

船体吊耳重复利用安全性能研究

宋雄伟

惠生清洁能源科技集团股份有限公司 江苏 南通 226009

摘要: 本文聚焦船体吊耳重复利用安全性能研究。阐述吊耳基本构造,包括主体、连接与加强部分,介绍其分类、材料与制造工艺。强调吊耳在船舶建造与维修中的重要性。深入分析重复利用时需关注的疲劳寿命、结构强度及焊接质量等问题,并提出拆卸清理、检修更换标准等实践策略,以及优化设计制造、加强管理、推广新材料连接技术等提升安全性能的优化策略。

关键词: 船体吊耳; 重复利用; 安全性能

1 船体吊耳的基本构造与分类

1.1 吊耳的基本构造

船体吊耳是船舶建造与维修中的关键起吊部件,其构造设计需兼顾力学性能与安全性,由主体、连接和加强三部分组成。主体是承受起吊载荷的核心,多为板状结构,常见形状有矩形、圆形及按受力定制的不规则形状。矩形吊耳结构简单、制造方便,在起吊力方向单一且载荷稳定的场景中应用广泛,能满足基本的起吊需求。圆形吊耳应力分布更优,可承受多方向的起吊力,适用于起吊过程复杂、受力多变的情况,能有效应对复杂工况下的起吊任务。连接部分负责吊耳与船体或被起吊物相连,有焊接和螺栓连接两种方式。焊接连接通过熔化焊接达成牢固连接,具有强度高、结构紧凑的优点,但对焊接工艺要求严格,且焊接后不易拆卸。螺栓连接借助螺栓、螺母和垫片等紧固件,便于拆卸更换,适合需频繁起吊或有特殊使用要求的场合,不过连接强度相对焊接稍低,需定期检查螺栓紧固情况。加强部分采用加强筋、加厚板等形式提升吊耳整体强度和稳定性。加强筋焊在主体背面或侧面,能增强抗弯、抗扭能力;加厚板用于受力大或关键部位,可避免局部应力集中致损。

1.2 吊耳的分类

依据不同分类标准,船体吊耳类型多样。按用途可分为建造吊耳和维修吊耳。建造吊耳用于船舶建造的分段起吊、总段合拢等环节,需根据建造工艺和起吊要求专门设计,承载能力大、结构多样,以满足不同建造阶段和起吊物体需求。维修吊耳用于船舶维修时对设备、部件或船体局部起吊,设计注重操作便捷与灵活,承载能力相对较小,但数量多、分布广,适应各类维修场景^[1]。按结构形式,常见有板式、耳板式和箱型吊耳。板式吊耳结构简单,由平板组成,通过焊接或螺栓连接

固定,适用于起吊力小、过程简单的场合。耳板式吊耳在板式基础上发展,一侧或两侧设耳板,有穿绳或挂钩孔,利于起吊工具连接,提高起吊稳定性和安全性,应用广泛。箱型吊耳有封闭箱体结构,可设加强筋,整体强度高,能承重,常用于起吊大型、重型分段或设备。按起吊方式,分为单点和多点起吊吊耳。单点起吊吊耳适用于起吊重量小、过程平稳的物体,结构简单、操作方便;多点起吊吊耳用于起吊大型、重型或不规则物体,需设置多个吊耳,合理布局协调控制,确保物体平衡,避免受力不均倾斜或损坏。

1.3 吊耳的材料与制造工艺

吊耳材料选择对其强度、韧性和使用寿命至关重要,常用材料有碳钢、合金钢等。碳钢可焊性和加工性好,成本低,在一般承载要求的吊耳中应用广泛。如Q235钢是常见碳素结构钢,强度适中,塑性和韧性佳,能满足多数普通起吊作业需求。合金钢强度和韧性更高,耐腐蚀性和耐高温性能更好,适用于承载要求高、工作环境恶劣的吊耳。像Q345钢在碳钢基础上添加少量合金元素,提升了强度和韧性,常用于建造大型船舶或对吊耳性能要求高的场合。吊耳制造工艺主要包括下料、成型、焊接和热处理等环节。下料是第一步,根据设计尺寸和形状,用火焰切割、等离子切割、激光切割等设备将板材切割成所需形状。成型通过冲压、折弯等工艺,将切割好的板材加工成初步形状,确保尺寸精度和形状符合要求。焊接是关键工艺,将吊耳各部分连接成整体,需严格控制焊接参数,选择合适的焊接方法,保证焊接质量。热处理用于改善材料性能,消除焊接内应力,提高强度和韧性,常见方法有退火、正火、淬火和回火等,根据材料和使用要求选择合适的工艺。

2 吊耳在船舶建造与维修中的重要性

在船舶建造中,吊耳是关键部件,贯穿分段建造、

总段合拢至整船下水各环节。分段建造时,吊耳负责将各分段从加工场地吊至装配位置,实现精准安装定位。合理布置吊耳可提升建造效率,减少起吊中分段变形与损坏,保障建造质量与进度。总段合拢阶段,吊耳需承担大型总段安全、精准起吊及对接任务,这对吊耳强度与可靠性要求极高。若吊耳故障,总段可能坠落,引发严重人员伤亡与财产损失,甚至导致整个建造项目受阻。船舶维修期间,吊耳同样作用重大。船舶使用中,设备部件可能出现故障或需定期维护,吊耳用于起吊这些部件进行维修或更换。船体局部维修时,也需借助吊耳起吊维修工具与材料,便于维修人员开展修补、涂装等工作。吊耳的可靠性与安全性直接关乎维修作业能否顺利推进,以及维修人员的生命安全。一旦起吊过程中吊耳发生断裂或脱落,维修设备与人员可能坠落,造成难以估量的严重后果。因此在船舶建造与维修的各个阶段,都必须高度重视吊耳的设计、使用与维护^[2]。

3 船体吊耳重复利用的安全性能分析

3.1 吊耳的疲劳寿命评估

疲劳寿命评估是确保吊耳重复利用安全性能的重要环节。评估方法主要包括理论计算和试验研究两种。理论计算通常基于材料的疲劳性能数据、吊耳的受力情况和结构形式,运用疲劳分析理论(如S-N曲线法、断裂力学法等)对吊耳的疲劳寿命进行预测。通过建立吊耳的有限元模型,模拟其在起吊过程中的应力分布和变化情况,结合材料的疲劳极限和疲劳寿命曲线,计算出吊耳在不同使用次数下的疲劳损伤程度,从而预测其剩余疲劳寿命。试验研究则是通过实际加载试验来验证吊耳的疲劳性能。将吊耳安装在试验装置上,施加与实际起吊过程相似的交变载荷,记录吊耳在不同载荷循环次数下的变形、裂纹萌生和扩展情况,直至吊耳发生疲劳破坏。通过试验数据,分析吊耳的疲劳寿命规律,并与理论计算结果进行对比,修正和完善疲劳寿命评估模型。还可以采用无损检测技术(如超声波检测、磁粉检测等)对吊耳进行定期检测,及时发现吊耳内部的疲劳裂纹,评估裂纹的发展趋势和对吊耳安全性能的影响,为吊耳的重复利用提供科学依据。

3.2 吊耳的结构强度分析

吊耳的结构强度是其能否安全重复利用的关键因素之一。结构强度分析需要考虑吊耳在不同起吊工况下的受力情况,包括静态载荷和动态载荷。静态载荷主要指起吊过程中吊耳所承受的重力、拉力等,动态载荷则包括起吊过程中的冲击载荷、振动载荷等。通过建立吊耳的力学模型,运用有限元分析软件对吊耳在不同工况下

的应力、应变和变形情况进行计算和分析,评估吊耳的结构强度是否满足要求。在分析过程中,需要考虑吊耳的材料性能、几何尺寸、焊接质量等因素对结构强度的影响。如果吊耳在重复使用过程中出现局部变形、磨损或裂纹等缺陷,会显著降低其结构强度^[3]。因此需要对吊耳进行定期的结构强度评估,及时发现并处理潜在的安全隐患。对于结构强度不足的吊耳,应采取加固措施(如增加加强筋、补焊等)或进行更换,以确保吊耳在重复利用过程中的安全性。

3.3 吊耳的焊接质量与检查

焊接质量是影响吊耳安全性能的重要因素之一。在吊耳的制造和重复利用过程中,焊接部位容易出现裂纹、气孔、夹渣等缺陷,这些缺陷会降低焊接接头的强度和韧性,增加吊耳在使用过程中发生断裂的风险。因此对吊耳的焊接质量进行严格检查至关重要。焊接质量检查包括焊前检查、焊中检查和焊后检查三个环节。焊前检查主要是对焊接材料、焊接设备、焊接工艺等进行检查,确保焊接条件符合要求。焊中检查则通过现场观察、焊接参数监测等方式,对焊接过程进行实时监控,及时发现并纠正焊接过程中的问题。焊后检查是对焊接接头进行全面、细致的检查,常用的检查方法有外观检查、无损检测等。外观检查主要观察焊接接头的表面质量,检查是否存在裂纹、咬边、焊瘤等缺陷。无损检测则采用超声波检测、射线检测、磁粉检测等技术,对焊接接头内部进行检测,发现隐藏的缺陷。对于检查出的焊接缺陷,应根据缺陷的性质和严重程度,采取相应的修复措施(如返修、补焊等),确保焊接质量符合标准要求,保障吊耳重复利用的安全性能。

4 船体吊耳重复利用的实践与优化策略

4.1 吊耳的拆卸与清理

在船舶建造或维修顺利竣工之后,为了实现资源的高效循环利用,降低施工成本,需要对吊耳进行拆卸操作以便后续重复使用。在拆卸过程中,必须采用与之适配的工具和科学合理的方法,这是保障吊耳和船体结构完整性的关键前提。针对采用焊接连接的吊耳,可选用火焰切割、等离子切割等专业切割设备,将焊接部位精准割开。切割时,操作人员要时刻保持高度专注,严格控制切割速度和深度。速度过快易导致切割面不平整,深度把握不当则可能切割过度,进而损伤吊耳主体结构,影响其再次使用的性能。对于螺栓连接的吊耳,应使用合适的扳手等工具,先将螺栓逐一松开,随后小心地将吊耳从连接部位平稳拆卸下来。拆卸下来的吊耳表面往往附着油污、锈迹、焊渣等杂质,需进行全面清

理。可综合运用机械清理与化学清理两种方式,先用打磨、喷砂等机械手段去除大部分杂质,再用酸洗、碱洗等化学方法进一步处理,确保吊耳表面清洁、光滑,为后续的细致检修和重复投入使用奠定坚实基础。

4.2 吊耳的检修与更换标准

对拆卸下来的吊耳进行检修是确保其安全重复利用的重要环节。检修内容包括外观检查、尺寸测量、无损检测等。外观检查主要观察吊耳是否存在变形、裂纹、磨损等缺陷,对于存在明显缺陷的吊耳,应进一步进行无损检测,确定缺陷的性质和严重程度。尺寸测量则是检查吊耳的几何尺寸是否符合设计要求,如吊耳的厚度、宽度、孔径等,对于尺寸偏差超出允许范围的吊耳,应进行修复或更换。根据检修结果,制定吊耳的更换标准。一般来说,当吊耳出现以下情况时应进行更换:吊耳主体出现贯穿性裂纹或裂纹长度超过规定值;吊耳的变形量超过允许范围,影响其正常使用;吊耳的关键部位(如焊接接头、连接孔等)存在严重缺陷,无法修复;吊耳的材料性能下降,无法满足起吊要求等。通过严格的检修和更换标准,确保重复利用的吊耳具有良好的安全性能。

4.3 提升吊耳重复利用安全性能的策略

4.3.1 优化吊耳设计与制造工艺

在吊耳设计阶段,应充分考虑其重复利用的需求,优化吊耳的结构形式和尺寸。采用合理的加强筋布局 and 连接方式,提高吊耳的整体强度和稳定性。根据吊耳的使用环境和起吊要求,选择合适的材料,确保吊耳具有良好的力学性能和耐腐蚀性能。在制造工艺方面,严格控制焊接质量,采用先进的焊接技术和设备,优化焊接参数,减少焊接缺陷的产生^[4]。加强制造过程中的质量检验,对吊耳的各个制造环节进行严格把控,确保吊耳的制造质量符合标准要求。还可以采用新型的制造工艺,如3D打印技术,制造出形状复杂、性能优良的吊耳,提高吊耳的制造精度和质量。

4.3.2 加强吊耳使用与维护管理

建立完善的吊耳使用与维护管理制度是提升吊耳重复利用安全性能的重要保障。在使用过程中,应严格按照操作规程进行起吊作业,避免超载使用和违规操作。

对吊耳的使用情况进行详细记录,包括起吊次数、起吊重量、使用环境等信息,以便对吊耳的使用状况进行跟踪和分析。定期对吊耳进行维护保养,包括清洁、润滑、防腐处理等,延长吊耳的使用寿命。加强对吊耳使用人员的培训,提高其安全意识和操作技能,确保吊耳在使用过程中的安全性。

4.3.3 推广新型吊耳材料与连接技术

随着材料科学和连接技术的发展,新型吊耳材料和连接技术不断涌现。推广应用新型吊耳材料,如高强度钢、复合材料等,可以提高吊耳的强度和韧性,减轻吊耳的重量,同时具有良好的耐腐蚀性能,适应更恶劣的工作环境。在连接技术方面,研发和应用新型的连接方式,如高强度螺栓连接、胶接连接等,提高吊耳连接的可靠性和稳定性。新型连接技术不仅可以减少焊接缺陷的产生,还能方便吊耳的拆卸和更换,提高吊耳的重复利用率。通过推广新型吊耳材料与连接技术,进一步提升船体吊耳重复利用的安全性能和经济效益。

结束语

船体吊耳重复利用的安全性能研究对船舶建造与维修意义重大。通过全面分析吊耳在重复利用过程中的各类安全因素,并提出针对性实践与优化策略,可有效保障吊耳重复利用的安全性,提高资源利用率,降低船舶建造与维修成本。未来,随着技术不断发展,应持续探索创新,进一步提升吊耳性能,推动船舶行业安全高效发展。

参考文献

- [1]蔡灵,吴承恩.原油转驳船船体分段与总段吊装吊耳设计及搭载方案研究[J].南通航运职业技术学院学报,2020,19(4):37-41.DOI:10.3969/j.issn.1671-9891.2020.04.009.
- [2]于博,张卓,王建立.基于CFD的尾部吊耳对船舶阻力的影响分析[J].船舶职业教育,2024,12(4):54-57. DOI:10.16850/j.cnki.21-1590/g4.2024.04.016.
- [3]胡俊祥,韩中成,卞宇,等.船舶分段吊装翻身设计方法[J].船舶标准化工程师,2020,52(1):50-57.
- [4]王鸿昊,张楠.船舶吊装设计成本控制[J].船舶与海洋工程,2021,35(4):62-64.