

船舶防水电气控制箱的创新设计与实践研究

田佳

渤海船舶职业学院, 辽宁 葫芦岛 125000

DOI: 10.61369/RTED.2025080027

摘 要 : 随着航运业的快速发展, 船舶电气系统的安全性和可靠性越来越受到人们的关注。船舶电气防水控制箱是一个涉及电气、机械、材料等多学科交叉的领域, 旨在确保船舶在复杂多变的海洋环境中电气系统的稳定运行和安全性。船舶防水电气控制箱作为船舶电气系统的重要组成部分, 其设计与研究具有重要的现实意义。本文将对船舶电气控制箱的具体现状与实际需求, 设计一种具有防水性能的电气控制箱。

关 键 词 : 船舶; 防水; 电气控制箱

Innovative Design and Practical Research of Waterproof Electrical Control Box for Ships

Tian Jia

Bohai Shipbuilding Vocational College, Huludao, Liaoning 125000

Abstract : With the rapid development of the shipping industry, increasing attention has been paid to the safety and reliability of marine electrical systems. The marine waterproof electrical control box is a cross-disciplinary field involving electrical engineering, machinery, materials and other disciplines. It aims to ensure the stable operation and safety of the electrical system in the complex and changeable marine environment. As an important part of the marine electrical system, the design and research of the marine waterproof electrical control box have important practical significance. Based on the specific current situation and actual needs of marine electrical control boxes, this paper will design an electrical control box with waterproof performance.

Keywords : ship; waterproof; electrical control box

一、研究背景

船用电气防水控制箱作为船舶电气系统的关键组件, 其性能优劣对船舶的安全与效率具有决定性作用。随着科技的不断进步和海洋经济的蓬勃发展, 船舶电气系统面临的环境日益复杂, 对船用电气防水控制箱的性能要求也随之提升。因此, 深入研究船用电气防水控制箱的设计与性能, 对于提升船舶电气系统的整体可靠性和安全性, 具有至关重要的意义。

研究背景方面, 船用电气防水控制箱是船舶电气系统中不可或缺的一环。在海洋环境中, 船舶电气系统经常面临各种恶劣条件, 如潮湿、腐蚀、振动等。这些不利因素都可能对船舶电气系统造成损害, 进而影响船舶的安全运行。船用电气防水控制箱作为保护电气设备的关键部件, 其设计的好坏直接关系到整个电气系统的性能。

二、设计原则

(一) 总体设计要求

可靠性是船用电气防水控制箱设计的首要原则。由于海上环

境复杂多变, 包括高湿度、盐雾腐蚀、海浪冲击等因素, 控制箱必须具备高度的可靠性。在材料选择上, 应采用耐腐蚀、抗老化的优质材料, 以确保控制箱在恶劣环境下仍能保持稳定的性能。同时, 结构设计也应注重合理性和稳固性, 避免因外力导致的损坏或性能下降。

防水性能是船用电气防水控制箱的另一项关键要求。海水具有强腐蚀性, 一旦渗入控制箱内部, 将对电气设备造成严重损害。因此, 控制箱必须具备良好的防水性能。在设计中, 应采用先进的防水技术和材料, 如防水密封圈、防水透气膜等, 以有效阻挡海水的渗入^[4]。同时, 还应应对控制箱进行严格的防水测试, 确保其在实际使用中能够达到预期的防水效果。

耐腐蚀性也是船用电气防水控制箱设计中的重要考虑因素。由于海洋环境中存在大量的盐分和腐蚀性物质, 这些物质会对控制箱的表面和内部构件造成腐蚀。因此, 在设计中应采用耐腐蚀材料, 如不锈钢、铝合金等, 以提高控制箱的耐腐蚀性能。同时, 还应应对控制箱进行定期的维护和保养, 以延长其使用寿命。

体积小、重量轻也是船用电气防水控制箱设计的重要要求。为了便于安装和携带, 控制箱的体积和重量应尽可能减小。在设计中, 应采用紧凑的结构设计和轻量化材料, 以实现这一目标。

同时，还应注意在保证控制箱性能的前提下，合理布局内部构件，以充分利用空间^[5]。

（二）结构设计与材料选择

在海上石油勘探设备的设计中，结构设计与材料选择是确保设备稳定运行的关键要素。对于控制箱而言，其结构设计需遵循模块化、标准化的设计理念。模块化设计意味着控制箱的各个组成部分可以独立设计、制造和装配，这不仅简化了制造流程，还便于后期的安装、维护和升级。同时，模块化设计还允许根据实际需求灵活调整控制箱的配置，以适应不同的工作环境和任务需求。

标准化设计则强调控制箱的尺寸、接口和安装方式的统一，以提高设备的互换性和通用性。这有助于降低制造成本，缩短生产周期，并提高设备的维护效率。在结构设计过程中，还需充分考虑箱体的强度和刚度，以确保在恶劣的海洋环境下，控制箱能保持稳定性和可靠性^[6]。

在材料选择方面，由于海上环境具有腐蚀性、潮湿性和高紫外线辐射等特点，因此，控制箱的材料应具备耐腐蚀、防水和防晒等性能。不锈钢和铝合金等材料因其良好的耐腐蚀性和机械性能，成为控制箱外壳的理想选择。同时，为了确保控制箱内部的元器件能长期稳定运行，应选用高质量、耐用的产品，如具有防水、防尘和防腐蚀特性的电子元件和连接器。这些材料的选择不仅有助于提高设备的可靠性和稳定性，还能延长设备的使用寿命，降低维护成本。

（三）防水密封技术

在海洋工程设备中，防水密封技术是至关重要的环节。特别是在控制箱的设计与制造过程中，防水密封技术的优劣直接关系到设备的稳定运行与使用寿命。为了确保控制箱在恶劣的海洋环境中保持良好的防水性能，需要采取一系列专业且严谨的防水密封措施^[7]。

在密封设计方面，应充分考虑控制箱的实际应用环境需求。硅胶密封和垫片密封是常用的密封方式，它们具有优异的防水性能与密封效果。硅胶密封通过填充箱体连接处的缝隙，形成紧密的防水层，有效防止水分渗透。而垫片密封则通过在箱体连接处设置弹性垫片，利用垫片的压缩变形达到密封效果。还应重视箱体连接处的防水设计，通过采用专业的防水接头、防水密封圈等部件，确保连接处的密封性。

在防水测试方面，应严格执行防水测试标准与流程。浸水测试与淋雨测试是常用的测试方法，它们能够模拟海洋环境的实际情况，检验控制箱的防水性能。在测试过程中，应关注箱体内部是否出现渗水、漏水等现象，以及箱体连接处是否出现密封失效等问题。通过严格的防水测试，可以确保控制箱的防水性能符合设计要求，为海洋工程设备的稳定运行提供有力保障。^[8]

三、结构特点

箱体设计设计：采用不锈钢或其他耐腐蚀材料制成，具有良

好的防水性能和抗腐蚀能力。箱体结构紧凑、坚固，能够承受一定的压力和冲击。

内部结构设计：控制箱内部应合理布置电气元件，确保电气元件之间的连接安全可靠。同时，应设置足够的散热孔和通风口，以保证电气元件在运行过程中不会过热。

防水措施设计：在箱体接缝处采用密封胶条进行密封处理，防止水分渗入。同时，在控制箱内部设置排水孔和干燥剂，以吸收可能进入的水分^[1]。

电气安全设计

过载保护：选用具有额定电流保护功能的开关和断路器，确保在电路过载时自动断开电源。

短路保护：设置快速断开电路的机制，如电流限制器或自动断路器，以防止短路引发的火灾或设备损坏。

电气隔离：采用高质量的绝缘材料和密封设计，确保电气部分与外界环境隔离，减少触电危险。

散热设计

通风设计：在控制箱上设置通风孔或安装散热风扇，以确保内部电气元件在长时间运行下能够得到良好的散热^[2]。

热管理系统：根据控制箱内部电气元件的发热情况，设计合理的热管理系统，以控制箱内温度在规定范围内。

排水技术：在控制箱底部设置排水孔，以便及时排出可能进入的水分。同时，排水孔应设置滤网以防止异物堵塞^[3]。

干燥技术：在控制箱内部设置干燥剂，以吸收可能进入的水分并降低箱体内部的湿度。干燥剂应定期更换以保持其良好的吸湿性能。

四、设计内容

本文通过以下技术方案予以实现：一种具有防水功能的船舶电气控制箱，包括支撑底座，所述支撑底座内部呈中空设置，所述支撑底座内部安装有便于调节本装置高度的升降组件，所述支撑底座上方安装有控制箱本体，所述控制箱本体一侧转动连接有密封板，所述密封板上固定安装有透明玻璃窗，所述密封板一侧固定安装有带锁把手，所述控制箱本体后侧开设有散热口，所述散热口处安装有调节组件。^[9]所述调节组件包括安装在散热口外侧的挡水板，所述挡水板顶部对称两侧固定安装有连接套，所述控制箱本体后侧对称两侧固定安装有第一支撑座，两个所述第一支撑座之间固定安装有第一转杆，所述控制箱本体顶壁一侧固定安装有驱动马达，所述驱动马达输出端固定安装有驱动锥形齿轮，所述控制箱本体顶壁对称固定安装有第二支撑座，其中一个所述第二支撑座一侧转动连接有第二转杆，所述第二转杆一端贯穿至另一个第二支撑座一侧，所述第二转杆一端固定安装有从动锥形齿轮，所述第二转杆两端固定安装有第一传动杆，两个所述第一传动杆一端转动连接有第二传动杆，两个所述第二传动杆一端转动连接有连接座，两个所述连接座固定安装在挡水板内侧。控制箱体外部结构如图1所示。调节组件结构如图2和图3所示。

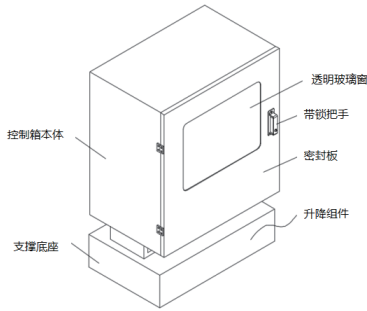


图1 控制箱体外部结构

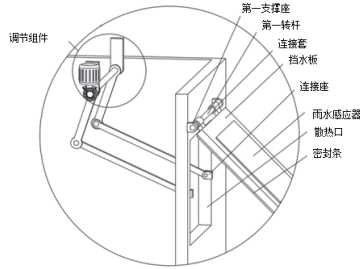


图2 调节组件示意图

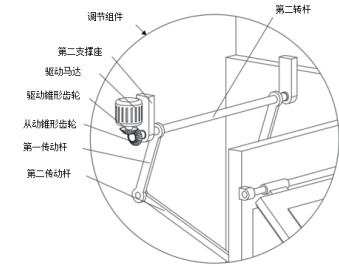


图3 调节组件结构图

五、研究效果与结论

本课题的研究成果可根据不同的天气情况决定对控制箱本体进行散热还是防水，当遇到雨天时，雨水感应器感应到下雨后，通过控制器启动驱动马达带动驱动锥形齿轮转动，驱动锥形齿轮带动从动锥形齿轮转动，从动锥形齿轮带动第二转杆转动，第二转杆转动的同时从而通过第一传动杆和第二传动杆的相互配合，从而带动挡水板对散热口进行闭合，从而有效防止雨水进入控制箱本体内，实用性强^[9]。

在本研究中，虽然针对船用电气防水控制箱的设计原则和方法进行了深入探讨，但设计理论仍需进一步完善。当前的设计原则和方法主要基于一般性的电气设备和船舶工作环境进行考量，然而，不同类型的船只，如货轮、油轮、军舰等，其工作环境和需求存在显著差异。因此，为了更好地适应不同船只和工作环境的需求，设计理论需要进一步细化，充分考虑各种船只的特定工作条件和要求。对于不同工作环境的电气性能要求、防水等级需求等，也需要进行深入研究，以制定更为精准的设计准则。

本研究成果目前主要应用于船用电气防水控制箱的设计和测试，但其应用范围相对有限。为了更好地服务于船舶行业，未来需要拓展研究成果的应用范围。例如，可以将研究成果应用于其他类型的船舶电气设备的设计和测试，或者将研究成果与船舶行业的实际需求相结合，开发出更为实用、高效的船舶电气设备。还可以考虑将研究成果推广至其他相关领域，如海洋工程、港口机械等，以扩大其应用范围和影响力。^[10]

参考文献

- [1] 郭庆. 大功率电气控制箱散热结构设计[J]. 电器与能效管理技术, 2023, (04): 61-66
- [2] 于忠杰, 王飞章, 高洪滨, 等. 基于 P640 的船舶电气设备控制箱典型发热故障诊断及分析[J]. 机电工程技术, 2024, 53(06): 265-267
- [3] 施新勇, 丁建平, 金梦, 等. 12kV 常压密封开关设备防水、透气和防凝露装置技术研究[J]. 中国新技术新产品, 2024, (05): 83-85.
- [4] 周一梁, 程方. 船舶防水通风系统工艺技术研究[C]// 中国造船工程学会造船工艺学术委员会. 2022年度船舶先进制造工艺技术学术交流会论文集. 江南造船(集团)有限责任公司; 2022: 396-403.
- [5] 赵俊波, 翁震平, 魏纳新. 基于自抗扰控制的载人潜水器动力定位仿真研究[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(08): 2683-2685+2688. DOI: 10.16526/j.cnki.11-4762/tp.2015.08.022.
- [6] 杜洋. 加快数字化转型护航企业“出海”[N]. 法治日报, 2025-02-06(007). DOI: 10.28241/n.cnki.nfzrb.2025.000607.
- [7] 张建宇. 新能源技术在船舶上的应用和展望[J]. 船舶物资与市场, 2024, 32(06): 91-93. DOI: 10.19727/j.cnki.cbwzysc.2024.06.029.
- [8] 范爱龙, 刘汉有, 杨福宝, 等. 船舶混合动力系统硬件在环仿真平台和试验研究[J]. 中国造船, 2023, 64(03): 262-274.
- [9] 江玉杰, 万征, 陈继红. 中国沿海水上交通事故致因路径分析[J]. 大连海事大学学报, 2024, 50(01): 76-84. DOI: 10.16411/j.cnki.issn1006-7736.2024.01.009.
- [10] 王喆. 海上危化品运输系统脆性研究[D]. 大连海事大学, 2020. DOI: 10.26989/d.cnki.gdlhu.2020.000376.