

# 百公里级长输供热管网工程预制直埋保温管电预热施工工艺研究

牛新海

中铁三局集团建筑安装工程有限公司 山西 太原 030000

**摘要:** 城镇直埋供热管道电预热安装是一种新型的安装技术,相比于传统的有补偿安装、冷安装等,其在施工难度、工程造价以及管网质量、运行安全性等方面都有着明显的优势,发挥着极其重要的作用。但就目前形成的电预热装置连接工艺,母材损耗及由此带来的一系列成本、工期负因子很不乐观;特别是在百公里级长输供热管道项目中,该项成本更需控制。本连接工艺以改变预热连接方式为突破口,形成了一种长输供热管网工程预制直埋保温管电预热施工工艺,有效解决了上述问题。

**关键词:** 长输供热; 预制; 保温管; 电预热; 施工工艺

## 1 工程概况

某长输供热项目位于某市区及周边区县,设计供热能力为9100万 $\text{m}^3$ ,长输供热管网由两部分组成:(1)热源电厂至区县隔压换热站,建设规模为4 $\times$ DN1600(两水、两回),供热管网长度约68.2km,沿途建设2座中继泵站和1座隔压换热站,长输管网设计压力为2.5MPa,设计流量为39542t/h,设计供水温度为130 $^{\circ}\text{C}$ ,设计回水温度为35 $^{\circ}\text{C}$ ,供水管采用灌注式发泡预制直埋保温管,回水管采用缠绕式预制直埋保温管。(2)区县隔压换热站至市区供热管网,建设规模为2 $\times$ DN1600,供热管网长度约11.5km;设计压力为1.6MPa,设计流量为39542t/h,设计供水温度为120 $^{\circ}\text{C}$ ,设计回水温度为30 $^{\circ}\text{C}$ ,回水管DN1600采用缠绕式预制直埋保温管,其他管采用灌注式发泡的预制直埋保温管。

## 2 目前技术现状及工艺特点

城镇直埋供热管道电预热安装是一种新型的安装技术,相比于传统的有补偿安装、冷安装等,其在施工难度、工程造价以及管网质量、运行安全性等方面都有着明显的优势。

但就目前形成的电预热装置连接工艺,需将预热装置通过导电螺栓与管网母材焊接连接从而形成闭合回路,待预热结束后需将焊接柱一圈母材全部切割掉,对于大管径百公里级管网敷设工程来说,造成的母材损耗及由此带来的一系列成本、工期负因子很不乐观,特别是在长输供热管道项目中,该项成本更需控制,亟待优化创新<sup>[1]</sup>。

## 3 施工工艺及方案对比

### 3.1 传统施工工艺原理

电预热技术就是通过电加热将金属管道热胀冷缩产生的过高压力转换为管道的拉伸和压缩应力,这种安装工艺可以减少由管道的热应力引起的轴向推力。

### 3.2 长输供热管网工程敞沟预热管段伸长量计算

$$\Delta l = \alpha(t_m - t_i) L_{pr}$$

式中: $\Delta l$ —管段的热伸长量(mm);

$\alpha$ —钢材的线膨胀系数[ $\text{mm}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ ];

$t_i$ —管道预热前安装温度( $^{\circ}\text{C}$ );

$t_m$ —管道预热设置目标温度温度( $^{\circ}\text{C}$ );

$L_{pr}$ —预热管段长度(m)。

### 3.3 不同连接方式对比

#### 3.3.1 附着式铜带、导电螺栓组合连接

通过耳板及紧固螺栓将自带导电接线柱的铜带附着固定于预热管端口,再通过铜带接线柱连接预热设备电缆形成闭合回路的新型连接方法(图2)。通过铜带的电传导,避免了螺栓直接焊接在管段母材上造成的母材损耗等一系列问题,安装简单,可重复使用<sup>[2]</sup>。

#### 3.3.2 免焊接线缆虎口夹连接

管道电预热免焊接线缆连接装置,包括管壁虎口夹、工作钢管和电缆端子,虎口夹内部夹锁对接工作钢管,外部顶端设置有电缆连接端子(图3)。该管道电预热免焊接线缆连接装置使用时,通过转动电缆固定螺栓将电缆端子固定,转动虎口夹锁紧螺栓将工作钢管锁紧在管壁虎口夹内壁,并通过增大虎口夹锁闭面积从而达到导电预热,该方法通过铜带的电传导同样避免了螺栓直接焊接在管段母材上造成的母材损耗等一系列问题,降本增效的同时可重复使用。

#### 3.3.3 一种新型卡接弧形导电板预热连接装置

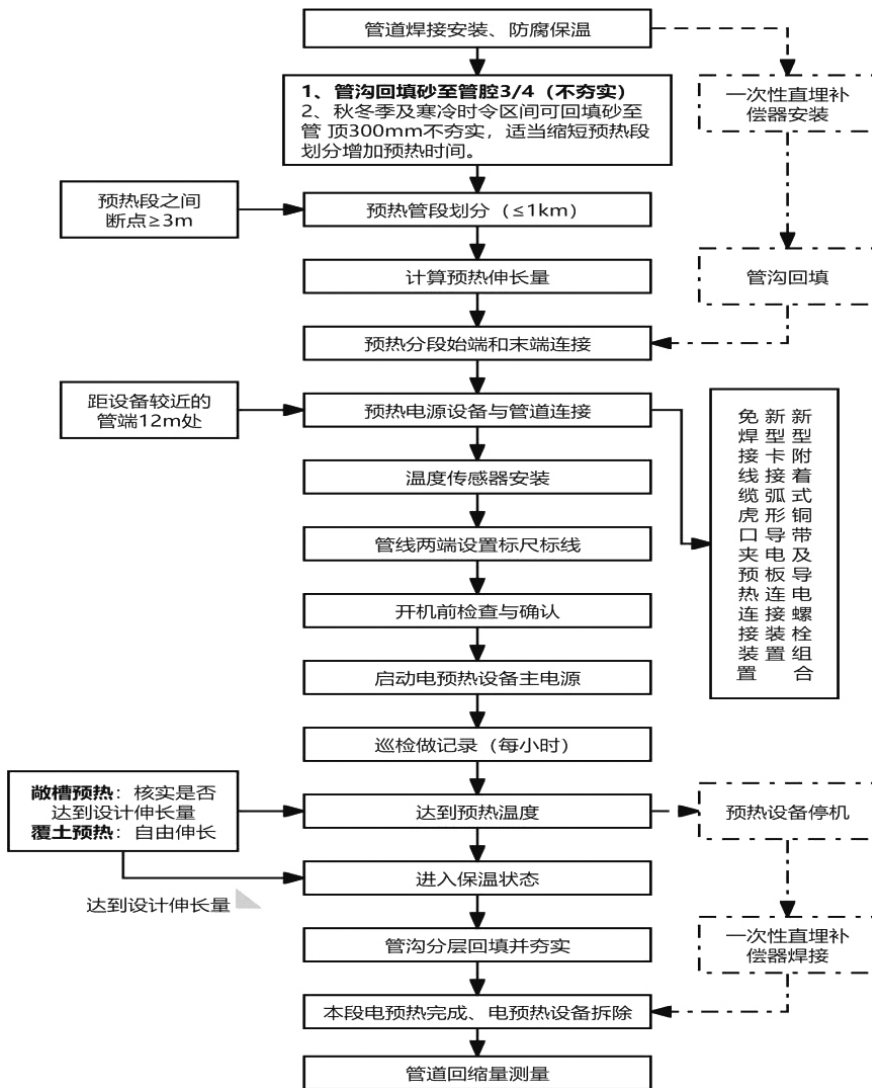


图1 工艺流程图

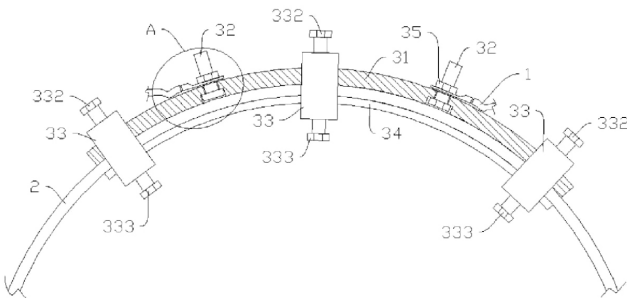


图2 新型卡接弧形导电板预热连接结构示意图

卡接弧形导电板预热连接，包括弧形导电板（附带嵌入式导电螺栓）31、U型卡接部33、锁紧螺杆332、连接线缆1及线鼻子11（图4、图5）。通过U型卡接部与锁紧螺栓将附带嵌入式导电螺栓的弧形导电板紧锁，使其贴合至预热母材钢管2表面，再通过线鼻子连接预热线缆形成电流输送回路从而达到通电生热消除应力的预热

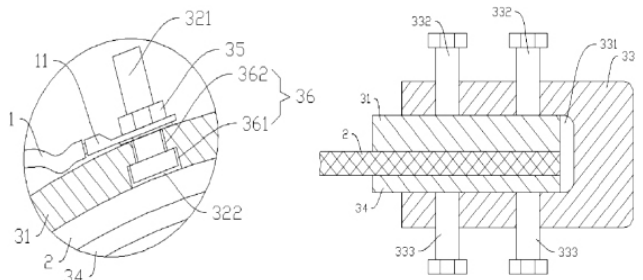


图3 新型卡接弧形导电板预热连接结构局部示意图

目的。巧妙通过卡接弧形导电板的方式避免了传统方法直接在钢管母材上焊接导电螺栓导致母材损坏、补修耗时费力等一系列弊端问题，且安装操作简单，制作成本低，可重复使用<sup>[9]</sup>。

#### 4 方案确定

本方案针对预热设备连接方式，通过对比“附着式

铜带、导电螺栓组合连接”、“免焊接线缆虎口夹连接”、“卡接弧形导电板预热连接”三种不同连接方式免焊接预热连接方法,开展新型预热连接免焊接装置及相关技术研究,克服了传统“焊接螺栓式”预热结束后,导致管材损伤继而需切割重新打磨焊接的难题,继而减少了因预热导致的母材切割损耗、打磨、返修等工序,降本增效的同时,节省时间、缩短工期、提升了工作效率。

不仅解决了传统预热方式焊接螺栓导致管材损伤的难题;同时避免了因预热焊接螺栓导致的母材切割损耗;而且优化了切割母材带来的打磨、返修等工序,降本增效的同时,提升了工作效率<sup>[4]</sup>。

## 5 方案适用范围及注意事项

### 5.1 方案适用范围

该方案适用于城镇供热管网工程电预热施工及输水、输气等管道类涉及电预热的类似工程。

### 5.2 注意事项

5.2.1 在工装制作过程中一定要严格按照图纸及相关测量参数进行制作;

5.2.2 在预热连接时要确保连接装置电热传输部分与管材密切接触,保证电热传输畅通;

5.2.3 实际施工需根据预热施工现场不同条件,确定本成果工装的最优配置及技术工艺流程。

## 6 应用情况

本方案在该项目中的92个管网分段预热施工中得到成功应用,实现了百公里级超大管径长输供热管网工程电预热的快速施工,缩短工期30天以上,综合节约成本累计达210万元以上。此外,通过本技术的研究及成果应用,促使工程项目高质量、短工期内快速建成并投产运营。验收效果表明:本工程长输供热管网质量和运行承载性能符合要求,管网预应力变形消除效果良好,截至目前管网运营未发生渗漏事故,工程建设整体质量为优,为建设单位创造了可观的经济效益,同时取得了良好的社会和环保效益<sup>[5]</sup>。

## 7 经济、社会效益

### 7.1 经济效益

该方案造价成本低,可重复使用,避免了传统焊接螺栓预热连接方式对保温管母材的不可逆损伤,以项目为例,做如下经济效益分析:

节约材料成本:按照DN1600喷涂缠绕式预制直埋保温管8500元/米的价格计算,一个预热段两根DN1600供水管,需要切割浪费4个DN1600\*200mm管圈,本工程共计约92个预热分段。该方案的新型预热连接方式至少可节

约管材73.6m,节省成本62.56万元;

方案采购费用:定制新型连接装置及其辅助配套设施12套,合计7.56万元;

项目管理成本:本技术的应用可大幅缩减传统做法中钢圈切除打磨所需的人工成本和时间成本,可缩短工期30天以上,项目管理费用(包括员工工资、车辆使用与维护、房租、水电费等)可节省成本155万元。

经核算,采用本项技术,材料成本、项目管理费用可综合节约成本约210万元,经济效益显著。

## 7.2 社会效益

7.2.1 本技术进行了大量创新和研发,工艺操作简单,投入成本小,技术应用成熟可靠,具有一定先进性。有效提高施工质量的同时获得了当地政府及业主、监理等多方一致好评,具有显著的社会效益。

7.2.2 本技术的应用,大幅缩减避免了传统电预热施工做法中螺栓焊接、废弃钢圈切除、重新打磨等工作,间接避免了由此带来的施工噪音污染、焊接废气污染、聚乙烯外壳废弃物污染等;也节约了水、电及人、材、机等投入。综合来看,本技术成果具有明显的技术优越性,环保节能效益显著<sup>[6]</sup>。

## 8 推广应用前景及改进措施

随着“碳中和·碳达峰”目标期限的临近,我国大力发展清洁能源产业,作为清洁热源供应的主动脉,长输供热管网发挥着极其重要的作用。该工艺有助于提高百公里级长输供热管网预热工程的施工效率和施工质量,为长输供热管网的高质量敷设奠定了良好的基础,技术水平领先,应用前景广阔。

下一步将分析压缩成本,进行装置优化提升及性能改良。建立数学模型,分析材料电热传导性能,寻找比选更优电热传导材料,进行优化,以达到预热性能最大化。

## 参考文献

- [1]中华人民共和国行业标准,城镇直埋供热管道工程技术规程》(CJJ/T81-98)
- [2]孙军旺,赵连旺,热力管道的电预热安装[J].同煤科技.2006,(003):5-7
- [3]商艳霞,朱性博,大口径长输直埋热力管道保温厚度的设计探讨[J].区域供热.2016,(002):15-16
- [4]许峰,谈长输供热管道的电预热施工,山西建筑[J].2017,(013):21-23
- [5]周妍,孙强,长输热力管道无补偿直埋施工技术[J].化工机械.2020,(006):7-9
- [6]冯伟伟,电预热在长输供热管道施工中的应用[J].山西建筑.2020,(019):31-33