

做好腐蚀环境初步评价及防腐等级的确定工作，这也是其设计优化工作的核心所在。防腐设计效果通常由建筑结构所处环境中的腐蚀性程度决定，所以，准确地开展腐蚀环境评价对于腐蚀性等级的确定具有重要意义。在对腐蚀环境进行评价的时候，要考虑气候情况、温度及湿度的变化、空气中含有化学物质浓度、污染物浓度以及外界环境中是否存在海风或者酸雨等情况。不同的环境条件下的材料腐蚀性能具有差异，故在评估中需从多方面考虑。比如，海边空气中的含盐量大，在这种环境下钢结构易发生氯离子腐蚀现象，而在化工厂附近的建筑会受到酸碱类物质的影响，从而导致其耐久性降低。所以，在准确把握以上各项参数数据的情况下，才能有利于指导后续工程的防腐设计工作，此外，在判定中还要根据房屋使用功能、建筑结构形式及设计使用年限等情况对防腐级别进行综合判断^[9]。根据腐蚀环境的程度将腐蚀性等级划分为强腐蚀、中腐蚀、弱腐蚀、微腐蚀四个级别，不同的腐蚀性等级有着不同的防腐要求和措施，其使用的防腐材料以及工艺标准也不尽相同。比如在强腐蚀环境中，就需要使用高性能的防腐涂料或者是耐腐蚀性的合金材料，在中腐蚀环境中则可以采用普通防腐涂料。

4.3 结构选型与防腐技术的协同优化设计

对于工业建筑而言，在进行结构选型及防腐技术的应用中，需要做好两者的协同优化设计工作，以保证建筑具有良好的抗腐蚀能力。其中建筑结构本身就需要具有一定的抗腐蚀能力，而工业建筑由于所处的作业环境非常恶劣，例如存在湿度大、温度高、化学气体等因素，均会对建筑产生腐蚀作用。所以首先在结构选型上应该先了解该建筑所处环境是否具有腐蚀性。比如，在化工厂、炼油厂这样的强腐蚀环境中，钢结构腐蚀严重，采用高耐腐蚀性的钢或者对钢材做特殊的涂装就成为了必要的一种设计手段；而在其他环境中，传统的钢结构或者混凝土结构就完全能满足防锈要求了，这时候防腐涂料和防腐设计就变得十分重要起来。结构选型不只是考虑满足建筑的功能及荷载需求，还应综合考虑建筑物所在位置的腐蚀性。结构形式与防腐技术相结合的设计是指，在对结构形式的选择上，不仅要考虑结构形式本身是否具备良好的力学性能，同时要考虑该结构形式是否适合应用防腐技术。如钢结构可以选择合金钢、耐腐蚀钢材等；混凝土结构可加入抗腐蚀剂、特殊外部防护层等。另外，结构各部分尤其是连接部位以及节点处易堆积腐蚀物，在该部分进行防腐设计过程中，需综合考虑材质选用、涂装处理方

式、缝隙设计等方面的问题，保证结构及防腐措施有机结合在一起，做到整体设计最优。

4.4 节点构造的防腐强化设计优化方案

建筑物的节点部位因受力较大，又是腐蚀发生率较高的部位，故而节点部位的防腐设计也是工业建筑设计的重要部分。对节点构造防腐设计的完善，应从提升节点的防腐能力着手进行，通过加大防腐力度，保证节点部位能经得起长期的考验，防止由于节点的腐蚀造成的结构安全隐患。对于节点部位的加强防腐措施，应从材料选取开始，使用耐腐蚀性较强的材料，例如耐腐蚀钢、不锈钢或者具有良好抗腐蚀能力的特殊合金。另外，针对钢结构节点，也可以利用防腐涂层、热浸镀锌等方式对钢结构表面进行保护，避免被腐蚀物侵蚀。并且节点部位的防腐设计还要考虑到结构的力学性能，保证防腐措施不会影响节点的承载力及稳定。例如在节点连接部位，防腐涂层的种类、厚度以及施工顺序都需要经过严格的设计，避免由于涂装的设计不当而影响了结构连接的强度，在紧固件的选择上也要尽量采用耐腐蚀性强的材料，比如不锈钢紧固件，避免由于紧固件腐蚀导致节点松动脱落。防腐强化设计还应注意节点的排水设计，避免水、污物长时间停留在节点上而加速其腐蚀。因此，对于节点部位的防腐设计不仅在于涂层的应用，在材料、结构形式及施工工艺等方面都需要进一步考虑以保证其与节点的力学要求相适应。

5 结语

工业建筑物对于防腐性能提出了更高的要求，传统的设计方法已经不能满足现代发展的需求，在此基础上进行防腐技术下的结构设计模式优化，能够更好地发挥其防腐能力，进而实现建筑物在设计使用年限内的正常使用。在合理应用防腐材料的基础上进行结构设计及防腐技术的应用，以此来保证工业建筑物长久的安全性发展。今后，随着工程技术的发展，防腐设计也将会成为工业建筑设计的一个重要研究方向。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.GB/T50046-2018.工业建筑防腐设计标准[S].北京:中国计划出版社,2018.
- [2] 王晨.基于防腐技术的工业建筑结构设计模式优化[J].现代盐化工,2025,52(2):115-117.
- [3] 李银.“双碳”目标驱动下工业建筑结构设计的核心要点探究[J].中国建筑金属结构,2025,24(12):133-135.

Mechanical Structure Design and Standardized Interface Development of Modular Ophthalmic Examination Equipment

Biao Liu

Tianjin New Vision Technology Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

Abstract

This study focuses on the mechanical structure design and standardized interface development of modular ophthalmic examination equipment. Firstly, in the mechanical structure design section, a modular architecture for the entire device is proposed. By optimizing the structural design of key functional units such as the optical imaging module, eye position adjustment module, and positioning and support module, the equipment achieves high stability, high precision, and excellent maintainability. Secondly, in the standardized interface development section, a unified interface architecture is planned, with key technical parameters such as mechanical connections, electrical communication, and optical coupling clearly defined, along with strict precision control indicators established. Through compatibility and interchangeability design, it ensures that different functional modules can be quickly and reliably combined and replaced. Finally, an interface verification and optimization testing protocol is designed to provide technical support for the clinical application of modular ophthalmic examination equipment.

Keywords

Modular ophthalmic examination; Mechanical structure design of equipment; Standardized interface development

模块化眼科检查设备机械结构设计及标准化接口开发

刘彪

天津新视光技术有限公司, 中国·天津 300000

摘要

文章围绕模块化眼科检查设备的机械结构设计及标准化接口开发展开研究。首先,在机械结构设计部分,提出了整体设备的模块化架构,通过对光学成像模块、眼位调整模块、定位与支撑模块等关键功能单元的结构进行优化设计,实现设备的高稳定性、高精度和良好的可维护性。其次,在标准化接口开发部分,规划了统一的接口架构,明确了机械连接、电气通信及光学耦合等关键技术参数,并制定了严格的精度控制指标。通过兼容性与互换性设计,确保不同功能模块能够快速、可靠地组合与替换。最后,设计了接口验证与优化测试方案,为模块化眼科检查设备的临床应用提供技术支持。

关键词

模块化眼科检查; 设备机械结构设计; 标准化接口开发

1 引言

随着眼科疾病筛查需求的不断增长,传统集成式眼科检查设备在灵活性、可扩展性和维护成本方面逐渐显现不足。模块化设计因其可组合、可升级的优势,成为提升设备适应性和降低研发周期的重要方向。本文围绕模块化眼科检查设备的机械结构设计及标准化接口开发展开研究,旨在通过优化机械结构布局、提升模块间连接精度,并建立统一的接口规范,实现各功能模块的快速装配、稳定工作与高效互换,为未来多模态、智能化眼科检查设备的发展提供技术基础。

2 模块化眼科检查设备机械结构设计

2.1 模块化眼科检查设备机械结构设计

模块化眼科检查设备机械结构的核心前提是科学的模块划分,需基于眼科检查的功能需求与设备运维便利性,构建“基础承载+功能检测+辅助适配”的三层模块化架构。基础承载模块作为设备核心支撑,需采用高刚性铝合金型材焊接框架,底部配置可调节减震地脚,确保设备在运行过程中的稳定性,同时预留标准化安装接口,为各功能模块的装配提供基准。功能检测模块需按检查项目拆分,如验光模块、眼压检测模块、眼底成像模块等,每个模块独立设计机械壳体,内部集成传动、定位机构,实现功能单元的标准化与可替换性。辅助适配模块则包括患者头托、颌托调节机构、操作面板支架等,需兼顾设备整体布局的紧凑性与模块间的运动干涉规避,通过三维建模与运动仿真优化各模块的空间排

【作者简介】刘彪(1987—),男,本科,中国天津人,工程师,从事机械设计及加工制造研究。

布,确保整体架构既满足功能集成需求,又便于后期模块的检修、升级与替换。

2.2 关键功能模块机械结构设计

关键功能模块的机械结构设计直接决定设备的检测精度与稳定性,需针对不同模块的功能特性定制化设计。以验光模块为例,需设计高精度光学组件承载与调节机构,采用滚珠丝杠与线性导轨组合的传动方式,实现光学镜头的直线往复运动,传动精度控制在 0.01mm 以内;同时配置伺服电机与行星减速器,配合光栅尺位置反馈装置,形成闭环控制,确保镜头定位的准确性。对于眼压检测模块,核心是设计平稳的探针伸缩机构,采用微型气缸驱动,搭配缓冲弹簧与限位块,避免探针与眼球接触时产生过大冲击力;机械壳体需采用密封结构,防止检测过程中眼压测量介质泄漏,同时预留散热孔,保障内部电子元件的正常工作温度。眼底成像模块则需重点设计光学镜头的姿态调节机构,通过万向节与微调旋钮组合,实现镜头的多角度微调,满足不同患者眼部位置的适配需求,镜头承载座采用碳纤维复合材料,降低机构重量的同时提升结构刚性。

3 模块化眼科检查设备机械结构标准化接口开发

3.1 标准化接口架构规划与模块适配设计

标准化接口开发的首要任务是构建与设备整体机械架构高度适配的接口体系,这一体系的搭建需以设备模块化划分结果为核心前提,精准明确基础承载模块与验光、眼压检测、眼底成像等各功能检测模块,以及患者头托、操作面板支架等辅助适配模块之间的对接逻辑与接口适配关系,为后续模块的高效装配与灵活运维奠定基础。架构规划需严格遵循“通用化+专用化”的核心结合原则,其中通用接口主要承担模块间的基础连接与定位功能,为保障适配通用性,可采用统一规格的矩形连接法兰作为通用接口核心载体,法兰上预留标准化的安装孔位矩阵,孔位间距与孔径严格遵循统一公差标准,确保不同类型、不同功能的检测模块均可无缝对接至基础承载框架,大幅提升模块替换与装配效率;专用接口则需针对特定功能模块的核心特性进行定制化设计,以眼底成像模块为例,因其需同步实现光学信号的精准传输与运动控制信号的稳定传导,专用接口需采用机械定位结构与信号传输接口通道一体化集成设计,在保障模块对接定位精度的同时,避免信号传输线路的杂乱排布,提升接口的集成度与可靠性^[1]。同时,为规避接口与模块内部机构的运动干涉,需借助三维建模技术构建全尺寸的接口架构数字化模型,通过模型精准明确各接口的安装坐标、空间尺寸参数,以及接口与模块壳体的衔接方式、过渡圆角等细节,结合运动仿真分析模拟各模块在工作状态下的运动轨迹,反复优化接口的空间布局,最终确保接口装配的可行性、模块运动的顺畅性以及设备整体布局的紧凑合理性。

3.2 接口关键技术参数定义与精度控制

接口的技术参数是决定模块化眼科检查设备连接稳定性、检测精度及长期可靠性的核心要素,由于眼科检查设备对检测数据的精准度要求极高,微小的接口间隙或定位偏差都可能导致检测结果失真,因此必须结合设备的精密性使用需求,系统明确各核心技术参数并实施全流程严格控制。在机械定位参数设计方面,定位销与定位孔采用锥度配合设计是保障对接精度的关键,锥度选取 $1:50\sim 1:100$ 的合理区间,该区间既能实现模块对接时的高效自动定心,又能避免因锥度过大导致的装配难度增加,最终确保定位精度严格控制在 0.01mm 以内,满足光学组件与检测机构的精准对位需求;同时,连接法兰作为接口承载与对接的核心部件,其平面度误差需严格控制在 0.02mm/m 以内,表面粗糙度需达到 $Ra\leq 1.6\mu\text{m}$ 的高精度标准,通过精密磨削加工工艺实现法兰表面的平整光滑,最大程度减少对接面的间隙误差,避免因间隙存在导致模块运行时产生振动或偏移^[2]。在强度参数规划方面,需基于各功能模块的实际重量、运行过程中的动态载荷及设备运输过程中的冲击载荷,通过力学计算精准确定接口连接螺栓的规格、数量及分布方式,螺栓选用高强度不锈钢材质,兼具优异的承载能力与抗腐蚀性能;为确保接口强度满足全生命周期使用需求,需借助有限元分析技术对接口结构进行仿真测试,模拟不同工况下的应力分布情况,验证接口的承载极限,确保在设备长期运行、频繁装卸及长途运输等场景下,接口无变形、松动或断裂风险。此外,考虑到眼科诊疗环境的特殊性,需明确接口的环境适应性参数,其中耐温范围需覆盖 $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 的常用环境区间,防尘防水等级至少达到IP54标准,有效抵御诊疗环境中的灰尘、消毒液残留及轻微水渍侵蚀,保障接口内部机械结构与电气触点的正常工作;同时,为实现批量生产过程中的质量管控,需针对所有关键参数制定标准化检验规范,明确检验方法、检测工具及合格判定标准,如采用三坐标测量仪检测定位精度、用粗糙度仪检测法兰表面质量等,确保每一批次接口的参数一致性,为设备的模块化装配与规模化生产提供保障。

3.3 接口兼容性与互换性保障设计

兼容性与互换性是模块化眼科检查设备标准化接口的核心优势,更是实现模块快速替换、设备灵活升级及规模化生产的关键前提,因此需从尺寸统一、连接方式兼容、功能扩展适配三个核心维度系统开展设计,全方位保障接口的通用适配能力。在尺寸统一设计方面,需建立全接口的尺寸标准化体系,明确所有接口关键尺寸的公差带范围,确保不同模块、不同批次产品的接口尺寸一致性。例如,连接孔中心距公差严格控制在 $\pm 0.02\text{mm}$,接口法兰厚度统一设定为 $10\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$,同时对接口的定位销直径、对接面台阶高度等关键尺寸制定统一标准;为避免尺寸偏差累积,需采用高精度加工设备保障制造精度,并通过标准化的尺寸检验流