

船舶焊接质量影响要素分析

黄智伟 罗 坚 郑银清 杨 利
广船国际有限公司 广东广州 511462

摘 要：船舶作为重要的运输工具，其质量的好坏直接影响着航行的安全与经济效益。然而，由于舰船结构和工艺复杂，作业环境苛刻，一定程度上影响船舶焊接质量。因此，对船舶焊接质量影响因素深入分析，寻找提高焊接质量的有效途径。本文通过分析船舶焊接质量存在危害性，进而探讨存在质量要素，以此提出质量控制措施，旨在为我国造船行业发展提供指导。

关键词：船舶焊接；质量问题；影响因素

船舶焊接质量影响因素中，焊接工艺的选择直接影响到质量问题，包括焊接人员的素质对焊接质量也存在较大的影响，高素质的焊接工人不仅保障焊接工艺的规范性和熟练度，也可提高焊接质量。另外，焊接设备的工作状态对焊接质量也有较大的影响，焊接接头的质量受设备精度、稳定性和维修维护等因素的影响，同时焊接环境条件也是影响熔池成形及凝固状态的重要因素。

一、船舶焊接质量问题的危害性

船舶焊接过程中出现的质量问题，其危害不可忽视。若焊接质量不合格，船体结构强度不足，极易产生开裂、变形或破坏，严重影响船舶的安全稳定运行，不仅严重威胁到船上人员的生命安全，极有可能引发意外事故、污染环境、经济损失。如果焊接质量不好，也会对船体的耐蚀性能产生影响。海洋环境下船舶长期暴露于海水之中，若焊接质量不佳，将加速船体腐蚀和老化，缩短船舶使用寿命，增加维修费用。焊接质量的好坏直接影响到船舶的航行稳定。当船体结构存在焊接缺陷时，将导致船舶在航行过程中发生摇摆、倾斜等失稳现象，严重影响船舶操纵性能和航行安全。

二、船舶焊接质量影响要素分析

（一）材料质量问题

造船工程中常用的焊接材料有钢和铝合金，不同的材料有不同的质量问题。船舶焊接工艺中，钢的质量是必须重视的问题。钢的质量对焊接接头的强度及耐蚀性有很大的影响，如果钢材中含有杂质或缺陷，则会使焊缝产生气孔、裂纹等缺陷，不仅降低船体的强度，而且还会带来安全隐患。铝合金其质量也是值得关注的问题，铝合金氧化能力强，焊接时易生成氧化铁皮，影响焊缝

质量。铝合金导热系数高，焊接时应严格控制焊接温度，以防止焊接变形或热开裂。

（二）设计与施工规范

船舶焊接设计中的质量因素是影响焊接的重要因素，设计人员应根据船体结构特点及使用环境，对焊接的几何形状、尺寸及位置进行合理的设计。如果设计不当或缺少细化的规范，则会造成焊接质量的隐患，造成接头强度不足或开裂。规范的实施是保证船舶焊接质量的重要因素，施工过程中，焊接工艺的选择、焊接人员的技术水平对焊接质量有很大的影响。严格按照相关规范要求，选择合适的焊接工艺及材料，并对焊接过程进行有效的控制与检测，可有效地减少焊接缺陷，保证船体结构的完整性与安全性。

（三）质量控制与检验

影响船舶焊接质量的因素很多，质量控制和检查是其中重要环节。船舶建造过程中，焊接是连接各个构件的重要环节，其焊接质量直接关系到船舶的安全性能。因此，如何对其焊接质量进行有效的控制，并对其进行严格的检测和监控，是造船行业迫切需要解决的问题。焊接质量的好坏直接关系到焊接材料的选用、工艺参数的控制和操作者的技术水平。另外，焊接热影响区和残余应力对焊接质量也有一定影响。

三、加强船舶焊接质量控制措施

（一）完善质量管理体系

为保证焊接过程的稳定性和可控性，必须制定严格的焊接工艺规程。同时应加强焊接人员的培训与考核，提升其焊接技术水平与质量意识。例如：通过对100个焊接接头的质量检测，发现有5%的接头存在焊接不良的

情况，其中主要问题是焊缝未完全熔化或存在气孔。针对焊接电流进行实时监测，发现有10%的焊接过程中电流波动较大，导致焊缝质量不稳定^[1]。结合焊接速度进行调整试验，发现在过快或过慢的情况下，焊接接头的强度和密封性都会受到影响。相关行业需要对焊接工艺过程的实时监控，实现对焊接工艺参数和焊缝形态的全过程监控，及时发现问题并有效调整（如表1）。针对焊缝采用无损探伤，如超声波、X射线探伤，保证焊缝质量达到标准。焊接完成后应对焊缝进行全面检查及质量评价，验收合格焊缝，不合格焊缝应予以整改并返工。通过建立焊接工艺质量档案，实现可追溯性，为后续质量改善提供参考。

表1 焊接质量控制相关参数和要求

参数	最佳取值范围	实际值 (船舶焊接)	分析
焊接电流	100-200A	150A	适中的电流可确保焊接强度与质量
焊接电压	20-30V	25V	电压过高会导致溅射，过低会影响焊缝质量
焊接速度	50-100mm/min	80mm/min	适当的焊接速度可保证焊缝充实度与质量
焊接温度	150-300℃	250℃	控制焊接温度可以避免焊接变形与裂纹

(二) 持续优化焊接工艺

为加强舰船焊接质量控制，必须不断优化焊接工艺，可有效地提高船舶焊接质量，以此减少缺陷率，提高船舶的安全可靠性^[2]。为保证熔池的稳定与均匀，应根据焊接材料的种类及厚度，选择合适的焊接电流、电压、速度等工艺参数。通过相关试验及数据分析，分析不同工艺参数组合对焊缝质量的影响规律，并据此调整工艺参数，提高焊接质量（如表2）。引进先进的焊接设备与工艺也是重要环节，如采用自动焊接设备，可降低人为因素对焊接质量的影响，提高焊接效率。同时采用激光焊、等离子焊等先进焊接技术，可有效降低焊接变形及残余应力，提高焊接质量。为保证焊接质量，制定焊接

表2 焊接工艺优化过程相关参数与结果

序号	焊接工艺参数	优化前数值	优化后数值	优化效果
1	焊接电流 (A)	200	180	降低10%
2	焊接电压 (V)	25	22	降低12%
3	保护气流量 (L/min)	15	12	降低20%
4	焊缝宽度 (mm)	5	4.5	缩小10%
5	焊接速度 (cm/min)	10	12	提高20%

工艺规程、质量检验标准及操作规程，进而明确工艺规范，确保焊接质量的控制。定期评估及优化焊接工艺，对焊接不良率及质量指标等相关数据进行分析，及时发现问题并采取措施改善。

(三) 加强人员培训与资质认证

为加强船舶焊接质量控制，按照船舶焊接行业标准及规范，制定严格的质量管理体系，保证焊接工艺达到规范要求。相关统计数字证明，某年由于焊接质量问题而发生的船只事故就达100起，经济损失超过十亿美元。通过加强焊接过程监测，提高焊接工人技能，引进先进焊接装备，可有效防止焊接质量问题的发生，从而保障船舶安全^[3]。加强员工的培训和资格认证非常重要，据统计，目前我国船舶焊接作业人员中，有30%以上未接受过正规培训及资格认证，严重影响焊接质量的稳定与可靠性。因此，应加强焊接人员的技能培训与考核，使其具有较高的专业水平。同时建立健全的焊工资格认证体系，定期对焊工进行考评，增强焊工的责任心与质量意识，为提高焊工的焊接质量奠定基础。企业要对员工进行专业的焊接技术培训，保证员工对焊接技术有较全面的了解。调查数据表明，与未受训人员相比，经过系统训练的焊工，其焊接质量与效率均有显著提高，平均合格率可达15%以上。实践证明，加强对船员的培训，能直接提高舰船焊接质量，减少舰船焊接缺陷率，进而提高舰船的总体安全水平。只有经过严格的焊工资格认证与评定，焊接接头合格率平均提高20%以上，焊接质量明显提高。合格的焊接人员可以有效地降低焊接缺陷及质量问题，确保船舶长周期运行的安全性。

(四) 设备的持续维护与更新

定期维修包括对设备进行清洁、更换磨损零件、校准参数等，以保证设备处于最佳运行状态。据调查数据表明，在焊接设备中有60%以上的故障都是因为长期得不到维护与修理所致。因此，船舶应建立完善的设备维修保养体系，定期检查、清洗、修理设备，以保证设备处于最佳状态。随着焊接工艺的进步，新型焊接设备的出现，显著提高焊接效率与质量^[4]。因此，有必要定期对已有设备进行性能评估，并进行更新换代。新一代焊接装备的自动化水平越来越高，控制系统越来越精密，安全性也越来越高，这对提高焊接质量和生产效率有较大的帮助。相关行业通过建立完善的设备维修记录及定期维修计划，保证每台设备定期进行维修保养，是延长设备寿命，降低意外事故发生率的有效途径。据最新数

据统计,焊接设备进行升级改造后,焊接质量平均提高20%,维修费用降低。这便要求船舶行业定期对已有设备进行性能评估,及时更新设备并提高焊接质量,从而降低制造成本。

(五) 构建质量追溯体系

建立健全的质量可追溯体系,对加强船舶焊接质量管理具有重要意义。相关行业可制定严格的焊接质量标准,以保证各道工序均能达到规范要求。焊接时应选用优质的焊接设备及材料,确保焊接过程稳定可靠。通过对每道焊缝的焊接参数、焊接材料、焊接人员等信息进行记录与跟踪,能够在出现质量问题的情况下,迅速确定责任方及原因,并及时采取纠正措施,防止类似的问题再次发生^[5]。行业也可采用可追溯软件等现代信息技术对焊接质量进行实时监测与管理,通过对数据的分析与统计,能够及时发现焊接质量异常情况,提高故障诊断的效率与准确率。以某造船企业为例,介绍数字化焊接质量管理体系,建立完整的质量可追溯系统。船舶焊接过程中,焊接电流、电压、速度等参数被自动记录下来,并能实时监控焊接质量,焊接结束后系统会生成包含焊接工艺规范、焊接工艺参数记录和焊接测试结果的详细报告。经过分析,行业发现焊缝存在缺陷,可能对船体安全构成威胁。立即对焊缝重新进行检验找出原因,最后确定是焊接工艺参数设定不合理所致。行业通过对焊接工艺参数进行及时调整,并对相关焊接人员进行培训、指导,确保此类事故不会再发生。

(六) 严格焊材管理与检验

船舶焊接质量控制中,材料管理和检查非常重要。船舶建造过程中,焊接承担着重要的工程任务,其焊接质量直接影响船舶的安全性能。例如:某船厂造船工程中,因焊接材料质量问题而发生安全事故。该公司焊接时所使用的焊材未经过严格检验,造成焊缝中存在夹杂、气孔等缺陷。某新船试航时因焊接质量问题造成船壳渗漏,严重影响船舶航行安全。经事故调查,发现该公司焊接材料的管理和检测存在严重的问题。主要是因采购时没有严格检查焊接材料,造成产品质量控制不到位^[6]。该公司在焊接过程中没有充分的监测和管理,没有对焊接质量进行有效的控制。为解决上述问题,企业严格检查采购的焊接材料,确保满足有关标准及要求。通过采购

正规厂家生产的焊条,规格为1.0mm,符合国家标准GB/T5117-2002,合格数量达到500kg,合格率达到98%;采购正规厂家生产的焊条,规格为3.2mm,符合国家标准GB/T 8110,主要用来检测焊缝质量,合格数量达到800条,合格率达到95%;使用高纯度保护气体,从而确保焊接质量,采用的是CO₂,符合国家标准GB/T4842-2015,合格数量达到100l,合格率达到99%。同时加强对焊接过程的监测,保证工艺参数符合工艺要求。后续根据企业情况建立完善的焊接质量管理体系,包括对焊接人员进行培训和评价,并对焊接过程进行监督检查。采取上述措施后,该企业船舶焊接质量得到显著提高,并有效防止相关事故发生。这一事例表明,船舶建造过程中,严格的焊接材料管理和检验是保证焊接质量的重要手段,关系到舰船的安全可靠运行。

结束语

综上所述,影响船舶焊接质量的因素很多,包括焊接工艺、材料质量和操作者技术水平等。只有综合考虑各方面因素,才能保证船舶焊接质量达到最优,从而保证船舶的安全航行。因此,船舶行业应该加强对焊接质量的关注与监管,提高操作人员的技能,引进先进的焊接技术与装备,使焊接质量管理体系持续完善,从而保证船舶在遭遇恶劣环境和极端环境时仍能安全行驶。

参考文献

- [1]谷洪新,矫显明.船舶焊接生产技术和质量改进的对策研究[J].中国设备工程,2022,(08):49-50.
- [2]徐宝家,刘刚,曹岭.船舶焊接质量影响要素分析[J].船海工程,2022,51(01):129-131.
- [3]张明.船舶焊接质量检验探讨[J].西部交通科技,2021,(10):204-205.
- [4]张明.船舶焊接质量无损检测存在的问题及对策[J].西部交通科技,2021,(06):175-177.
- [5]矫显明,李明峰,武继红,迟东彬,关东阁.船舶的焊接缺陷分析及质量控制[J].内燃机与配件,2021,(04):181-182.
- [6]郭建航.船舶焊接质量评价与分析[J].船舶物资与市场,2020,(05):9-10.