad (4)$$

考虑水的密度、运动粘滞系数、水在管道内的流动状态等因素，海澄威廉公式和洛巴耶夫公式两者计算结果的误差小于 20%。海澄威廉公式计算更简单方便，在工程上基本上可以用海澄威廉公式代替洛巴耶夫公式进行计算。

**4.2.7** 参照行业标准《埋地塑料给水管道工程技术规程》CJJ 101 的规定。

### 4.3 管网的布置与敷设

**4.3.1** 主要对管道系统提出的要求，本条参照现行行业标准《城镇供热管网设计规范》CJJ 34 的规定。

**4.3.2** 供热管道自身柔韧性较好，能够实现灵活的布置，在小区内可以随行就势铺设。由于柔韧性很好，能够通过自身变形来应对路面沉降的影响以及路面动态载荷的影响。因此埋设深度的要求可以比金属管道更加宽松。为更严格规范施工，本条采用现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T81 的规定。

**4.3.3** 供热管道为一体式复合保温管，保温层与工作管之间紧密粘合，线性膨胀系数比钢管大，但是弹性模量很小，依靠土壤和外护套管之间的摩擦力来约束管道的位移，无需进行结构补偿，适合于直埋敷设。而且塑料管道直埋敷设在燃气输配管道、市政给排水管道以及建筑给排水和采暖管道领域已经有很成熟的应用经验。

按照现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T81，在管道工作循环最高温度下，锚固段内的轴向力和单位长度的直埋敷设预制保温管的外壳与土壤之间的摩擦力：

（1）管道的轴向力应由下列公式计算：

$$F_{ax} = A \times \alpha \times \Delta T \times E \times 10^6 \quad (5)$$

式中： $F_{ax}$ ——轴线方向管道自由膨胀产生的力（N）；

$E$ ——工作温度下管材的弹性模量（MPa）；

$\alpha$ ——管材的线膨胀系数[m/(m·K)];

$A$ ——管道的截面积 (m<sup>2</sup>) ;

$\Delta T$ ——安装时温度与最高工作温度的温差 (K) 。

(2) 保温管与土壤之间的单位长度摩擦力应按下式计算:

$$F_L = \mu \left( \frac{1 + K_0}{2} \pi \times D_c \times \sigma_v + G - \frac{\pi D_c^2}{4} \times \rho \times g \right) \quad (6)$$

$$K_0 = 1 - \sin \varphi \quad (7)$$

式中:  $F_L$ ——单位长度摩擦力 (N/m) ;

$\mu$ ——摩擦系数;

$D_c$ ——外护管外径 (m) ;

$\sigma_v$ ——管道中心线处土壤应力 (Pa) ;

$G$ ——包括介质在内的保温管单位长度自重 (N/m) ;

$\rho$ ——土壤密度 (kg/m<sup>3</sup>) , 可取 1800;

$g$ ——重力加速度 (m/s<sup>2</sup>) ;

$K_0$ ——土壤静压力系数;

$\varphi$ ——回填土内摩擦角 (°) , 砂土可取 30°。

(3) 以 PE-RT II 型管道作为直埋供热管道, 最高工作温度取 75℃, PE-RT II 的弹性模量为 190 MPa, 最低循环温度采用 10℃, 选取 S5/SDR11 规格下不同管径管道进行计算, 计算管道的轴向热应力, 单位长度最大土壤摩擦力, 单位长度最小土壤摩擦力, 直管段过渡段最小长度, 直管段过渡段最大长度, 结果见表 5, 钢质管道摩擦力计算见表 6。

表 5 塑料管道热膨胀计算结果

| 管道公称外径 (mm) | 公称壁厚 (mm) | 外护管外径 (mm) | 管顶覆土深度 (m) | 管道轴向热应力 (N) | 单位长度最大土壤摩擦力 (N/m) | 单位长度最小土壤摩擦力 (N/m) | 直管段过渡段最小长度 (m) | 直管段过渡段最大长度 (m) |
|-------------|-----------|------------|------------|-------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|
| 110         | 10        | 160        | 1          | 5013.98     | 2776.84           | 1041.32           | 1.81           | 4.82           |
| 160         | 14.6      | 225        | 1          | 10643.88    | 3974.94           | 1490.60           | 2.68           | 7.14           |
| 200         | 18.2      | 280        | 1          | 16590.06    | 5015.31           | 1880.74           | 3.31           | 8.82           |
| 250         | 22.7      | 355        | 1          | 25870.69    | 6474.67           | 2428.00           | 4.00           | 10.66          |
| 315         | 28.6      | 400        | 1          | 41069.73    | 7434.65           | 2787.99           | 5.52           | 14.73          |
| 355         | 32.2      | 450        | 1.2        | 52116.13    | 9967.72           | 3737.90           | 5.23           | 13.94          |
| 400         | 36.4      | 500        | 1.2        | 66360.25    | 11205.89          | 4202.21           | 5.92           | 15.79          |
| 450         | 40.9      | 560        | 1.2        | 83894.90    | 12716.16          | 4768.56           | 6.60           | 17.59          |

表 6 钢质管道热膨胀计算结果

| 管道公称外径 (mm) | 公称壁厚 (mm) | 外护管外径 (mm) | 管顶覆土深度 (m) | 管道轴向热应力 (N) | 单位长度最大土壤摩擦力 (N/m) | 单位长度最小土壤摩擦力 (N/m) | 直管段过渡段最小长度 (m) | 直管段过渡段最大长度 (m) |
|-------------|-----------|------------|------------|-------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|
| 108         | 4         | 200        | 1          | 219708.61   | 3520.42           | 1320.16           | 62.41          | 166.43         |
| 159         | 4.5       | 250        | 1          | 364463.06   | 4485.88           | 1682.21           | 81.25          | 216.66         |
| 219         | 6         | 315        | 1          | 669248.90   | 5797.60           | 2174.10           | 115.44         | 307.83         |
| 273         | 6         | 365        | 1          | 832123.32   | 6838.46           | 2564.42           | 121.68         | 324.49         |
| 325         | 7         | 420        | 1          | 1155272.20  | 8028.79           | 3010.80           | 143.89         | 383.71         |

|     |   |     |     |            |          |         |        |        |
|-----|---|-----|-----|------------|----------|---------|--------|--------|
| 377 | 7 | 500 | 1.2 | 1335118.00 | 11385.51 | 4269.57 | 117.26 | 312.71 |
| 426 | 7 | 550 | 1.2 | 1502255.92 | 12691.01 | 4759.13 | 118.37 | 315.66 |
| 478 | 7 | 600 | 1.2 | 1677151.83 | 14029.99 | 5261.25 | 119.54 | 318.77 |

(4) 随着管径的增大, 管道的轴向热应力增大, 管道和土壤的摩擦力也在增大。另外钢制管道因为弹性模量比 PE-RT II 管的大很多, 所以相同规格管径下, 管道的轴向热应力比后者大很多, 从而使得管道直管段过渡段最小长度、最大长度都比后者大很多, 也就是说钢制管道需要很长的直管段才能锚固。

(5) 对于公称外径为 110mm 的 PE-RT II 管, 当摩擦力取最大值时, 直管段长度大于 1.81m, 管道与土壤之间的摩擦力即可克服管道热胀冷缩所产生的轴向热应力, 使管段固定不会产生热位移。当摩擦力取最小值时, 直管段长度需要大于 4.82m, 管段才能固定。对于公称外径为 450mm 的 PE-RT II 管, 当摩擦力取最大值时, 直管段长度大于 6.6m, 直管段即可固定。当摩擦力取最小值时, 管段固定需要的直管段长度为 17.59m。

(6) 由计算得出管道热胀冷缩产生的热应力远小于管道在工作温度条件下产生屈服时所需要的拉伸力, 因此管道不会因内部的热应力导致管道屈服, 不会影响管道的各项力学性能, 且塑料材料属于粘弹性材料, 存在应力松弛现象(所谓应力松弛是指在一定条件下, 材料内部的应力随时间而逐步衰减的现象), 管道内部的热应力会随时间逐渐减小至消除。

(7) 综合上述计算后可以发现, 由于塑料管道的特性, 在低温供热的工况下, 其系统均处于约束状态, 不需要进行系统的热补偿处理。

**4.3.4 PE-RT II 和 PB 工作管在 20℃ 时表现为刚性管, 在 75℃ 时表现为柔性管, 即 PE-RT II 和 PB 工作管在温度高的情况下表现的更“柔”, 其在外荷载作用下管断面的变形量更大。从这个角度来说, 在计算直埋管道的最小环刚度时, 应该主要考虑最不利的情况即设计温度 75℃ 时的环刚度。**

#### (1) 直埋保温塑料管道最小环刚度

环刚度表示管道抵抗环向变形的能力, 如果环刚度太小, 管材可能发生过大变形或出现压屈失稳破坏。反之, 如果环刚度选择得太大, 必然造成用材太多, 成本过高。所以存在一个满足使用条件的最小环刚度。

1) 参照《埋地塑料排水管道工程技术规程》CJJ143-2010, 直埋保温塑料管道在外压作用下, 其竖向直径的变形量按下式计算:

$$w_{d,max} = D_L \frac{K_d (q_{sv,k} + \psi_q q_{vk}) D_1}{8S_p + 0.061E_d} \quad (8)$$

式中:  $w_{d,max}$ ——管道在组合作用下的最大竖向变形量 (mm);

$K_d$ ——管道变形系数, 应根据管道的敷设基础计算中心角  $2\alpha$  按表 7 规定取值;

$q_{sv,k}$ ——管顶单位面积上的竖向土压力标准值 ( $\text{kN/m}^2$ );

$q_{vk}$ ——地面车辆荷载或堆积荷载传至管顶单位面积上的竖向压力标准 ( $\text{kN/m}^2$ );

$D_L$ ——变形滞后效应系数, 可根据管道胸腔回填密实度 1.2~1.5;

$\psi_q$ ——可变荷载准永久值系数, 取 0.5;

$S_p$ ——管材环刚度 ( $\text{kN/m}^2$ );

$E_d$ ——管侧土的综合变形模量 ( $\text{kN/m}^2$ );

$D_1$ ——管道外径 (mm)。

2) 管道竖向直径变形率按下式计算:

$$\varepsilon = \frac{W_{d,\max}}{D_1} \times 100\% \quad (9)$$

式中： $\varepsilon$ ——管道竖向直径变形率（%）。

管道竖向直径变形率不应大于管道允许变形率 $[\varepsilon]=3\%$ 。

**表 7 不同覆土深度时直埋保温塑料工作管道的最小环刚度值**

| 项目                                                        | 管顶覆土深度 $H_s$ (m) |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|-----------------------------------------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                                           | 2                | 1.8   | 1.6   | 1.4   | 1.2   | 1     | 0.8   | 0.6   | 0.4   | 0.2    |
| 最大竖向变形率<br>$\varepsilon$ (%)                              | 3.00             | 3.00  | 3.00  | 3.00  | 3.00  | 3.00  | 3.00  | 3.00  | 3.00  | 3.00   |
| 变形滞后效应系数<br>$D_L$                                         | 1.4              | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4    |
| 管道变形系数 $K_d$                                              | 0.105            | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105  |
| 土壤静荷载 $q_{sv,k}$<br>(kN/m <sup>2</sup> )                  | 36               | 32.4  | 28.8  | 25.2  | 21.6  | 18    | 14.4  | 10.8  | 7.2   | 3.6    |
| 动力系数 $\mu_d$                                              | 1                | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1.05  | 1.2   | 1.3    |
| 车辆荷载 $q_{vk}$<br>(kN/m <sup>2</sup> )                     | 8.05             | 9.32  | 10.95 | 13.07 | 15.91 | 19.89 | 25.74 | 36.81 | 62.09 | 115.60 |
| 堆积荷载 $q_{vk}$<br>(kN/m <sup>2</sup> )                     | 10.00            | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00  |
| 可变作用荷载 $q_{vk}$<br>(kN/m <sup>2</sup> )                   | 10.00            | 10.00 | 10.95 | 13.07 | 15.91 | 19.89 | 25.74 | 36.81 | 62.09 | 115.60 |
| 管侧土的综合变形模量 $E_d$<br>(kN/m <sup>2</sup> )                  | 2000             | 2000  | 2000  | 2000  | 2000  | 2000  | 2000  | 2000  | 2000  | 2000   |
| 设计工况管材最小环刚度 $S_{p,min75^\circ C}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 9.86             | 7.66  | 5.74  | 4.19  | 2.85  | 1.87  | 1.45  | 2.64  | 8.18  | 22.36  |
| 实验工况管材最小环刚度 $S_{p,min23^\circ C}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 36.76            | 28.54 | 21.41 | 15.61 | 10.63 | 6.95  | 5.42  | 9.83  | 30.47 | 83.33  |

直埋保温塑料管道管径为  $d_n20 \sim d_n450$ ，应用在二级供管网，管顶埋深一般不会超过 2m，同时建议管顶覆土深度尽量控制在 0.6m~1.8m 范围内，由表 7 知其实验工况下的最小环刚度  $S_{p,min23^\circ C}$  在 5.42 kN/m<sup>2</sup>~28.54kN/m<sup>2</sup>。所以，在管顶覆土深度 0.6~1.8m 范围内的 PE-RT II 管道实验工况下的环刚度应不小于 28.54kN/m<sup>2</sup>。

## （2）管道的竖向变形率

根据某企业提供的 PE-RT II 管材 S5/dn315 的检测报告，其环向刚度为 115 kN/m<sup>2</sup>。其在不同覆土深度时的竖向变形率见表 8。

**表8 塑料管道不同覆土深度时的竖向变形率**

| 项目                              | 管顶覆土深度 $H_s$ (m) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                 | 2                | 1.8  | 1.6  | 1.4  | 1.2  | 1    | 0.8  | 0.6  | 0.4  | 0.2  |
| 最大竖向变形率<br>$\varepsilon$ (%)    | 1.63             | 1.49 | 1.37 | 1.26 | 1.18 | 1.11 | 1.09 | 1.16 | 1.52 | 2.45 |
| 最大竖向变形量<br>$W_{d,\max}$<br>(mm) | 5.15             | 4.70 | 4.30 | 3.98 | 3.71 | 3.51 | 3.42 | 3.67 | 4.80 | 7.71 |

|                                                             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|-------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 变形滞后效应系数 $D_L$                                              | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4    |
| 管道变形系数 $K_d$                                                | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105  |
| 土壤静荷载 $q_{sv,k}$<br>( $\text{kN/m}^2$ )                     | 36    | 32.4  | 28.8  | 25.2  | 21.6  | 18    | 14.4  | 10.8  | 7.2   | 3.6    |
| 动力系数 $\mu_d$                                                | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1.1   | 1.2   | 1.3    |
| 车辆荷载 $q_{vk}$<br>( $\text{kN/m}^2$ )                        | 8.05  | 9.32  | 10.95 | 13.07 | 15.91 | 19.89 | 25.74 | 36.81 | 62.09 | 115.6  |
| 堆积荷载 $q_{vk}$<br>( $\text{kN/m}^2$ )                        | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00  |
| 可变作用荷载 $q_{vk}$<br>( $\text{kN/m}^2$ )                      | 10.00 | 10.00 | 10.95 | 13.07 | 15.91 | 19.89 | 25.74 | 36.81 | 62.09 | 115.60 |
| 可变荷载的准永久值系数 $\psi_q$                                        | 0.5   | 0.5   | 0.5   | 0.5   | 0.5   | 0.5   | 0.5   | 0.5   | 0.5   | 0.5    |
| 管侧土的综合变形模量 $E_d$<br>( $\text{kN/m}^2$ )                     | 2000  | 2000  | 2000  | 2000  | 2000  | 2000  | 2000  | 2000  | 2000  | 2000   |
| 设计工况环刚度<br>$S_{p,75^\circ\text{C}}$<br>( $\text{kN/m}^2$ )  | 30.85 | 30.85 | 30.85 | 30.85 | 30.85 | 30.85 | 30.85 | 30.85 | 30.85 | 30.85  |
| 实验工况管材最小环刚度 $S_{p,23^\circ\text{C}}$<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 115   | 115   | 115   | 115   | 115   | 115   | 115   | 115   | 115   | 115    |

从表 4.3.4-2 可以看出,管道在不同管顶覆土时的最大竖向变形率在 1.09%~2.45%,均未超过允许竖向变形率 3%。

**4.3.5** 采用现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T81 的规定。塑料管道的敷设中仍然要考虑坡度,以保证运行中能及时排除管道中的空气,检修时能排除管道中的水。

**4.3.6** 参照现行行业标准《城镇供热管网设计规范》CJJ 34 和《城镇燃气管道穿跨越工程技术规程》CJJ/T250。

## 4.4 管道应力和作用力的计算

**4.4.1** 供热管道具体的选项以及最大允许工作压力 ( $P_{\max}$ ) 的计算可以参考《冷热水用耐热聚乙烯塑料管道系统第 2 部分: 管材》GB/T28799.2。

**4.4.2** 采用现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T81 的规定。

**4.4.3** 塑料管道的使用性能不同于钢管,在不同温度下的承压值会发生巨大的变化,需要引起重视。

## 4.5 管道阀门及附件

**4.5.1~4.5.5** 主要参考《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012,规定了在建筑物热力入口需要设置的设备和要求。

## 5 施 工

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 供热管道施工包括沟槽开挖、管道敷设、管道连接、接头保温、沟槽回填、路面恢复等一系列工作，与钢管的预制保温管道施工基本一致，需要遵守《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 和《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T81 的规定，目的是统一施工质量验收标准，做到与其他规范的一致性。

**5.1.2** 由施工引起的损坏其他地下管道或设施的事故年年发生，核对管道路由、相关地下管道以及构筑物的资料十分必要，不但可确保管线路由正确，避免事故的发生，而且可知设计方案是否可行，提早进行设计变更，使施工顺畅、有序。

**5.1.3** 施工组织设计是保证施工质量的重要文件，应经相关单位签证认定后再实施。对于塑料管道施工，由于具有一定的技术要求，因此强调施工人员应经专业（塑料管道安装）培训后，使施工人员进场前掌握塑料管道安装特点和注意事项，熟悉各种设备性能和操作方法。

**5.1.4** 直埋塑料保温管及管路附件生产中可能存在质量问题，运输时损坏，在安装前进行外观检查十分必要，不但保证施工质量，也可降低返工的可能性。

复检项目应包括：塑料工作管的密度、氧化诱导时间、断裂伸长率、纵向回缩率、静液压强度；保温层的密度、导热系数、压缩强度、吸水率、闭孔率、厚度；保护层的密度、壁厚、拉伸屈服强度、断裂伸长率、热稳定性等。

**5.1.5** 在地下水较高和雨季施工期间，沟槽开挖应采取降排水预防措施，避免槽底受水浸泡。沟槽有水危害方面如下：

（1）受水浸泡的沟槽会产生地基承载力下降、基地松软、边坡失稳塌方、上部建（构）筑物坍塌等安全风险；

（2）排水不良基底有积水，混凝土浇注后难以成型且混凝土强度会因水灰比增大而降低；

（3）如沟槽内有水，任何措施都保证不了保温管不被水浸泡，直接后果是：泡沫保温层进水导致保温效果降低、保温管寿命缩减或高温汽化聚乙烯外护管爆裂；现场保温接口失效，表现为聚乙烯外护管虚焊接及泡沫保温层萎缩失效。

**5.1.6** 市政管线在城市街区，特别是在人口密集区都采用封闭式施工，保障交通参与者和施工人员的安全。夜间在城镇居民区或现有道路施工时，极易造成车辆或行人掉入管沟、碰撞施工围挡等事故，设置照明灯、警示灯和反光警示标志，能大大提高其安全性。在《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 中，夜间设置照明灯、警示灯和反光警示标志是强制性条文，注意必须严格执行。

**5.1.7** 塑料工作管不同于钢管，具有一定的柔性，地上连接后再放入沟底，接口容易损坏，强调在沟底连接，为了保证连接质量，需要工作坑。工作坑应比正常沟槽断面加深、加宽，工作坑的最小长度应满足现场焊接和接头保温的要求。

**5.1.8** 在接头施工过程中，如果有水从接头处进入保温层，在管网高温运行下，水汽将会导致保温层碳化，且留存于接头内的水或潮气，在管网高温运行过程中，会逐渐破坏接头外护层的密封性。一旦接头的密封性被破坏，外界水进入保温层，会导致保温层的不断碳化，并向两侧延伸，地下水直接与工作钢管接触，很快腐蚀管道，影响保温管的寿命及管网安全性。当日工程完工对管端用盲板封堵，避免管道进入异物和安全。

近几年,很多埋设于地下的预制直埋保温管的安全事故都是由于施工时对保温材料裸露处没有进行密封处理引发的。由于没有密封,水进入到保温层中破坏保温结构,引起保温接头外护层脱落、工作钢管腐蚀,最终导致管线发生泄漏引发安全事故。通常可选用末端套筒、收缩端帽等专用附件对直埋保温管道系统的盲端、穿墙等保温材料裸露位置,进行密封和防水处理。“对裸露的保温层进行封端防水处理”在《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28 中为强制性条文,注意必须严格执行;

**5.1.9** 此条强调了接头质量的重要性。直埋塑料管道的施工过程中,管材之间的接口处最容易出现漏水问题,导致出现漏水事故,影响管线使用的可靠性和寿命。为确保管路质量,应在施工过程中做好检查,以保证管道连接的可靠性。

## 5.2 沟槽开挖

**5.2.1** 强调了工程开挖前的准备工作,避免重复工作量,造成损失,行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28 中已经给出了施工测量的允许偏差。

**5.2.2** 规定管沟底宽度,是为了保证直埋管道周围回填的质量。工作坑是为满足管道焊接、保温、检验等需要,在预制保温管接头处加宽加深沟槽。本规程给出了推荐性做法,施工单位可根据自身的施工水平和方法及现场条件确定。

**5.2.3** 原状土具有天然的承载力,遭到破坏后会,地基会产生不均匀沉降,影响管道地基的可靠性。本条款提出常规处理方法,确保地基基础质量符合要求。

## 5.3 管道敷设

**5.3.1** 沟底标高和管沟基础质量是保证管道系统质量的基本要求,为避免返工,造成浪费,必须进行检查,并符合要求。

**5.3.2** 管道在吊装时,应按管道的承载能力核算吊点间距,均匀设置吊点,并应使用宽度大于 50mm 的吊装带进行吊装。防止吊装过程中损坏保温管的保护层,影响工程质量。

**5.3.3~5.3.4** 直埋管道中的折角对管道安全有很大影响。在管道安装过程中,如果临时出现折角,折角位置的管道应力将发生变化,需要设计单位对应力进行重新计算和确认,并采取相应措施后才能继续施工。

**5.3.5** 参照现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28、《城镇供热管网设计规范》CJJ 34 及《城镇燃气管道穿跨越工程技术规程》CJJ/T250 的规定。

拖管法施工,管道不宜过长或受拉力过大,否则管道的扭曲、过大的拉力和弯曲都会产生附加应力,对管道安全运行不利。因此,本条规定“沟底不应有在管道拖拉过程中可能损伤管道表面的石块和尖凸物,拖拉长度不宜超过 300m”。另外,拉力过大会损坏管道。

## 5.4 管道连接

**5.4.1** 塑料材料收温度的影响较大,在寒冷气候下进行熔接操作,达到熔接温度的时间比正常情况下要长,连接后冷却时间也要缩短;在温度较高的情况下,会产生相反的效果。因此,焊接工艺设置的工作环境一般在-5~45℃范围内。在温度低于-5℃的环境下操作,工人工作环境恶劣,操作精度很难保证,在大风环境下进行操作,大风会严重影响热交换过程,易造成加热不足和温度不均匀,因此,要采取保护措施,并调整熔接工艺。强烈阳光直射则可能使待连接部件的温度

远远超过环境温度，使焊接工艺和焊接设备的环境温度补偿功能丧失补偿依据，并且可能因爆晒一侧温度高另一侧温度低而影响焊接质量，因此，要采取遮阳措施。

**5.4.2** 由于塑料管道的连接主要是采用熔融材料进行连接，熔融条件（温度、时间）是根据施工现场环境调节的，若管材、管件从存放处运到施工现场，其温度高于现场温度时，会产生加热时间长，反之加热时间不足，两者都会影响焊接质量。

**5.4.3** 管道连接前根据设计要求再次核对管材、管件及管路附件规格、数目，检查耐压等级、外表面质量、材质一致性等，符合要求方可使用。

**5.4.4** 《埋地塑料给水管道工程技术规程》CJJ 101 和本规程的附录给出了塑料管道的几种连接方法，对于小口径的塑料管道，可以采用电熔承插焊接或承插热熔焊接，但对大口径的管道，为了保证工程质量，必须采用热熔对接焊接或电熔承插焊接。

**5.4.5~5.4.6** 塑料管道的连接与钢管不同，有其特殊的工艺要求，必须使用专用的焊接设备，其设备需要定期的检测，才能保证焊接质量，与《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33 的要求是一致的。

**5.4.7** 强调了管材和管件的牌号应相同，不同的牌号，其熔体质量速率会有较大的差异，采用热熔对接，在接头处会产生残余应力。采用热熔连接接头处在冷却时会产生较大的内应力，易导致断裂。如果牌号不同必须进行焊接工艺评定，符合要求后方可施工。

**5.4.8~5.4.10** 参照行业标准《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33 和《聚乙烯燃气管道工程技术规程》CJJ63 的要求，按照 PE-RT II 和 PB 管道的不同要求提出的具体操作步骤。

**5.4.11** 为了保证焊接质量提出的要求。

**5.4.12~ 5.4.13** 参照行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28 的要求。

**5.4.14** 规定在钢塑过渡段应采取降温措施，是为了要求操作人员在钢管焊接时，注意焊弧高温对塑料管道的不良影响，因为塑料管道软化点在 120℃左右，熔点在 210℃左右，过高的温度会使塑料管与其结合部位软化，达不到密封效果，影响钢塑转换接头的连接性能。采取降温措施是为了因热传导而损伤钢塑转换接头。

根据北京市建设工程质量第四检测所对钢塑转换接头的实验报告，钢塑转换接头可以用于工程中。

## 5.5 连接质量检验

**5.5.1~5.5.5** 塑料管道的接口检验非常重要，参照行业标准《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33 的要求。

## 5.6 接头保温

**5.6.1** 水压试验中能发现工作管道接口的质量问题，及时进行修复处理。如果接头保温完成后进行水压试验，发现工作管接口质量有问题，需要拆除接头处的保温材料，造成浪费和影响工期。

**5.6.2** 行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81 和《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/T29047 中已明确给出了接头保温的要求。

1) 冬季施工时，由于环境温度低，接口保温发泡质量会受影响，所以应尽量避免冬季施工。不能避免时，接头发泡前，应对工作管、外护管表面及发泡原料加热后再进行保温发泡；

3) 浸湿的保温材料如不清除，在管网高温运行过程中，残留在保温层中的水由于管网温度的升高而汽化，会导致保温层的碳化并破坏接头外护层的密封性。

4) 外护层与其两侧的保温管外护管的搭接长度不应小于 100mm, 以保证接头外护层的强度及密封性。尤其对于热熔焊式接头, 外护层的熔焊区域应完全与保温管的外护管搭接, 以保证熔焊质量及密封性。

**5.6.3** 接头质量对管网的整体质量及寿命有至关重要的影响。如果接头处密封不能保证, 水进入接头后, 运行时会导致聚氨酯保温材料碳化失效, 破坏预制直埋保温管系统的整体式结构, 导致整个管网系统失效。所以, 接头处必须进行 100%的气密性检验。在《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28 中, 该项规定非常重要, 注意必须严格执行。

## 5.7 沟槽回填

**5.7.1** 管道沟槽尽快回填是尽可能减少环境温度变化对已连接管道纵向伸缩的影响, 并防止管道受到意外损伤。对回填高度做规定, 是考虑到水压试验安全和试验可操作性, 回填土及压实能有效抵抗水压试验时管道内水压, 另外防止水压试验时管道移动。

**5.7.2** 埋地塑料管道具有一定的柔性, 按照管土共同工作原理共同承担外部荷载的作用力, 管底垫层和周围土壤的密实度, 决定了管道系统的负载能力, 所以管底垫层土要认真处理。清除坚硬的物块, 避免管道的外护层受到集中应力的作用。实际工程中发生很多外护层受到坚硬物挤压, 造成外护层纵向开裂的事故, 应引起足够的重视。

**5.7.3** 规定从管道两侧对称均衡回填是为了防止回填时管道产生位移。其次由于塑料管道密度较小, 管沟内有积水时, 应采取临时限位措施, 使管道的埋深和位置符合设计要求。

**5.7.4** 强调了附属构筑物的回填土工序要求, 保证附属构筑物的安全。检查井周围路面沉陷主要原因是检查井周围回填不密实、不规范, 直接影响行车舒适性和安全。检查井周围回填应严格控制路面结构层下部回填材料、分层厚度、密实度、分层台阶, 路面结构层范围应按路面结构设计施工。

**5.7.5** 规定了回填土中不得含有石块、砖、及其他杂硬物体, 是为了防止砖、石块等硬物损伤外护层塑料管道。槽底至管顶以上 500mm 范围内, 土中不得含有有机物、冻土以及大于 50mm 的砖、石等硬块。使得管道铺设后外护层塑料管道与原状地基、砂石基础接触均匀无空隙。

**5.7.6** 规定管基设计中心角范围内应采取中、粗砂填充密实, 是为了确保管土共同作用。《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28 中也有明确的规定。

**5.7.7** 为了防止管道直接受力, 导致外护管道损伤, 因此规定回填土不得直接回填作用在供热管道上。

**5.7.8** 为确保回填土的密实度, 要求应分层回填。具体虚铺土的厚度因使用压实机具的不同而异。本条只列出了几种压实机具情况下的虚铺厚度, 供施工参考。施工单位亦可根据试验选择适宜的虚铺厚度, 确保成型后的密实度满足设计要求。

**5.7.9** 塑料管道为柔性管, 当采用钢板桩支护沟槽时, 板桩中应将桩孔回填密实, 以保证管道两侧回填土具有符合要求的变形模量。

**5.7.10** 塑料管道为柔性管, 按照柔性管道设计理论, 应按管土共同作用原理来承担外部荷载的作用力。管道基础、管道与基础之间的三角区和管道两侧回填材料及其压实系数对管道受力状态和变形大小影响极大, 应严格控制, 并按回填土工艺要求进行分层回填, 压实和压实系数检验, 使之符合设计要求。强调了管顶或管沟顶以上 500mm 内, 应采用人工夯实, 不得采用动力夯实机或压路机压实, 以保证结构及管道的安全; 对直埋保温管道, 由于外护管及保温层的抗压强度比较低应进行强度核算加大人工夯实高度。

**5.7.11** 回填作业每层土的压实遍数应根据实际情况确定，最终要保证每层压实系数符合设计要求。

**5.7.12** 规定此条的目的是为了防止施工机械作用对埋设管道产生不良影响。

**5.7.13** 沟槽回填土种类、密实度要求。回填土的密实度应逐层进行测定。回填密度是参照现行行业标准《埋地塑料给水管道工程技术规程》CJJ 101 的要求。

## 6 压力试验、清洗和试运行

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 已经明确规定了压力试验的各种要求。

**6.1.2** 参照行业标准《埋地塑料给水管道工程技术规程》CJJ 101-2016 中第 6.1.2 条规定。

**6.1.3** 参照行业标准《埋地塑料给水管道工程技术规程》CJJ 101-2016 中第 6.1.4 条规定。

**6.1.4** 明确了水压试验的具体要求。管道压力试验和清洗时，最容易出现安全事故，做好安全防范工作十分重要。水压试验比较稳定安全，但在冬季试验应考虑防冻措施。试验时带压处理管道的缺陷是非常危险的，容易造成事故。排水负压对管道和设备可能造成破坏，因为有些设备只是受内压，因此排水时一定要打开放气阀门，排尽积水，并及时清理管道及除污器内杂物。《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 也有明确的规定。

**6.1.5** 参照行业标准《埋地塑料给水管道工程技术规程》CJJ 101-2016 中第 6.1.5 条规定。

**6.1.6** 《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 已经明确规定了压力试验的各种要求。

### 6.2 压力试验

**6.2.1~6.2.5** 参照行业标准《埋地塑料给水管道工程技术规程》CJJ 101-2016 中第 6.2.1~6.2.5 条规定。

**6.2.6** 参照行业标准《埋地塑料给水管道工程技术规程》CJJ 101-2016 中第 6.2.6、6.2.7 条规定。考虑到允许渗水量值法在施工现场的操作难度较大，采用了允许压力降值法。

**6.2.7~6.2.9** 参照行业标准《埋地塑料给水管道工程技术规程》CJJ 101-2016 中第 6.2.8~6.2.10 条规定。

**6.2.10** 《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28-2014 中附录 A.0.28 和 A.0.29 均有详细的要求。

### 6.3 管网清洗

**6.3.1** 为保证运行安全应在试运行前进行清洗。如不清洗或清洗不彻底，管道内的杂物将影响设备的正常工作，损坏设备造成事故。

**6.3.2** 为保证管网及设备不因清洗而受破坏，本条明确了清洗前应完成的各项工作。并制定了水力冲洗的进水口管径和出水口管径，保证冲洗过程中的水流量和流速，以排出管道内异物。

**6.3.3** 参考行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的要求。《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28-2014 中附录 A.0.30 有详细的要求。

**6.3.4** 参考行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的要求。《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28-2014 中附录 A.0.31 有详细的要求。

### 6.4 系统试运行

**6.4.1** 参考行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的要求。只有热源具备供热条件才能实施试运行。

**6.4.2** 试运行工作是一项系统工程，试运行过程中可能出现意想不到的情况，因此，要做充分的准备工作，制定试运行方案，进行技术交底，对试运行各个阶段的任务、方法、步骤、各方面的协调配合以及应急措施等均应做细致安排。

试运行方案的编制应包括以下内容：编制依据、工程概况、试运行范围、技术质量要求、试运行工作部署、指挥部及职能、安全措施、平面图、纵断图等内容。

**6.4.3** 为了保证试运行的顺利进行，需要可靠的通讯设施和安全措施。

**6.4.4** 参考行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的要求。

**6.4.5** 《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28 中已有明确的规定，试验时带压处理管道和设备的缺陷是非常危险的，极易造成事故。

**6.4.6** 参考行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的要求。《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28-2014 中附录 A.0.31 有详细的要求。

## 7 工程竣工验收

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 竣工验收指试运行合格后，竣工资料已整理完毕，而且宜在正常运行一段时间后，由建设单位组织设计单位、施工单位、监理单位、管理单位等对资料和工程进行验收。工程验收和竣工验收应对验收项目做出结论性意见。如有缺陷应在处理合格后重新验收。

**7.1.2** 在各种检验及自检的基础上进行的验收，主要目的是检查工程各部位是否达到设计要求及使用标准，检查各种记录是否完整、合格。

**7.1.3** 参考行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的要求。《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28-2014 中附录 A.0.34 有详细的要求。

**7.1.4** 为确保工程质量的可追溯性，便于运营管理，结合各地情况，工程试运行三个月后，施工单位除提供纸质的竣工资料外，还应提供电子版形式的竣工资料。竣工验收电子文档主要包括以下内容：

- 1 土方开挖记录（须附典型照片电子版）；
- 2 焊口记录（须附典型照片电子版）；
- 3 焊口（编号）排版图（电子版）；
- 4 管道轴线定位记录（电子版）；
- 5 工艺回填砂记录（附典型照片电子版）；
- 6 管线回填（铺设警示布）记录（须附典型照片电子版）；
- 7 土建阀室井尺寸图（须附典型照片电子版）；
- 8 管网竣工图（电子版）。

**7.1.5** 保修期为两个采暖期是为了充分考查工程总体质量，使工程运行后经历完整的春夏秋冬四季考验。

### 7.2 竣工验收资料

**7.2.1** 参考行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的要求。施工单位可提报施工组织设计或施工方案和施工技术措施。

**7.2.2** 对供热系统应进行性能检测，检测应包含以下内容：

- 1 管网水力平衡度；
- 2 管网的热损失率。