

**T/CECS** XXX- 202X

中国工程建设标准化协会标准

城镇供热直埋热水管道电预热安装技术规程

Technical specification for electric preheating installation of directly buried hot water pipeline for urban heating

（征求意见稿）

**在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上**

\*\*\*\*出版社

中国工程建设标准化协会标准

城镇供热直埋热水管道电预热安装技术规程

Technical specification for electric preheating installation of directly buried hot water pipeline for urban heating

**T/CECS \*\*\* -20XX**

主编单位：山东省城乡规划设计研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20XX年××月××日

XXXX出版社

2024 北京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2022年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2022]13号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分6章和2个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、工艺设计、施工安装、工程验收等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会归口管理，由山东省城乡规划设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给山东省城乡规划设计研究院有限公司（地址：山东省济南市解放路9号，邮政编码：250013，邮箱：88593975@163.com）。

主编单位：山东省城乡规划设计研究院有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

[1 总则 1](#_Toc29776)

[2 术语和符号 2](#_Toc2286)

[2.1 术语 2](#_Toc13877)

[2.2 符号 3](#_Toc13877)

[3 基本规定 5](#_Toc19682)

[4 工艺设计 6](#_Toc31946)

[4.1 一般规定 6](#_Toc13877)

[4.2 预热温度计算 6](#_Toc14653)

[4.3 预热伸长量计算 7](#_Toc16958)

[5 施工安装 9](#_Toc18001)

[5.1 一般规定 9](#_Toc25337)

[5.2 敞沟预热 9](#_Toc13077)

[5.3 覆土预热 10](#_Toc16315)

[6 工程验收 12](#_Toc5451)

[附录A 固定墩推力和一次性补偿器拉力计算方法 13](#_Toc19917)

[附录B 预热管道分支开口补强方案 15](#_Toc16996)

[用词说明 16](#_Toc13925)

[引用标准名录 17](#_Toc5735)

[附：条文说明 18](#_Toc24449)

Contents

[1 General Provisions 1](#_Toc85814217)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc85814218)

2[.1 Terms 2](#_Toc85814221)

[2.2 Symbols 3](#_Toc85814221)

[3 Basic Requirements 5](#_Toc85814219)

[4 Process Design 6](#_Toc85814220)

[4.1 General Requirements 6](#_Toc85814221)

[4.2 Preheating Temperature 6](#_Toc85814221)

[4.3 Preheating Elongation 7](#_Toc85814221)

[5 Construction and Installation 9](#_Toc85814223)

[5.1 General Requirements 9](#_Toc85814224)

[5.2 Wide Valley Preheating 9](#_Toc85814224)

[5.3 Overburden Preheating 10](#_Toc85814224)

[6 Project Acceptance 12](#_Toc85814239)

[Appendix A Calculation for Fixed Pier Thrust and Single Action Compensator Tension 13](#_Toc85814239)

[Appendix B Preheating Pipeline Opening Branch Reinforcement Plan 15](#_Toc85814239)

[Explanation of Wording 16](#_Toc85814244)

L[ist of Quoted Standards 17](#_Toc85814245)

A[ddition：Explanation of Provisions 18](#_Toc86055363)

1 总则

**1.0.1** 为规范城镇供热直埋热水管道电预热安装工程的设计、施工及验收，保证工程质量，特制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于新建、改建、扩建的设计供水温度小于或等于150℃，设计压力小于或等于2.5MPa，管道公称直径小于或等于1600mm城镇供热直埋热水管道电预热的设计、施工、验收和运维管理。

**1.0.3** 工程施工过程中应采用无污染或减少污染的技术和施工工艺，并应制定相应的环境保护措施。

**1.0.4** 城镇供热直埋热水管道电预热安装工程的设计、施工、验收和运维管理除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语和符号

**2.1 术语**

**2.1.1 直埋热水管道 directly buried heating pipeline**

由工作管、保温层、外护管形成整体保温结构，直埋敷设于土壤中的预制保温管道。

**2.1.2 电预热安装 electric preheating installation**

通过电缆将电预热设备与工作钢管连接并构成闭合回路，将发电机的交流电通过电预热设备转变为低电压、高电流的电能作用于预热管段，利用电阻发热的原理，将工作钢管的温度加热到设计预热温度。

**2.1.3 预热温度 preheating temperature**

在预热安装时直埋热水管道理论计算平均应力为零时的温度，也是预热设备设置的目标温度。

**2.1.4 预热理论伸长量 preheating elongation**

预热管段从起始安装温度达到预热温度时的计算热伸长量。

**2.1.5 敞沟电预热 wide valley preheating**

直埋热水管道在焊接、探伤及保温补口等完成后开始管道预热施工，达到预热验收标准，然后进行沟槽全部回填的预热方式。

**2.1.6 覆土电预热 overburden preheating**

直埋热水管道在焊接、探伤及保温补口等完成时，除一次性补偿器或补偿弯管等膨胀元件位置预留敞口外其余管段全部覆土回填后，再进行管道预热施工，达到预热验收标准的预热方式。

**2.1.7 预热段 preheating pipe section**

在分段预热安装中计算划分的一定长度的管段。

**2.1.8 冷却回缩率 cooling retraction rate**

直埋热水管道冷却后的回缩量与预热段伸长量的比值。

**2.1.9 一次性补偿器** **single action compensator**

供热管道预热安装时，仅起一次补偿作用后即将其套管与芯管焊接成整体的补偿器。

**2.1.10 计算安装温度 installation temperature for calculate**

供热管道设计计算和应力验算所采用的当地安装温度。

**2.1.11 平均应力温度 average stress temperature**

某一特定温度条件下，反映直埋热水管道所承受的平均应力状态。

**2.1.12 循环平均温度 cycle average temperature**

对管道工作循环周期内不同时间点的热水温度进行加权平均计算。

**2.1.13 循环中间温度 cycle intermediate temperature**

对管道工作循环中的最高温度和最低温度进行算术平均计算。

**2.2 符号**

*A*—— 工作管管壁的横截面积(m2)；

*Di*—— 工作钢管内径(mm)；

*E*—— 钢材的弹性模量(MPa)；

*Fl* —— 预热管道单位长度摩擦力(N/m)；

*Lpr*—— 预热管段长度(m)；

*Lc* —— 一次性补偿器到固定墩或驻点的距离(m)；

Δ*L* —— 预热管段伸长量(mm)；

Δ*Lc* —— 一次性补偿器的计算预热伸长量(m)；

*P*—— 管道的计算压力(MPa)；

*Ps* —— 一次性补偿器的拉力(N)；

*t0*—— 管道计算安装温度(℃)；

*t*1 —— 管道工作循环最高温度(℃)；

*t*2 —— 管道工作循环最低温度(℃)；

*ti* —— 预热开始前的管道温度(℃)；

*tm* —— 敞沟预热温度(℃)；

*tdp* —— 覆土预热温度(℃)；

*tms* —— 敞沟预热平均应力温度(℃)；

*tdps* ——覆土预热平均应力温度(℃)；

*Ts* —— 预热管段对固定墩的推力(N)；

α—— 钢材的线性膨胀系数[m/(m·℃)]；

*v*—— 材料的泊松系数；

*σ* t,1—— 管道最大工作压力引起的环向应力(MPa)；

*σ* t,2—— 管道冷运行压力引起的环向应力(MPa)；

*σ* t—— 管道工作压力引起的环向应力(MPa)；

*δ*—— 工作钢管壁厚(mm)。

3 基本规定

**3.0.1** 直埋热水管道电预热安装应在管道焊接完毕、无损检测合格以及接头保温工作完成后进行。

**3.0.2** 直埋热水管道电预热安装分为敞沟预热和覆土预热。预热安装宜采用敞沟预热，在不具备敞沟预热的条件时可采用覆土预热。

**3.0.3** 直埋热水管道电预热安装宜采用分段预热方式，预热段划分应科学合理。预热段内不应含有变径和不同材质的钢管。

**3.0.4** 分段预热的相邻预热段之间可采用一次性补偿器连接，保持预热温度短管连接，自然冷却短管连接等方式。

**3.0.5** 直埋管道预热段与相邻非预热段连接时，可采用设置固定墩、补偿器或补偿弯头等方式。

**3.0.6** 运行投产后的电预热施工管道，在改、扩建时应重新进行应力计算分析和专项方案设计。

4 工艺设计

**4.1 一般规定**

**4.1.1** 管道计算安装温度应根据固定墩能承受的推力确定，不应高于管道工作循环平均温度。管道对固定墩的推力应按本规程附录A.0.1、A.0.2条的规定计算。

**4.1.2** 预热温度宜基于平均应力温度确定，使管道最大压应力等于最大拉应力。

**4.1.3** 预热温度宜高于管道计算安装温度，实际预热伸长量应达到理论计算伸长量。

**4.1.4** 敞沟分段预热的预热段划分应符合下列规定：

1 结合发电机设备容量和管网结构等情况划分预热段；

2 预热段中不应存在异径管和不同材质钢管；

3 预热段设计长度宜为800-1000m，且不宜小于500m。

**4.1.5** 覆土分段预热中一次性补偿器到固定墩或驻点的距离不应超过预热温度下的最小过渡段长度。

**4.2 预热温度计算**

**4.2.1** 预热温度基于循环中间温度理论确定时，敞沟预热温度应按下式计算：

 (4.2.1)

式中：*tm* —— 预热温度(℃)；

*t*1 —— 管道工作循环最高温度(℃)，取热网设计供水温度；

*t*2 —— 管道工作循环最低温度(℃)，全年运行时取30℃；只有在供暖季运行时取10℃。

**4.2.2** 预热温度基于循环中间温度理论确定时，覆土预热温度应按下式计算：

 (4.2.2)

式中：*tdp* —— 预热温度(℃)；

*t*1 —— 管道工作循环最高温度(℃)；

*t*2 —— 管道工作循环最低温度(℃)；

*Fl* —— 预热管道单位长度摩擦力(N/m)；

*Lc* —— 一次性补偿器到固定墩或驻点的距离(m)；

α—— 钢材的线性膨胀系数[m/(m·℃)]；

*E*—— 钢材的弹性模量(MPa)；

*A*—— 工作管管壁的横截面积(m2)。

**4.2.3** 预热温度基于平均应力温度确定时，敞沟预热温度应按下式计算：

 (4.2.3-1)

 (4.2.3-2)

式中：*tms* —— 敞沟预热平均应力温度(℃)；

*tm* —— 循环中间温度(℃)；

*v*—— 材料的泊松系数；

*σ* t,1—— 管道最大工作压力引起的环向应力(MPa)；

*σ* t,2—— 管道冷运行压力引起的环向应力(MPa)；

α—— 钢材的线性膨胀系数[m/(m·℃)]；

*E*—— 钢材的弹性模量(MPa)；

*σ* t—— 管道工作压力引起的环向应力(MPa)；

*P*—— 管道的计算压力(MPa)；

*Di*—— 工作钢管内径(mm)；

*δ*—— 工作钢管壁厚(mm)。

**4.2.4** 预热温度基于平均应力温度确定时，覆土预热温度应按下式计算：

 (4.2.4)

式中：*tdps* ——覆土预热平均应力温度(℃)；

*tms* —— 敞沟预热平均应力温度(℃)；

*Fl* —— 预热管道单位长度摩擦力(N/m)；

*Lc* —— 一次性补偿器到固定墩或驻点的距离(m)；

α—— 钢材的线性膨胀系数[m/(m·℃)]；

*E*—— 钢材的弹性模量(MPa)；

*A*—— 工作管管壁的横截面积(m2)。

**4.3 预热伸长量计算**

**4.3.1** 敞沟预热管段的预热伸长量应按下式计算：

 (4.3.1)

式中：Δ*L* —— 预热管段伸长量(mm)；

α —— 钢材的线性膨胀系数[m/(m·℃)]；

*tms* —— 敞沟预热温度(℃)；

*ti* —— 预热开始前的管道温度(℃)；

*Lpr*—— 预热管段长度(m)。

**4.3.2** 覆土预热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：

 (4.3.2)

式中：Δ*Lc* —— 一次性补偿器的计算预热伸长量(m)；

*Lc* —— 一次性补偿器到固定墩或驻点的距离(m)；

α —— 钢材的线性膨胀系数[m/(m·℃)]；

*tdps* ——覆土预热温度(℃)；

*ti* —— 预热开始前的管道温度(℃)；

*Fl* —— 预热管道单位长度摩擦力(N/m)；

*E*—— 钢材的弹性模量(MPa)；

*A*—— 工作管管壁的横截面积(m2)。

5 施工安装

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 电预热安装工程的企业必须具有市政公用工程施工总承包或施工劳务资质及安全生产许可证书。

**5.1.2** 电预热安装工程开工前应根据工程规模、特点和施工环境条件等，编制施工组织方案及安全、技术、质量等管理体系。

**5.1.3** 电预热安装施工制定的安全管理及环保等措施，应符合国家法律法规及现行标准规范的规定。

**5.1.4** 电预热安装选用的发电机额定功率、电压、电流应与电预热设备相匹配，电流、电压相对稳定。

**5.1.5** 电预热施工前应平整发电机、预热设备停放的场地，保证发电机和电预热设备安全停放，正常工作。预热设备安装位置与预热管道端部电缆长度不宜超过20m。

**5.1.6** 电预热施工场地应设置警示带、警示牌等设施，严禁非施工人员进入施工场地。

**5.1.7** 预热时直埋热水管道及管沟不应有积水，防止形成短路。

**5.1.8** 电预热前应布置温度测点，测温点位置距离预热段端部距离不应小于12m。

**5.1.9** 电预热加热过程应温升平稳。管道管径小于DN1200mm时，温升速度宜控制在每小时4℃/km以内；管径大于等于DN1200mm时，温升速度宜控制在每小时3℃/km以内。

**5.1.10** 当实际预热温度已超过计算值而预热管段的预热伸长量未达到计算量时，应采取辅助措施促使管道伸长。

**5.2 敞沟预热**

**5.2.1** 电预热施工前应采取防止管道横向失稳及漂管的措施。

**5.2.2** 电预热施工前应将管道内的积水排空，施工过程中管沟出现积水时应及时排尽。

**5.2.3** 电预热施工前应完成管道上预制三通管件的安装，且不应与三通分支管连接。预热施工完成后增加管道分支开口时宜采用预制三通管件。

**5.2.4** 分段预热的两个预热段之间应留有2m~3m的空间，在下一管段进行预热时，上一预热段的回缩量宜一并补足。

**5.2.5** 直埋热水管道沟槽内不应有阻碍预热段管道自由伸长的土石方或建（构）物等。

**5.2.6** 预热段在按照设计要求全部回填夯实完成前，应维持预热温度。

**5.2.7** 预热段长度为800-1000m时，管道的冷却回缩率应控制在10%-15%。预热段长度较短时应，结合实际情况确定冷却回缩率。

**5.2.8** 敞沟预热施工工序应符合下列规定：

1 按施工程序完成管沟开挖，管道焊接、探伤、接头保温等施工及验收工作；

2 按规范和设计要求回填砂的高度不应小于外护管管径的3/4，不宜大于外护管管顶以上200mm，管顶砂不应夯实，且预热段两端宜预留12m不回填；

3 在预热段两端焊接螺栓，螺栓间距不宜小于100mm，安装位置距管端不宜小于30mm，且全部满焊；

4 在靠近预热设备侧的管道安装温度传感器，距离管端不宜小于12m，传感器探头应紧密贴合并固定在钢管表面，实时检测钢管温度；

5 在预热段两端以及中间位置安装长度检测装置；

6 对预热管道两端采取密封措施，减少热量散失；

7 采用绝缘电缆连接工作钢管端部焊接螺栓和电预热设备；

8 启动电预热设备，开始记录初始参数及工作钢管升温等数据；

9 预热段达到验收标准后，进行施工验收；

10 验收合格后，在维持预热温度的状态下进行沟槽回填和分层夯实；

11 管沟回填夯实验收合格后，电预热设备停机；

12 拆除电缆、温度传感器及挖孔填补等后完成电预热验收报告单。

**5.3 覆土预热**

**5.3.1** 覆土预热应采用一次补偿器吸收管道的预热伸长量。

**5.3.2** 覆土预热一次性补偿器内外套筒的焊接应在达到预热温度及设计膨胀量后进行，一次性补偿器内外套筒的焊接接头应按等强度原则设计，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。

**5.3.3** 覆土预热施工工序应符合下列规定：

1 按施工程序完成管沟开挖，管道焊接、探伤、保温补口及管沟回填后进行预热；

2 采用绝缘电缆将一次性补偿器两侧连接，标记一次性补偿器初始位置；

3 采用绝缘电缆连接工作钢管端部焊接螺栓和电预热设备；

4 启动电预热设备，开始记录初始参数及工作钢管升温等数据；

5 达到计算预热温度后进行一次性补偿器焊接，焊接强度应满足设计要求；

6 应维持管道温度高于预热温度以下5℃范围内，若管道温度低于允许范围时，应暂停一次性补偿器焊接作业，重启预热设备加热达到允许温度范围后，再继续焊接；

7 一次性补偿器焊接完成验收合格后，电预热设备停机；

8 拆除电缆、温度传感器及挖孔填补等后完成电预热验收报告单；

9 进行一次性补偿器保温补口及工作坑回填夯实。

6 工程验收

**6.1.1** 敞沟电预热安装验收合格判定应符合下列规定：

1 预热段为直管段时，应以预热温度下管道实际伸长量等于计算伸长量作为判定合格的标准；

2 如预热段中含有弯头、弯管等热补偿部件或局部管段回填，当达到预热温度而实际伸长量未达到计算伸长量的80%时，应提高预热温度且不超过3℃以达到计算伸长量的80%以上，否则应以此预热温度作为判定合格的标准。

**6.1.2** 覆土电预热安装以预热温度作为判定合格的标准。

**6.1.3** 敞沟电预热安装验收判定合格后，应在维持预热温度的状态下按照现行《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28及设计要求从预热段两端开始进行沟槽回填和分层夯实，确保管道回缩量符合要求，回填时间不宜超过16h。两个预热段接口处应在焊缝无损探伤检测合格后按照设计要求进行保温补口及回填夯实。

**6.1.4** 覆土电预热安装验收判定合格后，按规范和设计要求进行一次性补偿器的保温补口和局部沟槽回填夯实。

**6.1.5** 电预热竣工验收应由建设单位、监理单位、设计单位及施工单位共同进行。

**6.1.6** 竣工资料应包括预热时间、温升速度及伸长量等相关数据记录表及竣工验收报告等。

附录A 固定墩推力和一次性补偿器拉力计算方法

**A.0.1** 管道对固定点的作用力计算应包括下列内容：

1 管道热胀冷缩受到土壤约束产生的作用力；

2 内压产生的不平衡力；

3 活动端位移产生的作用力。

**A.0.2** 直埋热水管道固定点两侧管段作用力合成应符合下列原则：

1 根据固定点两侧管段土壤摩擦力下降造成的轴向力变化的差异，应按最不利情况进行合成；

2 固定点两侧管段由热胀受约束引起的作用力和活动端作用力的合力相互抵消时，较小方向作用力应乘以0.8的抵消系数；当固定点两侧管段均为锚固段时，抵消系数应取0.9。

**A.0.3** 在管道工作循环最高温度时，敞沟预热管段对固定墩的推力应按下式计算：

 (A.0.3)

式中：*Ts* —— 预热管段对固定墩的推力(N)；

α—— 钢材的线性膨胀系数[m/(m·℃)]；

*E*—— 钢材的弹性模量(MPa)；

*t*1 —— 管道工作循环最高温度(℃)；

*t0*—— 管道计算安装温度(℃)；

*A*—— 工作管管壁的横截面积(m2)。

**A.0.4** 在管道工作循环最高温度时，覆土预热管段对固定墩的推力应按下式计算：

 (A.0.4)

式中：*Ts* —— 预热管段对固定墩的推力(N)；

α—— 钢材的线性膨胀系数[m/(m·℃)]；

*E*—— 钢材的弹性模量(MPa)；

*t*1 —— 管道工作循环最高温度(℃)；

*t0*—— 管道计算安装温度(℃)；

*A*—— 工作管管壁的横截面积(m2)；

*Fl* —— 预热管道单位长度摩擦力(N/m)；

*Lc* —— 一次性补偿器到固定墩或驻点的距离(m)。

**A.0.5** 在管道工作循环最低温度时，覆土预热管段对管道对一次性补偿器的拉力应按下式计算：

 (A.0.5)

式中：*Ps* —— 一次性补偿器的拉力(N)；

α—— 钢材的线性膨胀系数[m/(m·℃)]；

*E*—— 钢材的弹性模量(MPa)；

*t0*—— 管道计算安装温度(℃)；

*t*2 —— 管道工作循环最低温度(℃)；

*A*—— 工作管管壁的横截面积(m2)。

附录B 预热管道分支开口补强方案

**B.0.1** 宜采用增加管道壁厚、安装加强环或使用特殊补强结构等进行补强处理。

**B.0.2** 支管管径小于或等于0.5倍的主管管径开口采用补强板应符合下列规定：

1 按照图B.0.2加工管道环形补强板，补强板壁厚大于主管壁厚2mm，补强板的宽度大于1倍的支管外径；

2 补强板焊接到主管开分支的位置，披肩内环和外环满焊，焊缝宽度大于5mm；

3 在主管上按照支管的尺寸开口，在主管上焊接支管。



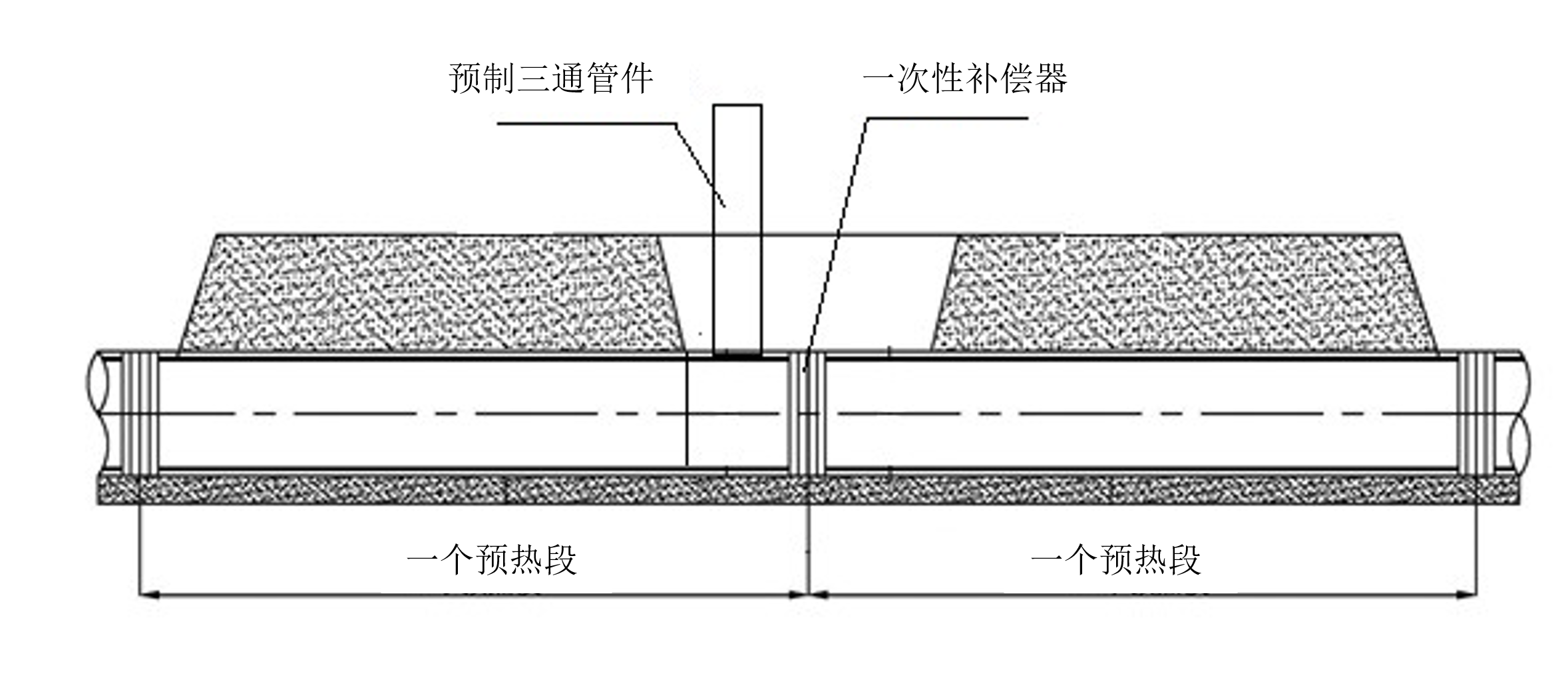
图B.0.2 管道分支开口补强板示意图

**B.0.3** 支管管径大于0.5倍的主管管径开口采用断管后加预制三通管件应符合下列规定：

1 在分支开口处截断管道加装预制三通管件；

2 在预制三通临近位置安装一次性补偿器；

3 管道运行后一次补偿器受压，达到伸长量以后将其焊死。



图B.0.3 管道分支开口断管后加预制三通管件示意图

**用词说明**

为便于在执行本规程条款时区别对待，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：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

1. 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

1. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

1. 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**引用标准名录**

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本标准；不注日期的，其最新版适用于本标准。

《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28

《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81

**附：条文说明**

中国工程建设标准化协会标准

**城镇供热直埋热水管道电预热安装技术规程**

**T/CECS \*\*\* -20XX**

**条文说明**

**制 定 说 明**

本规程制定过程中，编制组进行了直埋热水管道电预热安装工艺及施工工程现状的调查研究，总结了国内外供热直埋热水管道电预热安装工程建设的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过施工现场对直埋热水管道进行热伸长试验和应力试验研究，取得了阶段性成果。

本规程编制原则为：（1）科学合理、具有可操作性；（2）实事求是，规程使用人应严格遵守规程有关规定；（3）保证施工效率的同时又能保证质量等。

关于预热管道分支开口补强方案等重要问题，编制组给出了具有可操作性的解决措施，编制组将对其他尚需深入研究的有关问题多方取证、试验探究和工程应用后对规程进行更新补充。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《城镇供热直埋热水管道电预热安装技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款的规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

[1 总则 21](#_Toc29776)

[2 术语和符号 22](#_Toc2286)

[2.1 术语 22](#_Toc13877)

[2.2 符号 23](#_Toc13877)

[3 基本规定 24](#_Toc19682)

[4 工艺设计 25](#_Toc31946)

[4.1 一般规定 25](#_Toc13877)

[4.2 预热温度计算 26](#_Toc14653)

[4.3 预热伸长量计算 26](#_Toc16958)

[5 施工安装 28](#_Toc18001)

[5.1 一般规定 28](#_Toc25337)

[5.2 敞沟预热 29](#_Toc13077)

[5.3 覆土预热 30](#_Toc16315)

[6 工程验收 31](#_Toc5451)

1 总则

**1.0.1** 随着城镇建设的快速发展，供热系统作为城市基础设施的重要组成部分，其安全、高效运行对于保障居民生活质量具有重要意义。为规范城镇供热直埋热水管道电预热安装施工工艺的设计、施工、验收及后期运行维护等，形成一套系统和完整的技术规程用于指导热水直埋管道电预热安装工程的建设。本规程通过认真归纳总结近年来国内外实际城镇供热直埋热水管道电预热安装工程经验教训的基础上，结合未来长输供热管网更高供水温度、更大管径及更远距离等发展客观需要，更好的利用发挥直埋热水管道预热安装工艺的技术和造价等综合优势，保证和提高大型热网输送工程的质量和安全，推动北方地区供热行业热源的清洁低碳转型发展，特制定本规程。

**1.0.2** 本规程是针对工作管、保温层、外护管形成整体预制保温管道，直埋敷设于土壤中的城镇供热管网编制的。本规程适用的最高设计温度为150℃，管道公称直径小于或等于1600mm，主要针对钢质工作管的计算方法。托克托电厂至呼和浩特市长输供热管网工程最大DN1600管道采用电预热安装，管网目前已经投运。我国现行产品标准《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》规定适用于长期运行温度不高于120℃，偶然峰值温度不高于140℃的预制直埋保温管、保温管件及保温接头的制造与检验，设计温度高于该温度范围时需要对保温材料及保温结构进行试验验证。本规程的压力适用范围与现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ/T 34一致，适用的最高设计压力为2.5MPa。

**1.0.3** 该条文旨在引导工程建设行业树立绿色发展理念，通过采用先进的环保技术和施工工艺，以及制定有效的环境保护措施，最大限度地减少施工活动对自然环境的不利影响。

**1.0.4** 城镇直埋供热管道属于城镇供热管网范畴。本规程主要规定与直埋热水管道电预热安装工程的设计、施工、验收和运维管理要求。在执行本规程时，要同时执行《城镇供热管网设计规范》CJJ/T 34、《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，且这3项标准中都有强制性条文，必须严格执行。此外，城镇供热直埋热水管道电预热安装工程应遵守可能涉及其他的国家现行有关标准。

2 术语和符号

**2.1 术语**

**2.0.1** 本规程关于直埋热水管道的规定，仅适用于工作钢管、硬质聚氨酯泡沫塑料保温层和高密度聚乙烯外护管连结为一个整体的预制保温管。

**2.0.2** 城镇供热直埋热水管道的电预热安装，旨在通过电缆将工作钢管与电预热设备连接形成回路，将钢管温度加热到设计预热温度，使管道产生一定拉应力，回填后在保温管道工作管、保温层、外护管与土壤摩擦力作用下使管道保持此拉应力。当保温管道运行时，随着介质温度的升高，原拉应力逐渐减小，当介质温度达到电预热安装温度时，保温管道拉应力为零，介质温度再升高，管道产生压应力，介质温度达到设计温度时管道产生的压应力小于管道许用应力。

**2.0.3** 电预热温度是通过电加热设备将管道加热到一定温度的过程中所设定的目标温度，使得管道工作循环最高温度与预热温度的温差和管内介质压力共同作用下的轴向压应力等于管道工作循环最低温度与预热温度的温差和管内介质压力共同作用下的轴向拉应力，更好地平衡管道在工作循环中的应力分布。

**2.0.4** 电预热伸长量是指在利用电能对管道进行预热时，由于管道材料受热膨胀而产生的长度变化量，其数值受钢材的平均线膨胀系数，预热目标温度以及预热段长度影响。

**2.0.5** 直埋热水管道在焊接、探伤及保温补口完成，进行敞沟电预热。按规范和设计要求回填砂的高度不应小于外护管管径的3/4，不宜大于外护管管顶以上200mm，管顶砂不应夯实。当实际温度达到预热温度，实际管段热伸长量达到计算值后再进行覆土夯实。

**2.0.6** 直埋热水管道在焊接、探伤及保温补口完成，保证直管段热膨胀量能够释放给一次性补偿器或补偿弯管等膨胀元件，除膨胀元件位置预留敞口外，其他直埋管段沟槽全部覆土回填或部分回填，再进行管道加热升温，达到或超过预热温度，膨胀元件热膨胀量达到计算值后焊死。

**2.0.8** 直埋热水管道在冷却后的回缩量与预热段伸长量的比值通常是通过现场情况或理论计算得出的，这个比值受到多种因素的影响，包括管道材料的性质、管道尺寸、预热温度、冷却速率、土壤条件等。在实际工程中，通常会通过预先的计算和模拟来预测这个比值，并在施工过程中采取相应的措施来确保管道的安全和可靠性。

**2.2 符号**

本规程使用的符号较多，供热专业符号和计量单位基础标准尚未编制，本规程主要按供热行业符号的使用习惯及国家规定的常用计量符号确定，在供热专业符号和计量单位标准制定后再行调整。为使用者方便，罗列了本规程使用的计算符号。

3 基本规定

**3.0.1** 本条文明确了管道电预热安装在整体热网工程施工中的顺序。管道完毕后应先进行外观检查,外观检查合格后方可进行无损检测，焊缝质量合格后进行接头保温工作，上述工作完成且合格后进行管道电预热安装施工工序。

**3.0.2** 本条文明确了电预热安装宜优先采用敞沟预热方式，若实际施工现场不具备敞沟预热条件，如开挖管沟位于城区主要交通干道，地下管线复杂地区等，此时可按设计要求采取覆土预热方式。

**3.0.3** 按照预热整体性分类，电预热安装分为整体预热和分段预热。直埋热水管道电预热安装宜采用分段预热方式。合理确定预热段长度。预热段太短，则预热段的数量增加，由于每段预热所用的时间和耗用的辅助材料基本相同，所以预热所用的总时间以及总的工作量和费用也会相应增加。预热段太长，会造成前后端温差增大，温度控制难度增加。

**3.0.4** 相邻预热段的连接可采用一次性补偿器连接、保持预热温度短管连接、自然冷却短管连接等方式。其中，一次性补偿器容易成为管网的薄弱环节。保持预热温度短管连接适用于对管道应力变化有较高要求的场景。停止预热设备必然会造成管道因温度降而回缩，因此需要设定一个温度降极限，达到温度降极限后必须停止焊接，再次接通预热设备，使管道再次升温，达到设计预热温度，之后再停止预热设备，再次进行焊接。自然冷却短管连接因其操作简单且成本效益高，适用于大多数直埋供热管道的安装场景。

**3.0.5** 直埋管道预热段与相邻非预热段连接时，可根据实际情况选择设置固定墩、补偿器或补偿弯头等方式进行连接。这些措施可以有效地解决因预热段与相邻非预热段温差引起的管道胀缩和位移问题，确保管道的安全稳定运行。

**3.0.6** 电预热施工管道在运行投产后，可能由于多种原因（如设备老化、技术升级、产能需求变化等）需要进行改、扩建工程。这些工程往往涉及对原有管道系统的改造或新增部分，可能改变管道系统的结构、布局或运行条件。重新进行应力计算分析和专项方案设计是确保管道系统安全、优化设计方案、提高系统性能的重要措施。

4 工艺设计

**4.1 一般规定**

**4.1.1** 预热段的计算安装温度不应高于管道工作循环平均温度，这是为了避免在预热过程中使管道产生过大的预应力，导致管道在运行时出现过度的变形或损坏。管道工作循环平均温度是根据管道在一个工作循环周期内的温度变化情况加权计算得出的平均值，它反映了管道在正常工作状态下的温度水平。将预热段的计算安装温度控制在这个平均值以下，可以在保证管道具有一定预应力以抵抗热胀冷缩的同时，防止预应力过大对管道造成不利影响。

计算固定墩推力时，需要考虑管道热胀冷缩受到土壤约束产生的作用力、内压产生的不平衡力以及活动端位移产生的作用力等。这些力的大小与管道计算安装温度密切相关。例如，温度变化会引起管道的热胀冷缩，从而产生相应的推力；而内压也会对管道产生轴向推力。在设计过程中应进行详细的力学分析和计算，以确定既能满足管道热胀冷缩补偿要求，又能保证固定墩安全可靠的管道计算安装温度。

**4.1.2**基于管道平均应力温度计算的预热温度使得管道工作循环最高温度与预热温度的温差和管内介质压力共同作用下的轴向压应力等于管道工作循环最低温度与预热温度的温差和管内介质压力共同作用下的轴向拉应力，更好地平衡管道在工作循环中的应力分布。管道循环中间温度和管道内压力大小、管径大小和管道壁厚等无关。基于管道循环中间温度计算的预热温度数值较高，既增加了预热能耗，又延长了预热时间，增加了预热成本。更严重的是，管道的拉应力远高于压应力，在冷运行和降温到最低时和一次应力的耦合会拉断管道、撕裂补偿器等。

**4.1.3** 在进行管道预热时，预热温度宜高于管道计算安装温度，这样可以在管道温度恢复至环境温度时，使管道处于拉应力状态，产生预应力效果。而预热伸长量应达到计算伸长量，是为了确保管道在工作过程中能够有效地释放热胀冷缩产生的应力，提高管道的安全性和稳定性。

**4.1.4** 通过综合考虑预热设备和热网结构情况，可以更好地控制预热的范围和程度，避免因设备能力不足或现场条件限制而导致的问题。

异径管会导致管道内介质的流速和压力发生变化，可能引起局部的热应力集中。不同材质的钢管具有不同的热膨胀系数，在受热时会产生不同程度的伸长或收缩，从而增加管道的热应力和变形风险。

较长的预热段可以使管道的温度变化更加平缓，减少温度梯度，有利于均匀预热和减小热应力。然而，实际工程中受到各种条件限制，长度也不能过长。本条文规定预热段不宜小于500m是为了保证一定的预热效果，太短的预热段可能无法有效消除管道的热应力；而800~1000m则是一个较为适宜的范围，可以在满足预热要求的同时，兼顾工程的经济性和可操作性。

**4.1.5** 若一次性补偿器到固定墩或驻点的距离超过预热温度下的最小过渡段长度，一次性补偿器将无法起到补偿作用。

**4.2 预热温度计算**

**4.2.1** 敞沟预热温度基于循环中间温度理论计算时，忽略了内压力对轴向力的影响，铺底砂摩擦力阻碍管道伸缩的影响，预热温度等于循环最高温度和最低温度的算数平均值。工作循环最高温度取用热源设备可能出现的最高温度。这样的考虑是必要的，因为管网系统可能因某种原因会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。

**4.2.2** 覆土预热温度基于循环中间温度理论确定时，一次性补偿器到固定墩或驻点的距离不得超过预热温度下的最小过渡段长度，否则一次性补偿器起不到补偿作用，而预热温度的计算又依赖于一次性补偿器到固定墩或驻点的距离，形成了耦合方程关系，势必给计算带来困难。因此，实际工程中覆土预热温度以一次性补偿器刚好压缩到限位装置为下限，通常比理论计算值高。

**4.2.3** 预热直埋热水管道总存在某一温度值，使得温差*t1*-*tms*和管内介质压力共同作用下的轴向压应力等于温差*t2*-*tms*和管内介质压力共同作用下的轴向拉应力。在敞沟预热温度基于平均应力温度确定时，忽略管道自重产生的土壤摩擦力影响，理论敞沟预热温度就等于平均应力温度。

**4.2.4** 覆土预热温度基于平均应力温度确定时，需要在敞沟平均应力温度基础上，考虑管道自重产生的土壤摩擦力的影响。

**4.3 预热伸长量计算**

**4.3.1** 直埋热水管道在敞沟电预热时会发生线性膨胀，其伸长量计算与温度的变化量、材料的线膨胀系数以及预热段长度有关。

**4.3.2** 覆土预热段均匀布置的每个一次性补偿器的预热伸长量计算，除与温度的变化量、材料的线膨胀系数以及一次性补偿器到固定墩或驻点的距离长度有关外，受工作管土壤摩擦力的影响。

5 施工安装

**5.1 一 般 规 定**

**5.1.1** 本条规定了电预热安装工程企业所必须的资质及许可证书要求。市政公用工程施工总承包资质企业从事市政公用工程领域施工活动所必须具备的资质条件。施工劳务资质是企业为合法承接施工劳务作业而需要具备的资质证书。安全生产许可证是矿山企业、建筑施工企业和危险化学品、烟花爆竹、民用爆炸物品生产企业必备的一个证件，企业未取得安全生产许可证的，不得从事特定的生产活动。

**5.1.2** 电预热安装工程涉及复杂的工艺流程、高精度的设备安装以及严格的安全质量要求。施工单位在开工前做好充分的准备工作。

**5.1.3** 电预热安装工程作为一项涉及电气、机械、材料等多个领域的复杂工程，其施工过程中的安全管理和环境保护至关重要。为了确保施工过程的安全性和减少对环境的负面影响，施工单位必须制定并执行严格的安全管理及环保措施，符合国家法律法规及现行标准规范的规定。

**5.1.4** 在电预热安装工程中，发电机与电预热设备性能参数的匹配性，发电机及电预热设备性能参数的稳定性，直接影响到整个预热效果。如果发电机功率过小，可能导致无法提供足够的电能给电预热设备，影响预热效果；如果发电机功率过大，则会造成资源浪费和不必要的成本增加。如果电流或电压波动过大，可能导致电预热设备加热不均匀、温度控制不准确等问题，进而影响预热效果和工程质量。

**5.1.5** 平整的场地可以确保发电机和电预热设备在施工过程中能够稳固地停放，避免因场地不平整而导致的设备倾倒、滑动等安全隐患。本条文规定了预热设备位置与预热管道端部连线距离不宜超过20m，确保预热设备能够有效地将能量传递给预热管道，提高预热效率。

**5.1.6** 电预热施工场地通常涉及高电流、高温环境以及复杂的机械设备操作，这些因素都使得施工场地成为一个具有较高安全风险的区域。为了确保施工过程的顺利进行和保障施工人员及周边人员的安全，应采取有效的安全管理措施。

**5.1.7** 本条规定的主要目的是为了防止在预热安装前后，由于管道内或管沟内存积水，导致供回水管道之间形成短路，进而影响预热效果，甚至引发安全隐患。

**5.1.8** 本条文规定旨在明确温度测点的布置位置和距离要求，以确保测温数据的准确性和可靠性。

**5.1.9** 为了确保管道在预热过程中的安全性，需要严格地控制温升速度及平稳性，避免温度急剧变化。根据已投运工程经验，条文规定了不同管径下的温升速度控制要求。其中管径大于等于DN1200mm时，由于管道体积及热容量大，因此其温度变化对热应力的影响更为显著。

**5.1.10** 本条文的规定旨在确保在直埋热水管道预热过程中，出现实际预热温度超出计算值而预热伸长量未达到计算量的情况时，应通过采取其它辅助措施来促使管道进一步伸长，从而确保管道的预热效果和安全性。

**5.2 敞沟预热**

**5.2.1** 在电预热施工过程中，管道会受到各种力的作用，导致横向失稳和漂管的情况发生。横向失稳是指管道在水平方向上失去平衡和稳定性，可能会产生弯曲、扭曲甚至断裂。漂管则是指管道在液体作用下发生位置偏移。可采取合理的支撑和固定以及回填砂的高度不应小于外护管管径的3/4等措施防止管道横向失稳。可采取管沟两侧设置完善排水系统，加强雨季管沟水位监测和巡查等措施防止漂管。

**5.2.2** 电预热施工前将管道内的积水排空以及施工过程中及时排尽管沟内的积水是保证施工质量和安全的重要措施。

**5.2.3** 为避免在电预热过程中，由于与三通分支管连接而导致热量分布不均匀，进而影响电预热的效果和管道的性能，本条文规定了管道电预热施工前不应与三通分支管连接。预热施工完成后增加管道分支开口可采用预制三通管件，以确保分支开口的连接质量和密封性能，降低管道泄漏及安全事故发生的风险。

**5.2.4** 如果两个预热段之间没有足够的空间，可能会导致相邻段的管道在膨胀时相互挤压，影响预热效果，甚至可能损坏管道或其连接部位。道在预热后会有一定的回缩。当上一管段预热完成并回缩后，如果不及时补足回缩量，可能会导致整个管道的伸长量不足，无法达到设计要求。在进行下一管段预热时，将上一管段的回缩量一并补足，可以保证整个管道系统的总伸长量满足要求，从而确保管道在运行过程中的稳定性和安全性。

**5.2.5** 阻碍管道的自由伸长会导致管道内部产生过大的应力。这种应力可能会超过管道材料的承受能力，从而造成管道的变形、破裂甚至损坏，严重影响管道的使用寿命和安全性。土石方等障碍物的存在可能会限制管道的膨胀方向，导致管道的伸长不均匀。这可能会影响管道的连接部位，使其密封性受到破坏，增加泄漏的风险。

**5.2.6** 在未完成全部回填夯实的情况下，管道周围的土壤对管道的约束作用较弱。如果预热温度不能保持，管道的温度下降会导致其收缩，管道在后续运行中由于温度升高而膨胀时，可能会因为之前的收缩而无法达到预期的伸长量，从而使管道连接处受到额外的应力，增加了管网故障发生的可能性。

**5.2.7** 本规定预热段长度与管道冷却后回缩率之间关系的控制要求。当预热段长度为800-1000m时，规定要求冷却回缩率应控制在10%-15%之间。这个范围是基于大量工程实践经验和材料性能分析得出的。当预热段长度较短时，由于短距离内温度变化更为集中且可能受到周围环境的更大影响，此时应结合实际情况，如管道材料的具体热性能、环境温度、施工条件等因素，来确定更为合理的冷却回缩率控制目标。

**5.2.8** 本条文规定了敞沟预热方式的施工工序，以及施工流程中应当符合的要求。

**5.3 覆土预热**

**5.3.1** 覆土预热采用一次补偿器来吸收预热伸长量具有显著的优势。一次补偿器能够精准控制可吸收管道预热伸长量的数值。相比其他补偿方式，一次补偿器的安装和固定过程相对简单，有助于缩短施工周期并降低施工成本。

**5.3.2** 采用覆土预热在达到预热温度及设计膨胀量后，会将补偿器内外套筒焊接成一个整体，但焊缝的强度要承受管道运行过程产生的轴向拉应力、压应力，有些工程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。内外套筒焊缝强度以及补强装置的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要求。

**5.3.3** 本条文规定了覆土预热方式的施工工序，以及施工流程中应当符合的要求。

6 工程验收

**6.1.1** 本条文规定了敞沟电预热安装判定合格的标准。由于热水管道重量作用与沟槽底砂垫层之间的摩擦力会阻碍管道的预热伸长，当达到预热温度而实际伸长量未达到计算伸长量时，应按本条文中第2条规定执行。

**6.1.2** 本条文规定了覆土电预热安装判定合格的标准。

**6.1.3** 本条文详细规定说明了敞沟电预热安装验收合格后的后续施工步骤和要求，强调了维持预热温度、控制回填时间、确保管道回缩量及接口处保温补口等关键环节的重要性。这些要求旨在提高供热管网的施工质量和稳定性，确保热水管道投运后的安全性和可靠性。

**6.1.4** 覆土电预热安装验收判定合格后，按照规范和设计要求进行后续施工，包括一次性补偿器的保温补口和局部沟槽回填夯实，是确保工程质量的重要步骤。

**6.1.5** 电预热竣工验收由建设单位、监理单位、设计单位及施工单位共同进行，旨在通过多方协作和严格把关，确保电预热系统达到设计要求和质量标准，为后续的安全、稳定运行奠定坚实基础。

**6.1.6** 该条文强调了竣工资料在电预热安装项目中的重要性，要求项目团队在项目实施过程中认真记录预热时间、温升速度、伸长量等关键数据，并编制详细的竣工验收报告。这不仅有助于确保项目的质量和安全性，也为后续的运行、维护和管理提供了宝贵的参考资料。同时，该条文也体现了项目管理的规范化和精细化要求，有助于提升项目管理的整体水平和效率。