

新时期下大体积钢制液体罐焊接施工工艺

李建华 李纯刚

珠海建工控股集团有限公司 广东珠海 519000

【摘要】本文详细阐述新时期下大体积钢制液体罐焊接施工工艺的三大原则，即准确性原则、可靠性原则和高效性原则，通过对每个原则的深入分析，结合实际施工案例，探讨如何在焊接施工过程中遵循这些原则，以确保钢制液体罐的焊接质量和使用安全。同时，深入分析新时期下大体积钢制液体罐焊接施工工艺的三大过程，即焊前准备、焊接操作和焊后处理，通过对每个过程的深化，阐述了其关键步骤和技术要点，以确保焊接质量和罐体的安全可靠。基于此，本文提出本焊接变形控制、焊缝质量保障以及焊接安全管理三大技术措施，通过剖析各项技术措施的原理、方法和建议做法，旨在为提高新时期下大体积钢制液体罐焊接施工的质量和安全性提供有益的参考。

【关键词】大体积钢制液体罐；焊接施工工艺；实施过程；技术措施；高质量发展

近年来，珠海高栏港疏港铁路物流园项目是贯彻落实《国家物流枢纽布局和建设规划》、《粤港澳大湾区发展规划纲要》等重要文件精神，通过海铁联运，辐射珠三角和西南，建设珠海市建材类货物多式联运货场，推进珠海市现代物流业发展和实施“多式联运”战略，为珠海市润滑油、沥青、混凝土搅拌站、管桩生产等企业所需的原材料提供仓储、中转等服务。珠海高栏港疏港铁路物流园总面积约8.35万平方米，共分2个地块，其中1#场地面积60006.63平方米，2#场地面积23488.71平方米。这为钢制液体罐焊接施工工艺发展奠定良好的运作基础（如图1）。

1 新时期下大体积钢制液体罐焊接施工工艺的原则

1.1 准确性原则

新时期下，准确性原则是大体积钢制液体罐焊接施工的首要原则，它涵盖了焊接工艺参数的精确设定、焊接位置的准确定位以及焊缝尺寸的严格控制等方面。在焊接工

艺参数方面，电流、电压、焊接速度等参数的选择直接影响焊缝的成型质量和力学性能。例如，过大的电流可能导致焊缝烧穿、咬边等缺陷，而过小的电流则会使焊缝未焊透、夹渣。因此，大体积焊接施工前必须根据罐体材质、厚度以及焊接方法等因素，通过工艺评定试验确定最佳的焊接工艺参数，并在实际施工中严格按照这些参数进行操作。焊接位置的准确性对于保证焊缝质量同样至关重要。在大体积钢制液体罐的焊接中，存在平焊、立焊、横焊和仰焊等多种焊接位置，不同位置的焊接难度和质量要求有所不同。例如，仰焊位置由于熔池金属受重力作用容易下坠，需要较小的焊接电流和较快的焊接速度来控制焊缝成型。在这样的过程中，施工人员必须经过专业培训，熟练掌握各种焊接位置的操作技巧，确保焊接位置的准确无误。此外，焊缝的宽度、余高和坡口角度等尺寸应符合设计要求和相关标准规范。焊缝尺寸过大不仅会增加焊接材



图1 珠海高栏港疏港铁路物流园效果图

料的消耗和施工成本,还可能导致焊接残余应力增大,影响罐体的结构强度。因此,在焊接施工过程中,应使用合适的量具和检测方法对焊缝尺寸进行实时监测和控制^[1]。

1.2 可靠性原则

新时期下,可靠性原则要求焊接接头具有足够的强度、韧性和密封性,能够承受液体的压力、温度变化以及化学腐蚀等作用。为了保证焊接接头的强度不低于母材,在焊接材料的选择上应与母材的化学成分和力学性能相匹配。同时,合理的焊接工艺和焊接顺序能够减少焊接残余应力和变形,提高焊接接头的强度。例如,采用多层多道焊可以细化焊缝金属的晶粒,提高焊缝的强度和韧性;在焊接顺序上,应先焊接纵焊缝,后焊接环焊缝,以减少焊接变形和残余应力的积累。韧性是焊接接头抵抗脆性断裂的能力,对于在低温或承受冲击载荷条件下工作的钢制液体罐尤为重要。单位通过选择合适的焊接材料和焊接工艺,可以改善焊缝金属的韧性。例如,采用低氢型焊条或焊丝可以减少焊缝中的氢含量,防止氢致裂纹的产生。此外,焊缝中的任何微小缺陷都可能导致液体泄漏,造成环境污染和安全事故。因此,在焊接过程中必须采取有效的措施防止气孔、夹渣、裂纹等缺陷的产生并在焊接完成后,进行严格的无损检测,如射线检测、超声波检测等,确保焊缝无缺陷,因此,在大体积钢制液体罐焊接施工中,必须始终遵循可靠性原则,确保焊接质量。

1.3 高效性原则

步入新时期,高效性原则是在保证焊接质量的前提下,提高施工效率、降低施工成本的重要原则。其一,采用先进的焊接设备和技术是提高施工效率的有效途径。例如,自动化焊接设备能够实现焊接过程的自动化控制,提高焊接速度和稳定性,减少人工操作的误差,而新型的焊接材料和工艺,如高效焊条、活性气体保护焊等,可以提高焊接熔敷效率,缩短焊接时间。其二,通过合理安排焊接顺序、减少焊缝数量、采用组合焊接方法等,可以减少焊接工作量,提高施工进度。其三,在保证焊接质量的前提下,合理控制焊接成本也是高效性原则的重要体现。这包括合理选择焊接材料、降低焊接材料的消耗、提高焊接设备的利用率等。例如,通过精确计算焊缝的填充量,避免焊接材料的浪费、定期对焊接设备进行维护和保养,延长设备的使用寿命,降低设备的维修成本。某大型储罐制造企业通过引进自动化焊接生产线和优化焊接工艺,大大提高了钢制液体罐的焊接效率。与传统的手工焊接相比,新时期焊接速度提高了50%以上,同时焊接质量也得到了显著提升,降低了生产成本,增强了企业的市场竞争力。

2 新时期下大体积钢制液体罐焊接施工工艺的过程

2.1 焊前准备

焊前准备工作的细致程度直接影响后续焊接的质量和效率。这一过程主要包括材料准备、焊接设备调试、坡口加工以及施工环境优化等多个方面。在材料准备方面,确

保所选用的钢材符合设计要求和相关标准规范,不仅要检测钢材的化学成分、力学性能进行检测,还要检查其表面质量,避免存在裂纹、夹层等缺陷。同时,根据罐体的工作条件和设计要求,选择合适的焊接材料,如焊条、焊丝等,其性能应与母材相匹配。焊接设备的性能直接关系到焊接电流、电压的稳定性,从而影响焊缝的成型质量。因此,在施工前需要对电焊机、送丝机等设备进行全面检查和调试,确保其工作参数准确、稳定。坡口加工是焊前准备的关键步骤之一。坡口的形式和尺寸应根据罐体的壁厚、焊接方法等因素进行合理设计。良好的坡口能够保证焊缝根部充分熔透,减少焊接缺陷的产生。在加工坡口时,要保证坡口表面平整、光滑,无油污、锈蚀等杂质。新时期下,施工环境对焊接质量也有着重要影响。在焊前,应确保施工现场具备良好的通风条件,以排除焊接过程中产生的有害气体。同时,要控制施工环境的温度和湿度,避免在过低的温度或过高的湿度下进行焊接,防止焊缝出现裂纹、气孔等缺陷。例如,在某大型钢制液体罐的建设项目中,由于焊前对钢材的检验不严格,使用了一批存在内部缺陷的钢板,导致在焊接过程中出现了多处焊缝开裂的情况。这不仅延误了工期,还增加了施工成本,因此要充分做好焊前准备工作^[2]。

2.2 焊接操作

在新形势下,大体积焊接操作是整个施工工艺的核心环节,直接决定了焊缝的质量和性能。这一过程需要严格遵循焊接工艺规程,控制好焊接参数,并采用正确的焊接方法和顺序。大体积焊接参数的选择是焊接操作的关键之一。电流、电压、焊接速度、焊条或焊丝的直径等参数的合理搭配,直接影响焊缝的熔深、熔宽、余高以及焊缝的内部质量。例如,对于较厚的钢板,需要采用较大的电流和较慢的焊接速度,以保证焊缝根部充分熔透;而对于薄板焊接,则应采用较小的电流和较快的焊接速度,防止烧穿。焊接方法的选择应根据罐体的结构特点、材质和施工条件来确定。常见的焊接方法包括手工电弧焊、气体保护焊、埋弧焊等。手工电弧焊具有操作灵活、适应性强的特点,适用于各种位置的焊接;气体保护焊具有焊接效率高、焊缝质量好的优点,常用于平焊和横焊位置;埋弧焊则适用于大型储罐的长焊缝焊接,能够提高焊接效率和焊缝质量。焊接顺序一般来说,应先焊接纵焊缝,后焊接环焊缝;先焊接大坡口一侧,后焊接小坡口一侧。在焊接过程中,应采用多层多道焊的方式,每层焊缝的厚度不宜过大,以减少焊接应力和变形。同时,处理大体积工艺的焊工应保持稳定的焊接手法,控制好焊条或焊丝的角度和摆动幅度,确保焊缝成型均匀、美观。在多层多道焊时,要注意层间清理,去除焊渣和飞溅物,防止夹渣等缺陷的产生^[3]。

2.3 焊后处理

焊后处理是焊接施工的最后一道工序,主要包括焊缝外观检查、无损检测、焊缝热处理以及焊接变形矫正等工

作。其一,焊缝外观检查是焊后处理的第一步,通过肉眼观察和量具测量,检查焊缝的表面是否存在裂纹、气孔、咬边、未焊满等缺陷。对于发现的表面缺陷,应及时进行修补。其二,常用的无损检测方法包括射线检测、超声波检测、磁粉检测和渗透检测等。这些方法能够有效地检测出焊缝内部的气孔、夹渣、未焊透等缺陷,确保焊缝质量符合设计要求和相关标准。其三,焊缝热处理主要用于消除焊接残余应力、改善焊缝的组织性能,对于一些重要的焊缝,根据材质和设计要求,需要进行焊后热处理。在此过程中,热处理的工艺参数,如加热温度、保温时间、冷却速度等,应严格按照相关标准执行。其四,大体积焊接变形会影响罐体的尺寸精度和结构强度,因此需要采用机械矫正或火焰矫正等方法进行处理。在矫正过程中,要注意控制矫正量,避免过度矫正导致焊缝开裂^[4]。

3 新时期下钢制液体罐焊接施工工艺的技术措施

3.1 焊接变形控制

大体积焊接变形是钢制液体罐焊接施工中常见的问题,若不加以有效控制,会严重影响罐体的尺寸精度和结构性能。为了减少焊接变形,建议采取以下技术措施。首先,合理设计焊接顺序。在施工前,相关主体应根据罐体的结构特点和焊缝分布,制定科学的焊接顺序方案。一般来说,应遵循先短后长、先内后外、对称施焊的原则。例如,对于圆柱形罐体,先焊接纵向焊缝,再焊接环向焊缝;在焊接环向焊缝时,应采用分段对称施焊的方法,从中间向两端逐步推进。这样可以使焊接产生的热量分布更加均匀,减少不均匀热收缩导致的变形。其次,采用适当的焊接工艺参数。焊接电流、电压和焊接速度等参数的选择直接影响焊接热输入量。大体积较大的热输入会导致焊缝及附近区域的温度升高,从而增加变形的可能性。因此,在保证焊缝质量的前提下,应尽量选择较小的焊接电流和电压,适当提高焊接速度,以减少热输入。此外,使用刚性固定和反变形法也是常用的控制变形手段。在焊接前,可以通过夹具、支撑等将焊件固定在刚性平台上,限制大体积焊件的自由变形。

3.2 焊缝质量保障

新时期下,焊缝质量直接关系到罐体的密封性和安全性。一是严格进行焊材管理。选用符合国家标准和设计要求的焊接材料,并确保其质量可靠。在储存和使用过程中,要注意防潮、防锈,按照规定的温度和时间进行烘干和保温。使用前应对焊材进行外观检查,如有药皮脱落、生锈等情况应禁止使用。二是做好坡口处理。坡口的加工质量和清洁度对焊缝质量有很大影响。坡口应加工整齐、光滑,角度和尺寸符合焊接工艺要求。在焊接前,必须彻底清除坡口及附近区域的油污、铁锈、氧化皮等杂质,以防止焊缝中产生气孔、夹渣等缺陷。三是加强焊接过程中的质量控制。焊工应具备相应的资质和技能,严格按照焊接工艺规程进行操作。在焊接过程中,要密切关注焊接

电流、电压、焊接速度等参数的稳定性,确保焊缝成型良好。同时,要进行多层多道焊时,应注意层间清理,避免夹渣和未熔合等缺陷。另外,常用的无损检测方法包括射线检测、超声波检测、磁粉检测和渗透检测等。相关人员应根据焊缝的重要程度和设计要求,选择合适的检测方法和检测比例,对焊缝进行全面、细致的检测,对于发现的缺陷,应及时进行返修,并按照规定程序重新检测,直至焊缝质量合格。

3.3 焊接安全管理

大体积焊接施工过程中存在着诸多安全风险,如火灾、触电、弧光辐射、有害气体中毒等。因此,必须采取有效的安全管理技术措施,确保施工人员的生命安全和健康。首先,建立完善的安全管理制度是基础。制定详细的大体积焊接安全操作规程和应急预案,明确各级人员的安全职责,加强对大体积施工人员的安全培训和教育,提高其安全意识和操作技能。其次,做好现场的防火防爆工作。在焊接作业区域,应清除周围的易燃、易爆物品,并配备足够数量的灭火器材,对可能引起火灾和爆炸的危险因素,如可燃气体、粉尘等,应进行实时监测和控制。再者,加强对电气设备的管理。确保焊接设备的接地良好,电线电缆无破损、老化现象,使用漏电保护器,防止触电事故的发生。同时,要为施工人员配备符合标准的个人防护用品,如焊接面罩、防护手套、工作服等,减少弧光辐射、高温和有害气体对人体的伤害。此外,定期对焊接作业现场进行安全检查,及时发现和消除安全隐患。对违反安全规定的行为要严肃处理,形成良好的安全文化氛围。例如,在一个大型钢制液体罐焊接施工现场,由于安全措施到位,施工人员严格遵守安全操作规程,配备了齐全的个人防护用品,并定期进行安全检查和隐患排查,整个施工过程中未发生任何安全事故,确保项目顺利进行。

参考文献:

- [1] 杜云静, 范义, 程潇. 后灌浆装配式建筑施工应用技术[J]. 工业建筑, 2023, 53(S2): 863-865+871.
- [2] 张萌, 周煜凯, 顾强, 等. 钢结构新型楼(墙)板体系施工工艺与装配技术[J]. 建筑结构, 2023, 53(S1): 2225-2229.
- [3] 张如林, 蒋城, 李帅, 等. 跨越断层的钢制埋地管道响应数值模拟研究[J]. 世界地震工程, 2023, 39(04): 46-52.
- [4] 梁海波, 王怡. 基于深度学习的天然气钢制管道缺陷检测方法研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2022, 36(09): 148-158.

作者简介:

李建华(1983.10.28—),男,汉族,湖南郴州人,博士,珠海建工控股集团有限公司,副教授,研究方向:岩土工程;

李纯刚(1986.7.19—),男,汉族,浙江金华人,博士,珠海建工控股集团有限公司,副教授,研究方向:环境工程。