

## 建筑钢结构工程低温焊接技术应用研究

唐家杰

基准方中建筑设计股份有限公司, 广西 南宁 530000

[摘要]传统的焊接方法在钢结构工程中已经得到广泛应用,但在特定的应用场合,如对材料性能有特殊要求或对焊接接头质量有高度要求的情况下,传统焊接技术往往难以满足需求。低温焊接技术由于其低热输入、小热影响区以及对材料影响小的特性,逐渐成为解决这类问题的有效手段,这项技术在实际应用中仍面临一系列挑战,包括如何准确控制焊接温度、选择合适的焊接材料、优化焊接工艺参数等。因此,对低温焊接技术进行深入的理论和实践研究,不仅有助于揭示其工作机制,更能为其在建筑钢结构工程中的广泛应用提供科学的理论基础和实践指导。

[关键词] 钢结构; 低温焊接; 工艺

DOI: 10.33142/aem.v6i7.12684

中图分类号: TG457.11

文献标识码: A

### Application Research on Low Temperature Welding Technology in Building Steel Structure Engineering

TANG Jiajie

Jizhun Fangzhong Architectural Design Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

**Abstract:** Traditional welding methods have been widely used in steel structure engineering, but in specific application scenarios, such as special requirements for material properties or high requirements for welding joint quality, traditional welding techniques often find it difficult to meet the requirements. Low temperature welding technology has gradually become an effective means to solve such problems due to its low heat input, small heat affected zone, and small impact on materials. However, this technology still faces a series of challenges in practical applications, including how to accurately control welding temperature, select appropriate welding materials, and optimize welding process parameters. Therefore, conducting in-depth theoretical analysis and practical research on low-temperature welding technology not only helps to reveal its working mechanism, but also provides a scientific theoretical basis and practical guidance for its widespread application in building steel structure engineering.

**Keywords:** steel structure; low temperature welding; workmanship

#### 引言

随着现代建筑工程对结构安全性、工艺精度以及建筑材料性能的不断提高,焊接技术在钢结构工程中的作用日益凸显。在众多的焊接方法中,低温焊接技术因其对材料影响小、热变形小、焊接接头质量高等优点,逐渐成为建筑领域的焦点。然而,低温焊接技术的成功应用并非仅凭经验,而需要深入的理论研究和系统的实践探索。

#### 1 低温焊接技术的理论分析

低温焊接技术的理论分析是对焊接过程在较低温度条件下的各种复杂现象和特性进行系统研究的关键环节。在这一分析中焊接材料在低温环境下的流变行为、熔池形成和动力学行为是核心的研究对象。这涉及到焊接材料的熔点降低、焊接熔池的形成和流动性质的变化,这些都对焊接接头的最终质量和性能产生重要影响。此外,焊接接头在低温环境下的微观结构和力学性能的演变也是理论分析的重点,低温环境下的焊接过程会导致焊接接头的热影响区(HAZ)和焊缝区的微观组织发生显著变化,如冷硬化、相变和析出物的形成。这些微观结构的变化直接影

响焊接接头的宏观力学性能,如强度、韧性和抗冲击性等。此外,焊接过程中的温度梯度、热输入和冷却速率等关键参数也对焊接接头的质量和性能产生显著影响。低温环境下的这些参数的变化会导致焊接接头的晶粒细化、相变、残余应力和变形等现象,从而影响接头的整体性能。

#### 2 钢结构低温焊接技术的方法

##### 2.1 电弧焊接技术

电弧焊接技术作为一种广泛应用于钢结构连接的焊接方法,在低温焊接领域也有其独特的应用与优势。电弧焊接主要利用电弧高温产生的热能,使焊件局部熔化并在冷却后形成焊缝。在低温环境下,电弧焊接的核心挑战在于如何在较低的温度条件下确保焊接质量和接头强度。在钢结构低温焊接中,电弧焊接常常需要采用特殊的焊接电流和电压参数,以适应低温环境下焊接材料的熔点和流动性。一般来说增加电流密度和焊接速度可以提高焊接区域的温度,从而促进焊接材料的熔化和流动。过高的电流可能导致焊接区域过热,从而引发焊接变形和裂纹,因此需要在保证足够焊接温度的同时,合理控制焊接电流的大小。

另外,气体保护在电弧焊接过程中尤为关键。在低温环境下,选择合适的保护气体和流量控制方式,可以有效隔绝焊接区域与外界氧气的接触,从而预防焊缝氧化和孔洞等焊接缺陷的产生。常用的保护气体包括氩气、氦气混合气体和CO<sub>2</sub>等,它们的选择和使用要根据焊接材料和焊接条件进行合理调整。此外,为了进一步提高低温电弧焊接的效率和质量,还可以结合先进的焊接设备和自动化技术。例如,采用高频电源和交流焊接技术可以提高电弧稳定性,减少焊接飞溅;而引入机器人焊接和自动化控制系统可以实现焊接参数的精确控制和复杂焊接路径的自动执行。

## 2.2 气体保护焊接技术

气体保护焊接技术是一种常用于低温焊接环境的高效焊接方法,核心原理是通过在焊接过程中向焊接区域提供一层保护气体,以隔离焊缝与外界空气,从而防止焊缝的氧化、氢裂纹和其他焊接缺陷的产生。在钢结构低温焊接应用中,气体保护焊接技术可以有效地保证焊接质量和接头强度,同时满足低温环境下焊接材料特性的需求。对于钢结构低温焊接,常用的保护气体主要包括氩气、氦气和其他气体混合物。选择合适的保护气体种类和流量是关键,它应根据焊接材料的种类、焊接条件以及所需的焊接性能进行调整。例如,纯氩气具有优良的保护性和热导性,适用于大多数低温焊接材料,而氦气则可提供更高的热输入和焊缝穿透力,适用于特殊合金钢和厚板焊接。除了选择合适的保护气体,气体流量和保护覆盖范围的控制也同样重要。合理的气体流量可以确保焊接区域得到充分的保护,防止氧气和其他杂质的侵入;而适当的覆盖范围可以确保焊接区域的整体性和一致性,防止焊缝的气孔和夹渣等缺陷的产生。此外,气体保护焊接技术还可以结合其他焊接方法,如TIG(钨极氩弧焊)、MIG(金属惰性气体焊)和MAG(金属活性气体焊)等,以满足不同应用和焊接要求。例如,TIG焊接以其精细焊缝、少气孔和优良的焊接外观在高要求的焊接应用中得到广泛应用;而MIG和MAG焊接由于其高效率、适应性强和自动化程度高等特点,在大规模和工业化生产中表现出色。

## 2.3 低温感应加热焊接技术

低温感应加热焊接技术是一种先进的焊接方法,它利用电磁感应原理在焊接区域内产生局部的高频感应电流,进而实现焊件的局部加热和熔化。与传统焊接方法相比,低温感应加热焊接技术具有能量高效、热影响区域小、焊接速度快等优点,特别适用于低温环境下对焊接热输入量有严格要求的钢结构焊接应用。在低温环境下,通过感应加热技术可以更精确地控制焊接区域的温度分布,从而避免过高的热输入和局部过热现象<sup>[1]</sup>。这对于低温环境下焊接材料的冷脆性问题具有重要意义,能够显著提高焊接接头的冷弯和冲击韧性。同时,低温感应加热焊接还可以有效减少焊接区域的热变形和应力积累,有利于提高焊接接

头的稳定性和持久性。在实际应用中,低温感应加热焊接技术通常与自动化控制系统和先进的焊接设备相结合,以实现焊接参数的精确控制和复杂焊接路径的自动执行。通过预先设定感应加热参数、焊接速度和保护气体流量等关键参数,可以实现高质量、高效率的钢结构低温焊接,满足不同应用场景和特殊焊接要求。此外,低温感应加热焊接技术还具有较强的适应性和灵活性,能够适应各种不同材料、厚度和形状的焊接需求。无论是薄壁结构的薄板焊接,还是厚板结构的厚板焊接,甚至是复杂几何形状的焊接接头,都可以通过合理设计和优化感应加热工艺来实现。

## 3 钢结构低温焊接的温度控制

### 3.1 预热与焊接前的温度控制

钢结构在低温环境下焊接时,预热和焊接前的温度控制是确保焊接接头质量和性能的关键步骤。预热主要是为了提高焊接区域的温度,减少焊接时由于冷却速度过快造成的冷脆性问题<sup>[2]</sup>。通过预热可以使焊接材料达到一个较为适宜的焊接温度,从而提高焊接接头的韧性和延展性,减少焊接过程中的裂纹和缺陷。预热温度的选择应基于钢材的类型、厚度和焊接方法等因素进行合理确定。通常较低碳钢需要较高的预热温度以确保焊接接头的质量;而高强度、低合金钢或特殊钢材可能需要更精确的预热控制,以满足其特殊的焊接性能要求。同时,预热的时间和速度也应适当控制,避免焊接区域的过度加热和退火,影响焊接接头的强度和硬度。除了预热,焊接前的温度控制也是至关重要的。在焊接前必须确保焊接区域的温度稳定在预定的焊接温度范围内,避免由于温度波动造成的焊接质量不稳定。这通常通过采用恒温设备和温度监测系统来实现,确保焊接过程中的温度变化在可接受范围内。

### 3.2 焊接过程中的温度实时监控与调整

在钢结构低温焊接过程中,实时温度监控与调整是确保焊接接头质量和一致性的关键环节。通过实时监测焊接区域的温度变化,可以及时发现并纠正焊接过程中可能出现的温度偏差和异常情况,从而保证焊接接头的均匀性和稳定性。为了实现有效的温度监控,通常会采用高精度的温度传感器和先进的数据采集系统。这些设备能够实时采集焊接区域的温度数据,并将其转化为可视化的温度曲线和图表,为焊工提供直观的温度变化趋势和实时数据。同时,通过与焊接设备和自动化控制系统的连接,还可以实现温度自动调整和反馈控制,确保焊接过程中的温度稳定在预定的焊接温度范围内。在焊接过程中,一旦检测到温度异常或偏离预定范围,应立即采取相应的调整措施,这可能包括调整焊接电流、电压和焊接速度等关键参数,或者增加或减少保护气体的流量,以恢复和维持焊接区域的稳定温度。此外,还应对可能影响温度的外部因素,如环境温度、焊接位置和焊接材料的特性等进行全面考虑和分析,以确保焊接过程的连续性和一致性。

### 3.3 焊后温度应力消除技术

焊接完成后,钢结构常常会因为焊接过程中的温度变化而产生内部应力,这些应力可能会导致焊接接头出现变形、裂纹或其他质量问题。为了减少或消除这些焊后温度应力,需要采用专门的温度应力消除技术,以确保焊接接头的稳定性和持久性。一种常用的温度应力消除方法是焊后热处理,通常包括焊后退火和焊后时效两种。焊后退火是通过加热焊接接头至一个适当的温度,然后缓慢冷却至室温,以减少焊接区域的内部应力。焊后时效则是在低温条件下持续加热焊接接头一段时间,再进行适当的冷却,以调整和稳定其微观组织和性能。除了热处理方法,还可以采用局部挤压、超声波震动、喷水冷却等物理方法,或者采用应力释放切割、电解处理等化学方法来消除焊后温度应力。这些方法各有优缺点,选择合适的应力消除技术应基于具体的焊接材料、焊接方法、焊接结构和应用要求等因素进行综合考虑。在应用温度应力消除技术时,必须确保操作参数、时间和过程控制得当,以避免引入新的焊接缺陷或影响焊接接头的性能。此外,还需要进行严格的质量检测和评估,以确保焊后温度应力消除效果满足设计和规范要求。

## 4 钢结构低温焊接的影响因素及对策

### 4.1 材料选择与特性

钢结构低温焊接的影响因素之一是材料选择与特性。在选择合适的材料时,需综合考虑其化学成分、机械性能和焊接特性。低碳钢和低合金钢通常具有良好的焊接性能和韧性,适用于低温环境下的焊接。而高碳钢和高合金钢在焊接过程中可能遇到困难,容易产生焊接缺陷和焊后脆性问题。此外,机械性能也至关重要,需考虑抗拉强度、屈服强度和延伸率等指标,以确保焊接接头在低温条件下的稳定性和可靠性。此外,焊接特性如熔池流动性和热影响区硬化倾向,对焊接质量同样有重要影响<sup>[3]</sup>。针对这些影响因素,可采取合适的对策,如优化焊接工艺和参数、进行充分的材料测试和评估,以及加强焊接过程的质量控制和监测。通过综合考虑并采取相应对策,可以有效提高钢结构低温焊接的质量和可靠性。

### 4.2 焊接工艺参数与设备

钢结构低温焊接的另一个关键影响因素是焊接工艺参数与设备的选择与应用。合适的焊接工艺参数,如预热温度、焊接电流、焊接速度和焊接材料的选择,对于确保焊接接头质量和性能至关重要。不恰当的参数设置可能导致焊接缺陷,如裂纹、气孔和硬化倾向增加,从而降低焊接接头的可靠性和耐用性。同时,先进和适用的焊接设备也是保证焊接质量的关键。高效、稳定的焊接设备能够提供稳定的焊接电流和电压输出,保证焊接过程的一致性和

可控性。为应对这些影响因素,必须确保焊接工艺参数与设备的选择与应用是经过充分测试和验证的。通过不断优化和调整焊接工艺参数,以适应不同的焊接需求和材料特性,以及定期维护和更新焊接设备,可以有效提高钢结构低温焊接的质量和可靠性。

### 4.3 环境条件与安全措施

在钢结构低温焊接过程中,环境条件与安全措施也是决定焊接质量和工作效率的关键因素。首先,焊接环境的温度、湿度和风速等因素都会直接影响焊接过程的稳定性和焊接接头的质量。特别是在低温环境下,确保焊接区域的稳定温度和相对湿度是防止焊接缺陷和提高焊接质量的重要步骤。其次,安全措施在焊接过程中同样不容忽视,焊接过程中会产生有害气体、烟雾和火花,如果不采取适当的防护措施,可能会对操作人员造成伤害。因此,必须配备有效的通风设备、个人防护装备和火灾防护措施,确保操作人员的安全。针对这些影响因素,应确保焊接环境的稳定性和安全性,采取必要的环境调控措施,如加热设备、湿度调节器和风速控制装置等。同时,严格执行焊接安全规程,提供充足的个人防护装备,进行定期的安全培训和演练,确保操作人员能够正确使用焊接设备和工具,并熟悉应急处理程序。

## 5 结语

低温焊接技术在钢结构工程中展现出深远的理论价值与实用价值。随着建筑结构对材料性能和工艺精度的不断追求,低温焊接已经成为行业发展的前沿趋势。通过深入分析和研究,我们能够精准把握焊接过程的核心环节,从而显著提升焊接接头的质量与性能。同时,正确的材料选择、工艺参数调整以及严格的环境和安全管理,都是确保低温焊接成功的不可或缺的元素。随着理论和实践的持续推进,低温焊接技术将更为完善,进一步广泛应用于建筑钢结构工程,为提高工程质量、优化施工流程和确保工人安全做出重要贡献。

### [参考文献]

- [1]王铁阳,白泽,王宠,等.建筑钢结构工程低温焊接技术应用研究[J].中国住宅设施,2022(9):160-162.
- [2]王佳星,姚全斌,林鹏荣,等.电子元器件低温焊接技术的研究进展[J].电子与封装,2022,22(9):13-20.
- [3]代程.建筑工程中钢结构安装焊接施工技术应用探究[J].河南科技,2022,41(5):77-80.

作者简介:唐家杰(1989.5—),毕业院校:西南交通大学,所学专业:建筑与土木工程,当前就职单位:基准方中建筑设计股份有限公司,职务:结构工程师,职称级别:中级。