

供热工程预制直埋保温管接头保温施工工艺研究

刘俊杰, 秦建斌, 崔刚, 李清泽, 赵艳

中国建筑一局(集团)有限公司, 中建一局集团安装工程有限公司, 北京 102600

摘要: 预制直埋保温管是当前供热工程常用管道, 而接头保温施工则是预制直埋保温管施工的重点。文章基于此, 以郑州热力集团有限公司华润登封电厂引热入郑长输供热管网工程为研究案例, 先对工程基本情况做了简单介绍, 继而从施工流程出发, 介绍了接头保温施工工艺, 并探讨了质量保证措施。

关键词: 供热工程; 预制直埋保温管; 接头保温; 施工工艺

Research on the Insulation Construction Technology of Prefabricated Buried Insulation Pipe Joints in Heating Engineering

Liu Junjie, Qin Jianbin, Cui Gang, Li Qingze, Zhao Yan

China Construction First Engineering Group Co., Ltd, China Construction First Engineering Group Installation Engineering Co., Ltd. Beijing 102600

Abstract: Prefabricated buried insulation pipes are commonly used pipelines in current heating engineering, and joint insulation construction is the focus of prefabricated buried insulation pipe construction. Based on this, the article takes the Zhengzhou Thermal Power Group Co., Ltd. Huarun Dengfeng Power Plant's heat introduction into the Zhengzhou long-distance heating pipeline network project as a case study. Firstly, a brief introduction is given to the basic situation of the project. Then, starting from the construction process, the joint insulation construction technology is introduced, and quality assurance measures are discussed.

Keywords: heating engineering; prefabricated buried insulation pipe; joint insulation; construction technology

管道是供热工程最为基础的设备, 起着连接供热设施以及保障集中供热的作用。随着供热距离的不断延长, 长输管道成为供热工程的主要管道类型, 然而, 热能在传输过程中存在着一定的损耗性, 并且, 管道距离越长, 热能损耗率越高, 这极大地降低了热能的利用效率, 导致了能源浪费。预制直埋管是一种新型供热管道, 由管材、聚氨酯硬质泡沫预制保温层以及高密度的聚乙烯外护套管保护壳构成, 具有诸多优点^[1]。接头保温施工是预制直埋保温管施工的重要组成部分, 本文主要探讨预制直埋保温管接头保温施工工艺。

一、项目简介

本次研究以郑州热力集团有限公司华润登封电厂引热入郑长输供热管网工程(以下简称引热入郑项目)为案例。引热入郑项目建设内容主要包含长度约45公里供热主干线及2座中继泵站、1座能源站工程, 项目供回水管道直径达1.6米, 是全国管径最大、高差最大、压力最大的长输供热管网工程, 热源将由登封市引至郑州市内, 建成后将为郑州市提供4667万平方米的供热能力。引热入郑项目在接头保温施工中采用双密封式接头: 加宽电热熔套+外包热缩带+热熔焊孔+横向热熔焊接工艺。补口先进行热熔套施工, 然后进行气密性检测, 检验合格后发泡保温, 再沿焊缝缠绕粘接热缩带, 热缩带作为冗余密封形式。现场补口注料孔采用热熔焊, 横向(沿管道轴向)焊缝采用热熔焊接, 热熔焊接处进行拉伸试验, 母材伸长变形, 而塞堵与母材的焊接面不开裂为合

格。管道外补口采用了“长输供热管网外补口施工工法”, 有效提高了施工效率, 保障了工程质量, 在实际工程中的施工周期、成本等方面取得了良好的效果。

表1.1 引热入郑项目接头保温材料选用表

序号	名称	规格型号	主要指标	用途
1	电热熔套	聚乙烯热熔套, 直径与管道外径保持一致	直径	补口
2	热收缩带	热收缩带沿轴向长度需大于补口宽度, 沿外护管环向长度 \geq 保温外护管周长+0.6m, 环向搭接口, 搭接长度不小于150mm。	宽度	冗余密封
3	封堵	与注料孔大小匹配	-	封堵注料孔
4	发泡剂	聚氨酯	-	保温材料

作者简介: 刘俊杰(1991-), 男, 汉族, 陕西省宝鸡市, 工程师, 本科学历, 主要从事机电工程施工研究。

二、项目施工工艺

(一) 管道清理

管道清理是预制直埋保温管接头保温施工的第一步，工艺要点包括三点：

①清理过程必须保持管端保温层始终处于干燥状态，作好防水保护。

②发泡前工作钢管表面应进行预处理，使用适当的工具（如刷子、刮刀、砂纸或电动清洁工具），去除铁锈、轧钢鳞片、油脂、灰尘、油漆、水分或其他，工作钢管外表面除锈等级应符合 GB/T8923.1-2011 中 Sa2.5 的规定。

③使用酒精将热熔套与管道外套管搭接范围以及外延 200mm 范围内清洗干净，尤其是外套底部死角必须清理干净以确保热熔套粘接质量。如果管道表面有油脂或其他化学污染物，使用工业清洁剂或溶剂进行清洗。使用清洁剂后，用干净的水彻底冲洗管道，以去除清洁剂残留，并确保表面干燥。

(二) 电热熔套安装与熔接

电热熔套为用于连接管道的专用套管，一般由聚乙烯（PE）或聚丙烯（PP）材料制成。引热入郑项目采用了电热熔套安装与熔接工艺：

①电热熔套的厚度与管道外套管等厚，电热熔套的宽度 $800 \pm 20\text{mm}$ 。

②热熔接头的外护层与保温管外护管的熔体质量流动速率的差值控制在 $0.5\text{g}/10\text{min}$ （试验条件为 5kg ）以内。

③在接口两端外护管表面画热熔套标识定位线，确保热熔套与外护管搭接部分大于 150mm 。

④将电热熔套安放在需要连接部位，电热熔套两端与保温管搭接部分宽度大于 150mm ，（注料孔方向朝上）热熔丝两端露出约 50mm 接线，调整电热熔套使横向接口处对接紧密，然后用三条打包带将电热熔套对接部位、两侧保温管道结合部位分别环形压紧^[2]。

⑤根据电热熔套的材质，设置合适的熔接温度（通常在 $200\text{--}240$ 摄氏度）。观察电热熔机上的指示灯，待其达到设定温度后才能开始熔接。

⑥通电热熔，使热熔套与管道外套管粘结牢固。将热熔丝外接线与电源线连接，按设定的热熔时间（25 分钟左右）和电流调节好热熔机，加热至聚乙烯外护管与电热熔套结合处熔化溢出，断开热熔电源，熔合结束即完成。（热熔前需保证沟槽内不要有水浸泡电热熔套）

⑦电热熔套横向对接处熔接。电热熔套两侧熔接完成后，使用手提式焊枪对热熔套横向（管道轴向）对接处进行焊接。

⑧检查熔接部位的外观是否均匀、无气泡或裂纹。在适当的条件下进行压力测试，以确保连接的密封性和强度。

(三) 气密性实验

补口接头的气密性实验是确保管道系统或设备接口在工作过程中不会漏气的关键测试，当补口接头自然冷却至 40 摄氏度以下时，对保温接口进行气密性试验，主要流程包括实验准备、密封

准备、加压测试、漏泄检测、结果评估等^[3]。引热入郑项目气密性实验流程如下：

①准备实验设备。实验中采用的到设备主要有气密性测试仪、压力源、密封装置、泡沫检测液、温度计和湿度计等。

②密封准备。对接头进行表面清洁，确保没有尘埃和油污。使用密封装置将补口接头的一端密封，同时确保另一端能与气源连接。将压力表安装在排气孔位置，确保密封严密，拧紧固定螺栓。

③加压测试。用气泵将压缩空气注入到补口保温电热熔套内，试验压力应维持在 0.02Mpa ，在电热熔套熔接处涂上肥皂水，保持压力 2min ，目测环缝和横缝处没有气泡产生，气密性试验成功，质量合格。若有部位漏气应进行修补，然后进行气密性试验，合格后方可进行聚氨酯发泡。

④漏泄检测。若发现有向两侧管道串气现象，则在补口前后的两根管道保温裸露部分安装密封装置—橡胶密封圈，将补口前后的两根管道保温裸露部分封堵严实，然后再进行气密性试验。

⑤结果评估。记录实验过程中观察到的数据，包括施加的压力、保持时间及漏气情况。

(四) 补口注料

供热管道运行过程中，易受高温、高压、腐蚀等多种因素的影响，出现泄漏、腐蚀和损伤。补口注料既能提升供热管道的性能，也是接头保温施工的重要工艺。材料的选择，是补口注料工艺的关键。引热入郑项目采用的是聚氨酯^[4]。作为专门用于修补和填充材料缺陷的高性能材料，聚氨酯在供热管道补口注料中有着多重优势，一方面，聚氨酯能够与多种基材形成良好的粘合，不易脱落，且具有出色的耐磨性，适合修补需要承受物理磨损的部件^[5]。另一方面，聚氨酯用有阻力较好的弹性，能够适应基材的热胀冷缩，有效降低了补口部位的开裂风险。并且，聚氨酯耐油、耐水及耐多种化学品，适合恶劣环境下的应用。聚氨酯补口注料工艺如下：

①发泡采用移动式发泡机发泡，原料采用聚氨酯。

②计算聚氨酯的注射量：聚氨酯注射量的计算公式为 $(R+D)*D*3.14*L*\rho$ ，式中 R 为管道钢管直径， D 为管道保温层厚度， L 为补口宽度， ρ 为聚氨酯容重。

③从孔溢出的泡沫完全固化后进行敲击检验，泡沫应充实饱满。

(五) 注料孔封堵

注料孔主要用于材料的注入、排出，常用的封堵方法主要有物理封堵、化学封堵两类。引热入郑项目采用的是热熔封堵工艺，先使热熔材料在高温下变成液态，填充注料孔，再待其冷却固化，形成封堵效果。热熔封堵工艺具有高密封性、操作简单、无损拆卸、适用性强等优势^[6]。热熔材料在冷却后会收缩，形成紧密的接触，能够有效防止泄漏，并且，操作中，只需加热材料并填充，冷却后即完成封堵，操作过程相对简单。热熔封堵工艺要点有二：

①于孔塞热熔焊接处进行拉伸试验，母材伸长变形，而塞堵与木材的焊接面不开裂为合格。

②用电热熔装置同时对封堵和注料孔进行加热,至熔融状态时将封堵塞入注料孔中,使之结成一体,必要时用热缩带封盖。

(六) 热收缩带安装

热收缩带为接头保温重要工艺,并且,绝热层的材质不同,热收缩带表现出来的性能以及实际的保温效果也有着很大的差异。以往,热收缩带的材质主要有常规聚乙烯、辐射关联聚乙烯两种,其中,辐射关联聚乙烯不仅具有更高的力学强度,且耐腐蚀、抗衰老的性能更为优越^[7]。近年来,随着材料科学的不断发展,热收缩带的材质更为多样。热熔胶作为新型热收缩带,具有粘接强度高、适用范围广、保温效果好的优点。同时,热收缩带也能在管道接头部位产生防腐效果,从而增强管道的耐侵蚀性、抗衰老性,延长管道的使用寿命。引热入郑项目采用的是热熔胶材质的热收缩带,安装工艺如下:

①清污。对热收缩套及外套管粘接部位进行表面清污工作,用清水抹净表面泥土、污物,采用酒精擦拭油污部分,确保清污宽度不小于热收缩带宽度。对粘结部位进行打毛处理,确保打毛宽度不小于热收缩带宽度。对粘结部位进行干燥处理,如晾干或烘灯烘干。

②裁剪。根据接头的大小,确定热收缩带与热收缩套的搭接长度,热收缩带的长度应比待包裹的部分稍长,以确保完全覆盖,热缩带的一端裁去倒角 $\angle 50 \times 15\text{mm}$ 。

③安装。将剪裁好的热收缩带均匀地包裹在接头部位上,确保热收缩带紧密贴合,避免出现褶皱或空隙^[8]。

④加热。先用小火将搭接的两层热缩带烘烤至胶层微化,然后将胶层已烘烤过的压盖居中扣在搭接缝上,转中火均匀烘烤,确保压盖与热缩带完全粘接。加热中,注意检查热收缩带和压盖是否有翘边和气泡存在,如有,及时修补。

⑤冷却。加热完成后,让热收缩带自然冷却,冷却后应呈现出紧密固定的状态。检查安装是否牢固,确保没有松动或脱落的现象。

(七) 质量保证措施

质量管理是现代管理体系的有机组成部分,指借助质量策

划、控制、保证、改进等手段来实现质量目标的全部活动。接头保温施工是一项系统工程,涵盖管道清理、电热熔套安装与熔接、气密性实验等多个环节,任何环节的质量问题,都会影响到施工工艺的整体效果。引热入郑项目采用了成体系的质量保证措施。

①保温施工前钢管表面除锈至 Sa2.5 级,阴雨、大风天气停止施工。

②电热熔套安装过程中注意避免被水浸泡,打包带扎紧使电热熔套与管道外套管贴合紧密,横向对接紧密。

③严格控制通电热熔时间,避免热熔不到位或过热熔损坏护套情况。

④大量发泡之前,进行小模具发泡实验,然后再放单根发泡,并收集试样送质检部门化验,合格后方可大批量施工^[9]。

⑤发泡之前根据环境温度、管径大小,保温层耐流温度要求、单根长度、精确计算材料用量,A、B 组份配比应控制在 1:(1-1.1)之间,及时测试发泡机 A、B 出料速度定时做出调整,发泡之前先吹入冷空气将其降温,温度太低,施工设置加温装置^[9]。

⑥发泡时先开启压缩空气阀门,调整压缩空气压力使原料雾化,然后正式作业。

⑦发泡喷注过程中从管的另一端排气口处认真观察内部发泡情况,及时堵住排气口。

⑧发泡操作结束时,清理干净所用工具及管道表面^[10]。

三、结语

接头保温施工作为预制直埋保温管施工的重点,由管道清理、电热熔套安装与熔接、气密性实验、补口注料、注料口封堵以及热收缩带安装等工序构成。应从工序特点出发,采取好质量保证措施,提高施工工艺水平。

参考文献

- [1] 耿海洋. 聚氨酯预制直埋保温管的保温层受力分析及设计要求[J]. 区域供热, 2019(01):132-139.
- [2] 杨雪飞. 聚氨酯预制直埋保温管道散热损失研究[J]. 工业加热, 2018, 47(06):48-50+63.
- [3] 沈旭, 白冬军. 聚氨酯直埋保温管道切向剪切试验装置的设计[J]. 机电产品开发与创新, 2018, 31(05):83-85.
- [4] 王超, 韦健民, 陈永生. 聚氨酯高密度聚乙烯预制直埋保温管施工技术[J]. 安装, 2018(03):47-49.
- [5] 冯伟伟. 谈直埋预制保温管现场保温修补的做法[J]. 山西建筑, 2021(17):102-103+170.
- [6] 王莹. 预制直埋保温塑料管与预制直埋保温钢管的比较分析[J]. 中国设备工程, 2021(9):206-207.
- [7] 吴近, 杨国梁. 浅析高密度聚乙烯聚氨酯预制直埋保温管产品技术[J]. 石化技术, 2019(6):297-298.
- [8] 张瑞娟, 张世豪. 热力管道安全评估研究与实践[J]. 区域供热, 2024, (03):109-118.DOI:10.16641/j.cnki.cn11-3241/tk.2024.03.016.
- [9] 郝文辉. 热力管道腐蚀问题分析与预测[J]. 全面腐蚀控制, 2024, 38(06):153-156.DOI:10.13726/j.cnki.11-2706/tq.2024.06.153.04.
- [10] 郭彬. 市政热力管道设计与施工技术的应用现状及优化方案[J]. 中国建筑金属结构, 2023, (02):33-35.DOI:10.20080/j.cnki.ISSN1671-3362.2023.02.012.