

常见船舶焊接技术的缺陷，检验及其预防措施

徐振斌

舟山中远海运重工有限公司 浙江舟山 316131

摘要：中国海域广阔，船舶工业在水运交通以及带动产业经济发展领域，起到至关重要的作用。船舶在研发设计、建造使用方面不断完善升级，正在向高端化、智能化加速发展。其中，船舶焊接质量直接关系到整个船体的强度、密封性，以及运载能力。而船舶焊接中，由于环境、材料、设备、工艺等不同，难免出现一些缺陷。本文从认识船舶焊接技术的重要性出发，介绍常见的焊接技术缺陷，了解其形成原因、产生后果，通过科学有效的检验方法，采取预防和修复措施，以确保船舶安全运行，也期望通过探讨为业内工作人员提供有益参考，共同推动船舶工业的发展。

关键词：船舶焊接；缺陷；检验；措施

引言

船舶焊接技术是船舶制造、修理检验过程中，非常关键的技术之一，针对不同的使用场合、不同规模的船体部位，需要选择使用合适的焊接技术，才能确保焊接质量和效率。要想实现高质量焊接，需要了解有可能改变焊接质量的因素，熟悉常见的焊接技术缺陷成因及检验方法，从而不断积累焊接经验和优化焊接工艺。高质量的焊接技术可以在满足市场对船舶更高需求的同时，还能避免船体出现局部薄弱的部位，使得船体真正形成一个整体的结构，既减少了船舶维修保养的成本，更能提高船舶使用的寿命和经济性。

一、船舶焊接技术的重要性

1. 确保船体结构的强度

焊接技术可以将像主龙骨、肋骨等这些不同的船体构件坚实牢固得连接在一起，从而确保，船舶在航行过程中，遇到高强度的自身重力或者外部冲击力时，仍然能保证船体的强度和稳定性，在复杂多变的海洋环境中航行，不会出现裂缝甚至断裂的事故，保障航行安全。

2. 保证船舶船身密封性

密封性是保障船舶安全可靠运行的重要条件，尤其对于一些游轮、液化气船等特殊类型的船舶，好的密封性一方面可以在运行时防止渗入水，另一方面也防止有危害的液体气体泄漏，造成环境不可逆的污染。所以高质量的焊接技术可以无缝衔接，保障船货安全。

3. 降低成本并提高效率

船舶焊接技术的应用颠覆了传统工艺复杂的铆接等方式。焊接可以减少连接部位材料的使用量，减少自重，提高船体的载重能力，同时还可以将多个小型材料拼接用于满足使用需求，减少大型原材料的运输和采购成本^[1]。再者，现代化焊接技术的速度和精度，大大提高了建造或者维修船舶的效率，减少了人工和材料成本。

4. 实现复杂多样的需求

随着船舶制造业的发展，航行需求、功能需求、甚至是审美需求，都对船舶设计提出了更多样化的要求，焊接工艺为此提供了更多的实现可能。比如，先进的焊接技术可以实现大尺寸部件连接，建造出超大型船舶，用于大载重运输；同时，船体结构，无论是曲面的船壳还是内部复杂的舱室，焊接都能够根据设计要求灵活精确的组装，增强实用性和创新性。

二、常见的船舶焊接技术缺陷

船舶焊接工艺经历了逐步的发展和完善才能实现现在的技术水平，由于焊接环境的温湿度、材料的匹配性、设备的精准度，以及工艺方法选取、人员操作水平的不同，会形成一些焊接技术缺陷，常见的分为以下几种：

1. 外部缺陷

常见的外部缺陷有咬边和凹坑，焊瘤和焊缝形状不良。前两种缺陷，主要是由于焊接电流过大、电弧操作不当等因素造成的，会减少母材和焊缝的有效截面积，降低接头强度，严重的话可能引起应力集中，产生裂纹。后两种缺陷，是由于焊接电流不稳，速度不匀，以及焊条角度变化等因素造成的，会影响焊缝外观的质量，降低焊缝的密封性和承载力。

作者简介：徐振斌（1986-），男，中国浙江人，本科，助理工程师，从事船舶焊接质量控制及管理工作。

2. 内部缺陷

气孔：由于焊接参数不当、速度过快，或者材料潮湿、焊接面有油污杂质等情况，会导致焊缝中出现不规则圆形孔洞；

夹渣：由于焊接电流不足、速度过快，或者焊条角度不当、多层焊时清渣不彻底等情况，可能导致焊缝处有熔渣等固体杂物。

未熔合：由于焊接电流不足、速度过快、焊条角度不当，或者坡口表面有油污、铁锈等杂质的因素，导致焊缝与母材之间或多层焊的金属之间未完全熔合。

未焊透：由于焊接电流不足、速度过快、坡口角度过小、钝边过大等因素，导致母材金属之间或母材金属与焊缝金属根部未完全熔合^[2]。

整体来说，这些内部缺陷都会不同程度的降低焊缝的强度和密封性，严重的话也可引起应力集中，产生裂纹，缩短船舶使用寿命。

3. 性能缺陷

焊接过程中，出现性能缺陷，有可能产生的危害会更大，常见的问题主要是焊缝中出现热裂纹和冷裂纹、焊缝及周边耐腐蚀性比母材低，以及焊缝周边区域硬度不均等缺陷，造成的因素有多方面，比如焊件表面未清理干净，有油污和杂质；焊接材料选取与母材不匹配；焊接时工艺参数没有控制好；还有可能就是人员技术水平不够，技艺不高。

性能缺陷带来的危害，可能导致接头丧失承重能力，焊缝完全断裂，或在航运过程中焊接区域受到腐蚀性。不管哪种情况，都将严重影响船舶运行的安全，缩短船舶使用寿命，严重时会造成不可逆的事故。

三、船舶焊接技术的检验方法

为了船舶建造和运营能够符合国际国内的各项法规条例，也为确保船舶在受到各种外力作用的航行中，仍然能有良好的水密性和稳定性，保障船舶安全工作，将会有专业机构和人员对船舶进行入级检验和定期检验，而焊接技术是检验中相当重要的一环。高质量的焊接技术可以有效缩短维修成本和停航时间，既提高了船舶运营效率，也增加了其使用寿命。

船舶焊接技术的检验方法主要包括以下几种：

1. 观察外观检验

焊接完成，最直观的就是先通过肉眼观察表面焊接的情况，看尺寸大小是否合适、形状是否均匀、表面是否平滑，是否有明显凹凸或者裂纹等情况出现。焊缝处是否有气孔、夹渣、焊瘤、未焊透等情况。必要时可以使用放大镜或者焊缝检测量尺等工具。

2. 无损检测检验

在不破坏焊缝的前提下，由专业的人员通过专业的无损检测设备，根据焊缝的设计要求，选择合适的检测方法，如射线检测（通过检测X射线或 γ 射线穿透焊缝后的衰减情况来判断）、超声波检测（利用超声波在焊缝中传播的特性来检测）、磁粉检测（通过在表面磁化后的焊缝处喷洒磁粉来检测）、渗透检测（通过先用渗透剂毛细作用渗入焊缝表面，清除后再涂抹显像剂进行观察缺陷来判断）等。这些方法都能有效检验出焊缝中的裂纹、气孔、夹渣等缺陷情况，并根据缺陷的大小和严重程度，采取相应的处理措施。

3. 力学性能试验

对一些重要的船体部件或者连接处进行焊接后的焊缝，进行力学性能试验，可以确保船舶在实际的航行中，从容的应对多变的海洋环境。

常用的力学性能试验可以通过对焊缝部位截取样品，按要求选合适的实验项目，比如进行拉伸、弯曲，或者冲击等试验，来检测焊缝的抗拉强度，可塑性和韧性^[3]。记录并分析试验结果，判断力学性能是否达标。

4. 金相检验

金相检验多用在建船使用新材料新工艺时、维修改造后确认质量安全时、质量存争议或进行相关事故原因调查时、或者有一些特殊用途类型的船舶有特殊要求时。金相检验需要用到金相显微镜、切割机、磨抛机、腐蚀剂等设备和材料。需要从焊缝部位截取样品，经过制备、抛光、腐蚀等处理后，在金相显微镜下观察焊缝的组织形态、晶粒大小、晶界分布等情况。从而评定焊缝是否存在缺陷，判断性能是否符合要求。

通过适配各种检验方法，可以对焊缝的质量进行综合评定，并编制成检验报告，进行后续的处理措施，对有缺陷问题的焊缝进行返修、补焊，直到再次检验并合格。检验可以对焊接技术的发展研究提供反馈依据，比如分析不同工艺和材料的特性和适配条件，可以推动焊接技术不断进步和创新。

四、预防和减少船舶焊接技术缺陷的措施

除了通过进行船舶焊接技术检验，来发现焊接技术缺陷，及时进行补救来规避船舶航运风险外，更重要的是在焊接过程中进行把控，从焊接的环境、材料、设备、工艺、包括人员水平等方面高质量严要求，来预防和减少船舶焊接技术中的缺陷产生。

1. 焊接前的准备措施

(1) 选择合适的焊接材料：确保母材的焊接表面干净无杂质，从形状大小、化学成分和机械性能进行质检，

匹配出适合的焊丝、焊条和焊剂等材料。合适的材料可以避免焊缝出现气孔、裂纹、或者接头出现强度韧性不足的情况。

(2) 选择稳定的焊接设备：电焊机及其辅助设备的精准度，包括焊接电源的稳定性都会对焊接电弧产生影响，比如导致焊缝尺寸偏差，接头强度不够，偏弧和断弧等情况，从而影响焊缝的成型和质量。

(3) 选择合理的焊接工艺：鉴于焊接不同的场合、位置以及要求，相应要匹配合适的焊接工艺，比如厚板和薄板的焊接工艺就有所不同，可分别采用埋弧焊和气体保护焊来操作。合适的工艺是保证焊接质量和效率的基础。

(4) 专业的焊接人员操作：焊接人员需经过专业培训持证上岗，有规范的人员管理制度和安全操作规程，新人需要有专业经验的师傅帮带，确保焊接的成果符合要求。并且，人员需要定期考核，有奖有罚。

2. 焊接过程中的控制措施

(1) 焊接环境控制：要避免在雨雪、大风等极端天气条件下进行焊接工作，必要时可使用防护棚等设施；其次，温度湿度甚至电场磁场，也会使得焊接材料的性能、或者电弧的方向发生改变，影响焊缝的形状和质量；同时，焊接现场的清洁也很重要，避免出现灰尘、杂质，以免造成焊接缺陷。

(2) 焊接参数控制：焊接时，合理的设置焊接参数，控制好电流、电压，保持焊接匀速，焊条角度恰当，可以避免焊缝出现焊瘤、裂纹等问题。同时，合理的坡口形式和尺寸，也是保证焊缝强度和韧性的关键，能避免未焊透、未熔合的缺陷产生^[4]。

(3) 焊接操作规范：操作人员应严格按照流程和制度执行，使用规范正确的焊接姿势和运条方法，才可实现恰当的角度和摆动幅度，以及均匀的焊接速度。尤其在多层焊时，除了要按照正确的焊接顺序，还一定要注意焊道之间实时清理，避免焊渣等飞溅物影响焊缝的质量和接头的强度。

(4) 焊接质量检验：在焊接过程中，每一步操作后都可以进行实时的质量检验，及时发现焊缝中的缺陷问题，避免缺陷扩大，并且快速处理，以免影响船舶的运行安全。

3. 焊接后的处理措施

(1) 焊接后清理和外观检查：焊接完成后，要及时清理焊缝和周边的焊渣、油污等杂质；方便观察焊缝形状、尺寸以及平整度是否达到要求。如果这时候表面发现气孔、夹渣、焊瘤等缺陷，可选择打磨、补焊等方式

进行补救。

(2) 焊接后热处理和防腐处理需求：热处理主要为了改善焊接接头的组织和性能，消除焊接残余应力，提高韧性；防腐处理则是在对焊缝清洁、喷砂、打磨，然后按照涂层厚度要求、干燥时间，进行防腐涂层的施工。二者要根据使用场景、焊件材料、焊件结构和要求等情况，匹配选择。

(3) 焊接后的质量验收：质检在船舶维修过程中是至关重要的环节。焊接后可以采用拉伸、弯曲、冲击等力学性能试验进行船体结构的质量验收，以确认焊接质量达到标准要求和设计需求。

结束语

综上所述，影响船舶焊接质量的因素颇多，想要预防和减少船舶焊接技术的缺陷，我们需在整个焊接过程中都严格要求质量控制并执行相关检验流程。

新材料、新设备和新焊接工艺的出现，促进了焊接技术的快速发展。未来自动化智能化焊接，机器人焊接的应用，能有效提高焊接速度和精度，实现降本增效，稳定质量一致。针对市场不同用途的船舶，可通过融合多种焊接技术以满足定制化和专业化的需求。通过焊接过程的数据监测反馈，可以实时调整参数，优化工艺，提升焊接品质。同时，要想实现可持续发展，更应从焊接技术人员的水平和环保意识、使用低尘低污染焊接材料、研究使用环保型焊接工艺等方面入手，减少对环境的污染。总之，船舶焊接技术在未来将继续向智能化、专业化、安全性和环保性发展，一方面提高船舶的质量和性能，另一方面促进船舶设计、制造工艺和管理水平的提升，以期船舶制造业的可持续发展提供有力支撑。

参考文献

- [1] 卫丹. 焊接技术在船舶修造中的应用[J]. 船舶物资与市场, 2020, (08): 60-61. DOI: 10.19727/j.cnki.cbwzysc.2020.08.025.
- [2] 孙文茂. 船舶焊接技术常见缺陷及处理[J]. 船舶物资与市场, 2023, 31(04): 85-87. DOI: 10.19727/j.cnki.cbwzysc.2023.04.027.
- [3] 苏宏志, 姜可威. 船体建造中焊接检验与质量控制研究[J]. 船舶物资与市场, 2023, 31(08): 96-98. DOI: 10.19727/j.cnki.cbwzysc.2023.08.030.
- [4] 李磊, 束晖, 徐佳煜. 船舶焊接常见缺陷形成机理与解决措施分析[J]. 中国设备工程, 2023, (16): 139-141.