

智能桌椅监测与光线感测护眼系统：青少年视力防控的创新

技术集成

张晓怡¹ 侯依婷¹ 何航²

1. 西安翻译学院信息工程学院 西安 710100

2. 西安翻译学院国际商学院 西安 710100

摘要：青少年近视问题已成为全球瞩目的公共卫生挑战，其高发病率与低龄化趋势严重威胁着青少年的身心健康及未来发展。本研究提出的智能桌椅监测与光线感测护眼系统，该系统由智能桌椅监测系统和光线感测智能调节护眼台灯两部分构成。详细阐述了系统的硬件架构、软件算法、功能实现以及实验评估。该系统通过多传感器融合与智能调控，旨在有效预防青少年近视，改善用眼习惯，为青少年视力健康提供全面技术支持。

关键词：青少年视力防控；智能桌椅监测；光线感测护眼系统

1. 引言

随着现代科技的不断发展，近视眼的发病率在全球范围内呈逐年上升趋势。青少年近视已成为全球性“视力危机”，可能导致严重并发症。预防儿童青少年近视已上升为国家战略，近视防控的关键是探索学生近视的病因及相关影响因素。近视成因与长时间近距离用眼、不良读写姿势及不适宜光线环境相关。现代生活中，学业压力和电子娱乐加剧了用眼负担，加速近视发展。传统防控手段多为事后干预，缺乏实时监测与预防。

本研究旨在开发一款集成智能监测与光线调节的护眼台灯系统，实时监测用眼行为和环境光线，智能调控以预防近视，为青少年视力保护提供新策略。

2. 系统设计

2.1 智能桌椅监测系统

2.1.1 硬件组成

2.1.1.1 压力传感器阵列

本研究采用高灵敏度、多点分布的压力传感器阵列，精密布置于座椅坐垫、靠背及桌面关键位置，以实现青少年坐姿的高精度监测。通过分析压力分布，系统能有效判别坐姿端正与否。端正坐姿时，坐垫传感器压力分布均匀；坐姿歪斜时，如身体左倾，左侧传感器压力增大，右侧减小。桌面传感器则辅助检测手臂位置与力度，评估读写姿势。传

感器采用先进压敏材料和微机电系统（MEMS）技术，具备高灵敏度和快速响应能力，实时准确捕捉人体与桌椅间的压力变化。

2.1.1.2 距离传感器

系统采用高精度红外线或超声波距离传感器，安装在桌面上方靠近使用者眼睛水平位置。传感器通过测量红外线反射或超声波回声时间差，精确计算出眼睛与书本或电子屏幕之间的距离，精度可达厘米级。该传感器抗干扰能力强，即使在复杂环境下也能稳定工作，为判断用眼距离是否合理提供可靠数据支持。

2.1.1.3 微控制器单元（MCU）

本系统采用低功耗、高性能的32位MCU（如STM32系列芯片）作为核心控制单元，负责接收和处理来自压力传感器阵列和距离传感器的数据。MCU强大的运算能力能够快速运行内置的智能算法，对大量传感器数据进行融合与分析，判断坐姿状态和用眼距离是否健康。同时，MCU控制预警和数据传输等功能，根据算法判断结果，及时触发预警信号，并将数据传输到外部设备。

2.1.1.4 无线通信模块

系统集成蓝牙5.0或Wi-Fi模块，实现与外部设备（如手机APP、护眼台灯、云端服务器）的高速传输。蓝牙5.0模块适用于近距离连接手机APP，保证数据传输的同时节省

电量。Wi-Fi 模块连接家庭或学校网络，将数据上传至云端服务器，便于长期存储和远程访问。该模块具备稳定的信号传输能力和先进加密技术，确保数据传输的安全性和可靠性。

2.1.1.5 电源管理模块

系统设计高效的电源管理模块，采用可充电锂电池供电，并配备智能充电管理电路。可充电锂电池具有较高的能量密度，能够为系统提供持久的电力支持。智能充电管理电路则能够根据电池的电量状态、温度等因素，动态调整充电电流和电压，实现快速充电的同时，延长电池的使用寿命。此外，电源管理模块还能够根据系统运行状态动态调整供电电压与电流，在系统处于低功耗待机状态时，降低供电电流，从而在保证系统正常运行的前提下，最大限度地延长电池续航时间，满足青少年日常学习使用需求。

2.1.2 软件算法

2.1.2.1 坐姿识别算法

基于深度学习技术，构建卷积神经网络（CNN）模型以实现坐姿识别。研究过程中，广泛搜集了涵盖不同年龄段、体型及坐姿类型（包括正确、轻微不良、中度不良和严重不良坐姿）的样本图像及相应压力传感器数据。模型通过学习压力分布与坐姿图像特征间的映射关系，掌握了坐姿识别规律。例如，正确坐姿下，座椅压力分布均匀，而弯腰驼背坐姿则表现为靠背下部压力增大。经过大量数据训练，模型能准确识别多种坐姿。实际应用中，通过输入实时采集的压力传感器数据，模型可快速判断坐姿状态。为提升模型性能，采用了数据增强技术，如旋转、翻转、缩放等，以增强训练数据的多样性，适应实际场景需求。

2.1.2.2 用眼时长监测算法

利用基于微控制单元（MCU）高精度定时器的用眼时长监测系统，保护青少年视力。系统设定了轻度（30分钟）和重度（45分钟）用眼时长阈值。达到轻度阈值时，系统通过提示音或手机 APP 发出提醒；达到重度阈值则启动语音提示、台灯警示灯闪烁及 APP 强制休息通知。系统将持续提醒直至用户确认休息，从而有效防止长时间连续用眼，降低眼睛疲劳风险。

2.1.2.3 数据融合与传输算法

本研究创新性地开发了数据融合与传输算法，旨在高效整合压力与距离传感器数据，并确保其稳定传输。对于距

离传感器数据，应用卡尔曼滤波技术以优化测量结果，降低噪声影响，提升精度。该方法在复杂环境中通过历史数据和系统模型预测，保障了测量值的平滑性与可靠性。同时，对压力传感器数据进行特征提取与压缩，采用霍夫曼编码或 LZ77 算法减少传输数据量。数据传输采用自定义协议，确保了数据向手机 APP 和云端的实时、完整、准确传输，防止数据丢失或传输中断。

2.2 光线感测智能调节护眼台灯

2.2.1 光线传感器

采用多光谱光线传感器，精准测量环境光线的亮度、色温、显色指数及紫外线强度等关键参数。传感器基于高灵敏度光电二极管阵列，结合特殊光学滤光片与信号处理电路，实现对不同光谱成分的精确感知。台灯灯罩顶部和侧面均匀分布的传感器探头，全面、实时监测桌面及周围环境光线，为智能调光提供丰富、准确的数据支持。

2.2.2 调光控制电路

基于先进的数字调光技术，设计出高效的调光控制电路。该电路采用恒流驱动芯片与脉冲宽度调制（PWM）技术相结合，实现对 LED 光源亮度和色温的精确调控。基于光线传感器反馈的环境参数，电路动态调整 PWM 信号的占空比和频率，以改变 LED 的发光强度和颜色比例。例如，在环境光线较暗时，增加 PWM 占空比以提升亮度；当环境光线偏冷时，调整 LED 中不同颜色芯片的驱动电流比例，使光线更接近自然光色温，从而有效减轻眼睛疲劳。

2.2.3 智能控制逻辑

内置高性能微控制器，运行复杂智能控制逻辑。微控制器依据光线传感器数据和预设光照标准，实时调整台灯参数，并与智能桌椅监测系统实现双向通信与联动。监测系统识别用眼行为时，台灯自动开启并调整至适宜光照模式；用眼结束或无活动时，自动关闭以节能。用户可通过触摸面板或手机 APP 手动调节亮度、色温及光照模式，满足个性化需求。如阅读模式提供高亮适中色温，写作模式降低亮度减少阴影，休闲模式则营造柔和温暖光环境。

3. 系统功能实现

3.1 实时监测与预警功能

智能桌椅监测系统在青少年使用时自动启动，通过压力传感器阵列和距离传感器以至少 50Hz 的频率采集数据，确保坐姿监测的高精度。将红外人体检测、多频采集光线强

度、智能调光及坐姿识别等技术集于一体。系统运用坐姿识别算法,不良坐姿持续超过5秒时,通过无线模块向手机APP发送预警,并激活台灯语音提示。APP则通过弹窗和震动进行提醒。当检测到用眼距离小于30厘米且持续3秒以上,系统发出近距离用眼预警,台灯闪烁并APP显示提示。若10秒内未做出调整,系统将加强预警直至用眼距离恢复合理。

3.2 智能调光与环境适应功能

护眼台灯集成光线感测技术,能够在开启时快速评估环境光线,并根据亮度、色温、显色指数等参数,结合光照标准模型,自动优化台灯设置。台灯在白天补充光照,提高桌面光照均匀度至80%以上,而在傍晚或阴天则提升亮度至500勒克斯以上,并将色温调整至4000-5000K,模拟自然光以增强视觉舒适。与智能桌椅监测系统集成,台灯可根据坐姿变化调节光照方向,通过电机和角度传感器实现精确调节,防止阴影和眩光。台灯还能在0.5秒内响应环境光线变化,保持光照稳定性。

3.3 数据记录与分析功能

智能桌椅监测系统与光线感测护眼台灯,实时同步坐姿、用眼距离、时长、环境光线及系统状态数据至云端。云端服务器采用分布式存储和大数据技术,按分钟存储数据,保障数据的完整性与连续性。数据分析软件通过数学模型和统计分析,揭示青少年用眼习惯与视力健康趋势,生成报告,支持个性化防控。

4. 实验与评估

4.1 实验设计

基于人群观察的研究发现,光环境的改造已成为预防儿童青少年近视发生发展的关键原因,本实验选取200名9-15岁青少年(平均12.5岁),随机分为实验组与对照组,每组100人。实验组采用智能桌椅监测与光线调节护眼系统,对照组使用传统桌椅与普通台灯。实验为期12个月,期间对两组进行视力检查(每3个月一次)、用眼行为监测(智能系统记录)及学习效率评估(每学期一次)。视力检查包括裸眼视力、矫正视力、屈光度等,学习效率评估结合学业成绩与任务完成时间。

4.2 评估指标

4.2.1 视力指标

(1) 裸眼视力变化率,计算实验前后裸眼视力差值与

实验前视力的比值,量化视力变化。

(2) 屈光度变化量,比较实验前后屈光度差值,评估近视进展。

(3) 视力不良发生率,统计实验后视力低于5.0的青少年占比,以反映视力不良的普遍性。

4.2.2 用眼行为指标

不良坐姿发生率,计算实验期间不良坐姿出现的次数占总监测时间的比例。用眼在合理用眼距离(33-38厘米)的时间占总用眼时间的百分比。用眼时长合理性比例,分析符合健康标准(每40分钟休息10分钟)的用眼时间段所占比例。

4.2.3 学习效率指标

对比实验前后的综合学业成绩,计算成绩提升的百分比。学习任务完成时间缩短率,统计完成相同学习任务在实验前后所需时间的差值与实验前所需时间的比值。

4.3 实验结果与分析

4.3.1 视力指标方面

实验结果显示,实验组青少年的裸眼视力下降率较对照组低30%以上,屈光度变化减少,近视发展速度减缓约25%,视力不良发生率仅为对照组的一半。智能监测系统能有效预防青少年近视。

4.3.2 用眼行为指标方面

实验组不良坐姿发生率较对照组降低45%,用眼距离合格率提升38%,合理用眼时长比例增加40%,证实系统显著促进青少年健康用眼习惯。

4.3.3 学习效率指标方面

实验组学业成绩提升幅度超对照组20%,学习任务完成时间缩短18%,推测健康用眼环境降低了眼疲劳和注意力分散,提升了学习专注度和效率。

5. 结论与展望

本研究开发了一种智能监测与光线调节护眼系统,经实验验证,该系统在预防青少年近视、改善用眼习惯、提升学习效率方面效果显著。系统实时监测用眼行为和环境光线,实现智能预警与调光。尽管系统表现良好,但传感器稳定性、智能算法及用户培训等方面尚需优化。未来研究将针对这些问题进行深入探索,并结合新兴技术,为青少年视力健康提供更智能的解决方案。

参考文献:

[1] 魏学英. 青少年近视的影响因素及针对性护理干预

[J]. 百科知识,2024,(33):42-44.

[2] 李敏敏,赵静珺,王妍昕,等.陕西省中小学校教室环境与学生筛查性近视的关联[J].中国学校卫生,2024,45(10):1492-1496.

[3] 王镇,陈桂华.智慧教室环境下中小学智能课桌椅功能需求分析[J].中国教育技术装备,2023,(21):19-22.

[4] 陈敏.面向儿童行为习惯的学习桌椅设计[D].沈阳

航空航天大学,2023.

[5] 唐艳凤,林俊强,马振丰,等.多频采光智能矫姿护眼照明设备设计[J].机电工程技术,2021,50(08):45-48.

[6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会.儿童青少年近视防控适宜技术指南[M].北京:人民卫生出版社,2019.

[7] 刘陇黔.青少年近视防控的策略与思考[J].中华眼科杂志,2019,55(6):405-408.