文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

试论水利工程金属结构钢焊缝的无损检测

李增军
新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司
DOI:10.12238/hwr.v8i4.5322

[摘　要] 钢焊缝作为金属结构的重要连接部分,其质量直接关系到水利设施的安全性和稳定性,因此对钢焊缝进行无损检测至关重要。本文介绍了水利工程中金属结构钢焊缝无损检测的重要性,分析了当前常用的无损检测技术及其应用特点。研究结果表明,合理选择和应用无损检测技术,能够有效提高钢焊缝的检测精度和效率,为水利工程的安全运行提供有力保障。
[关键词] 水利工程；钢焊缝；无损检测
中图分类号：TV5　文献标识码：A

Discussion on Non-Destructive Testing of Steel Welds in Metal Structures of Water Conservancy Projects

Zengjun Li
Xinjiang Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Research Institute Co., Ltd
[Abstract] Steel welds, as an important connection part of metal structures, have a direct impact on the safety and stability of water conservancy facilities. Therefore, non-destructive testing of steel welds is crucial. This article introduces the importance of non-destructive testing of steel welds in metal structures in water conservancy projects, and analyzes the commonly used non-destructive testing techniques and their application characteristics. The research results show that the reasonable selection and application of non-destructive testing techniques can effectively improve the detection accuracy and efficiency of steel welds, providing strong support for the safe operation of water conservancy projects.
[Key words] water conservancy project; steel weld; non-destructive testing

引言

在水利工程建设中,金属结构如闸门、桥墩、水塔等被大量使用,这些结构的连接部位往往采用钢焊缝进行连接。然而,钢焊缝在焊接过程中会受到多种因素的影响导致出现裂纹、气孔、夹渣等缺陷,这些缺陷将严重影响金属结构的整体性能。因此,对水利工程金属结构钢焊缝进行无损检测,及时发现并处理潜在缺陷,对于确保水利设施的安全运行具有重要意义。

1 水利工程金属结构钢焊缝的概述

水利工程金属结构主要是指水利设施中使用的各种金属部件和组件,这些结构在水利工程中起到骨架和连接的作用,进一步保证工程施工的顺利进行。常见的金属结构类型包括闸门、阀门、拦污栅、压力钢管、启闭机和清污机等,它们通常由钢材如碳素结构钢和低合金结构钢等制成。

钢焊缝则是金属结构中连接各部件的关键部分,通过焊接工艺将不同的金属部件牢固地连接在一起形成完整的结构体。常见的钢焊缝形式包括对接焊缝、角焊缝、塞焊缝等,它们根据结构需求和受力特点进行设计和布置,钢焊缝的结构特点主要体现在其连接的紧密性和承载能力的均衡性上,能够有效地传递和分散结构受到的荷载。钢焊缝的质量和性能直接影响到整个金属结构的强度和稳定性,在水利工程中钢焊缝需要承受水流、压力、温度变化等多种复杂因素的影响,因此必须严格控制焊接工艺并对其质量进行严格检测,以确保焊缝的可靠性和耐久性。

2 钢焊缝质量问题对水利工程安全性的影响

金属结构的钢焊缝质量对水利工程安全性的影响是极其深远的。焊缝作为金属结构中的关键连接部位,其质量直接关系到整个结构的稳定性和承载能力。在水利工程中,金属结构如闸门、桥墩、水塔等承受着巨大的水压力、波浪冲击以及温度变化等复杂因素的影响,因此,焊缝的质量对于保障水利设施的安全运行至关重要。

首先,钢焊缝的缺陷,如裂纹、气孔、未熔合等,会显著降低焊缝的强度和韧性,进而影响金属结构的整体性能。这些缺陷不仅可能导致结构在承受外力时发生断裂或变形,还可能引发结构疲劳和早期失效。在水利工程中,这些问题可能导致闸

第 8 卷◆第 4 期◆版本 1.0◆2024 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

门无法正常启闭、桥墩失稳等严重后果，甚至威胁到整个水利设施的安全。

其次，焊缝的质量问题还可能引发腐蚀、渗漏等安全隐患。由于水利工程多处于潮湿、多雨等恶劣环境中，金属结构容易受到腐蚀的侵袭。如果焊缝存在缺陷或质量问题，腐蚀介质可能更容易侵入焊缝内部，导致焊缝腐蚀加剧，进而引发结构失效。此外，焊缝的渗漏问题也可能导致水利设施无法正常蓄水或排水，影响其正常功能的发挥。

综上所述，在水利工程建设中必须高度重视金属结构钢焊缝的质量控制。除了通过采用先进的焊接工艺、选用优质的焊接材料、确保焊缝的质量符合相关标准和要求外，还应加强焊缝的检验检测及时发现和处理潜在的质量问题，以保障水利工程的安全稳定运行。

3 无损检测技术在钢焊缝质量检测中的必要性

无损检测技术能够在不破坏被检测对象的前提下对其内部或表面的缺陷进行实时的发现与评估，从而确保焊缝质量达到标准要求，提高水利工程的整体安全性。具体来说，无损检测技术在钢焊缝质量检测中的应用具有以下重要意义：

(1)无损检测技术能够准确、快速地识别焊缝中的缺陷，如裂纹、气孔、夹渣等。这些缺陷不仅会降低焊缝的强度和韧性，还可能引发结构失效和安全事故。通过无损检测，可以及时发现并处理这些潜在问题，避免事故的发生。

(2)无损检测技术可以对焊缝质量进行全面的评估。它不仅可以检测焊缝的表面缺陷，还可以对焊缝内部进行无损探伤从而全面掌握焊缝的质量状况，这有助于对焊缝质量进行更加精准的控制，提高水利工程的施工质量。

(3)无损检测技术还具有高效、环保的特点。传统的破坏性检测方法往往需要对焊缝进行切割或破坏，这不仅增加了检测成本还可能对结构造成进一步损伤，而无损检测技术则可以在不影响焊缝性能的前提下进行检测，既高效又环保。

4 常用金属结构钢焊缝无损检测技术

无损检测技术是指在不破坏被检测对象的前提下，利用物理或化学手段来探测材料或结构的内部或表面状况，以发现可能存在的缺陷或评估其性能。这些物理或化学方法能够与被检测对象发生相互作用，产生可测量的信号或响应，进而通过分析这些信号或响应来推断出被检测对象的内部状态或性能。常见的金属结构钢焊缝无损检测技术主要包括X射线检测(RT)、超声波检测(UT)、磁粉检测(MT)、渗透检测以及涡流检测等，下面结合其技术原理、优缺点、操作方法进行具体阐述。

4.1 X射线检测(RT)

(1)技术原理：X射线检测(RT)利用X射线的高穿透性，使其能够穿透金属结构钢焊缝，并在特制的胶片上记录下焊缝内部的结构影像。这些影像能够反映出焊缝内部的缺陷，如裂纹、气孔、夹杂物等，通过仔细分析这些影像，检测人员可以准确地判断焊缝的质量状况。

(2)技术优缺点：在水利工程金属结构钢焊缝检测中，X射线检测具有直观、定位准确的优点，它不仅能够发现焊缝内部的缺陷，还能够确定缺陷的大小、形状和位置为后续的修复工作提供重要依据。此外，X射线检测还可以对焊缝进行全面的检测，确保整个焊缝的质量符合要求。尽管X射线检测具有诸多优点但也存在一些不足，首先设备成本较高需要投入大量的资金进行购置和维护，其次操作相对复杂需要专业的检测人员进行操作和分析。此外X射线对人体有一定的辐射危害，因此在进行检测时需要做好辐射防护措施确保操作人员的安全。

(3)操作方法：首先需要将X射线源置于焊缝的一侧，并将特制的胶片置于焊缝的另一侧，然后启动X射线源，使射线穿透焊缝并在胶片上留下影像，检测完成后对胶片进行显影处理，最后由专业的检测人员对胶片上的影像进行分析和判断，确定焊缝的质量状况。

4.2超声波检测(UT)

(1)技术原理：超声波检测(UT)依赖于超声波在材料中的传播和反射特性，当超声波在焊缝内部传播时遇到缺陷(如裂纹、气孔等)会发生反射或散射，这些反射波会被超声波探头接收并转化为电信号，进而通过仪器进行分析。通过分析反射波的信号特征，如波幅、传播时间等，可以判断焊缝内部是否存在缺陷，并确定缺陷的位置和大小。

(2)优缺点：在水利工程金属结构钢焊缝检测中，超声波检测具有显著的优势。首先它对焊缝内部的缺陷非常敏感，能够发现其他方法可能难以察觉的细微缺陷。其次超声波检测可以适用于较厚的材料，对于水利工程中常见的厚壁焊缝检测尤为适用，此外超声波检测对人体无害操作相对安全。虽然超声波检测具有诸多优点但也存在一些限制，首先它对操作人员的技能要求较高，需要专业人员来操作和解读检测结果。此外超声波检测会受到材料表面粗糙度的影响，如果焊缝表面存在较多的凹凸不平或锈蚀，会影响超声波的传播和反射从而影响检测结果的准确性。

(3)操作方法：首先将超声波探头放置在焊缝表面，并确保探头与焊缝表面紧密耦合避免空气间隙对检测造成影响，然后操作人员会沿焊缝进行扫描，同时观察并记录仪器的信号输出，通过对这些信号进行分析可以判断焊缝内部是否存在缺陷，并确定缺陷的性质和位置。

4.3磁粉检测(MT)

(1)技术原理：磁粉检测(MT)利用铁磁性材料在磁场中的磁化特性，通过在焊缝表面施加磁粉来检测其表面和近表面的缺陷。当焊缝被磁化时，磁粉会被吸附到磁场中的不连续处(如裂纹、气孔等缺陷)形成明显的磁痕，这些磁痕可以直观地显示出缺陷的位置和形状从而实现对焊缝质量的评估。

(2)优缺点：磁粉检测具有操作简便、成本较低的优点，同时由于磁粉对表面缺陷非常敏感，因此能够有效发现焊缝表面的裂纹、气孔等缺陷，这对于及时发现和处理潜在的安全隐患具有重要意义。然而磁粉检测也存在一些局限性。首先它仅适用于铁磁性材料的焊缝检测，对于非铁磁性材料则无法应用。其次

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

磁粉检测对缺陷的深度和形状有一定限制，对于深藏在焊缝内部的缺陷可能无法有效检测，此外磁粉检测结果的准确性受到焊缝表面清洁度的影响，因此在进行检测前需要确保焊缝表面无油污和杂质。

(3)操作方法：在进行水利工程金属结构钢焊缝的磁粉检测时，首先需要对焊缝表面进行清洁处理，以去除油污、锈蚀等杂质。然后，在焊缝表面施加适量的磁粉，并利用磁场使磁粉在缺陷处聚集。通过观察磁痕的形成和分布情况，可以判断焊缝表面是否存在缺陷，并确定缺陷的位置和形状。

4.4渗透检测

(1)技术原理：渗透检测基于渗透液对焊缝表面开口缺陷的渗透作用，通过后续的显像过程将缺陷直观地显示出来。渗透液能够渗入焊缝表面的微小开口缺陷中，随后通过清除多余的渗透液并施加显像剂，使得缺陷处的渗透液被吸附并显色从而实现对缺陷的识别和定位。

(2)优缺点：在水利工程金属结构钢焊缝检测中渗透检测具有独特的优势。首先它适用于非铁磁性材料的焊缝检测，突破了磁粉检测的限制。其次渗透检测对于焊缝表面的开口缺陷非常敏感，能够发现微小的裂纹、气孔等缺陷。此外渗透检测操作简单，成本相对较低，适用于现场快速检测。但渗透检测对操作人员的技能要求较高，需要具备一定的专业知识和经验。同时渗透检测的效果受到焊缝表面粗糙度和清洁度的影响，如果表面存在油污、锈蚀等杂质可能会影响渗透液的渗透和显像效果。

(3)操作方法：首先需要对焊缝表面进行彻底的清洁处理以去除油污、锈蚀等杂质，然后在焊缝表面均匀涂抹渗透液，确保渗透液能够充分渗入缺陷中，待渗透液充分渗透后使用清洗剂去除多余的渗透液并施加显像剂，在显像剂的作用下缺陷处的渗透液会被吸附并显色，从而实现对缺陷的识别和定位。

4.5涡流检测

(1)技术原理：涡流检测基于涡流感应原理，通过在焊缝表面放置涡流探头，利用交变磁场在导电材料中产生的涡流变化来检测焊缝中的缺陷。当涡流探头在焊缝表面移动时探头中的线圈产生交变磁场，该磁场会在焊缝中感应出涡流。如果焊缝中存在缺陷涡流的分布和强度会发生变化，这些变化会被探头捕获并转化为电信号进而通过仪器进行分析和处理。

(2)优缺点：在水利工程金属结构钢焊缝检测中，涡流检测具有非接触式检测的优点，无需直接接触焊缝表面减少了对焊缝的潜在损伤。同时涡流检测适用于导电材料的表面和近表面缺陷检测，对于发现焊缝中的裂纹、气孔等缺陷非常有效。此外涡流检测速度较快，可以提高检测效率。然而涡流检测也存在一些限制和注意事项。首先，涡流检测对材料的导电性和表面状态有一定要求，如果材料导电性较差或表面存在较厚的氧化层、涂层等，会影响涡流的产生和传播从而影响检测结果的准确性。其次，涡流检测可能受到环境因素的影响，如温度、磁场干扰等，需要在检测过程中予以注意和控制。

(3)操作方法：在进行水利工程金属结构钢焊缝的涡流检测时，首先需要选择合适的涡流探头和仪器，确保其与焊缝材料和检测要求相匹配。然后，将探头放置在焊缝表面保持稳定的距离和速度进行扫描，在扫描过程中仪器会记录涡流信号的变化，并通过软件进行分析和处理，以判断焊缝中是否存在缺陷。

5 结束语

水利工程金属结构钢焊缝的无损检测是确保水利设施安全运行的重要环节，通过合理选择和应用无损检测技术，可以实现对钢焊缝质量的全面、准确评估，及时发现并处理潜在缺陷，提高水利设施的安全性和稳定性。未来，我们应进一步加强对无损检测技术的研究和应用，推动其在水利工程领域的深入发展，为水利事业的可持续发展做出更大的贡献。

[参考文献]

[1]郭如春.钢结构工程焊缝无损检测技术研究[J].江西建材,2018,(5):35-36.

[2]何菲.钢结构工程焊缝无损检测技术应用研究[J].安徽建筑,2018,24(2):186-187.

[3]陈哲明.钢结构焊缝缺陷的无损检测技术应用分析[J].化工管理,2018,(29):182.

作者简介：

李增军(1990--),男,汉族,河南柘城人,本科,工程师,研究方向：工程试验检测。