

长输供热热水管网技术标准

Technical standard for long distance heating hot water pipe network

(征求意见稿)

2021-××-××发布

2021-××-××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《2019 年第一批团体标准制订计划的通知》（中热协标委会[2019]1 号）的要求，标准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，编制了本标准。

本标准的主要技术内容：1.总则；2.术语；3.供热系统；4.设备与材料；5.工艺系统；9.供配电；7. 监测与控制；8. 管网施工；9.压力试验、清洗和试运行；10.工程竣工验收；11.运行与调节；12.管道及设施检查。

本标准由中国城镇供热协会负责管理，由中国市政工程华北设计研究总院有限公司和清华大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请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，邮编：300381，电话：13803062935，邮箱：Wanghuai2935@163.com）和清华大学（地址：北京市海淀区清华园1号，邮编：100084，电话：18600110321，邮箱：fulin@tsinghua.edu.cn）。

本标准主编单位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司  
清华大学

本标准参编单位：

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

# 目 次

1	总 则.....	1
2	术 语.....	2
3	供热系统.....	3
3.1	一般规定 .....	3
3.2	供热热源 .....	3
3.3	热源与热网接口.....	3
4	设备与材料.....	4
4.1	主要设备 .....	4
4.2	管道与管件 .....	5
4.3	阀门 .....	5
4.4	补偿器与支吊架.....	6
4.5	焊接材料 .....	6
4.6	保温与防腐材料.....	6
4.7	预制保温管道 .....	7
5	工艺系统.....	8
5.1	一般规定 .....	8
5.2	水力计算及压力工况.....	8
5.3	管网布置与敷设.....	9
5.4	管道穿跨越 .....	11
5.5	管道应力和作用力计算.....	12
5.6	管道支吊架 .....	14
5.7	管道附件与设施.....	15
5.8	厂站 .....	16
5.9	制水、补水与泄水.....	17
5.10	保温与防腐 .....	18
6	供配电.....	19
6.1	一般规定 .....	19
6.2	供配电系统及照明.....	19
7	监测与控制.....	20
7.1	一般规定 .....	20
7.2	参数采集 .....	20
7.3	集中与分布控制.....	22
7.4	控制策略 .....	22
7.5	联锁保护 .....	23
7.6	网络通讯 .....	23
7.7	泄漏监测系统 .....	23
7.8	安防监测系统 .....	24
8	管网施工.....	25
8.1	一般规定 .....	25

8.2	土建工程 .....	25
8.3	管道安装 .....	26
8.4	焊接及检验 .....	27
8.5	接头保温 .....	27
8.6	沟槽回填 .....	28
9	压力试验、清洗和试运行 .....	30
9.1	一般规定 .....	30
9.2	压力试验 .....	30
9.3	管网清洗 .....	32
9.4	系统试运行 .....	32
10	工程竣工验收 .....	34
10.1	一般规定 .....	34
10.2	竣工验收资料 .....	34
10.3	验收合格判定 .....	35
10.4	系统运行评估 .....	35
11	运行与调节 .....	36
11.1	一般规定 .....	36
11.2	系统启动 .....	37
11.3	运行调节 .....	38
11.4	系统停车 .....	38
11.5	事故处理 .....	38
11.6	维护保养 .....	39
12	管道及设施检查 .....	42
附录 A	直埋热水管道预热 .....	43
附录 B	波纹补偿器布置 .....	46
附录 C	旋转补偿器布置 .....	52
附录 D	隧道及附属设施检查 .....	57
	本标准用词说明 .....	61
	引用标准名录 .....	62
	附：条文说明 .....	65

# 1 总 则

**1.0.1** 为促进我国城镇供热事业的发展，推进长输供热管网系统在集中供热领域的应用，做到技术先进、经济合理、提高能效、安全运行和保证工程质量，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于设计压力小于或等于 2.5MPa，设计温度小于或等于 150℃长输热水供热系统的设计、施工与验收。

**1.0.3** 长输热水供热管网的设计与施工、运行与调节，除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 长输供热管线 long distance heating pipeline

自热源至主要供热负荷区长度超过 20km 的热水管网。

### 2.0.2 长输供热热水管网 long distance heating network

供热系统中包含中继泵站、中继能源站或隔压换热站、长输供热管线及附件等管道系统的总称（简称长输供热管网）。

### 2.0.3 供热首站 primal heat-exchanging station

将汽轮机抽汽（排汽）或锅炉蒸汽的热量传递给热网循环水的热交换站。

### 2.0.4 中继泵站 booster pump station

热水供热管网中，根据水力工况要求在长输管线上设置水泵加压的设施。

### 2.0.5 隔压换热站 pressure isolation station with heat exchanger

为隔绝介质及压力将管网分成相互独立的压力系统，实现传热不传压的设施。

### 2.0.6 中继能源站 booster energy station

长输供热管网系统中，既具有隔压换热站功能，又可以将其他能源补充到系统中的综合体。

### 2.0.7 动态水力分析 dynamical hydraulic analysis

由于供热管网运行状态突变引起的瞬态压力变化的分析过程。

### 2.0.8 无补偿敷设 installation without compensator

针对直埋热水管道，直管段不采用永久性补偿器的敷设方式。

### 2.0.9 一次性补偿器 single action expansion joint

仅用于补偿直埋敷设热水管道预热时的位移，位移到位后焊接成整体，并承受管道荷载的补偿器。

### 2.0.10 预热温度 preheating temperature

直埋热水管道中，管道理论计算平均应力为零的温度，也是预热设备设置的目标温度。

### 2.0.11 敞槽预热 open pipelinetrenchpreheating

直埋热水管道中，先预热管道，在保持预热温度下回填管槽的预热方式。

### 2.0.12 覆土预热 preheating of covered soil

直埋热水管道中，先敷设管道，留出一次性补偿器的空间，其余管槽全部回填后，再对管道进行预热的方式。

## 3 供热系统

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 长输供热管网项目应符合城镇供热规划，并应充分利用热电厂的乏汽余热和工业余热资源。

**3.1.2** 长输供热管网的供热负荷应与热电厂的最大供热能力和城镇用热需求相结合，并应满足城镇供热发展的需要。分期实施时，最小负荷不得小于远期总热负荷的 50%。热负荷计算应符合现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34 的规定。

**3.1.3** 长输供热管网系统应配置调峰热源，调峰热源供热能力应按供热区内最大热负荷的 25%~40% 配置。调峰热源应同时兼顾降低热网回水温度的功能。

**3.1.4** 长输供热管网系统构成应包括供热首站、长输热水管道、中继泵站、隔压换热站、中继能源站等设施。应加大供回水温差，实现大温差供热。

### 3.2 供热热源

**3.2.1** 热电厂作为热源时应符合下列规定：

- 1 应深度回收乏汽余热及烟气余热，发挥热电厂的最大供热潜力；
- 2 热电厂余热利用宜采用多级串联梯级加热方式，不宜用高参数汽轮机抽汽直接用于加热温度较低的热网回水；
- 3 应采用热电协同模式，热电厂参与电网深度调峰时，供热能力不应受影响。

**3.2.2** 工业余热作为热源时应符合下列规定：

- 1 工业余热不宜作为长输供热系统的单一热源，应与热电厂及调峰热源相结合；
- 2 工业余热热源附近有热负荷时，应就近采用低温热网供热；
- 3 工业余热热源距离负荷较远且附近有热电厂时，应与热电厂余热利用工艺相结合，长输热网低温回水先进入工厂回收工业余热，再由热电厂加热。

**3.2.3** 热电厂供热首站应符合现行行业标准《火力发电厂供热首站设计规范》DL/T 5537 的规定。

### 3.3 热源与热网接口

**3.3.1** 供回水温度应充分考虑整个供热系统，包括热源、长输供热管网及市政一级网，通过技术经济比较后确定，热源距离越远，热网供回水温差应越大。

**3.3.2** 供热首站中热网循环泵的配置、补水定压点及补水定压方式，应结合长输供热管网系统的静态和动态水力工况、中继泵站的配置以及电厂加热流程的阻力等统一考虑。

**3.3.3** 供热首站、长输供热管网、市政一级网应联动操作，供热首站热网循环水泵应与长输供热管网系统其它相关水泵统一控制。执行大幅度降频或者紧急操作等突发性需快速响应操作的状况，原则上由长输管网自动保护程序完成，电厂自动保护系统应同时联动，电厂汽轮机乏汽及抽汽调节执行装置与电厂其他主设备配合响应。

## 4 设备与材料

### 4.1 主要设备

**4.1.1** 隔压换热站中的板式换热器应符合下列规定：

- 1 板式换热器应符合现行行业标准《板式热交换器 第1部分：可拆卸板式热交换器》NB/T 47004.1的规定；
- 2 板式换热器宜选择可拆式板式热交换器；
- 3 板式换热器宜采用宽流道设计；
- 4 板式换热器计算时应考虑换热表面污垢的影响，传热系数计算时应考虑污垢修正系数；
- 5 板式换热器应校核实际运行可能出现的其他工况换热效果；
- 6 单张板片的有效换热面积不宜小于 $2.0\text{m}^2$ ，材质应为不锈钢 316L，板片厚度不应小于0.6mm；
- 7 板式换热器强度设计应综合考虑实际运行压力、温度及事故水击压力的影响。

**4.1.2** 吸收式换热机组应符合下列规定：

- 1 吸收式换热机组名义工况下的效能不应小于1.2。在最小负荷运行工况下，吸收式换热器效能不应小于名义值；
- 2 吸收式换热机组一、二次侧的压降均应小于或等于0.12MPa；
- 3 吸收式换热机组的承压能力应符合长输供热管网系统参数的要求。

**4.1.3** 水泵应符合下列规定：

- 1 水泵应符合现行国家标准《回转动力泵 水力性能验收试验1级、2级和3级》GB/T 3216的规定；
- 2 循环水泵效率应大于或等于85%；
- 3 循环水泵应与系统设计温度、压力匹配，水泵进出口应按同一压力等级设计；
- 4 循环水泵应具有工作点附近较平缓的“流量—扬程”特性曲线，并联运行水泵的特性曲线宜相同；
- 5 循环水泵电机及冷却方式应适应变频调速控制及启动调试时低频运行需要。

**4.1.4** 除污装置应符合下列规定：

- 1 除污器应设置检修和清理人孔，并应具备在线清理功能；
- 2 滤网应采用不锈钢316L材料；
- 3 滤网应具有良好的抗冲击性；
- 4 除污器滤网的过滤目数不应小于60目；
- 5 除污装置压降应小于或等于30kPa。

**4.1.5** 软水器应符合下列规定：

- 1 软水器应符合国家现行标准《自动控制钠离子交换器技术条件》GB/T 18300和《水处理设备 技术条件》JB/T 2932的规定；
- 2 软水器出水硬度应小于或等于 $0.6\text{mmol/L}$ ；
- 3 应具有连续运行生产软化水和全自动在线监控出水硬度的功能。

**4.1.6** 除氧器应符合下列规定：

- 1 除氧器出水溶解氧应小于或等于 $0.1\text{mg/L}$ ；
- 2 应具有连续运行生产和全自动在线监控含氧量的功能。

## 4.2 管道与管件

**4.2.1** 长输供热管道应采用电弧焊或高频焊焊接钢管。钢管性能及尺寸公差应符合现行国家标准《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》GB/T 9711、《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091和《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163的规定。

**4.2.2** 长输供热管道钢材的许用应力可按表 4.2.2 选取。工作钢管也可选用性能高于本标准的钢质材料，相应工作管壁厚应根据材料性能及管道受力情况重新计算，且所选用材料性能应满足相应规范的要求。

**表4.2.2 常用钢管材料的许用应力**

牌号	常温强度指标 (MPa)		不同温度下的许用应力 (MPa)						
	$\sigma_b$	$\sigma_s$	<20℃	100℃	150℃	200℃	250℃	300℃	350℃
Q235B	375	225	125	125	122	119	113	105	—
20	390	235	137	137	137	137	129	119	114
L290	415	290	138	138	138	138	—	—	—
L360	460	360	153	153	153	153	—	—	—
Q355	490	320	163	163	161	158	151	140	133

**4.2.3** 钢制管件应符合现行国家标准《钢制对焊管件 类型与参数》GB/T 12459和《钢制对焊管件技术规范》GB/T 13401的规定，煨制管件应符合现行行业标准《油气输送用钢制感应加热弯管》SY/T 5257的规定。

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

**4.2.5** 工作管弯头应符合下列规定：

- 1 不得使用由直管段做成的斜接缝弯头；
- 2 弯头弯曲半径不宜低于1.5D；
- 3 弯管弯制后的椭圆度不应大于3%；
- 4 弯管和弯头任何一点的实测壁厚不应小于弯管和弯头相应点的最小壁厚，且外弧侧壁厚不应小于相连直管道允许的最小壁厚。

**4.2.6** 带焊缝管道煨制的弯管应符合下列规定：

1 煨制前后应对整个弯管的焊缝进行磁粉或渗透检测，并应进行100%超声波检测，检测应按现行行业标准《承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测》NB/T 47013.4-2015或《承压设备无损检测 第5部分：渗透检测》NB/T 47013.5-2015执行，I级合格；超声波检测应按现行行业标准《承压设备无损检测 第3部分：超声检测》NB/T 47013.3-2015执行，I级合格。

2 制作弯管的母管性能应符合现行国家标准《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》GB/T 9711的规定，不应有对接的环焊缝，且不对母管管体进行补焊。

**4.2.7** 三通应对开孔处应进行补强，三通壁厚或补强圈壁厚应采用有限元法根据内压、外载和温度荷载的综合作用进行强度验算后确定。

**4.2.8** 异径管应采用压制或钢板卷制。异径管应采用同心异径管，且圆锥角不应大于20°。

## 4.3 阀门

**4.3.1** 球阀性能应符合现行国家标准《城镇供热用焊接球阀》GB/T 37827的规定。

**4.3.2** 蝶阀性能应符合现行国家标准《城镇供热用双向金属硬密封蝶阀》GB/T 37828的规定。

**4.3.3** 保温阀门应符合现行国家标准《城镇供热预制直埋保温阀门技术要求》GB/T 35842的规定。

**4.3.4** 安全阀应符合现行国家标准《安全阀 一般要求》GB/T 12241、《弹簧直接载荷式安全阀》

GB/T 12243和《先导式安全阀》GB/T 28778的规定。

**4.3.5** 止回阀应符合现行国家标准《石油、化工及相关工业用的钢制旋启式止回阀》GB/T 12236的规定。

#### **4.4 补偿器与支吊架**

**4.4.1** 波纹补偿器应符合国家现行标准《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777、《压力管道用金属波纹管膨胀节》GB/T 35990和《城市供热管道用波纹管补偿器》CJ/T 402等的规定。

**4.4.2** 套筒补偿器应符合现行行业标准《城镇供热管道用焊制套筒补偿器》CJ/T 487的规定。

**4.4.3** 球型补偿器应符合现行国家标准《城镇供热管道用球型补偿器》GB/T 37261的规定。

**4.4.4** 旋转补偿器应符合现行行业标准《旋转补偿器》JB/T 12936的规定。

**4.4.5** 管道支吊架的材料和质量应符合现行国家标准《管道支吊架》GB/T 17116的规定。

#### **4.5 焊接材料**

**4.5.1** 焊接材料的品种和型号应符合焊接工艺规程的要求。

**4.5.2** 焊接材料的供货技术条件、产品类型、尺寸、公差和标志应符合现行国家标准《焊接材料供货技术条件 产品类型、尺寸、公差和标志》GB/T 25775的规定。

**4.5.3** 焊接材料的采购应符合现行国家标准《焊接材料采购指南》GB/T 25778的规定。

**4.5.4** 焊接材料（焊条、焊丝及填充丝、焊剂及焊接用气体）在采购、验收、仓储及使用过程中的管理应符合现行行业标准《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223的规定。

**4.5.5** 焊接材料采购基本要求、批量标识、组批规则、质量证明、复验、保管和运输应符合现行行业标准《承压设备用焊接材料订货技术条件》NB/T 47018的规定。

**4.5.6** 焊接材料的技术要求、熔敷金属弯曲试验、试验方法和产品标识应符合现行行业标准《承压设备用焊接材料订货技术条件》NB/T 47018 的规定。

**4.5.7** 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%，含水量和含氧量不应大于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%。

#### **4.6 保温与防腐材料**

**4.6.1** 硬质聚氨酯泡沫塑料应符合现行国家标准《硬质聚氨酯喷涂聚乙烯缠绕预制直埋保温管》GB/T 34611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/T 29047的规定。

**4.6.2** 高温玻璃棉应符合现行国家标准《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350的规定。

**4.6.3** 纳米孔气凝胶绝热材料应符合现行国家标准《纳米孔气凝胶复合绝热制品》GB/T 34336的规定。

**4.6.4** 绝热用岩棉、矿渣棉及其制品应符合现行国家标准《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》GB/T 11835的规定。

**4.6.5** 柔性泡沫橡塑绝热制品应符合现行国家标准《柔性泡沫橡塑绝热制品》GB/T 17794的规定。

**4.6.6** 直埋敷设管道外护管的高密度聚乙烯应符合现行国家标准《硬质聚氨酯喷涂聚乙烯缠绕预制直埋保温管》GB/T 34611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/T 29047的规定。

- 4.6.7 彩钢板应符合现行国家标准《彩色涂层钢板及钢带》GB/T 12754的规定。
- 4.6.8 热镀锌钢板应符合现行国家标准《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518的规定。
- 4.6.9 不锈钢板应符合现行国家标准《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280的规定。
- 4.6.10 铝板应符合现行国家标准《一般工业用铝及铝合金板、带材》GB/T 3880的规定。
- 4.6.11 防腐涂层应符合现行行业标准《富锌底漆》HG/T 3668的规定。

#### 4.7 预制保温管道

- 4.7.1 直埋管道应选用工作管、保温层及外护管三位一体的结构，且应为工厂预制的成品保温管道，其设计寿命不应低于30年。
- 4.7.2 预制直埋保温管道应符合现行国家标准《硬质聚氨酯喷涂聚乙烯缠绕预制直埋保温管》GB/T 34611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/T 29047的规定。
- 4.7.3 预制架空保温管道应符合现行团体标准《架空和综合管廊预制热水保温管及管件》T/ CDHA 1的规定。

## 5 工艺系统

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 长输供热管网系统中继泵站、中继能源站、隔压换热站的位置和参数应根据系统水力计算的结果、技术经济比较和选址的可行性等综合确定，并应符合下列规定：

- 1 中继泵站应优先采用回水加压方式；
- 2 当系统高差较大或经水力计算管道压力超过2.5MPa时，宜设置隔压换热站；
- 3 在保证系统安全的前提下，长输供热管网系统可设置多座中继泵站，并应尽量减少隔压换热站的设置数量；
- 4 当系统末端热力站设置吸收式换热机组有困难时，可设置集中吸收式换热机组或中继能源站，降低长输供热管网系统的回水温度；
- 5 中继能源站附近有热负荷时，宜建设低温供热二级网，就近由中继能源站承担供热。

**5.1.2** 长输供热管网的设计压力，不应低于下列任何项中所出现的最大压力：

- 1 各种运行工况的最高工作压力；
- 2 地形高差形成的静水压力；
- 3 事故工况分析和动态水力分析要求的安全裕量。

**5.1.3** 长输供热管网供水设计温度宜为 120℃~130℃，回水设计温度应小于或等于 40℃。

**5.1.4** 长输供热管网系统中构筑物结构设计使用年限不应小于 50 年，安全等级不应低于二级。供热管道的设计使用年限不应小于 30 年。

**5.1.5** 位于抗震设防烈度为6度及以上地区时，长输供热管网及支撑结构等设施应进行抗震设计，。并应符合现行国家标准《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032的有关规定。

**5.1.6** 长输供热管网应随管道走向铺设示踪线（带）和警示带。标志桩设置应符合现行行业标准《城镇供热系统标志标准》CJJ/T 220的规定，并应在下列位置设置标志桩：

- 1 直管道间距每200m处；
- 2 在支架、阀门井、直埋管件、转角处；
- 3 跨越河流、水面两岸上下游处；
- 4 穿越铁路、公路、城市道路等处。

**5.1.7** 长输供热管网的水工保护设计应依据当地气候、水文、地形、地质等自然条件进行专项设计，结合当地的施工材料及经验做法，采取工程措施和植物措施相结合的综合防治措施。

### 5.2 水力计算及压力工况

**5.2.1** 长输供热管网的水力计算应包括下列内容：

- 1 确定管径和中继泵站、隔压换热站的位置及热源循环水泵、中继泵的流量和扬程；
- 2 分析长输供热管网系统正常运行的压力工况，并确保系统内任意一点不超压、不汽化；
- 3 结合热源循环水泵、中继泵站、隔压换热站两侧水泵事故工况、管线泄漏、管线误关阀等进行动态水力分析。

**5.2.2** 动态水力分析后，应根据分析结果采取下列相应的主要安全保护措施：

- 1 设置氮气定压罐；
- 2 设置静压分区阀；
- 3 在管道关键位置设置压力检测点实时监控，设置超压保护和紧急泄水阀；

- 4 延长主阀关闭时间；
- 5 热源循环泵、中继泵、隔压换热站两侧水泵、长输管线分段阀连锁控制；
- 6 提高管道和设备的承压等级；
- 7 增加事故补水能力；
- 8 事故工况下热源整体旁通，并加装止回阀；
- 9 全系统泵组全部设置变频器，并通过自控设备统一控制；
- 10 设置多级加压泵，尽可能的降低管道运行压力；
- 11 水泵设置旁通，并加装止回阀；
- 12 事故工况下隔压换热站或中继能源站整体旁通，并加装止回阀；
- 13 其他措施。

**5.2.3** 长输供热管网宜对管道内壁进行减阻处理，减小内壁当量粗糙度，并应采用经过测定的当量粗糙度值进行水力计算。管道比摩阻宜采用20Pa/m~50Pa/m。

**5.2.4** 长输供热管网局部阻力损失，可按表5.2.4取值。

**表 5.2.4 管道局部阻力与沿程阻力比值**

补偿类型	局部阻力与沿程阻力的比值
轴向型补偿器	0.2
组合使用型补偿器	0.5
方形补偿器	0.7
直埋无补偿敷设	0.1

**5.2.5** 长输供热管网系统的压力工况应符合下列规定：

- 1 供水管道任何一点的压力不应低于供热介质的汽化压力，并应留有30kPa~50kPa的富裕压力；
- 2 回水管道任何一点的压力不应低于50kPa。
- 3 循环水泵、中继泵等停止运行时，应保持必要的静态压力，静态压力应符合下列规定：
  - 1) 不应使管网任何一点的水汽化，并应有30kPa~50kPa的富裕压力；
  - 2) 长输供热管网系统应充满水；
  - 3) 不应超过系统中任何一点的允许压力。

**5.2.6** 长输供热管网系统定压应符合下列规定：

- 1 定压点应设在便于管理并有利于管网压力稳定的位置，宜设在热源处；
- 2 当供热系统多热源联网运行时，全系统应仅有一个定压点起作用，但可多点补水；
- 3 长输供热管网系统的定压方式应根据动态水力分析后确定，定压点压力应综合考虑热网循环泵全部停止运行时的静态压力、运行调节过程中和事故状态下的动态压力。

**5.2.7** 长输供热管网设计时应根据静态、动态水力计算的基础上绘制主干线水压图和事故工况下的系统各点供回水压力的上下包络图。

### 5.3 管网布置与敷设

**5.3.1** 长输供热管网路由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设施、水源地；
- 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等；
- 3 不应占用铁路或高速公路的隧道，可与桥梁合建。

**5.3.2** 长输供热管网不宜经过土质松软地区、地震断裂带、滑坡危险地带、高地下水位区、塌陷

区、矿山采空区、山洪易发地带等不良工程地质段。确需经过上述地区时宜采用架空敷设，应在不良工程地质段两侧各100m处设置特殊分段阀门。

**5.3.3** 长输供热管网管沟的外表面、直埋敷设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5.3.3-1和表5.3.3-2的规定。

**表 5.3.3-1 地下敷设管道与建筑物（构筑物）或其他管线的最小距离（m）**

建筑物、构筑物或管线名称		管道敷设形式	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 1.7
有轨电车钢轨		管沟、直埋管道	2.0	轨底 1.7
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 10kV 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 ≤ 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 < 0.01MPa	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 ≤ 0.4MPa		1.5	
	燃气压力 ≤ 0.8MPa		2.0	
	燃气压力 > 0.8MPa		4.0	
	燃气压力 ≤ 0.4MPa	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 ≤ 0.8MPa		1.5	
燃气压力 > 0.8MPa	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、直埋管道	1.5	—
灌木（中心）		管沟	1.0	—
		直埋管道	1.5	—
机动车道路面		管沟	—	0.7
		直埋管道	—	1.3
非机动车道路面		直埋管道	—	1.2

- 注：1 当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；  
 2 管道与电力电缆平行敷设时，电缆处的土壤温度与月平均土壤自然温度比较，全年任何时候对于电压 10kV 的电缆不高出 10℃，对于电压 35kV~110kV 的电缆不高出 5℃时，可减小表中所列距离；  
 3 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；  
 4 管道检查室、方形补偿器壁龛与燃气管道最小水平净距亦应符合表中规定；  
 5 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，或采用埋深较大的非开挖法施工。

**表5.3.3-2 地上敷设管道与建筑物（构筑物）或其他管线的最小距离（m）**

建筑物、构筑物或管线名称		最小水平净距	最小垂直净距
铁路钢轨		轨外侧 3.0	轨顶标准 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	—
等级公路与城市道路路面		—	5.5
厂区道路路面		—	5.0
人行道路路面		—	3.5
架空输电线 (水平净距: 导线最大风偏时; 垂直净距: 供热管网管道在下面 交叉通过导线最大垂度时)	<3kV	1.5	1.5
	3kV~10kV	2.0	2.0
	35kV~110kV	4.0	3.0
	220kV	5.0	4.0
	330kV	6.0	5.0
	500kV	6.5	6.5
	750 kV	9.5	8.5
通信线		—	1.0
树冠（边缘）		2.0	—

**5.3.4** 长输供热管道采用直埋敷设时，应采用预热安装或冷安装的无补偿敷设方式。管道最小覆土深度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的规定。预热设计和安装应按附录A的规定执行。

**5.3.5** 地上敷设的管道和地下敷设的管道连接处，应符合下列规定：

**1** 地上敷设管道与直埋敷设管道连接时，直埋保温管应高出地面500mm，并应对直埋保温管地上部分的外护管做防腐措施；

**2** 地上敷设管道与地沟敷设管道连接时，地沟构筑物应高出地面300mm，并应做好防雨设施。

**5.3.6** 供热管沟应防止有害气体进入。供热管沟内不得穿过燃气管道。当供热管沟与燃气管道交叉的垂直净距小于 300mm 时，应采取可靠措施防止燃气泄漏进入供热管沟。

## 5.4 管道穿跨越

**5.4.1** 长输供热管道穿（跨）越铁路、公路、桥梁、堤坝等设施时，应保证各种设施安全。当需要利用现有铁路、公路的涵洞时，应征得相关管理部门的同意。

**5.4.2** 长输供热管道穿越河道、跨越水面和峡谷地段应符合下列规定：

**1** 管道跨越通航河流时，航道的净宽与净高应符合现行国家标准《内河通航标准》GB 50139的规定；

**2** 管道跨越不通航河流时，管道保温结构或跨越设施的下表面与50年一遇的最高水位垂直净距不应小于0.5m；

**3** 河底敷设管道应选择在较深的稳定河段，应远离浅滩、锚地，埋设深度不应妨碍河道整治，并应保证管道安全；

**4** 穿越 I ~ V 级航道河流，管道（管沟）的覆土深度应在航道底设计标高2m以下；穿越其他河流时，管道（管沟）的覆土深度应在稳定河底2m以下；

**5** 穿越沟渠时，管道（管沟）的覆土深度应在沟渠底设计标高1.0m以下；

**6** 河底穿越时，应进行抗浮计算和抗冲刷设计。

**5.4.3** 长输供热管道穿越铁路、高速公路、市政道路时，应设置钢筋混凝土套管。套管的内径应

大于管道保温外径800mm以上，管道应采用预制保温管。一侧应留有足够的抽管检修场地。

**5.4.4** 长输供热管道不得在穿越管段上设置弯头或弯管。

**5.4.5** 长输供热管道在向下穿越河流、池塘或交通设施时，应在穿越前后两端水流方向上侧的管道上设置除污装置和分断阀门。

**5.4.6** 长输供热管道同河流、铁路、公路等交叉时应垂直相交。管道与铁路或地下铁路交叉角度不应小于 60°；管道与河流或公路交叉角度不应小于 45°。

**5.4.7** 长输供热管网隧道和暗挖工程主体结构设计使用年限不应小于 100 年，安全等级不应小于一级，结构防水等级不应低于二级。并应符合现行国家标准《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446、现行行业标准《城市供热管网暗挖工程技术规程》CJJ 200 和《热力机械顶管技术标准》CJJ/T 284 的规定。

## 5.5 管道应力和作用力计算

**5.5.1** 管道应力验算应采用应力分类法，并应符合下列规定：

- 1 管道由内压、持续外载引起的一次应力验算应采用弹性分析；
- 2 管道由热胀冷缩及其他位移受约束产生的二次应力应采用安定性分析；
- 3 管件上的峰值应力应采用满足必要疲劳次数的许用应力范围进行验算。

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

- 1 计算压力应采用管道设计压力；
- 2 管道工作循环最高温度，应采用长输供热管道的设计供水温度；
- 3 管道工作循环最低温度，对于全年运行的管道，地下敷设时应取30℃，地上敷设时应取15℃；对于只在供暖期运行的管道，地下敷设时应取10℃，地上敷设时应取5℃；
- 4 计算安装温度取安装时当地的最低温度；
- 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 计算作用力时，计算温差应采用工作循环最高温度与计算安装温度之差。

**5.5.3** 长输供热管道、管道附件、支撑固定件和支撑结构件等，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确定设计荷载：

- 1 永久荷载应包括管道内压、管道内介质重量、管道及其附件（保温层、结构附件）的重量、横向和竖向的土压力、管道内介质静压力和水浮力、温度作用荷载以及流体由于受热膨胀而增加的应力、连接构件相对位移而产生的作用力；
- 2 可变荷载应包括试压时的水重量、架空管道上的冰荷载和雪荷载、内部高落差或外部（风、浪、水流）等因素产生的冲击力、车辆及行人等地面荷载、检修荷载、施工过程中的各种作用力；
- 3 偶然荷载应包括地震荷载、振动和共振所引起的应力、冻土或膨胀土中的膨胀压力、地基沉降附加在管道上的荷载。

**5.5.4** 钢材的许用应力应根据钢材有关特性按下式计算：

$$[\sigma] = \min\left(\frac{\sigma_b}{3}, \frac{\sigma_s}{1.5}\right) \quad (5.5.4)$$

式中： $[\sigma]$ ——钢材的许用应力（MPa）；

$\sigma_b$ ——钢材的抗拉强度最小值（MPa）；

$\sigma_s$ ——钢材的屈服极限最小值（MPa）。

**5.5.5** 工作管内压作用下的最小壁厚应按下列公式计算：

$$\delta_{pm} = \frac{P_d \times D_o}{2[\sigma] \times \eta + 2Y \times P_d} \quad (5.5.5)$$

式中： $\delta_{pm}$ ——工作管内压作用下的最小壁厚（m）；

$P_d$ ——管道计算压力（MPa）；

$D_o$ ——工作管外径（m）；

$[\sigma]$ ——钢材的许用应力（MPa）；

$\eta$ ——许用应力修正系数，无缝钢管取 1.0，螺旋焊缝钢管可取 0.9；

$Y$ ——温度修正系数，可取 0.4。

**5.5.6** 工作管的公称壁厚应按下式计算：

$$\delta \geq \delta_{pm} + C \quad (5.5.6)$$

式中： $\delta$ ——工作管公称壁厚（m）；

$\delta_{pm}$ ——工作管最小壁厚（m），对于直埋管道  $\delta_{pm}$  为内压和外压作用下壁厚的较大值；

$C$ ——管道壁厚负偏差附加值（m）。

**5.5.7** 管道壁厚负偏差附加值应根据管道产品技术条件的规定选取或按下列方法确定：

1 钢管壁厚负偏差附加值可按下式计算：

$$C = \chi \times \delta_{pm} \quad (5.5.7)$$

式中： $\chi$ ——管道壁厚负偏差系数，可按表 5.5.7 选取。

**表 5.5.7 管道壁厚负偏差系数**

管道壁厚偏差（%）	0	-5	-8	-9	-10	-11	-12.5	-15
管道壁厚负偏差系数	0.050	0.053	0.087	0.099	0.111	0.124	0.143	0.176

2 当焊接钢管产品技术条件中未提供壁厚允许负偏差值时，壁厚负偏差附加值可采用钢板厚度的负偏差值，但壁厚负偏差附加值不应小于 0.5mm。

**5.5.8** 弯管或弯头内压作用下的公称壁厚应按下式计算：

$$\delta_w = \frac{P_d \times D_o}{2[\sigma] \times \eta / I + 2Y \times P_d} + C \quad (5.5.8 - 1)$$

内弧：

$$I = \frac{4 \left( \frac{R}{D_o} \right) - 1}{4 \left( \frac{R}{D_o} \right) - 2} \quad (5.5.8 - 2)$$

外弧：

$$I = \frac{4 \left( \frac{R}{D_o} \right) + 1}{4 \left( \frac{R}{D_o} \right) + 2} \quad (5.5.8 - 3)$$

式中： $\delta_w$ ——弯管或弯头内压作用下的公称壁厚（m）；

$P_d$ ——管道计算压力（MPa）；

$D_o$ ——弯管或弯头外径（m）；

$R$ ——弯管或弯头弯曲半径（m）；

$I$ ——弯管或弯头壁厚修正系数，侧壁弯曲中性线 I 取 1.0；

$[\sigma]$ ——钢材的许用应力（MPa）；

$\eta$ ——许用应力修正系数，无缝钢管取 1.0，螺旋焊缝钢管可取 0.9；

$Y$ ——温度修正系数，可取 0.4。

**5.5.9** 当采用架空、地沟、顶管、暗挖、盾构的结构工艺时，管道应力计算按照现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ34的规定执行。

**5.5.10** 直埋敷设管道的热伸长量计算、应力验算、径向稳定性验算及管道竖向稳定性验算应按现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81的有关规定执行。

**5.5.11** 直埋敷设长直管段应按下列公式进行局部稳定性验算：

当  $r_0/\delta_{jbm} \leq 28.7$  时：

$$\sigma_c = \alpha \times E(t_1 - t_0) \leq [\sigma_c] = 334 \quad (5.5.11 - 1)$$

当  $r_0/\delta_{jbm} > 28.7$  时：

$$\sigma_c = \alpha \times E(t_1 - t_0) \leq [\sigma_c] = 9250 \frac{\delta}{r_0} + 11.7 \quad (5.5.11 - 2)$$

式中：  $r_0$ ——工作管半径（m）；

$\delta_{jbm}$ ——工作管局部稳定性要求的最小壁厚（m）；

$\alpha$ ——钢材的线膨胀系数[m/(m·℃)]；

$E$ ——钢材的弹性模量（MPa）；

$t_1$ ——管道工作最高循环温度（℃）；

$t_0$ ——管道计算安装温度（℃）；

$\sigma_c$ ——长直管段的轴向压应力（MPa）；

$[\sigma_c]$ ——长直管段的许用轴向压应力（MPa）。

**5.5.12** 三通支管连接补强计算、异径管壁厚计算、法兰及法兰附件计算、封头厚度计算等应按现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270的有关规定执行。

## 5.6 管道支吊架

**5.6.1** 管道支吊架结构荷载应符合现行国家标准《电厂动力管道设计规范》GB 50764 的规定。支座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动力荷载。

**5.6.2** 管道支吊架的间距应满足强度和刚度条件的要求。

**5.6.3** 水平直管道支吊架间距应符合下列规定：

1 按强度条件确定的支吊架间距：

$$L_{\max} = 2.24 \sqrt{\frac{W \times \phi \times [\sigma]_t}{q}} \quad (5.6.3 - 1)$$

$$W = \frac{\pi}{32} \left( \frac{D_0^4 - d_0^4}{D_0} \right) \quad (5.6.3 - 2)$$

式中：  $L_{\max}$ ——管道支架的最大允许间距（m）；

$q$ ——管道单位重量（N/m），  $q$ =管道重量+保温重量+介质等附加重量

$W$ ——管道断面抗弯矩（cm<sup>3</sup>）；

$D_0$ ——钢管外直径（cm）；

$d_0$ ——管道内直径（cm）；

$\phi$ ——管道横向焊缝系数，一般取 0.9，也可参考表 5.6.3 选取；

$[\sigma]_t$ ——钢材在设计温度下的许用应力（MPa）。

表 5.6.3 管道横向焊缝系数

焊接方式	焊缝系数	焊接方式	焊缝系数
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

2 按刚度条件确定的支吊架间距：

$$L_{\max} = 0.19 \sqrt[3]{\frac{100E_t \times I \times i_0}{q}} \quad (5.6.3 - 3)$$

$$I = \frac{\pi}{4} \left[ \left( \frac{D_0}{2} \right)^4 - \left( \frac{d_0}{2} \right)^4 \right] \quad (5.6.3 - 4)$$

式中： $E_t$ ——管道材料在设计温度下的弹性模量（MPa）；

$I$ ——管道截面惯性矩（ $\text{cm}^4$ ）；

$i_0$ ——管道排水坡度， $i_0 \geq 0.002$ 。

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

5.6.4 导向支座、滑动支座的设计载荷应考虑相邻支座失效，支座临时应能承受 1.5 倍正常运行重力荷载。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。

5.6.5 支吊架选择和设置应符合下列规定：

1 中、高支架敷设的管道，安装阀门、泄水、放气、除污装置、热量计（流量计）的地方应设置操作平台，在跨越河流、峡谷等地段，必要时沿架空管道设置检修便桥；

2 中、高支架操作平台的尺寸应保证维修人员操作方便，检修便桥宽度不应小于0.6m，平台或便桥周围应设防护栏杆；

3 管道活动支座应采用滑动支座或刚性吊架，当管道敷设于高支架、悬臂支架或通行管沟内时，宜采用滚动支座或使用减摩材料的滑动支座，其摩擦系数可按表5.6.5取值；

4 当管道运行时有垂直位移且对邻近支座的荷载影响较大时，应采用弹簧支座或弹簧吊架；

5 地沟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；

6 架空敷设的供热管网中，导向支座、滑动支座、固定支座，应采取相应的隔热措施。

表 5.6.5 摩擦系数

摩擦形式	摩擦系数 $\mu$
钢与钢滑动摩擦	0.3
钢与聚四氟乙烯板之间	0.2
聚四氟乙烯之间	0.1
不锈钢（镜面）薄板之间	$\leq 0.1$
不锈钢（镜面）与聚四氟乙烯板之间	0.05~0.07
钢表面的滚动摩擦	0.1

## 5.7 管道附件与设施

5.7.1 阀门的选择和设置应符合下列规定：

1 管道阀门应采用双向密封的钢制阀门；

2 直埋热水管道阀门应采用能承受轴向荷载的钢制全焊接式球阀或蝶阀；

3 管道阀门应设置旁通阀，旁通阀门应选用球阀；

4 管道关断阀门及旁通阀门宜采用电动驱动阀门，并应有现场手动、电动控制及远程控制通讯接口；

5 管道的放气阀和泄水阀应采用球阀；

6 管道应装设分段阀门，分段阀门的间距宜为4000m~5000m；

7 架空敷设管道上，露天安装的电动阀门，其驱动装置和电气部分的防护等级应满足露天安装的环境条件，为防止无关人员操作应有防护措施；

8 止回阀应具有缓闭式功能；

9 应选用具有先导式功能的安全阀。

**5.7.2** 当动态水力分析需延长长输供热管网分段阀门关闭时间时，宜采用主阀并联旁通阀的方法解决。旁通阀直径可取主阀直径的1/4。主阀和旁通阀应按顺序操作，旁通阀应在开启状态主阀方可进行关闭操作，主阀关闭后旁通阀才可关闭。

**5.7.3** 由监控系统远程操作的阀门，其旁通阀亦应采用电动驱动装置，应与主阀连锁控制，其顺序按**5.7.2**的要求控制。

**5.7.4** 长输供热管道的高点（包括分段阀门划分的每个管段的高点）应安装放气装置。

**5.7.5** 长输供热管道的放水装置应符合下列规定：

1 分段阀门划分的每个管段应安装放水装置；

2 管线在低点、垂直升高管段前、分段阀门前宜设阻力小的永久性除污及放水装置；

3 放水装置的设置应考虑事故时管道的补水及泄水时间。

**5.7.6** 补偿器选择和设置应符合下列规定：

1 补偿器的设计压力应与管道设计压力一致；

2 管道系统设计时应考虑补偿器安装时的冷紧；

3 采用套筒补偿器或轴向波纹补偿器时，应计算各种安装温度下的补偿器安装长度，并应保证在管道可能出现的最高、最低温度下，补偿器留有不小于50mm的补偿余量；

4 管沟或架空敷设的管道采用轴向型补偿器时，管道上应安装防止管道偏心、受扭的导向支座，数量一般不少于4个。采用其他形式补偿器，当补偿管段过长时，也应设置导向支座；支座间距按现行国家标准《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777-2019附录E计算确定。

5 直埋预热敷设中的一次性补偿器，内外套筒的焊接焊缝强度应能满足直埋热水管道锚固状态所承受的轴向力；

6 应采用球形补偿器、铰链型波纹管补偿器和旋转补偿器，补偿管段较长时，应采取减小管道摩擦力的措施；

7 波纹补偿器的选择和布置应按附录B的规定执行。

8 旋转补偿器的选择和布置应按附录C的规定执行。

## 5.8 厂站

**5.8.1** 中继泵站、中继能源站及隔压换热站的选址应符合下列规定：

1 应满足长输供热管网静态、动态水力计算的要求；

2 应符合城镇总体规划、城镇供热规划的要求；

3 应满足防洪的要求，并应有可靠的防洪排涝措施；

4 应有良好的地质条件，并应具有供电、给排水、通信等交通运输条件；

5 应节约集约用地，减少对环境的破坏。

**5.8.2** 中继泵站、中继能源站及隔压换热站的建（构）筑物之间、厂内与厂外的建（构）筑物之间的防火间距和消防通道，并应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的有关规定。

**5.8.3** 中继泵站、中继能源站及隔压换热站内建筑物的消防、供暖通风与空调、给排水系统的设计，应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《工业建筑采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019、《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736、《建筑给水排水设计规范》GB 50015的有关规定。

**5.8.4** 中继泵站、中继能源站及隔压换热站连接水泵的管道应采取隔振措施，噪声应符合现行国家标准《声环境质量标准》GB 3096的有关规定。

**5.8.5** 水泵的选择应符合《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的有关规定。所有水泵均应采用变频调速控制，且各个中继泵站水泵和与其连锁的水泵台数宜相同。

**5.8.6** 水泵和换热器的布置、检修通道的预留、起重装置的设置、安装和检修空间等要求应符合现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的规定。多层布置时，楼面荷载应满足设备安装、运行检修的要求。

**5.8.7** 中继泵站、中继能源站及隔压换热站内管道系统布置应做整体应力计算。根据应力分析设置管道补偿、支吊架。应力计算应满足《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的相关规定，与设备连接的管道荷载应满足设备接口的受力要求。

**5.8.8** 中继泵站、中继能源站及隔压换热站的进出口总管应设置用于紧急切断的电动阀门。

**5.8.9** 中继泵站应在中继泵吸入母管和压出母管之间设置装有止回阀的旁通管，旁通管管径可结合动态水力计算确定。隔压换热器高压侧、低压侧水循环系统应设置初运行时水循环不经过换热器的旁通管。

**5.8.10** 厂站入口处、板式换热器入口处应设除污装置。并应符合下列规定：

1 当厂站入口采用集中除污装置时，宜在此除污装置处设置旁通式石英砂过滤器，其旁通流量为总流量的3%~5%；

2 隔压换热站中，宜根据过滤精度由低到高设置多级除污，除污精度可结合板式换热器的间隙确定。

**5.8.11** 隔压换热站换热器系统设置应符合下列规定：

- 1 板式换热器换热温度端差不宜高于5℃；
- 2 可通过换热器分组串联、并联方式完成换热过程；
- 3 换热器组高温侧、低温侧宜按等流量设计；
- 4 平行布置的换热器，当换热器总高度超过2.5m时，间距不宜小于1.5m；
- 5 换热器宜分组布置，并联工作的每组换热器间宜按同程连接设计；
- 6 换热器组一、二次侧进、出口应设总阀门。每台换热器一、二次侧进、出口宜设阀门；
- 7 当隔压换热站与市政一级管网连接时，一级管网侧循环水泵流量、扬程应满足城区侧热网循环水输送要求。补水、定压应满足城区一级管网系统运行要求。

## 5.9 制水、补水与泄水

**5.9.1** 长输供热管网系统除在热源处设置常规制水补水装置外，在中继泵站、隔压换热站、调峰热源厂等其他厂站也应设置制水与补水装置，并应配套储水设施。

**5.9.2** 长输供热管网系统应设置水质检测设施，补给水水质应符合表5.9.2 的规定。

表 5.9.2 补给水水质

项目	数值
浊度 (FTU)	≤5.0
硬度 (mmol/L)	≤0.60
氯离子 (mg/L)	≤25
溶解氧 (mg/L)	≤0.10
铁 (mg/L)	≤0.30
pH (25℃)	7.0~11.0

5.9.3 长输供热管网系统补水能力应符合下列规定:

- 1 小时补水总能力不应小于管道最长分段阀门之间单根管道水容积的10%;
- 2 宜结合泵站的位置和管线长度设置多点补水;
- 3 应设置蓄水设施, 其容积不应小于本厂站 6h制水量。

5.9.4 制水装置应根据原水水质、水量的要求等确定制水工艺。制水设备出力应按连续制水能力确定。

5.9.5 长输供热管网应设置应急排水设施, 并结合地形条件设置泄放区域或水池。排水应排至安全处, 不应对环境造成危害。有条件时蓄水池和泄放水池可统一考虑。

## 5.10 保温与防腐

5.10.1 长输供热管道、设备、阀门及管路附件均应进行保温。设备及管道保温结构的表面温度不应超过50℃。

5.10.2 保温材料及其制品的主要技术性能应符合下列规定:

- 1 保温材料应对人体无伤害, 对环境无污染, 对接触的设备 and 管道无腐蚀性;
- 2 导热系数: 无机材料在平均温度为70℃时, 应不大于0.08[W/(m·K)], 有机保温材料在平均温度为50℃时, 应不大于0.043[W/(m·K)];
- 3 密度: 硬质应不大于250 kg/m<sup>3</sup>, 软质应不大于150kg/m<sup>3</sup>;
- 4 抗压强度: 硬质预制成型保温材料应不小于0.4MPa, 半硬质的保温材料压缩10%时的抗压强度应不小于0.3MPa;

5.10.3 保温材料的选择应符合下列规定:

- 1 直埋敷设管道应选用硬质聚氨酯泡沫塑料;
- 2 架空和地沟敷设的管道宜选用聚氨酯硬质泡沫塑料, 也可选用高温玻璃棉、纳米孔气凝胶绝热材料、岩棉、泡沫橡塑等无机保温材料;
- 3 室内及综合管廊内管道的保温材料的燃烧性能应不低于GB 8624难燃材料, 且氧指数不应小于30%。

5.10.4 长输供热管网保温结构设计和计算应符合现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的有关规定。在设计工况下的计算温度降不应大于0.1℃/km。

5.10.5 直埋敷设的管道应采用高密度聚乙烯做保护层, 架空、地沟、综合管廊、室内敷设的管道宜采用镀锌钢板、铝板、不锈钢板、彩钢板等做保护层。

5.10.6 长输供热管网防腐涂层应具有好的附着力、耐蚀性、抗冲击、电绝缘性、低吸水性、低水蒸汽渗透性和抗温度变化的能力。

## 6 供配电

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 长输供热管网供配电与照明系统的设计，应采用高效率、安全可靠、先进合理的设备和灯具。

**6.1.2** 中继泵站、中继能源站及隔压换热站的动力用电和照明用电应分别计量。

**6.1.3** 供配电和照明系统设计，除应遵守本章规定外，尚应符合电气设计有关标准的规定。

### 6.2 供配电系统及照明

**6.2.1** 中继泵站和隔压换热站、中继泵和与其连锁的设备，供电负荷级别应为二级及以上。

**6.2.2** 电气主接线应采用单母线分段带母联接线方式，两路电源应采用同时工作运行方式，一路工作电源电压下降或消失时，母线联络应手动或自动投入，另一路电源应承担能保证全网最低设计流量上限的用电需求。供、回水水泵电动机按工艺要求应采用成组供电方式，由供电系统两段母线分别供电，在一路电源故障下，保证供热系统的最低安全运行方式。

**6.2.3** 中继泵站、中继能源站及隔压换热站的高低电压配电设备应布置在专用的配电室内，配电线路应采用放射式布置，水泵应设置就地控制按钮。

**6.2.4** 低压配线应符合现行国家标准《低压配电设计规范》GB 50054 对电源与供热管道净距的规定，并宜采用桥架或钢管敷设。在进入电机接线盒处应设置防水弯头或金属软管。

**6.2.5** 中继泵站、中继能源站及隔压换热站内的水泵应采用变频调速装置，并应符合现行国家标准《电能质量公用电网谐波》GB/T 14549中对谐波的规定。

**6.2.6** 电气和控制设备的防护等级应适应所在场所的环境条件。

**6.2.7** 架空敷设的长输供热管道同架空输电线或电气化铁路交叉时，交叉点两侧 5m 范围内的管道、支架、结构钢筋等导电体均应接地，接地电阻不应大于  $10\Omega$ 。

**6.2.8** 照明设计应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB 50034和现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的有关规定。

## 7 监测与控制

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 长输供热管网应建立完备的自动化集中监控与管理系统，包括参数检测、参数与设备状态显示、自动调节与控制、泵站控制权限切换、设备联锁与自动保护、能量计量、视频监视等。

**7.1.2** 长输供热管网监控系统的参数检测包括反映设备和管道系统在启停、运行及事故处理过程中的安全和经济运行的参数，检测仪表的选择和设置应与报警、自动控制和中央监控等内容综合考虑。

**7.1.3** 长输供热管网集中监控系统上级为调度监控中心，下级为若干个中继泵站、隔压换热站、中继能源站、事故补水站等现场控制站，包括供热首站热网循环泵在内的多级泵站系统应纳入统一调控，通过数据通信网络将各控制站与监控中心相连。

**7.1.4** 长输供热管网系统的中继水泵、供热首站循环水泵、市政一级网水泵应设置联动、连锁等保护措施，系统事故信号均要同时传到电厂自控系统，电厂自控系统需考虑相应的联锁控制。电厂供热首站各加热环节的温度、压力等参数及热网循环泵、补水泵均应与长输供热管网系统联控。

**7.1.5** 长输供热管网集中监控管理系统应符合下列规定：

1 应能以与现场测量仪表相同的时间间隔与测量精度连续记录，显示各系统运行参数和设备状态。其存储介质和数据库应能保证记录连续3年以上的运行参数；

2 应能计算和定期统计系统的能量消耗、热量损失；

3 应能改变各控制器的设定值，并能对设置为“远程”状态的设备直接进行启、停和调节。

4 应设立操作者权限控制等安全机制；

5 应有参数越限报警、事故报警及报警记录功能，并宜设有系统或设备故障诊断功能。

**7.1.6** 中继泵站、隔压换热站的能量计量应符合下列规定，

1 应计量长输供热系统耗电量、供热量、补水量；

2 隔压换热站两侧和中继泵站供回水加压侧的循环水泵耗电量宜单独计量；

3 中继能源站热泵耗电量和燃料消耗量应单独计量。

**7.1.7** 长输供热管网系统泵组运行频率控制原则为中央调度室根据供热管线实际运行状态，统筹安排，统一调控。制定安全可靠、合理可行的方案，发送到各个泵站，避免出现振荡、超调导致超压或失压，造成严重的事故。

**7.1.8** 检测、控制系统中的仪表、设备及元件应选用标准系列产品。安装在管道上的检测与控制部件，宜采用不停热检修的产品。自动调节装置应具备信号中断或供电中断时维持当前值的功能。

**7.1.9** 中继泵站、中继能源站和隔压换热站站内及周边应设置全覆盖的视频监视，视频监视和报警信号应上传至调度中心的监控系统。

### 7.2 参数采集

**7.2.1** 监控系统的仪器仪表选型应符合下列规定：

1 仪器仪表选型应根据工艺过程、仪表特性、压力等级、测量范围、准确度等因素综合考虑；

2 仪器仪表的等级、精度要求应符合现行国家标准《工业过程测量和控制用检测仪表和显示仪表精确度等级》GB/T 13283的有关规定；

3 热量计的选型应符合现行国家标准《热量表》GB/T 32224的有关规定。

**7.2.2** 长输供热管网在关键节点应对管网运行参数进行监测。监测参数包括但不限于：

- 1 供水、回水管网的温度、压力参数、阀门状态等；
  - 2 隧道内环境参数测量，包括：温度、湿度、含氧量、积水坑液位等；
  - 3 关键部位宜增加视频监测。
- 7.2.3** 长输供热管线分段阀门宜为电动阀门，前后均应设置压力测点，显示阀门开度信息。
- 7.2.4** 热源与长输供热管网分界处应检测下列参数：
- 1 供水管道的流量（瞬时和累计）、热量（瞬时和累计）、温度、压力；
  - 2 回水管道的流量（瞬时和累计）、热量（瞬时和累计）、温度、压力；
  - 3 热源处长输管网补水的流量（瞬时和累计）、压力、温度；
  - 4 供回水压力、温度和流量应采用记录仪表连续记录。
- 7.2.5** 中继泵站应检测下列参数：
- 1 泵站进出口母管压力
  - 2 除污器前后压力
  - 3 每台水泵吸入口和出口压力
  - 4 泵站进口或出口母管的温度
  - 5 泵站出口母管的流量（瞬时和累计）；
  - 6 电动阀阀位及开关状态；
  - 7 水泵参数：水泵运行状态、故障报警信息、运行频率反馈以及水泵所处控制模式。
- 7.2.6** 隔压换热站、中继能源站应检测下列参数：
- 1 隔压换热站长输侧供水母管的流量（瞬时和累计）、热量（瞬时和累计）、温度、压力；
  - 2 隔压换热站一次侧供水母管的流量（瞬时和累计）、热量（瞬时和累计）、温度、压力；
  - 3 隔压换热站长输侧回水母管的水温和压力；
  - 4 隔压换热站一次侧回水母管的水温和压力；
  - 5 中继能源站热泵进、出口水温、压力；
  - 6 中继能源站热泵出口供水母管的流量（瞬时和累计）、热量（瞬时和累计）；
  - 7 每台水泵进出口压力；
  - 8 水泵参数：水泵运行状态、故障报警信息、运行频率以及水泵所处控制模式；
  - 9 除污器前后压差；
  - 10 热泵电、燃料消耗量；
  - 11 电动阀阀位及开关状态。
- 7.2.7** 水泵应检测下列参数：
- 1 水泵运行频率反馈以及水泵所处控制模式
  - 2 水泵的运行状态及故障状态信息、水泵轴承温度和水泵电机定子温度、水泵振动、电机电流等；
  - 3 变频器参数，变频器柜内温度，或液力耦合器液力耦合器进出口油温、油压和转速，并应设报警装置。
  - 4 配电柜综合电参量（电压、电流、功率、功率因数、峰谷平电量）；
  - 5 水泵间、变频柜间、变配电室的环境温度和相对湿度。
- 7.2.8** 事故补水站应检测下列参数：
- 1 补水点压力、温度；
  - 2 补水流量；
  - 3 每台水泵出口压力；

- 4 除污器前后压差;
  - 5 补水箱液位, 超高超低液位;
- 7.2.9** 超压泄压阀宜采用电动调节阀、电磁泄压阀、安全阀三级设计, 电动调节阀设定压力 $<$ 电磁泄压阀设定压力 $<$ 安全阀设定压力。超压泄水装置应检测下列参数:
- 1 长输管网泄压点的压力;
  - 2 电动调节阀阀位;
  - 3 电磁泄压阀状态反馈;
- 7.2.10** 检查井宜对下列参数进行监测及报警:
- 1 井室集水坑水位;
  - 2 井室环境温度;
  - 3 井室环境湿度;
  - 4 井室含氧量, 含硫化氢、一氧化碳、甲烷等浓度;
  - 5 保温管道外表面温度;
  - 6 补偿器的位移量。
- 7.2.11** 长输供热管网系统的各个泵站宜分别建立一套水泵振动摆度监测系统。
- 7.2.12** 对某些重要的关键参数, 应采用三重冗余变送器测量; 对某些仅次于关键参数的重要参数, 应采用双重冗余变送器测量。

### 7.3 集中与分布控制

- 7.3.1** 长输供热管网应设置调度中心并部署总监控系统, 在各个泵站应部署分监控系统, 所有分监控系统数据汇总于总监控系统。
- 7.3.2** 长输供热管网总监控系统应包含以下基本功能: 动态运行参数及图形显示功能、地理信息功能、报警功能、报表输出功能、参数统计及能源计量功能、趋势预测功能、访问控制功能、历史数据存储功能。
- 7.3.3** 长输供热管网系统中的所有泵站宜由调度中心集中统一控制。
- 7.3.4** 长输供热管网系统中各个泵站的各级控制系统应界线分明、控制权限明确。
- 7.3.5** 长输供热管网系统中各个泵站的主PLC应采用硬件冗余配置。综合监控系统的数据服务器宜为冗余配置。

### 7.4 控制策略

- 7.4.1** 长输供热管网运行中可能出现的所有故障(或事故)应进行分级, 应全面分析长输供热管网系统中各泵站、各泵组的故障, 防止系统超压、汽化、倒空。
- 7.4.2** 长输供热管网系统的水流量应保持不变, 根据室外日平均温度的变化集中质调节。
- 7.4.3** 对于多级泵站的长输供热系统, 为保证安全性, 水泵的启停和运行调节应按照同频升降的原则, 存在特殊情况的长输供热管网紧急停泵时长需要通过动态水力分析确定, 并根据实际运行情况校核。
- 7.4.4** 长输供热管网系统泵站内水泵故障时, 为保证系统压力不会超压和汽化, 各级泵站泵组的运行频率和管网循环流量应结合动态水力分析确定。
- 7.4.5** 长输供热管网系统发生严重泄漏时, 电厂应对加热系统做紧急停运处理, 同时系统中各泵组紧急降频停车, 待各泵组停运后, 自动远程控制关闭故障段的电动阀门。

**7.4.6** 市政一级网主干线发生严重泄漏时，若长输系统没有隔压换热站，应执行7.4.5的控制策略，若有隔压换热站，电厂应对加热系统做紧急停运处理，同时长输供热管网和市政一级网的各泵组紧急降频停车，泵组停运后自动远程控制关闭故障段的电动阀门。

**7.4.7** 当供热首站、中继能源站或隔压换热站的高温侧水泵发生断电时，应结合动态水力分析确定事故处理策略。

**7.4.8** 当隔压换热站低温侧水泵整体断电停运时，电厂应紧急停运加热系统，长输供热系统各级水泵紧急降频停泵，尽量减少高温水进入回水管的流量。

**7.4.9** 当长输供热系统主阀门发生误关阀事故时，系统应报警并尝试恢复，无法恢复时则开始降频紧急停泵操作。

## **7.5 联锁保护**

**7.5.1** 长输供热管网系统的热源、各泵站（包括首站、各级加压站、隔压换热站）、市政一级网应做联锁控制。

**7.5.2** 长输供热管网系统发生大规模泄漏故障时，宜联锁自动紧急降频，紧急停车后，管线故障段的电动隔离阀门应联锁关闭。

**7.5.3** 长输供热管网事故补水系统应根据管网压力自动补水运行。

**7.5.4** 长输供热管网的隔压换热站两侧的水泵、中继泵和长输管线的分段阀门应联锁。

## **7.6 网络通讯**

**7.6.1** 中央调度室与各个泵站的通信方式应采用专用通信网络，数据通信宜采用统一的国际标准通信协议。

**7.6.2** 为保证通讯质量，长输供热监控系统的通信系统宜同时采用有线和无线两种方式。

**7.6.3** 长输供热管网监控系统的安全等级宜不低于现行国家标准《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》GB/T 22239-2019的第三级安全要求。

## **7.7 泄漏监测系统**

**7.7.1** 长输供热管网上宜设置泄漏监测系统，穿（跨）越管段应设置泄漏监测系统，监测系统应具备实时报警及定位的功能。

**7.7.2** 长输供热管网宜采用光纤监测系统，且应符合下列规定：

- 1** 定位精度应小于5m；
- 2** 监测距离应大于10km；
- 3** 响应时间应小于100s；

**7.7.3** 当采用光纤监测系统时，宜使用增强结构的铠装光缆，光缆应满足管道施工及运行过程中拉伸强度、剪切强度和抗冲击性能要求。光缆应具有温度敏感性，对光缆周围环境温度变化应迅速响应并监测。

**7.7.4** 光缆应沿管道安装并绑扎固定。光纤安装及熔接应控制施工质量，降低光缆损耗。

**7.7.5** 光纤监测系统应有自动传输功能，监测系统及其设备应能实时监测长输供热管网运行情况，并将监测数据实时传输至长输供热管网的控制调度中心。

**7.7.6** 监测系统应有对监测数据进行批量存储及分析的功能，并具备历史数据回溯及比对功能。

**7.7.7** 应使用定位系统对长输供热管网沿线的地理信息进行采集，结合地理信息系统（GIS），对

长输供热管网沿线的光缆进行标定。标定宜每500m做一次，对于河流、桥梁、路口等特殊位置，需要额外增加标定点。

**7.7.8** 在长输供热管网的特殊位置，如穿越河流、铁路、桥梁的管段，长输供热管网泄漏监测系统宜同时采用二种泄漏监测方式，以增强对供热管网的监测效果。

## **7.8 安防监测系统**

**7.8.1** 长输供热管网宜采用安防监测系统，对沿线的供热管道进行安全监测。

**7.8.2** 安防监测系统应具备过滤管网自身产生的噪声及附近车辆、机械行驶噪声的能力，且应具备对周围环境变化分级响应的能力。

**7.8.3** 长输供热管网安防监测宜采用光纤测振监测系统。测振监测系统使用光缆可与泄漏监测系统使用光纤封装在同一条光缆中，也可分开敷设。与泄漏监测系统分开敷设的光缆传感线路的工程设计及工程施工技术要求，应符合现行行业标准《光纤管道安全预警系统设计及施工规范》SY/T 4121 的规定。

**7.8.4** 光纤安防监测系统应有自动传输功能，监测设备应能实时监测长输供热管网周围环境变化及施工等活动，并将监测数据实时传输至长输供热管网的控制调度中心。光纤监测系统的数据传输应确保其安全性。

**7.8.5** 光纤监测系统应能对汇总的管网监测数据集中存储，通过分析管网监测数据，建立长输供热管网安防监测数据库，根据管道沿线地上活动的特点，建立安防监测的模型。

**7.8.6** 长输供热管网安防监测应对管道沿线进行地理信息采集和坐标点标定。其技术要求应符合现行行业标准《光纤管道安全预警系统设计及施工规范》SY/T 4121的规定。

## 8 管网施工

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 长输供热管网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/T 81的规定。

**8.1.2** 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，必要时局部开挖核实。

**8.1.3** 施工单位开工前应熟悉图纸和现场，并按建设单位或监理单位审定的施工组织设计进行施工。操作人员应经培训，掌握材料的性能、操作要点及安全施工知识。

**8.1.4** 长输供热管道及管件应符合现行国家有关产品的标准，并具有产品合格文件。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。

**8.1.5** 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，并及时清除沟内积水。

**8.1.6** 当受施工影响时，应与有关单位进行协商，制定相应的拆移、保护或加固等专项施工方案，并应及时实施，不得影响其他建（构）筑物及地下管线的正常使用功能和结构安全。受施工影响范围内的建（构）筑物，应对建（构）筑物的状态进行第三方监控测量。

**8.1.7** 有限空间作业时，作业人员安全防护应符合现行国家标准《密闭空间作业职业危害防护规范》GBZ T 205的相关规定。

**8.1.8** 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。

### 8.2 土建工程

**8.2.1** 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。

**8.2.2** 沟槽开挖应符合下列规定：

1 长输供热管网应采取整体放线、统一勘测，以统筹调整施工中碰到的地下、地上障碍。须按照设计的平面和纵断面图纸进行沟槽定位、定线，按照设计所规定的平面位置和标高开挖，不得出现急变坡。

2 沟槽开挖及地基处理应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202和现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79的相关规定。

3 沟槽边坡和支承应符合现行国家标准《土方与爆破工程施工及验收规范》GB 50201和现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的相关规定，在沟槽支护结构未经验收或未达到设计规定的强度前不得进行沟槽开挖。

4 沟槽深度应大于或等于5m时，应符合现行行业标准《建筑深基坑工程施工安全技术规范》JGJ 311的有关规定，并具有危大工程专项施工方案。

5 地下水位高于基底的地段应采取降（排）水措施或地下水控制措施，应符合现行行业标准《建筑与市政工程地下水控制技术规范》JGJ 111和《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的相关规定，并将施工部位的地下水位降至基底以下500mm后方可开挖。

6 沟槽开挖后应进行地基验槽，应清除表层浮土和积水，应校对槽底设计高程、坡度、中心

线、平面拐点等关键参数，应有验槽记录。发现地质情况与勘察报告不相符，应进行补勘，基底存在洞穴、软弱地基等特殊情况下，应采用加强处理措施。

**8.2.3** 当采用机械开挖时，应预留不少于150mm厚的原状土，人工清底至设计标高，不得超挖。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。当槽底局部土质不符合设计要求时，应按下列方法处理：

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，采用砂砾、石灰土等压实处理，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。

**8.2.4** 槽底地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下列处理方法：

1 浸泡土层厚在200mm以内，将浸泡土铲除采用石灰土或中粗砂换填夯实；

2 含水率较大，且土层厚度在200mm~500mm时，将该土层挖除，并采用中粗砂、天然级配砂砾或砂石换填分层夯实；

3 含水率较大，且土层厚度在大于500mm时，将该土层挖除，并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。

**8.2.5** 管槽开挖时，宜将挖出的土石方堆放到焊接施工对面一侧，堆土距沟边不应小于2.0m。在耕作区开挖管沟时，应将表层耕作土与下层土分别堆放，下层土应放置在靠近管沟一侧。

**8.2.6** 穿越工程和地沟应符合下列规定：

1 暗挖施工应符合现行行业标准《城市供热管网暗挖工程技术规程》CJJ 200的相关规定；

2 顶管法施工应符合现行行业标准《热力机械顶管技术标准》CJJ/T 284的相关规定；

3 盾构法施工应符合现行国家标准《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446的相关规定；

4 采用围堰方法开挖管沟时，应根据穿越地段的岩土性质、施工方法、施工机具等情况确定降水方法。当开挖地段为砂石、流砂、粉砂或细砂时，可采用井点降水方法；

5 地沟敷设时应进行动态监测，应符合现行国家标准《建筑沟槽（基坑）工程检测技术规范》GB 50497的相关规定；沉降观测点的设置时间与观测频次应符合设计要求。

### 8.3 管道安装

**8.3.1** 长输供热管道应具备下列条件后，方可敷设：

1 直埋或管沟敷设时，沟底标高和管沟基础质量检查合格；

2 架空敷设时，支架标高和支架整体质量检查合格。

**8.3.2** 现场堆管场地应平坦，无石块、积水和坚硬根茎等损伤外护层的物体。预制直埋管道及管件堆放时不得大于3层，且高度不得大于3m。堆管位置应靠近管线，且应远离架空电力线。

**8.3.3** 吊装预制保温管时，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。

**8.3.4** 管道直埋敷设时应符合下列规定：

1 在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；

2 具有泄漏监测系统保温管的安装，应符合现行行业标准《城镇供热直埋热水管道泄漏监测系统技术规程》CJJ/T 254的规定；

3 管道预热安装要求详见附录A。

**8.3.5** 架空管道和地沟敷设时应符合下列规定：

- 1 管道支架宜采用成品隔热支座，连接紧固件的构造应便于安装。
- 2 管道支架安装前，应按设计进行放线定位，并填写《工程定位测量、放线验收记录表》；成品支架应具有厂家质量合格证明，且满足项目设计文件及相关规范要求。
- 3 管道、管件和阀门的吊装应制定专项施工方案，应符合《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276相关要求，吊装过程及隧道、综合管廊内管道运输应做好保护，不得损坏预制保温管及附件。
- 4 管道上架定位时宜采用机械方式上架，有限空间内宜预埋吊点，找正合格后进行点焊固定。

## 8.4 焊接及检验

**8.4.1** 长输供热管道的连接应采用焊接连接，可配合对口器、吊管机，实现机械化流水作业法施工。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。

**8.4.2** 焊接施工前，应按照现行行业标准《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014 的规定进行焊接工艺评定。

**8.4.3** 焊接坡口形式和尺寸应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236的规定。

**8.4.4** 管道连接的环境温度应符合焊接管道及附件所需的温度，焊接电弧 1m 范围内的相对湿度应不得大于 90%，在风力大于 5 级的条件下进行连接操作时，应采取防风措施，并应调整连接工艺，在雨、雪和炎热夏天进行连接操作时，应采取相应的防护措施。

**8.4.5** 不得采用在焊缝两侧加热延伸管道长度，螺栓强力拉紧、夹焊金属填充物和使补偿器变形等方法强行对口焊接。

**8.4.6** 管道所有焊缝外观质量不应低于现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》GB 50683-2011规定的I级质量。管道焊缝内部质量应采用射线检测。当采用超声波检测时，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。

**8.4.7** 无损检测数量应符合下列规定：

- 1 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；
- 2 穿越铁路、高速公路的管道在路基两侧各10m范围内，穿越城市主要道路的不通行管沟在道路两侧各5m范围内，穿越河流或湖泊等的管道在岸边各10m范围内焊缝应进行100%无损检测；
- 3 不具备强度试验条件的管道焊缝，应进行100%无损检测；
- 4 直埋敷设的管道和管件，应进行100%无损检测；
- 5 其他无损检测数量除应按相关标准进行外，还应保证每个焊工不应少于一个焊缝。

**8.4.8** 无损检测合格标准应符合下列规定：

- 1 射线检测不得低于现行行业标准《承压设备无损检测 第2部分：射线检测》NB/T 47013.2-2015规定的 II 级质量要求；
- 2 超声波检测不得低于现行行业标准《承压设备无损检测 第3部分：超声检测》NB/T 47013.3-2015规定的 I 级质量要求。

## 8.5 接头保温

**8.5.1** 管道接头保温应在工作钢管焊接完毕及焊缝无损检测合格、强度试验合格后进行。

**8.5.2** 接头保温的结构、保温材料的材质及厚度应与预制保温管相同。接头的保温层应与相接的管道保温层衔接紧密，不得有缝隙。

**8.5.3** 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℃，管道温度不应超过50℃；
- 2 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；
- 3 接头外护管与其两侧的保温外护管的搭接长度不小于100mm；
- 4 外护管与工作管表面应清洁干燥。

**8.5.4** 接头外护管连接完毕且发泡前应进行100%气密性检验并合格。气密性检验应在接头外护管冷却到40℃以下进行，气密性检验的压力应为0.02MPa，保压时间不应小于2min，压力稳定后应采用涂上肥皂水的方法检查，无气泡为合格。

**8.5.5** 长输供热管道连接完成后，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。

## 8.6 沟槽回填

**8.6.1** 长输供热管道直埋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500mm，强度试验合格后，应及时回填其余部分。

**8.6.2** 回填前应检查沟槽，沟槽内不得有积水、砖、石、木块等杂物，若有应清理干净。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横向位移。必要时应对管道采取临时限位措施，防止管道上浮。

**8.6.3** 长输供热直埋管道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。

**8.6.4** 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。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。

**8.6.5** 回填土的厚度应根据夯实或压实机具及压实度而定，虚铺厚度宜符合表8.6.5的规定。

**表8.6.5 回填土的虚铺厚度**

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

**8.6.6** 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。

**8.6.7** 长输供热直埋管道管区回填应符合下列规定：

1 管底基础到管顶以上500mm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500mm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。

8.6.8 管道管顶500mm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500mm以下各部位回填土应符合表8.6.8的规定。

**表8.6.8 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	
管道两端		≥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
管顶以上500mm内	管道两侧	≥90	
	管道上部	85±2	

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%。

## 9 压力试验、清洗和试运行

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 长输供热直埋管道安装完毕后，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》CJJ 28 的有关规定。

**9.1.2** 长输供热架空管道安装完毕后，应检查管道的走向、坡度和标高符合设计要求；管道支架及支座全部验收合格；拆除管道临时支架，确保补偿器正确受压。

**9.1.3** 长输供热管道应结合施工标段划分，对各标段施工管道进行清扫，分段整体清扫应在该段管道接口防腐、保温及设备安装前进行。清扫应符合下列规定：

- 1 采用人工清扫时，应进行通风，满足密闭空间作业条件；
- 2 采用机械清扫时，应满足设备进出、安全、用电等条件；
- 3 清扫器具应不易脱落，满足管道粗糙度和硬度要求，清扫干净且不损伤管道。

**9.1.4** 长输供热管道应结合施工标段的划分，对各标段施工管道按设计要求分段进行强度试验和严密性试验，强度试验宜在试验段内的管道接口防腐、保温及设备安装前进行，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，水压试验应符合下列规定：

- 1 强度试验压力应为1.5倍设计压力；严密性试验压力应为1.25倍设计压力；
- 2 当设备有特殊要求时，试验压力应按产品说明书或根据设备性质确定；
- 3 对于系统高程差较大系统，应考虑管道的静水压力，试验压力应以最低点处压力数值为准；
- 4 水压试验宜对供水、回水管单独进行，单次强度试验长度不宜超过6km；

**9.1.5** 长输供热热水管道应进行整体严密性试验，并编制实施方案，试验方案应由建设单位、设计单位、监理单位批准，方案实施前，应完成安全、技术交底。整体严密性试验应收集下列资料：

- 1 系统全线桩号、高程图、水压图；
- 2 关键设备位置图；
- 3 焊缝分布图及焊缝探伤检验结果；
- 4 一次性补偿器位置图及焊缝检验结果；
- 5 焊接死口应有完备的检验报告；
- 6 设备承压资料。

**9.1.6** 长输供热管道水压试验、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》CJJ 28 的有关规定。

### 9.2 压力试验

**9.2.1** 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。

**9.2.2** 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，试验用水中氯离子含量不应大于 25mg/L。

**9.2.3** 压力试验前，参与水压试验的长输供热管道、补偿器、管道阀门等附件均应符合下列规定：

- 1 主阀门及旁通阀门、泄水阀、放气阀、补偿器、压力表接口、温度表接口都已按图纸正确安装。
- 2 管道焊缝外观检查及焊接质量无损检验合格。
- 3 管道、支架焊缝及其他待检部位尚未涂漆和绝热。

4 压力试验段主管道两端、泄水阀后泄水管道应采用与管道母材等壁厚同材质的椭圆封头对焊封堵，对接焊缝应按照管道标准进行探伤检测，严禁采用堵板焊接封堵打压。

5 各类施工记录和检测记录应齐全，数据完整、真实，抽检检测数符合设计或规范要求。

6 管道主阀门及旁通阀门、泄水阀应全部处于开启位置，放气阀、表计接口阀门应全部处于关闭状态，对于双阀串联阀门，应确保双阀状态一致。

**9.2.4** 长输供热管网直埋管道分段压力试验前，除满足本标准 9.2.3 条的要求外，尚应满足下列条件：

- 1 一次性补偿器，非对接焊缝（角焊缝、方形焊缝）必须检验合格并有检验记录；
- 2 检查井和沟槽中应有可靠的排水系统，试验现场应进行清理；
- 3 综合考虑水源、排污点。

**9.2.5** 长输供热管网架空管道分段压力试验前，除满足本标准 9.2.3 条的要求外，尚应满足下列条件：

1 对于压力试验段管道，固定支架必须能满足受力要求，补偿器需要参与水压试验的，应明确补偿器的试验压力，并征得补偿器生产厂家的认可；

2 保证试验段两端为主固定支架，封头原则上应紧邻主固定支架，主固定支架与封头间的管段不允许有补偿器及次固定支架。

**9.2.6** 长输供热管网系统中泵站及隔压换热站内管道压力试验前，除满足本标准 9.2.3 条的要求外，尚应满足下列条件：

- 1 检验参与水压试验设备的承压特性；
- 2 换热器应处于双侧满水状态，不应参与压力试验。

**9.2.7** 长输供热管道压力试验应准备下列设备及条件：

1 水压试验应分别设置打压泵和注水泵，水泵扬程和压力等级应符合试验压力要求；

2 水泵至管道系统的试压临时接管及管路附件，其压力等级应能满足试验压力值的要求，注水管径应根据水源供水能力确定；

3 试验压力表应校验，其精度不得小于1.5级，量程应为试验压力的1.5倍~2倍，数量应至少为2块~3块，需在打压管道高点、低点及打压泵出口分别设置压力表；

4 试压临时接管的连接应按正式施工的工艺要求进行；

5 打压接口应做开孔补强，试验临时接管上应设置过滤器。

**9.2.8** 管道充满水后，对于架空管道，应再次检查支架情况，包括：

- 1 滑动支座有无变形移位；
- 2 滑动支座底板上方滑块有无变形，压瘪现象；
- 3 滑动支座底板上方滑块是否严密贴合；
- 4 补偿器是否正常变形；
- 5 固定支架有无明显变形。

**9.2.9** 压力试验应符合下列规定：

1 当管道充水时应将管道及设备中的空气排尽；

2 试验时环境温度不宜小于5℃。当环境温度小于5℃时，应有防冻措施；

3 地面高差较大的管道，试验介质的静压应计入试验压力中。最低点的压力不得大于管道及设备能承受的额定压力；

4 压力试验方法和合格判定应符合表9.2.9的规定。

**表 9.2.9 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
强度试验	升压到试验压力，稳压 10min 无渗漏、无压降后降至设计压力，稳压 30min 无渗漏、无压降为合格。	每个试验段
严密性试验	升压至试验压力，当压力趋于稳定后，检查管道、焊缝、管路附件及设备无渗漏，固定支架无明显的变形等。稳压在 1h，前后压降不大于 0.05MPa，为合格。	全段

**9.2.10** 试验过程中如遇泄漏、支架或支座变形等，不得带压处理。消除缺陷后，应重新进行试验。试验完毕后，不得在管道上开孔、施焊。

**9.2.11** 试验结束后应及时排尽管内积水、拆除试验用临时加固装置。排水时不得形成负压，试验用水应排到指定地点，不得随意排放，不得污染环境。

**9.2.12** 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，并按现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28-2014中表A.0.28和表A.0.29的规定进行记录。

### 9.3 管网清洗

**9.3.1** 长输供热管道清洗应在压力试验后、试运行前进行，并应制定清洗方案。

**9.3.2** 长输供热管道清洗应根据设计和供热管网运行要求，采用水力清洗和人工清洗相结合的方式，人工清洗应该在施工阶段配合清扫，每完成一道焊口即对管段及焊口进行清扫并进行相应的检验。

**9.3.3** 长输供热管道清洗应符合下列规定：

- 1 清洗宜采用清洁水，清洗方式应采用闭式清洗；
- 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 清洗排水管截面积应保证排水量的要求，排放水应引入可靠的排水井或排水沟内；
- 4 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，清洗所需装置设备安装完成，并经检查合格；

5 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，排水时，管内不得形成负压，应保证流速达到或接近管道正常运行时的流速；

6 当清洗排污水质与进水水质基本一致时，清洗合格；循环清洗水质不合格时，应更换循环水质再次循环冲洗，直至水质合格；

7 清洗完后，应打开排污阀排污，合格后应对排污管、除污器等装置进行人工清理。

**9.3.4** 管道清洗合格后，应填写清洗检验记录，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。

**9.3.5** 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。

### 9.4 系统试运行

**9.4.1** 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。长输供热管道应分别进行冷态联动试运行和热态联动试运行。

**9.4.2** 试运行前应编制试运行方案，试运行方案应分别按照冷态联动试运行和热态联动试运行进行。试运行方案应由建设单位、设计单位审查同意，并进行技术交底。

**9.4.3** 冷态联动试运行期间，当环境温度低于5℃时，应制定可靠的防冻措施，避免冷运停止时设

备结冰，必要时可利用电厂适度升温。

**9.4.4** 试运行前，管道设备应全部试压合格，通讯系统、自控系统、热机系统、电气系统均应具备启动运行条件。联锁保护和通讯系统可靠，各类安全保障措施完善。

**9.4.5** 冷态试运行应满足下列规定：

- 1 要留有足够系统和设备消缺时间；
- 2 冷态试运行前应根据实际情况对管线实施有计划注水，启动运行前完成试运行管道排气；
- 3 冷态试运行阶段应测试系统的整体性能，达到除温度外的其他设计参数；
- 4 冷态试运行过程中根据调度指令有组织进行排污，查看循环介质情况，保证运行设备安全；
- 5 冷态试运行期间必须持续进行水质化验，确保循环水水质符合要求，对不合格的水质结合排污有序置换；
- 6 冷态联动试运行阶段，在确认循环水干净后，方可投运隔压换热站中的板式换热器，测试其阻力性能及泄漏检查；
- 7 冷态联动试运行满负荷运转时间不应小于24h；
- 8 冷态联动试运行期间应按照生产环节配置人员、对设备进行全面检查，重点检查法兰、机械密封漏水、振幅等。

**9.4.6** 系统冷态联动试运行结束后，进行热态联动试运行。应参照正式运行的要求进行，升温速率应控制在5℃/h以内。热态联动试运行应使整体管网达到运行温度后开始计算，连续运转时间不应小于72h。

**9.4.7** 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。问题处理完成后，应重新进行72h的试运行。

**9.4.8** 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》CJJ 28的规定。

## 10 工程竣工验收

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 长输供热管网的竣工验收，是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。工程竣工验收应在工程质量验收合格和试运行合格的基础上进行，在工程竣工备案前完成验收工作，并应对验收项目做出结论性意见。

**10.1.2** 工程竣工验收应符合下列规定：

- 1 各分项工程质量均符合合格质量标准；
- 2 工程质量控制符合合格质量标准，资料 and 文件完整；
- 3 工程观感质量符合合格质量标准，资料 and 文件完整。

**10.1.3** 工程竣工验收应包括下列项目内容：

- 1 承重和受力结构；
- 2 附属建（构）筑物结构防水效果；
- 3 热机、给排水、电气、自控设备；
- 4 补偿器、防腐和保温；
- 5 架空及跨越、直埋及穿越、管沟及专用隧道、厂站（楼）等土建和安装；
- 6 其他标准设备安装和非标准设备的制造安装；
- 7 竣工资料（含纸质版和电子版）。

**10.1.4** 长输供热管网竣工验收合格后，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 28-2014中表A.0.34的规定，并填写竣工交接书。

**10.1.5** 在试运行结束后3个月内应向产权单位和相关部门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。

**10.1.6** 工程竣工验收后，保修期不应少于2个采暖期。

### 10.2 竣工验收资料

**10.2.1** 竣工验收时施工单位应根据土建工程和安装工程分别提供相关验收资料。

**10.2.2** 竣工验收时应按照现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的规定，提供下列文件：

- 1 施工技术资料；
- 2 施工管理资料；
- 3 工程物资资料；
- 4 施工测量监测资料；
- 5 施工记录；
- 6 施工试验及检测报告。

**10.2.3** 施工质量验收资料应包括：分项、分部工程质量验收记录、单位工程质量评定记录、质量检验表等。

**10.2.4** 工程竣工验收资料应包括：工程竣工总结、单位（子单位）工程竣工报告、单位（子单位）工程竣工质量竣工验收记录、单位（子单位）工程质量控制资料核查记录、单位（子单位）工程安全和功能检验资料核查及主要功能抽查记录、竣工测量报告、单位（子单位）工程观感质量检

查记录、工程竣工交接书、其他强制性条文检验项目检查记录及证明文件等。

### 10.3 验收合格判定

**10.3.1** 工程竣工验收分为合格和不合格。不合格项目应进行返修、返工至合格。

**10.3.2** 工程质量验收可划分为分项、分部、单位工程，工程划分、工程质量验收合格率计算公式应符合现行《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的规定。

**10.3.3** 竣工验收合格判定应符合现行《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的相关规定，并符合下列规定：

1 分项工程符合下列条件为合格：主控项目的合格率应达到100%；一般项目的合格率达到90%，且最大偏差小于允许偏差的1.5倍，可判定为合格；

2 分部工程应所有分项为合格，则该分部工程为合格；

3 单位工程应所有分部为合格，则该单位工程为合格。

**10.3.4** 工程施工质量不符合要求时，应按下列规定进行处理：

1 当返工重做或更换构（配）件的检验批，应重新进行验收；

2 经有资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收；

3 经返修或加固处理的分项、分部工程，虽然改变外形尺寸但仍能满足安全使用要求，可按技术处理方案和协商文件进行验收；

4 通过返修或加固处理仍不能满足安全使用要求的分部工程，严禁验收。

### 10.4 系统运行评估

**10.4.1** 工程竣工验收时，长输供热管网系统输送能力应达到设计要求，运行参数应达到设计工况、输送效率符合国家标准规定，管网水力工况和热力工况可满足用户需求。

**10.4.2** 满足水力工况和热力工况是长输供热管网系统的基本要求，其次才是输送能效的要求。

**10.4.3** 系统进行运行评估应包括平均无故障时间、平均故障修复时间、系统正常运行的时间概率、长输供热管道温降、热电厂余热回收比例等指标。

**10.4.4** 系统运行评估宜在运行第一年后进行第一次评估，评估周期宜为1年~2年。

# 11 运行与调节

## 11.1 一般规定

**11.1.1** 长输供热管网系统运行与调节应成立统一的调度指挥机构，指挥机构成员应包括热电厂、长输供热管网、市政一级网及配套的换热站等相应生产调度及相关成员。

**11.1.2** 长输供热管网系统涉及的一级网各供热单位应该满足下列规定：

- 1 根据要求做好投运前准备工作；
- 2 根据要求统一注水、并网、冷态联动、启动、停止、升压试验等工作，原则上各供热单位应该对各管辖管网进行注水及湿保护；
- 3 做好市政一级网安全、平稳运行工作；
- 4 根据调度指令做好市政一级网正常补水及紧急补水等工作；
- 5 根据调度指令做好流量和压力调整、热网平衡、调峰投入及热负荷切出等工作；
- 6 做好降低市政一级网回水温度、降低热网能耗措施等工作；
- 7 根据要求做好各自的数据收集、统计及方案编写，按照要求及时报送参数；
- 8 做好各自的通讯及通信保障，履行各自范围内的通讯管理职责，实现一级网的热网平衡、统一信息平台，提高供热系统的安全性和经济性；
- 9 应与调度中心建立多种通讯方式的调度联络制度，定期召开调度联络会议。

**11.1.3** 长输供热管网系统涉及的热电厂首站应满足下列规定：

- 1 根据供热方案做好电量指标和燃料的储备工作；
- 2 根据调度指令控制供水温度的稳定；
- 3 做好故障状态下的应急处置工作，及时响应热电厂冷却水系统切换，避免自身非正常停车；
- 4 做好补水定压工作，并保证水质的稳定；
- 5 根据调度指令移交或控制水泵的控制权限；
- 6 做好通讯系统的维护保养工作；
- 7 做好突发气温降低时的电量调配工作。

**11.1.4** 长输供热管网系统运行前准备工作应包括下列内容：

- 1 编制采暖季生产倒排计划。包括管网注水计划、送电计划、一级网主支干线断点恢复计划、换热器清洗、更新改造及维修计划等；
- 2 热网运行前期需要对长输供热管网和一级网管线进行注水，注水前需排空管道内不符合标准的水；
- 3 根据补水点分布情况，进行分段注水，在各段均完成注水后，利用放气阀和泄水阀检验管网的严密性；
- 4 分段注水完成后，开启各分段阀，对于一级网管线，还需关闭其他热网与长输供热管网、一级网管辖范围间的解列阀门，实现管网联通，将管网整体注水升压至启动要求压力；
- 5 对新建一级网管线进行冲洗；
- 6 长输供热管网系统进行空载试验和冷态联动试运行，空载试验原则上每年进行一次，大修后应进行全面测试。对关键信号，应进行断信号系统保持测试；
- 7 对试验期间存在的问题进行消缺；
- 8 确保关断阀门的严密性及各类热机、电气、自控设备运行正常；
- 9 外界施工不应妨碍热网系统的正常运行及维护；

10 运行相关部门应设置下列图表：设备布置平面图、系统图、供热平面图、供电系统图、供热管线图、自控拓扑图等；

11 新安装、更新改造及大小修等设施和设备应在系统启动前，由相关部门验收合格；

12 应制定详细的运行方案，保证水质质量。

11.1.5 长输供热管网系统升温应符合下列规定：

1 系统升温分为两个阶段，分别为初始升温 and 运行调节升温；

2 系统初始升温期间每次升温幅度不超过 $5^{\circ}\text{C}$ ，升温速度不超过 $5^{\circ}\text{C/h}$ ，且应匀速升温，尽量避免管道应力波动过大，在主要节点 $45^{\circ}\text{C}$ 、 $65^{\circ}\text{C}$ 进行系统稳定，暂停升温，稳定时间约为24h，期间检查设备运行状态，尤其应注意架空管道，监测补偿器位移；

3 初始升温期间，系统压力会升高，应配合排污，避免系统超压；

4 初始升温期间出现安全隐患应立即停止升温，待消除隐患后再次升温；

5 系统运行调节升温主要是结合负荷需求及气象条件等进行温度调整，当供水温度低于 $100^{\circ}\text{C}$ 时，系统稳定1h后可再次升温；当供水温度达到或高于 $100^{\circ}\text{C}$ 时，每次升温 $1^{\circ}\text{C}$ ，系统稳定4h后可再次升温。

11.1.6 根据室外温度变化情况，提前预测系统热负荷需求，并对系统进行微调，实现精细化管理。

## 11.2 系统启动

11.2.1 长输供热管网系统依次按照二级网、一级网、长输供热管网的顺序启动。系统启动状态分为冷态启动和热态启动，冷态启动即系统供水、回水温度基本一致，但均低于 $25^{\circ}\text{C}$ ，主要是采暖季系统初次启动运行。热态启动为系统供水、回水温度不同，但均高于 $25^{\circ}\text{C}$ ，主要是系统故障后的恢复启动。

11.2.2 一级网系统启动及注意事项包括下列内容：

1 系统启动前，检查所有阀门状态，确保阀门开关到位；供电系统运行正常；循环泵供电正常，循环泵冷却风机启动及运转正常；系统设备无故障报警；

2 一级网循环泵逐台启动至10Hz，就地检查无误后，继续升频操作；

3 升频期间应注意关键参数点参数：一级网管网高点、管网低点、回水压力等；

4 及时补水，避免回水压力过低导致循环水泵汽蚀现象的发生；

5 对于一级网具有多系统的热网，启动时应注意系统间的平衡调整，避免压力波动过大。

11.2.3 长输供热管网系统启动及注意事项包括下列内容：

1 系统启动前，检查所有阀门状态，确保阀门开关到位，尤其分段阀门全部开启，放气阀、泄水阀全部关闭，中继泵站进出口阀门全部开启；各中继泵供电正常，中继泵冷却风机启动及运转正常；系统设备无故障报警；

2 对于多级中继泵联动系统，应进行系统水力工况分析，结合动态水力分析，需要采取联动方式控制时，应采用同频、同幅度的方式进行统一控制，确定各泵站中继泵启动顺序及启动频率；

3 按照启动顺序，各泵站依次启动至10Hz，各泵站中继泵应逐台启动；

4 启动完成后，各泵站就地检查设备运行状态，包括频率正常反馈、中继泵无异响、电机风机运转正常等；

5 启动完成后，系统统一进行升频操作。

### 11.3 运行调节

**11.3.1** 系统运行调节方式主要分为初调节和运行调节，长输供热系统应采用质调节运行方式。根据具体经济性分析也可选择分阶段改变流量的质调节。

**11.3.2** 初末寒期运行调节主要是以基础热源运行为主，减少备用热源及调峰热源的用热量。

**11.3.3** 严寒期运行调节需综合考虑城市市区热源分布情况、负荷需求、室外温度等，合理实行负荷切换或多热源联网运行方式。

**11.3.4** 长输供热管网系统停运前，应进行升压试验，检验系统设备在高负荷下的运行状态，确保下一采暖季系统安全稳定运行，包括下列内容：

1 试验内容包括长输供热管网系统和一级网系统，试验要求为：循环流量需达到系统设计循环流量，且运行压力不得高于设计压力；

2 长输供热管网系统提升中继泵运行频率，一级网系统同时提升循环泵运行频率和分布式变频泵运行频率；

3 在大流量循环运行工况下，冲洗长输供热管网和一级网管线，同时检验各系统补水点的协同补水能力；

4 长输供热管网系统试验记录内容包括：中继泵运行频率、中继泵电流、中继泵电压、各泵站中继泵提供扬程、系统压力损失、各泵站运行压力、隔压换热站换热器运行阻力等；

5 一级网系统试验记录内容包括：一级网系统的循环泵运行频率、循环流量、运行压力、循环泵电流和电压、各热力站运行压力、各热力站分布式变频泵运行频率和电动调节阀开度、隔压换热站换热器运行阻力等。

### 11.4 系统停车

**11.4.1** 系统依次按照长输供热管网、一级网、二级网系统的顺序停车。

**11.4.2** 长输供热管网系统停车应按各中继泵站先统一降频，降至10Hz后，根据各中继泵站停车顺序，就地依次停运各中继泵。停运后，运行人员就地检查设备状态。

**11.4.3** 一级网系统停车：先停运热源循环泵，降至10Hz后，就地停运，热源循环泵停运后，各热力站停运分布式变频泵。

**11.4.4** 二级网系统停车：停运热力站站内循环泵，关闭站内一级网进出口阀门。

**11.4.5** 停车注意事项包括下列内容：

1 停运过程中应缓慢降频，注意系统回水压力，避免安全阀动作，必要时长输供热管网和一级网可分别配合进行排污；

2 停运前宜将系统供水温度降至50℃以下，确保热量高效利用；

3 停运阶段必须严格控制系统降温速度，严禁降温过快导致管道设备应力集中；

4 停运后各系统解列板式换热器，杜绝板式换热器长时间单侧受压。

**11.4.6** 系统停运后，进行设备停运状态调整，关闭各中继泵站和隔压换热站进出站总管阀门，关闭中继泵、循环泵、除污器、换热器等设备进出口阀门。

### 11.5 事故处理

**11.5.1** 针对系统可能发生的各类故障，提前制定故障应急预案，该预案应包含故障内容、故障报警、处理措施、故障恢复等。

**11.5.2** 系统发生故障后，应按照不影响供热的原则处理，对必须停热抢修的故障，应尽量缩短停热时间。

**11.5.3** 系统故障处理应符合下列规定：

1 对于热电联产机组，当一台供热机组故障时，可采取调整其他供热机组的背压或增加抽汽量等措施保证供热；

2 中继泵停泵故障时，根据联锁控制策略要求，对不同故障泵组和故障数量执行相应的联锁操作；

3 当长输供热管网出现泄漏时，应及时启动系统的补水装置，查找漏点，必要时启动降频操作或停泵操作；

4 当长输供热管网系统主要分段阀门异常关闭，应自动执行保护程序做降频处理；

5 长输供热管网自控系统故障时，系统应自动立即将水泵、电动阀门等远程设备控制权限切至就地操作；

6 因系统故障需执行紧急降频操作的，在故障工况允许的情况下，应适当降频运行。

## 11.6 维护保养

**11.6.1** 系统维护保养应符合下列原则：

1 长输供热管网系统应建立完善的维护保养机制，建立和健全设备使用的岗位责任制、安全操作制、设备专责制；

2 选用合理的防锈蚀方法和材料，尽量避免设备因腐蚀而影响运行；

3 系统维护保养区域应根据各运行岗位进行职能划分，合理有效的进行维护保养工作；

4 维护保养人员应必须熟悉所辖范围内设备位置及分布情况，明确设备作用及维护保养方法；

5 设备应定期进行维护保养，合理划分维护保养时间和维护保养内容；

6 对于易损设备应提前配备备品备件。

**11.6.2** 系统停运后，应对管网系统进行注水，利用阀门分断并维持系统静水压力至指定值，确保管网为满水状态。

**11.6.3** 系统设备点检包括下列内容：

1 制定完善的系统设备点检制度；

2 制定设备点检标准，包括设备外观标准、设备技术标准、设备备品备件标准、设备的基础质量管理标准等；

3 系统设备分类；

4 制定系统设备评级标准。

**11.6.4** 热力设备维护保养包括下列内容：

1 水泵日常维护保养工作应符合下列规定：

1) 应监测水泵轴承温度，不应超过80℃，超温时应立即查明原因；

2) 水泵应无异响，振动幅度不应超过《泵的振动测量与评价方法》GB/T 29531的规定，当出现有异常，应立即查明原因，必要时可停泵处理；

3) 水泵润滑油液位显示应正常，应定期检测润滑油油质，不达标时应立即更换润滑油；

4) 水泵地脚螺栓紧固应固性良好；

5) 法兰连接处应无泄漏；

6) 泵体外露设备应无锈蚀、漏水、漏电等现象；

7) 对于介质温度较高的水泵，应监测泵体冷却循环水水温；

8) 泵体设备铭牌标识应清晰。

2 换热器日常维护保养工作应符合下列规定：

1) 监测换热器换热端差和压降，换热器结垢、堵塞会导致换热器运行效率下降，应采用正冲洗和反冲洗相结合的方式清洗换热器；

2) 换热器介质无外泄、混淆现象，换热器无锈蚀。

3 除污器应定期拆检，及时更换滤网；定期检查附属设备排污阀门的严密性；

4 电动阀门的维护保养工作应符合下列规定：

1) 定期进行IP68性能的检验，电动阀门检查井内不得有积水、环境温度不宜过高；

2) 定期检查执行机构的运行状态和自控接线状态；

3) 定期检查电动阀门远程阀位反馈值与就地阀位值的一致性；

4) 定期检查操作面板设置信息；

5) 定期检查防雷与接地设施状态；

6) 合理处理电动阀门过力矩现象；

7) 阀门关不严，应立即维修或更换。

**11.6.5 自控设备及自控系统维护保养包括下列内容：**

1 自控设备包括：压力变送器、温度变送器、流量计、热量表、RTU设备、光纤、PLC控制装置、交换机、服务器、摄像头、液位传感器、磁盘阵列、工控机、控制台、LED显示屏等；

2 自控系统包括：DCS、Wincc OA、泄漏监测、振动监测、视频监控、热网监控、全网平衡、智慧供热信息服务平台等；

3 压力变送器和温度变送器维护保养工作应符合下列规定：

1) 紧固件不得松动，端子接线牢固；

2) 定期对压力变送器排污；

3) 定期对设备校准。

4 流量计和热量表维护保养工作应符合下列规定：

1) 检查设备连接状态，无虚接；

2) 定期清洗探头；

3) 定期烘干设备，并做防潮处理；

4) 定期对设备校准。

5 PLC维护保养工作应符合下列规定：

1) 就地控制柜供电电源供电正常，并定期校准电源电压；

2) 定期清灰，清洗风扇滤网；

3) 接线牢固，无虚接；环网通讯通畅；

4) 分支器指示灯显示正常；

5) 定期更换水晶头。

6 自控系统维护维护保养工作应符合下列规定：

1) 定期对系统文件备份；

2) 无特殊情况严禁私自修改系统；

3) 自控系统应执行专机专用，严禁安装与系统无关软件；

4) 对系统密码执行严格的权限管理。

**11.6.6 电气设备维护保养包括下列内容：**

- 1 主要电气设备包括：开关柜、变压器、变频器、配电柜、电源柜、电缆、架空电线、SVG、UPS、EPS等；
- 2 电气设备所在区域应做好防火封堵、防进水、防止进小动物等措施；
- 3 开关柜、电源柜维护保养工作应符合下列规定：
  - 1) 柜内电流电压参数正常；
  - 2) 各柜体指示灯显示正常；
  - 3) 各控制器开关显示正常；
  - 4) 定期对柜体除尘；
  - 5) 定期紧固各部分紧固件；
  - 6) 定期检查母线、辅助回路等接头处，确保无变形、无放电变黑等痕迹；
  - 7) 定期检查断路器开断能力。
- 4 变压器维护保养工作应符合下列规定：
  - 1) 变压器运行温度监测；
  - 2) 定期检查变压器电压、电流和上层油温；
  - 3) 检查变压器外壳及漏油状态；
  - 4) 定期检查变压器击穿式熔断器和信号装置的完好性；
  - 5) 定期检查变压器绕组运行状态。
- 5 变频器维护保养工作应符合下列规定：
  - 1) 定期对变频器清灰；
  - 2) 定期对变频器进行升压试验。
- 6 电缆无破损漏电现象，绝缘电阻正常；
- 7 定期对不间断电源（UPS）、应急电源（EPS）进行充放电；
- 8 当设备物质寿命、经济寿命和技术寿命中有一项达到报废条件时，系统设备即可报废，设备报废应由设备管理单位提出报废申请，申请内容应包括：
  - 1) 工程及设备概况；
  - 2) 设备运行情况及存在的问题；
  - 3) 设备检测结果报告或试验报告；
  - 4) 设备处置建议等。
- 9 系统其他相关试验。

## 12 管道及设施检查

**12.0.1** 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《压力管道定期检验规程—工业管道》TSG D7005的规定执行；当敷设方式为直埋敷设时，定期检验要求参照《压力管道定期检验规程—公用管道》TSG D7004的规定执行。

**12.0.2** 管道检查基本原则包括下列内容：

- 1 制定管道检查标准、作业流程，并定期修订；
- 2 对管道、附属设施、隧道或架空及隧道环境等进行检查；
- 3 针对管道检查期间存在的问题，应进行维修改造；
- 4 备品备件的存储、维护和使用情况；
- 5 应建立管理台账。

**12.0.3** 定期对管道壁厚检测，尤其是弯头处，确保钢管厚度满足强度和刚度要求。

**12.0.4** 管道检查内容应符合下列规定：

- 1 运行期间，长输供热管道应每天巡视一次，非运行期间每周检查一次，在系统运行初期、初始升温、降温期间及最高供水温度下应加强巡视；
- 2 供热管道及附属设备无泄漏、腐蚀等异常现象；
- 3 外界施工不得影响供热管道的正常运行；
- 4 做好夏季防汛和冬季防冻工作，如外露在管道外部的放气阀门需做好防冻措施；
- 5 系统停运后，应对管网进行湿保护，以保证最高点不倒空，避免管道腐蚀；
- 6 应定期对供热管道及附属设施设备进行除锈防腐蚀工作；
- 7 定期对管道保温，设施设备功能的完备性进行专项检查；
- 8 定期对管道监控、报警系统的功能性进行专项检查；
- 9 管道支架、支座等应牢固，无腐蚀破损现象；
- 10 直埋管道路面无塌陷现象；
- 11 架空管道无支架破损等现象；
- 12 管道出现泄漏工况需要处理时，应将故障管段有效隔离。

**12.0.5** 管路附件检查内容应符合下列规定：

- 1 阀门严密性良好，操作无卡涩；阀门开关状态正常，符合运行要求；阀门无锈蚀，外观无损坏；电缆接头紧固性、严密性良好。
- 2 补偿器滑动（转动）正常，无卡涩现象，标记及记录补偿器位移。
- 3 法兰严密性良好，无漏水现象。
- 4 滑动支架、导向支架的滑动面应洁净平整，支架安装的偏移方向、偏移量及导向性能应符合设计要求，无歪斜、卡涩现象。
- 5 检查井通风环境良好，无高温、潮湿、杂质堆积，设备不得高于路面或与路面距离较近，检查井内设施设备及固定结构无锈蚀现象，检查井、井圈、井座、井筒及井盖无破损、塌陷等现象，爬梯、护圈、操作台护栏应无腐蚀、缺损、破损、脱焊、松动等情况。

**12.0.6** 架空管道钢结构及固定支架应无偏移、锈蚀现象。

**12.0.7** 定期对管道设备基础沉降情况进行观测，其沉降值不得大于设计允许值。

**12.0.8** 定期对管道自控设备进行性能检验，并定期对管道泄漏监测光纤及系统进行试验。

**12.0.9** 隧道及附属设施检查详见附录D。

## 附录 A 直埋热水管道预热

### A.1 一般规定

- A.1.1** 预热施工须在管道焊接完成并完成无损检测、防腐和接头保温工作之后进行。
- A.1.2** 预热安装宜采用敞槽预热，在不具备敞槽预热的条件下，可采用覆土预热。
- A.1.3** 预热方法宜采用电预热，供回水管间不能形成短路，水压试验合格后，要确保将管道中的积水排净。
- A.1.4** 预热段内不应含有变径和不同材质的钢管。
- A.1.5** 预热段的计算安装温度不应高于管道工作循环平均温度，宜按基于平均应力温度来确定，使管道的最大压应力等于最大拉应力。
- A.1.6** 为了达到预热效果，预热伸长量应达到计算伸长量。
- A.1.7** 预热过程中，温度控制应稳定，安全性能好，管道温升不宜超过 5℃/h。
- A.1.8** 预热施工前应平整相关道路和场地，确保预热设备顺利就位，应现场搭建防雨棚及栅栏围挡，采用电预热方法时应确保发电机和电预热设备能正常工作且距离管端连线位置不宜超过 10m。
- A.1.9** 预热达到验收标准后，应由建设单位、设计单位、监理单位、施工单位共同进行验收，验收标准应符合下列规定：
- 1 对于直管段预热，预热温度下管线实际伸长量等于设计要求的伸长量作为验收标准。
  - 2 对于存在弯头、三通等能够吸收补偿的部件存在的预热段，当达到预热温度而实际伸长量未达到计算值时，预热温度可提高 5℃，作为验收标准。

### A.2 敞槽预热

- A.2.1** 应根据预热设备容量和现场实际情况，对管网进行分段预热，预热管段长度宜为 1000m，且不应小于 500m。
- A.2.2** 平均应力温度的预热计算安装温度应按下式计算：

$$t_p = \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{\nu \times \sigma_t}{\alpha \times E} \quad (\text{A.2.2-1})$$

$$\sigma_t = \frac{P_d \times d}{2\delta} \quad (\text{A.2.2-1})$$

式中： $t_p$ ——平均应力温度的敞槽预热计算安装温度（℃）；

$t_1$ ——管道工作最高循环温度（℃）；

$t_2$ ——管道工作最低循环温度（℃）；

$\alpha$ ——钢材的线膨胀系数[m/(m·℃)]；

$E$ ——钢材的弹性模量（MPa）；

$\nu$ ——泊松系数，取 0.30；

$\sigma$ ——管道最大工作压力引起的环向应力（MPa）；

$P_d$ ——管道的计算内压力（MPa）；

$d$ ——工作管内径（m）；

$\delta$ ——工作管公称壁厚（m）。

- A.2.3** 预热管段的热伸长量应按下式计算：

$$\Delta L = \alpha(t_p - t_0)L_{pr} \quad (\text{A.2.3})$$

式中： $\Delta L$ ——管段的热伸长量（m）；  
 $t_0$ ——管道计算安装温度（℃）；  
 $L_{pr}$ ——预热管段长度（m）。

**A.2.4** 采用分段预热时，预热管段之间应留有 2m~3m 的空间，在下一管段进行预热时，上一管段的回缩量宜一并补足，总伸长量应满足要求。

**A.2.5** 管道上的三通必须在预热前安装好，且不得与三通支管连接；如果预热后需在管道上开口加装三通，应在开口前做补强处理。

**A.2.6** 预热过程中应采取防止管道横向移动的措施；每隔十倍管径的距离设置 1 个固定支撑点，支撑点的高度宜为外护管外径的 0.6 倍，宽度为外护管外径的 1.5 倍，以防管道横向失稳。

**A.2.7** 管沟内不得有可能阻碍管道自由伸长的土石方或结构。

**A.2.8** 在预热过程中，不得再向沟槽内填沙，以免阻碍管道的运动。

**A.2.9** 由于管道重量作用与槽底砂垫层之间的摩擦力会阻碍管道的预热伸长，未达到伸长量时，允许管道预热温度比计算温度提高 5℃。

**A.2.10** 预热段预热验收合格后，应在维持预热温度的状态下尽快进行管沟回填和分层夯实，时间不宜超过 16h，为确保管道回缩量符合要求，回填应符合本标准 8.6 的规定。

### A.3 覆土预热

**A.3.1** 覆土预热应采用一次补偿器吸收管道的预热伸长量。

**A.3.2** 应审核一次性补偿器厂家提供的设计图纸，进行二次焊缝的焊接及补强，焊口的强度应能承受相应的管道温差应力。

**A.3.3** 预热宜与管网试运行合并进行。

**A.3.4** 平均应力温度的预热计算安装温度应按下式计算：

$$t_{fp} = \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{\nu \times \sigma_t}{\alpha \times E} + \frac{F \times L_s}{2\alpha \times E \times A} \times 10^{-6} \quad (\text{A.3.4})$$

式中： $t_{fp}$ ——基于平均应力温度的覆土预热计算安装温度（℃）；

$t_1$ ——管道工作最高循环温度（℃）；

$t_2$ ——管道工作最低循环温度（℃）；

$\nu$ ——管材的泊松系数，取 0.30；

$\sigma_t$ ——管道最大工作压力引起的环向应力（MPa）；

$F$ ——预热段管道单位长度摩擦力（N/m），按《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81 的规定计算；

$L_s$ ——一次性补偿器到固定点或驻点的距离（m）；

$A$ ——钢管管壁的横截面积（mm<sup>2</sup>）。

**A.3.5** 一个预热段设置多个一次性补偿器时，一次性补偿器应均匀布置，每个一次性补偿器的预热伸长量应按下式计算：

$$\Delta L_s = 2L_s \left[ \alpha(t_{fp} - t_0) - \frac{F \times L_s}{2E \times A} \right] \quad (\text{A.3.5})$$

式中： $\Delta L_s$ ——一次性补偿器的计算预热伸长量（m）。

**A.3.6** 在管道工作循环最低温度时，管道对一次性补偿器的拉力应按下式计算：

$$F_1 = \nu \times \sigma_t \times A - \alpha \times E(t_{fp} - t_0)A \quad (\text{A.3.6})$$

式中： $F_1$ ——一次性补偿器的拉力（N）。

**A.3.7** 预热管道外宜包裹塑料薄膜，并按首次升温的摩擦系数计算单位长度摩擦力。

**A.3.8** 管道的弯头、三通处需按设计要求加设泡沫垫以吸收管道位移。

**A.3.9** 一次性补偿器的补偿量应在预热前调整为计算预热伸长量，未达到伸长量时允许管道预热温度比计算温度提高 5℃。

**A.3.10** 在维持预热温度下，应将一次性补偿器焊接成整体，焊接完成后，一次性补偿器按设计要求进行接口保温和回填。

## 附录 B 波纹补偿器布置

### B.1 一般规定

**B.1.1** 设计单位应对长输供热管网的布局、介质特性、管系的压力、温度、膨胀（收缩）量有充分的了解，综合考虑管网的安全可靠性、压力降、温降和整体经济性等因素，确定波纹补偿器的安装位置与适用类型。

**B.1.2** 波纹补偿器相关管架的定义和设置要求应执行现行国家标准《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777-2019 附录 E 的相关规定。

**B.1.3** 管道布置中，固定支架、导向支架和承重支架的设置应避免波纹补偿器承受过量或非预期的变形和作用力。

**B.1.4** 对于跨越、穿越厂区内铁路和道路的管道，在其跨越段或穿越段上不宜设置波纹补偿器。

**B.1.5** 特殊管段类型波纹补偿器的选型或波纹补偿器的特殊补偿方式的使用应与波纹补偿器制造商沟通确定。

**B.1.6** 波纹补偿器制造商提供的波纹补偿器安装使用说明书，应对波纹补偿器的结构特点、安装要求、承受压力推力、过程压力试验的支撑要求等做出详尽的说明。

### B.2 波纹补偿器选型布置

**B.2.1** 管架与波纹补偿器图例符号见表 B.2.1。

表 B.2.1 图例符号

图例	符号	名称	图例	符号	名称
	MA	主固定管架		DJ	单式铰链型补偿器
	IA	中间固定管架		DW	单式万向铰链型补偿器
	DMA	定向固定管架		FL	复式拉杆型补偿器
	G	导向管架		FJ	复式铰链型补偿器
	PG	平面导向管架		FW	复式万向铰链型补偿器
	SS	弹簧吊架		WP	弯管压力平衡型补偿器
	DZ	单式轴向型补偿器		ZP	直管压力平衡型补偿器
	WZ	外压轴向型补偿器		WZP	外压直管压力平衡型补偿器
	DWZM	单向外压轴向直埋型补偿器		SWZM	双向外压轴向直埋型补偿器

**B.2.2** 管沟和管廊敷设中波纹补偿器的选型布置应符合下列规定：

**1** 外压轴向型补偿器的布置见图B.2.2-1。外压轴向型补偿器补偿量大，用于长直管段的补偿，外压轴向型补偿器为无约束型波纹补偿器，长直管段的两端需设置主固定管架，中间设置次固定管架。

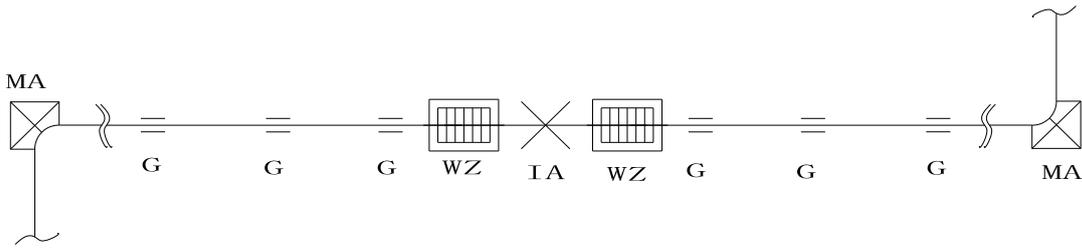
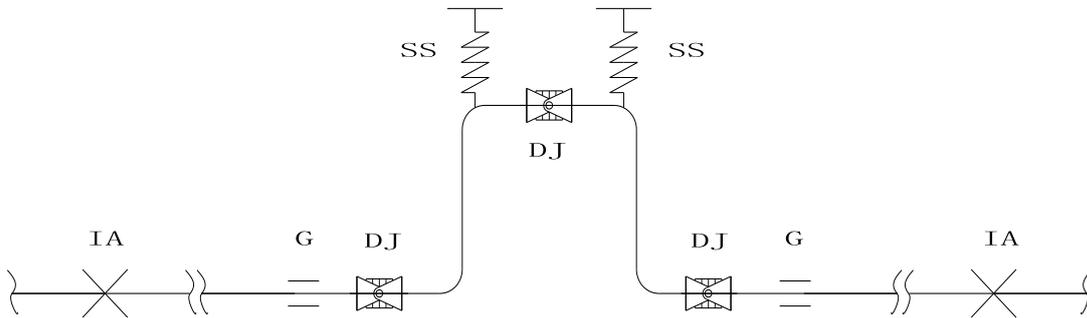


图 B.2.2-1 外压轴向型补偿器补偿的直管段

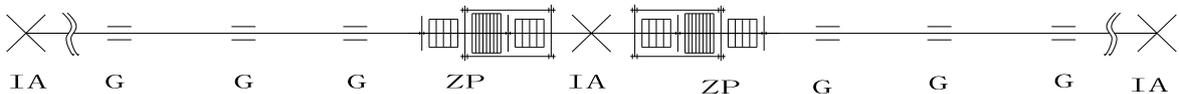
2 “π”形三铰链补偿器的布置见图B.2.2-2。当“π”形三铰链垂直布置时，宜在“π”形两侧设置平面导向管架，并在“π”形弯头顶部设置弹簧吊架，支撑管道及上部波纹补偿器的重量，管段两端设置次固定管架。



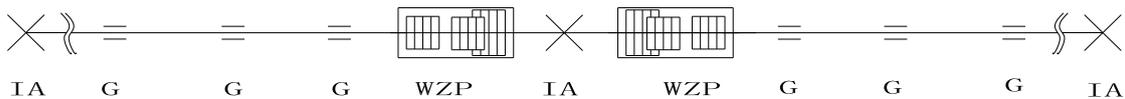
图B.2.2-2 “π”形三铰链补偿器补偿的直管段

3 直管压力平衡型补偿器的布置见图B.2.2-3。管段两端及中间均设置为次固定管架。

4 外压直管压力平衡型补偿器的布置见图B.2.2-4。管段两端及中间均设置为次固定管架。



图B.2.2-3 直管压力平衡型补偿器补偿的直管段



图B.2.2-4 外压直管压力平衡型补偿器补偿的直管段

**B.2.3 架空管段波纹补偿器的选型布置应符合下列规定：**

- 1 架空直管段的补偿选型布置见图B.2.2-3和图B.2.2-4，管段两端设置次固定管架。
- 2 架空“L”管段的波纹补偿器选型布置见表B.2.3-1，管段两端设置次固定管架。
- 3 架空平面“Z”形管段的波纹补偿器选型布置见表B.2.3-2，管段两端设置次固定管架。
- 4 架空立体“Z”形管段波纹补偿器选型布置表B.2.3-3，管段两端设置次固定管架。

表 B.2.3-1 “L”形管段波纹补偿器选型布置表

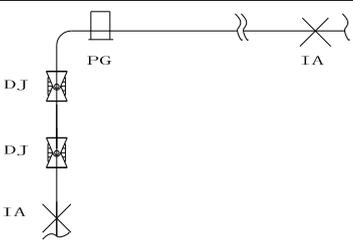
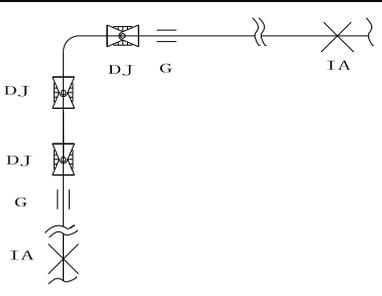
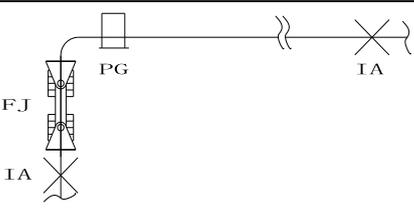
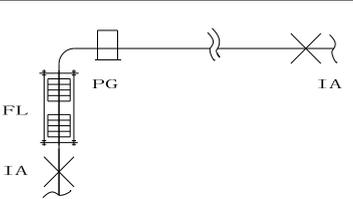
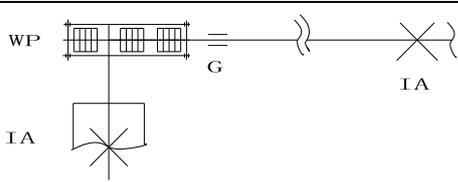
选型图例	波纹补偿器类型	说明
	2个单式铰链型补偿器组合	用于短管腿的伸长量与2个单式铰链型补偿器变形后产生的轴向缩短量相当的“L”形管段
	3个单式铰链型补偿器组合	用于短管腿较长的“L”形管段
	复式铰链型补偿器	用于短管腿长度与复式铰链型补偿器长度接近的“L”形管段，
	复式拉杆型补偿器	用于短管腿长度与复式拉杆型补偿器长度接近的“L”形管段，
	弯管压力平衡型补偿器	用于仅适合在管道拐弯处布置1个波纹补偿器，且与其相连的管道支座和设备管口受力要求苛刻的“L”形管段，

表 B.2.3-2 平面“Z”形管段波纹补偿器选型布置表

选型图例	波纹补偿器类型	说明
	2个单式铰链型补偿器组合	用于中间管腿的伸长量与2个单式铰链补偿器变形后产生的轴向缩短量相当的平面“Z”形管段，
	复式铰链型补偿器	用于中间管腿长度与复式铰链型补偿器长度接近的平面“Z”形管段，
	3个单式铰链型补偿器组合	用于中间管腿长度较短，无法布置波纹补偿器的平面“Z”形管段，
	复式拉杆型补偿器	用于中间管腿长度与复式拉杆型补偿器长度接近的平面“Z”形管段，
	3个单式铰链型补偿器组合	用于中间管腿较长的平面“Z”形管段，

表 B.2.3-3 立体“Z”形管段波纹补偿器选型布置表

选型图例	波纹补偿器类型	说明
	2个单式万向铰链型补偿器组合	用于中间管腿的伸长量与两波纹补偿器变形后产生的轴向缩短量相当的立体“Z”形管段，

	<p>复式万向铰链型补偿器</p>	<p>用于中间管腿长度与复式万向铰链型补偿器长度接近的立体“Z”形管段，</p>
	<p>2个单式万向铰链型补偿器与1个单式铰链型补偿器组合</p>	<p>用于中间管腿较长的立体“Z”形管段，1个单式铰链型补偿器也可以设置在下部水平管腿上，</p>
	<p>复式拉杆型补偿器</p>	<p>用于中间管腿长度与复式拉杆型补偿器长度接近的立体“Z”形管段，</p>

**B.2.4** 直埋敷设管段波纹补偿器的选型布置应符合下列规定：

1 当供热管道直埋敷设时，兼顾管道的安全性和经济性，宜选用外压轴向直埋型波纹补偿器进行补偿。其布置方式见图B.2.4-1和图B.2.4-2。

2 当设置小室时，直管段波纹补偿器选型布置可参照图B.2.2-1、图B.2.2-3、图B.2.2-4。“L”管段、平面“Z”形管段以及立体“Z”形管段波纹补偿器选型布置可参照表B.2.3-1、表B.2.3-2、表B.2.3-3。

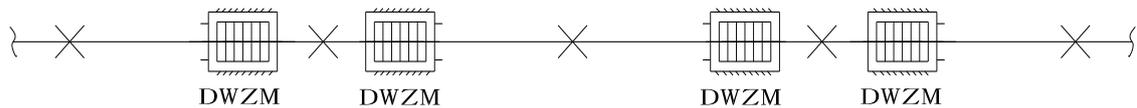


图 B.2.4-1 单项外压轴向直埋波纹补偿器补偿的直埋管段

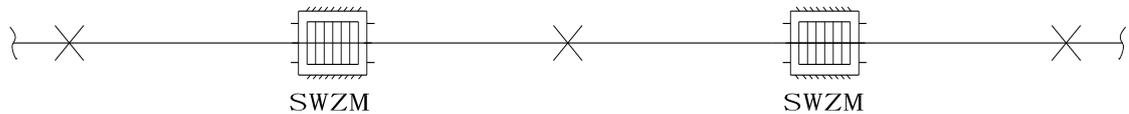


图 B.2.4-2 双向项外压轴向直埋波纹补偿器补偿的直埋管段

### B.3 波纹补偿器预变位

**B.3.1** 波纹补偿器宜进行预变位安装，波纹补偿器的预变位有利于降低支架的弹性反力和降低波纹管应力幅值。

**B.3.2** 预变位量宜为设计位移的30%~40%，预变位量的计算应计及安装温度的影响。

**B.3.3** 吸收轴向位移的波纹补偿器预变位可以在制造单位进行，也可以现场预变位。应符合下列规定：

- 1 当预变位在制造单位进行时，预变位用的调整杆在管道安装完毕后、系统压力试验前必须拆除。
- 2 吸收横向位移和角位移的波纹补偿器预变位通常在安装现场进行，采取将管道切短来实现。
- 3 在进行预变位之前，施工单位宜与波纹补偿器制造商沟通确认预变位方案。

## 附录 C 旋转补偿器布置

### C.1 一般规定

C.1.1 旋转补偿器的选型应根据设计输入条件确定材质，且材料性能不应低于管道材料的性能。

C.1.2 补偿装置基本组合型式及基本原理如下：

1 旋转补偿器组成的补偿装置基本型式见图C.1.2-1；

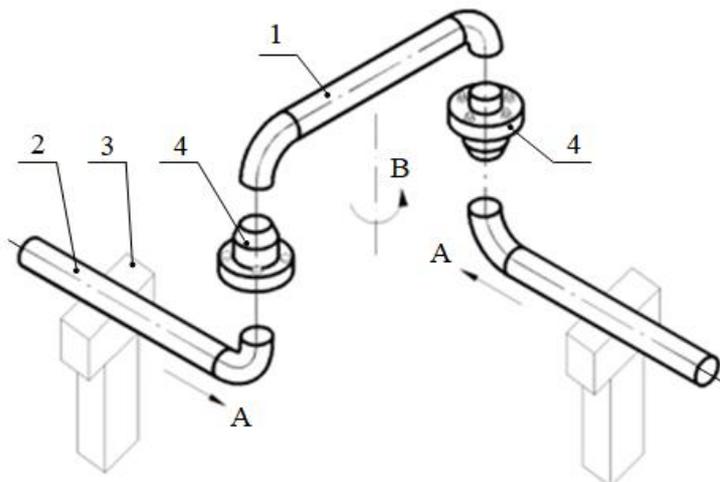


图 C.1.2-1 旋转补偿器组成的补偿装置基本型式

1——旋转力臂；2——直管段；3——支架；

4——旋转补偿器；A——管道热膨胀方向；B——补偿装置旋转方向。

2 由两个及以上旋转补偿器通过旋转力臂与弯头等管件组成可相对旋转的补偿装置时，才具备补偿能力，补偿装置平面示意图见图C.1.2-2；

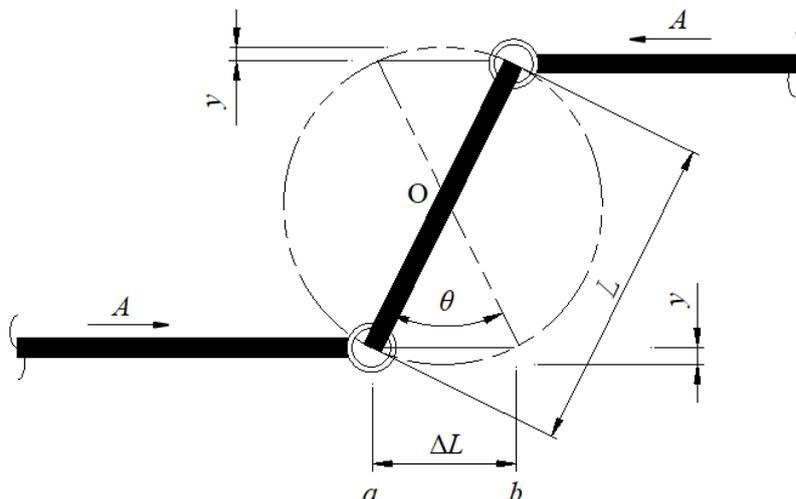


图 C.1.2-2 补偿器装置平面示意图

A——管道热膨胀方向；L——旋转力臂长度；O——旋转中心点；

a——补偿开始点；b——补偿结束点；y——横向偏移量； $\Delta L$ ——补偿量； $\theta$ ——旋转角度。

3 管道热膨胀时，两个旋转补偿器作相对圆周运动，旋转力臂围绕旋转中心点O旋转 $\theta$ 角，吸收两端管道的热膨胀量，即补偿量 $\Delta L$ ；

4 当在吸收管道热膨胀量时，在力臂旋转到0.50时，管道发生最大的横向偏移量y值；

5 旋转臂长度L应根据自然地形、补偿量的大小和安装条件确定。

**C.1.3** 管道的补偿量应按式 (C.1.3) 计算:

$$\Delta L = L_A \times \alpha \times \Delta T \quad (\text{C.1.3})$$

式中:  $\Delta L$ ——补偿量 (m);

$L_A$ ——固定支架到旋转补偿器之间距离 (m);

$\alpha$ ——管道材料线膨胀系数 [m/(m K)];

$\Delta T$ ——管道工作温度与安装温度差 (°C)。

**C.1.4** 旋转补偿器的旋转角度极限值应小于或等于 25°; 旋转角度应按式 (C.1.4) 计算:

$$\theta = 2 \times \arcsin\left(\frac{\Delta L}{L}\right) \quad (\text{C.1.4})$$

式中:  $\theta$ ——旋转角度 (°);

$\Delta L$ ——补偿量 (m);

$L$ ——旋转力臂长度 (m)。

**C.1.5** 旋转补偿器摩擦力计算应符合下列规定:

1 推动力臂的移动, 必须克服一对旋转补偿器的摩擦力矩。旋转摩擦力矩  $M$  的计算, 按照国家标准《旋转补偿器》GB/TXXXXXX 的规定。

2 在管道热膨胀过程中, 旋转补偿器的摩擦力计算见式 (C.1.5):

$$F = \frac{M}{L \cos(\theta/2)} \quad (\text{C.1.5})$$

式中:  $F$ ——旋转补偿器的摩擦力, 单位为牛顿 (N);

$M$ ——旋转补偿器摩擦力矩, 单位为牛顿·米 (N·m);

$\theta$ ——旋转角, 单位为度 (°)。

**C.1.6** 由于安装旋转补偿器的管系有横向偏移量, 旋转补偿器两侧导向支架与旋转补偿器的距离应大于或等于 40m。

## C.2 旋转补偿器布置

**C.2.1** 应根据管道布局、介质特性、管道的压力、温度、膨胀(收缩)量、介质流向及管系特性, 确定旋转补偿器的安装位置与适用的组合类型。

**C.2.2** 根据旋转补偿器工作条件 and 设计条件, 确定旋转补偿器设计参数。按表 C.2.2 填写旋转补偿器设计条件表。

**表 C.2.2 旋转补偿器设计条件表**

1	补偿器安装管线号					
2	连接型式	焊接	接管规格			
			接管材料			
3	补偿器的数量					
4	尺寸 (mm)	补偿器的长度				
		补偿器的最大外径				
5	管内介质	名称				
		设计压力 (MPa)				
		试验压力 (MPa)				
		设计温度 (°C)				

		使用温度范围 (°C)			
6	补偿器材料	本体材质			
		端面密封材质			
		环面密封材质			
7	最大设计补偿量	补偿量 (mm)			
		疲劳次数			
8	设计、制造、检验标准				
9	其他要求				
备注：补偿器的水压试验压力按管网试验压力进行。					

**C.2.3** 对于跨越、穿越厂区内铁路和道路的管道，在其跨越段或穿越段上不宜设置旋转补偿器。

**C.2.4** 旋转补偿器只能吸收单一平面内的管线位移。固定支架、滑动支架和导向支架的设置应避免旋转补偿器承受过量或非预期的变形和作用力。

**C.2.5** 设计中尽可能使旋转补偿器安装位置有利于补偿器的旋转，应避免其他方向的扭矩产生，且旋转补偿器轴线相互平等，且两个旋转平面尽可能接近。

**C.2.6** 一个管段上所有位移应在两个固定支架之间被吸收。首先应确定固定支架的位置，通过设置固定支架将其划分成形状简单的独立管段（如直管段、“L”形管段、“Z”形管段、“π”形管段等），然后进行补偿设计。

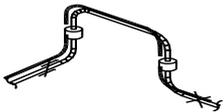
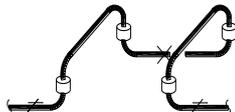
**C.2.7** 支架设置应符合下列规定：

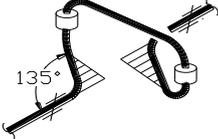
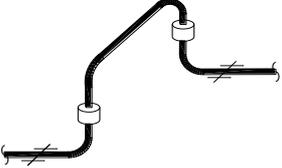
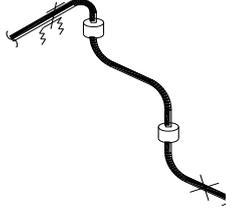
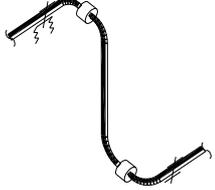
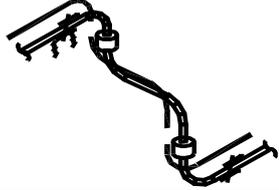
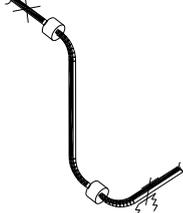
- 1 固定支架的作用是吸收管线载荷并控制位移的方向；
- 2 两个固定支架之间应只使用一组旋转补偿器，保证旋转补偿器只在其设计位移范围内工作；
- 3 应利用管道的转角、折角、错位、翻高等部位设置旋转补偿器；
- 4 固定支架应具有足够的强度和刚性；
- 5 采取减小管托与支座之间摩擦系数的方法来减小管道位移时的摩擦反力；
- 6 导向支架的设置主要是为了限制管道的侧向位移量，保证管道按照既定的方向运动，同时导向支架也承受管道自重、管道摩擦反力等载荷；

7 当管段存在高差且受热膨胀后可能产生管道悬空时，应设置弹簧支（吊）架。弹簧支（吊）架的设置应考虑旋转补偿器的位移量，当位移量超过50mm时，应采用比较平稳的并联板式双弹簧。

**C.2.8** 旋转补偿器常见布置形式见表 C.2.8。

**表 C.2.8 旋转补偿器基本布置形式表**

布置类型		示意图	说明
<b>1 平面布置</b>			
1.1	转角布置 (L 型)		单向补偿
1.2	直线布置 (II 型)		双向补偿

	直线布置 (S 型)		双向补偿
1.3	平行布置 (Z 型)		双向补偿
<b>2 立面布置</b>			
2.1	I 型		单向补偿
2.2	II 型		单向补偿
2.3	III 型		双向补偿
2.4	IV 型		双向补偿
2.5	V 型		单向补偿
2.6	VI 型		单向补偿
注：当多根管道同时布置时应注意相互间距防止碰撞。			
图例说明：  —— 旋转补偿器；			

	— 弹簧支吊架；
	— 滑动支座；
	— 固定支座。

## 附录 D 隧道及附属设施检查

**D.0.1** 隧道工程附属设施包括：消防系统、通风系统、供电系统、照明系统、监控与报警系统、给水排水系统及标识系统等。

**D.0.2** 消防系统的检查应符合下列规定：

1 消防系统运行维护及安全管理对象应包括防火分隔、火灾自动报警系统、灭火系统、排烟系统、消防指示标志及灭火器材等设施设备；

2 隧道消防系统的巡检、维修、保养等运行维护工作应符合现行国家标准《建筑消防设施的维护管理》GB 25201的有关规定；消防系统巡检应以对消防设施的巡查为主，巡检每周不应少于1次；

3 隧道消防系统的检测每年不应少于1次，系统检测应包括全部系统设备、组件等；检测技术要求和方法应符合现行行业标准《建筑消防设施检测技术规程》GA 503的有关规定；

4 隧道消防控制室的运行维护应符合现行国家标准《消防控制室通用技术要求》GB 25506的有关规定；

5 防火分隔应完好、严密；因管线敷设等原因需要暂时拆除的防火墙、防火门、防火封堵等应及时恢复；

6 隧道火灾自动报警系统的维护与报废应符合现行国家标准《火灾探测报警产品的维修保养与报废》GB 29837的有关规定；

7 隧道灭火器材的维护保养应符合现行行业标准《灭火器维修与报废规程》GA 95的有关规定；

8 消防设施应功能完好，并处于正常工作状态，因故障维修等原因需要暂时停用消防系统的，应有确保消防安全的有效措施，维修后应恢复到正常的工作状态；

9 消防指示标志应完好、清晰，无脱落。

**D.0.3** 通风系统的检查应符合下列规定：

1 隧道通风系统运行维护及安全管理对象应包括通风设备、通风管道及附件等通风设施设备和空调系统设施设备；

2 通风系统的运行应符合下列规定：

1) 系统运行状态、故障信号监测及显示应正常；

2) 各工况运行模式应满足设计和节能运行要求；

3) 隧道内环境温度、湿度、氧气浓度等应满足设备、管线运行安全及人员活动的要求；

4) 应根据外部环境温度、湿度等因素制定通风系统运行方案；

5) 与其他附属设施系统联动控制应正常，事故通风应正常。

3 通风系统巡检每月不应少于1次，巡检内容应包括系统主要设备及组件的外观、连接、运转状况及通风换气次数测试；

4 事故排烟风机及排烟防火阀等的维护、检测应符合国家现行标准《建筑消防设施的维护管理》GB 25201和《建筑消防设施检测技术规程》GA 503的有关规定，维护检测后应恢复正常。

**D.0.4** 供电系统的检查应符合下列规定：

1 隧道内供电系统运行维护及安全管理对象应包括变电站、低压配电系统、电力电缆线路和防雷与接地系统等；

2 供电系统作业每班不应少于2人，高压作业时应设置监护人；

- 3 供电系统的日常监测应符合下列规定：
- 1)应对变压器、高压开关柜、主要低压进线柜等供配电设备运行状态及负荷情况进行监测；
  - 2)应对不间断电源（UPS）、应急电源（EPS）运行状态及故障信号进行监测；
  - 3)可对供电系统漏电、过载等情况进行监测。
- 4 供电系统的巡检频次每月不应少于1次，遇负荷较高、外部环境复杂、极端天气情况时，应增加巡检频次；
- 5 供电系统应定期维护，其设备设施维护内容及要求应符合相关标准的规定；
- 6 防雷及接地装置检测及试验应符合现行国家标准《建筑物防雷装置检测技术规范》GB/T 21431和现行行业标准《电力设备预防性试验规程》DL/T 596的有关规定；
- 7 变压器、互感器等设备的定期试验应按现行行业标准《电力设备预防性试验规程》DL/T 596和《输变电设备状态检修试验规程》DL/T 393的规定进行；
- 8 隧道供电系统运行维护及安全管理应符合现行国家标准《电力安全工作规程 电力线路部分》GB 26859和《电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分》GB 26860的有关规定。

**D.0.5 照明系统的检查应符合下列规定：**

- 1 隧道内照明系统运行维护对象应包括正常照明、应急照明、线路等；
- 2 照明系统的运行应符合下列规定：
  - 1)照明的控制功能应完好，亮灯率不应小于95%；
  - 2)照明系统的照度及应急照明电源持续供电时间应符合现行国家标准《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838的有关规定，并应满足巡检、廊内作业及应急处置的需求；
  - 3)应急照明设备应工作正常，备用电池应及时更换；
  - 4)照明灯具接地应可靠，接地电阻应符合设计要求。
- 3 照明系统的巡检每月不应少于1次，巡检内容及要求应符合相关标准的规定；
- 4 照明系统的照度测试每年不应少于1次。应急照明系统的功能试验每季度不应少于1次。

**D.0.6 监控与报警系统的检查应符合下列规定：**

- 1 隧道监控与报警系统的运行维护及安全管理对象应包括监控中心机房、环境与设备监控系统、安全防范系统、通信系统、预警与报警系统和统一管理平台等；
- 2 监控与报警系统的运行功能应满足设计要求，并应符合下列规定：
  - 1)对隧道（管廊）本体及相关附属设施进行集中监控的功能应正常；
  - 2)对设备集中安装地点、管廊交叉节点、人员出入口、变配电间和监控中心等场所进行图像信息的实时采集和存储功能应正常；
  - 3)对入侵、出入口非正常开启、信号中断等情况进行报警的功能应正常；
  - 4)显示火灾自动报警系统的工作状态、运行故障状态等相关信息的功能应正常；
  - 5)接收可燃气体探测报警信号、环境与设备监控报警信号，并显示相关联动信息的功能应正常；
  - 6)接收隧道（入廊）管线可能影响人身安全、结构本体安全、其他隧道（管廊）内管线安全信息的功能应正常；
  - 7)固定语音通信系统、无线通信系统和远程通信系统功能应正常；
  - 8)各子系统之间以及与其他附属设施系统、隧道（管廊）内管线之间的联动控制应符合现行国家标准《城镇综合管廊监控与报警系统工程技术标准》GB/T 51274的有关规定，控制功能应正常。
- 3 统一管理平台运行功能应满足设计要求，并应符合下列规定：

- 1) 对隧道（管廊）本体和附属设施各系统运行状态进行监控的功能应正常；
- 2) 对相关设备联动执行情况进行准确反馈的功能应正常；
- 3) 对运行数据进行统计分析的功能应正常；
- 4) 处理报警事件并记录报警处理过程的功能应正常。

4 环境与设备监控系统环境参数检测内容、报警设定值应符合现行国家标准《城镇综合管廊监控与报警系统工程技术标准》GB/T 51274和《密闭空间作业职业危害防护规范》GBZ/T 205的规定；

5 监控与报警系统的巡检应符合下列规定：

- 1) 应检查传感设备、执行设备、控制设备、显示设备、传输线路及设备等的外观、连接状态、供电状况及相应功能等；
- 2) 应检查软件、数据库的运行状态或运行日志等；
- 3) 应检查监控中心室内温湿度、清洁度等环境状况；
- 4) 巡检工作应定期进行，传感设备、控制设备、执行设备检查每月不应少于1次，系统联动检查每季度不应少于1次；
- 5) 巡检内容应符合相关标准的规定。

6 监控与报警系统的检测方法与要求应符合现行行业标准《建筑设备监控系统工程技术规范》JGJ/T 334的有关规定；

7 监控与报警系统的维护应符合下列规定：

- 1) 应定期进行设备及敏感元件清洁、除尘；
- 2) 应定期进行传感设备的连接紧固、位置校正、检定；
- 3) 应及时维修和更换损坏的设备和元器件；
- 4) 应及时对耗材进行更换、补充；
- 5) 应定期进行相关设备的机械润滑及防腐处理；
- 6) 应定期进行软件升级、数据备份等操作；
- 7) 主要维护内容应符合相关标准的规定。

8 隧道（管廊）内监控与报警系统的运行维护应符合现行国家标准《城镇综合管廊监控与报警系统工程技术标准》GB/T 51274的规定。

**D.0.7** 给水排水系统的检查应符合下列规定：

1 隧道内给水排水系统运行维护及安全管理对象应包括给水排水管道及其附属阀件、水泵和仪表等；

2 排水系统的日常运行功能应符合下列规定：

- 1) 隧道内集水坑中水泵的启停水位、报警水位的监测功能应正常；
- 2) 隧道内水泵手动或自动状态监视、启停控制、运行状态显示、故障报警等功能应正常。

3 给水排水系统巡检每月不应少于1次，汛期、供热期应增加巡检频次；

4 给水排水系统巡检、维护内容及要求应符合相关标准的规定。

**D.0.8** 标识系统的检查应符合下列规定：

1 隧道标识系统运行维护及安全管理对象应包括隧道介绍牌、工程质量终身责任永久性标牌、管线标识、设备铭牌、警示警告标识、里程标识、方向标识、节点标识和其他标识；

2 带编号的标识编码规则应统一，编码应易辨识，并应具有唯一性和可扩展性；

3 标识系统巡检每月不应少于1次，巡检内容应包括标识位置准确情况、表面清洁情况、安装牢固情况、安装端正情况、损坏或灭失情况等；

- 4 标识系统巡检时发现标识损坏、灭失等情况应及时进行恢复处理；需增加标识的应急设置；
- 5 标识系统维护应包括保洁、防腐、紧固、调整、更换等，对标识进行维护时应保证标识运行功能正常。

## 本标准用词说明

- 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 《建筑给水排水设计规范》 GB 50015
- 2 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 3 《工业建筑采暖通风与空气调节设计规范》 GB 50019
- 4 《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》 GB 50032
- 5 《建筑照明设计标准》 GB 50034
- 6 《低压配电设计规范》 GB 50054
- 7 《内河通航标准》 GB 50139
- 8 《土方与爆破工程施工及验收规范》 GB 50201-2012
- 9 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB 50202
- 10 《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》 GB 50236
- 11 《工业设备及管道绝热工程设计规范》 GB 50264
- 12 《盾构法隧道施工及验收规范》 GB 50446
- 13 《建筑沟槽（基坑）工程检测技术规范》 GB 50497
- 14 《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》 GB 50683
- 15 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB 50736
- 16 《城市综合管廊工程技术规范》 GB 50838
- 17 《城镇综合管廊监控与报警系统工程技术标准》 GB/T 51274
- 18 《密闭空间作业职业危害防护规范》 GBZ T 205
- 19 《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》 GB/T 2518
- 20 《低压流体输送用焊接钢管》 GB/T 3091
- 21 《回转动力泵水力性能验收试验 1级、2级和3级》 GB/T 3216
- 22 《不锈钢冷轧钢板和钢带》 GB/T 3280
- 23 《一般工业用铝及铝合金板、带材》 GB/T 3880
- 24 《输送流体用无缝钢管》 GB/T 8163
- 25 《建筑材料及制品燃烧性能分级》 GB 8624
- 26 《石油天然气工业管线输送系统用钢管》 GB /T 9711
- 27 《硅酸钙绝热制品》 GB/T 10699
- 28 《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》 GB/T 11835
- 29 《安全阀 一般要求》 GB/T 12241
- 30 《弹簧直接载荷式安全阀》 GB/T 12243
- 31 《钢制对焊管件 类型与参数》 GB/T 12459
- 32 《彩色涂层钢板及钢带》 GB/T 12754
- 33 《金属波纹管膨胀节通用技术条件》 GB/T 12777-2019
- 34 《工业过程测量和控制用检测仪表和显示仪表精确度等级》 GB/T 13283
- 35 《绝热用玻璃棉及其制品》 GB/T 13350
- 36 《钢制对焊管件 技术规范》 GB/T 13401
- 37 《电能质量 公用电网谐波》 GB/T 14549
- 38 《管道支吊架》 GB/T 17116
- 39 《柔性泡沫橡塑绝热制品》 GB/T 17794

- 40 《自动控制钠离子交换器技术条件》 GB/T 18300
- 41 《建筑物防雷装置检测技术规范》 GB/T 21431
- 42 《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》 GB/T 22239-2019
- 43 《建筑消防设施的维护管理》 GB 25201
- 44 《消防控制室通用技术要求》 GB 25506
- 45 《焊接材料供货技术条件 产品类型、尺寸、公差和标志》 GB/T 25775
- 46 《焊接材料采购指南》 GB/T 25778
- 47 《电力安全工作规程 电力线路部分》 GB 26859
- 48 《电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分》 GB 26860
- 49 《先导式安全阀》 GB/T 28778
- 50 《高密度聚乙烯硬质聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管及管件》 GB/T 29047
- 51 《泵的振动测量与评价方法》 GB/T 29531
- 52 《火灾探测报警产品的维修保养与报废》 GB 29837
- 53 《热量表》 GB/T 32224
- 54 《压力管道规范 动力管道》 GB/T 32270-2015
- 55 《纳米孔气凝胶复合绝热制品》 GB/T 34336
- 56 《硬质聚氨酯喷涂聚乙烯缠绕预制直埋保温管》 GB/T 34611
- 57 《城镇供热预制直埋保温阀门技术要求》 GB/T 35842
- 58 《压力管道用金属波纹管膨胀节》 GB/T 35990
- 59 《城镇供热管道用球型补偿器》 GB/T 37261
- 60 《城镇供热用焊接球阀》 GB/T 37827
- 61 《城镇供热用双向金属硬密封蝶阀》 GB/T 37828
- 62 《城镇供热管道用波纹管补偿器》 CJ/T 402
- 63 《城市供热补偿器焊制套筒补偿器》 CJ/T 487
- 64 《城镇供热管网工程施工及验收规范》 CJJ 28-2014
- 65 《城镇供热管网设计标准》 CJJ 34
- 66 《城镇供热直埋热水管道技术规程》 CJJ/T 81
- 67 《城市供热管网暗挖工程技术规程》 CJJ 200
- 68 《城镇供热系统标志标准》 CJJ/T 220
- 69 《城镇供热直埋热水管道泄漏监测系统技术规程》 CJJ/T 254
- 70 《热力机械顶管技术标准》 CJJ/T 284
- 71 《输变电设备状态检修试验规程》 DL/T 393
- 72 《电力设备预防性试验规程》 DL/T 596
- 73 《火力发电厂供热首站设计规范》 DL/T 5537
- 74 《灭火器维修与报废规程》 GA 95
- 75 《建筑消防设施检测技术规程》 GA 503
- 76 《富锌底漆》 HG/T3668
- 77 《水处理设备 技术条件》 JB/T 2932
- 78 《旋转补偿器》 JB/T 12936
- 79 《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79
- 80 《建筑与市政工程地下水控制技术规范》 JGJ 111

- 81 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ 120
- 82 《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》 JGJ 276
- 83 《建筑深基坑工程施工安全技术规范》 JGJ 311
- 84 《建筑设备监控系统工程技术规范》 JGJ/T 334
- 85 《板式热交换器 第 1 部分：可拆卸板式热交换器》 NB / T 47004.1
- 86 《承压设备无损检测 第 2 部分：射线检测》 NB/T 47013.2-2015
- 87 《承压设备无损检测 第 3 部分：超声检测》 NB/T 47013.3-2015
- 88 《承压设备无损检测 第 4 部分：磁粉检测》 NB/T 47013.4-2015
- 89 《承压设备无损检测 第 5 部分：渗透检测》 NB/T 47013.5-2015
- 90 《承压设备用焊接工艺评定》 NB/T 47014
- 91 《承压设备用焊接材料订货技术条件》 NB/T 47018
- 92 《光纤管道安全预警系统设计及施工规范》 SY/T 4121-2012
- 93 《油气输送用钢管感应加热弯管》 SY/T 5257
- 94 《架空和综合管廊预制热水保温管及管件》 T/ CDHA 1
- 95 《压力管道定期检验规程—公用管道》 TSG D7004
- 96 《压力管道定期检验规程—工业管道》 TSG D7005

# 长输供热热水管网技术标准

**T/CDHA** ×××××-201×

## 条文说明

## 编制说明

《长输供热热水管网技术标准》T/CDHA ×××××-202×经中国城镇供热协会 202×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标准时能正确理解和执行条文规定，《长输供热热水管网技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，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标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

1	总 则	69
2	术 语	71
3	供热系统	72
3.1	一般规定	72
3.2	供热热源	73
3.3	热源与热网接口	74
4	设备与材料	75
4.1	主要设备	75
4.2	管道与管件	75
4.3	阀 门	76
4.4	补偿器与支吊架	76
4.5	焊接材料	77
4.6	保温与防腐材料	77
4.7	预制保温管道	77
5	工艺系统	78
5.1	一般规定	78
5.2	水力计算及压力工况	80
5.3	管网布置与敷设	81
5.4	管道穿跨越	82
5.5	管道应力和作用力计算	83
5.6	管道支吊架	85
5.7	管道附件与设施	87
5.8	厂站	89
5.9	制水、补水与泄水	90
5.10	保温与防腐	91
6	供配电	93
6.1	一般规定	93
6.2	供配电系统及照明	93
7	监测与控制	95
7.1	一般规定	95
7.2	参数采集	95
7.3	集中与分布控制	96
7.4	控制策略	97
7.5	联锁保护	99
7.6	网络通讯	99
7.7	泄漏监测系统	99
7.8	安防监测系统	100
8	管网施工	101
8.1	一般规定	101

8.2	土建工程.....	102
8.3	管道安装.....	103
8.4	焊接及检验.....	104
8.5	接头保温.....	105
8.6	沟槽回填.....	105
9	压力试验、清洗和试运行.....	107
9.1	一般规定.....	107
9.2	压力试验.....	107
9.3	管网清洗.....	108
9.4	系统试运行.....	108
10	工程竣工验收.....	109
10.1	一般规定.....	109
10.2	竣工验收资料.....	109
10.3	验收合格判定.....	110
10.4	系统运行评估.....	110
11	运行与调节.....	111
11.1	一般规定.....	111
11.2	系统启动.....	114
11.3	运行调节.....	114
11.4	系统停车.....	115
11.5	事故处理.....	115
11.6	维护保养.....	115
12	管道及设施检查.....	117

# 1 总 则

**1.0.1** 随着大气环境保护的压力越来越大，供热行业一直在探索更加环保的供热方式，比如逐渐用燃气供热、电供热方式替代原燃煤供热方式，大力发展热电联产项目，利用热电厂的余热资源实行集中供热。在城市周围分布着一些大型的热电厂、钢铁厂、化工厂等企业，它们在生产过程中产生了大量的生产余热，将这些余热进行回收利用用于城市集中供热系统，可以节省供热系统资源消耗，有利于节能降耗。很多大型的发电厂、钢铁厂、化工厂等企业都处在远离城区的地方，如果要利用这些大型企业的生产余热，就需要建设长距离输送管网或者超长距离输送管网将热电厂的余热输送至城市实行集中供热。热水管道超长距离输送技术，就是立足于目前的热水管道长距离输送案例的基础上进行分析和扩展，为热水管道长距离输送方案设计提供理论基础。

长输供热系统一般会涉及到余热热源、长输热水管道及市政一级网三个部分，三个部分整体协调运行才能实现长输供热的目标。长输部分以输送为主，一般为长距离输送干线（部分工程涉及一些预留分支）；城市市区为一级管网，执行《城镇供热管网设计标准》CJJ34 的规定，电厂部分主要是余热回收的加热系统，执行电力行业的标准。本次标准编制重点指导涵盖长输管网全环节的技术相关内容，与目前现有《城镇供热管网设计标准》CJJ34 不重复，但略有区别，并且更细致，更严格，内容更加完整。

制定本标准旨在通过规范工程设计、材料选择、施工验收、运行调节等，满足长输供热工程的需要。该标准的制定对提高长输供热热水管网的质量、降低系统能耗、规范生产和运行调节、提高供热系统的整体技术水平，真正实现整个输配系统的低能耗和安全，有着十分重要的意义。

**1.0.2** 与现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34、《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81 和《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 所要求的参数基本一致，考虑到涉及很多管道附件的压力等级要求，将设计压力仍然限定在 2.5MPa，对于大于 2.5MPa 的系统，也可参照本标准执行，但其材料和附件的选择都需要按照《压力管道规范 工业管道》GB/T20801 要求进行认真的进行核算。

《城镇供热管网设计标准》CJJ 34 限定热水温度为 200℃，据了解目前国内还没有运行超过 150℃的热水管网（导热油管道可能达到 200℃）。此设计温度主要考虑目前热电厂的蒸汽参数和保温材料（聚氨酯泡沫塑料的长期耐温为 120℃），新修订的国家标准《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 中的聚氨酯峰值温度改为 130℃，限定在 150℃更符合实际情况，高于 130℃时可以使用复合保温结构。

关于管道的直径，长距离输送只有大口径的管道才具有规模经济性，一般至少为 DN1200 及以上的管径。虽然目前的预制保温管产品标准《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/T 29047 最大管径达到了 DN1600 和《硬质聚氨酯喷涂聚乙烯缠绕预制直埋保温管》GB/T 34611 最大管径达到了 DN1400，但目前很多企业已经能够生产 DN1600 的直埋保温管产品，如果市场有需求，很快就能开发出 DN1800~DN2000 的直埋保温管产品，本标准中不限定最大管径。但管径 DN1600 可以负担的供热面积达 4000 万 m<sup>2</sup>了，供热的安全性和供热保障性应该放在首位，建议管径还是不要超过 DN1600。

**1.0.3** 本标准应与现行国家规范、行业及地方标准协调。设计中要符合现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34 和《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81 的规定。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。长输供热管道用于地震、湿陷性黄土、膨胀土、盐渍土等地区除应执行本标准外，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》GB 50025、《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112、《盐渍土地区

建筑技术规范》GB/T 50942 等的规定。

对长输供热管网施工和运行阶段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》CJJ 28、《城镇供热系统运行维护技术规程》CJJ 88、《城镇供热系统抢修技术规程》CJJ 203、《供热计量系统运行技术规程》CJJ/T 223、《城镇供热监测与调系统控技术规程》CJJ/T 241 等的规定。

## 2 术 语

**2.0.1~2.0.9** 与现行行业标准《供热术语标准》CJJ/T55、《城镇供热管网设计标准》CJJ34、《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81、《城市供热管道用波纹管补偿器》CJ/T402 和《火力发电厂供热首站设计规范》DL/T 5537 的术语基本一致。

## 3 供热系统

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 供热项目符合当地供热规划是基本要求,《城市供热规划规范》GB/T51074明确提出要大力发展热电联产集中供热,主要最大限度的利用热电厂的乏汽资源和工业余热资源,原来电厂低温乏汽和工业低温余热都排向了大气,能源都浪费了,使电厂的发电效率在40%左右,只有充分的利用电厂的乏汽资源,才能使提高电厂的能源利用率,降低发电煤耗,使电厂和供热公司都能取得良好的经济效率。

**3.1.2** 大力发展热电联产项目,利用热电厂的余热资源实行集中供热,要尽量将热电厂的供热潜力挖掘出来。另一方面,长输热水管网投资较大,考虑到城镇供热发展的时序,可以分期实施,以减少工程建设的资金。

热负荷是长输管道设计的基础数据,尤其是近年来城镇节能建筑的不断发展,单位热指标也在逐年下降,在选择长输管道管径时首先要核实热负荷,避免出现较大的偏差。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,同时兼顾远期热负荷的发展。

**3.1.3** 调峰热源的配置,直接影响系统的运行和经济性,根据发改能源[2016]617号《热电联产管理办法》第二十四条规定:积极推进热电联产机组与供热锅炉协调规划、联合运行。调峰锅炉供热能力可按供热区最大热负荷的25%~40%考虑。热电联产机组承担基本热负荷,调峰锅炉承担尖峰热负荷,在热电联产机组能够满足供热需求时调峰锅炉原则上不得投入运行。

根据当地环保要求,采取燃气、燃煤或生物质热源等作为调峰热源。调峰热源宜兼顾降低热网回水温度功能。燃煤调峰热源应集中设置,不宜设置在负荷中心,燃气调峰热源宜分散设置于负荷区域。

调峰热源可以是燃气锅炉房,也可以是燃煤锅炉房,也可以使用蓄热装置,蓄热装置在北欧国家应用的很普遍,当地的供热系统相对较小,容易实现,但对于长输供热的大型供热系统,值得研究探讨。作为调峰降温热源保留的燃煤锅炉需满足当地环保排放标准。

根据调峰热源种类,燃气调峰热源应分散设置在尽可能靠近采暖用户的末端,应借助调峰热源产生较高温度热量的优势,利用调峰热源进一步降低热网回水温度。例如在吸收式换热机组的二级网供水处设置调峰锅炉,降低换热机组供水温度,从而降低一级网回水温度;利用燃气补燃型吸收式换热机组,进一步降低一级网回水温度。也可在现有大型燃煤锅炉房中设置热泵机组,集中降低热网回水温度。

目前有企业正在尝试采用蓄热罐进行调峰,利用热电厂夜间发电负荷需求较低,增加抽汽进行蓄热,白天发电负荷需求较高,减少抽汽,让蓄热罐放热,但需要蓄热罐的容量相当庞大,完全的依靠蓄热罐进行调峰难以实现,只能是根据热电厂的实际情况,部分的进行调峰。

**3.1.4** 长输供热管网的热源都是热电联产机组,供热首站在热电厂内,其主要执行电力行业的标准,只是参与系统的调节。由于供热距离较远,一般会含有中继泵站,如果系统的地形高差较大,通过水力计算需要,可能还会设置隔压换热站,如果系统需要也会有中继能源站。任何事物都有两面性,隔压换热站可以将长输管道的系统压力与城区管网的压力隔开,以保证城区管网的安全,但会损失部分热量,而且增加投资,影响其经济性。

加大供回水温差可以提高长输工程的经济性。可以采用末端热力站配置吸收式热泵机组或集中降低回水温度的方式,但末端设置吸收式机组降低一级网温度是比较经济的。实现大温差供热

(一般温差可达到 80~100℃)，才能体现出长输管网的经济性。

**3.1.5** 长输供热工程通常供热量大，系统较普通城镇供热管网复杂，包含的管道设施较多，理论上来说出现故障的概率可能会增大，一旦发生事故影响供热的面积会很大，考虑到供热的安全性，应做好安全保障的分析。

安全性保障措施第一种方式是采用多管制，即使一条管线出现事故，另一条管线仍能运行，对城市供热影响会相对的会降低，但同时会增大管网系统的投资，需要综合考虑。第二种方式是采用事故备用热源或多热源联网供热系统，如果城市已经具有多热源的联网系统，经分析长输管网故障后，可以保证城市最低供热量需求，此方式也是一种较理想的选择。第三种方式是在易出现故障、抢险困难的穿跨域局部管段采用多管制敷设，既可以节省工程投资，又能保证管道运行的安全。

安全性保障需要全面分析后，根据工程的具体情况和城市管网的实际情况确定供热系统的安全措施。

## 3.2 供热热源

### 3.2.1

**1** 长输热网的热量输送成本与管径相关，管径越大，单位热量的输送成本越低。因此，应尽可能地提高长输热网系统热源的供热能力。目前我国的大型燃煤热电机组一般采用抽汽式供热，此时机组仍有大量的乏汽余热通过冷却塔或空冷岛排放到环境中。深度回收这部分乏汽余热可提高电厂的供热能力 30%~50%。并且，利用乏汽余热供热可降低热电厂的供热成本，从而提高长输供热系统的经济性。燃气热电厂的烟气中含有大量显热及潜热余热，回收烟气余热，可进一步提高电厂的供热能力。因此，热电厂在作为长输热网的供热热源时，应深度回收乏汽余热和烟气余热供热，发挥电厂的最大供热能力。

**2** 传统的电厂供热系统中，将较高参数的采暖抽汽直接用于加热网水。较大的换热温差提高了换热过程的不可逆损失，供热能耗大，供热成本也较高。而长输热网设计回水温度低于 30℃，若电厂仍采用抽汽直接加热方式，将增加加热过程的不可逆损失。为了充分利用较低的热网回水温度，高效地回收电厂余热，应在电厂采用多级串联梯级加热的余热回收系统，将较低温度的热网回水通过凝汽器、汽轮机高背压换热器或热泵及抽汽加热等方式逐级加热到所需的供水温度。采用多级串联梯级加热方式可减少换热环节的不可逆损失，提高电厂供热能效，降低电厂的供热成本，从而提高长输供热系统的经济性。

**3** 随着可再生能源电源占比逐渐增加，电网调峰需求越来越大。热电厂在冬季仍需要承担电网调峰任务。目前，电厂在进行电网深度调峰时，供热能力相应降低，使得供热安全受到严重影响。因此，在设计电厂供热系统时，应采用热电协同的供热模式，实现热电解耦，使得电厂在参与电网调峰时，可不降低供热能力。

### 3.2.2

**1** 受工厂生产经营的影响工业余热不稳定。因此，应有热电厂承担基本负荷，并配置调峰热源，维持长输热网供热量的稳定。

**3** 工厂一般低温余热较多而可作为驱动力的高温热量较少。让低温回水先进入工厂，通过直接换热等方式回收工业余热。加热后的热网水再串联进入电厂。

**3.2.3** 现行行业标准《火力发电厂供热首站设计规范》DL/T 5537 对热电厂内设置供热首站已经有明确的规定。本标准原则上不涉及此部分的具体内容，该部分内容属于电力行业的管理范围，本标准只是引用。

### 3.3 热源与热网接口

**3.3.1** 提高长输热网供回水温差，可以降低长输供热管网的投资及运行成本，供热距离越长，成本下降越多。并且提高城市一级网供水温度可减少城市供热管网的大温差改造投资及运行成本，而降低一级网供水温度可降低电厂供热成本。因此，长输供热管网的供水温度应同时考虑电厂、长输供热管网及城市一级网的供热成本。降低回水温度可减少长输供热管网的投资和运行成本。另一方面，回水温度降低可提高电厂供热效率，降低电厂供热成本。降低回水温度可同时提高电厂和长输供热管网的经济性。

**3.3.2** 首站循环泵与长输供热管网各级中继泵站共同运行建立长输供热管网的热力工况，首站水泵配置要与其他中继泵站一同考虑，实现在静态和动态工况下安全运行，保障全网各点不超压和不失压。多级泵站的长输供热管网系统的热网静态和运行状态各点压力关系变得复杂多样，需要分别考虑静态和运行状态的压力情况与定压情况。若静态定压压力和生产运行时的定压压力不可协调，也可以考虑旁通管定压等定压方式。

**3.3.3** 需要大幅度降低流量和紧急停泵工况：长输管网、一级网严重泄漏工况；长输网或一级网水泵故障导致长输管网流量迅速大幅降低；电厂首站换热器大面积故障；高温网、一级网干管误关阀等事故工况。

## 4 设备与材料

### 4.1 主要设备

**4.1.1** 现行行业标准《板式热交换器 第1部分：可拆卸板式热交换器》NB/T 47004.1中对板式换热器的制造已经提出了明确的要求，这里主要补充对单板面积、板厚、材质、换热器计算等提出了明确要求。板式换热器宜提高单台换热能力，减少换热器总台数。

**4.1.2** 国家标准《吸收式换热器》已完成报批稿。参照此标准中的要求，额定工况进口温度及流量下，换热效能与额定值的负偏差不得超过0.01；额定工况流量下，换热器两侧流体阻力损失不超过名义值的105%；额定工况下，吸收式换热器耗电功率不超过名义值的105%。热力站或中继能源站中安装的吸收式换热机组属于第一类吸收式换热器，吸收式换热机组效能应按下式进行计算，名义工况为质量流量比为8，热源侧进口温度110℃，热汇侧进口温度为40℃。

$$\varepsilon_1 = \frac{t_{1,\text{in}} - t_{1,\text{o}}}{t_{1,\text{in}} - t_{2,\text{in}}} \quad (1)$$

式中： $\varepsilon_1$ ——第一类吸收式换热器的吸收式换热器效能；

$t_{1,\text{in}}$ ——流量小的一侧流体进口温度（℃）；

$t_{1,\text{o}}$ ——流量小的一侧流体出口温度（℃）；

$t_{2,\text{in}}$ ——流量大的一侧流体进口温度（℃）。

**4.1.3** 现行国家标准《回转动力泵水力性能验收试验1级、2级和3级》GB/T 3216对水泵的制造已经提出了明确的要求，这里主要针对长输管线循环水泵特性提出要求。

**4.1.4** 滤网采用不锈钢316L是为了保证设备的使用寿命。除污器应及时排污，但当除污器滤网轻微堵塞时，滤网会承受压差，滤网应有加固支撑措施，防止滤网破坏。腔体直径与接管口径之比不小于1.5。

滤网通道面积是进口管道横截面积的4倍，对应于平均容重1800kg/m<sup>3</sup>的铁锈、泥沙等杂质，其分割粒径（除污效率不小于50%的粒径）为0.07mm。粒径小于或等于0.3mm时，除污效率大于或等于98%。丝网编织芯体的微气泡、微小污垢过滤精度为5微米。

**4.1.5** 现行国家标准《自动控制钠离子交换器技术条件》GB/T 18300和现行行业标准《水处理设备 技术条件》JB/T 2932对软水设备提出了明确的要求。出水水质标准要求与《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的要求基本一致。

**4.1.6** 出水水质标准要求与《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的要求基本一致。由于长输管道系统中有可能会有调峰热源厂，对水质的含氧量要求按照热水锅炉的水质要求，与城市一级供热管网的要求一致。

### 4.2 管道与管件

**4.2.1~4.2.2** 材质选择与《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的要求基本一致，列出了近年来常用的几种钢材。数据来源于《压力管道规范 工业管道 第二部分 材料》GB/T 28081.2中附录。

目前设计和运行中的长输供热热水管道，大部分工程都选择了L系列的管线钢（L290、L360等）或低合金钢（Q355），主要是管材的屈服强度提高了，可以减小管壁的厚度，对长输供热管道总体造价没有太大的影响。

长输供热热水管道上的大口径管道基本都是螺旋缝焊接钢管，均采用《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》GB/T 9711和《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091的标准，但厂站内有部

分小的管道可能会使用无缝钢管，采用《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163的标准。

**4.2.3~4.2.8** 管件选择与《城镇供热管网设计标准》CJJ 34和《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81的要求基本一致。管件相对于管道更容易出现故障，对管件的壁厚、弯头的制作、三通

的补强、焊缝的检验等都提出了明确的要求。

将弯管实测壁厚规定为不得小于弯管的计算壁厚，是指弯管上任何一点的壁厚都不得小于弯管和弯头在该点的最小壁厚。显然不可能每一点都去核算，但是，弯管是由直管弯制成的，为了补偿弯曲面最外侧的减薄量，选用的直管壁厚就应有一定的富裕量。对外弧侧而言，靠直管富裕量来补偿各处的减薄量；对内弧侧而言，靠直管富裕量来补偿应力的增加。弯管最外侧减薄量最大、最内侧应力增加最大，只要这两处的富裕量没有用完，弯管运行中的安全性就能保证。因此，只要制造工艺合理，能控制好最外侧和最内侧的壁厚，满足该处最小壁厚的要求即可。

由于弯制过程中，弯管外侧受拉伸变形后壁厚要减薄，减薄量的大小与弯管的弯曲半径 $R$ 和弯制工艺水平有关。因此，用作弯制弯管的直管段的壁厚，必须大于相连直管允许的最小壁厚，且有一定的富裕量以补偿弯制过程中的减薄量，即留的富裕量应大于弯制工艺上可能产生的最大减薄量。

弯管椭圆度指弯管弯曲部分同一截面上最大外径与最小外径之差与公称外径之比。椭圆度是表示弯管质量好坏的特征之一，椭圆度大了，弯管受内压作用产生的椭圆应力，影响弯管的强度。前苏联的管壁计算公式还特地列出一项椭圆度的附加值。国外规程绝大多数都是限制弯管椭圆度，在限定范围内都不考虑其对壁厚计算的影响。例如，美国B31.1规程限定不超过8%，英国BS806规程和德国限定不超过5%，前苏联规定椭圆度小于3%时，椭圆应力可以不计，我国《火力发电厂汽水管道设计规范》DL/T 5054规定不得大于5%。本条文规定为弯制后的椭圆度不得大于3%。这是考虑当前我国采用了中频弯管，弯制的工艺水平有很大提高，成型弯管的初始椭圆度，一般都比规定值还要小。

三通开孔处强度削弱很大，工作时出现较大应力集中现象。直埋敷设时，由于管道受到内压、外载和温度荷载的综合作用，补强方式与受内压为主的三通有别。同时三通所处位置、分支的连接形式都会对三通壁厚造成影响，比如锚固段的三通承受很大的轴向力和较小的弯矩、过渡段的三通承受较小的轴向力和很大的弯矩。所以设计时应具体问题具体分析，采用有限元法进行强度验算后确定。三通采用高强度材质可以减小其壁厚。建议三通宜采用高强度材质。

### 4.3 阀门

**4.3.1~4.3.5** 阀门选择与《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的要求基本一致。为了适应直埋热水管道无补偿敷设的需要，现行国家标准《城镇供热用焊接球阀》GB/T 37827和《城镇供热用双向金属硬密封蝶阀》GB/T 37828中首次对阀门的轴向力和弯矩提出了具体要求。现行国家标准《城镇供热预制直埋保温阀门技术要求》GB/T 35842对直埋管道阀门的保温提出了具体要求。

### 4.4 补偿器与支吊架

**4.4.1~4.4.4** 给出了各种补偿器的执行标准，补偿器选择与《压力管道规范 公用管道》（报批稿）的要求基本一致。国家标准《旋转补偿器》（报批稿）对旋转补偿器提出了更严格的技术要求。

**4.4.5** 支吊架选择与国家标准《压力管道规范 公用管道》（报批稿）的要求基本一致。在供热设计标准中首次提出具体要求。

## 4.5 焊接材料

**4.5.1~4.5.7** 焊接材料参照现行国家标准《压力管道规范 长输管道》GB/T 34275和《压力管道规范 公用管道》（报批稿）的要求。焊接材料在供热设计标准中首次提出具体要求。

## 4.6 保温与防腐材料

**4.6.1~4.6.5** 保温材料选择与《城镇供热管网设计标准》CJJ 34、国家标准《压力管道规范 公用管道》（报批稿）的要求基本一致。在供热设计标准中首次提出，对主要常见的保温材料提出了要求。

**4.6.6~4.6.10** 外护层材料选择与国家标准《压力管道规范 公用管道》（报批稿）和现行团体标准《架空和综合管廊预制热水保温管及管件》T/CDHA 1-2019的要求基本一致。在供热设计标准中首次提出，对主要常见的外护材料提出了要求。

## 4.7 预制保温管道

**4.7.1~4.7.3** 预制保温管道与《城镇供热管网设计标准》CJJ 34和《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81的要求基本一致，首次对预制架空管道提出要求。

## 5 工艺系统

### 5.1 一般规定

#### 5.1.1

1 长输管道基本都具有中继泵站，泵站应优先设置在回水管道上，温度较低，对水泵的轴封影响较小。

2 隔压换热站只传热不传压，对于现状的城市市区供热一级网管道，一般压力等级都是1.6MPa，长输管道经常会使用2.5 MPa压力等级，要与市区管道连接，可能存在压力等级问题，使用隔压换热站可以解决压力不匹配的问题。目前很多长输管道基本都是通过此办法解决压力等级问题。若经静态及动态水力计算，虽然长输管网按2.5MPa设计，但长输管网和市网连接处均处于1.6MPa以下，也可以不设隔压换热站。

3 每级隔压站均会降低供回水温度，并且隔压站本身投资较大，隔压级数过多会显著降低长输系统的经济性。

4 较低的热网回水温度是长输供热项目成功的关键。从近几年多个长输供热工程实践来看，由于老城区新旧管网质量参差不齐造成的管道耐温及承压能力限制，且部分老城区热力站改造存在空间狭小、产权归属等实际困难，很难做到对市区既有热力站全部大温差改造。为尽可能减少对现状管网及热力站运行条件的改变，并充分利用现状一级网，中继能源站可结合城市热网调峰以降低回水温度，同时还可结合换热器起到与原老旧一级网隔压作用。

中继能源站通过换热和热泵等设备以高温水或燃气、电、蒸汽等高品质能源做动力实现长输热网的进一步降温、隔压调峰等功能。主要设置吸收式热泵、电热泵、调峰锅炉等主要加热设备，实现长输热网回水在城市一级热网回水温度的基础上进一步降低，如果要实现长输热网和城市一级热网水的隔压，还需配置水水换热器。

中继能源站应结合城市热网条件在现状热源厂、锅炉房、隔压换热站等原有厂址改造建设中继能源站，或者在便于接入燃气、电、蒸汽等能源条件的选址建设。

5 中继能源站利用热泵进一步降低热网回水温度，通过低温二级热网就近承担供热负荷更有利于降低热网回水温度，从而降低供热能耗。

**5.1.2** 管网的设计压力是保证系统运行安全的压力，管网的设计压力应大于各种正常运行工况和事故工况可能出现的最大压力，该最大压力还与地形落差有关。

长输热水管网在某些事故工况（如突然停泵、突然关闭干线主阀等）时，由于水流的惯性产生水流冲击，造成管网压力瞬间升高很大，从而发生水锤破坏。为保证管网的安全，管网的设计压力应考虑动态水力分析要求的安全裕量。

**5.1.3** 供水温度与现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34 的要求基本一致，新修订的国家标准《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/T 29047 中的聚氨酯峰值温度为130℃，为了更好地使用直埋热水管道技术，将此温度限定在130℃。如果某系统选用大于130℃的温度，可以使用其他类型的保温材料或复合保温材料。

降低回水温度，一方面可以增加管网的供回水温差，增大管网的输送能力，另一方面可以充分利用热电厂的乏汽，提高热电厂的能源利用率，降低发电成本和供热成本，但需要在末端热力站设置热泵，可以使回水温度降低至25℃~30℃，才能充分体现长输供热系统的经济性和节能效益。

**5.1.4** 本条规定的目的是为了合理选择供热建（构）筑物结构的材料 and 设计计算参数，满足供热

设备和管道运行维护需要。中继泵站、隔压换热站等的主要建筑物指安装换热器、循环泵等主要设备的站房及热网监控中心，管网构筑物指供热管网的管沟、检查室等，其结构设计使用年限不应低于 50 年，安全等级不应低于二级。

供热管网结构的使用年限，主要受到下列因素影响：

- 1) 与工艺管道保温性能和日常维护水平密切相关的结构受热温度；
- 2) 结构材料的耐热性能和耐久性能；
- 3) 结构设计中的温度作用计算和构造措施；
- 4) 结构裂缝控制水平；
- 5) 结构防水材料性能及其耐久性；
- 6) 结构及外防水的施工质量；
- 7) 结构的日常维护水平。

供热管网结构要达到设计使用年限要求，首先应合理控制结构受热温度；同时结构设计应依据设计使用期内可能出现的最高结构受热温度和其它环境条件，针对上述各项影响因素，合理进行结构设计；施工过程中，应保证钢筋的混凝土保护层厚度达到设计要求，加强过程检查与验收，并采取技术措施使混凝土浇筑密实及预防混凝土早期开裂；在设计使用年限内，对结构、工艺设备及保温的正常维护保养，同样不可或缺。

首次在标准中提出管道使用寿命，与产品标准的要求是一致的。

**5.1.5** 按照现行国家标准《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032有关规定要求制定本条款。

**5.1.6** 主要是防止被其他管道施工时遭到意外破坏。长输管网因主要分布于野外，尤其是直埋管线经地表植被覆盖后难于查找，为此需要设置容易发现的地上标志桩，并在地形复杂和管线特殊部位加密设置。地上标志桩的制作与施工要求，应符合现行行业标准《城镇供热系统标志标准》CJJ/T 220和《城镇燃气管道穿跨越工程技术规程》CJJ/ 250的规定。

**5.1.7** 长输供热管线敷设区域不同于常规的城镇供热管网，常敷设于地质情况不良的区域，管道周边环境变化的复杂性对于管道的安全会造成极大的危险。可采用以下防护措施：

1) 管道工程通过土（石）坎、田坎、河流、沟渠、冲沟、湿陷性黄土、不稳定边坡、危岩等地质不良地段时，应因地制宜地采取保护管道和防止水土流失的水工保护措施；

2) 管道直埋通过土（石）坎、田坎段时，可采取浆砌石堡坎、干砌石堡坎、加筋土堡坎或袋装土堡坎等结构形式进行防护；

3) 管道直埋通过易受水流冲刷的河（沟）岸时，应采取护岸措施，保证水流顺畅，不得冲、淘穿越管段及河床岸坡。可采用抛石护岸、石笼护岸、浆砌石或干砌块石护岸、混凝土或钢筋混凝土护岸等措施；

4) 管道在冲沟、湿陷性黄土等地质条件较差的地段敷设时，应对雨水进行有序组织导流，避免雨水长期汇集影响直埋管道周边土体、非直埋管道围护结构和支撑结构周边土体的稳定性。宜根据边坡雨水汇流流量在坡面设置截、排水沟，应充分利用原始的坡面沟道，出水口设置位置不应对管道、耕地或邻近建（构）筑物形成冲刷；

5) 管道通过不稳定边坡或危岩地段时，应根据不稳定边坡的下滑力和危岩坠落的冲击力，采取边坡支挡、加大管道埋深或采取覆盖物等措施对管道进行防护。

## 5.2 水力计算及压力工况

**5.2.1** 由于长输供热管网系统具有长距离输送干线、沿程地形高差大、系统泵站级数多、系统工作压力高（1.6MPa及以上）、系统工作温度高（120~130℃）、系统可靠性要求高等特征，为保证系统运行安全性，长输供热管网除进行稳态水力分析外，还应进行动态水力分析。动态水力分析应对循环泵或中继泵跳闸、输送干线主阀门非正常关闭、热源换热器停止加热等非正常操作发生时的压力瞬变进行分析。

对于本条提出的特殊情况，例如，长输供热管线由于沿途没有用户，一旦长输供热管线上的阀门误关闭，则运行会突然完全中断；地形高差大的管网，低处管网承压较大；系统工作压力高时往往管道强度储备小；系统工作温度高时易产生汽化等等。在这些情况下供热系统极易发生动态水力冲击（或称水锤、水击）事故。水击发生时压力瞬变会造成巨大破坏，而且是突发事故，应引起高度重视。因此应进行动态水力分析，根据计算结果采取相应措施，有利于提高长输供热系统的可靠性。

**5.2.2** 本条列出一些防止压力瞬变破坏的安全保护措施，供设计人员参考，哪种措施是有效的，应由动态水力分析的结果确定。这些措施的作用是防止系统超压和汽化。在系统设计中由设计人员根据具体工程的实际情况可选择几种安全保护措施。

- 1) 第1款、第2款措施需结合工程具体情况选用；
- 2) 第3款、第5款、第7款、第9款、第11款措施推荐所有情况下都采用；
- 3) 第4款措施在长输管线流速较大时，根据模拟分析适当延长；
- 4) 第5款在具体应用过程中应考虑泵与泵间的控制逻辑，以及隔压换热站先关高温侧水泵后关低温侧水泵，长输管线分段阀应考虑泵运行时阀不能关闭的连锁等；
- 5) 第6款措施在当前压力等级导致泵站座数过多或者选址无法满足要求时使用；
- 6) 第8款措施在热网换热首站的热网循环泵全部停泵后造成水击过大时采用；
- 7) 第10款措施在泵站扬程设计合理前提下，依然普遍出现停泵水击波过大时采用；
- 8) 第12款在隔压换热站停泵后造成水击过大时采用。

**5.2.3** 当前长输供热管网成为趋势的条件下，减少输送阻力是节能降耗的重点之一，而如何提高并保证内壁的减阻效果和使用稳定性是难点。长输供热管网在管线内壁采取减阻措施，可减少管道沿程压力损失，显著降低循环水泵的电耗。

一般钢管内壁当量粗糙度为0.0005m。但适合高温热水管道的内壁减阻材料尚处于试验研究阶段，要求减阻涂层的寿命应不小于30年，即30年内涂层无局部剥落，减阻涂层应完整、连续覆盖热水管道系统内壁。故在长输供热管道上，建议采用成熟可靠的内壁处理技术，减小内壁当量粗糙度，可以降低管道的输送电耗。其减阻材料相当于塑料管道的光滑程度，按照《室外给排水设计规范》GB 50013的规定，塑料管内壁当量粗糙0.010mm~0.030mm。本条规定减阻涂层的当量粗糙度应经过长期测试。

**5.2.4** 参考《城镇供热管网设计标准》CJJ 34中的有关规定。具体工程中应根据实际管件的数量统计后进行水力计算。长输供热管网路由一般位于城市外围，长直管段较多，弯折较少，局部阻力系数相对较小，一般局部阻力在管道沿程阻力的5%~15%范围内，具体的局部阻力需要根据敷设方式、路由平直情况分段统计进行详细计算。

**5.2.5** 参考《城镇供热管网设计标准》CJJ 34中的有关规定。

- 1 本条规定的原则是为了确保供水管在水温最高时，任何一点都不发生汽化。
- 2 需要考虑管网运行压力是否超过用户系统的允许压力；当管网系统与用户系统间接连接，

可将隔压换热器视为用户系统，只需考虑管网运行压力是否超过设备的允许压力。

3 为满足主循环水泵吸入口不发生气蚀，以及回水管道压力波动时不致产生负压造成回水管路中的水汽化，确保供热管网的正常运行。

#### 5.2.6

1 定压点宜设在热源处，便于供热系统的运行管理。另外，热源处一般都有较大的补水能力，如果系统失水，首先启动热源处补水系统补水，保证管网运行安全。

2 长输供热管网系统多热源联网运行时，全系统应仅有一个定压点起作用，但可多点补水。长输供热管网系统的特殊要求，一个补水站的容量很难满足系统的要求，可以设置多个补水站同时进行补水。

3 长输供热管网系统的定压方式可以选取定压塔、补水泵或补水泵+稳压罐等方式，定压值应在满足系统安全前提下，降低运行压力；定压点位置可采用热源处回水定压、旁通管定压等方式；具体取决于动态水力分析，并综合技术经济比较确定。定压值应在满足系统安全前提下，降低运行压力。若静态定压压力和管网运行时的定压压力相差较大，可以采用旁通管定压等定压方式。

5.2.7 水压图能够直观地反映长输供热管网的压力工况，便于进行中继泵站和隔压换热站的位置调整，事故工况下的供回水压力上下包络图是在事故发生后的一段时间内长输供热管网全线压力波动的包络线，可以获得每个点事故工况下的最大压力和最小压力。

### 5.3 管网布置与敷设

#### 5.3.1

1~2 长输供热管网由于线路长，跨越地域大，其线路路径不能像在城镇内可以依据城市规划选择在道路、绿化等市政公用地内，而是要翻山越岭、跨越沟渠、穿越村庄农田、交通设施等，管线建设会对这些因素产生很大的影响，故作此规定。

3 铁路或高速公路的隧道都是专用隧道，加之长输管道的管径相对较大，需单独建设专用隧道，在桥梁管理部门允许的情况下，可以与桥梁合建，降低工程的投资。

5.3.2 不良工程地质段一旦发生地质灾害，往往会造成长输供热管道损坏，给控制失水、抢修和补水带来困难，原则上宜避开上述地段，但绕开不良工程地质段又可能会让工程成本显著增加，故应综合考虑各种因素确定管网走向。架空敷设可以随时观察管道的使用状态，便于采取措施，保证管道安全运行。不良工程地质段两侧设置分段阀门，是为把发生地质灾害带来的损失控制在一定范围内。工程实践表明，地质灾害会引起管道的褶皱屈曲、拉伸等屈服破坏，必要时可以增加管道壁厚，可有效的降低这种破坏。

5.3.3 以《城镇供热管网设计标准》CJJ 34和《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81的要求为基本原则，并参照《城镇燃气管道穿跨越工程技术规程》CJJ/T 250，对部分交叉设施的垂直间距略有调整，为了保证安全，适当增加了与部分管道和设施间距要求。

5.3.4 因为《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81已颁布执行，现行国家标准《硬质聚氨酯喷涂聚乙烯缠绕预制直埋保温管》GB/T 34611和《高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管及管件》GB/T 29047对产品有严格的要求。同时国内许多厂家可以提供高质量的符合行业标准的产品，采用预热安装或冷安装的无补偿敷设方式，可以减少管网布置上的补偿器数量，再加上直埋敷设的施工便捷、热损失小等优越性，应该大力推广。

覆土深度不能保证时，采取的保护措施包括设置过街套管或管沟、在管道上方敷设混凝土板等。

**5.3.5** 当供热管道由地下转出地面时，外护管、保温等应与工作管一同引出地面，外护管还需要有一定的高度防止地面水浸入到地下敷设管道的保温层内。由于此段外护管在地面上，除做防雨设施外，也需做防腐，以保护管道的保温层。

**5.3.6** 本条规定的目的是为了防止有害气体进入供热管沟引起中毒或爆炸事故。各种市政管道互相平行和交叉敷设应保持安全距离，当敷设条件限制不能满足安全距离要求时，必须采取措施。

供热管道特别需要重视的是与燃气管道交叉处理的技术要求，《城镇供热管网设计标准》CJJ 34规定，燃气管道不得进入供热管沟。当供热管沟与燃气管道交叉敷设时，必须采取可靠措施防止燃气泄漏进管沟。因为供热管沟通向各处，一旦燃气进入管沟，很容易渗入与之连接的建筑物，造成燃烧、爆炸、中毒等重大事故。因此规定不允许燃气管道进入供热管沟，且当燃气管道在供热管沟外的交叉距离较近时也必须采取可靠的隔绝措施，保证燃气管道泄漏时，燃气不会通过沟墙缝隙渗漏进管沟。

## 5.4 管道穿跨越

**5.4.1** 本条规定的目的是供热管道及附属构筑物在施工时不能破坏其他设施。长输供热管道跨越铁路和公路时，应不妨碍铁路和公路设施及车辆运行。铁路、公路、桥梁、堤坝是重要交通及防洪设施，供热管道如需与铁路、公路、桥梁、河流交叉，应与相关运营管理部门协商穿越或跨越实施方案。

**5.4.2** 与现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ34和《城镇燃气管道穿跨越工程技术规程》CJJ/ 250规定基本一致；跨越通航河流应根据通航标准满足航道宽度及高度要求，《内河通航标准》GB 50139有具体规定；跨越不通航河流应满足泄洪要求，《城镇供热管网设计标准》CJJ34规定，管道与50年一遇的最高水位的垂直净距不应小于0.5m；河底敷设应满足水流冲刷及河道整治的覆土深度要求，对于1级~5级航道河流，管道（管沟）的覆土深度应在航道底设计标高2m以下；对于其他河流，管道（管沟）的覆土深度应在稳定河底2m以下；对于灌溉渠道，管道（管沟）的覆土深度应在渠底设计标高1.0m以下。除符合以上标准规定外，还应满足河道管理部门的规定。

**5.4.3** 参照《城镇燃气管道穿跨越工程技术规程》CJJ/T 250和《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的规定，为了管道安全和便于维护检修的需要，提出套管最小内径的要求是为了便于施工。

**5.4.4** 参照《城镇燃气管道穿跨越工程技术规程》CJJ/T 250的要求，为了管道安全和便于维护检修的需要。

**5.4.5** 防止在水流的作用下将管道内杂物冲入管道穿越河流的底部处，杂物产生沉积后，影响管道的运行。设置分断门是要考虑穿越段事故状态时及时关断阀门以减少前后段管道内水的排放量。

**5.4.6** 参照《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的规定。是为了减少交叉管段的长度，以减少施工和日常维护的困难。当交叉角度为 60°时，交叉段长约为垂直交叉长度的 1.15 倍；当交叉角度为 45°时，交叉段长约为垂直交叉长度的 1.41 倍。

**5.4.7** 供热管网暗挖工程、隧道工程和顶管工程一般用于穿越城市道路、河湖或其他重要设施的非开挖工程，应根据具体工程的重要程度与结构的环境条件等，合理确定设计使用年限。《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446 和《城市供热管网暗挖工程技术规程》CJJ 200 规定，供热管网工程主体结构设计使用年限不应低于 100 年，需要在材料使用、结构构造、设计计算参数、沟内环境温湿度等方面进行更严格的控制。

## 5.5 管道应力和作用力计算

**5.5.1** 管道中由不同载荷作用产生的应力对管道安全的影响是不同的。采用应力分类法以前，笼统的将不同性态的应力组合在一起，以管道不发生屈服为限定条件进行应力验算，这显然是保守的。随着近代应力分析理论和实验技术的发展，出现了应力分类法。应力分类法对不同性态的应力分别给以不同的限定值，用这种方法进行管道应力验算，能够充分发挥管道的承载能力。

应力分类法的主要特点在于将管道中的应力分为一次应力、二次应力和峰值应力三类，分别采用相应的应力验算条件。

管道由内压和持续外载引起的应力属于一次应力。它是结构满足静力平衡条件而产生的，当应力达到或超过屈服极限时，由于材料进入屈服，静力平衡条件得不到满足，管道将产生过大的变形甚至破坏。一次应力的特点是变形是非自限性的，对管道有很大的危险性，应力验算应采用弹性分析或极限分析。

管道由热胀冷缩等变形受约束而产生的应力属于二次应力。这是结构各部分之间的变形协调而引起的应力。当材料超过屈服极限时，产生小量的塑性变形，变形协调得到满足，变形就不再继续发展。二次应力的特点是变形具有自限性。对于采用塑性良好材料的供热管道，小量塑性变形对其正常使用没有很大影响，因此二次应力对管道的危险性较小。二次应力的验算采用安定性分析。所谓安定性是指结构不发生塑性变形的连续循环，结构在有限塑性变形之后留有残余应力的状态下，仍能安定在弹性状态。安定性分析允许的最大的应力变化范围是屈服极限的2倍。直埋供热管道锚固段的热应力就是典型的二次应力。

峰值应力是指管道或附件(如三通等)由于局部结构不连续或局部热应力等产生的应力增量。它的特点是不引起显著的变形，是一种导致疲劳裂纹或脆性破坏的可能原因，应力验算应采用疲劳分析。但目前尚不具备进行详细疲劳分析的条件，实际计算时对出现峰值应力的三通、弯头等应力集中处采用简化公式计入应力加强系数，用满足疲劳次数的许用应力范围进行验算。

应力分类法早已在美国机械工程师协会(ASME)1971年的《锅炉及受压容器规范》中应用。我国《火力发电厂汽水管道应力计算技术规定》DL/T 5366和《城镇供热管网设计标准》CJJ34已经规定管道应力计算采用应力分类法。

**5.5.2** 计算压力和工作循环最高温度取用热源设备可能出现的压力和温度。这样的考虑是必要的，因为设备可能因某种原因出现最高压力和温度，同时也为管道提升起点压力或温度留有必要的余地。工作循环最低温度取用正常工作循环的最低温度，即停热时经常出现的温度，而不采用可能出现的最低温度，例如较低的安装温度。因为供热管道一次应力加二次应力加峰值应力验算时，应力的限定并不取决于一时的应力水平，而是取决于交变的应力范围和交变的循环次数。安装时的低温只影响最初达到工作循环最高温度时材料塑性变形量，对管道寿命几乎没有影响。

管道工作循环最低温度取决于停热时出现的温度。全年运行的管道停热检修一般在供暖期以后，此时气温、地温已较高，可达10℃以上。对于地下敷设由于保温效果好，北京地区实际测定停热一个月后，管壁温度仍达30℃；地上敷设由于管道也是保温的，停热一个月后气温上升管壁温度亦不会低于15℃。对于只在供暖期运行的管道，停热时日平均气温不会低于5℃，同样道理，地下敷设管壁温度不会低于10℃；地上敷设不会低于5℃。

**5.5.3** 参照《压力管道规范 长输管道》GB/T 34275的要求。在供热设计标准中首次提出具体要求。

**5.5.4~5.5.8** 许用应力取值、工作管内压作用下最小壁厚、工作管的公称壁厚和负偏差附加值等的计算参照《火力发电厂汽水管道应力计算技术规程》DL/T5366的规定。

5.5.9 《城镇供热管网设计标准》CJJ 34中已经给出架空管道的应力验算方法，地沟、顶管、暗挖、盾构等结构工艺的管道应力计算与架空管道相同。

5.5.10 直埋敷设供热管道的应力分析与计算不同于地上敷设和管沟敷设，有其特殊的规律。《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81 中，根据直埋供热管道的特点，采用应力分类法对管道应力分析与计算做了详细的规定。故直埋敷设供热管道的应力计算应按上述标准执行。

5.5.11 对由于土壤摩擦力约束热胀变形造成的高轴向力的直管段，不得出现局部屈曲、弯曲屈曲和皱折。

对于大管径、高温度的供热直埋管道，横截面受到较高的压应力作用，当最大压应变达到一个临界水平时便会有可能会发生局部屈曲，局部产生较大的变形，导致管道的局部褶皱而失效。管道的局部屈曲多数发生在应力不连续、管壁有缺陷的地方。国内外有一些关于防止薄壁管壳局部屈曲的研究成果。

1 1976年Sherman提出的临界屈曲应力计算公式为：

$$\sigma_{cr} = 16E \left( \frac{\delta}{2R_0} \right)^2 \quad (2)$$

$$\sigma_{cr} = 2.42E \left( \frac{\delta}{2R_0} \right)^{1.59} \quad (3)$$

3 欧洲规范EN13941-2019对于直埋长直管段局部屈曲的许用轴向压缩应力极限状态为：

当  $r_0/\delta_{jbm} \leq 28.7$  时：

$$\sigma_c = \alpha \times E(t_1 - t_0) \leq 334 \quad (4)$$

当  $r_0/\delta_{jbm} > 28.7$  时：

4 国内公认的公式是从国家标准《压力容器》GB150.1-2011，4.4.5条圆筒许用轴向压缩应力的公式推得的：

$$\sigma_{cr} = 0.0627E \frac{\delta}{R_0} \quad (5)$$

5 《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81-2013中的公式：

$$\frac{D}{\delta} \leq \frac{E}{4[\alpha \times E(t_1 - t_0) + \nu \times P_d] + 2\sqrt{4[\alpha \times E(t_1 - t_0) + \nu \times P_d]^2 - \nu \times E \times P_d}} \quad (6)$$

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（℃）；

$t_0$ ——管道计算安装温度，单位为摄氏度（℃）；

$P_d$ ——管道计算压力，单位为兆帕（MPa）。

通过几个公式的运算结果比较，该公式计算的径厚比较前两个公式的计算结果要保守。EN 13941-2019中的公式为在通过实验获得循环塑性变形极限状态曲线的基础上，考虑到管道有缺陷，如几何尺寸偏差、屈服强度偏差、焊接定位偏差等，许用压缩应力值会明显地下降，特别是在径厚比大时。故考虑安全系数后，得出了局部稳定性的校核公式。

考虑到长输热水管道的管径大、温度高、距离长、负担的供热面积大，一旦发生事故后的影响面很大，故本标准采用有实验依据的局部稳定性校核公式，以保证供热系统的安全、可靠、经济。预热安装可以有效降低局部稳定性所要求的壁厚。详见表1计算比较。

表1 大口径钢管（Q355）壁厚比较

公称管径 / mm	钢管外径 / mm	内压/ MPa	设计 温度 /°C	安装 温度 /°C	内压要 求壁厚/ mm	径向稳定性 要求壁厚/ mm	局部稳定性要求壁厚/ mm		最终选取壁厚/ mm	
							CJJ/T81-2 013	EN13941- 2019	CJJ/T81- 2013	EN13941 -2019
钢管冷安装										
DN1400	1420	1.6	130	10	10	13	19	23	19	23
DN1200	1220	1.6	130	10	8	12	16	20	16	20
DN1000	1020	1.6	130	10	7	12	15	16	15	16
DN1400	1420	2.5	130	10	15	13	18	23	18	23
DN1200	1220	2.5	130	10	13	12	15	20	15	20
DN1000	1020	2.5	130	10	11	12	13	16	13	16
钢管预热安装										
DN1400	1420	1.6	70	10	10	13	13	11	13	13
DN1200	1220	1.6	70	10	8	12	12	10	12	12
DN1000	1020	1.6	70	10	7	12	12	8	12	12
DN1400	1420	2.5	70	10	15	13	9	11	15	15
DN1200	1220	2.5	70	10	13	12	8	10	13	13
DN1000	1020	2.5	70	10	11	12	7	8	12	12

注：局部稳定性壁厚验算时，考虑较低的内压力。

从表1中可以看出，冷安装敷设管道时，局部稳定性要求壁厚是主要因素，两个计算公式的壁厚差值较大，基本上在3 mm~5mm。预热安装敷设管道时，两个计算公式的壁厚差值较小，基本上在1 mm~2mm，局部稳定性要求壁厚是次要因素，而径向稳定性要求壁厚是主要因素，决定着管道的最终壁厚。

为了降低大管径直埋热力管道局部失稳的危险性，有两个途径：

1 采用预热安装方式，减小锚固段的高轴向应力，使其小于许用压缩应力。

2 如果采用冷安装，就必须增加管道壁厚，增加了管道的抗局部失稳的能力，提高了临界许用压应力，避免局部失稳发生，但三通和异径管必须做更多厚度的增加，方可增加这些特殊元件的抗挤压能力，确保整个系统安全。

通过上述分析，建议大口径管道采用预热安装的敷设方式较为经济合理，并具有安全性。

**5.5.12** 国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270-2015中有明确的规定了三通支管、异径管壁厚、法兰及法兰附件、封头厚度等计算要求。

## 5.6 管道支吊架

**5.6.1** 管道支、吊架设计时，应考虑荷载包括（但不限于）下列各项：

- 1) 管道组成件及保温层的重力；
- 2) 支、吊架的重力；
- 3) 管道输送介质的重力；
- 4) 对于蒸汽管道，应根据具体情况计及水压试验或管道清洗时的介质重力；
- 5) 管道中柔性管件由于内压力产生的作用力；
- 6) 支、吊架约束管道位移所产生的约束反力和力矩；
- 7) 管道位移时在活动支、吊架上引起的摩擦力；
- 8) 室外管道受到的雪荷载；
- 9) 室外管道受到的风荷载；

- 10) 正常运行时, 由于种种原因引起的管道振动力;
- 11) 管内流体动量瞬时突变(如汽锤、水锤、安全阀排汽反力)引起的瞬态作用力;
- 12) 流体排放产生的反力;
- 13) 地震引起的荷载, 但不计及地震荷载与风荷载同时出现的工况等。

**5.6.2** 强度和刚度是决定管道支吊架间距的必要条件。

**5.6.3** 现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270 计算出的管道支吊架间距要远远小于根据《供热工程》(第四版)计算出的管道支吊架间距。这个差距的原因, 教科书《供热工程》(第四版)已给出解释: 按照电力系统的支吊架公式计算的跨距要比按照教科书《供热工程》(第四版)计算的跨距小得多, 主要是考虑火力发电厂汽水管道的温度和压力以及偶然荷载要比供热管道大得多, 按此计算, 密布的支架在供热工程中会造成较大的浪费(详见表 2)。

1) 设计温度范围不同。根据《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270-2015, 动力管道划分为GD1级和GD2级: GD1级: 设计压力 $\geq 6.3\text{MPa}$ , 或者设计温度 $\geq 400^\circ\text{C}$ ; GD2级: 设计压力 $< 6.3\text{MPa}$ , 且设计温度 $< 400^\circ\text{C}$ 。城镇供热管道(GB2类), 设计压力 $\leq 2.5\text{MPa}$ , 设计温度 $\leq 350^\circ\text{C}$ 。

从以上对比可以看出市政供热系统管道的设计压力和温度远低于电力系统管道的设计压力和温度。电力系统的管道, 钢材要承受高温、高压介质产生的应力, 因此, 钢材用于承受管道及介质重力引起的应力就相应的减小, 才能使钢材总的应力在许用应力的范围内。

另一方面, 随着压力、温度升高, 钢材的许用应力也在下降。高温高压下的电力系统管道使用的钢材许用应力也要比低温低压下的市政供热系统管道使用钢材许用应力小。钢材承受压力、温度、重力的应力总和要在许用应力范围内, 所以电力系统管道应力总和就远比市政供热系统的管道应力总和要小。

2) 电力系统的管道, 出于安全因素的考虑, 往往采用自然补偿形式, 城镇供热系统的管道, 尤其是均匀荷载的长直管道, 往往采用补偿器的补偿形式。所以, 城镇供热系统的管道热应力水平也远小于电力系统的管道热应力水平。

3) 使用当在预制架空保温管上采用管夹式支架时, 其支架间距还应考虑保温材料的抗压强度。当管道支架不破坏管道的保温结构层, 直接支撑在管道保温外侧时, 则支架间距除了要满足以上强度条件、刚度条件外, 还需要满足保温材料的强度条件, 保证保温层不被破坏。需要注意: 当采用此种支架时, 保温层必须为硬质聚氨酯材料。以国内广泛使用的硬质聚氨酯保温材料为例, 计算热水管道支架最大允许间距。根据国家标准《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/T 29047的相关规定, 聚氨酯泡沫塑料径向抗压强度不应小于 $[\sigma]_{\text{bw}}=0.3\text{MPa}$ 。因此, 在计算直接支撑在保温层外侧的支架间距时, 以支架位置产生的压应力不超过 $[\sigma]_{\text{bw}}=0.3\text{MPa}$ 为极限。此时推荐支架型式为:

(1) 公称直径小于或等于DN350的架空热水保温管道, 由于管道自身重量较轻, 聚氨酯的压应力不成为制约管道支架间距的主要条件。可以采用常规支托长度的管道支架直接安装在保温层上的形式。

(2) 公称直径为DN 400~DN 800的架空热水保温管道, 由于管道自身重量较重, 聚氨酯的抗压强度成为制约管道支架间距的主要条件, 由于受聚氨酯抗压强度条件限制, 管道支架间距小于钢材刚度、强度约束条件的管道支架间距; 建议使用加长管托长度的管道支架。

(3) 公称直径大于或等于DN900的架空热水保温管道, 为了达到较大的支架间距, 必须加长管道支托, 以增加管道支托面积, 减小聚氨酯的压应力。例如: DN1400的管道, 支

托长度达到了3m，显然不具有可行性。另一方面，如果维持常规管道支架的长度，则管道支架的间距会比钢材刚度、强度约束条件的管道支架间距缩短很多，造成投资的增加和安装施工量的增加，不利于工程的实施，应该采用管道支架与工作钢管直接焊接接触的形式。

**表 2 支架间距比较表**

公称直径 DN (mm)	外径 D (mm)	壁厚 $\delta$ (mm)	最大间距 (m)		
			《压力管道规范 动力管道》GB/T32270	教科书《供热工程》	硬质聚氨酯保温层强度条件
DN1400	1420	20.0	13.71	30.34	12.36
DN1200	1220	14.0	11.47	25.38	11.29
DN1000	1020	12.0	10.57	22.87	11.99
DN900	920	12.0	10.64	22.20	11.94
DN800	820	10.0	9.58	19.93	12.14
DN700	720	9.0	9.00	18.35	11.72
DN600	630	8.0	8.48	16.82	12.35
DN500	529	8.0	8.00	15.57	12.31
DN450	478	7.0	7.00	14.24	12.11
DN400	426	7.0	7.00	13.67	12.40
DN350	377	7.0	7.00	12.90	13.08
DN300	325	7.0	7.00	12.01	12.23
DN250	273	6.0	6.00	10.68	13.61
DN200	219	6.0	5.00	9.27	15.28

通过以上分析，可以得出结论：对于城镇供热管道，由于温度、压力产生的应力远比电力系统的管道小，就可以使由于管道和介质重力产生的应力占总应力的份额加大，也就是可以承受更大的管道支吊架间距。

综上所述，本标准选择了教科书《供热工程》（第四版）中的公式。

**5.6.4** 为安全考虑，相邻支架失效后，其荷载会相应的增大。针对室内长直垂直布置的管道要求，垂直布置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

**5.6.5**

**1~2** 架空管道的操作、检修及安全防护的要求。

**3~5** 为了减小支架推力和支架安全提出的技术措施。滚动支座或减摩材料的滑动支座可减小高支架、悬臂支架、通行管沟内支架的受力及结构尺寸。摩擦系数来源于现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270-2015中。

**6** 为了减少热桥散热损失提出的要求，架空敷设的管道，其滑动支架均可以实现隔热，其固定支架也应该实现隔热结构。

**5.7 管道附件与设施**

**5.7.1**

**1** 供热管网上的关断阀和分段阀在管网检修关断时，压力方向与正常运行时的水流方向可能不同，因此应采用双向密封阀门。

**2** 阀门安装在直埋热水管道，可能会处于锚固段中，与管道承受同样的轴向荷载力，需要按高标准要求的产品。

**3** 长输管道都是大口径阀门，扭力大操作困难，设置旁通管可以更好的开启主管道的

阀门。

4 电动远程操控功能，根据便于操控阀门、也可以根据压力温度信号检查阀门及管路故障。

5 采用球阀对于放气和泄水更方便和快捷。

6 长输管网通常管径较大，其阀门造价较高，从节省建设投资角度可将分段阀门的间距加大；但能否加大分段阀门间距，还应综合考虑阀门分断管段抢修时的放水、充水的能力，以及管段内容水的消纳和沿线排水设施的能力，要确保抢修管段的瞬时排水和抢修时间内不会产生次生灾害影响。

7 为了安全的需要，首先要防水和防尘，另外防止无关人员误操作等。

8 缓闭式功能可以减小水锤对管道的破坏和影响。可有效地提高系统的安全性、并将缓开、速闭、缓闭消除水锤的技术原理一体化，防止开泵水锤和停泵水锤的产生。只需操作水泵电机启闭按钮，阀门即可按照水泵操作规程自动实现启闭，流量大、压力损失小。

9 先导式安全阀主要优点是变弹簧直接作用为导阀间接作用，提高了动作的灵敏度，而且主阀采用套筒活塞式，双重密封阀座结构，动作精度高、重复性好、回座快、不泄漏、能带高背压排放、工作寿命长、工作稳定可靠，先导式安全阀还可在线调校，反复启跳排放后，仍然能自动回座，关闭严密，操作维护方便。

**5.7.2、5.7.3** 当动态水力分析结果表明阀门关闭过快时引起的压力瞬变值过高，可采用并联较小口径旁通阀的办法，以确保阀门不至关闭过快。

**5.7.4** 放气装置除排放管中空气外，也是保证管道充水、放水的必要装置。只有放气点的数量和管径足够时，才能保证充水、放水在规定的时间内完成。

**5.7.5** 考虑建设及运行过程中，长输管线施工时的焊渣等杂物不可避免的会部分残留于管道中，故建议设阻力小的永久性除污装置以防堵塞管道或损坏阀门。例如在管道底部设一定深度的除污短管。

#### **5.7.6**

1 采用工作安全可靠、维修工作量小、价格合理的补偿器是管道建设的基本要求，各种补偿器的尺寸和流体阻力差别很大，选型时应根据敷设条件权衡利弊，尽可能兼顾。

2 采用弹塑性理论进行补偿器设计时，从疲劳强度方面虽可不考虑冷紧的作用，为了降低管道初次启动运行时固定支座的推力和避免波纹管补偿器波纹失稳，应在安装时对补偿器进行冷紧。

3 套筒补偿器是城镇供热管网常用的补偿器。它的优点是具有使用寿命长、对介质和环境中的氯离子含量不敏感、价格较低等优点，但工作压力高时这种补偿器易泄漏，维修工作量大。目前适用于工作压力2.5MPa以下。套筒补偿器安装时应随管道温度的变化，调整套筒补偿器的安装长度，以保证在热状态和冷状态下补偿器安全工作，设计时宜以5℃的间隔给出不同温度下的安装长度。波纹管补偿器亦是城镇供热管网常用的补偿器。它的优点是密封性好、维修工作量小、规格系列齐全等优点，但价格较高、对介质和环境中的氯离子含量敏感，易在工作时发生腐蚀应力破坏。

4 管沟或架空敷设管道的轴向型补偿器需设置导向支座，是按补偿器厂家的要求而规定，导向支架主要是保证管道同心度，防止补偿器工作时受扭而发生破坏。球形补偿器、铰接波纹补偿器以及套筒补偿器的补偿能力很大，当其补偿段过长时（超过正常的固定支座间距时），应在补偿器处和管段中间设导向支座，防止管道纵向失稳。

为了保证直线导向支座的有效性，一般使波纹补偿器一端靠近一个固定支座，另一端由直线导向支座约束。这种布置方式既可以使位移得到正确导向，又可以使波纹补偿器的两端得到适当的支撑。第一个导向支座与波纹补偿器端部的间距应不超过4倍的管道外径，第一导向支座与第二导向支座之间的间距应不超过14倍管道外径。其余相邻两导向支座之间的最大间距按《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777-2019附录E中公式(E.1)计算确定。

5 使用一次性补偿器的管道预热系统，在达到预热温度后，会将补偿器内外套筒焊成一个整体，但焊缝的强度要承受管道运行过程中的轴向拉/压应力，很多工程中由于没有重视此焊缝的强度要求，出现了焊缝被拉开的事故，应特别引起重视。

6 球型补偿器、铰接波纹补偿器、旋转补偿器的补偿能力很大，有时补偿管段达300m~500m，为了减少管道热胀移动阻力，降低管道对固定支座的推力，宜采取降低管道与支架摩擦力的措施。例如采用滚动支座或使用聚四氟乙烯板等。

## 5.8 厂站

**5.8.1** 选址是中继泵站、隔压换热站建设的重要组成部分，是规划建设的第一步。

选址与众多因素有关，主要遵循三条原则：一是满足工艺需要的原则；二是必须贯彻节约用地的原则，三是从经济角度考虑的经济合理原则。

1 首先应满足管网水力计算的基本要求。

2 应符合城镇总体规划、供热规划等有关方面的要求。

3 特别强调要满足防洪的要求，中继泵站、隔压换热站有时布置在城镇市区以外，需要对具体的位置做出防洪评价。

4 特别强调必须综合考虑工程地质条件、水文地质条件，要有完善的供电、给排水、通信和交通运输条件，便于中继泵站、隔压换热站的建设。

5 “珍惜和合理利用每寸土地，切实保护耕地”是我国的一项长期基本国策。减小厂区占地面积，对降低工程造价、节省投资有很大作用。

**5.8.2** 为保护财产和人民群众的生命安全，提出本条。在某一建（构）筑物发生火灾时，为了减少对相邻建（构）筑物的危害，根据不同建（构）筑物火灾危险性等级，要求建（构）筑物之间必须满足一定的间距（防火间距）。除此之外，还必须满足消防车在救火过程中能顺利到达，《建筑设计防火规范》GB 50016中有明确的规定。

**5.8.3** 建筑物的建筑消防、供暖、通风、空调、给排水等辅助专业的设计应执行相关的规范要求，电气照明和通信已经在本标准第6章和第7章中分别要求了。

**5.8.4** 中继泵站、中继能源站、隔压换热站的设备、水泵噪声较高时，对周围居民及机关、学校等有较大干扰。当噪声较高时，选址要注意加大与周围建筑的距离；当条件不允许时，应采取选用低噪声设备、建筑进行隔音处理等办法解决。当中继泵站、中继能源站、隔压换热站所在场所所有隔振要求时，水泵等有振动的设备应采用减振基础、与振动设备连接的管道设隔振接头并且附近的管道支吊点应选用弹簧支吊架。为避免管道穿墙处管道的振动传给建筑结构，应采取隔振措施。例如，管道与墙体间留有空隙、管道与墙体间填充柔性材料。当管道与墙体必须刚性接触时，振源侧的管道应加装隔振接头。

**5.8.5** 《城镇供热管网设计标准》CJJ 34中已经给出了水泵选择详细的要求。长输供热管网通过多级循环水泵将管线各处静态水压、动态水击压力控制在合理范围内，单一加压泵组独立开启可能会出现局部超压或汽化现象，因此各个中继泵站、供热首站循环泵、隔压换热站内循环泵宜统

一控制，统一升降频。为达到更好的控制目的，各级循环泵组台数宜相同，每级循环泵组内水泵特性曲线宜相同。并全部采用变频调速控制，才能完成系统的启、停、流量调节和事故统一响应。

**5.8.6** 水泵和换热器的布置、检修通道的预留、起重装置的设置、安装和检修空间等，《城镇供热管网设计标准》CJJ 34已有明确的规定。中继泵站、中继能源站及隔压换热站为减少占地，可多层布置，将非转动设备、换热器等设置在上层，楼面荷载除应满足设备本身安装需要外，还要考虑运行检修时运送设备附件，如板片、阀门、管件等的要求。

**5.8.7** 长输管线的中继泵站及隔压换热站内管道管径大、设备多等特点，设备并排布置时，主管道长、热伸长量大，应做整体应力计算。与设备连接的管道荷载应满足设备接口受力要求，否则可能造成设备接口法兰泄漏或损坏。

**5.8.8** 中继泵站、隔压换热站出现泄漏等重大事故时，能够远程快速关断主阀门（关阀时间需计算确定，不应产生较大水击），并全系统紧急停运，避免由于泄漏水量过大造成次生灾害。

**5.8.9** 与《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的要求基本一致。本条规定的目的是为了防止供热事故。热水供热管网中继泵站一般容量较大，当遇到中继泵站突然停电，或误操作关闭管网干线阀门等故障时，瞬态水力冲击能量很大，容易发生水击破坏事故。中继泵站的安全措施包括电源保障、参数监测报警、设备启停控制、设备及阀门特性、管路设置等多个方面。本条规定设置装有止回阀的旁通管，目的主要是利用旁通管减缓停泵时引起的压力冲击，防止水击破坏事故。当旁通管口径与水泵母管口径相同时，可以最大限度地起到防止水击等破坏事故的作用。

长输供热系统试运行，开启换热器旁通，水流不经过换热器，此时不断的进行循环除污，直至循环水合格再开启换热器，避免换热器堵塞。

**5.8.10** 长输供热管线由于管道距离长，尤其是连接城区侧的主管道，全管网循环水汇集于此，因此除污非常重要，否则板式换热器会堵塞严重，影响供热质量。

**1** 厂站入口包括长输供热管道侧和具有隔压换热站的市区一级网侧，其除污器建议设置旁通式石英砂过滤器，通过工程实践证明，旁通式石英砂过滤器可以陆续去除水中的悬浮物。

**2** 不同的板式换热器的流道间隙不同，可能会要求不同的除污精度。

**5.8.11** 长输供热管网系统隔压换热站最主要的作用便是隔压，但隔压的同时，被加热侧供水温度下降、加热侧回水温度升高，这是不利影响。尤其是热电厂内采用余热回收的系统，回水温度的升高将显著降低余热回收效果。因此，长输供热管网系统隔压换热站高、低温侧宜按等流量设计，同时高温侧供水、低温侧供水温差宜不大于 $5^{\circ}\text{C}$ ；高温侧回水，低温侧回水温差不宜大于 $5^{\circ}\text{C}$ ，减少隔压换热站温差损失影响。对于大温差供热系统，温差较大，单级换热器难以完成换热时，可采用多级串联方式完成。

长输供热管网系统隔压换热站规模通常较大，换热器台数较多，应考虑清除水垢、清洗检修的场地。如所有换热器均按同程连接进行布管，管路过于复杂，因此换热器宜分组布置，每组设主管及总阀门，换热器组间接同程连接设计。

隔压换热站低温侧接入城区管网，相当于城区热网的首站，向城区供热的循环水泵流量、扬程应满足城区侧热网循环水输送要求，补水、定压满足城区管网系统运行要求。

## 5.9 制水、补水与泄水

**5.9.1** 长输供热管网系统水容量大，除热源处必须设置的补水设施外，中继泵站、隔压换热站等也应结合场地条件设置补水装置及储水装置，在需要短时间大量补水时，协助长输供热管网补充基础补水量，辅助保障长输供热管网快速完成补水。

**5.9.2** 为防止长输供热管网系统热网加热器、隔压换热站中的板式换热器和管道产生腐蚀、沉积水垢，对长输供热管网系统水质应进行控制。在控制长输供热管网系统补水率的同时，还必须对长输供热管网系统补给水的水质严格要求。

按照现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34已给出明确的要求。长输供热管网的水质要求与城市一级管网的要求相同，由于管道中一定会有阀门、板式换热器等不锈钢材料，将氯离子含量的要求直接明确了。

**5.9.3** 考虑长输供热管网通常都是大管径的管道，供热面积大、供热区域广，管线出事故后的影响范围大。由于长输管线的管道断面容量较大，按系统循环量设置补水装置，管道的充水时间会很长，甚至可能要花费十几天的时间不能满足快速恢复供热的需求，所以建议长输供热管线按最长分段阀门之间单根管道水容积的10%设置补水装置小时补水能力，补水装置可以沿管线多点设置。长输供热管网在城市外围敷设，水源保障相对困难，大容积蓄水装置可缩短补水时间。

**5.9.4** 不同的原水水质会采用不同的软水工艺，为了保证制水出力，特别强调要保证连续出水。

**5.9.5** 长输供热管网大多数敷设在城市郊区或野外，遇到事故时，需要及时排除管道中的热水，但城市郊区或野外的排水设施较差，尤其是热水还会对环境造成热污染，需要有组织的进行排水，管道中的水都是经过处理后的洁净水，还含有热量，会造成很大的资源浪费。如果有蓄水设施，不但可以减少污染和浪费，管道故障排除后，还能及时的对管道进行补水，减少因故障影响供热的时间。

## 5.10 保温与防腐

**5.10.1** 从节能角度看，供热介质温度大于40℃ 即有设置保温层的价值。实际上大于50℃的供热介质是大量的，所以本条规定供热管道及设备都应保温。另外从安全和卫生的角度考虑，也应低于50℃。

**5.10.2** 本条规定参照国家标准《设备及管道绝热技术通则》GB/T 4272作出规定。

**1** 从环保和安全的角度要求保温材料首先要保证对人体健康和对环境没有危害，其次要保证对直接接触的设备或管道没有腐蚀性。

**2** 一般把导热系数小于0.23[W/(m·℃)]的材料定为保温材料。但我国近年来保温材料生产技术发展较快，能生产性能良好的保温材料，因此把导热系数规定得低一些，可以用较少的保温材料，达到较好的保温效果，不应采用保温性能低劣的产品。对于松散或可压缩的保温材料，只有具备压缩状态下的导热系数方程式或图表，才能满足设计需要。

**3** 规定的密度值，符合国内生产的保温材料实际情况，是适应对导热系数的控制而制订的，密度大于300kg/m<sup>3</sup>的材料不应列入保温材料范围。保温材料密度过大，导致支架荷载增加，据统计资料，支架荷重增加一吨，支架投资增加近1000元，因此应优先选用密度小的保温材料和保温制品。

**4** 规定的硬质保温材料抗压强度值是考虑低于此值会造成运输或施工过程中破损率过高，不仅经济损失大，也影响施工进度和施工质量。

对保温材料的其他要求，如吸水率低、对环境 and 人体危害小、对管道及其附件无腐蚀等，也应在设计中综合考虑，但不宜作为主要技术性能指标在条文中规定。

### 5.10.3

**1** 硬质聚氨酯泡沫塑料具有保温性能好、防水性强等优点，最适合于直埋敷设的管道中，已经取得社会的广泛认可。

2 架空和地沟敷设的管道也应优先选用硬质聚氨酯泡沫塑料，现行团体标准《架空和综合管廊预制热水保温管及管件》T/CDHA 1已经给出相关规定。但也可以选择其他无机保温材料。

3 此规定与《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的要求基本一致，室内是相对封闭的空间，为满足消防安全的要求，其内部使用的材料应是不燃或难燃材料。根据《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624-2012的规定，不燃材料燃烧性能等级为A级，难燃材料燃烧性能等级为B1级。

**5.10.4** 主要指管道的保温计算需要满足相关标准的要求。主要给出保温计算需要遵循的国家有关规范，现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34和《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。

本条规定的目的是节能，长输热水管网管线较长，沿程热损失较大，管网建设时应采取保温及隔热措施，减少热损失。供热管网设计时应根据当地的能源价格、年热损失和保温工程造价确定保温经济厚度，并校核管网沿程温度降保证供热参数。因此本条仅对热水管网温度降提出要求，设计工况下温降的要求与《城镇供热系统节能技术规范》CJJ/T 185规定一致。

**5.10.5** 与《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的要求基本一致。架空敷设管道镀锌钢板、铝板、不锈钢板、彩钢板是较为理想的保护层材料，其防水性能好，机械强度高，重量轻，易于施工。

**5.10.6** 一般预制直埋保温管道依靠聚氨酯与管道的紧密结合，按照现行国家标准《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/T 29047和现行团体标准《架空和综合管廊预制热水保温管及管件》T/CDHA 1的相关规定，管道外表面不需要涂刷防腐涂料了。防腐涂层主要针对非聚氨酯保温材料的室外架空管道、地沟管道、综合管廊管道、室内管道等，应根据具体的环境条件选择相适应的防腐涂料。

## 6 供配电

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 本条是供配电与照明设计的原则，以达到供电安全、先进可靠、节约能源、布置合理、便于运行维护的目的。

**6.1.2** 动力用电和照明用电应分别计量便于计量分析设备运行能效，实现精细化管理，降低运行管理的成本，并应满足节能考核的要求。

能量计量包括燃料的消耗量、耗电量、集中供热系统的供热量和补水量。一次能源、资源的消耗量均应计量。进行耗电量计量有助于分析能耗构成、寻找节能途径，选择和采取节能措施。循环水泵耗电量不仅是热源系统能耗的一部分，而且也反映出输送系统的用能效率，对于额定功率较大的循环水泵、热泵等设备宜单独设置用电计量。

为确保计量的可靠性和计量数据的可用性，加强对供热系统各项能耗的统计，分析系统各项能耗，确保节能政策的实施，本条是供热工程节能的最基本要求。

**6.1.3** 电气专业有很多专业性的标准，设计中都应该遵守。

### 6.2 供配电系统及照明

**6.2.1** 长输供热管网系统都具有中继泵站，其供热系统较为复杂，中继泵与中继泵、中继泵与热源厂循环泵之间均有连锁控制，一旦断电，会使系统产生水锤现象，极易导致管网损坏，因此要求达到二级供电负荷的要求。

国家标准《供配电系统设计规范》GB 50052-2009第3.0.1条规定，符合下列情况之一时，应视为二级负荷：（1）中断供电将在经济上造成较大损失，（2）中断供电将影响较重要用电单位的正常工作。第3.0.7条规定，二级负荷的供电系统，宜由两回路供电。

长输供热管网的供热面积较大，对城市供热的安全性要求很高，中继泵和与其连锁的设备均应达到供电二级负荷的要求。

**6.2.2** 两路电源应采用同时工作运行方式，一路工作电源电压下降或消失时，母线联络采用手动还是自动投入，由工程具体情况决定，当一路电源能够承担所有用电需求时，可采用自动投入，否则应选择手动投入。供、回水水泵电动机采用变频调速时，其冷却电机及变频器控制电源应与主机电源取自同一段母线。

小容量的中继泵站、隔压换热站电气主接线的电源侧有采用一主工作电源、一备用电源单母线接线方式，当主电源电压下降或消失时应投入备用电源，采用有延时的自动切换装置。此方式长输供热管网供配电系统上原则上不推荐采用。

**6.2.3** 设专用配电室是为了便于维护，保证运行安全、供电可靠。配电线路采用放射式布置主要是为了保证供电可靠并使保护简单。水泵设置就地控制按钮是考虑便于运行人员紧急处理事故，同时检修试泵时启停泵方便，并可保证人员的安全。

**6.2.4** 本条规定主要考虑塑料管易老化，且易受外力破坏，不能保证供电可靠。泵和管道在运行或检修过程中难免漏水，为防止水溅落到配电管线中，应采用防水弯头，以保证供电的安全可靠。

**6.2.5** 中继泵站和隔压换热站内的水泵基本都是变频调速电机，而且电机功率相对较大。采用大功率变频器应充分考虑谐波造成的危害，并采取相应措施满足国家标准《电能质量 公用电网谐波》GB/T 14549的规定。

**6.2.6** 本条规定主要是为了保证设备安全可靠运行。

**6.2.7** 本条规定的目的是为人员安全考虑。长输供热工作管采用钢管，支架采用钢支架或钢筋混凝土支架，当与架空电力线路交叉或平行距离较近时要求管道接地，管道的金属部分包括钢管、钢支架及钢筋混凝土结构的钢筋等。参考《110kV~750kV架空输电线路设计规范》GB 50545-2010第13.0.11条和《66kV及以下架空电力线路设计规范》GB50061-2010第12.0.16条均为强条，对架空电力线路与铁路、道路、河流、管道、索道及各种架空线路交叉或接近的基本要求，规定了最小垂直距离和最小水平距离，并规定交叉点不应选在管道检查井处，与管道平行、交叉时管道应接地，管道上的附属设施应视为管道的一部分。

## 7 监测与控制

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 长输供热热网集中监控系统对保障热网安全运行有重要意义。监控系统包括中继能源站、隔压换热站、中继泵站、供热首站、事故补水站等监控以及管线沿途压力、温度的监测，并在某个场站设置供热管线调度中心。如有管线隧道，也应包括隧道监控。

1) 参数检测：包括参数的就地检测及遥测两类。就地参数检测是现场运行人员管理运行设备或系统的依据；参数的遥测是监控或就地控制系统制定监控或控制策略的依据；

2) 参数和设备状态显示：通过集中监控主机系统的显示或打印单元以及就地控制系统的光、声响等器件显示某一参数是否达到规定值或超差；或显示某一设备运行状态。

3) 自动调节：使某些运行参数自动地保持规定值或按预定的规律变动；

4) 自动控制：使系统中的热网循环泵等设备及元件按规定的程序启停或调节；

5) 控制权限切换：中央集控是最高优先级，当通讯出现故障时，控制权限下放到本地控制站。控制权切换时应保证运行状态不变。

6) 设备连锁：使长输供热相关设备按某一指定程序顺序启停或调节；

7) 自动保护：指设备运行状况异常或某些参数超过允许值时，发出报警信号或使系统中某些设备及元件自动停止工作；

8) 能量计量：包括计量系统的热量、水流量、能源消耗量及其累计值等，它是实现系统以优化方式运行，更好地进行能量管理的重要条件。

9) 视频监控：包括前端摄像机、传输线缆、视频监控平台。用于采集被监控点的信息，并可配备报警设备。

**7.1.3** 长输供热管道经常会遇到大流量，大高差，路由地形复杂等情况，由单级泵站无法克服管道的总阻力，因此需要沿途设置多级泵站。多级泵站系统包括供热首站、中继泵站、隔压换热站、中继能源站等的泵组。多级泵站的启停方式、启停时长和运行频率调节若设置不当，可能会导致局部超压或者负压，对管网造成极大压力甚至破坏管道。因此包括供热首站热网循环泵在内的多级泵站应统一控制和调节，否则安全性无法保证。

**7.1.4** 长输供热管网的事故对电厂加热系统的安全运行有非常大的影响，因此电厂自控系统应考虑与长输供热管网相关事故信号的连锁控制。为了长输供热系统的整体稳定、安全运行，电厂供热首站各加热环节的温度、压力等参数应能在长输供热管网运行系统中显示，电厂热网循环泵、补水泵均应与长输供热管网系统联控。

**7.1.8** 长输供热管网主干线的电动阀门（运行时需开启的）处于关闭状态时，不能启动循环泵；长输供热系统中任一循环泵未停止时，电动阀门不能执行关闭操作。任一电动阀门断电后，应维持原开度，通电后，阀门开度不调整。严禁断电关闭阀门。

**7.1.9** 由于中继泵站等设施的安全运行对长输供热管网至关重要，应有防止无关人员进入的措施。

### 7.2 参数采集

#### 7.2.2

**1** 长输供热管网的关键点的监测能及时发现隐患，观察隐患的发展趋势，有计划维修，避免事故的发生。长输管网关键点一般包括指在站房以外的管网不利点、管网解裂点、管网重要分支点、分段阀门、地形局部压力最高点和最低点等。

2 关键点的供回水温度监测宜每5min采集一次；如影响到管网运行安全的关键点地形局部高点和最低点等的供回水压力监测采集频率不超过1秒。

3 隧道内的温度、湿度等监测点可以采用有线传输方式，直埋部分、架空部分可以采用无线传输方式。无线数据远传装置（RTU）包括太阳能电池供电型RTU和完全电池供电型RTU，在不具备常规供电条件的的偏远节点，可以采用太阳能电池供电型RTU。

**7.2.3** 长输管线分段阀门前后均设置压力测点，检测阀门开度信息，有效预防关阀误操作对系统的影响。

**7.2.5** 当中继泵站有旁通管时，有旁通流量发生时，泵站的进口也应设置流量计，可以计算旁通流量和进入下游管段的流量。

**7.2.9** 对于压力都在高位运行的供热管网，超压泄水装置可以考虑三级，电动调节阀为第一级，电动调节阀处于长期小开度状态开启，维持系统压力在一个很小的范围内波动，当压力超过电动调节阀设定压力上限后，达到电磁阀开启压力，电磁阀开启泄水；当超过电磁阀设定压力上限后，达到安全阀设定压力，安全阀开启泄水。

#### **7.2.10**

1~3 检查室中有补偿器、阀门、泄水阀等设备和管路附件，其发生泄漏，或者由于检查室防水失效导致地表水进入检查室，浸泡设备，都不利于供热管网的运行。因此需要对检查室的温度和水位进行监测。

4 硫化氢、一氧化碳、甲烷等都是有毒或易燃易爆的气体，非常的危险，必须检测。而含氧量是保证检修人员的基本需求。

5 长输管网通常运行温度都偏高，如果发生钢管或管路附件、设备的破坏而导致的内泄漏，以及外防护层的受损导致的外部水进入保温层，都将急剧降低保温层的保温性能，从而导致热损失增大，能耗增大。因此监测保温管道的外表面温度和泄漏状态是热力管网稳定、可靠运行的保证。如果业主管理单位还有其它对监控功能需求（如贸易结算、工艺控制等），只要是可实现的，都可以在管网监控规划中统筹考虑。

6 补偿器是网管系统中的一个重要环节，在管网运行中，只有当补偿器的实际位移没有超出补偿器设备的最大最小限位，补偿器才属于安全状态，因此需要对其位移量是否超标（设计图纸已经明确）进行监测。

**7.2.11** 振动摆度监测系统的建立，有助于管理、运行、维护人员及时了解水泵的运行状况，同时为事故征兆的预诊断提供重要的数据资料。

**7.2.12** 三重冗余变送器测量的参数及状态如：临近管道承压能力的压力测点或系统最高点压力参数、对管网压力影响最大的水泵状态点等等；双重冗余变送器测量的参数及状态如：热源出口系统供水温度、回水温度、供水压力、回水压力、系统最高点压力、循环水泵状态等。

### **7.3 集中与分布控制**

**7.3.2** 地理信息系统应用到供热运行管理中能有效解决供热企业的很多管理问题，将热源、热网、热力站、热用户的属性与地理信息融合，同时热网的运行参数也与地理信息有效结合，可以实现热力设施、运行数据、热力规划、故障与检修、固定资产等多方面的管理以及进行查询统计、水力工况、事故处理等多种分析。

**7.3.3** 一般热网的首站循环泵由电厂控制，其余泵组由热力公司控制，热网流量受首站循环泵影响较大。但是长输供热系统有所不同，首站、各级加压站、隔压换热站的泵组共同决定系统流量

和压力，任何单一泵站对总流量的影响较小，单独调节某一泵站无法对总流量形成有效控制，所以建议所有泵站采用集中统一控制，做到安全可靠并便于管理。

**7.3.4** 泵站的控制层级一般可分为3级：1) 就地控制，2) 泵站监控系统控制，3) 长输供热总监控系统控制。

长输供热总监控系统控制优先级最高，集合了所有设备的运行参数，做集中统一的系统管控。长输供热总监控系统和各泵站分监控系统对泵站的操控权限互斥，即长输供热总监控系统获得某泵站控制权限时，该泵站分监控系统失去远程控制权限，避免双方同时操作或误操作对泵站运行的影响。长输供热综合监控系统监控界面能显示各个泵站当前的控制权限。当中央调度室和某泵站通讯异常，该泵站的控制权限自动切换到该泵站分监控系统，泵站分监控系统维持泵站原有运行状态不变，同时发出通讯故障的声光报警。

各泵站分监控系统为独立的控制区域，相互间没有操作权限。当泵站与中央调度室通讯异常时，可以通过泵站监控系统进行本站控制，并可通过电话通讯与其他泵站联合工作。

**7.3.5** 可在故障时自动切换，也可通过长输供热综合监控系统和泵站监控系统进行手动切换，以保证整个系统切换的无扰动和安全运行。

系统的冗余包括：电源冗余或UPS电源、数据服务器冗余、通讯系统有线和无线冗余、各泵站主PLC冗余、重要参数IO冗余、以及重要参数传感器冗余配置或3选2或4选3等。单台服务器运行时平均负荷不应超过40%；控制器的平均负荷率不应超过40%，最高负荷率不应超过60%；通讯负荷率依据不同的通讯方式不同，一般不超过40%。

## 7.4 控制策略

**7.4.1** 长输供热管网故障种类包括：水泵停泵、关阀、失压、电厂机组跳机、管道泄漏、超温等。事故等级可分为严重故障、一般故障和预警等。

泵站及泵组故障种类包括：首站、各级中继泵站、隔压换热站的单站单泵故障、多站单泵故障、单站多泵故障、多站多泵故障；应建立泵站及泵组的故障库，制定故障应急方案。

**7.4.2** 从整体系统的节能经济性考虑，长输供热系统的调峰热源投入运行后，长输供热系统的热网水流量和供水温度保持不变，调峰热源退出后，热网水流量不变，供水温度随着室外日平均温度的变化集中调节，在此调节过程中热网水的回水温度基本保持不变，因此热网水流量按最大设计流量运行可最大程度地回收电厂或工业余热。目前实际工程案例由于按电厂固定热价（政府协调）来结算热量，热力公司在初、末寒期会考虑减少长输热网的运行流量来节省运行电耗，但是对于实施余热回收电厂来说，减少流量意味着减少回收余热量，从而使热源的供热成本提高。出现了电厂经营困难的情况下又向政府要热价补贴的情况。

**7.4.3** 多级泵站有两种典型的启动方式，即分别启动和同时启动。分别启动是指每个泵站一组一组分别低频缓慢启动，启动过程可以看成准稳态，当上一个泵站启动完成后，再开始启动下一组泵站，直到所有泵站全部启动，最终完成启动过程。同时启动是指系统中所有水泵在同一时刻低频缓慢启动，启动时长保持一致，启动过程中每个水泵的频率都保持一致，直到设计工况。为了保证启动过程中稳态不超压，不汽化，分别启动方式的启动顺序需要反复调整校核计算，另外还需要校核在启动的过程中出现泵站突然断电等事故时系统的安全性是否能够保证。分别启动过程中水压线波动范围相比同时启动过程比较大。同时启动不需要考虑各泵站的启动顺序，如果同时启动的升频速度和分别启动的升频速度相同的话，那么分别启动的时间所花费的时间是同时启动相当于水泵级数的倍数。

停泵时间过短会导致管网内产生明显压力波动；而需要紧急处理事故时，停泵时间过长也会对系统安全性造成威胁，例如误关阀操作时则需要系统停泵时间越短越好。结合动态水力分析和实际工程案例的运行情况，建议系统正常启动和停泵时间不应低于10min，事故紧急停泵时长可为3min。在停泵过程中，当停泵时间为1min时，管网中的压力产生剧烈振荡，而3min时振荡基本消失，因此紧急停泵时长可设为3min。

为使长输供热系统变流量运行工况更加稳定，采用系统同步升降频的方式，发现异常暂停升降频操作，排除异常后方可继续执行下一步升降频。当调节运行流量时，建议系统运行频率低于35Hz每次升降频幅度不超过3Hz，超过35Hz每次升降频幅度不超过1Hz，每次升降频后稳定时间不低于1min。

**7.4.4** 长输供热系统泵站内水泵故障台数不同时，对系统的影响不同，在故障泵站运转水泵电机允许过载的时间内需根据动态水力计算仿真结果确定故障泵站和其它泵站调节频率的大小。当某一泵站发生全部断电时，非事故各级泵组主动同比例降频运行，降低循环流量。泵组降频比例及循环水量根据动态水力分析确定。

**7.4.5** 当管道发生严重泄漏时，需要对故障段管网进行隔断，避免全网汽化造成严重损害。泄漏时管道运行压力下降，应通过监控数据对泄漏点进行定位，为减少泄漏量应减少系统运行流量，电厂加热系统和长输各泵组紧急停运，停运后关闭故障段的分段阀门，泵组未停运时，严禁启动关阀程序。系统电动阀门与循环泵应联锁，因为阀门关闭会导致系统部分管段瞬间超压或者失压，所以阀门与泵应联锁，泵不停电动阀不动作。

**7.4.6** 一级网主干线大规模泄漏时热源热量无法消耗，所以需要将热源加热系统紧急停运。而对于有隔压换热站的长输网，若长输热网一次侧水泵停运而长输高温网侧的水泵继续运行，将会使高温的供水进入回水管线，将对回水管线的安全运行产生影响，因此长输高温网侧的水泵也应同时进行紧急降频停车。

**7.4.7** 事故处理策略包含减小首站加热负荷、各级水泵紧急停泵等控制策略。

根据动态水力计算仿真结果确定供热首站发生断电时系统内是否有汽化，如无汽化，仅仅是系统总流量减少，应调整减小供热首站加热负荷以匹配流量。若有汽化现象，可配置热源旁通系统，热网循环回水通过旁通进入供水管，在尖峰加热器后的压力可保证不汽化，热源系统内水流量迅速下降，应立即切除首站的加热环节和关断蒸汽加热的总阀门，各级水泵应紧急停泵，待供热首站恢复供电。

根据动态水力计算仿真结果确定中继能源站或隔压换热站发生断电时系统内是否有汽化，如无汽化，仅仅是系统总流量减少，应调整减小供热首站加热负荷以匹配流量。若有汽化现象，可配置中继能源站或隔压换热站旁通系统，热网供水通过旁通进入回水管，由于隔压换热系统内的水流量迅速下降，应立即切除首站的加热环节和关断蒸汽加热的总阀门，各级水泵应紧急停泵，待隔压换热站恢复供电。

**7.4.8** 由于换热低温侧水泵整体停运，长输供热系统热量无法消耗，长输各级水泵应紧急停泵并关闭供热首站加热系统，待隔压换热站低温侧水泵恢复供电。

**7.4.9** 合理的阀门选型均能保证关阀时间不低于10min。阀门开度信息可以阀前、后压差变化的形式传递至中控系统。若出现主阀关闭情况，当阀前后压差小于或等于15m，系统报警，并持续执行主阀开启指令；若阀前后压差大于15m，立即执行3min紧急降频停泵，查找阀门失控原因。

## 7.5 联锁保护

**7.5.1** 长输供热管网的流量和回水温度对电厂的生产运行影响较大,所以当长输热网发生泵站断电等故障导致流量突降(或大规模泄露)或回水温度突升时,应将泄露信号及管网运行参数及时传至电厂,电厂内部自动进行调整,以确保电厂安全生产。

当长输供热系统中存在隔压换热站或中继能源站时,一级热网流量应联锁长输热网回水温度,防止一级热网流量突降时长输管网回水温度超过设定的温度上限,进而影响长输管网安全及热源运行。

**7.5.3** 长输供热管网事故补水系统应根据测压点压力与设定压力的偏差,自动控制补水泵变频器工作频率。

**7.5.4** 为确保长输供热热水管网系统安全运行,应增加泵组间以及泵阀间联锁,隔压换热站低温侧水泵应在高温侧水泵关停后才能关停,中继泵在开启的情况下,分段阀门不应关闭。

## 7.6 网络通讯

**7.6.1** 参考《城镇供热监测与调控系统技术规程》CJJ/T 241-2016第6章。

**7.6.2** 无线通信用于备用通信,在有线通信出现故障时,转接到无线通信系统上。各级泵站的主PLC宜同时包含以太网接口和串口。

**7.6.3** 长输供热系统为关系大量居民生产活动的重大系统,一旦遭受破坏,会对社会秩序、公共利益等产生严重损害,可根据《信息安全技术 信息系统安全等级保护定级指南》GB/T 22240-2008中的规定,应定级为第三级。安全等级的具体要求可参见《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》GB/T 22239-2019。

## 7.7 泄漏监测系统

**7.7.1** 长输供热管线作为利用工业余热,开发清洁能源,减少煤炭及天然气使用,促进节能减排的一环,越来越受到关注,也对供热管网监测系统提出了相应需求。长输管网管径大,输送距离长,且多位于野外,人工巡检不便,一旦出现故障导致停暖将产生非常严重的社会影响,所以应设置泄漏及安防监测系统,在管网出现泄漏时及时修复,保证管网的安全运行。

穿(跨)越管段相对于直管段出现故障的几率更高,应加强泄漏监测的力度。监测系统应能实时监测管网的运行状态,在出现泄漏点时发出报警信息。出现泄漏报警后还应具备对管网的泄漏点进行定位的功能。

在现场具备检查点设置及设备安装条件,并满足经济性的情况下,可采用阻抗或电阻式监测系统。

**7.7.2** 一般情况下,阻抗或电阻式监测系统检查点比较多,在保证监测系统质量及寿命的前提下,需要设置检查井。城镇内的供热管网位置集中、井室较多,可以借用相关的井室。但长输供热管网井室间隔较大,若需满足阻抗式监测系统的要求,需要增加若干井室以设置检查点,且阻抗或电阻式监测系统监测设备的量程较短,需要在长输供热管网沿线单独设立防护、供电和通讯设施。因此,建立阻抗或电阻式监测系统,需要增加一定的工程量和工程造价。在满足检查点要求、工程量和工程造价要求的情况下,可以使用阻抗式监测系统。光纤监测系统不需要设置检查点,监测设备的监测距离比较长,可安装在热源厂或泵站中,不需单独设立防护、供电和通讯设施的建筑物,相对造价低。在设计监测系统时,可根据现场条件进行经济性对比。

**7.7.3** 沿管线铺设光缆时会产生拖拽等情况，因此光缆应具有一定抗拉、抗压和抗冲击性能，确保光缆在铺设、回填和管网运行过程中不被损坏。光缆应对温度变化迅速响应，在发生管网泄漏后将温度变化迅速传导至感温光纤。

**7.7.4** 光纤泄漏监测系统，其原理是依靠感温光纤监测管道表面的温度。在保温管道发生泄漏或腐蚀后，钢管内输送的介质热量会向外传导，在泄漏点周围形成温度场。光纤泄漏监测系统通过监测管网沿线保温管道的温度变化，来实现对保温管道的泄漏监测。感温光纤作为测量单元，应紧贴保温管道以提高对管道附近温度场监测的灵敏度。光纤的熔接是光纤泄漏监测系统建立建成的重要一环。长距离的光纤熔接，应尽量减少熔接点，减少损耗，保证测量精度。

**7.7.7** 光缆在安装过程中，实际长度会比管线长度长。为保证定位精度，需对光缆进行标定。

**7.7.8** 在长输供热管网的特殊位置，如穿越河流、铁路、桥梁的管段往往不具备修复条件，安装两种监测系统加强监测，互相取长补短，提高施工质量及管网的安全性。

## **7.8 安防监测系统**

**7.8.1** 安防监测系统对沿线管道附近的开挖、掘进、钻井及人为破坏等活动进行监测，确保长输供热管网的安全运行。长输管网输送距离长，且多位于野外，人工巡检不及时，管网遭受破坏时不能及时发现，一旦出现故障导致停暖将产生非常严重的社会影响，应设置安防监测系统，防止管网遭受损坏，保证管网的安全运行。

**7.8.2** 分级响应能力应满足《光纤管道安全预警系统设计及施工规范》SY/T 4121-2012中**5.3.4**的规定。

**7.8.3** 长输供热管网安防监测系统的光缆可以与与泄漏监测系统采用同一根光缆，采用多芯光缆、不同的监测设备。

**7.8.4** 在使用无线传输方式传输数据时应采用加密传输的方式；使用有线传输的方式传输数据时，宜采用局域网方式传输数据。不论采用何种方式进行数据通信，都应注重数据传输的安全性，避免长输供热管网监测数据外泄。

## 8 管网施工

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 《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/T 81 对城镇供热管道工程的施工作了详细规定，包括土建工程、管道安装、中继泵站、防腐保温、压力试验、清洗、试运行和工程验收等。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。为规范供热管网工程施工及验收、保证供热管道施工质量提出了要求。目的是统一施工质量验收标准，做到与其他规范的一致性。

**8.1.2** 要求建设单位或设计单位向施工单位提供供热管网工程设计测量所用的原始测量资料，施工单位以此进行工程线位和高程测量，便于施工测量和设计测量的统一；设计测量所用控制点的精度等级不符合工程测量要求时，施工单位应会同设计、测量及监理单位共同复核，并确定满足要求的测量系统；为了施工测量和设计测量一致，并在施工测量中对设计测量进行必要的校核，推荐工程测量与设计测量使用同一测量标志。

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。

**8.1.3** 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。强调施工人员应经专业培训后，使施工人员进场前掌握管道安装特点和注意事项，熟悉各种设备性能和操作方法。

**8.1.4** 预制直埋（架空）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。并应对到货现场的供热直埋（架空）保温管、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。

复检项目应包括：聚乙烯外护管的密度、氧化诱导时间、断裂伸长率、纵向回缩率；保温层的密度、导热系数、压缩强度、吸水率、闭孔率、厚度等。

**8.1.5** 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。

**8.1.6** 施工对其他市政设施可能造成影响，严重时极有可能造成破坏，而造成断水断电，破坏燃气管道，还会造成重大人身伤害。不同的市政设施，其保护方法施工单位并不了解，自行采取措施，往往达不到保护的目。

施工前应探明拟建供热管道与其他地下管线的相对关系，查明相邻或交叉管线的性质、高程、走向等，对供热管道施工有影响的管线，要与其他管线产权单位协商加固或拆改移方案；调查建筑物、线杆、树木等地上物相对供热管道关系，提前做出拆迁、移栽、加固保护等措施；调查拟建供热管道相对道路交通关系，供热管道施工对现状交通有影响时，及时与交通管理部门沟通，编制交通组织方案，经交通管理部门审批后方可组织施工。地下管线及构筑物调查方法主要有以

下几种：根据建设单位提供的现状管线物探图，施工单位组织人员现场核实，对现状管线进行现场标识；建设单位未提供物探图的，施工单位可以根据设计图纸和设计单位交桩情况，沿拟建供热管道施工区域进行物探和坑探，绘制物探图，并将与拟施工的供热管道有关系的现状管线进行现场标识；施工单位根据现场调查的现状管线，联系现状管线产权单位，与产权单位管理人员共同确定现状管线位置、性质等。

**8.1.7** 有限空间是指封闭或部分封闭，进出口较为狭窄有限的工作场所，自然通风不良，易造成有毒有害、易燃易爆物质积聚或氧含量不足的空间。热力检查室和管沟属于有限空间。在有限空间作业发生安全事故的案例不少，本条根据运行维护中的经验教训，制定了安全防范措施。

**1** 有限空间内通风不良，作业条件和作业环境差，因此要事先制定实施方案，包括安全技术措施、紧急预案等，在确保安全的前提下方可进入有限空间进行作业。由于有限空间易造成有毒有害、易燃易爆物质积聚或氧含量不足，因此进入有限空间前要先进行气体检测。未经检测，作业人员进入有限空间后吸入有毒有害气体可能会造成中毒、窒息等后果；易燃易爆物质在有限空间动火作业时可能会引起爆炸，造成安全事故和财产损失。

**2** 围挡，并设置提示和安全标志一方面是为了保证作业人员的安全，同时对来往车辆和行人具有警示作用，保证交通参与者的安全。夜间作业时设置警示灯，能大大提高其安全性。

**3** 供热管网检查室、地沟内均较潮湿，并有介质泄漏的可能，当工作人员在地沟、检查室内进行作业时，若使用36V以上的电压，一旦用电设备发生漏电，将危及操作人员的人身安全。使用潜水泵等用电设备可能会发生漏电事故，因此当有人在检查室和管沟内作业时，不能使用潜水泵等用电设备。

**4** 地面设置监护人员十分重要，主要负责地面和操作人员的的安全，当出现安全隐患或发生安全事故时，可及时提醒和进行处置，防止事故的发生或扩大。监护人员与操作人员保持联络畅通，是为了保证双方能及时地进行沟通，包括监护人员对操作人员安全提示和询问，操作人员求助等。

**5** 防止有限空间内环境发生变化，产生影响人员安全的有毒、有害气体或高温高湿环境对人员造成伤害。

根据有限空间作业的安全防范重点制定安全技术措施和紧急预案，并在作业的过程中严格执行。运营主管单位制定进入有限空间作业的管理制度和操作规程，并对相关人员，特别是作业班组的负责人进行培训，提供符合要求的通风、检测、防护、照明等安全防护设施、个人防护用品等，提供应急救援保障。

**8.1.8** 长输管线在城市街区应采用封闭式施工，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。

## 8.2 土建工程

**8.2.1** 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》CJJ 28中已经给出了施工测量的允许偏差。

要求建设单位或设计单位向施工单位提供供热管网工程设计测量所用的原始测量资料，施工单位以此进行工程线位和高程测量，便于施工测量和设计测量的统一；设计测量所用控制点的精度等级不符合工程测量要求时，施工单位应会同设计、测量及监理单位共同复核，并确定满足要

求的测量系统；为了施工测量和设计测量一致，并在施工测量中对设计测量进行必要的校核，推荐工程测量与设计测量使用同一测量标志。

### 8.2.2

3 深度小于或等于5m管沟的最陡边坡坡度应按表3确定。

**表3 深度小于或等于5m管沟的最陡边坡坡度**

土壤类别	最陡边坡坡比		
	坡顶无载荷	坡顶有静载荷	坡顶有动载荷
中密的砂土	1:1	1:1.25	1:1.50
中密的碎石类土（填充物为砂土）	1:0.75	1:1	1:1.25
硬塑的粉土	1:0.67	1:0.75	1:1
中密的碎石类土（填充物为黏性土）	1:0.5	1:0.67	1:0.75
硬塑的粉质黏土，黏土	1:0.33	1:0.55	1:0.67
老黄土	1:0.1	1:0.25	1:0.33
软土	1:1	—	—
硬质岩	1:0	1:0	1:0
冻土	1:0	1:0	1:0

注：当冻土发生融化时，应进行现场试验确定其坡度。

4 深度大于5m的管沟边坡开挖时，应根据实际情况，采取放缓边坡、支撑或阶梯式开挖措施。一般采用阶梯式开挖。当采用机械开挖时，阶梯面的宽度要能容纳一台设备（单斗）行走，阶梯的高度以3.5m为宜，便于在单斗臂长范围内作业。

住房和城乡建设部文件，建办质【2018】31号，关于《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》有关问题的通知，明确将基坑列入危险性较大的分部分项工程中，规定要有专项施工方案，并通过专家审查通过，方可实施。

5 地下水控制应根据工程地质和水文地质条件、基坑周边环境要求及支护结构形式选用截水、降水、集水明排方法或其组合。当降水会对沟槽周边建（构）筑物、地下管线、道路等造成危害或对环境造成长期不利影响时，应采用截水方法控制地下水。采用悬挂式帷幕时，应同时采用坑内降水，并宜根据水文地质条件结合槽外回灌措施。降水措施应符合现行行业标准《建筑与市政工程地下水控制技术规范》JGJ 111和现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268的相关规定。

6 沟槽开挖完成后，应对槽底高程、坡度、平面拐点、坡度折点等进行测量检查，并应合格。应由建设单位组织，会同设计、勘察、施工、监理单位共同验槽；验槽时，发现岩、土质与勘察报告不符或有其他异常情况时，由建设单位会同上述单位研究，提出处理方案，施工单位按方案进行地基处理。

8.2.3 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。

8.2.4 根据工程实践，明确了槽底地基土浸泡后的处理措施。

8.2.5 为了保留施工作业场地，规定宜在施工一侧抛土，并保护表层耕作土。

## 8.3 管道安装

8.3.1~8.3.3 与《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的要求基本一致。

### 8.3.4

1 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。

2 长输供热管网设置管网泄漏监测系统非常有必要，泄漏监测系统与管网同时设计、施工及验收。泄漏监测系统需要预留设备检查井及设备安装位置等，管网设计发生变更时，要同时考虑监测系统的设计变更。

### 8.3.5

1 现在有部分企业，可以在工厂内完成管道支座的预制（滑动支座和固定支座），缩短施工周期，但成品支座要符合荷载和隔热的设计要求。对支座的基本形式，现行团体标准《架空和综合管廊预制热水保温管及管件》T/CDHA 1都有相关的规定，只是具体荷载的数值要根据实际情况由设计人员提出。当需要现场制作时，应严格按设计要求进行预制，应符合现行国家标准《管道支吊架》GB/T 17116及《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的相关规定。

## 8.4 焊接及检验

8.4.1 长输供热管网管道工作时管道受力较大，采用焊接是经济、可靠的连接方法。有条件时，不易损坏的设备、质量良好的阀门都也应采用焊接。使用对口器应符合下列规定：

1) 长输管道工程宜选用自动焊，对口器应优先选用内对口器，不具备使用内对口器条件时可选用外对口器；采用内对口器可使管口对接处错边减少，完成根焊后移去内对口器可防止由于强力造成焊接处开裂，这项规定是必要的。

2) 使用内对口器时，应在根焊完成后拆卸和移动对口器，移动对口器时，管子应保持平衡；

3) 使用外对口器时，应在根焊完成不少于管周长50%后方可拆卸，所完成的根焊应分为多段，且应均匀分布。

8.4.2 焊接材料应按设计规定选用，当设计无规定时应选用焊缝金属性能、化学成分与母材相应且工艺性能良好的焊接材料。当首次使用钢材品种、焊接材料、焊接方法和焊接工艺时，在实施焊接前应进行焊接工艺评定。

8.4.3 与《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的要求基本一致。

8.4.4 关于“焊接环境温度”的规定，实际上，在整个焊接过程中，只要能保证被焊区域的足够温度（包括在必要时采取的预热、中间加热、缓冷等手段）就可顺利地进行焊接，获得合格接头。所以对环境温度值给予限制是不必要的，目前尚无为大家所接受的公认合理的限制环境温度标准。故本条提出在采取措施，能保证被焊区域所需足够温度和焊工技术不受影响的情况下，对环境温度值不作强制性规定。

8.4.5 如果采用这些方法对口焊接将造成焊缝强度降低、应力集中，降低补偿器寿命，因此在对口焊接过程中不得使用这些方法。

8.4.6 同时使用射线检测和超声波检测时，两者按各自合格等级检验，其中一种不合格时不能验收。超声波检测的结果因检测人员的专业技术水平不同而存在差异，对缺陷的定量、定位、定性分析不够准确，所以采用超声波检测，规定合格标准为I级，并用射线检测复检20%。

8.4.7 与《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的要求基本一致。

8.4.8 与《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的要求基本一致。

## 8.5 接头保温

**8.5.1** 接口保温在工作钢管安装完毕及焊缝检测合格、强度试验合格后进行，以免掩盖焊缝的缺陷。

**8.5.2~8.5.3** 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的要求。强调接头保温的材料材质、结构、厚度及严密性，已达到最好的保温效果。

**8.5.4** 关于接头保温，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/T 29047和现行团体标准《架空和综合管廊预制热水保温管及管件》T/CDHA 1都有相关的规定。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，高温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。若压力不稳定，可用肥皂水找漏点，修补后应再次做气密性检验，如仍不合格，则应报废返工。

**8.5.5** 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。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》CJJ 28中为强制性条文，注意必须严格执行。

保温管焊接完毕，管网正式运行前，整个管道系统上所有裸露的保温层必须进行密封处理，防止水和空气进入保温层破坏保温结构。尤其在管道的盲端处，应加装末端套筒等附件，使之与管网的外护管密封成为一个整体，防止外界水由盲端进入到保温层中。保温管进入检查室后，由于检查室中可能会存有积水或潮湿气体，为防止这些积水或潮湿气体进入裸露的保温层中，应在保温管管端加装收缩端帽等附件进行密封处理。

## 8.6 沟槽回填

**8.6.1** 管道沟槽尽快回填是尽可能减小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。

**8.6.2** 清除坚硬的物块，避免管道受到集中应力的作用。规定从管道两侧对称均衡回填主要是为了防止回填时管道产生横向位移。

**8.6.3** 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。

**8.6.4** 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。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》CJJ 28 中也有明确的规定。

**8.6.5** 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。

**8.6.6** 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。

**8.6.7** 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。

**8.6.8** 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。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。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，不得直接回填在保温管道上，不得损伤保温管道外护管及其接口。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

## 9 压力试验、清洗和试运行

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 《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。留出接口部位是为了在水压试验时及时观察焊口的质量。

**9.1.2** 架空管道在水压试验时更需要注意，经常出现事故，专门针对架空管道提出的要求，尤其是临时支架要引起足够的重视。

**9.1.3** 长输供热管道因为管线长、管径大，开放式水冲洗很难具备实施条件，跟随管道施工时，随时进行清扫，并进行检查是保证管道内部清洁且可靠的方式。

**9.1.4** 长输供热管道因为打压段较长，因此强度试验段也会比较长，如果长时间不做管道接口防腐、保温，会带来很多问题。例如，在道路上施工时需要及时回填；预热安装时，需要整体保温完毕，预热到位后需要快速高质量回填。为此，接口保温等待水压试验在实际操作中存在问题，如果已经 100%射线探伤，再进行等待在实际施工中造成很多矛盾，难以执行。对于 100%射线探伤合格的直埋管道，可以先进行管道的接口保温。

长输供热管道因为长度较长，必然分为多个标段施工，并且很多工程存在较大的地形高差，为此分段进行压力试验是必然的，结合标段划分是为了检验各自施工标段的施工质量。一般工程中单次水压试验长度约 6km，水压试验长度也可以结合分段阀长度进行。

另外长输供热管道因为长度较长，管径较大，为此压力试验注水体量大；单管对于有固定支架的，由于打压盲板力较大，如果供回水同时打压，会提高固定支架受力，增加工程投资，所以建议供回水分开进行压力试验，单管打压可以有效的降低工程投资。

**9.1.5** “死口”是口语，长输管道中两段预热完成的管段，中间有断点，此时连接这两段预制完成的管段，中间最后这一道口，就是“死口”。

相对于正常焊接的焊口，组对时不好将管口和管口对正，前后左右都不能自由的挪动，不参与试压的那道口叫“死口”。长输管线是要分段试压的，尤其是山区，落差较大。分段后连接的口是不能参与试压的，对此焊口的质量要求更加严格。

### 9.2 压力试验

**9.2.1** 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。保证试验的基本安全要求。

**9.2.2** 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。应急情况下注入自来水时，必须进行预处理，满足水质要求。据了解，有些单位提出长输供热管道注水过程中注的是中水，肯定会出现有机物超标，湿保护时需要杀菌降藻，长输管网注水时一旦注入不符合要求的水，很难排放干净，置换也需要有组织排放，置换干净比较困难，因此，注入水必须严格控制水质。

**9.2.3** 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。

**4** 长输供热管道一般口径大、压力高，采用椭圆封头是唯一安全的方式，盲板封堵打压是禁止的，实践表明采用堵板焊接封堵打压经常出现堵板破坏而发生事故。

**9.2.4** 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。

**9.2.5** 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28 的规定。

**1** 不同型式补偿器的要求不同，尤其对于非约束性（轴向波纹管 and 套筒等）补偿器，试压之前补偿器长度应为出厂尺寸，应根据补偿器生产厂家要求，将凸耳两侧螺母应松开一定尺寸，防止在试压过程中，因支架变形、环境与介质温差等作用将凸耳拉弯；

2 由于试验段两端支架承受盲板力,设有主次固定支架的,应按主固定支架位置进行分段,相邻主固定支架间为一个试验段,不允许改变试验段。

9.2.6 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。

9.2.7 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。

9.2.8 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。

9.2.9 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。

9.2.10~9.2.12 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。

### 9.3 管网清洗

9.3.1 目的在于清洗管道内杂质,如焊条、焊渣、保温材料、防护手套等,保证设备及系统安全运行。清洗方案一般应包括编制依据、工程概况、清洗范围、清洗方法、技术要求、清洗标准、安全注意事项、应急措施、进出水口示意图、平面图、纵断图等内容。清洗前应进行技术、安全交底。

9.3.2 长输燃气项目一般都采用通球试验的方式来进行,对于长输供热管道,由于采用焊接蝶阀的比较多,目前不具备通球清扫的条件,而大流量冲洗也很难具备条件,为此必须配合施工过程中随时进行清扫。

9.3.3~9.3.5 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。

### 9.4 系统试运行

9.4.1 长输供热管网系统相对于一般的城镇供热管网要复杂,一定会涉及到系统设备的联动,系统试运行应同时对冷态和热态进行试验。

9.4.2 由于长输供热管网系统运行涉及多个环节,必须具有有效的组织机构,确保及时通讯、统一调度,并有效的执行调度指令。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,要有充分的准备工作,对试运行各个阶段的任务、方法、步骤、协调配合以及应急措施等均应做细致安排。

试运行方案内容一般包括:工程概况、编制依据、试验目的、组织机构、系统启动前准备、系统启动、系统停运、系统专项试验、故障及应急处理、系统消缺等。

9.4.3 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。

9.4.4 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。

电气系统和自控系统故障对系统运行具有较大影响。电气系统应在热网系统试运行前应完成相关交接试验,如电气设备、布线系统以及继电保护系统交接试验合格;电缆进柜、箱等开孔部位及穿墙孔洞应进行防火封堵,且防火措施符合设计要求;电气连接点应无松动、锈蚀;电缆接地线应良好,接地检查正常。

自控系统应确保接线正确、接头无松动以及自控程序动作的准确性,对于工作环境较差的,如潮湿、高温等,应确保自控设备及接线的防水、防腐等,确保小室通风环境良好。

9.4.5 冷态试运行过程中应有计划实施排气,并根据排气情况有针对性对重点部位执行持续排气,直至全部完成。系统冷态联动试运行期间为了检测系统的可靠性,应该达到设计状态进行测试。

9.4.6 因多种原因试运行时达不到设计参数,可按建设单位、设计单位认可的参数试运行,但仍然不能小于72h。

9.4.7~9.4.8 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。

## 10 工程竣工验收

### 10.1 一般规定

**10.1.1~10.1.6** 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的规定。保修期不应少于2个采暖期，以充分考查工程总体质量。

### 10.2 竣工验收资料

#### 10.2.2

**1** 施工技术资料包括：施工组织设计、图纸会审记录、设计交底记录、技术安全交底记录、分项工程专项方案及专家论证资料、工程变更及洽商记录、各现场签证单需附影像资料、土建工程还应含测量、放线及复核记录等。

**2** 管理资料应包括：工程概况、开工报告、施工日志、事故处理报告、投标文件、中标通知书、施工合同。

**3** 工程物资资料应包括：原材料及构配件出场合格证、进场检（复）验报告、设备出场合格证书及进场验收文件、安装说明书、技术性能说明书、性能检测报告、专用工具和备件的移交证明、甲供材料结算书、自购材料明细表、设备材料招标明细表、竣工图。

**4** 施工测量监测资料包括：测量控制点、工程定位及复核记录、施工沉降和位移、建筑物垂直高度标高及全高测量记录等。

**5** 施工记录包括：

1) 土建工程应包括：探槽验槽记录、地基钎探记录、地基检验报告、地基处理记录、工程遗留问题处理记录、土方开挖工程检验批质量验收记录表、回填土夯实施工记录、顶管施工记录、定向钻穿越导向记录、定向钻清孔（回扩）记录、定向钻回拖记录、不合格项的处理及验收记录；

2) 安装工程应包括：隐蔽工程检查记录、管道变形记录、管道焊口检查和管道排位记录、焊口分布图、焊缝验收记录、管材倒追记录、混凝土浇筑、设备开箱检查记录、固定支架检查记录、直埋管道预热安装记录、其他各种管件和设备安装记录等；

**6** 施工试验及检测报告包括：

1) 土建工程应包括：回填土击实报告、回填土土壤干密度报告、砂浆（砼）试块抗压抗渗强度报告及汇总表、砂浆（砼）配合比通知单、钢筋焊接接头试验报告及汇总表；

2) 安装工程应包括：阀门试验报告、无损检测报告、管道强度和严密性试验记录、管网清洗检验记录、工程试运行记录；

3) 其他试验报告：绝缘电阻测试记录、接地电阻测试记录、通电检查记录、自控回路试验和系统试验记录表、给排水采暖相关试验记录、屋面淋水试验记录、饰面砖粘贴试验报告等。

**10.2.3** 分项、分部工程含下列内容：

**1** 土建工程应包括：沟槽、模板、钢筋、砼、防水、预制构件、回填土、砌体等分项工程质量验收报告；地沟（小室）混凝土质量检验表；砌筑砂浆强度评定记录、混凝土强度质量评定表等；

**2** 安装工程应包括：管道安装、管道支吊架安装、阀门和补偿器安装、焊接、防腐和保温、管道软回填、管道接口保温、电动阀门电缆接头验收记录表等分项工程质量验收报告；

**3** 其他项目验收资料：厂站（楼）土建工程基础部分和主体结构部分质量验收记录表、建

筑装饰装修工程相关质量验收记录表；

**4** 电气系统应包括：开工报审表、开工报告、项目管理实施规划报审表、施工组织设计、图审会议纪要、安全文明施工报审表、安全文明施工方案、变压器安装施工报审表、变压器施工安装施工方案、特殊作业人员报审表/特殊工种、技术安全交底记录、变压器开箱申请表/变压器开箱检查记录、开关柜开箱检查记录表、盘柜开箱检查记录表、交直流屏开箱申请表/交直流屏开箱检查记录表、变压器/柜子/母线/电缆的耐压调试报告、工程材料/构配件/设备报审表及设备合格证、主变压器单位工程质量检验评定表、配电柜单位工程质量检验评定表、全站电缆施工单位工程质量检验评定表、无功补偿装置单位工程质量检验评定表、主控及直流设备单位工程质量检验评定表、接地工程隐蔽验收记录、工程竣工报告、竣工验收证明书；

**5** 自控系统应包括下列内容：移交清单、竣工验收申请报告、设备/主要材料的检验报告/合格证/说明书、竣工图/变更设计/洽商记录及相关文件、安装与质量验收记录、测试与调试记录、操作使用手册、培训记录、深化设计报告、监理报告、开工报告。

**10.2.4** 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的规定。

### 10.3 验收合格判定

**10.3.1~10.3.3** 参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的规定。从安全性的角度考虑，长输供热管网更加注重质量要求，所以提高了一般项目的合格率的要求至90%。

**10.3.4** 根据工程实践，给出了初次检查不符合要求时的几种处理方式。原则上通过返工或更换部件后，能达到设计要求时，均可通过验收。

对经有资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求，但经原设计单位核算认可能够满足结构安全和使用功能的检验批，由建设单位、监理单位等讨论研究同意后，可予以验收；

### 10.4 系统运行评估

**10.4.1** 满足水力工况和热力工况是长输供热管网系统的基本要求，其次才是输送能效的要求。

**10.4.2** 增加了对长输供热管网系统的特殊要求，也是首次在标准中提出，尤其长输供热管道温降，是直接衡量长输供热管道输送能效的重要指标。另外提出热电厂余热回收比例，可能涉及到跨行业（电力）的节能指标，需要与热电厂配合才能完成，其他指标都是理论上推算得出来的。

**10.4.3** 首次在标准中提出评估要求。系统运行评估应包括：技术性能指标要求、安全性要求、可靠性要求、经济性要求、节能性要求等。

# 11 运行与调节

## 11.1 一般规定

**11.1.1** 长输供热管网的特殊要求, 涉及的运行系统较为复杂, 涉及的管理单位也较多, 并增加了热电厂参与调度的重要性。

**11.1.2** 长输供热管网的调度涉及热电厂换热首站和余热利用系统、中继泵站、中继能源站、隔压换热站、市政一级管网等, 对于市政一级管网可能是多家供热企业, 都要参与统一的运行调度。

### 1 长输供热管网对接的市政一级管网可能有很多家。

1) 各供热单位在本年度运行期前, 依照长输供热管网运行单位年度热网切换方案的要求, 做好各自的设备、管网状态调整。

2) 各供热单位新建一级管网切换前必须进行压力试验及冲洗, 具备入网条件后方可并网。

3) 各供热单位应确保各自管辖范围内关断阀门的严密性。

4) 各供热单位应根据长输供热管网运行单位确定的水力计算完成当年度的回水加压泵的改造及控制工作。

5) 各供热单位应确保各自自控系统的完好, 并与长输供热管网运行单位调度中心正常联网。

### 2 对各供热单位的要求。

1) 各供热单位注水时原则上按照各自管理区域自行注水, 在规定时间内将各自管理的供热区域管网注水至满水状态, 确保水质合格, 根据各自区域高点确定高点压力。

2) 各供热单位满水后并网时应根据统一指令依次进行。

3) 冷态联动运行应根据长输供热管网运行单位整体安排做好管网及热力站的状态调整工作。

4) 低海拔一级网系统启动、停运和相关整体操作及试验工作需统一安排。

5) 各供热单位均按照长输供热管网运行单位的统一安排参与一级网的各种试验, 参与制定长输供热管网的调试方案, 由长输供热管网运行单位调度中心统一指挥。

### 3 安全平稳运行准备。

1) 运行期间, 并网新建管线及热力站的管线系统需注水, 并网时, 须经长输供热管网运行单位调度中心批准, 并在其统一指挥下完成。运行期间, 新建管线及热力站入网及冲洗, 必须报长输供热管网运行单位调度中心批准, 并在其统一指挥下完成相关操作。

2) 热力站恢复运行时, 必须按照先启动二级网循环泵再开启一级网阀门的顺序进行, 一级网阀门开启顺序为先回水后供水。

3) 低海拔一级网系统运行调节方式原则上为质调节, 系统调平衡后, 各供热单位应保持阀门开度不变, 严禁私自调整阀门开度。

4) 在运行期, 各供热单位应做好各自管理范围内一级管网的巡查工作, 最大限度的减少热网故障、降低热网失水。

5) 低海拔一级网运行压力异常时, 长输供热管网运行单位调度中心做出应急处理, 第一时间通知各供热单位调度室, 各供热单位应立即安排对管线进行全面检查, 快速隔离故障管网, 保证剩余一级网的平稳运行, 同时将检查结果和故障情况第一时间告知长输供热管网运行单位调度中心。

6) 热网出口温度参数变化时, 应及时通知各供热单位调度中心; 进行全网有计划的一级网运行状态调整时, 需提前24h通知各供热单位; 若热源参数大幅度波动或需紧急调整系统运行状态时, 应在第一时间通知各供热单位调度中心。

7)大范围停电导致的区域热力站集中停热必须第一时间通知长输供热管网运行单位调度中心,如果是故障停电,需提前联系。长输供热管网运行单位调度中心需观察系统出口压力变化,谨防一级网系统超压。

8)在运行期,各供热单位进行下列操作时,必须提前向长输供热管网运行单位调度中心申请,许可下达指令后方可进行操作:

- a) 大面积供热区域的整体并网等操作;
- b) 新投运管线、热力站;
- c) 切出、切入管线、热力站;
- d) 启停回水加压泵;
- e) 热力站内一级网排污;
- f) 运行中管网的切换操作;
- g) DN350(含DN350)以上阀门的调节;
- h) 调整站内运行参数;
- i) 热力站遇停电、停水、失水等故障需要停运时;
- j) 在一级网开始运行后,严禁使用一级管网循环水向二级网补水,如遇特殊情况需要一级网向二级网补水,需报长输供热管网运行单位调度中心同意后在其指挥下进行补水;
- k) 其他涉及到一级网运行参数变化设备的运行、操作。

#### 4 一级网正常补水及紧急补水。

1)各供热单位一级网补水点均应按照要求实现一级网系统的正常补水、事故补水及远程控制。一级网补水点热力站要求为有人值守热力站。

2)由长输供热管网运行单位调度中心确定一级网补水站投运次序并指挥执行,在通知补水点补水后并告知对应分公司。

3)隔压换热站内补水作为整个一级网系统的定压补水,其他补水点作为一级网系统的平衡补水点及紧急事故补水点。

4)一级网供热面积大,需要的补水量也大,各补水点必须随时做好准备,按照要求快速响应,完成向低海拔一级网的补水。

5)各供热单位一级网补水点应随时做好水箱蓄水工作,确保一级网补水系统随时处于投运状态。

6)当各供热单位一级网补水点补水系统需要检修或其他原因暂时退出补水序列及远程控制时,应提前与调度中心联系,由调度中心统一安排,确保整个系统补水能力充足。

7)各供热单位应尽快实现一级网补水点系统的远程启动和控制,原则上由程序统一控制。

#### 5 流量和压力调整、热网平衡。

1)由调度中心根据各供热单位汇报的实际供热面积及实时的供热参数对总体流量进行控制。

2)由调度中心根据一级网压力情况利用隔压换热站对补水系统进行定压,合理控制一级网出口压力及系统定压压力。

3)一级网范围内回水加压泵的控制原则上由调度中心程序统一控制,自动调整。4)在供热能力不足或者短时间内受限时由调度中心统一安排投入调峰热源或者切出部分负荷。5)各供热单位应按照大温差机组及板式换热器情况区别控制热力站一级网回水温度及流量。

#### 6 降低一级网回水温度、降低热网能耗措施。

1)热力站内一级网供水温度达到80℃以上时,各供热单位必须启动大温差机组。

2)由调度中心检点回水温度较高的换热站,督促下游查明原因并进行改善,逐步降低一级

网回水温度。

3) 由各供热单位检点管道温降较高的换热站, 督促下游查明原因并进行完善, 逐步降低各自热网损耗。

4) 根据系统压力情况检点压力较高的一级网换热站, 各供热单位应该加强巡视, 严密关注。

5) 冷运完成后, 各供热单位必须终点检查, 确保系统一级网旁通阀关闭严密, 确保不存在混流现象。

6) 热力站二级网停泵时必须关闭站内一级网进出站关断球阀, 严禁高温水不经换热进入回水管道导致系统回水温度升高。

#### 7 数据收集、统计及方案编写。

1) 新建管线及热力站并网需将基本信息报调度中心(包括站名, 站址, 供热面积, 管线长度, 管径, 计算容水量)。

2) 调度中心通过远传数据核实实际供热热力站数量、热力站流量等信息, 检验流量可以达到系统要求。

3) 各供热单位每天10:00前将各自产权热力站运行参数(当天8:00)和前一天各补水点补水情况(包括补水量和水表读数)以电子邮件方式报调度中心。

4) 各供热单位应于每日9:00将前一日并网点流量、温度、热量等运行参数进行汇总, 传真至调度中心。

5) 各供热单位共同在调度中心组织下参与全网水力平衡计算、编制全网注水、冷运行、热运行方案。参与系统性事故分析, 提出改善一级网安全、经济、稳定连续运行的措施。

6) 调度中心收集一级网运行数据; 参与编制一级网的年度逐月热网参数、用热量和技术经济指标。

7) 各供热单位应该向调度中心提供其他工作所必须的纸质版及电子版的资料。

**8 一级网的热网平衡、智慧供热等统一信息平台。**1) 运行期间, 各供热单位要保证调度联络电话畅通。运行异常情况应及时与调度中心联系。2) 各供热单位应确保供热范围内各热力站自控上传数据的完整性和实时性, 如有部分数据无法上传应予以明确。3) 各供热单位应履行各自热网通信系统管理职责, 负责组织制定热网通信网络的规划, 并督促实施。4) 履行调度自动化系统管理职责, 负责组织制定集中供热一级网调度自动化系统的规划, 并督促实施。5) 各供热单位逐渐共同完善集中供热一级网运行技术措施及各专业规章制度和管理规定, 共同逐渐完善一级网地理信息系统, 组织专业技术人员培训, 开展专业竞赛, 提高管理水平, 逐步提高供热系统的安全性和经济性。

**9 调度中心与各用热单位调度之间运行调度紧密, 保障运行安全。**

#### 11.1.3 专门提出对热电厂的要求。

**3 长输供热管网系统应急保护, 快停3min, 慢停10min, 普通打电话效率过低, 采用自控发信号的方式, 当执行紧急降频命令时, 会首先给热电厂发送信号, 热电厂接到信号后应及时调整空冷岛, 避免降频时导致机组背压升高造成的非停。**

**6 通讯系统是整个长输系统的神经中枢, 统一启停, 应急控制都需要靠通讯系统实现, 尤为关键。**

**7 采暖季当室外温度降低时, 风速增大, 热负荷需求一般会增大, 但由于国家产业政策的原因, 火力发电厂会为风力发电调峰, 导致负荷受限。此时, 热电厂应积极协调上级电网管理部门提高发电负荷, 保障供热用抽汽和乏汽量。**

#### 11.1.4

2 对于设有隔压换热站的系统，高温网管线是指从热源至隔压换热站，一级网管线是指从隔压换热站至热力站。对于未设置隔压换热站的系统，高温网管线是指从热源至末端中继泵站或关口，一级网管线是指末端中继泵站或关口至热力站。

6 长输供热管网系统空载试验主要是在水泵不联轴的状态下，对各泵站进行相关测试，测试内容包括电气系统、通讯系统、自控连锁程序、热力设备等。冷态联动试运行是在系统不升温加热的状态下，对长输供热管网和一级网系统进行升压升流量试验，检验各类设备运行状态、供电系统的可靠性、自控连锁程序的完备性、热网系统的严密性、长输供热管网和一级网系统排污等，为系统消缺提供依据。

12 系统运行方案用以指导采暖季系统整体运行，其内容应包含热网基础概况、热网水力工况分析、一级网负荷切换调整、系统启动运行和停运、系统故障应急处理措施、热负荷调节曲线和水压图等。

系统低点排污，置换水质，直至水质达标，运行初期需加强排污力度；系统高点排气，包括泵站、管线、热力站等，在系统启动初期及升温初期，尤其应注意加强排气频率，避免水泵集气或加热设备集气等导致系统设备损坏，影响供热。

11.1.5 详细的要求升温过程中的注意事项，首先要控制升温速度，使管道逐渐产生应力，避免应力迅速集中产生，对系统产生破坏。

11.1.6 对具有隔压换热站的系统，热态运行故障后重启阶段应特别注意隔压换热站板式换热器旁通过流导致的回水温度过高，初始阶段可适当提高隔压换热站水泵运行频率。长输系统由于采用质调节比较慢，温度传导比较慢，遇到突发负荷变化时应采用流量调节的方式进行。

## 11.2 系统启动

11.2.1 明确了启动顺序。与热态启动相比，系统冷态启动所需操作较多，热态启动仅需将故障期间操作过的设备恢复至运行前启动状态即可。

11.2.2 长输供热管网的启动，首先要启动城市一级网系统，对一级网系统的启动提出的具体要求。

11.2.3 对长输供热管网系统的启动提出的具体要求。

## 11.3 运行调节

11.3.1 常用的运行调节方法包括量调节、质调节、分阶段改变流量的质调节、间歇调节、质量—流量调节。由于长输供热管网的流量很大，系统复杂，涉及的连锁水泵较多，为了保证水力平衡和安全运行，不宜频繁的改变流量，所以分阶段改变流量的质调节更适合于长输供热管网。

从热电厂的角度来看，希望采用质调节运行方式，可以大量的利用低温乏汽资源，提高热电厂的能源利用效率，但此方式会使循环水泵和中继水泵的耗电增加，增加了管网输送单位的成本，需要根据工程的具体情况进行分析，使热电厂和管网输送单位双方的利益达到平衡。从而选择最优的调节方式。

初调节目的在于一级网系统水力工况调整，确保系统流量分配满足用户负荷需求流量。距离热源较近热力站可调整热力站进站阀门开度进行节流，距离热源较远用户因资用压差不够，可开启站内分布式变频泵进行调节。高温网系统与一级网系统采用等流量运行方式。

11.3.2~11.3.3 备用热源及调峰热源成本较高，尽量少用或不用。如将初末寒期系统所带负荷切

至其他备用热源或调峰热源，也可综合市区各热源，实现多源一网的多热源联网运行方式。

**11.3.4** 检验长输供热管网系统在设计流量下的管网水力运行工况。

5 一级网系统采用分布式泵阀联控，同时调节热力站分布式变频泵运行频率和电动调节阀开度，对全网热力站集中控制，实现全网以及热力站分系统的均匀调节，保证一级网的平衡。

## 11.4 系统停车

**11.4.1~11.4.6** 首先明确了停车顺序，强调了停车过程中和停车后的注意事项，尤其是需要关闭的阀门。

## 11.5 事故处理

### 11.5.3

1 当热源供热机组故障时会导致系统供水温度波动，在温度波动范围较小时，可调整机组背压和抽汽量降低温度波动幅度，根据低温水到达时间，调整长输供热管网系统循环流量；当热源机组故障且供水温度波动幅度较大时，对于多热源热网系统，应将故障热源部分负荷切至其余热源，保证供热。

3 对于设置隔压换热站的长输供热管网系统，长输供热管网和一级网相对独立，当出现管网泄漏时，长输供热管网和一级网补水点应立即分别对相应系统补水；对于未设置隔压换热站的长输供热管网系统，长输供热管网和一级网相互影响，管网泄漏会直接影响两个系统的运行压力，应同时启动长输供热管网和一级网补水点进行补水。在系统管网泄漏时，应在补水的同时立即查找漏点，必要时需执行降频操作或系统停运操作。

4 分段阀门异常关闭会导致系统瞬间超压、汽化，系统安全阀或水击泄放阀动作，应立即执行降频操作，必要时可停车。该故障可能会引发次生灾害，为避免人员受伤，运行人员应迅速撤离作业空间。

5 自控系统接线松动、分支器等故障可能会导致系统发生严重故障。

6 给热电厂一定的反应时间将乏汽切换至空冷岛，避免因降频速率过快发生热电厂供热机组跳机的情况发生。优先保证系统安全，同时兼顾电厂切换至空冷岛。

## 11.6 维护保养

**11.6.1** 切实做到“三好”（用好、管好、保养好）“四会”（会使用、会检查、会保养、会排除故障）。

**11.6.2** 系统停运后，管道、阀门、换热器等设备若暴露于空气中，易发生腐蚀现象，充水保养是最可靠、最经济的管道保养方式。

### 11.6.3

1 设备点检要达到“五定”要求，即定项、定法、定标、定期、定人。

2 设备外观标准是：设备标准标号齐全、正确；设备无油垢、无变形、无破损、无电晕、无异物；设备无泄漏；设备保温及漆色完整等。

设备技术标准是：设备能持续地达到额定（核定）出力并能随时投入运行；设备效率和各项经济指标能达到设计水平；各项运行参数符合有关规程的规定；设备表计齐全、准确，自控信号数据正常，联锁保护动作准确可靠；设备无影响安全经济运行的缺陷。

设备备品备件标准是：运行前期，各类设备备品备件应准备齐全，质量及技术性能等符合要

求。

设备的基础质量管理标准是：对设备进行编号并建立设备台账；设备责任人及所属专业组应划分明确；建立健全的设备运行操作规程及维护保养制度；设备档案、检修、运行日志记录准确及时；设备变更相关资料存档等。

**3** 系统设备分类应按照两种方法分类：第一种是按照专业分为热力设备、电气设备、自控设备等；第二种是按照设备评级分类，分为一类设备、二类设备、三类设备。其中，一类设备为设备技术状况良好，能保证运行的安全性和经济性；二类设备是设备个别部件有一定的缺陷，但自控联锁保护能正常动作，设备的经济性和安全性得以保证；三类设备是设备存在重大缺陷，不能保证安全运行。

**11.6.4** 长输供热管网系统的主要热力设备有：水泵、电机、风机、除污器、换热器、过滤器、吸收式热泵机组、电动阀门、手动阀门、安全阀、水击泄放阀、止回阀、补偿器、软化水箱、除氧器等。

**1** 水泵定期维护应符合下列规定：根据泵体法兰漏水情况，定期更换法兰；检查水泵和电机同心度；检查转动部分磨损。

**2** 换热器定期维护应符合下列规定：定期更换换热器密封垫片；定期清洗换热器。

**4** 电动调节阀的电缆防水接头主要用于电缆的紧固和密封，紧固是通过格兰锁电缆，使电缆不产生轴向位移与径向旋转，保证电缆的连接正常，密封是指IP防护，即防尘防水，要求达到IP68。动力电缆端子线径规格要求为：软线截面为 $1.0\text{ mm}^2\sim 6\text{ mm}^2$ ，实心线截面为 $1.5\text{ mm}^2\sim 10\text{ mm}^2$ ，控制线软线截面为 $0.25\text{ mm}^2\sim 2.5\text{ mm}^2$ ，实心线截面为 $1.5\text{ mm}^2\sim 10\text{ mm}^2$ 。

动力电缆防水接头设有多种规格型号的预留孔，可以根据现场缆规格，采用不同规格的防水接头安装在预留孔上。

#### **11.6.6**

**8** 设备物质寿命为设备自然寿命，是设备因有形磨损导致其丧失使用价值；设备经济寿命是随设备使用年限增加，维修费用急剧增加，继续使用在经济上不合理需要退出使用；设备技术寿命是技术上更先进、经济上更合理的新型设备出现，使原有设备在物质寿命未结束就被淘汰。

设备报废标准如下：1) 设备经过大修、技术改造、更换主要零部件仍不能满足运行要求或运行不经济的，应予以报废。2) 经过国家相关检测机构检测后不能满足安全运行条件的，应予以报废。3) 不能迁移的设备因建筑物改造或工艺布局必须拆除的，应予以报废。

**9** 1) 电气设备预防性试验主要包括：交流耐压试验、绝缘电阻测量、保护试验等，具体如下：变压器的交流耐压试验和测量绕组连接套管的直流电阻；断路器的交流耐压试验和机械特性试验；电压互感器试验内容包括：测量绕组直流电阻；励磁特性试验；变比检查；绝缘电阻测试；电力电缆和绝缘子的绝缘电阻测量；微机保护的校验试验。2) 对于架空电缆，检查和保养防震锤、间隔棒、瓷瓶；清理鸟窝；安装鸟刺。3) 架空管道钢结构受力试验。

## 12 管道及设施检查

**12.0.1** 架空管道更适合于工业管道，所以参照《压力管道定期检验规程—工业管道》TSG D7005 的规定。直埋管道适合于公用管道，参照《压力管道定期检验规程—公用管道》TSG D7004 规定的要求。