

# 钢结构工程焊缝质量检测方法与标准研究

杨 利

云南航安工程检测有限公司 云南 昆明 650501

**摘 要：**钢结构工程焊缝质量检测是确保焊接部位质量、安全性和耐久性的重要环节。本文将详细介绍钢结构焊缝检测的主要方法，包括磁粉检测、超声波检测、射线检测、渗透检测等，并探讨相关的检测标准，以期为工程实践提供参考。

**关键词：**钢结构工程；焊缝质量检测；检测方法；检测标准

## 引言

随着建筑行业的快速发展，钢结构工程因其强度高、质量轻、施工速度快等优点被广泛应用于各类建筑中。然而，焊缝作为钢结构工程的关键连接部位，其质量直接影响到整体结构的安全性和耐久性。因此，对钢结构工程焊缝进行质量检测具有十分重要的意义。

### 1 钢结构工程焊缝质量检测的重要性

焊缝质量检测在钢结构工程中具有举足轻重的地位，其重要性不容忽视。钢结构作为现代建筑的主要承重结构形式，其稳定性和安全性直接关系到整个建筑的使用寿命和人民生命财产安全。而焊缝作为连接钢结构各部件的关键环节，其质量的好坏直接影响到结构的整体性能。高质量的焊缝能够确保钢结构部件之间的紧密连接，从而提高结构的承载能力和稳定性。在承受巨大荷载时，焊缝能够均匀传递力量，避免应力集中导致的结构破坏。同时，良好的焊缝质量还能有效抵抗外界环境的侵蚀，如风雨、腐蚀等，从而延长结构的使用寿命。反之，如果焊缝存在缺陷，如裂纹、夹渣、未熔合等，将极大地削弱结构的承载能力，甚至导致结构在正常使用过程中发生失效。更为严重的是，这些缺陷可能成为结构安全的隐患，一旦在极端条件下触发，将可能引发严重的安全事故，造成不可估量的损失。因此，对钢结构工程的焊缝进行严格的质量检测，是确保工程质量、保障建筑安全、延长使用寿命的必不可少的环节。

### 2 钢结构工程焊缝质量检测方法

#### 2.1 超声波检测

钢结构工程焊缝质量检测是确保结构安全、稳定的关键步骤，其中超声波检测作为一种高效且经济的检测方法，被广泛应用于焊缝质量的评估中。超声波检测的基本原理是，利用超声波在固体介质（如金属）中的传播特性，当超声波遇到焊缝内部的缺陷（如气孔、夹渣、裂纹等）时，会发生反射、散射或衰减，通过接收

并分析这些反射波的信号，可以准确地判断焊缝内部是否存在缺陷以及缺陷的位置、大小和性质。超声波检测具有诸多优点，首先其检测速度相对较快，能够在短时间内对大量焊缝进行有效的检测，大大提高了检测效率。其次，超声波检测的成本相对较低，不需要昂贵的设备和复杂的操作过程，使得其在工程实践中具有广泛的应用前景。此外，超声波检测对焊缝的几何形状和表面状态要求不严格，能够适用于各种复杂形状的焊缝检测。在实际应用中，超声波检测通常配合专业的检测设备和探头进行。检测前，需要对焊缝表面进行适当的清洁和处理，以确保超声波能够顺利传播。检测时，探头会沿着焊缝移动，发射并接收超声波信号。通过专业的分析软件，对接收到的信号进行处理和解读，从而得出焊缝内部缺陷的详细信息<sup>[1]</sup>。需要注意的是，超声波检测虽然具有诸多优点，但也存在一定的局限性。例如，对于某些特殊类型的缺陷（如微小裂纹或复杂形状的夹渣），超声波可能无法准确检测。因此，在实际应用中，通常需要结合其他检测方法（如射线检测、磁粉检测等）进行综合评估，以确保焊缝质量的全面把控。

#### 2.2 磁粉检测

磁粉检测作为钢结构工程焊缝质量检测的重要手段之一，以其高灵敏度和快速检测的特点，在检测焊缝表面及近表面缺陷方面展现出了显著的优势。该方法基于磁学原理，通过在被检测的焊缝上施加磁场，使焊缝及其附近区域产生磁化。随后，将磁粉均匀撒布在焊缝表面，这些磁粉在磁场的作用下会呈现出特定的排列模式。当焊缝表面或近表面存在裂纹、夹渣、未熔合等缺陷时，这些缺陷会打破磁场的连续分布，形成局部磁极，即所谓的“漏磁场”。磁粉在漏磁场的作用下会被吸引并聚集在缺陷处，形成明显的磁痕，从而直观地显示出缺陷的位置、形状和大小。磁粉检测具有多方面的优点。首先，其灵敏度高，能够检测出微小的表面缺

陷,这对于确保焊缝的完整性和安全性至关重要。其次,检测速度快,能够在短时间内对大量焊缝进行筛查,提高检测效率<sup>[2]</sup>。此外,磁粉检测对焊缝的表面状态要求相对较低,即使焊缝表面存在一定的粗糙度或污染,也能进行有效的检测。然而,磁粉检测也存在一定的局限性。它主要适用于检测铁磁性材料的焊缝,对于非铁磁性材料(如铝合金、铜合金等)则无法直接应用。同时,磁粉检测只能检测焊缝表面和近表面的缺陷,对于焊缝内部的缺陷则无法直接发现。因此,在实际应用中,磁粉检测通常需要与其他检测方法(如超声波检测、射线检测等)相结合,以实现焊缝质量的全面评估。

### 2.3 射线检测

射线检测是钢结构工程焊缝质量检测中一种重要且直观的方法,它利用射线(如X射线或 $\gamma$ 射线)的强大穿透能力,对焊缝进行内部缺陷的检测。当射线穿过焊缝时,由于焊缝内部材料的不均匀性(如存在气孔、夹渣、裂纹等缺陷),射线会在这些缺陷处发生吸收、散射或透射强度的变化。通过专门的射线检测设备,可以观察到这些射线透射后的影像,从而分析并判断焊缝内部是否存在缺陷。射线检测的最大优点在于其直观性。与超声波检测或磁粉检测相比,射线检测能够直接观察到焊缝内部的缺陷形态,如缺陷的大小、形状、位置等,为缺陷的定量分析和定位提供了准确的依据。这对于确保焊缝的质量和安全性具有重要意义。然而,射线检测也存在一些不容忽视的缺点。首先,射线对人体有一定的辐射危害,长期或大量接触射线可能对人体健康造成损害。因此,在进行射线检测时,必须严格遵守安全操作规程,采取有效的防护措施,确保检测人员的安全。其次,射线检测设备的成本相对较高,且设备的维护和保养也需要一定的费用。这使得射线检测在某些小型或低成本项目中可能不太适用。

### 2.4 渗透检测

渗透检测是钢结构工程焊缝质量检测中一种非常有效的表面缺陷检测方法。其基本原理是利用渗透剂(通常为有色或荧光的液体)的渗透作用,使其能够渗入到焊缝表面的微小开口缺陷中,如裂纹、气孔等。随后,通过去除表面多余的渗透剂,并施加显像剂,使得渗透剂在缺陷中的渗透剂被吸附到焊缝表面,形成明显的痕迹,从而直观地显示出缺陷的位置、形状和大小。渗透检测具有操作简便、检测灵敏度高的特点。它不需要复杂的设备,只需简单的渗透剂和显像剂即可进行检测。同时,由于渗透剂能够渗入到微小的开口缺陷中,因此

能够检测出其他检测方法难以发现的细微缺陷。这使得渗透检测在焊缝表面缺陷的检测中具有重要的应用价值。在实际应用中,渗透检测通常按照以下步骤进行:首先,对焊缝表面进行清洁处理,去除油污、锈迹等杂质,确保渗透剂能够顺利渗入缺陷;然后,将渗透剂均匀涂抹在焊缝表面,并等待一段时间,让渗透剂充分渗入缺陷;接着,去除表面多余的渗透剂,并施加显像剂;最后,观察显像剂形成的痕迹,判断焊缝表面是否存在缺陷<sup>[3]</sup>。需要注意的是,渗透检测虽然对焊缝表面的开口缺陷具有较高的检测灵敏度,但它无法检测焊缝内部的缺陷。因此,在实际应用中,渗透检测通常需要与其他检测方法(如超声波检测、射线检测等)相结合,以实现焊缝质量的全面评估。同时,由于渗透检测使用的渗透剂和显像剂可能对人体和环境造成一定的影响,因此在使用过程中应严格遵守安全操作规程,确保检测人员的安全和环境的保护。

## 3 钢结构工程焊缝质量检测标准

### 3.1 外观质量标准

钢结构工程焊缝的外观质量是评价焊缝整体质量的重要指标之一,它直接关系到焊缝的美观性、耐久性以及结构的安全性。为了确保焊缝的外观质量达到规定标准,通常会对焊缝的表面状况进行严格的检查和评估。对于一级焊缝,其外观质量要求极为严格。焊缝表面不得出现未焊满的情况,即焊缝金属应完全填满焊缝间隙,确保焊缝的强度和密封性。同时,根部收缩也是一种不允许出现的缺陷,它可能导致焊缝的承载能力下降。咬边是指焊缝边缘被电弧烧熔而形成的凹槽,这种缺陷会削弱焊缝的截面面积,因此也是不允许的。此外,接头不良,如接头处不平整、错位等,也会影响焊缝的质量和美观性,同样不被允许。对于一级焊缝和二级焊缝,除了上述要求外,还不得存在表面气孔、夹渣、裂纹和电弧擦伤等缺陷。表面气孔可能降低焊缝的密实性和耐腐蚀性;夹渣则可能导致焊缝内部应力集中,降低焊缝的强度;裂纹是焊缝中最严重的缺陷之一,它可能直接导致焊缝断裂;电弧擦伤则是由于电弧直接作用于焊缝表面而造成的损伤,同样会影响焊缝的质量和美观性。除了上述具体的缺陷要求外,焊缝的感观质量也应达到一定的标准。焊缝的外形应均匀、成型较好,焊道与焊道、焊道与基本金属间的过渡应平滑自然,不应出现明显的凸起、凹陷或错边等现象。同时,焊渣和飞溅物应基本清理干净,以确保焊缝表面的整洁和美观。这些要求不仅是为了提高焊缝的视觉效果,更是为了确保焊缝的质量和安全性,从而保障整个钢结构

工程的稳定性和耐久性。

### 3.2 内部缺陷检测标准

在钢结构工程中，对于设计要求全焊透的焊缝，其内部缺陷的检测是至关重要的，因为这直接关系到焊缝的强度和整个结构的安全性。为了确保焊缝内部的质量，需要依据严格的检测标准进行检验。对于一级焊缝，由于其承载着最高的质量要求和安全标准，因此必须进行100%的全面检验。这意味着每一条一级焊缝都需要经过细致的探伤检测，以确保其内部不存在任何可能影响焊缝强度和结构安全性的缺陷。在检验过程中，合格等级需要符合《钢焊缝手工超声波探伤方法及质量分级法》(GB 11345)中的B级检验标准，并且必须达到Ⅱ级及Ⅱ级以上。这一标准对焊缝内部的缺陷尺寸、数量和性质都有明确的规定，只有满足这些要求的焊缝才能被视为合格。而对于二级焊缝，虽然其质量要求相对较低，但也不能忽视其内部缺陷的检测。为了平衡检测效率和质量要求，通常会进行抽检，抽检比例不得小于20%。这意味着在所有的二级焊缝中，至少需要有20%的焊缝接受探伤检测<sup>[4]</sup>。同样地，这些焊缝的合格等级也需要符合《钢焊缝手工超声波探伤方法及质量分级法》(GB 11345)中的B级检验标准，但合格等级要求相对较低，为Ⅲ级及Ⅲ级以上。这一标准虽然对缺陷的容忍度稍高，但仍然能够确保焊缝具有足够的强度和稳定性，以满足工程的使用需求。

### 3.3 焊缝质量等级

在钢结构工程中，焊缝作为连接各个构件的关键部分，其质量直接关乎整个结构的安全性与稳定性。因此，根据结构的重要性、工作条件以及所承受的荷载大小，焊缝被严格划分为不同的质量等级，以确保其满足相应的使用要求。一级焊缝，作为最高质量等级的焊缝，通常应用于承受重大荷载或关键部位的结构中。这类焊缝要求必须全焊透，确保焊缝的强度和密封性。在检测方面，一级焊缝需接受100%的全面检测，包括但不限于超声波检测、射线检测等，以彻底排查并消除未焊

透、裂纹、夹渣等任何可能影响焊缝质量的缺陷。这种严格的检测标准，旨在确保一级焊缝在长期使用过程中能够保持稳定的性能，为结构的安全提供坚实保障。相较于一级焊缝，二级焊缝的承受荷载能力稍逊一筹，通常应用于承受一般荷载的结构部位。这类焊缝可以是部分焊透的，但同样需要满足一定的质量要求。在检测方面，虽然二级焊缝不需要进行100%的全面检测，但仍需按照规定的比例进行抽检，并需满足特定的检验标准。这主要是为了确保二级焊缝在满足使用要求的同时，也能保持一定的经济性。至于三级焊缝，则通常应用于承受较小荷载或次要部位的结构中。这类焊缝对全焊透的要求相对较低，对缺陷的容忍度也更大。然而，这并不意味着三级焊缝的质量可以忽视。在实际应用中，仍需根据具体情况对三级焊缝进行适当的检测和评估，以确保其能够满足基本的使用要求。

### 结语

钢结构工程焊缝质量检测是保证工程安全、可靠性的重要环节。通过采用合适的检测方法、遵循标准的验收标准，可以有效地发现和解决焊接接缝中存在的问题，确保结构的安全性和耐久性。在实际工程中，应根据具体情况制定合理的检测方案，严格执行检测标准，确保钢结构焊接质量满足设计要求。

### 参考文献

- [1]段师剑,赵勇,王远传,等.建筑钢结构焊缝检测的质量控制探讨[J].工程质量,2018,36(04):64-67.
- [2]李健,赵准,弓俊青.钢结构焊缝质量检测及加固处理[C]//中国钢结构协会钢结构质量安全检测鉴定专业委员会.绿色建筑与钢结构技术论坛暨中国钢结构协会钢结构质量安全检测鉴定专业委员会第五届全国学术研讨会论文集.中冶建筑研究总院有限公司,;2017:4.
- [3]梁鹏.钢结构工程焊缝无损检测技术[J].江苏建材,2024,(01):6-8.
- [4]马文博.建筑钢结构工程焊缝无损检测技术研究[J].房地产世界,2022,(14):97-99.