

大管径长输供热管道沟下焊接关键技术研究

秦建斌, 刘俊杰, 崔刚, 李清泽, 姜健

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 : 沟下焊接是大管径长输供热管道常用焊接方式, 文章基于此, 首先供热管道沟下焊接常见问题, 包括质量管理理念滞后、焊前准备工作不足、焊中质量控制不严、焊后质量检测粗放、焊接人员培训低效, 继而以引热入郑项目为例, 探讨了大管径长输供热管道沟下焊接关键技术。

关 键 词 : 大管径长输供热管道; 沟下焊接; 关键技术

Research on Key Technologies for Welding under Trenches of Large Diameter Long Distance Heating Pipelines

Qin Jianbin, Liu Junjie, Cui Gang, Li Qingze, Jiang Jian

China Construction First Corporation Limited., Installation Engineering Co., Ltd. of First Bureau Group of CSCEC, Beijing 102600

Abstract : Trench welding is a commonly used welding method for large-diameter long-distance heating pipelines. Based on this, this article first discusses the common problems of trench welding for heating pipelines, including outdated quality management concepts, insufficient pre welding preparation work, lax quality control during welding, extensive post welding quality inspection, and inefficient training of welding personnel. Then, taking the heat transfer project in Zhengzhou as an example, the key technologies of trench welding for large-diameter long-distance heating pipelines are explored.

Keywords : large-diameter long-distance heating pipeline; trench welding; key technology

大管径长输供热管道是城市集中供热系统中的重要组成部分, 通常管径较大, 能够满足较大的供热流量需求, 同时, 管道距离较长, 多横跨多个城区乃至城市^[1]。焊接工艺是供热管道施工工艺的重要内容, 施工中, 不仅需要采用合适的焊接方法和工艺, 也要进行严格的焊接检验, 如无损检测等, 以保证焊缝的质量^[2]。基于此, 本文结合沟下焊接常见问题, 介绍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(引热入郑项目)沟下焊接关键技术^[3]。

一、供热管道沟下焊接常见问题

(一) 质量管理理念滞后

供热管道沟下焊接质量管理离不开现代化的质量管理理念, 然而, 在实践层面, 现代质量管理理念的应用并不理想。比如, 缺乏精细化管理理念。供热管道沟下焊接质量管理理念仍为粗放式管理理念, 难以将质量管理落到细处。又如, 缺乏全面质量管理理念。未能发挥好全体人员在供热管道沟下焊接全过程中的质量管理作用。

(二) 焊前准备工作不足

供热管道沟下焊接需要做好大量的准备工作, 而焊前准备不足也是供热管道沟下焊接质量问题的重要成因。比如, 焊前检查不严。未能做好焊前检查工作, 如间隙检查等, 增加了质量问题的风险。又如, 焊接工艺选择不当。在科学技术不断发展的今天, 新的焊接工艺持续涌现。但在供热管道沟下焊接中, 新焊接工艺并未得到充分的运用, 这对焊接质量形成了很大的制约。

(三) 焊中质量控制不严

焊中质量控制是供热管道沟下焊接质量管理中最为重要的内容, 一方面, 供热管道沟下焊接中面临着多重风险, 焊接顺序风险、焊枪运条方法风险、定位焊裂纹风险, 需要在焊中予以控制, 另一方面, 焊中质量控制的结果直接关系到最终的焊接质量。当前, 供热管道沟下焊接中存在焊中质量控制不严的问题, 如定位焊裂纹质量控制流于形式, 对整体的焊接质量带来了负面影响。

(四) 焊后质量检测粗放

焊后质量检测是供热管道沟下焊接质量的把关工序, 只有在焊后检测质量过关的情况下, 焊接工作才算圆满完成。当前, 供热管道沟下焊接面临着焊后质量检测粗放的问题。比如, 外观检查流于形式。检测人员仅简单观察一下外观, 没有细致地进行观察, 导致很多细小问题未能发现。

(五) 焊接人员培训低效

供热管道沟下焊接归根到底由焊接人员完成, 焊接人员自身

作者简介: 秦建斌(1974-), 男, 汉族, 陕西省西安市, 本科学历, 主要从事机电工程施工研究。

的专业能力与职业素养，对供热管道沟下焊接质量有重要的影响。因此，加强焊接人员培训，就成为确保焊接质量的基本要求。但在实践中，焊接人员培训效果并不理想。比如，培训内容缺乏全面性，未能做好焊接人员质量控制理论与实践的培训。又如，培训方法陈旧，没有激发焊接人员自主发展意识。

二、焊接质量控制

（一）焊前准备

准备工作是否充分，对供热管道沟下焊接质量具有重要的影响。引热入郑项目的焊前准备工作主要包括三点：

一是确定焊接工艺。引热入郑项目主线路采用手工电弧焊打底+半自动焊（SMAW ↓ +FCAW-S ↓ ）工艺，连头采用氩弧焊+半自动焊（GTAW ↑ +FCAW-S ↓ ）工艺，返修采用的则是返修采用手工氩电联焊（GTAW ↑ +SMAW ↑ ）工艺。项目工艺将焊丝运动和焊接过程相结合，有效促成了焊丝与熔滴的分离，大幅度降低了焊接热输入量，提高了能源利用效率。

二是选择焊接材料。引热入郑项目的焊接材料如表2.1所示，具体要求包括焊材的品种和型号符合焊接工艺规程的要求；焊条无破损、霉变、油污、锈蚀；焊丝无锈蚀和折弯；保护气体的纯度和干燥度满足焊接工艺规程的要求；焊条、焊丝在保管时符合产品说明书的规定。

表2.1 引热入郑项目焊接材料表

序号	焊条标准	焊条型号	焊条牌号	直径	备注
1	NB/T47018.3-2017	W49A36 (ER50-6)	CHG-56R	Φ 2.0mm	连头和返修，根焊
2	AWS A5.29	E71T8-Ni1 J H8	HOBART Fabshield 71T8	Φ 2.0mm	连头，填充 / 盖面
3	NB/T47018.2-2017	E5015	CHE507R	Φ 3.2mm	返修，填充 / 盖面
4	AWS A5.1	E6010	BOHLER FOX CEL	Φ 4.0mm	主线路，根焊
5	GB/T 10045	T494T8-1NA-N2	JC-29Ni1	Φ 2.0mm	主线路，填充 / 盖面
6	Ar气体纯度 ≥ 99.96%，				

三是焊接人才培养。将常态化培训与技术交底结合起来，培训中，既重视焊接人员操作技能的培训，也要重视焊接人员质量管理意识的培训，紧扣全面质量管理的内涵、特征与要求，丰富并完善培训内容，全面提升焊接人员职业素养。同时，为避免培训工作流于形式，切实提升培训效果，深入开展培训考核工作，借助书面测试、现场作业等方式，检查焊接人员培训情况，并根据考核结果建立健全奖惩机制，对考核不达标的焊接人员予以必要惩戒。施工前，焊接技术人员应对所有参加施工的人员进行交底，明确各项质量指标及要求，同时明确各岗位人员的质量职责，严格按规范及设计要求进行施工。

（二）焊中质量控制

焊中质量控制是大管径长输供热管道沟下焊接的重点，要点有二：

一是严格按照施工工艺开展沟下焊接。焊前，认真检查设备接地，防止高频电流危害焊工，防止触电事故发生。焊工穿戴好劳保护用品，高空作业时系好安全带，下方配置好接火盆，设置灭火设备及看火人。焊接时，注意起弧、收弧处的质量，层间接头应错开^[4]。管道焊接时，做好焊接记录，且记录必须及时准确。对现场焊口进行标识，包括焊工证号、焊接时间、焊口编号等信息。焊接完成后，及时进行探伤检测，发现不合格，应及时进行返修，返修后再行检验。

二是提高焊接工艺水平。以往打底层焊接中多采用焊枪不摆动的直线运条，这种运条方法在实践中出现了打底层产生裂纹的问题。引热入郑项目采用微小幅度摆动的直线往返运条方法，如此，既可以增加焊丝对熔池的搅拌，使杂质浮出，也能焊缝金属的抗裂性。

（三）常见焊接问题防范

供热管道沟下焊接常见问题主要包括未焊透、夹渣、气孔、裂纹、焊缝外观不美观。引热入郑项目根据焊接质量问题的成因，采取防范措施。

以未焊透为例，未焊透主要由焊接接头中母材与焊缝金属或焊缝金属之间未完全熔化结合导致。引热入郑项目采用的措施包括调整焊接电流、电弧电压等焊接参数，确保合适的热输入。保持正确的焊接角度和运条速度，控制电弧在坡口根部的停留时间，使其充分熔化^[5]。清理坡口及两侧的油污、铁锈等杂质，保证良好的焊接面清洁度。对于较厚的工件，可以采用多层多道焊，增加焊接层数来提高焊透率。

又如，裂纹。裂纹焊接接头中由于应力作用而产生的裂缝。导致定位焊裂纹的因素有很多，如收弧电流不达标、收弧处未填满等。要紧扣裂纹成因，通过增加焊缝厚度、提升收弧规范性来减少定位焊裂纹。引热入郑项目采取的措施包括根据技术规范的要求，选择合适的焊接材料，使其具有良好的抗裂性能。控制焊接变形，避免过大的焊接残余应力。严格按照焊接工艺规范进行操作，避免违规操作导致裂纹产生。

三、焊后检验与保护

（一）焊缝外观检测

外观检测是焊后检测最常用，也是最简便的方法，检测内容包括焊缝表面是否平整、焊缝有无表面裂纹、焊缝表面有无气孔、焊缝相交处是否充分熔合等。引热入郑项目焊缝外观检测的要求包括三点：

①焊缝与母材应圆滑过渡，焊缝表面不得有裂纹、未熔合、夹渣和气孔。

②焊缝高度不应低于母材表面，并应与母材平滑过。

③焊缝咬边深度≤ 2mm，焊缝两侧咬边总长度不大于焊缝全长的10%。

（二）焊缝无损检测

无损检测是一种非破坏性检测技术，能在不破坏被检验物体状态，如物理性质、化学性质的基础上，借助专业的检测方法来判断被检验物体的内容、性质^[6]。引热入郑项目所有焊口均进行X射线及超声波双重无损检测，同时，角焊缝采用磁粉检测。

X射线检测是无损检测的常用技术，在焊缝缺陷的检验中有着重要的应用价值。当前，X射线检测中常用的射线源主要有X射线探伤机、Y射线探伤机以及射线加速器三种。当前，具有射线检测功能的爬行者已经被广泛应用到长输管道沟下焊缝检测中。此类爬行者具有很好的性能，一次充电后能够爬行1000米以上的距离，具备自动识别探伤的功能，非常适用于野外长输管道。射线加速器包括回旋型、直线型两种类别，适用于较厚的管道检测，最大检测厚度500mm以上，是X射线检测的发展重点。从成像的角度而言，X射线检测的成像系统包括实时成像和胶片成像两类，其中，实时成像具有成本低廉、效率高的优势。

超声波检测技术以超声波探头发出超声，通过超声在管道中的传递来搜集数据资料，并借助信息技术，将数据资料以表格的形式呈现出来，继而判定焊缝是否存在损伤、缺陷。A型脉冲反射式超声波探伤仪是超声波检测中使用较多的仪器。随着科技的不断发展，超声波检测技术也在发展，其中，由加拿大RD Teck公司研发的超声相控阵检测技术是当前检测中使用较多的新技术。超声相控阵检测技术将多个发射及接收晶片按一定阵列装入超声波探头中，利用主机控制晶片，使晶片能够发射不同相位的超声波，从而在保持探头稳定的同时，达到全方位扫描的效果。超声相控阵检测技术突破了以往超声波检测技术的不足，能够满足常规超声波难以满足的部件检测的要求。

引热入郑项目K段D1620射线检测结果，366张返修8张；超声波17道返修4道，主要问题为未熔合，原因包括焊接电流过小，焊接速度过快，焊条角度变小对产生弧偏吹现象，母材表面有污物或氧化物，影响熔浮金属与母材的结合物。G段D1620射线检测29道629张合格，9张返修后合格；超声波24道合格，5道

返修后合格，主要问题为未熔合、气孔，其中，气孔原因包括，母材表面有锈，油污等，焊条及焊剂未烘干增加气孔量，焊剂中的水分在高温下分解为气体，焊接线能量过小，熔池冷却速度大，不利于气体溢出，焊缝金属脱氧不足。

外观检查仅能观察到肉眼可见的问题，如明显的焊缝裂纹，而在供热管道沟下焊接中，一些问题较为隐蔽，难以通过外观检查发现。此时，便要采用磁粉检测。磁粉检测多用于检查焊缝近表面缺陷，在表面裂纹、气孔熔合不良等问题的检测中具有显著的优势。研究显示，磁粉检测能够将焊缝合格率提升至99.86%以上^[7]。

针对焊后检测中暴露出来的问题，组织技术人员及时进行修复，并在修复完成后开展二次检测，确保供热管道沟下焊接质量^[8]。

（三）焊后保护

焊后保护同样极为必要。长输供热管道距离较长，其中，绝大多数管线路位于野外环境，管口裸露会有野生动物进入，同时下雨或风沙天气，管内易进入污水和泥沙等，清理困难。因此，需在管道两端采取封堵措施^[9]。引热入郑项目采用的是防水防泥沙的管口封堵工艺，管口封堵装置由内封、外封两个部分构成，包括外封盖、外封盖顶丝、外封盖过滤孔、内封铁箍、内封铁箍固定螺栓、透水过滤布六个部件。内封部分由透水过滤布和内封铁箍组成，外封部分由外封盖和外封盖固定紧丝组成。内封、外封的结构，有效保证了漂管及管线的封闭性，起到了焊后保护的作用^[10]。

四、结语

当前，大管径长输供热管道沟下焊接中面临着多重问题，对此，应从焊接质量控制以及焊后检测与保护两个方面采取好措施，焊接质量控制以焊前准备、焊中质量控制以及常见质量问题防范为中心，焊后检测则应采用各种方式检测焊接质量。

参考文献

- [1]卢琦. 大管径长输供热管道施工关键技术实践[J]. 建筑·建材·装饰, 2023(4):94-96.
- [2]闻青山. 大管径长输供热管道施工关键技术实践[J]. 区域供热, 2020(3):135-139.
- [3]白正华. CMT先进焊接工艺特点及应用[J]. 金属加工(热加工), 2012(12):48-49.
- [4]高帅, 吕涛. 定位焊缝裂纹的产生及控制[J]. 工程技术(引文版), 2015(11):296.
- [5]张振永. 高钢级大口径天然气管道环焊缝安全提升设计关键[J]. 油气储运, 2020, 39(7):740-748.
- [6]许再胜, 张治权, 张彦昌, 等. 大口径长输管道带铜衬垫高速自动焊焊接[J]. 油气田地面工程, 2013, 32(09):109.
- [7]张今明. 长输管道焊接工艺特点与选择[J]. 油气田地面工程, 2006, 25(9)44-48.
- [8]武斌. 大口径直埋长输供热管道施工技术. 安装, 2023(12).
- [9]郭志恒. 直埋供热管道安装折角结构优化设计方案探讨. 安装, 2023(12).
- [10]林旭东. 直埋供热管道施工工艺及质量控制研究. 工程技术研究, 2023(23).