

# 浅谈钢结构焊接施工工艺

郭龙<sup>1</sup> 周秀<sup>2</sup>

1. 天津福滨源人力资源开发服务有限公司 天津 300450

2. 天津市永昌焊丝有限公司 天津 300450

**摘要:** 钢结构焊接施工工艺在建筑领域,尤其是高层钢结构施工中占据重要地位。焊接作为关键工序,直接关系到工程的整体质量、安全性和施工进度。本文深入探讨了钢结构焊接施工工艺的各个方面,包括焊接技术的含义与种类、钢结构的特点与焊接施工难点、主要焊接施工工艺的应用以及焊接工艺的创新与控制措施。通过不断改进焊接工艺方法,提高工人操作技术水平,加强质量检验和跟踪,旨在提升钢结构焊接水平,确保工程质量和安全。

**关键词:** 钢结构; 焊接施工; 施工工艺

引言: 随着建筑行业的快速发展,钢结构因其轻质高强、抗震性好等优点,在高层建筑、大型桥梁等领域得到广泛应用。而焊接作为钢结构连接的主要方式,其施工工艺的优劣直接影响到钢结构的整体性能和安全性。因此,深入研究钢结构焊接施工工艺,探讨其特点和难点,提出有效的控制措施和创新方法,对于提升钢结构工程质量和推动建筑行业发展具有重要意义。

## 1 钢结构施工中的焊接工艺概述

### 1.1 焊接技术的含义

焊接是一种通过加热或加压,或两者兼用,并可能选用填充材料,使两个或多个分离的金属物体(同种或异种金属)达到原子(分子)间结合而连接成一体的成形方法。它是钢结构工程中的关键技术之一,不仅决定了结构的整体强度和稳定性,还直接影响到工程的安全性、耐久性和经济性。焊接技术不仅要求操作精准,还需要对材料性能、焊接设备、焊接环境等多方面因素有深入的了解和控制。在钢结构施工中,焊接连接是一种重要的连接方式。通过焊接,可以将钢结构中的各个部件牢固地连接在一起,形成一个整体,从而满足建筑设计的各项要求。焊接技术的优劣直接影响到钢结构的整体质量和施工效率。因此,在钢结构施工中,必须高度重视焊接技术的应用和控制<sup>[1]</sup>。

### 1.2 焊接技术的种类

焊接技术种类繁多,根据加热程度和工艺特点的不同,主要可以分为熔焊、压焊和钎焊三大类。

#### 1.2.1 熔焊

熔焊是将工件焊接处局部加热到熔化状态,形成熔池(通常还加入填充金属),冷却结晶后形成焊缝,被焊工件结合为不可分离的整体。熔焊过程中,焊件和焊丝(或填充金属)在热源的作用下熔化,形成熔池。熔

池中的金属在冷却过程中凝固,形成焊缝。熔焊的主要热源有电弧、火焰、激光等。常见的熔焊方法有手工电弧焊、埋弧焊、气体保护焊、激光焊等。熔焊具有接头强度高、焊接变形大等特点,适用于各种厚度和材质的焊件。

#### 1.2.2 压焊

压焊是在焊接过程中,无论加热与否,均需要加压的焊接方法。压焊通过施加压力使焊件表面产生塑性变形,从而实现连接。压焊过程中,焊件表面在压力的作用下产生塑性变形,金属原子相互接近并发生扩散,形成冶金结合。常见的压焊方法有电阻焊、摩擦焊、超声波焊等。压焊具有焊接接头质量好、生产效率高、操作简单等优点,适用于薄板、小件和精密结构的焊接。

#### 1.2.3 钎焊

钎焊是采用熔点低于被焊金属的钎料(填充金属)熔化之后,填充接头间隙,并与被焊金属相互扩散实现连接<sup>[2]</sup>。钎焊过程中,钎料在热源的作用下熔化,填充接头间隙并与被焊金属发生冶金反应,形成牢固的连接。常见的钎焊方法有火焰钎焊、电阻钎焊、感应钎焊等。钎焊具有接头强度高、焊接变形小、接头表面质量好等优点,适用于精密结构、复杂形状和异种金属的焊接。同时,钎焊还可以用于修复和加固焊接接头。

## 2 钢结构焊接施工工艺的特点和难点

### 2.1 钢结构特点

钢结构作为现代建筑中广泛应用的一种结构形式,具有显著的特点。第一,钢结构的造型新颖独特,结构体系繁多,节点构造复杂。这种复杂性不仅体现在设计层面,更在实际施工中带来了一系列挑战。例如,国家体育场“鸟巢”钢结构工程,其桁架柱、主桁架、次结构焊接节点错综复杂,焊缝纵横交错,施工难度极大。

第二, 钢结构建筑通常高度较高, 结构跨度大, 对抗震性能的设计要求极高。框架梁与柱的连接焊缝、剪力板与柱的连接焊缝等, 都是结构的主要部位, 需要采用坡口熔透一级焊缝, 并进行100%超声波探伤, 以确保焊接质量。第三, 钢结构所使用的钢材品种规格多, 且越来越多地采用低合金高强度结构钢和大厚度钢材。随着钢铁生产工艺的不断进步, 铸钢、奥氏体不锈钢、复合钢板等材料也得到广泛应用。这些新材料的应用, 对现场施工前的焊接性试验、焊接工艺参数的科学探索以及相应焊接工艺措施的制定, 都提出了更高要求。第四, 钢结构在工厂制作和现场安装过程中, 关联因素多, 不同工种交叉作业频繁, 现场安装难度较大<sup>[3]</sup>。

## 2.2 焊接施工难点

钢结构焊接施工的难点主要体现在以下几个方面。第一, 焊接过程中产生的热应力会影响钢结构的初始结构平衡, 可能导致钢结构在使用过程中发生变形、裂纹和疲劳破坏。因此, 需要严格控制焊接过程中的加热温度和冷却过程, 以降低热应力的影响。第二, 焊接区域的冷却过程与整块材料的冷却过程不同, 容易产生微小缺陷, 影响钢结构的整体强度。这就要求在焊接前对钢材的交货状况进行实时检查, 进行新钢种的焊接性试验, 并探索科学的焊接工艺参数。第三, 在钢结构原材料的焊接过程中, 有时会发现原本应有的表面镀层和防护层(如镀锌层、防腐漆等)因焊接时的高温及氧气与金属的反应而消失, 但需注意, 现场焊接的原材料表面有时并未预先施加这些镀层和防护层。因此, 需要在焊接后对钢结构进行必要的防腐处理。第四, 由于钢结构造型复杂, 节点多样, 焊接接头形式多, 对焊接技术的要求极高。需要经验丰富的焊接工程师和质检人员参与, 以确保焊接质量。

## 3 钢结构主要焊接施工工艺的应用

### 3.1 高强焊接技术

高强焊接技术是钢结构焊接中的一项关键技术, 尤其在需要承受高应力和高荷载的结构中显得尤为重要。高强钢因其优越的强度和韧性, 广泛应用于汽车、航空航天及建筑等领域。然而, 焊接高强度钢面临许多挑战, 如在焊接过程中容易出现热影响区硬化和脆化现象。因此, 高强焊接技术需要严格控制焊接参数, 如焊接电流、焊接时间和压力, 以避免焊接缺陷的产生。现代焊接设备通常配备了智能控制系统, 可以实时监测和调整焊接参数, 确保焊接质量。预热和后处理等技术手段也可以有效改善高强度钢的焊接性能, 减少变形和裂纹的风险。

### 3.2 低温焊接技术

低温焊接技术主要应用于寒冷环境下钢结构的焊接。在低温条件下, 焊接材料的冷却速度加快, 容易产生焊接裂纹和脆化现象。因此, 低温焊接技术需要采取一系列措施来保证焊接质量。(1) 需要正确选择预热温度和预热方式, 以减少焊接时的温度梯度, 降低热应力。(2) 在焊接过程中, 需要严格控制焊接参数, 如电流、电压和焊接速度, 以确保焊缝的质量和性能。(3) 还需要采取紧急后热和保温缓冷措施, 以防止焊缝在冷却过程中产生裂纹。低温焊接技术的应用, 不仅保证了寒冷环境下钢结构的质量, 还推动了相关技术的发展和

### 3.3 厚钢板焊接技术

厚钢板焊接技术是钢结构焊接中的重要组成部分。厚钢板在焊接过程中容易产生较大的焊接应力和变形, 因此, 需要采取一系列措施来保证焊接质量。(1) 需要合理选择焊接方法和焊接参数, 如采用埋弧焊或气体保护焊等高效焊接方法, 以及严格控制电流、电压和焊接速度等参数。(2) 在焊接前需要对钢板进行预热处理, 以减少焊接时的温度梯度, 降低热应力。还需要采取多层多道焊接和锤击焊缝等措施, 以进一步减小焊接应力和变形<sup>[4]</sup>。厚钢板焊接技术的应用, 不仅提高了钢结构的承载能力和耐久性, 还为大型钢结构工程的建设提供了有力支持。

## 4 焊接工艺运用的创新

### 4.1 创新控制焊接变形的技术

在焊接工艺中, 控制焊接变形一直是技术创新的重点。传统的焊接方法往往因高温作业导致材料热应力增大, 从而引发变形。为了克服这一难题, 多种创新技术应运而生。第一, 优化焊接序列是一种有效的控制变形手段。通过采用对称焊接和从中心向外焊接的方式, 可以显著减少焊接过程中的不均匀热应力, 从而降低变形风险。刚性夹具和支撑装置的使用也能有效限制焊接件的自由变形, 确保其保持在正确的位置。第二, 控制焊接能量输入也是防止变形的重要手段。对于薄板焊接, 采用较小的焊接电流可以减少热输入; 而对于厚板焊接, 则通过多道均匀焊接来分散热输入, 从而减少热应力。第三, 预热和后热处理技术也能有效降低焊接过程中的温度梯度, 减少变形。近年来, 随着自动化技术的发展, 焊接机器人已经成为现代制造业中的重要设备。通过精确控制焊接参数, 焊接机器人可以实现高效、精确的焊接操作, 进一步降低变形风险。实时监测和调整焊接过程中的参数和质量, 也能及时发现并纠正可能导

致变形的因素。

#### 4.2 焊接工艺中的低温处理技术

传统的焊接工艺普遍依赖于高温来熔化金属接头，这种高温过程往往伴随着材料的显著变形和较高的热应力，成为许多应用中的难题。（1）为了克服这些局限，低温焊接技术应运而生。这种技术通过大幅度降低焊接作业的温度，有效地减小了焊接过程中的热影响区域，从而显著减轻了材料的变形问题，并降低了热应力。这种优势使得低温焊接技术在需要精确控制材料性能和外观的领域中显得尤为适用。（2）低温焊接的应用范围十分广泛。它不仅能够满足同种金属材料之间的可靠连接需求，还能够实现金属与非金属材料之间的创新连接。（3）低温焊接技术凭借其降低焊接温度、减少热影响区域和提供广泛材料组合能力等优势，正在电子设备、汽车制造以及其他众多工业领域中发挥着越来越重要的作用。这种创新技术的广泛应用，无疑将推动现代焊接工艺的不断进步和发展。

### 5 钢结构焊接变形的控制措施探讨

#### 5.1 合理选择焊接方法与工艺参数

钢结构焊接变形的首要控制措施在于合理选择焊接方法与工艺参数，对于屈服强度355MPa以下、淬硬性不强的钢材，应采用较小的热输入，尽可能不预热或适当降低预热、层间温度。优先选用热输入较小的焊接方法，如CO<sub>2</sub>气体保护焊，这种方法能有效减少焊接过程中的热输入，从而降低焊接变形。厚板焊接应尽可能采用多层焊代替单层焊，通过多层焊接，可以分散焊接过程中的热量输入，减少焊缝截面积，进而减少焊接变形。在满足设计要求的情况下，纵向加强板和横向加劲肋的焊接可采用间断焊接法，这种方法通过减少连续焊缝的长度，进一步控制焊接变形<sup>[1]</sup>。

#### 5.2 优化焊缝设计与布置

焊缝的设计与布置在控制焊接变形中扮演着至关重要的角色。为最小化焊接变形，设计上应追求焊缝数量与尺寸的最优化，合理分布焊缝以避免过度集中。理想情况下，焊缝应尽可能靠近并对称于构件的中性轴布置，这样的布局能显著减小焊接过程中产生的应力，进而降低焊接变形。在处理较厚板材的对接接头时，推荐采用X型坡口替代V型坡口，以缩减熔敷金属的使用量，

从而进一步抑制焊接变形。对于无需严格强度计算的T形接头，应选择工艺上合理且最小的焊脚尺寸，并考虑使用断续焊缝替代连续焊缝，以减少变形量。在焊接实践中，推荐采用双面对称坡口设计，并在多层焊接时遵循与构件中性轴对称的焊接顺序，这些措施都将有助于更有效地控制焊接变形。

#### 5.3 焊前准备与焊后处理

焊前准备是控制钢结构焊接变形的重要一环，主要包括精确定位和夹紧构件，采用刚性夹具固定以增强构件焊前的刚性，从而防止自重或外力导致的变形。对于长构件，关键在于提高板材平整度和组装精度，确保坡口角度、间隙及电弧指向的准确性，使焊缝变形沿构件长度方向保持一致。焊后处理则侧重于补偿和矫正变形，预留长度法并非焊前工艺，而是焊后为补偿焊缝纵向收缩变形的一种手段，如H型钢纵向焊缝每米预留0.5mm-0.7mm等。另外，焊后加热矫正法通过不均匀加热产生反向变形，以抵消焊后变形，但需注意火焰位置和加热温度，以防金属变脆或冲击韧性受损。

#### 结束语

综上所述，钢结构焊接施工工艺在建筑施工中发挥着至关重要的作用。通过不断改进焊接工艺方法，提高工人技术水平，加强质量检验和跟踪，我们可以有效控制焊接变形，提高焊接质量。创新控制焊接变形的技术和低温处理工艺也为钢结构焊接带来了新的发展机遇，我们应继续深化对钢结构焊接施工工艺的研究，推动其不断创新与发展，为建筑行业的可持续发展贡献力量。

#### 参考文献

- [1]杜月胜.建筑工程中钢结构安装焊接施工技术应用[J].建材与装饰,2019(34):28-29.
- [2]于孟佳.建筑工程中钢结构安装焊接施工技术的应用[J].建材与装饰,2019(32):28-29.
- [3]林建新,罗田.大型钢结构焊接变形控制工艺的探究[J].设备管理与维修,2021(05):97-99.
- [4]张鹏,马晓霞,王俊红.建筑钢结构的焊接工艺与性能研究[J].铸造技术,2020,38(08):2005-2007.
- [5]郝燕,苏宝奎,薛玉晶.钢结构焊接工艺的质量控制及检验[J].钢结构,2020,27(S1):354-356.