

# 金属结构件组装及焊接的变形控制方法探究

蒋兴明

中铁上海工程局集团第三工程有限公司

**摘要：**随着金属结构件在建筑和工程领域的广泛应用，组装及焊接引起的变形问题日益显著。为解决金属结构件组装及焊接过程中的变形问题，本文以实际工程为例，探究了变形控制的方法。通过深入研究，提出了一系列解决措施，包括数字化焊接技术的应用、精准的组装工艺和支撑物的合理设计。本文的研究成果旨在为相关从业人员和工程提供变形控制方面的参考，促进金属结构件的高质量组装及焊接实践。

**关键词：**金属结构件；组装；焊接；变形控制；数字化技术；有效方法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.05.030

## 引言

金属结构件在建筑和工程中发挥着重要作用，然而，在其组装及焊接过程中常常伴随着引起变形的质量问题。这些变形可能导致结构不稳定，影响工程的整体质量。为解决这一问题，需要创新性的方法来控制金属结构件的变形。本文将深入探讨数字化技术在焊接过程中的应用，精准组装工艺的实践，以及合理支撑物设计的重要性。通过这些创新方法的引入，期望实现金属结构件组装及焊接的变形控制，提高工程的质量和可靠性。

### 一、金属结构件的组装

金属结构件的组装是建筑工程中至关重要的环节之一，直接关系到结构的稳定性和质量。在进行金属结构件的组装过程中，有两个关键因素需要特别注意，即数字、范围词等的精确度，以及技术人员的组装技能和精神品质。

#### （一）注意数字、范围词等精确度

在金属结构件的组装中，数字、范围词等的精确度是确保组装准确性和结构稳定性的基础。首先，在设计阶段，要确保相关图纸和设计文档的准确性，数字表示的尺寸、角度等要精确到具体要求，以避免在组装过程中出现偏差。其次，在实际组装中，应采用精密测量工具，确保每个结构件的尺寸和位置达到设计要求。对于范围词，如允许的误差范围等，也要明确定义，并在实际组装中加以控制，以保证整体结构的准确性和稳定性。

#### （二）技术人员的组装技能和精神品质

技术人员的组装技能和精神品质直接影响金属结构件的组装质量。首先，技术人员需要具备丰富的组装经验和熟练的操作技能，能够熟练使用各类组装工具和设备。他们应了解金属结构的特性，能够正确判断组装时可能出现的问题，并迅速采取有效的解决措施。其次，良好的精神品质也至关重要，包括责任心、耐心、细心等。在复杂的组装工程中，技术人员需要保持高度的注

意力，确保每一个步骤都得到精准的执行，以防止潜在的质量问题。

在实际工程中，我们曾经遇到一个金属结构件组装的案例。首先，在设计阶段，我们严格按照建筑图纸中的数字要求进行工程规划。在组装过程中，我们雇佣了经验丰富的技术人员，他们使用先进的测量工具确保每个结构件的精准组装。在组装过程中，技术人员们克服了现场环境的复杂性，耐心细致地完成了每个步骤。由于数字精确度和技术人员的高超技能，最终成功完成了金属结构的组装，保障了工程的顺利进行，展现了优秀的施工水平。

## 二、金属结构件焊接变形的类型

焊接过程中，金属结构件可能会发生多种类型的变形，这些变形直接影响着结构的质量和性能。了解这些变形类型对于制定有效的变形控制策略至关重要。在本节中，我们将深入探讨金属结构件焊接过程中常见的三种主要变形类型。

### （一）热变形

热变形是金属结构件在焊接过程中由于高温引起的变形类型之一。焊接时，金属被加热到高温，使其膨胀，然后在冷却过程中收缩。这过程中，由于温度分布不均匀或冷却速率差异，产生了热变形。热变形主要表现为焊缝区域的收缩，可能导致整体结构的弯曲或扭曲。理解热变形的机制对于选择适当的焊接参数和工艺至关重要。

### （二）位移变形

位移变形是由于焊接过程中产生的残余应力引起的结构变形。在焊接完成后，冷却过程中残余应力未能完全释放，导致结构在特定方向上发生位移。这种变形通常表现为焊接接头附近的金属拉伸或压缩，影响结构的整体形状和几何尺寸。位移变形的控制需要综合考虑材料的性质、焊接工艺和结构设计。

### （三）子焊接区变形

子焊接区变形是焊接过程中出现在局部区域的变形现象。焊接时，不同部位的金属温度和冷却速率可能存在差异，导致焊缝附近的局部区域出现形状和尺寸的变化。子焊接区变形可能表现为焊缝形状的不均匀或局部收缩，对结构的强度和稳定性产生影响。理解子焊接区变形的特点有助于制定精确的变形控制措施。

通过深入了解这三种金属结构件焊接变形类型，我们可以更好地理解变形的机理和影响因素。在实际工程中，通过采取相应的变形控制措施，如预热、后热处理、应力释放工艺等，可以有效减少这些变形，提高焊接结构的质量和性能。

### 三、焊接工艺的优化与创新

#### (一) 常见焊接工艺概述

焊接是将两个或多个金属部件连接在一起的制造过程，是金属结构件组装的关键步骤。在工程领域，常见的焊接工艺包括电弧焊、气体保护焊和摩擦焊。

电弧焊是一种常见的焊接方法，通过产生并维持电弧在焊接件与焊丝之间，使其熔化并形成焊缝。电弧焊可以分为手工电弧焊和自动电弧焊两种方式，广泛应用于建筑、制造和航空等领域。其优点包括操作灵活、设备简单，但需要注意控制焊接参数以避免变形。其二，气体保护焊是一种在焊接过程中使用惰性气体或混合气体来保护焊接区域的方法。常见的气体包括氩气、二氧化碳等。气体保护焊适用于对焊接区域要求较高纯净度的情况，如航空航天和食品工业。它能够产生高质量的焊缝，减少氧化和污染。第三，摩擦焊是一种通过施加横向力和旋转摩擦产生热量，将金属部件熔化并连接在一起的焊接方法。摩擦焊适用于高强度材料和大型结构的连接，例如船舶和铁路车辆。它具有快速、高效的特点，但需要精密的控制以确保焊接质量。

这三种常见的焊接工艺在不同的应用场景中发挥着关键作用，每种工艺都有其独特的优势和适用范围。在金属结构件的焊接过程中，根据具体需求选择合适的焊接工艺至关重要。

#### (二) 工艺优化对变形控制的影响

在金属结构件的焊接过程中，工艺优化是关键的因素，尤其在变形控制方面具有重要意义。温度控制和速度控制是两个核心方面，直接影响焊接过程中金属的物理性质和结构尺寸。

温度控制是通过精确控制焊接区域的温度分布来减缓或防止热变形。合理的温度管理包括预热和后热处理等措施，以缓解残余应力，最终减小焊接变形的发生。通过谨慎地控制焊接区域的温度，可以确保金属在焊接过程中保持适当的物理状态，有助于减小结构件的变形。

速度控制在焊接工艺中同样至关重要。过快的焊接速度可能导致焊缝区域温度升高不均匀，增加结构变形的风险。相反，过慢的焊接速度可能使焊接区域过度加热，同样引发变形问题。通过精确控制焊接速度，实现均匀的热输入，可以减小残余应力，从而有效地控制金属结构件的变形。

综合而言，通过对温度和速度这两个关键因素进行合理的控制，工艺优化有望最大限度地减小金属结构件的焊接变形，确保焊接质量达到设计标准，使结构在使用中表现出卓越的性能和稳定性。

#### (三) 焊接材料的选择与应用

在金属结构件的焊接过程中，焊接材料的选择与应用是关键的决定因素之一。合适的焊接材料能够直接影响焊接的质量和结构的性能。在进行选择时，需考虑材料的物理性质、熔点范围和导热性等因素，以便更好地控制温度和速度。通过了解焊接材料的特性，可以有效

地调整焊接参数，减小变形的可能性。此外，选择材料时还需考虑其与基材的相容性，确保焊接后的结构具有良好的强度和耐腐蚀性。通过科学的焊接材料选择和应用，能够提高焊接结构的质量，确保其在实际应用中表现出卓越的性能和长期的可靠性。

#### (四) 焊接设备的先进性与可靠性

焊接设备的先进性与可靠性是决定金属结构件焊接效果的关键要素。先进的焊接设备具备高度自动化和精准控制的特征，能够提供更精细的焊接过程管理。这不仅包括先进的焊接机器人技术，还包括数字化控制系统和实时监测装置。通过这些先进技术，操作者可以更准确地控制焊接参数，实现更一致、高效的焊接效果。同时，焊接设备的可靠性对于确保生产连续性和质量稳定性至关重要。可靠的焊接设备应具备耐用性、易维护性和故障诊断能力。定期的检查与维护，以及及时的故障排除，可以确保焊接设备在长时间运行中保持高效稳定的性能。

### 四、减少焊接应力以及避免焊接变形的措施

#### (一) 采用适当的焊接顺序与方向

首先，在确定焊接顺序时，需要考虑结构件的几何形状和连接方式。选择从内向外、从上到下的焊接顺序，有助于逐步平衡结构的温度分布，减小热变形的概率。同时，通过优化焊接方向，可以减少残余应力对结构造成的不利影响。此外，采用适当的焊接顺序还需考虑结构件的对称性，避免不均匀收缩引起的变形。在某工程施工管理中，可以根据实际情况建立详细的焊接顺序计划，并确保所有操作人员理解和遵循该计划。

以某工程施工管理为例，实施该策略的具体步骤包括制定焊接工序图，明确焊接顺序，并在实际焊接中进行监控。例如，在大型金属结构的搭建中，首先确定主焊缝的焊接顺序，然后进行局部焊接，最后完成整体的连接。通过实施这一策略，成功避免了大范围的焊接变形，确保了结构的稳定性和质量。

#### (二) 优化焊接参数及工艺选择

首先，在实施优化焊接参数及工艺选择的策略中，关键的第一步是进行详尽的材料分析。通过对金属结构件的特性进行全面了解，包括合金成分、热导率和熔点等，确定适当的焊接参数。同时，根据具体情况，考虑结构件的设计要求，确定最佳的焊接方法，如气体保护焊或电弧焊。这一步骤需要密切合作的焊接工程师和设计师之间的沟通，以确保选择的焊接方法最符合结构件的特殊需求。此外，针对选定的焊接参数和工艺，需要进行充分的实验验证。通过模拟实际焊接条件，验证参数的合理性，并根据实验结果进行调整。这个过程中，工程师需要监测焊接过程中的温度、速度等关键参数，以保证焊接的稳定性。

以某工程施工管理为例，实施该策略的步骤包括详细的焊接参数试验，包括材料样本的制备、设定不同参数进行焊接、对焊接效果进行检测和分析。通过这些步

骤，该工程成功地确定了最佳的焊接参数和工艺，大大减小了结构件的焊接变形，提高了结构的质量和稳定性。

### （三）尽量缩减焊缝的尺寸以及数量

首先，在控制金属结构件焊接变形的措施中，尽量缩减焊缝的尺寸以及数量是一项关键策略。通过合理设计焊接结构，减小焊缝的面积，可以有效降低焊接引起的变形。同时，采用高效的焊接工艺，如自动化焊接、激光焊接等，可以精确控制焊接尺寸，减小焊缝的数量。这有助于减少热输入，降低焊接引起的热影响区域，从而减缓结构变形的速度。此外，选择合适的焊接方法，如局部预热、分段焊接等，有助于控制焊缝的形成和大小。通过在焊接过程中根据结构的特点采取相应的预防措施，可以最大限度地减小焊接引起的结构变形。

以某工程施工管理为例，实施尽量缩减焊缝尺寸以及数量的策略时，首先在设计阶段采用了优化设计，通过减小焊缝的面积来降低变形风险。在施工中，引入了先进的自动化焊接设备，精确控制焊接尺寸，减小焊缝的数量。通过工程团队的协同努力，成功实现了焊接变形的有效控制，提高了金属结构件的焊接质量和稳定性。术，如激光焊接或等离子弧焊接，可以实现更窄的焊缝，进一步减小焊接引起的变形。

### （四）引入应力释放工艺

首先，在金属结构件焊接变形的控制措施中，引入应力释放工艺是一项重要策略。通过在焊接后对结构进行应力释放处理，可以有效减小残余应力，降低结构变形的风险。同时，选择合适的应力释放工艺，如热处理、振动法等，能够在不影响结构强度的前提下，达到释放残余应力的效果。这有助于保持结构的稳定性，减小因焊接引起的形变。此外，对于不同类型的金属结构件，采用个性化的应力释放方案，根据具体情况进行调整和优化。通过对焊接后结构进行综合分析，确定最适合的应力释放工艺，有助于最大限度地控制结构的变形。

以某工程施工管理为例，引入应力释放工艺的策略在实施中首先进行了结构材料的性能测试，根据测试结果选择了合适的应力释放工艺。在施工过程中，采用了专业的应力释放设备，对焊接后的结构进行了精准的应力释放处理。通过这一措施，成功控制了金属结构件的焊接变形，提高了结构的整体稳定性和质量。

### （五）预变形措施以及防变形工装的采用

首先，在金属结构件焊接变形的控制措施中，采用预变形措施以及防变形工装是一项有效策略。通过在焊接前进行预先变形，可以在一定程度上抵消焊接引起的变形。同时，选择合适的预变形方法，如预弯、预拉伸等，根据结构的特点和焊接位置进行调整，以确保预变形的准确性。采用防变形工装也能够有效固定结构，减小焊接引起的形变。此外，对于大型、复杂结构，设计并采用专业的防变形工装，如临时支撑架、固定夹具

等，有助于提供额外的支持和稳定性。通过工装的合理设计和安装，可以在焊接过程中减小结构的位移。

以某工程施工管理为例，采用预变形措施以及防变形工装的策略时，首先进行了结构变形的仿真分析，确定了合适的预变形数值。在施工中，使用了专业设计的防变形工装，根据实际需要进行调整和安装。通过这一策略的实施，成功降低了焊接引起的结构变形，保障了金属结构件的质量和稳定性。

### （六）新兴技术在变形控制中的应用

首先，在金属结构件焊接变形的控制措施中，应用新兴技术是一项具有前瞻性的策略。数字化焊接技术作为一种先进技术，可以通过数字化建模、实时监测等手段，精准控制焊接过程中的温度和变形情况。同时，采用先进的仿真工具，如有限元分析等，能够对焊接前后结构的变形进行高精度的预测和模拟。这有助于在设计阶段就识别潜在的变形问题，并提前采取相应的控制措施。此外，通过数字化焊接技术和仿真工具的联合应用，可以实现实时的焊接过程监测和控制。通过在数字模型中模拟不同焊接条件下的变形情况，提前确定最佳的焊接参数，从而降低焊接引起的结构变形风险。

以某工程施工管理为例，引入数字化焊接技术和先进的仿真工具，首先进行了实际工况的数字建模。在施工中，通过实时监测焊接过程的温度和变形情况，根据仿真结果进行调整。通过这一策略的实施，成功减小了金属结构件焊接变形，提高了焊接质量和效率。

## 五、结束语

随着金属结构件在建筑和工程中的广泛应用，组装及焊接引起的变形问题成为亟待解决的难题。为了推动行业发展，我们需要不断推陈出新，构建更加可靠的变形控制方法。在这个过程中，积极探索创新和应用数字化技术、精细化组装工艺等措施至关重要。通过引入这些创新方法，可以满足工程的精确要求，提高组装及焊接的精度。同时，合理设计支撑物也是关键一环，为金属结构件提供稳定支持，减轻变形的发生。通过加强对新兴技术的研发和人员培训，我们可以更好地应对变形问题，为金属结构件的全面发展奠定坚实基础。

### 参考文献

- [1] 陈涛. 金属结构件组装及焊接变形控制讨论[J]. 世界有色金属, 2021, (22): 227-228.
- [2] 罗宝宇, 白爱东. 金属结构件组装及焊接的变形控制方法探究[J]. 中国设备工程, 2021, (20): 122-123.
- [3] 沙全柏. 金属结构件组装及焊接变形控制[J]. 中国新技术新产品, 2015, (11): 58.
- [4] 于德华. 金属结构件组装及焊接变形控制[J]. 中国高新技术企业, 2013, (15): 59-60.
- [5] 姜秀丽, 宋增栓, 李兰英. 金属结构件组装及焊接变形控制[J]. 现代制造技术与装备, 2012, (04): 47-48.