

LNG船用聚氨酯绝缘箱箱体装配精度及质量控制关键技术

许宏新

上海中远海运重工有限公司 上海 200231

摘要：本文围绕LNG船用聚氨酯绝缘箱箱体装配的精度与质量控制展开讨论，通过具体案例分析与实践探讨，展示如何通过设计优化、设备升级、过程监控、原材料检验及成品检验等措施，确保装配精度与产品质量。强调建立质量管理体系、加强人员培训、引入先进技术手段、实施持续改进及加强供应链管理的重要性。这些措施共同构成了保障LNG船用聚氨酯绝缘箱箱体装配质量的有效体系。

关键词：LNG；聚氨酯绝缘箱；箱体装配精度；质量控制技术

1 LNG 船用聚氨酯绝缘箱概述

LNG（液化天然气）船用聚氨酯绝缘箱，作为海上能源运输的关键组成部分，其设计与制造凝聚了高度的技术精髓与环保理念。该绝缘箱采用高性能聚氨酯材料作为核心隔热层，凭借其卓越的保温性能，有效防止了LNG在长途运输过程中的温度泄露与蒸发损失，确保了能源的高效利用与运输安全。聚氨酯材料因其低导热系数、高强度、良好抗老化和耐水性等特性，被广泛应用于LNG船的液货舱绝缘系统中。这些绝缘箱不仅能够有效隔绝外部环境温度变化对内部LNG的影响，还能承受船舶航行中复杂的力学载荷，如波浪冲击、船体振动等，确保结构完整性和长期稳定性。LNG船用聚氨酯绝缘箱的设计还充分考虑环保与可持续性要求，采用环保型原材料生产，减少对环境影响。其高效的隔热性能也间接降低LNG蒸发产生的温室气体排放，有助于实现航运业的绿色转型。

2 LNG 船舶运输在能源领域的重要性

LNG（液化天然气）船舶运输在能源领域的重要性不言而喻，它不仅是全球能源供应网络中的关键一环，更是推动能源多元化、促进清洁能源发展的重要力量。随着全球对能源需求的不断增长和对环境保护意识的日益增强，LNG作为清洁、高效的能源载体，其地位日益凸显^[1]。LNG船舶运输以其长距离、大批量、低成本的运输优势，将LNG从资源丰富的地区运往需求旺盛的国家和地区，有效缓解了能源供需矛盾，促进了全球能源市场的平衡发展。LNG船舶运输还对于促进能源结构的优化升级具有重要意义，相比传统化石能源，LNG燃烧产生的二氧化碳排放量更低，有助于减少温室气体排放，对抗全球气候变化。LNG船舶运输的普及和发展，对于推动全球能源结构向低碳、环保方向转型，实现可持续发展目标具有不可替代的作用。

3 LNG 船用聚氨酯绝缘箱箱体装配的关键技术

3.1 箱体设计优化与制造工艺改进

LNG船用聚氨酯绝缘箱的设计优化是确保其高效、安全运输LNG的基础。箱体设计需充分考虑LNG的超低温要求（-163℃），确保聚氨酯泡沫板与胶合板等材料的结合能够长期承受极端温度环境而不失效。设计过程中，采用先进的热力学模拟软件，对箱体内部温度分布进行精确计算，优化保温层厚度和结构布局，以达到最佳的保温效果。箱体设计还需兼顾结构强度和刚度要求，以应对船舶航行中的复杂力学载荷。通过有限元分析方法，对箱体进行强度校核和疲劳寿命预测，确保箱体在长期使用过程中不会出现变形、开裂等问题。同时，为了提高装配效率和精度，箱体设计还需考虑模块化、标准化原则，便于各部件的制造、运输和现场装配。制造工艺改进；传统的LNG船用绝缘箱制造工艺存在诸多不足，如装配精度难以控制、生产效率低下等。针对这些问题，制造工艺的改进显得尤为重要，引入先进的自动化生产设备，如自动涂胶机、自动压合设备等，实现聚氨酯泡沫板和胶合板的精确涂胶和压合，提高生产效率和装配精度。优化装配流程，采用多工位分段装配工艺路线，通过多机器人与各工位专用装备之间的协同控制，实现绝缘箱的高效装配。研发木质夹板的自动张紧装置和张紧工艺，确保木质夹板与聚氨酯泡沫板和胶合板的牢固连接，提高绝缘箱的整体强度和稳定性。加强制造工艺的标准化和规范化管理，制定详细的操作规程和质量控制标准，确保每一道工序都符合设计要求和质量标准。通过持续改进制造工艺，提高绝缘箱的生产效率和产品质量，满足LNG船舶运输的严格要求。

3.2 精密装配工艺及自动化装配技术应用

LNG船用聚氨酯绝缘箱的精密装配工艺是确保其性能稳定、安全可靠的关键。在装配过程中，需严格控制

各部件的尺寸精度和装配公差,确保各部件之间的紧密配合和良好密封。采用高精度测量工具和设备,对箱体各部件的尺寸进行精确测量和记录,为后续的装配提供准确的数据支持。采用先进的装配技术和方法,如定位销、夹具等辅助工具,确保各部件在装配过程中的准确定位和固定。对于木质夹板的装配,需特别注意其四个面与聚氨酯泡沫板和胶合板的胶接质量,确保连接强度和装配精度达标。自动化装配技术应用;随着自动化技术的不断发展,自动化装配技术在LNG船用聚氨酯绝缘箱的生产中得到了广泛应用。通过引入自动化装配线、机器人等先进设备,实现绝缘箱的自动化装配和检测,大大提高了生产效率和产品质量。自动化装配线采用模块化设计,可根据不同型号的绝缘箱进行灵活调整和优化。在装配过程中,机器人通过预设的程序和路径,自动完成各部件的搬运、定位、涂胶、压合等工序,减少了人工干预和误差,提高了装配精度和一致性。自动化装配技术还结合了机器视觉、传感器等先进技术,实现了对装配过程的实时监控和反馈。通过采集和分析装配过程中的数据,及时发现和纠正问题,确保绝缘箱的装配质量和性能稳定^[2]。

3.3 装配过程中的质量控制与检测技术

在LNG船用聚氨酯绝缘箱的装配过程中,质量控制是确保产品性能和安全性的重要环节,建立健全的质量管理体系,明确各道工序的质量标准和检验方法,确保每一只绝缘箱都符合设计要求和质量标准。加强原材料和零部件的质量控制,对进厂的原材料和零部件进行严格检验和筛选,确保其质量符合相关标准和要求。对生产过程中的关键环节进行重点监控和检查,如涂胶量、压合压力、时效固化时间等,确保各项工艺参数符合设计要求。加强装配过程中的质量检查和记录工作,对每一只绝缘箱进行编号和标记,记录其生产日期、批次、型号、关键尺寸等信息,以便后续的质量追溯和问题排查。检测技术;为了确保LNG船用聚氨酯绝缘箱的装配质量和性能稳定,需要采用先进的检测技术进行检验和测试,采用无损检测技术对箱体进行外观检查和内部缺陷检测,如X射线检测、超声波检测等,确保箱体无裂纹、气孔等缺陷。采用力学性能测试设备对绝缘箱的拉伸强度、压缩强度、抗冲击性能等进行测试,确保其在船舶航行过程中能够承受各种力学载荷而不失效。还需进行保温性能测试和密封性能测试等专项测试,确保绝缘箱的保温效果和密封性能符合设计要求。采用智能化检测技术和数据分析方法,对检测数据进行处理和分析,及时发现和纠正问题,提高检测效率和准确性。通过不断优化检测

技术和方法,提高绝缘箱的装配质量和性能稳定性,为LNG船舶运输的安全和高效提供有力保障。

4 质量控制技术在 LNG 船用聚氨酯绝缘箱箱体装配中的应用

4.1 质量控制技术在装配过程中的监控与应用

质量控制技术在LNG船用聚氨酯绝缘箱箱体装配中的应用,是确保产品达到最高安全标准与性能要求的关键环节。这一过程不仅涉及对原材料、零部件以及成品的严格检测,还涵盖了对装配全过程的精细监控与持续优化。在装配前阶段,质量控制技术首先应用于原材料的筛选与检验。通过先进的物理性能测试、化学成分分析以及无损探伤等手段,确保聚氨酯泡沫板、胶合板及木质夹板等关键材料符合设计规范与行业标准。进入装配过程,质量控制技术更是发挥着不可替代的作用,采用精密测量工具与设备,对箱体各部件的尺寸、形状及位置进行精确测量与定位,确保装配的准确性和一致性。利用先进的定位夹具与装配工装,减少人工操作带来的误差,提高装配精度。通过实施严格的工艺流程控制,确保每一道工序都按照既定规范进行,避免工艺参数的偏离导致的产品质量问题。在装配过程中,实时监控系统与数据采集技术的应用,使得质量控制工作更加高效与精准。通过安装传感器、摄像头等监控设备,对装配现场的环境条件、设备状态以及人员操作进行实时监控,确保装配过程的安全与规范。采集到的数据通过大数据分析技术进行处理,及时发现潜在的质量问题或异常趋势,为质量改进提供有力支持^[3]。质量控制技术还体现在对装配成品的严格检验与测试上,通过实施全面的外观检查、尺寸测量、力学性能测试以及保温性能测试等,确保每只LNG船用聚氨酯绝缘箱均能满足设计要求与质量标准。对于发现的不合格品,及时采取返工、返修或报废等措施,确保不合格品不流入下一道工序或市场。

4.2 质量问题的处理方法和质量追溯技术

质量控制技术在LNG船用聚氨酯绝缘箱箱体装配中的应用,是确保产品性能稳定、安全可靠的核心保障。面对装配过程中可能出现的尺寸偏差、材料缺陷、装配不良等质量问题,建立了快速响应机制,一旦发现质量问题,立即启动应急预案,组织专业技术人员进行现场勘查与分析,迅速定位问题根源。根据问题的性质与严重程度,制定相应的处理方案。对于轻微问题,如尺寸偏差在允许范围内,可通过调整装配工艺或采取补救措施进行修正;对于严重问题,如材料缺陷导致性能不达标,则坚决予以返工或报废处理,确保不合格品不

流入下一道工序或市场。在处理质量问题的同时，高度重视质量追溯技术的应用，通过为每只LNG船用聚氨酯绝缘箱建立唯一的产品编号与电子档案，详细记录其原材料来源、生产批次、装配过程、检验记录及质量问题处理情况等关键信息。这些信息不仅为质量追溯提供了可靠依据，也为后续的质量分析与改进提供了宝贵数据支持。当需要对某一批次或某一特定产品进行质量追溯时，可以迅速通过产品编号或电子档案查询到相关信息，了解产品的生产历史与质量问题处理情况。在此基础上，可以进一步分析质量问题产生的原因，总结经验教训，制定针对性的改进措施，防止类似问题再次发生。还利用现代信息技术手段，如二维码、RFID等，实现产品信息的快速识别与追溯。

5 LNG 船用聚氨酯绝缘箱箱体装配精度及质量控制案例分析

在LNG船用聚氨酯绝缘箱箱体装配领域，精度及质量控制是决定产品性能和安全性关键因素。以下通过一个具体案例，分析如何在实际生产中确保装配精度并有效实施质量控制。案例背景：某大型船舶制造企业承接了多艘LNG船的建造任务，其中聚氨酯绝缘箱的装配是项目中的重点环节。由于绝缘箱数量庞大、结构复杂，且需承受极端低温环境，因此对其装配精度和质量控制提出了极高要求。案例分析：企业首先通过三维建模和仿真分析，对绝缘箱的结构进行优化设计，确保各部件之间的配合精度^[4]。制定详细的装配工艺流程，明确了各道工序的装配公差和检验标准。引入高精度测量仪器和自动化装配设备，如激光测距仪、自动涂胶机、自动压合机等，提高了装配过程中的测量精度和自动化水平。在装配现场设置实时监控系統，对装配过程进行全程录像和数据分析，及时发现并纠正装配偏差。设立专职质检员，对每道工序进行严格把关，确保装配精度符合设计要求。质量控制实践：对所有进厂的原材料进行严格检验，包括聚氨酯泡沫板、胶合板、木质夹板

等，确保其质量符合相关标准和规范。在装配过程中，严格按照既定的工艺流程进行操作，确保每道工序都符合工艺要求。对关键工序进行重点控制，如涂胶量、压合压力、时效固化时间等，确保工艺参数的稳定性和一致性。对装配完成的绝缘箱进行全面检验，包括外观检查、尺寸测量、力学性能测试和保温性能测试等。对于不合格品，立即进行返工或报废处理，确保出厂产品质量合格。案例成果：通过上述措施的实施，该企业成功提高LNG船用聚氨酯绝缘箱的装配精度和产品质量。在多次实际应用中，绝缘箱均表现出良好的保温性能和结构稳定性，有效保障LNG船的安全运输。该企业的装配效率和产品质量也得到了客户的高度认可，为企业的持续发展奠定坚实基础。

结束语

LNG船用聚氨酯绝缘箱箱体装配的质量控制是一项系统工程，需要企业从多个方面入手，形成全方位、多层次的质量控制网络。通过不断实践与创新，可以进一步提升装配精度与产品质量，为LNG船的安全高效运行保驾护航。同时，也为船舶制造业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]张悦,周春立,孔谅,等.LNG船用聚氨酯绝缘箱箱体装配精度及质量控制关键技术[J].船舶与海洋工程,2022,38(1):46-52.DOI:10.14056/j.cnki.naoe.2022.01.009.
- [2]谷林春,何萧.LNG船舶液货舱技术市场发展现状[J].船舶物资与市场.2019,(7).DOI:10.19727/j.cnki.cbwzysc.2019.07.001.
- [3]苗科,戎建俊,陈强.LNG船货舱围护系统的建造质量控制[J].船海工程.2015,(6).DOI:10.3963/j.issn.1671-7953.2015.06.010.
- [4]陈启康,张春艳,周春立,等.LNG船用绝缘箱自动生产线节拍优化研究[J].造船技术.2015,(1).DOI:10.3969/j.issn.1000-3878.2015.01.011.