

智能座椅姿态调节机电一体化新技术应用设计

郑志腾

延锋（北京）汽车零部件有限公司

DOI:10.32629/pe.v4i3.21106

[摘要] 现有智能座椅姿态调节产品普遍存在适用场景局限、调节参数固定僵化的痛点,无法满足多场景差异化使用需求与用户个性化调节需求,同时缺少动态误差监测与校正机制。本文围绕智能座椅姿态调节机电一体化新技术展开应用研究,梳理办公、车载、康复辅具三大场景下座椅姿态调节的实际诉求,完成硬件配置的定向选型与适配优化。搭建包含姿态实时辨识、控制指令精准适配、系统误差动态补偿在内的智能控制算法体系,实现多场景下座椅姿态高精度、自适应调节。研究成果能够有效提升座椅使用舒适度与运行可靠性,为机电一体化智能调节技术在座椅装备领域的多元化落地应用提供实践依据。

[关键词] 智能座椅姿态调节; 机电一体化新技术; 硬件架构设计; 控制算法设计

中图分类号: TH-39 文献标识码: A

Application Design of New Electromechanical Integration Technology for Intelligent Seat Attitude Adjustment

Zhiteng Zheng

Yanfeng (Beijing) Automotive Components Co., Ltd.

[Abstract] Current smart seat posture adjustment products on the market generally suffer from limited applicability scenarios and fixed parameter settings, making it difficult to meet diverse functional requirements across different usage contexts or personalized adjustment needs of various user groups. Additionally, they lack a comprehensive dynamic monitoring and correction mechanism for operational errors. This project first systematically identified specific posture adjustment requirements for three core application scenarios—office use, automotive applications, and rehabilitation assistive devices—and developed targeted hardware architectures with optimized configurations. A full-range intelligent control algorithm was developed, encompassing real-time posture recognition, precise command matching, and dynamic system error correction, ultimately achieving accurate, comfortable, and adaptive seat posture adjustment in multiple practical application scenarios.

[Key words] Intelligent seat posture adjustment; Mechatronic system; Hardware architecture design; Control algorithm design

引言

座椅是办公、出行、康复等领域的高频使用工具,其姿态调节的适配性直接关系到用户使用舒适度、驾乘安全性与康复训练成效。当前市面同类产品多面向单一场景开发,调节参数设置较为固化,无法覆盖不同身高、体重用户的个性化需求,普遍缺乏动态误差修正机制,难以平衡调节精度与响应速度的关系。针对上述技术短板,围绕三类核心场景的差异化需求开展机电一体化新技术研发,可填补多场景通用型智能座椅的技术空白,为相关领域的座椅功能升级提供可行的技术路径,兼具实用价值与技术推广意义。

1 智能座椅姿态调节机电一体化新技术应用的需求研判

首先通过用户访谈、场景模拟观察以及需求问卷调研等方式,开展办公、车载、康复辅具三类核心应用场景的用户需求梳理工作,明确不同场景下姿态调节的差异化诉求:办公场景中,调节精度需精准契合人体脊柱从颈椎到腰椎的正常生理曲线,确保支撑位置与脊柱曲线完全贴合,响应速度需适配久坐后身体缓慢舒展的自然节奏,避免过快或过慢带来的不适,运行能耗要严格适配日常办公场景的低功耗要求,不影响设备的日常续航,适配人群范围需全面覆盖不同身高及体重的办公群体,包括体型偏瘦、标准及偏胖的各类办公人员;车载场景中,调节响应速度要满足行驶过程中临时调整坐姿、切换驾驶模式等动态调整的即时性要求,调节过程还需兼顾驾乘人员的乘坐舒适性(如避免调节时产生明显颠簸或噪音)及行车安全性(如调节动作不

会分散驾驶员注意力), 适配不同年龄段及不同身形的驾乘人员; 在康复辅具场景中, 调节精度需精准契合不同功能障碍人群(如肢体偏瘫、脊柱损伤、关节活动受限等)的肢体活动限度, 确保调节范围不超出用户的安全活动边界, 调节过程要足够平缓, 避免突然动作对康复中的肢体造成二次伤害, 适配各类有康复需求的特殊人群; 同时梳理现有产品类型产品的功能短板, 当前多数产品往往仅适配单一应用场景, 难以跨场景复用, 调节参数设置较为固化, 通常只有固定几档模式可选, 无法兼顾不同群体的个性化调节诉求, 也未建立完善的运行误差动态修正机制, 长期使用易出现精度偏差^[1]。本次需求研判通过整合三类场景的核心指标以及现有产品短板作为关键设计参照, 精准明确机电一体化新技术应用的核心靶向, 比如在精度控制、响应速度优化等方面的技术突破方向, 为后续的架构搭建及算法设计环节提供明确的需求依据。

2 智能座椅姿态调节机电一体化新技术的硬件架构设计

硬件架构作为智能座椅姿态调节功能得以真正落地的核心物理载体, 其性能表现将直接决定整个新技术方案的调节精度、响应速度以及长期运行时的可靠性, 本研究将前期需求分析所提炼出的三类典型应用场景的核心性能指标作为关键参照, 分别从环境感知模块与机械执行机构这两个关键维度入手, 系统性地推进核心硬件的选型、匹配与参数优化。在确保各项预设功能指标全面达标的基础上, 我们致力于在硬件成本控制上实现最大限度的优化, 并审慎考量不同应用场景对硬件耐久性、环境适应性等稳定性的差异化要求, 这一整套硬件层面的设计与优化工作, 根本目的在于为后续先进控制算法的顺畅部署与高效、稳定运行, 构筑一个坚实、可靠且功能完备的底层硬件支撑平台。

2.1 姿态感知单元的硬件选型配置

围绕姿态感知的核心需求, 首先开展三类核心器件的选型论证工作, 筛选压力传感器、人体红外传感器、倾角传感器作为核心感知器件, 同时明确各类器件的参数阈值, 把压力传感器的识别精度控制在0.5N以内, 倾角传感器的角度识别误差小于0.2度, 随后完成传感器的布局点位设计工作, 在座椅靠背、座垫、扶手等核心位置均匀布置感知节点, 确保可以完整采集用户坐姿的全维度数据⁴。基于机电一体化新技术设计的硬件选型相关方法开展参数核验工作, 同时把不同传感器的信号传输协议进行统一适配, 选用CAN总线完成感知数据的高速传输, 避免数据传输延迟导致的调节滞后问题, 选型工作全部完成后, 搭建小型的硬件测试平台, 对感知单元的识别准确率、响应延迟两个核心指标开展测试工作, 同时模拟三类应用场景的不同使用环境, 验证感知单元在高低温、不同负载条件下的运行稳定性, 确保感知单元的硬件性能契合前期研判的需求标准, 为后续的姿态识别以及调节指令输出提供可靠的数据支撑^[2]。

2.2 调节执行单元的硬件适配优化

围绕姿态调节的执行需求, 选用伺服电机作为核心执行器

件, 明确其扭矩、转速参数以支撑座椅靠背、座垫、腰托、头枕四个部位的独立调节, 同时开展传动机构适配设计, 选用齿轮加丝杆结构降低运行噪音至30分贝以内避免干扰³, 参考机电传动控制执行机构设计规范完成参数校核, 搭建执行单元测试平台对调节精度、运行噪音、负载能力三个核心指标开展测试并优化传动卡顿、力度过大等问题, 后续还会模拟三类应用场景验证执行单元在连续调节、突发调整等工况下的运行可靠性, 确保其性能契合设计要求以支撑多场景多样化调节诉求, 为后续控制算法落地提供稳定硬件执行基础。完成感知单元与调节执行单元的硬件设计测试后, 继续推进主控单元的硬件选型与设计工作, 最终整合各单元硬件完成整套智能座椅姿态调节新技术的硬件平台集成, 开展全链路硬件联调测试排查信号干扰、通信延迟等问题, 确保整套硬件架构各环节衔接顺畅且整体性能满足设计指标要求。

3 智能座椅姿态调节机电一体化新技术的控制算法设计

3.1 人体姿态特征的识别算法设计

首先开展感知单元采集的多维度坐姿原始数据的去噪预处理工作, 运用滑动窗口滤波方法过滤掉用户临时挪动物品、肢体短暂抖动产生的无效压力信号以及环境温度小幅波动带来的倾角传感器偏差数据, 同时完成不同类型数据的时间戳对齐工作, 确保后续特征提取环节的数据时序一致性, 之后开展坐姿特征的提取工作, 把预处理后的压力分布数据、倾角数据、人体存在感应数据进行维度整合, 提取出脊柱弯曲度、臀部压力分布均匀度、上半身倾斜角度三类核心特征参数, 运用支持向量机分类算法搭建特征匹配模型, 先采用公开的人体坐姿数据集完成预训练, 将预设的12种标准不良坐姿对应的特征参数作为训练输入完成基础拟合, 再结合三类场景下实测的1000组用户坐姿数据微调模型, 调整分类阈值以适配不同身高、体重用户的坐姿特征差异。最后开展算法性能验证, 以识别准确率为核心指标, 通过模拟不同场景工况测试确保准确率达95%以上, 同时验证响应速度, 将单次识别耗时控制在200毫秒以内避免滞后影响后续调节, 还覆盖150cm到190cm身高、40kg到120kg体重区间用户群体开展泛用性测试, 确保算法不会因个体差异出现识别偏差, 为后续调节指令生成提供可靠结果^[3]。

3.2 调节指令的动态匹配算法设计

针对识别输出的坐姿状态结果, 首先开展多维度调节需求映射规则的搭建工作, 把坐姿类型、应用场景、用户个体特征三个维度作为匹配输入, 对应生成不同的调节幅度、调节速度、调节部位参数。办公场景下识别到用户久坐超过1小时, 就匹配慢速度、小幅度的腰托升降调节模式, 调节过程控制在30秒内完成, 避免突兀的调节动作打断用户的工作状态; 车载场景下识别到用户驾乘过程中出现侧歪姿态, 就匹配中速、中等幅度的靠背侧向支撑调节模式, 同时兼顾调节过程的平顺性, 不会影响驾乘的安全性; 在康复辅具场景下识别到用户需要进行姿态矫正, 就匹配固定幅度、分阶段递进的调节模式, 每次调节的间隔控制在5

分钟以上,契合康复训练的循序渐进要求;参考《自动控制原理》课程中的模糊控制规则设计方法完成匹配规则的整体搭建,把不同场景下的用户需求转化为可量化的控制参数,之后邀请20名分别来自办公、车载、康复三类场景的用户开展实测试验,收集用户对于调节节奏、调节幅度的反馈意见,逐步优化匹配规则的参数阈值,确保最终的调节模式完全契合不同用户的实际使用习惯,不会出现调节过度或者调节不足的问题,为执行单元的动作输出提供准确的指令依据^[4]。

3.3 新技术运行误差的闭环修正算法设计

针对新技术应用过程中可能出现的传感器信号偏差、执行机构传动间隙带来的调节误差,首先开展双层反馈校验机制的搭建工作,第一层在执行单元完成单次调节动作后,立刻触发感知单元重新采集当前的用户坐姿数据以及座椅的姿态参数,把采集到的实际数据与预设的调节目标参数进行对比,计算两者的差值,如果差值超过预设的误差阈值,就立刻生成对应的修正调节指令,驱动执行单元开展二次调节,直到调节误差处于允许范围内^[5]。第二层搭建误差记忆模型,对多次出现的同类型误差进行分类记录,比如特定重量用户群体调节时普遍出现的腰托调节幅度不足问题,就对应调整该类用户的调节参数预设值,从源头降低后续调节的误差概率,把新技术应用的整体调节误差控制在5%以内;结合《机电一体化系统仿真》课程中的闭环控制相关内容完成算法的整体设计,借助机电一体化仿真平台搭建多场景的模拟测试环境,对不同工况下的误差修正效果开展反复测试,验证算法的可行性以及有效性,同时还要测试算法在极端工况下的运行稳定性。

4 结语

本文聚焦办公、驾驶、家居场景下座椅使用的多元化需求,开展智能姿态调节机电一体化新技术的融合应用研究。通过硬件适配优化与智能算法的融合落地,有效满足了不同场景对调节精度、响应速率、运行稳定性的差异化使用要求。研究融入用户偏好智能学习新技术,摆脱了传统座椅固定调节模式的局限,可适配不同人群的个性化舒适需求,实现了座椅调节的智能化、人性化升级。后续将持续推进该智能调节技术的跨界应用,拓展至医疗康复、公共交通等领域,并优化极端工况下的抗干扰能力与节能效果,助力智能舒适化人居技术的普及落地,为民生智能装备的技术革新提供参考。

[参考文献]

- [1]肖森,安嘉骏,高雨.低本高效人脸识别系统设计的汽车记忆座椅模块开发[J].科学技术与工程,2024,24(13):5443-5449.
- [2]郭红玉.机电一体化技术的发展与应用[J].科技风,2024,(36):1-3.
- [3]李亚男,周晓晨,张保旭.三姿态可调式多功能一体化轮椅床的设计与研究[J].机械传动,2024,48(12):76-81.
- [4]董程宏.基于机电一体化技术的农业机械设计和试验[J].当代农机,2024,(12):26-27+29.
- [5]王随成,孟琥.智能掘进机电控系统设计与位姿纠偏关键技术研究[J].科技创新与应用,2025,15(33):112-115.

作者简介:

郑志腾(1991--),男,汉族,河北省石家庄市人,中级工程师,汽车座椅设计开发。