



上海浦东智能照明联合会
Shanghai Pudong Intelligent Lighting Association

LEEDARSON
立达信

面向儿童青少年健康照明发展

白皮书



上海浦东智能照明联合会 厦门立达信光电有限公司 编



编委会

- 主 编：**代照亮 上海浦东智能照明联合会 支部书记/会长
杨小燕 立达信中国品牌事业部 总经理
- 执行主编：**陈友三 厦门立达信光电有限公司 项目专家
- 副 主 编：**郑燕琼 上海大学机电工程与自动化学院 副研究员
马永墩 厦门立达信光电有限公司 研发总监
洪小鹏 厦门立达信光电有限公司 产品总监
- 编 委：**米雪龙 宁波小匠物联网科技有限公司 董事长
安 波 江苏英索纳通信科技有限公司 商照事业部总经理
韦显明 中山市乐式物联科技有限公司 总经理
陈庆龙 广州市璟睿科技有限公司 总经理
洪艳君 上海浦东智能照明联合会 副秘书长
成湘城 广东三雄极光照明股份有限公司 系统架构高级工程师
张军君 榜威电子科技(上海)有限公司 董事长
景纯灵 福特汽车(中国)有限公司 业务设计副总监
龚 飞 深圳市晟瑞科技有限公司 CTO
许巧云 福建省产品质量检验研究院 中心副主任
庄晓波 上海时代之光照明电器检测有限公司 质量技术部副主任
冯 朋 深圳同一方光电技术有限公司 市场总监
罗望贤 广东奥莱敏控技术有限公司 副总经理
张哲纲 SILA 智能照明设计师专业委员会 执行副主任委员
赵文宾 库奥(深圳)照明技术有限公司 总经理
熊大章 中山市达尔科光学有限公司 总经理
王文丽 电子科技大学 博士
宋 哲 深圳市易探科技有限公司 董事长
李进标 广东柏科电源有限公司 总经理
贾存玉 中山市驱驰电子有限公司 总经理
夏正浩 中山市光圣半导体科技有限公司 总经理
吴江奎 深圳路徕科技有限公司 CEO



潘建亮 浙江佳普科技有限公司 总经理

赖桂林 月影照明科技（广东）有限公司 高级光学工程师

卫建强 广东艾迪明电子有限公司 营销总监

魏 伟 四川虹锐电工有限责任公司 研发经理

评审专家：郝洛西 教授 同济大学建筑与城市规划学院 CIE 副主席

李志君 上海浦东智能照明联合会（SILA）创始会长

SILA 标委会主任委员

刘 强 教授 武汉大学 前沿交叉学科研究院



特邀评审专家序言



郝洛西 教授

CIE 副主席 同济大学建筑与城市规划学院

儿童青少年视觉与生理健康关乎长远成长，光照环境是关键影响要素。本白皮书立足校园、居家等多元场景，系统梳理健康照明核心指标与落地方案，兼顾行业标准、产品技术与人文关怀。立足产学研协同视角，为教育建筑照明设计、产品研发、政策规范提供权威参考，是从业者、教育工作者了解儿童光环境不可或缺的专业读本。



李志君 创始会长

上海浦东智能照明联合会 SILA标委会主任委员

少年强则国强，青少年身心健康是国家发展根基。当前我国青少年近视高发、睡眠匮乏、心理负担加重，不良光环境常被忽视。为此上海浦东智能照明联合会与立达信牵头编撰本白皮书，从政策、科研、产业维度剖析护眼、节律、情绪、光疗愈照明赛道，梳理标准体系、落地案例与现存行业痛点。愿本书赋能政企、科研及教育从业者，凝聚行业合力，深耕光健康技术，构筑全场景优质光环境，守护青少年身心健康，助推健康中国建设。



刘强 教授

武汉大学 前沿交叉学科研究院

为什么同样一间教室、同样一盏台灯，有的孩子觉得舒适放松，有的却感到疲惫压抑？答案或许不在于亮度本身，而在于光与人的心理之间那层微妙而深刻的关联。本白皮书首次将情绪照明、节律照明从概念推向了可操作的技术指标体系——从色温动态范围到相对颜色偏好度指数（MCPIr），从全色域彩色光到音乐律动联动，每一项指标背后，都是对“光如何影响人的心理状态”这一问题的科学回应。书中大量案例并非停留在实验室阶段，而是已在教室、家庭、心理咨询室、医疗康养机构中落地验证。希望这本白皮书能够走出学术殿堂，走进设计师的绘图板、家长的购物车和教育者的规划图——因为每一束经过科学设计的“好光”，都可能是一个孩子更安稳的睡眠、更专注的课堂、更愉悦的童年。



序 言

少年强则国强，儿童青少年的身心健康，是国家发展的核心根基。当下我国儿童青少年近视高发、睡眠不足、心理压力加剧等问题日益凸显，不良光环境作为贯穿校园、家庭、校外场所的关键隐形诱因，长期被大众忽视。在此背景下，上海浦东智能照明联合会联合厦门立达信光电有限公司牵头编制本白皮书，系统梳理健康照明产业全貌、技术标准、落地实践与发展路径，以期为政企、科研、教育从业者提供权威参考，推动全行业走向规范化、人因化、健康化发展。

儿童青少年成长全程沉浸在人工光照之中，教室、书房、卧室、活动室等空间的光谱、照度、频闪、色温，直接作用于视觉发育、昼夜节律与情绪状态。国家相继出台《综合防控儿童青少年近视实施方案》、《中小学校教室采光和照明卫生标准》等政策，将优质光环境纳入近视防控与健康中国建设核心举措，各地校园照明改造工程持续推进，家庭教育照明需求同步爆发，健康照明由此从细分品类升级为刚需民生赛道。但行业仍存诸多痛点：市场低价劣质产品泛滥、“护眼”概念炒作频发；节律、情绪照明相关标准体系尚不完整；大众对类太阳光谱、mel-EDI 等健康指标认知不足；光与睡眠、心理干预的临床转化应用滞后，产业高质量发展存在多重阻碍。

本白皮书立足政策、科研、产业三维视角，构建完整理论与实践体系。全书厘清健康照明四大核心分支——护眼、节律、情绪、光疗愈照明，搭建覆盖视觉与非视觉效应的标准化技术指标，系统梳理国家、行业、团体、国际多层标准脉络；同时收录校园、家居、医疗、车舱等真实落地案例，剖析头部企业技术方案与商业模式，直面产业技术短板、标准空白、认知鸿沟等核心挑战，并提出系统性应对策略。书中兼顾学术严谨性与落地实用性，既汇总眼科、心理学、光生物学循证研究成果，也提供教室、家庭光环境自检清单、产品选购规范，打通理论研究、产品研发、场景落地、市场监管全链条。

产业的终极使命，是以技术守护下一代成长。健康照明早已跳出“照亮”的单一逻辑，迈向“护眼、调节律、舒情绪、辅疗愈”的全维度健康赋能新阶段。AI、类太阳光谱、物联网与光医学的跨界融合，正在重塑行业生态，校园改造、



全屋健康光、医疗光疗等多元市场持续扩容，千亿蓝海背后，亟需行业共识与统一行动。

期待本白皮书能够成为行业通用工具书：为政策制定者提供产业数据与问题研判，完善配套监管与扶持机制；为照明企业指明技术升级方向，摒弃低价内卷，深耕光健康核心技术；为学校、家庭普及科学用光知识，破除认知误区；为科研机构搭建产学研协同桥梁，加速光健康临床研究转化。

守护儿童青少年光明未来，是照明行业义不容辞的社会责任。愿全产业链同仁以本白皮书为起点，恪守标准、深耕创新、协同共进，以优质“好光”构筑全场景健康成长环境，助力健康中国战略落地，让每一位少年都能在舒适、安全、贴合人体生理规律的光环境中，拥有清晰视野、安稳作息与阳光心态。

组织指导单位：上海浦东智能照明联合会

创 始 会 长：

李志君

2026年7月16日于上海



目 录

前 言	1
第一章 背景与现状	3
1.1 行业发展驱动力与趋势演进	3
1.2 政策背景与发展脉络	13
1.3 战略价值	23
1.4 行业核心痛点深度解析	24
1.5 本章小结	27
第二章 健康照明技术体系与标准进展	28
2.1 健康照明概况	28
2.2 健康照明技术指标体系	35
2.3 健康照明标准进展	40
2.4 本章小结	54
第三章 健康照明产品技术规范与评测体系	55
3.1 护眼照明	55
3.2 节律照明	59
3.3 情绪照明	65
3.4 光疗愈照明	74
3.5 氛围照明	79
3.6 健康照明产品选购要点	82
3.7 本章小结	83
第四章 主要应用场景与典型案例解析	84
4.1 教育照明典型案例	84
4.2 家居照明典型案例	101
4.3 医疗照明场景	111
4.4 情绪照明应用场景	117
4.5 车舱移动照明应用场景	125



4.6 本章小结	129
第五章 产业生态与商业模式	131
5.1 产业链图谱	131
5.2 创新商业模式	132
5.3 本章小结	133
第六章 挑战与对策	135
6.1 主要挑战	135
6.2 发展对策	137
6.3 本章小结	142
参考文献	144
附录 A：名词术语与缩略符号对照表	150
附录 B：护眼环境自检清单	152
附录 C：产业链重点企业产品信息及应用示例	157
附录 D：检测机构名录	167



前 言

本白皮书是我国首部聚焦儿童青少年健康照明发展的专业读物，旨在系统梳理儿童青少年健康照明领域的现状、挑战与未来方向，为行业发展提供权威指导与科学依据。随着我国教育事业的蓬勃发展及社会对儿童青少年健康关注度的持续提升，照明（光）环境作为影响其视力发育、学习效率与身心健康的关键因素之一，其科学性与规范性愈发凸显。本白皮书的编制汇聚了照明工程、信息科学、人工智能（AI）、医学、教育学、心理学等多领域专家的智慧与研究成果，通过深入分析国内外前沿技术、相关标准及实践案例，力求全面呈现儿童青少年健康照明的核心要点，为照明产品研发人员、政策制定者、教培机构及广大家长提供具有实践价值的参考，共同推动我国儿童青少年健康照明事业迈向标准化、专业化、人性化的新高度。

本白皮书的出版主要经历以下四个阶段：第一阶段（2025 年 9 月-2025 年 10 月）为项目筹备立项阶段，由上海浦东智能照明联合会（简称 SILA）发起、厦门立达信光电有限公司担任主编单位，在充分调研市场需求与行业痛点的基础上，联合多领域专家学者组建白皮书编制工作组，明确编制目标、技术框架及时间节点，为后续工作奠定坚实基础，并于 2025 年 10 月 23 日通过 SILA 标委会评审。第二阶段（2025 年 11 月-2026 年 1 月）为项目启动编制阶段，编制团队进入资料收集与研究分析环节，系统梳理国内外儿童青少年健康照明相关的政策法规、标准体系、学术文献及企业实践案例，同时对不同场景下的照明应用现状开展实地调研，通过数据比对与案例剖析深入挖掘行业现存问题与技术瓶颈，并于 2026 年 1 月 28 日召开编制工作组启动会议，明确各章节核心内容与任务分工。第三阶段（2026 年 2 月-6 月）为编制与研讨阶段，完成前期研究后，编制团队依据调研成果与专家意见，围绕儿童青少年健康照明的行业背景与发展现状、技术体系与标准发展、技术规范与评价要求、主要应用场景与典型案例解析等核心内容撰写初稿，并组织多轮行业专家、学者研讨会，对白皮书的结构框架、内容深度及数据准确性进行反复论证与修改完善。第四阶段（2026 年 6 月-8 月）为项目评审与出版阶段，邀请行业权威专家、政策制定者及教育工作者对白皮书终



稿进行全面评审，根据反馈意见完成最后调整，确保内容的科学性、权威性与实用性，最终形成正式出版物。

在本白皮书编制过程中，我们得到了编委会顾问、专家、学者的大力支持、关心与指导。他们凭借深厚的专业素养和丰富的实践经验，为白皮书的框架搭建、内容深化、数据核验等环节提供了诸多建设性意见，有效提升了白皮书的学术价值与实践指导意义。同时，我们也得到了 SILA 代照亮会长及秘书处的大力支持，以及相关主管部门、行业协会、科研机构和众多照明企业的积极配合与鼎力协助。他们提供的宝贵数据资料、前沿技术成果与典型应用案例，为本白皮书的编制奠定了坚实基础。在此，我们谨向所有为本白皮书编制工作付出辛勤努力、给予无私帮助的单位与个人，致以最衷心的感谢和崇高的敬意。希望本白皮书的发布，能够为推动儿童青少年健康照明行业的规范化发展、技术创新与标准完善贡献一份力量，为保障儿童青少年的视觉健康与成长环境提供有力的参考与指引。

主编单位：厦门立达信光电有限公司

上海浦东智能照明联合会

主 编： 柯小燕

何以亮

2026 年 7 月 20 日于厦门

第一章 背景与现状

本章节从产业演进、政策脉络与核心痛点三个层面，系统阐述儿童青少年健康照明产生与发展的时代背景，明确健康照明在当前及未来在“健康中国”战略中的价值定位，为后续技术体系构建与产品技术规范章节奠定问题导向与现实基础。

1.1 行业发展驱动力与趋势演进

儿童青少年健康照明作为守护下一代身心健康的关键领域，其发展始终与政策导向、社会需求、技术革新和产业升级深度绑定。在儿童青少年近视防控上升为国家战略、健康消费理念全面普及的双重背景下，健康照明已从“功能满足”迈向“科学适配”的高质量发展阶段，形成多维度驱动、多场景渗透的行业生态。这一演进并非孤立的技术迭代，而是需求升级、技术革新与健康认知深化共同作用的结果，具体体现为核心驱动力支撑下的四大趋势跃迁，同时行业市场规模与竞争格局也展现出清晰的发展特征。

1.1.1 行业发展核心驱动力

1.1.1.1 政策赋能：以标准体系破解近视防控痛点，筑牢行业发展安全防线

针对儿童青少年近视低龄化、重度化问题，国家构建了从战略规划到强制标准的政策闭环。2018年教育部等八部门印发《综合防控儿童青少年近视实施方案》，首次将近视率纳入政府考核，明确2030年控制目标：6岁儿童近视率 $\leq 3\%$ ，小学生 $\leq 38\%$ 、初中生 $\leq 60\%$ 、高中生 $\leq 70\%$ ^[1]。2021年《儿童青少年近视防控光明行动工作方案（2021—2025年）》进一步将视觉环境改善列为核心任务^[2]；2025年强制性国标《中小学校教室采光和照明卫生标准》（GB 7793—2025）直击光环境隐患，对采光均匀度、日照时间、RG0蓝光危害等指标提出强制要求，推动教室光环境从“照亮”向“健康光”升级^[3]。

配套标准体系聚焦全场景防控需求：《儿童青少年学习用品近视防控卫生要求》（GB 40070—2021）^[4]规范教室灯具与台灯安全；《消费品质量分级 照明产品》（GB/T 45515—2025）^[5]、《家庭教育场景健康光环境技术规范》（T/SILA 019—2024）^[6]建立光效、频闪、显色指数、类太阳光谱拟合度等量化评估体系。

在政策推动下，健康照明加速向家庭、教培机构延伸。地方层面：福建、上海、广东等多地将教室照明改造纳入民生工程，中央财政重点支持中西部农村学校，仅福建、广东、浙江、江苏、上海等省市累计投入超 100 亿元改造 2 万余所学校，通过标准化教室照明升级改造项目落地破解近视防控落地难题。

1.1.1.2 需求牵引：健康危机驱动多场景照明需求刚性增长

视觉健康危机成为核心痛点：国家卫健委数据显示，2018 年我国儿童青少年总体近视率达 53.6%（小学生 36.7%、初中生 71.4%、高中生 81.2%），呈现低龄化与重度化趋势。不良光环境是主要诱因：400~450nm 短波蓝光可穿透眼组织造成视网膜光化学损伤^[7]；户外活动不足显著增加近视风险^[8]；教室低照度加速眼轴增长（AL）^[9]；照度均匀度低于 0.7、频闪眩光等易引发视疲劳^[10-12]。

睡眠与心理问题加剧健康负担：《2022 中国国民健康睡眠白皮书》^[13]显示，小学生、初中生、高中生平均睡眠仅 7.65、7.48、6.5 小时，均低于教育部规定的 10、9、8 小时标准，夜间强光会抑制褪黑素分泌并干扰昼夜节律；中国科学院心理研究所数据显示^[14]，青少年抑郁检出率达 24.6%且随年级升高，而光照作为非药物情绪调节因子，其辅助干预作用已获循证医学证实。

多场景需求缺口凸显：“双减”政策下家庭学习时长增加，家庭照明成为近视防控关键；教培机构、图书馆等校外空间照明升级需求上升；校园照明改造进入规模化阶段。家长健康意识觉醒推动需求从“照亮”转向“科学护眼”，RG0 豁免级、无频闪、高显色指数（ $R_a \geq 95$ ）高拟合度类太阳光谱 $e(GFC) \geq 95\%$ 等成为核心指标。市场调查显示，多数城市家长优先考虑健康属性，对高品质健康智能灯具溢价接受度较高。

1.1.1.3 技术支撑：以多维度革新破解健康照明核心痛点

针对视觉健康与光环境隐患，照明技术从单一参数优化升级为系统解决方案。光谱技术通过类太阳光谱 LED 模拟自然光，抑制有害蓝光并提升色彩保真度，其视网膜蓝光危害加权辐照度严格控制在 RG0 豁免级（ $\leq 100 \mu W/cm^2$ ，可直视 10000s），避免视网膜光化学损伤^[15]；智能控制技术融合生成式 AI 与 PIR、光照传感等感知模块，实时捕捉学习状态与环境变化以优化照明方案；节律照明技术通过场景化光配方算法，实现“护眼、助眠、提效”的多重健康价值。

标准体系与检测技术为健康照明提供科学保障：GB/T 45515-2025《消费品质量分级 照明产品》^[5]确立光效、频闪、显色指数等性能分级体系；GB/Z 39942-2021《应用 GB/T 20145 评价光源和灯具的蓝光危害》^[16]、GB/T 42064-2022《普通照明用设备 闪烁特性 光闪烁计测试法》^[17]、GB/Z 45064-2024《普通照明用设备 频闪效应 客观试验方法》^[18]、GB/T 46119-2025《光的人眼非视觉生物效应作用剂量》^[19]、T/SILA 019-2024《家庭教育场景健康光环境技术规范》^[6]建立蓝光危害、闪变、频闪、节律生理效应、光谱特性、光生物安全等指标量化评估方法，依托这些标准体系的逐步完善，健康照明关键指标的界定、性能判定和合规检测都有了明确可依的技术依据，既帮助生产企业明确产品研发升级的方向，也为第三方检测机构提供了统一的检测方法，从技术层面规范了健康照明产品的市场准入，破解了此前健康照明概念模糊、指标无量化判定的核心痛点，为健康照明产品的技术迭代和市场监管筑牢了技术根基。

此外，跨领域协同推动技术突破，照明与眼科学、心理学融合实现从“视觉健康”向“生理+情绪健康”延伸，融合人工智能（AI）与物联网（IoT）技术将灯具升级为具备坐姿监测、用眼提醒功能的“健康终端”。行业预测显示，类太阳光谱照明与生物节律调节技术将成为主流，智能儿童灯具市场渗透率将持续提升。

1.1.1.4 产业升级：破解落地痛点，构建规模化发展支撑体系

针对消费（C）端与企业/商业（B）端采购场景差异，产业通过渠道升级破解供需对接难题：线上渠道凭借信息透明、选购便捷优势成为家庭用户主要购买场景，直播电商等新业态加速健康照明普及；线下渠道通过场景化体验精准对接住宅建筑、校园、教培机构等 B 端批量采购需求，形成线上线下互补的全渠道体系。

针对健康照明落地难等瓶颈问题，产业采用工程承包商（EPC）与合同能源管理（EMC）模式，在校园改造中广泛应用，缓解了校方资金压力并实现节能效益共享的目的；还通过“医校协同+家校共育”模式，推动企业与医疗机构、学校合作优化光环境。针对行业标准不统一、规范化程度不足问题，通过完善标准体系与市场监管相结合方式，推动了产品质量提升、凸显头部品牌优势的目的，为健康照明规模化落地提供坚实保障。



1.1.2 市场规模与行业格局

儿童青少年健康照明呈现“全场景爆发、赛道分化、竞争多元”的格局，在政策引导与消费升级的双重驱动下，细分场景与竞争主体的差异化特征愈发显著。具体表现为：

在细分场景方面，校园场景是政策聚焦的核心领域，凭借标准化改造与规模化采购占据最大市场份额，中小学教室照明改造需求保持稳定；家庭场景增长最为迅速，护眼灯等产品的渗透率与客单价持续攀升，发展潜力突出；图书馆、教培机构、医疗机构等公共场景的需求则稳步释放，共同构成了多元的需求结构。

在竞争格局方面，行业呈现“百花齐放”的态势：传统照明巨头凭借成熟的渠道布局与品牌影响力主导工程端市场；新兴照明品牌依托技术创新与精准营销策略，在细分品类及线上市场迅速崛起；跨界企业的进入也为行业注入了新的竞争元素。当前行业集中度正逐步提升，拥有核心技术、完善渠道与良好口碑的头部企业将引领市场发展，推动行业向规范化、集中化方向迈进。

1.1.2.1 整体市场规模：持续高增长，千亿级蓝海开启

儿童青少年健康照明已从通用照明赛道中独立出来，成为兼具刚性需求与高增长潜力的细分领域。据行业测算，如下表 1-1，2023 年中国教育照明及护眼台灯市场规模已突破 150 亿元。随着《儿童青少年近视防控光明行动工作方案（2021—2025 年）》的深化推进以及家庭端消费意识的觉醒，2024 年健康照明行业整体市场规模（含校园改造、家庭护眼灯具等）达到 187.3 亿元，同比增长约 18.7%。展望未来，受益于学校照明存量改造的持续推进以及智能家居照明渗透率的提升，预计 2030 年市场规模有望突破 400 亿元，2026-2030 年复合增长率（CAGR）预计维持在 15%左右。

表 1-1：中国儿童青少年健康照明行业整体市场规模及预测（2020-2030 年）

年份	市场规模（亿元）	同比增速	核心驱动因素
2020	96.2	-	政策启动期，校园改造试点
2021	113.0	17.5%	教室照明政策落地



年份	市场规模（亿元）	同比增速	核心驱动因素
2022	130.9	16.1%	家庭护眼需求觉醒
2023	157.6	20.4%	学校改造提速
2024	187.3	18.7%	教育照明和家居护眼照明需求增长
2025	202.8	8.4%	校园/托育机构健康照明改造场景+ 家居健康照明产品
2030（预测）	400	15%	全场景健康照明普及

数据来源：中国照明电器协会^[20]、前瞻产业研究院^[21]、尚普咨询集团^[22]数据综合整理。

该细分领域保持稳健高速增长，增速长期高于通用照明行业平均水平。2023-2024 年为政策集中落地期，校园改造贡献主要市场份额；2025 年后，随着家庭教育投入的增加以及物联网技术的成熟，智能健康照明将接棒成为核心增长引擎。与此同时，国家鼓励健康照明产业发展，预计到 2030 年，全球健康照明市场规模将达到 200 亿美元，其中中国市场需求尤为强劲^[20]。

1.1.2.2 细分场景占比：以教育照明为核心，家庭场景增速领跑

2025 年儿童青少年健康照明细分场景呈现“校园主导、家庭爆发、教培补位”的格局。如表 1-2 数据所示，由于统计口径存在差异（例如学校教室照明升级改造统计范围包含灯具与施工，家庭端仅统计终端零售），各赛道规模需独立核算。

表 1-2：2025 年儿童青少年健康照明细分场景市场结构

场景类型	市场规模（亿元）	市场占比	同比增速	权威数据来源
校园教育照明（中小学/高校教室）	111.5	55.0%	6.3%	中国教育装备行业协会 2025 年度装备采购统计
家居儿童护眼照明（家用读写台灯/儿童房学习灯）	62.5	30.8%	20.0%	尚普咨询集团 《2026 中国健康照明行业白皮书》
教培机构照明（民办培训机构、托管班教室）	19.5	9.6%	7.5%	中国教育装备行业协会 2025 年度装备采购统计



场景类型	市场规模 (亿元)	市场占比	同比增速	权威数据来源
其他儿童照明（儿童医疗诊室、幼儿园户外、儿童康复照明）	9.3	4.6%	9.2%	中国照明学会《2026 中国健康照明白皮书》
合计	202.8	100%	-	-

目前，教育照明仍占据市场主导地位，这主要受政策强制改造驱动，产品正趋向智能化与标准化；家居照明场景规模虽仅次于校园照明，但随着“双减”政策下家庭学习时长的增加以及家长健康意识的提升，已成为增速最快的赛道，对高品质类太阳光谱产品需求十分旺盛；教培机构场景则受各地规范化管理政策影响，照明升级需求正逐步释放。

1.1.2.3 竞争格局：多元主体博弈，集中度有待提升

当前市场呈现“头部引领+长尾分散”的竞争格局。如表 1-3 数据所示，立达信、欧普、雷士、三雄极光等传统巨头虽占据优势地位，但尚未形成绝对垄断。市场集中度（CR5）预计在 30%-40%，大量区域性中小品牌仍占有一定份额，竞争焦点集中于技术差异化、渠道渗透力及场景解决方案能力。

表 1-3：2024 年儿童青少年健康照明行业竞争格局

企业类型	市场占比	代表企业	核心优势	面临挑战
传统照明巨头	45%	立达信、欧普、雷士、飞利浦、三雄极光等	技术积累深厚、渠道覆盖广	增量有限，成本压力大，系统兼容性和场景适配灵活性不足
新兴照明品牌	25%	霍尼韦尔、柏曼、明基、琪朗、孩视宝等	场景适配精准+精准营销策略	全国性渠道覆盖能力有限
互联网品牌	20%	华为、小米、网易严选等	智能化程度高、性价比优、线上渠道强	健康功能研发深度不足
区域中小型企业	10%	地方照明厂商	成本控制能力强、区域渠道资源丰富	核心技术研发能力薄弱

数据来源：中国照明电器协会^[20]、前瞻产业研究院^[21]数据整理。

由于行业竞争日趋激烈，传统照明巨头凭借全产业链优势在校园改造项目中占据主导；互联网品牌通过智能化和高性价比在 C 端市场迅速扩张。未来，随着标准趋严和消费者认知提升，缺乏核心技术和品牌溢价的中小厂商将面临出清，市场集中度有望进一步提升。

1.1.3 行业发展趋势演进

在儿童青少年视力健康问题日益突出的背景下，健康照明行业正加速向专业化、系统化方向发展，行业从“基础照明”升级为“主动健康干预”的关键节点。

1.1.3.1 认知升级：从满足“照亮”到追求“好光”

传统照明行业长期以“照亮”为核心目标，主要聚焦灯具的亮度、能耗等基础参数，照明设计往往停留在满足基本视觉需求的层面。然而，随着社会对高品质的健康生活追求持续提升以及相关科学研究的不断深入，“好光”的概念逐渐取代了单纯的“照亮”。“好光”不仅要求适宜的照度与均匀度以避免视觉疲劳，还强调对光色、频闪、眩光等关键指标的严格控制，以及长期使用下的稳定性。例如，相关研究表明，不合理的蓝光比例可能干扰人体生理节律（生物钟），高频频闪会加剧视觉疲劳，长期处于此类照明环境甚至可能对儿童青少年的视力发育产生不良影响。因此，从“照亮”到“好光”的转变，本质上是照明行业从单纯的功能实现向关注人体生理健康需求的重要跨越，这一转变也推动了健康照明产品在光谱优化、无频闪技术、防眩光设计等方面的持续创新与发展。2025 年发布的国家强制性标准《中小学校教室采光和照明卫生标准（GB 7793-2025）》^[3]正是这一转变的集中体现，该标准首次将采光均匀度、视网膜蓝光危害限值、频闪等关键指标纳入强制性要求，从根本上解决了传统标准只重视平均照度、忽视区域差异的弊端及眩光、频闪等对人健康的影响。

我国儿童青少年近视问题日益严峻，光环境作为影响视力的重要因素正受到越来越多的关注，教室照明升级改造已显现积极成效。多地实践证明，科学的照明改造能有效改善学生用眼环境：如厦门市五缘实验学校通过对全校教室照明升级改造后，实现桌面平均照度 $\geq 400lx$ 、均匀度达 0.8、一般显色指数 $Ra > 90$ ，显著提升了教室光环境的视觉舒适度，且该教室光环境改善在一定程度上可预防中小学生视力下降，降低视力不良的新发率^[12]；上海静安区实施智能型全护眼

LED 照明后，2023 年中小幼近视率较上年下降 1.33 个百分点，体现了“好光”对近视防控的实际价值^[23]；2024 年 12 月，苏州大学附属第一医院眼科团队开展了一项前瞻性队列研究，探讨模拟太阳光可见光谱的全光谱照明（430nm~780nm）改造教室与家庭光环境升级后对学龄儿童近视进展的防控效果，系统验证了 430 - 780nm 全光谱照明能有效延缓学龄儿童近视进展，降低近视发病和累积患病率，其核心机制为抑制眼轴增长、缓解等效球镜度（SER）恶化，且早期可显著增加黄斑中心凹下脉络膜厚度（SFCT）^[24]。这些研究成果与《儿童房照明健康的专家共识（2024）》^[25]形成多维度专业印证，为学校及家庭两大核心场景的儿童护眼光环境改造提供了可落地的科学指导与实践方案。综上，从“照亮”到“好光”的转变，不仅是技术升级，更是对学生视力健康的切实守护。

1.1.3.2 模式重构：从被动应对到主动干预

传统照明解决方案往往是“被动”的——通常在视力下降或环境昏暗后才采取补救措施，灯具功能也仅限于基础照明。如今，随着社会对儿童青少年视力健康的重视程度不断提升，行业趋势正从“被动补救”转向“主动干预”：基于人体生物节律与视觉发育规律，健康照明产品开始具备主动调节、动态适应的功能，通过优化光环境从源头防控视力健康风险。各地教育部门已将教室照明质量纳入学校建设与评估的常规指标，在新建学校规划阶段便严格遵循国家标准进行照明设计，对存量学校则制定分批次、有计划的改造时间表，真正实现从“亡羊补牢”到“未雨绸缪”的转变。

上海市眼病防治中心许迅、何鲜桂教授领衔的团队开展的一项随机对照人群试验（STORM）研究显示^[26]：当光照条件达到 5000 lx 时，儿童青少年每天户外活动 150 分钟，或每日累积光照量达到 750000 lx，近视发病率可相对降低 24%。这一研究为通过光环境干预预防近视提供了直接的科学依据。

在教育照明领域，《2022 中国教育照明行业白皮书》^[27]显示，2018 至 2022 年期间，全国教室照明改造项目数量呈快速增长态势，改造重点已从单纯追求“照度达标”转向“照度均匀性、眩光控制、显色指数提升”等综合指标，这标志着教育场景光环境改造已从“可选任务”升级为“必修项目”。中国教育装备行业协会^[28]相关报告指出，新建校园智能照明的渗透率从 2021 年的 12% 提升至 2024

年的 37%；经过改造的教室，平均照度达 480lx，UGR<16，优于国家标准限值 19，主动干预型照明的改造成效十分显著。例如，部分地区已建立教室照明动态监测机制，定期对学校照明参数进行抽检与维护，确保照明环境持续符合国家标准；同时，结合学生用眼行为数据与环境光变化，积极引入智能调光系统，实现照明参数的实时动态调整，主动适配板书、阅读、投影等不同教学场景的光照需求，从源头降低不良照明环境对学生视力的潜在危害。这种主动干预的理念，标志着我国教室照明管理正朝着更科学、更具前瞻性的方向稳步推进。

1.1.3.3 价值延伸：从功能满足到健康赋能

传统照明仅能满足“照亮”的基本需求，如何突破功能局限、实现健康价值的跃升，已成为行业发展的重要方向。现代医学研究证实，光不仅是视觉形成的基础，更是调节生物钟、激素分泌（如褪黑素、皮质醇）与情绪的核心环境因素。新一代健康照明依托光生物学成果转化，构建起“光谱精准调控+时序动态适配”的健康赋能体系：在教室照明场景中，通过模拟自然光（上午采用高色温、高照度以提升专注度，下午切换暖光以缓解疲劳）；在居家场景中，联动睡眠监测设备智能降低夜间蓝光，实现从单一视觉满足向多维度生理调节的升级。

需求端如何驱动行业价值重构？一项行业调研结果显示^[29]，家长群体中超过 70% 的支付意愿与 85% 的功能需求（防蓝光、无频闪、智能调光）形成了强劲的市场拉力；学校端则从“合规达标”转向“提质增效”，试点数据表明^[30]，优化光环境后眼疲劳投诉下降 40%、学生专注度提升 25%；针对老年人等特殊人群，通过优化光照对比度可有效降低跌倒风险。这种从功能满足到主动健康干预的转变，标志着照明行业已进入“健康载体”的新阶段，成为构建健康生活方式的关键支撑。

健康照明如何实现从“工具”到“载体”的价值跃迁？相较于传统 LED 灯具单一的阅读辅助功能，新一代产品构建起三维健康赋能体系：在视觉健康维度，通过科学控制光参数实现近视防控；在节律健康维度，借助节律调节改善作息规律与睡眠质量；在心理健康维度，则通过光环境设计缓解焦虑、抑郁、自闭等情绪及生理问题，完成从单纯视力保护到身心健康协同守护的质变。行业主要技术实现路径如下：视觉健康层面，采用模拟太阳光谱技术、防眩光设计及智能照度

调节，从源头减少蓝光危害与视觉疲劳；睡眠健康层面，通过夜间光强与光谱管控，避免褪黑素受抑制，缓解“睡眠负债”；心理健康层面，开发情绪调节照明产品，利用光照的心理干预作用，为青少年心理健康提供物理环境支持，形成全周期健康守护闭环。

1.1.3.4 技术融合：AI 跨界融合，重塑照明生态

人工智能（AI）与照明的深度融合，开启了“AI+健康光”的新时代。照明产品正从“被动响应”向“主动适配”转型，实现光环境的精准预测与个性化调控。例如，立达信 F7、F8、萤火虫 FX 系列护眼落地灯搭载动态场景护眼模式 AI 算法、日光模拟算法等，能随时随地实时模拟自然光的变化，实现“晨间提神—白天专注—夜间安眠”的全时段适配，满足人体身心健康需求；欧普照明发布的天境“青春版”轻奢全场景智慧照明解决方案，融合 SDL 智慧光谱与 AI 设计服务，可根据用户场景与生理特征精准调节光环境。AI 技术赋予照明更鲜明的场景化与个性化特征，也推动家居护眼照明产品市场快速增长。据权威机构调研结果，2024 年中国智能护眼灯市场规模约 85 亿元^[22]，预计 2025 年将突破 100 亿元，正以年均复合增长率 12.3% 的速度扩张——这表明家长对“好光”的认知正转化为实际消费行为。

AI 技术的引入，大幅提升了照明产品的健康管理能力：立达信与上海市眼病防治中心联合开发的坐姿监测仪，可通过坐姿监测及时纠正不良学习习惯，通过用眼时长提醒预防过度用眼，还能以个性化光配方适配不同年龄段、不同学习场景的需求。人工智能与物联网技术的渗透，正推动传统“灯”向“健康终端”升级，加速行业生态重构。其中，IoT 技术实现了多设备联动与数据同步，构建起“校园一家庭”一体化的健康光环境管理体系。例如，深圳新沙小学引入的 AI 动态人脸识别系统可实时捕捉学生运动数据，并通过“AI 智慧互动屏”实现创意激励。由此可见，跨领域技术融合进一步拓展了行业边界，照明与人工智能、传感器、眼科学、心理学的深度协同，正催生更具创新性的健康照明解决方案——一类太阳光谱照明、生物节律调节、动态照明等技术渐成主流，儿童青少年学习用智能 LED 灯具的市场渗透率也在持续提升。

由此可见，“AI+照明”已不再是仅满足“照亮”需求的基础工具，而是近

视防控中一项可量化、可干预的关键手段。从被动应对视力下降，到主动优化光环境以预防近视，这一转变正成为健康照明的核心发展方向。

1.2 政策背景与发展脉络

在我国儿童青少年健康已上升为国家战略，相关政策文件的密集出台，为健康照明行业的发展提供了坚实的制度保障和明确的方向指引，形成了覆盖视觉健康、睡眠健康、心理健康的多维政策体系，政策导向从单一近视防控向儿童青少年全面健康发展延伸。主要体现为：

1.2.1 视觉健康政策要求

国家高度重视儿童青少年近视防控工作。2018 年教育部等八部门联合印发《综合防控儿童青少年近视实施方案》^[1]，将其上升为国家战略；2021 年教育部办公厅等十五部门出台《儿童青少年近视防控光明行动工作方案（2021—2025 年）》，明确改善教学场所采光照明标准^[2]；2024 年教育部办公厅等三部门出台了《关于切实抓牢幼儿园和小学近视防控关键阶段防控工作的通知》（教体艺厅函〔2024〕34 号）和《近视防治指南（2024 年版）》发布，聚焦推动防控关口前移，明确将幼儿园作为近视防控关键阶段，首次在全国范围内要求所有幼儿园落实近视防控标准化要求，加强科普宣传，全力呵护好孩子们的眼睛；2025 年新版国家强制性《中小学校教室采光和照明卫生标准》新增采光均匀度、日照时间、蓝光危害限值等 12 项关键指标，推动行业向高品质健康照明发展^[3]。地方层面，上海市要求全市中小学教室照明 100%达标并明确改造时限，广东省将照明改造纳入“民生实事”，通过财政补贴实现健康照明全覆盖。相关政策既为儿童青少年营造健康学习光环境，也引导照明企业研发 LED 护眼灯具、智能调光系统等产品，推动产业向“以人为本”与健康价值方向发展。

面向儿童青少年的视觉健康领域，从《儿童青少年近视防控实施方案》到《健康中国 2030》，国家政策体系正逐步完善，其发展脉络如下图 1-1 所示：

视觉健康政策发展脉络图



图 1-1 视觉健康政策发展脉络图

1.2.2 睡眠健康政策导向

充足且高质量的睡眠是儿童青少年身心发育的基础保障。国家高度重视并出台系列政策保障其睡眠健康。2016年《“健康中国2030”规划纲要》明确加强儿童青少年睡眠问题干预^[31]；2021年教育部《关于进一步加强中小学生睡眠管理工作的通知》从学校作息、作业总量、校外培训、睡眠监测等维度提供具体指导，规定小学生每天睡眠10小时、初中生9小时、高中生8小时，并将睡眠状况纳入体质健康监测和教育质量评价体系^[32]。2025年12月，国家卫健委等13部门印发关于《儿童青少年“五健”促进行动计划（2026—2030年）》（国卫妇幼发〔2025〕21号），将“保证充足睡眠”列为儿童青少年多病同防共管的核心举措，要求学校、家庭、社区联动引导养成规律作息，配套将睡眠相关指标纳入学生健康档案。为此，各地教育部门积极响应，通过调整上学时间、优化作业设计、规范校外培训等措施落实减负，保障充足睡眠。相关政策构建了睡眠健康制度框架，为营造健康睡眠社会环境提供有力支撑，体现国家对儿童青少年全面健康发展的深切关怀。

面向儿童青少年睡眠健康领域，从《健康中国“2030”规划纲要》到《关于进一步加强中小学生睡眠管理工作的通知》，国家政策体系正逐步完善，从宏观

战略规划到具体实施细则，已形成一套覆盖睡眠时长标准、影响因素管控及监测评价机制的完整政策链条，切实守护儿童青少年的睡眠健康。其发展脉络如下图 1-2 所示：

睡眠健康政策发展脉络图

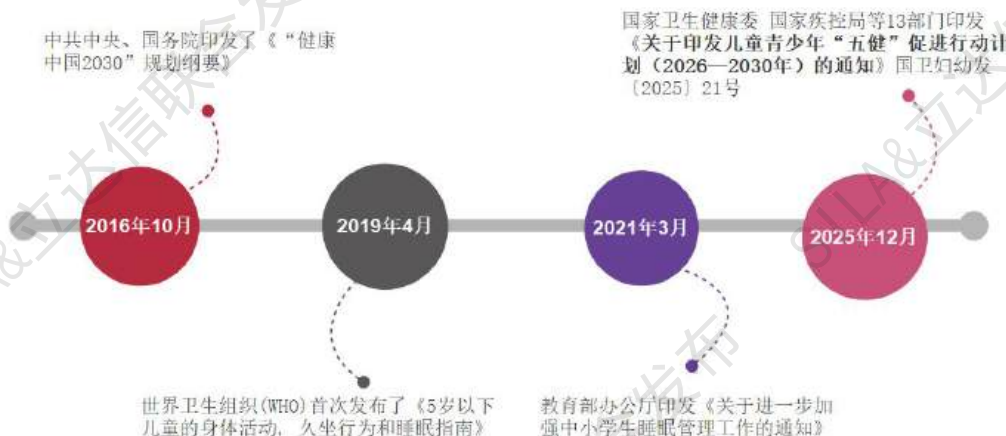


图 1-2 睡眠健康政策发展脉络图

1.2.3 心理健康政策支持

儿童青少年心理健康问题日益突出。近年来，国家高度重视儿童青少年心理健康问题，出台了一系列具有里程碑意义的政策文件，构建起全方位、多层次的心理健康政策支持体系。2019 年，《健康中国行动（2019—2030 年）》明确提出实施心理健康促进行动，将儿童青少年心理健康纳入重点工作，强调加强心理健康教育、健全心理健康服务体系。2021 年，教育部等九部门联合印发《关于印发全国社会心理服务体系建设试点 2021 年重点工作任务的通知》，进一步细化了针对儿童青少年心理健康服务的具体要求，包括在学校设立心理辅导室、配备专职或兼职心理健康教育教师，建立学生心理健康档案，开展心理健康筛查与干预等。尤为关键的是，2023 年《全面加强和改进新时代学生心理健康工作专项行动计划（2023—2025 年）》的出台，从加强心理健康教育课程建设、完善心理危机识别与干预机制、强化师资队伍建设、健全社会心理服务网络等多个方面，为新时代学生心理健康工作提供了系统性的行动指南。这些政策不仅明确了政府、学校、家庭和社会在儿童青少年心理健康促进中的责任，还强调了预防为

主、防治结合的原则，旨在早期识别和干预心理问题，提升儿童青少年的心理调适能力和应对压力的能力，为他们健康成长保驾护航。

面向儿童青少年心理健康领域，从《健康中国行动（2019—2030年）》到《关于加强儿童青少年心理健康服务的指导意见》^[33]，国家政策体系正逐步完善，涵盖宏观战略规划与具体实施细则。这些政策文件聚焦心理健康服务的标准化、规范化建设，对心理评估工具的使用、心理危机干预流程、心理健康数据的管理等作出明确要求，为提升服务质量与效果提供了制度保障，体现出国家对儿童青少年心理健康问题的高度重视和系统治理思路。其发展脉络如下图 1-3 所示：

心理健康政策发展脉络图



图 1-3 心理健康政策发展脉络图

1.2.4 健康成长政策保障

儿童青少年的健康成长是国家和社会发展的基石，政策保障体系旨在构建全方位、多层次的健康环境，涵盖生理与心理健康的协同发展，以及营养膳食、体育锻炼、安全防护、社会适应等多维度支持。国家通过完善法律法规与发展规划，明确部门职责，形成政府主导、部门协作、社会参与的工作格局：营养健康方面，推进中小学营养改善计划，规范食堂管理与营养监测；体育锻炼方面，落实“阳光体育一小时”制度，加强设施建设与活动形式创新。同时，政策注重关爱留守

儿童、困境儿童等特殊群体，建立关爱服务体系，为他们提供生活帮扶、情感关怀和心理疏导。这些相互衔接的政策措施，共同织就守护儿童青少年健康成长的坚实网络，为其全面发展奠定基础，如图 1-4 所示。



图 1-4 健康成长政策发展示意图（AI 生成）

面向儿童青少年的健康成长，从《“健康中国 2030”规划纲要》到《儿童青少年“五健”促进行动计划（2026—2030 年）》，国家政策体系正逐步完善——不仅在宏观层面为儿童青少年健康成长指明方向，更在具体实施层面构建起科学系统的行动框架。其发展脉络如下图 1-5 所示：

健康成长政策发展脉络图

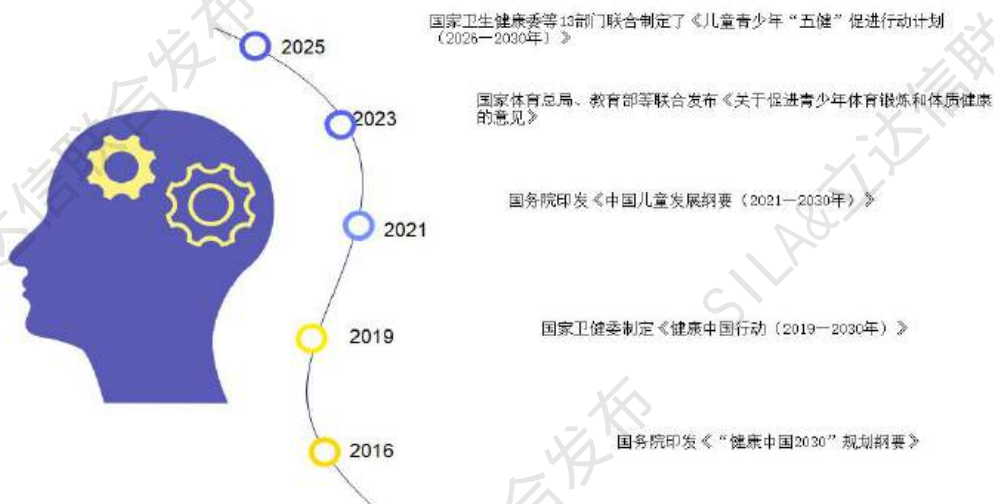


图 1-5 健康成长政策发展脉络图

其中,《健康中国 2030 规划纲要》将儿童青少年健康纳入国家战略全局,明确提出加强儿童青少年健康促进和疾病防治;《儿童青少年“五健”促进行动计划(2026—2030 年)》则聚焦“健康行为、健康心理、健康环境、健康服务、健康素养”五大核心领域,针对不同年龄段儿童青少年的健康需求,制定了涵盖家庭、学校、社区、社会等多场景的精细化干预措施。政策内容从早期的单一疾病防控,如近视、肥胖等,逐渐拓展到包括心理健康、睡眠管理、社会适应能力培养等在内的全生命周期健康管理,体现了从“疾病治疗”向“健康促进”的理念转变。同时,政策执行过程中强调数据监测与效果评估,通过建立全国儿童青少年健康监测网络,动态掌握健康状况变化趋势,为政策调整和精准施策提供科学依据,确保每一项政策都能落到实处,切实守护儿童青少年的健康未来。

从上述政策脉络梳理结果可见,儿童青少年健康保障体系已从单一的近视防控,逐步向“视觉-睡眠-心理-综合成长”多维度联动的方向演进。而光环境作为横跨各维度的共性物理因素,其科学化、精准化的调控,已成为推动相关政策落地的关键技术抓手。

1.2.5 儿童青少年健康发展的多维演进

基于前述多维度分析,儿童青少年健康照明的发展趋势正从“单一功能达标”转向“多维健康效益协同优化”的生态构建。儿童青少年健康发展是一项涉及生理、心理、社会适应等多维度的系统工程,其演进与社会经济发展、科技进步及健康观念的深化紧密相关。在此过程中,社会对儿童青少年健康的关注不再局限于单一疾病防治,而是逐步拓展至生长发育、心理健康、行为习惯、环境适应等多个层面,形成了更为全面立体的健康促进体系。从整体趋势来看,儿童青少年健康关注点呈现出以下多维演进特征,其发展脉络如下图 1-6 所示:

(1) 视觉健康:从单一近视防控延伸至整体空间光环境质量改善,GB 7793-2025《中小学校教室采光与照明卫生标准》的发布标志着这一转变的制度化;

(2) 睡眠健康:聚焦夜间光暴露与节律调控的关系,T/SIEATA 000001-2020《中小学校教室照明质量分级评价》、T/CECS 1424-2023《健康照明设计规范》、

T/SILA 019-2024《家庭教育场景健康光环境技术规范》及 GB/T 46119-2025《光的人眼非视觉生物效应作用剂量》等标准，已将节律照明纳入健康光环境考量范畴；

(3) 心理健康：强调光环境与情绪状态的双向影响，探索光色、动态变化与心理感受的关联机制；

(4) 健康成长：通过环境优化实现综合干预与生态构建，形成“硬件保障+行为干预”的全方位健康促进体系。



图 1-6 健康发展多维演进图 (AI 生成)

这一演进过程为健康照明的发展奠定了现实基础，也开辟了长期发展空间，充分体现了国家对下一代健康成长的高度重视和长远规划。具体体现如下：

1.2.5.1 视觉健康：从“近视防控”到“光环境革命”

我国儿童青少年近视防控战略经历了三个阶段的演进。第一阶段（2018 年以前）：以“用眼卫生教育”为主，关注点局限于坐姿、阅读距离和用眼时长等行为干预；第二阶段（2018—2022 年）：以《综合防控儿童青少年近视实施方案》为标志，开始系统关注教室照明环境，推动了大规模的教室照明升级改造工

程。据教育部《全国教育事业统计报告（2023）》显示，截至 2022 年底，全国中小学教室照明环境抽检达标率已提升至约 79.8%，但仍有约 1/5 的教室未达标，

主要集中于农村和中西部地区^[27]；第三阶段（2023 年至今）：则从“照明环境达标”向“全时段、全场景、个性化光环境管理”转型。随着社会对儿童青少年视觉健康的关注度不断提升，视觉健康领域的发展已从单纯的“近视防控”阶段迈向更深层次的“光环境革命”。“光环境革命”更强调从源头出发，通过系统性优化儿童青少年学习、生活、娱乐等场景的光环境质量，构建有利于视觉健康的生态系统。这一转变体现在对光的本质属性认知的深化——不再仅仅满足于基础的照明功能，而是更加注重照明的光谱组成、照度均匀度、频闪控制、色温适配以及蓝光危害等关键指标。例如，高品质类太阳光谱护眼灯的推广应用，正是“光环境革命”的具体实践之一：其通过模拟自然光的连续光谱，提供与自然光相似的视觉感受，不仅能有效减轻视觉疲劳，还能在一定程度上调节人体生物钟，为儿童青少年的视力发育创造更科学、更友好的光环境。同时，“光环境革命”也推动了相关标准的制定与完善，促使学校、家庭及各类公共场所更加重视光环境设计，从教室照明的改造升级，到家庭学习灯光的科学配置，再到公共空间的光环境规划，全方位保障儿童青少年的视觉健康需求。

1.2.5.2 睡眠健康：夜间光暴露与节律调控

儿童青少年的睡眠健康正面临夜间光暴露带来的严峻挑战，这已成为影响其身心健康发展的关键问题之一。现代社会中，儿童青少年不仅暴露于家庭室内的 LED 照明、电子设备屏幕光等人工光源，还受到城市夜间光污染的影响——这些光暴露会干扰褪黑素分泌，进而打乱人体正常的昼夜节律。研究表明，夜间过多接触蓝光会显著抑制褪黑素的合成与释放，导致入睡困难、睡眠潜伏期延长、睡眠深度变浅及睡眠结构紊乱等问题；长期如此还会影响生长激素分泌，对儿童青少年的生长发育、认知功能、情绪调节及免疫系统产生负面影响。

为应对这一问题，节律调控成为改善儿童青少年睡眠健康的重要方向。一方面，科研领域积极探索光环境与人体节律的内在关联，通过研究不同波长、照度、照射时长的光线对褪黑素节律的影响，为制定科学的夜间光环境标准提供依据。例如，相关研究指出，在睡前特定时间段内减少蓝光暴露，采用暖色调、低照度的照明，有助于维持正常的褪黑素节律，促进自然入睡。另一方面，健康照明产业也针对性地推出具备节律调控功能的产品，如可智能调节光谱和亮度的床头灯、

能够模拟日落模式的照明系统等——这些产品通过在傍晚时分自动降低蓝光比例、调整色温，帮助儿童青少年的身体提前进入睡眠准备状态。同时，教育部门和家庭也开始重视睡眠健康教育，引导儿童青少年养成良好的作息习惯，减少睡前使用电子设备的时间，营造有利于睡眠的夜间光环境，从政策、技术和行为干预等多个层面协同推进儿童青少年睡眠健康的节律调控。

1.2.5.3 心理健康：光环境与情绪调节的双向影响

近年来，随着儿童青少年心理健康问题日益受到关注，光环境作为影响情绪与认知的重要外部因素，其与心理健康的关联性研究正逐步深入。研究显示，光线不仅通过视觉通路影响生理节律，还能借助非视觉生物效应直接作用于大脑的情绪调节中枢。例如，自然光中的短波长蓝光可刺激视网膜神经节细胞，促进血清素等神经递质分泌，有助于提升积极情绪、缓解焦虑与抑郁倾向；而长期处于单一色温或低照度的人工光环境，则可能导致褪黑素分泌紊乱、自主神经功能失调，增加情绪波动风险。现代健康照明技术通过动态模拟自然光的色温与照度变化——如早晨采用 5000K~6500K 的高色温光线提升警觉性与专注力，傍晚过渡到 2700K~3500K 的低色温光线营造放松氛围——构建符合人体昼夜节律的“情绪友好型”光环境。此外，针对校园、家庭等儿童青少年高频活动场景，类太阳光谱照明产品凭借接近自然光的显色能力，能更真实还原物体色彩，减少视觉疲劳引发的烦躁感；同时通过调节光环境的动态变化，辅助缓解学习压力、改善课堂参与度，为心理健康干预提供了全新的非药物途径。这种光环境与情绪调节的双向互动，正推动儿童青少年心理健康保障从传统心理疏导向“生理-心理-环境”协同干预模式演进。

儿童青少年健康发展的多维演进是一项系统性工程，不再局限于单一维度的孤立改善，而是强调各维度间的相互关联与协同作用，最终指向构建全方位、立体化的健康生态系统。具体体现在以下方面：

（1）在视觉健康领域，从早期单纯关注近视率控制，到如今深入探索光环境对视觉发育的系统性影响，体现了从“被动防控”到“主动干预”的理念转变。类太阳光谱照明、动态光环境调节等技术的应用，正在推动一场“光环境革命”——不仅致力于降低近视发生率，更追求为儿童青少年提供有利于视觉功能优化

和大脑认知发展的优质光环境。

(2) 在睡眠健康领域，随着对夜间光暴露危害认识的深化，研究重点已从简单的“减少光照”转向精准的“节律调控”。通过研究不同波长、强度、时长的光线对褪黑素分泌的影响，逐步建立科学的光暴露管理策略，帮助儿童青少年建立稳定的生理节律，提升睡眠质量，为其生长发育和学习效率提供基础保障。

(3) 在心理健康领域，光环境与情绪调节的双向影响正日益受到关注。研究表明，特定光照条件不仅能改善情绪、缓解压力，甚至可能对某些心理问题的预防和辅助治疗发挥积极作用。动态光环境精神干预系统等创新应用，正是这一研究成果的实践转化——通过模拟自然光的变化规律，为儿童青少年营造积极、舒适的心理环境。

(4) 在政策与产业生态层面，2022 年国家发展改革委、住房和城乡建设部发布的《“十四五”公共服务规划》已将“推进学校健康照明改造”纳入公共教育服务清单^[34]；上海、广东、浙江等部分省市也出台了地方性教室照明改造专项补贴政策及验收标准，初步形成“国家标准引领—地方标准补充—产业落地实施”的政策梯度。然而，家庭照明、校外教培机构照明及课外活动场所照明等场景的政策覆盖仍显薄弱，标准体系亦不够完善，亟需构建覆盖“学校-家庭-社区”全场景的儿童青少年健康光环境标准与服务生态。

综上所述，健康成长作为更高层次的目标，需要整合视觉健康、睡眠健康、心理健康等多方面的干预措施，构建涵盖家庭、学校、社区、医疗机构及相关产业在内的综合生态系统。这一生态系统的构建，需要政策引导、科研支持、产品创新、服务优化等多方面力量的协同，最终实现儿童青少年在生理、心理和社会适应能力上的全面健康发展。例如，学校不仅要配备护眼照明设备，还应合理安排作息时间来保障学生睡眠，同时开展心理健康教育活动；家庭则需要营造良好的生活环境和亲子关系，配合学校共同促进孩子健康成长。这种通过多维度综合干预与生态系统构建来实现健康成长的模式，是儿童青少年健康发展迈向更高水平的必然趋势。

1.2.6 健康中国 2030

“健康中国 2030”作为国家层面的重大战略部署，既为儿童青少年健康成长指明了方向，也为构建上述综合生态系统提供了政策保障与行动框架。该战略强调以人民健康为中心，将健康融入所有政策，推动覆盖全生命周期、全人群的健康促进工作。在儿童青少年健康领域，“健康中国 2030”明确提出要加强近视防控、心理健康促进、营养膳食改善、体质提升等重点任务，这与我们探讨的视觉健康、睡眠健康、心理健康综合干预理念高度契合。例如，该战略中“加强学校健康教育和健康促进”的要求，直接推动学校在优化照明环境、科学调整作息制度、建设心理健康服务体系等方面加大投入与实践；而“推动健康科技创新”的部署，则为动态光环境干预系统等前沿技术的研发、转化与应用提供了有力支持。随着“健康中国 2030”战略的深入实施，政府、社会、学校、家庭的合力将进一步凝聚，为儿童青少年健康成长综合生态系统的构建提供坚实制度基础与持续发展动力，确保每一位儿童青少年都能在健康环境中实现全面发展，为国家未来的健康人力资本积累筑牢基石。

从《综合防控儿童青少年近视实施方案》到《健康中国 2030》，政策已从“单一近视防控”转向“多维健康促进”，通过光环境优化、睡眠节律调控、心理健康干预及生态构建，形成“预防-监测-干预”闭环。未来需强化“政府-专业机构-家庭”协同，例如建立全国光暴露数据库、推广智慧健康照明技术，以实现儿童青少年“光健康”与“身心健康”的协同发展。

1.3 战略价值

1.3.1 国家战略支撑：人口素质提升与健康防线前移

儿童青少年的身心健康直接关系到国家未来的人口素质与核心竞争力。健康照明作为落实“健康中国”战略的重要抓手，通过科学优化光环境，能够有效降低近视发生率、改善睡眠质量、缓解心理压力，是从根本上提升国民身体素质的低成本、高收益路径。

从长远来看，健康照明有助于减轻未来医疗体系在眼科疾病、精神卫生等领域的负担，保障国防后备力量的视力健康水平，对国家公共卫生安全和可持续发展具有重要战略意义。其倡导的“健康防线前移”理念，与国家公共卫生体系建

设的核心目标高度契合，是实现全生命周期健康管理的重要基础，为国家未来发展筑牢人口素质根基。

1.3.2 产业升级引擎：从“制造红利”向“技术红利”跨越

中国是全球照明产品制造大国，但传统照明行业长期面临技术含量低、附加值不高的困境。健康照明的高标准与高要求，倒逼企业加大在类太阳光谱技术研发、智能算法优化、跨学科协同等领域的投入，推动行业从传统的组装加工模式向高科技、高附加值的健康照明产业转型。

行业技术升级不仅培育了新质生产力，还带动了上下游产业链的协同发展，例如光学材料、传感器、人工智能算法等相关领域的技术进步。作为照明行业的高端细分赛道，健康照明正处于高速成长期。据行业测算，2024 年其整体市场规模已达 450 亿元左右，预计 2030 年有望突破 1000 亿元^[20]。这一高速发展态势有助于提升中国照明产业的全球竞争力，实现从“中国制造”到“中国创造”的跨越，推动照明产业向高质量发展转型。

1.3.3 社会民生福祉：缓解育儿焦虑与教育公平体现

在当前教育环境下，儿童青少年的视力健康、睡眠健康与心理健康已成为家长最核心的焦虑点之一。高品质健康照明能够切实解决家长的痛点——通过改善学习光环境以保护视力，通过节律照明改善睡眠质量，通过情绪照明缓解心理压力，为家庭提供全方位的健康保障，提升家庭幸福感，有效缓解新时代的育儿焦虑。

同时，大力推进学校的健康照明改造，让所有孩子无论身处城市还是乡村、无论就读于重点学校还是普通学校，都能享有同等质量的“好光”，是促进教育公平、实现基本公共服务均等化的重要举措。健康照明的普及，不仅守护了儿童青少年的身心健康，更传递了社会公平正义的价值理念，提升了社会民生福祉。

1.4 行业核心痛点深度解析

当前，儿童青少年健康干预领域在快速发展的同时，也面临着诸多亟待解决的行业核心痛点，这些痛点不仅制约着行业的健康发展，也对儿童青少年健康保障的实际效果产生了不利影响。主要表现在如下几个方面：

1.4.1 市场乱象：健康照明产品质量参差不齐

“护眼灯”和“健康照明”已成为照明行业的流量入口与溢价标签。据高工LED产业研究院（GGII）2024年报告显示，中国护眼台灯市场规模约185亿元，年增长率达15%，但前5名品牌的市场占有率（CR5）不足25%，市场呈现高度分散状态^[22]。低端产品凭借低价策略与过度营销挤压市场空间——大量售价低于50元的台灯以“无蓝光、无频闪、全光谱”为卖点，实际采用低显色性、高蓝光峰值的低成本LED封装方案，不仅无“护眼”实效，反而可能增加视觉疲劳风险^[35]。造成这一乱象的主要原因有二：一方面，部分企业为追求短期利益，在产品研发与生产环节偷工减料，使用劣质LED封装，缺乏必要的光学设计与散热处理，导致产品存在光效低、显色指数差、频闪严重、蓝光危害超标等问题。这些不合格产品不仅无法实现健康照明的预期效果，还可能对使用者尤其是儿童青少年的视觉健康构成潜在威胁。另一方面，市场中存在大量概念炒作行为，一些企业将普通照明产品简单贴上“无蓝光”、“全光谱”、“护眼”等标签，利用消费者专业知识的匮乏进行误导性宣传，使消费者难以辨别产品真伪与实际效果，购买决策陷入极大困扰。这种质量乱象不仅严重损害消费者权益，还扰乱了市场秩序，阻碍了真正优质的健康照明产品的推广与应用，对整个行业的健康发展造成负面影响。

1.4.2 竞争困境：市场恶性竞争严重，劣币驱逐良币

在健康照明市场，恶性竞争现象已屡见不鲜，尤其体现为价格战的愈演愈烈。部分企业为快速抢占市场份额，不惜以牺牲产品质量为代价，采取低价策略展开恶性竞争。这些企业往往通过压缩原材料成本、简化生产工艺、降低品控标准等方式，将产品价格压至远低于行业合理水平。这种行为不仅严重挤压了正规企业的利润空间，使得那些坚持采用优质光源、注重光学设计优化、投入研发改善散热性能和光谱质量的企业在价格竞争中难以立足，更迫使一些原本注重品质的企业为求生存，不得不降低自身产品标准，陷入“低价—低质—更低价格”的恶性循环。

恶性竞争的深层原因在于信息不对称与违规成本极低。消费者缺乏辨别光谱质量的专业知识与便捷手段，在电商平台上主要依据价格和销量排名做出购买决

策。而现有市场监管体系对“健康”、“护眼”等营销宣称缺乏明确定义与举证标准，虚假宣传的查处率极低。长此以往，市场上优质优价的健康照明产品逐渐被边缘化，质量堪忧的低价产品却因价格优势占据主流，形成“劣币驱逐良币”的市场格局，极大挫伤了企业技术创新与品质提升的积极性，阻碍了行业整体技术水平的进步和产品结构的优化升级。

1.4.3 技术鸿沟：光环境与健康需求的矛盾

随着人们对健康生活品质的追求持续提升，对照明环境的健康性提出了更高要求，然而当前光环境与健康需求之间的矛盾却日益凸显。一方面，我国儿童青少年大部分时间处于室内环境，学习、生活等场景均依赖人工照明，他们对光的质量、舒适度、节律调节等方面的需求愈发精细化——例如需要适宜的色温、充足的照度、无频闪的光线，以保护视力、维持生物钟稳定、提升情绪与学习绩效。但另一方面，现有市场上的照明产品在满足健康需求方面仍存在诸多不足：部分产品虽标榜“健康照明”，实际在光谱连续性、蓝光危害控制、眩光抑制等关键指标上未能达到科学标准，甚至存在过度宣传的现象，导致消费者难以辨别真正的健康照明产品；同时，不同人群（如儿童、办公人群、老人）对光环境的健康需求存在差异，而当前照明方案往往缺乏针对性的定制化设计，难以满足多样化的健康场景需求，使得光环境在促进人体健康方面的作用未能充分发挥。这种健康需求日益增长与光环境供给不匹配的问题，已成为当前亟待解决的突出矛盾。

1.4.4 标准落地难：标准执行不到位，缺乏应用基础研究

当前健康照明领域的标准体系虽已初步建立，但实际执行层面存在显著短板。部分企业为压缩成本，生产过程中未严格遵循现行国家标准或行业标准，对光效、色温、显色指数、蓝光危害等级等关键参数的把控流于形式，导致市场流通的照明产品质量与标准要求脱节。同时，标准的宣传推广力度不足，许多中小生产企业对最新标准内容缺乏了解，仍沿用旧有生产模式，进一步加剧了产品质量的混乱。更为关键的是，健康照明的应用基础研究严重滞后：现有标准多聚焦于产品物理参数限制，而针对不同光环境参数（如动态光节律、光谱成分变化）对人体生理节律、情绪状态、认知功能等方面的具体影响机制，以及不同年龄段、自闭症谱系障碍人群在特定场景下的精准光需求模型等研究尚不深入。这使得标准制

定缺乏充分科学数据支撑，难以形成针对教室、卧室、助眠仓、心理辅导室等不同应用场景的精细化、差异化标准规范，导致健康照明产品在实际应用中无法真正实现“按需照明”，其健康效益的发挥受到极大制约。

1.4.5 认知盲区：心理健康维度（如抑郁、自闭等）的严重缺位

当前健康照明领域对光环境与心理健康关系的认知仍存在显著盲区，尤其在抑郁、自闭等心理问题的干预层面，相关研究与应用几乎处于空白状态。现有研究多聚焦于光环境对褪黑素分泌、睡眠质量等生理指标的影响，而对其如何作用于情绪调节、压力缓解、社交行为改善等心理健康维度的探索严重不足。例如，针对抑郁症患者，尽管已知光照时长和强度可能影响血清素水平，但特定光谱成分（如短波长蓝光与长波长红光的配比）、动态光变化模式（如模拟日出日落的光节律）对抑郁情绪的具体调节机制尚未明确，也缺乏标准化的光疗方案和效果评估体系；对于自闭症谱系障碍人群，研究发现其对光线敏感度异常，强光或频闪可能加剧焦虑和刻板行为，但如何通过定制化的光谱设计、照度分布及光环境动态控制来改善其感官体验、促进社交互动，仍缺乏系统性的基础研究和临床验证。这种认知上的缺位，直接导致健康照明产品设计时难以纳入心理健康需求考量，市场上几乎没有针对特定心理问题人群的专业化照明解决方案，使得照明在心理健康支持领域的潜力远未被充分挖掘。

1.5 本章小结

本章从行业演进、政策背景和产业现状三个维度，系统阐述了儿童青少年健康照明发展的时代背景与现实需求。从“照亮”到“好光”的技术迭代、从“被动应对”到“主动干预”的认知转变、从功能满足到健康赋能的价值升级，共同构成了健康照明发展的内在动力；围绕视觉健康、睡眠健康、心理健康与健康成长的多维政策导向，为行业发展提供了坚实的政策支撑。然而，当前产业仍面临产品质量参差不齐、标准执行不到位、心理健康需求与光环境支持存在差距等亟待破解的难题。这些问题与挑战，既为后续技术体系构建与产品规范制定奠定了现实基础，也为第二章和第三章的展开明确了清晰的问题指向。

第二章 健康照明技术体系与标准进展

本章在第一章阐述的行业背景与现状基础上，系统梳理健康照明的概况、指标体系及标准化研究进展，构建儿童青少年健康照明的技术指标体系，为后续产品技术规范的制定与评测工作提供统一的技术依据和参考。

2.1 健康照明概况

健康照明作为照明领域的重要发展方向，核心在于通过科学的光源设计与照明参数调控，在满足基础照明功能的前提下，进一步关注光环境对视觉健康、人体生理节律、情绪状态及整体福祉的积极影响^[36]。它突破了传统照明仅追求“亮度”与“节能”的局限，将照明与人体健康深度关联，强调光的生物学效应与心理学效应的协同作用^[37-38]。从理论层面看，健康照明的提出基于对光与人体相互作用机制的深入探索——尤其是光通过视网膜感光细胞（如视杆细胞、视锥细胞及内在光敏视网膜神经节细胞（ipRGCs）），对人体视觉健康、生物钟、褪黑素分泌、警觉度及情绪等方面产生的复杂调控作用^[39-42]。在实践应用中，健康照明正逐步渗透至教育、家居、办公、医疗等多个场景：例如学校教室的类太阳光谱LED护眼灯具、医院病房的节律照明系统、办公楼宇的智能调光系统等，通过为不同人群、不同场景提供个性化健康光环境解决方案，有效缓解不当照明引发的视觉疲劳、睡眠障碍、情绪低落等问题，最终提升人们的生活质量与健康水平。

2.1.1 健康照明术语定义

（1）健康照明（healthful lighting）

基于视觉与非视觉效应，改善光环境质量，助力人们生理与心理健康的照明。

[来源：GB/T 50034—2024，2.0.2]

（2）综合照明（integrative lighting）

整合视觉与非视觉效应，对人类产生生理和/或心理好处的照明。

[来源：GB/T 2900.65—2023，845-29-28]

《电工术语 照明》未给出健康照明的权威定义，仅在“综合照明”定义下

方加注说明：术语“以人为本的照明（human-centric lighting）”具有类似含义。

（3）以人为本的照明（human-centric lighting, HCL）

以满足人的生理与心理需求为核心，通过科学调控光的光谱、照度、色温、分布及动态变化等参数，旨在优化光环境，从而促进人体健康、提升工作效率与生活舒适度的照明理念与技术。其核心在于强调照明设计需围绕人的视觉功能、生物节律及情感体验展开——例如，通过模拟自然光的动态变化调节人体生物钟，或针对不同活动场景（如学习、工作、休息）提供适配的光参数，以此实现照明从单纯满足视觉需求向关注整体健康福祉的转变。

2.1.2 健康照明的内涵

健康照明是通过科学的光学设计与技术手段，构建既能满足视觉功能需求，又对人体生理节律、情绪调节及整体健康有益的光环境。在儿童青少年场景中，健康照明更强调长期、稳定与适配性，其目标并非追求短期效果，而是通过持续优化光环境质量，为成长阶段提供支持性条件。其核心内涵在于突破传统照明仅关注“照亮”的局限，将光对人体的非视觉生物效应纳入考量，实现从“照亮”到“好光”的跨越。

健康照明的外延涵盖四大技术分支：视觉健康照明、节律健康照明、情绪健康照明与光疗愈照明。其中，视觉健康照明聚焦预防近视、缓解视疲劳；节律健康照明通过模拟自然光变化调节人体生物钟；情绪健康照明利用特定光谱改善心理状态；光疗愈照明则应用于临床治疗睡眠障碍、抑郁症等疾病。这四大分支共同构成健康照明的完整技术体系。具体如下：

2.1.2.1 视觉健康照明

视觉健康照明是健康照明内涵中最为基础且核心的组成部分，其核心目标是通过科学合理的照明设计与参数调控，最大限度减少不良光环境对人眼视觉系统的生理负担与潜在损伤，同时优化视觉感知体验，提升视觉工作、学习的效率与舒适度。它聚焦光环境与视觉功能的直接关联，强调照明应首先满足人体视觉系统的生理特性和需求。具体而言（见图 2-1），视觉健康照明不仅要求提供充足

且均匀的照度，确保物体细节清晰可辨，避免因光线过暗或过亮导致视疲劳；还需关注光的显色性能，通过模拟太阳光谱力求真实还原物体本真色彩，减少色觉偏差对视觉判断的干扰；此外，合理控制眩光也是关键要素，通过优化光源位置、采用防眩光设计等手段，避免强光直射或反射光对眼睛造成的不适与刺激，降低视觉疲劳发生概率。同时，视觉健康照明还需考虑照明稳定性，避免光源闪烁或频闪对视觉系统的不良影响，为使用者营造稳定、舒适、安全的视觉光环境，从根本上保障人眼健康与视觉功能的正常发挥。



图 2-1 视觉健康照明关键技术指标示意图（AI 生成）

2.1.2.2 节律健康照明

节律健康照明侧重于光线对人体生理节律的潜在影响，强调照明应兼顾调节人体内在生物钟的功能需求。具体而言（见图 2-2），节律健康照明关注光线的光谱组成，尤其是短波蓝光成分对褪黑素分泌的抑制作用，通过合理调配不同时段的光源光谱，模拟自然光的昼夜变化规律，帮助人体维持正常的昼夜节律。例如，白天提供较高色温、富含短波蓝光的光线，有助于提升警觉度和学习、工作效率；而傍晚和夜间，尤其在睡前 3 小时切换为较低色温、减少短波蓝光的光线，可避免干扰褪黑素的正常分泌，促进良好睡眠。此外，节律健康照明还需考虑眼部垂直照度和光照时长，确保在关键的生物节律调节时段提供适宜的光照刺激，从而辅助调节人体的睡眠-觉醒周期、体温、激素分泌等生理过程，维护整体生

理健康与心理平衡。



图 2-2 节律健康照明关键技术指标示意图（AI 生成）

2.1.2.3 情绪健康照明

情绪健康照明聚焦光照对人的情绪状态、心理感受及认知功能的积极引导与调节作用，主张照明设计应充分考虑光照对情绪的潜在影响，通过科学的光环境营造，助力个体实现情绪的的稳定与积极。具体而言(见图 2-3)，情绪健康照明关注光环境的色温、亮度、显色指数以及动态变化等要素与情绪的关联。例如，暖色温（如 2700K~3500K）的光照通常能营造温馨、舒适、放松的氛围，有助于缓解焦虑、紧张情绪，提升安全感；而冷色温（如 5000K 以上）的光照则往往能带来清醒、专注、高效的感觉，适用于需要集中精力的学习或考试场景。同时，适宜的照度水平至关重要，过暗的光线易使人产生压抑、疲惫感，而过亮的光线则可能导致眩光，引发烦躁情绪。高显色指数的光源能够真实还原物体的色彩可营造自然愉悦的视觉环境，从而间接提升人的心情愉悦度。此外，情绪健康照明还可结合动态光照——如模拟日出日落的渐变光、根据不同活动场景自动调节的光照模式等，进一步增强光对情绪的正向调节效果，帮助人们在快节奏的现代生活中更好地舒缓压力、改善情绪体验，提升整体心理健康水平。



图 2-3 情绪健康照明关键技术指标示意图（AI 生成）

2.1.2.4 光疗愈照明

光疗愈照明是健康照明领域中更具针对性和深度的应用形式，它不再停留在对情绪的一般性调节，而是将光照作为非侵入性治疗手段，辅助改善特定生理和心理状况。如图 2-4 所示，其核心原理在于利用特定波长、强度和节律的光线，通过作用于人体视觉系统及非视觉通路，影响体内激素分泌（如褪黑素、血清素等）、调节生物节律、促进血液循环、缓解疼痛、减轻炎症等生理效应，甚至在一定程度上辅助治疗季节性情感障碍（SAD）、失眠、抑郁症、阿尔茨海默病（AD）等相关病症。例如，在季节性情感障碍（SAD）治疗中，光疗仪或灯具通过模拟高强度自然光照，帮助患者调节褪黑素和血清素的分泌节律，从而改善冬季光照不足引发的抑郁、嗜睡、情绪低落等症状；在医院光环境中，光疗愈照明系统可应用于病房、康复中心等场所，通过精心设计的光照方案（如模拟自然昼夜节律的动态光照、特定波长的低强度光疗等），帮助患者减轻术后疼痛、缓解焦虑、改善睡眠质量，加速身体机能恢复。此外，光疗愈照明在亚健康人群的日常调理、压力舒缓及生活质量提升方面也展现出积极应用前景，它强调光照与人体生理机能的深度互动，通过科学的光照干预，实现促进身心健康、辅助疾病治疗和提升生活福祉的目的。



图 2-4 光治愈照明关键技术指标示意图 (AI 生成)

综上所述，健康照明的本质内涵彰显了“以人为本”的核心思想——它不再将照明简单视作物理现象或满足基础视觉需求的工具，而是定位为能够主动影响人体生理与心理状态的重要环境因素。这一内涵的深化，要求照明设计不仅需考量光的强度、均匀度、显色性等常规的照明参数，更要深入探究不同光谱、照度、色温、眼部垂直照度、照射时长等参数对人体褪黑素分泌、皮质醇水平、情绪波动及睡眠质量等方面的复杂影响。通过精准调控这些光参数，健康照明能够在不同时间与场景下为使用者提供最适宜的光环境，从而在保障清晰视觉的同时，促进人体生理机能平衡与心理健康维护，真正实现照明从“功能满足”向“健康促进”的跨越。

2.1.3 健康照明研究进展

近年来，全球健康照明研究已从单纯的“视觉效能”提升，迈向以“人因健康”为核心的系统科学阶段。其进展主要体现在以下四个深层次维度：

(1) 基础研究：非视觉效应的精准量化与多通路解析

光生物学机制研究正从单一的“褪黑素抑制”，向更广泛的生理系统延伸。

——量化标准的确立：随着国际照明委员会（CIE）S 026:2018 标准的推广，相关研究已从传统的勒克斯（lx）单位，转向以黑视素等效日光照度（mel-EDI）

为核心的评价体系。这标志着行业能够以前所未有的精度，量化不同光谱对人体生物钟系统的影响。

——多通路协同效应：最新研究发现，内在光敏视网膜神经节细胞（ipRGCs）不仅调节昼夜节律，还通过投射至外侧下丘脑和杏仁核，直接影响血糖代谢、学习记忆及长期情绪稳态^[43]。

——近红外线的生物修复潜力：除可见光外，光生物调节（PBM）研究表明，光谱中 670nm~900nm 的近红外成分对线粒体功能具有修复作用，可减轻蓝光引发的视网膜氧化应激损伤^[44]。这为“类太阳光谱健康照明”提供了底层理论支持。

（2）技术创新：从“可调光谱”到“高保真自然光模拟”

LED 技术已超越简单的色温调节（CCT），进入光谱功率分布（SPD）智能化、个性化适配定制时代。

——类太阳光谱技术：通过紫光或蓝光芯片及其组合多芯 LED 激发多色荧光粉，有效填补 480nm 的“青光空缺”并削弱 450nm 的“蓝光峰值”，补齐缺失的 680-780nm 的深红光，在保证高显色性（ $R_a > 97$ 、 $R_f > 95$ ）的同时，实现与自然界中不同时间段太阳光谱高度拟合的光谱调控技术。

——光品质的动态耦合：现代智能控制系统已实现照度、色温、空间分布与时序周期的四维耦合，模拟从黎明到黄昏的动态连续光谱跃迁。

（3）临床与细分应用：循证医学驱动的精准确干预

光疗愈正逐步摆脱“季节性失眠”的单一标签，向精准医疗方向迈进。

——儿童青少年视力保护：针对高发的近视问题，研究聚焦于“户外光暴露模拟”。临床试验显示，高照度、富含长波红光的室内环境有助于多巴胺分泌，从而延缓眼轴增长。

——特殊人群康复：在抑郁、自闭症儿童看护中，采用动态生物节律照明可显著减少患者夜间游走行为，并改善认知功能。

（4）产业标准：从安全性向健康效益评价转型

国际层面，CIE S 026、ISO/CIE 8995-1:2025、WELL V2.0 健康建筑标准等正不断更新，将视黑素等效照度（EML）、“节律刺激值（CS）”和“光生物效应日累积量”纳入绿色建筑硬性指标；我国亦在积极构建具有自主知识产权的健康照明评价体系，推动行业从“照明产品”向“照明系统服务”转型。

2.2 健康照明技术指标体系

健康照明的技术指标体系围绕视觉、节律、情绪、光疗愈、光生物安全等维度构建，包含 20 余项关键参数，如图 2-5 所示。

健康照明技术指标体系



图 2-5 健康照明核心参数示意图

其中，视觉健康指标涵盖照度、照度均匀度（ U_0 ）、统一眩光值（UGR）、光谱相似度（ $e(GFC)$ ）、显色性（ R_a 、 R_f 、 R_i ）等；节律健康指标涉及视黑素等效日光照射度（ $mel-EDI$ ）、视黑素等效照度（EML）、昼夜节律刺激因子（CS）、眼部垂直照度等；情绪健康指标则聚焦色温动态范围（2700K-6500K）、蓝红光比例、全色域彩色光、相对颜色偏好度指数（ $MCPI_r$ ）、相对颜色分辨率指数（ $CDMr$ ）等。这些指标通过科学量化，为健康照明产品的研发与评测提供了明确依据。

其中，光对人眼的视觉影响可从以下三方面进行量化与评价^[45]：

- 1) 光随波长的变化情况（即光谱分布）；
- 2) 光随时间的变化情况（即时域分布）；
- 3) 光在空间的变化情况（即空间分布）。

如图 2-6 所示：光随波长的变化情况（光谱分布）直接决定照明环境的光色品质，主要包括光谱相似度、色温、色容差、显色性、颜色维持率和空间颜色非均匀性等。



图 2-6 视觉相关的量化指标^[46]

2.2.1 视觉相关

2.2.1.1 光谱分布相关指标

光谱分布描述光源在不同波长范围内的能量分配特性，是影响视觉感受和生理反应的重要基础因素。常见关注指标包括：

(1) 相对光谱功率分布（简称 SPD）：描述光源在可见光范围内（通常为 380nm-780nm）各波长辐射能量的相对强弱关系，是分析光谱连续性、光谱拟合度、蓝光峰值等特性的基础。

(2) 色温 (T_{cp})：描述光源颜色特性的物理量，单位为开尔文 (K)。

(3) 颜色特性：包含色品坐标、相关色温 (CCT)、显色指数 (Ra)、色容

差（SDCM）、颜色维持率等维度。

（4）光谱拟合度系数（ $e(GFC)$ ）：用于评估被测光源光谱分布与目标光谱相似程度的参数。目前，该技术指标的首套量化国家标准《照明电器 类太阳光谱评价方法》正在制定中。高拟合度的类太阳光谱照明可让用户获得更自然、更清晰的视觉体验。

2.2.1.2 空间分布相关指标

空间分布指标用于描述光在空间中的分布状态，直接影响视觉舒适性和空间感知。常见指标包括：

（1）照度及照度均匀度：照度描述被照表面接收到的光通量密度，反映光线强弱；照度均匀度为给定区域内最小照度与平均照度之比。维持平均照度（ E_m ）和照度均匀度（ U_0 ）是照明工程中最基础且最重要的两个光度学指标。

（2）亮度及均匀度：亮度是指光源或受照物体表面在特定方向上，单位投影面积发出的发光强度。亮度（ L ）和亮度均匀度（ U_L ）是照明设计中比“照度”更高级、也更贴近人眼实际视觉感受的指标。亮度是唯一能直接引起人眼视觉刺激（明暗感、眩光感）的光度学量。而亮度均匀度描述的是视野范围内（如整个房间、工作面、道路或显示屏）不同区域亮度分布的一致性。

（3）空间明亮度：空间明亮度是观察者在特定环境中对整体光环境明亮程度的主观感知。它不同于水平照度，主要取决于进入观察者眼睛的来自各个方向的光通量密度。研究表明，平均立方体照度（ E_{cube} ）或半球照度（ E_{hemi} ）是预测空间明亮度最准确的物理指标。

（4）眩光：眩光是指视野中由于亮度分布不适宜，或存在极端的亮度对比，导致人眼视觉舒适度下降（不适感）或视觉能力降低（看不清物体）的现象。

（5）亮度对比度：亮度对比度（Luminance Contrast）是视觉感知和照明设计中的核心概念，它描述了视野中最亮区域与最暗区域之间的亮度差异程度。人眼并不是通过绝对亮度来识别物体的，而是通过亮度差异（即对比度）。如果没有对比度（例如白纸白字、黑纸黑字），人眼将无法分辨细节。

2.2.1.3 时间分布相关指标

时间分布指标反映光输出随时间变化的特性，尤其在长时间使用和动态环境中具有重要意义。相关关注点包括：

(1) 闪烁(MD)：闪烁(Flicker)是指光源发出的光通量或亮度随时间发生周期性或非周期性波动的现象。根据肉眼能否直接感知，闪烁分为可见闪烁和不可见闪烁。

(2) 频闪效应(P_{st}^{LM})：频闪效应(Stroboscopic Effect)是照明领域中一种特殊且潜在危险的视觉现象。它与普通的“闪烁”(Flicker)不同：闪烁是指人眼直接感觉到光在明暗跳动；而频闪效应是指人眼感觉光是连续稳定的，但在观察运动物体时，物体的运动状态出现了错觉(如变慢、静止、反转或出现多重影像)。这是一种由光源的频率与物体的运动频率发生干涉(混叠)而产生的物理现象。

(3) 频闪可见度(SVM)：频闪可见度(Stroboscopic Visibility)是指人眼在观察运动物体时，能够察觉到由光源亮度波动引起的视觉异常(如物体运动变慢、静止、反转或出现多重影像)的程度。它是衡量高频不可见闪烁(即人眼直接看灯觉得不闪，但看运动物体觉得有问题)危害性的核心指标。为了量化这一物理量，国际照明标委会定义了 SVM 指标。

2.2.2 非视觉相关(节律)指标

非视觉相关标准主要涉及照明对人体生理(包括生物节律、情绪与身心健康)的影响，涵盖光的生物效应及对生理机制的调节，主要包括光生物安全(如视网膜蓝光危害、光化学紫外危害、热危害等)、节律或警觉度调节以及情绪照明等。其中，节律指标主要用于描述光对人体昼夜节律系统的潜在影响。常见指标包括：

(1) 视黑素等效日光照度(mel-EDI)：由 CIE S 026:2018 标准正式定义，是将光源光谱经视黑素灵敏度曲线加权后，换算为等效 D65 日光的照度值，是目前国际通用的标准化物理量。

(2) 视黑素等效照度(EML)：早期提出的类似概念，物理本质与 mel-EDI 相近，广泛应用于 WELL 健康建筑标准中。

(3) 昼夜节律刺激因子 (CS)：由美国照明研究中心 (LRC) 提出，基于非线性生理模型量化光源对夜间褪黑素抑制的刺激强度，取值范围 0.0-0.7。工程实践中常参考 LRC 的建议：日间活动区 $CS \geq 0.3$ ，以维持良好节律同步；夜间就寝前 $CS < 0.1$ ，避免抑制褪黑素分泌。

(4) 节律光效比 (M/P)：部分研究提出的补充指标，通过计算光源在特定波长范围内（如 460nm~490nm 蓝光波段）的辐射通量与总光通量的比值，间接反映光源对节律系统的潜在作用强度，该指标在特定场景的照明方案优化中具有一定参考价值。

(5) 光生物效应日累积量 (DCLA)：24h 生物日内所受光照导致的节律刺激光生物效应的累积量。

(6) 视黑素响应日光 (D65) 效率 (mel-DER)：衡量人造光源光谱相对于 CIE 标准日光 (D65) 的节律刺激效率。mel-DER 与 M/P 之间的关系呈线性关系， $mel-DER = \gamma_{mel,v}^{D65} = \frac{1000}{1.326 \times 832} M/P \approx 0.91 M/P$

此外，节律指标的应用需结合实际光暴露时长与时间分布。即使 mel-EDI 数值达标，若仅在短时间内暴露，其对节律调节的实际效果也会大打折扣。因此，在照明设计中需综合考量光参数与暴露模式的协同作用。尤其儿童青少年的节律系统尚未完全成熟，对光暴露更为敏感。为此，节律照明设计需充分结合其作息规律，日间提供充足的节律刺激（如 $mel-EDI \geq 150 lx$ ），夜间则严格控制光暴露。

2.2.3 情绪（氛围）照明

情绪照明聚焦光色与动态变化对心理状态的影响。该领域目前尚无标准化评价指标，但可通过以下参数开展描述性评估：

(1) 色温可调范围：支持 1800K 暖黄光至 10000K 冷白光的宽域调节，以适配不同情绪场景需求。

(2) 动态效果类型：涵盖渐变、呼吸、律动等模式，其变化速度、幅度及周期性对情绪引导效果存在差异。

(3) 光色与动态调控的复合情绪影响：光环境设计需综合考量光色特性与动态调控技术对儿童青少年情绪心理的协同作用。基础光色选择上，2700K~4000K 暖黄光可营造温馨氛围、缓解紧张情绪，适用于休息区、卧室及低龄儿童空间；4000K~6500K 中性或冷白光则能通过高亮度提升专注力，适配学习区等场景。针对不同年龄段需求，低龄阶段优先采用暖色调以提供心理慰藉，随年龄增长逐步增加冷色调占比，以匹配认知发展规律。同时，动态调光调色功能可实现光色与亮度的平滑过渡（如模拟日出日落的 2700K~6500K 自动调节），贴合人体生理节律；音乐律动功能通过灯光与音乐节奏的联动（如 10-20Hz 频率的色彩变换），可增强环境沉浸感。关键技术指标至少包括：a) 光色动态调节范围：支持 1800K~10000K 色温连续可调，满足不同场景与年龄适配需求；b) 一般显色指数（Ra）：全色域范围内 $Ra \geq 90$ ，确保色彩真实还原以降低视觉疲劳；c) 律动响应灵敏度：音乐联动延迟 $\leq 100\text{ms}$ ，实现灯光与音频节奏的精准同步。

(4) 与空间氛围的协同性：需结合空间色彩、材质及功能进行整体设计，儿童空间应遵循“适度刺激”原则，避免过度兴奋影响专注力或睡眠质量。

2.2.4 光生物安全相关指标

光生物安全指标依据 IEC 62471 制定，用于评估光辐射可能对人体造成的潜在风险。儿童青少年健康照明需重点关注：

(1) 视网膜蓝光危害：400nm~500nm 短波可见光（峰值约 440nm）在长时间照射下可能通过光化学对视网膜黄斑区造成累积性损伤。GB 7793-2025 要求教室照明必须达到 RG0（无危险）豁免级，确保即使在长时间近距离用眼条件下，蓝光危害也处于安全范围。

(2) 紫外化学危害和热辐射危害：在儿童 LED 照明产品中极为罕见，但仍需符合 GB/T 20145 的基本要求。

2.3 健康照明标准进展

本部分围绕照明质量、光生物安全及特定应用场景，已构建起涵盖国家标准、行业标准、地方标准与团体标准的多层级标准体系，健康照明标准化体系正日趋完善。其中，健康照明应用标准是将视觉与非视觉相关标准的技术要求落实到具

体使用场景的关键环节^[46]。随着人群特征与使用需求的日益多样化,照明已不再局限于满足一般视觉任务,而是需要在保障视觉舒适、安全与高效的基础上,兼顾节律健康与心理健康福祉。这些标准为健康照明的设计与应用提供了科学依据。

2.3.1 健康照明标准体系构建

2.3.1.1 国家标准体系

国家标准是健康照明的基石,包括:

(1) 强制性标准: GB/T 7000.1-2023《灯具第1部分:一般要求与试验》、GB 40070-2021《儿童青少年学习用品卫生标准》、GB 7793-2025《中小学校教室采光和照明卫生标准》等,为国家强制性认证提供标准依据。

(2) 推荐性标准: GB/T 9473-2022《读写作业台灯性能要求》、GB/T 42064-2022《普通照明用设备 闪烁特性 光闪烁计测试法》、GB/T 50034-2024《建筑照明设计标准》、GB/T 45515-2025《消费品质质量分级 照明产品》、GB/T 46119-2025《光的人眼非视觉生物效应作用剂量》、《照明电器 类太阳光谱评价规范》等。其中,GB/T 9473-2022明确读写台灯需符合无频闪危害、视网膜蓝光危害类别RG0、色温宜不超过4000K、 $R_a \geq 80$ 、 $R_9 > 0$ 等要求,并划分A级和AA级照度等级。这些国家标准共同构成了健康照明领域从产品研发到应用实施的全链条技术规范。

(3) 技术指导文件: GB/Z 39942-2021《应用GB/T 20145评价光源和灯具的蓝光危害》、GB/Z 45064-2024《普通照明用设备 频闪效应 客观试验方法》等为蓝光危害和频闪效应提供基础测试方法。

这些国家标准和技术指导文件共同构成了健康照明领域国家标准体系的核心内容,从基础通用到具体产品性能、测试方法等多个维度,为我国健康照明产业的规范化发展奠定了坚实的技术基础,确保了照明产品在保障人体健康方面有章可循、有据可依。

2.3.1.2 行业标准体系

行业标准针对特定领域细化要求,如QB/T 5533-2020《教室照明灯具》、QB/T 5920-2023《照明产品频闪测量方法》等,为教室、家居、办公等特定场景

的照明产品提供了更为细致的技术规范。

(1) QB/T 5533-2020《教室照明灯具》，该标准不仅对教室照明灯具的配光曲线、照度均匀度、眩光值等关键参数做出明确规定，还特别强调了灯具的安装高度、维护系数以及显色指数等与教学环境舒适度和视觉健康密切相关的指标，旨在为学生创造一个明亮、舒适、安全、健康的学习环境。

(2) QB/T 5920-2023《照明产品频闪测量方法》，该标准则进一步规范了照明产品频闪的测量条件、测量步骤和数据处理方法，通过统一的测试标准，确保不同实验室、不同企业对产品频闪性能的评价具有一致性和可比性，为行业内产品质量的把控和市场监管提供了有力的技术支撑。

2.3.1.3 地方标准体系

地方标准针对本地区照明领域的实际应用需求与产业发展特点制定，更贴合当地市场的监管与产品升级需要，比如部分光照条件特殊、对学生视觉健康防护要求更高的地区，会结合本地教室、儿童青少年活动场所的改造需求，在国家标准和行业标准的基础上，出台更严格的照明产品地方标准，对光照参数、产品安全性提出高于国家和行业标准的要求，既满足本地的实际使用需求，也为地方照明产业的特色化发展提供了规范依据，同时也能为全国层面的标准更新积累实践经验。例如：

(1) DB31/T 539—2020《中小学及幼儿园教室照明设计规范》（上海），该标准在国家标准和行业标准的基础上，对教室照明的各项指标提出了更为细致和严格的要求。如维持平均照度在基础上增加推荐性 500lx 和维持垂直照度 200lx 等部分指标较国家标准更为严苛，旨在进一步提升教学核心区域的照明质量。在眩光控制上，要求教室灯具的统一眩光值（UGR） ≤ 16 ，同时对灯具的安装位置和角度进行了优化建议，以减少学生视觉范围内的直接眩光和反射眩光。此外，还对教室照明系统的应急照明设置、色温选择（推荐 3300K~5300K 色温）以及照明功率密度限值（不大于 $1.8\text{W}/\text{m}^2/100\text{lx}$ ）等方面做出了具体规定，强调了照明系统的节能性与稳定性，为上海市中小学及幼儿园教室照明的新建、改建和维护提供了具有地方特色的、可操作性强的技术指导，有效保障了区域内青少

年的视觉健康。

(2) DB3201/T 1006—2020《中小学幼儿园教室照明验收管理规范》(南京), 该标准作为南京市针对中小学幼儿园教室照明验收和管理规范, 构建了更为细致和具有操作性的验收框架。其核心内容不仅涵盖了对照度、照度均匀度、眩光值、色温、显色指数等关键光学参数的具体要求和检测方法, 确保教室照明的基础质量; 还特别强调了验收流程的规范性, 包括验收组织的构成、验收资料的准备与审查、现场检测的抽样规则和实施步骤等, 从制度层面保障验收工作的公正与严谨。例如, 在照度检测方面, 明确规定了不同区域(如课桌面、黑板面)的布点方式和数量, 以及检测数据的处理方法, 确保测量结果的准确性和代表性。同时, 该标准还对验收不合格项目的整改、复验程序以及验收合格后的备案管理等环节做出了明确规定, 形成了从建设到验收再到后续管理的闭环, 为南京市中小学幼儿园教室照明工程的质量把控提供了有力的技术支撑, 切实推动了区域内教室照明环境的标准化和优质化, 助力青少年视力健康保护工作的深入开展。

(3) DB44/T 2335-2021《中小学校教室照明技术规范》(广东), 该标准明确规定了广东省中小学校教室照明的设计、施工、验收及维护等全流程要求, 在照度指标方面, 要求课桌面维持平均照度不低于 300lx, 照度均匀度不低于 0.7; 黑板面维持平均照度不低于 500lx, 照度均匀度不低于 0.8。同时, 对教室照明的色温、显色指数也提出了具体参数, 色温应在 3300K~5300K 之间, 显色指数 Ra 不应小于 90, 以保证光线柔和舒适, 还原物体真实色彩, 减少视觉疲劳。此外, 标准还对灯具的安装位置、高度、间距以及眩光限制等做出了详细规范, 例如要求灯具距课桌面的悬挂高度不低于 1.7 米, 且不应采用裸灯, 需配备遮光罩以有效控制眩光, 为广东省中小学教室照明环境的改善提供了科学、具体的技术依据, 助力营造健康、适宜的学习光环境。

2.3.1.4 团体标准体系

团体标准由行业协会或企业联盟制定, 兼具灵活性与创新性, 可有效填补国家标准空白。例如:

(1) T/JYBZ 005-2022《中小学教室照明技术规范》, 该标准明确了维持平

均照度及均匀度、显色指数、特殊显色指数 (R_9)、统一眩光值、频闪、频闪效应、智能照明系统控制等要求，为行业提供了更具前瞻性的技术指引。其中，关于智能照明系统控制的规定，鼓励采用光照传感器、人体感应器等智能化手段实现照明自动调节，既满足不同教学场景的照明需求，又能达成节能降耗的目标，为中小学教室照明的智能化升级指明方向，进一步推动行业技术的进步与规范发展。

(2) T/CECS 10195-2022《健康建筑产品评价通则》和 T/CECS 1424-2023《健康照明设计规范》，这两项标准聚焦健康领域的产品评价与设计要求，其中明确了健康照明的相关技术指标、评价方法和设计原则，对包括学校、家庭、办公等多场景的室内健康照明应用提出了系统性要求。标准中针对光环境对人体生理、心理的健康影响进行考量，规范了照明产品选用、照明方案设计环节的健康相关要求，为打造符合健康需求的室内照明环境提供了评价依据与设计指导，进一步完善了我国健康照明领域的团体标准覆盖，推动室内照明向健康化方向发展。

(3) T/SILA 007-2022《教室照明智能化规范》，该标准针对教室照明智能化系统的技术要求、系统架构、功能模块、通信协议、安装调试及运行维护等方面作出明确规定。其核心内容包括智能照明控制方式，如支持光照传感器实现自动调光，确保教室桌面维持在规定照度标准范围内；具备场景模式切换功能，可根据上课、自习、投影等不同教学场景快速切换照明方案；同时强调系统节能性，通过智能感应和精细化控制实现能耗优化。此外，标准还对系统的安全性、可靠性及数据接口等提出明确要求，为教室照明智能化的设计、施工和验收提供统一依据，有效推动教育领域照明智能化的规范化发展，提升教室光环境的质量与管理效率。

(4) T/CSA 098-2024《LED 读写落地灯》，该标准针对 LED 读写落地灯的技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存等方面作出明确规定，重点关注产品的光谱拟合度系数、色温、显色指数、照度及均匀度、蓝光危害等级、频闪等关键指标，旨在为家庭学习、书房、办公等场景提供健康舒适的照明支持，填补了该类产品在标准领域的空白，对规范市场秩序、引导企业提升产品质量具有重要意义。

(5) T/SILA 019-2024《家庭教育场景健康光环境技术规范》，该标准进一步明确了家庭教育学习场景的光环境技术要求，涵盖光谱连续性、色温与亮度的自适应调节、节律照明、智能照明系统规范等内容，并针对“类太阳光光谱”制定了相应的考核标准与测量方法。未来，行业相关标准将朝着“场景化”方向发展，例如针对视觉、节律、情绪等不同应用场景制定差异化标准。

同时，团体标准在健康照明领域的覆盖范围将持续拓展，不仅关注家庭、教室等常见场景，还将逐步延伸至办公、医疗、养老等更多细分领域，通过制定针对性技术指标和评价方法，为不同场景下的健康光环境构建提供更精准的指导。此外，团体标准的制定过程将更加注重产学研用的深度融合，广泛吸纳照明企业、科研机构、用户代表等多方主体的意见，确保标准的科学性、先进性和实用性，从而更好地推动健康照明技术的创新应用和产业的高质量发展。

2.3.1.5 国际标准体系

国际标准为健康照明提供了全球视野与统一框架，是各国健康照明技术发展和产品贸易的重要依据。在国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）等国际标准组织中，健康照明相关标准正持续完善。例如，ISO/CIE TR 21783:2022《光与照明 综合照明 非视觉效果》聚焦光与照明对人体生理及心理的影响，为评估照明产品的健康效应提供了科学方法。

(1) IEC 62471:2006《灯和灯系统的光生物安全》：包括蓝光危害等做出了明确规定，成为全球范围内照明产品安全检测的重要依据。

(2) IEEE 1789: 2015《对于可调电流的高亮度LED为了降低对观众的健康风险IEEE的推荐实践》：提供了频闪效应的风险评估方法和无风险、低风险区间的量化阈值。

(3) CIE S 026:2018《光对人眼非视觉效应的作用系统》：将内在光敏视网膜神经节细胞（ipRGCs）纳入评价体系，提出黑视素加权光谱灵敏度函数，定义了等效黑视素日光照度（mel-EDI）等一系列新指标，解决了过去仅靠色温或照度无法准确评估光对昼夜节律影响的难题。

(4) ISO/CIE TR 21783:2022《光与照明 综合照明. 非视觉效应》：该标准

聚焦于综合照明系统中非视觉效应的考量,强调在照明设计中需综合平衡视觉需求与非视觉生物效应,为综合照明方案的规划、实施与评估提供了基于最新研究成果的技术指导,进一步完善了国际健康照明标准体系在实际应用层面的规范。

(5) EN 12464-1: 2021《光与照明 工作场所照明. 第1部分:室内工作场所》和 ISO/CIE 8995-1:2025《光与照明 工作场所照明 第1部分:室内》:确立了照度水平、均匀度、光谱特性、眩光限制(UGR)及显色性等,以确保照明环境符合人体健康和工作效率的相关需求,是全球室内照明设计的基础标准。

(6) WELL V2《健康建筑标准》:将节律照明、视觉舒适度等要求转化为场景化设计指标,对 EML 值、夜间光暴露等提出明确要求,推动了健康照明在建筑层面的应用。

这些国际标准不仅规范了照明产品的技术参数,更强调了照明对人体健康的潜在影响,推动各国在健康照明领域形成共识。同时,国际标准的制定过程也体现了全球合作的特点,各国专家共同参与,结合不同地区的实际需求和技术发展水平,使得标准具有广泛的适用性和权威性。对于企业而言,遵循国际标准有助于其产品进入国际市场,提升竞争力;对于消费者,则能获得更具健康保障的照明产品。随着全球对健康照明重视程度的不断提高,国际标准体系将持续发挥其在引领技术方向、促进国际贸易和保障人类健康方面的关键作用。

2.3.2 健康照明应用标准

目前,面向儿童青少年健康照明的应用标准主要在教育 and 家居照明领域取得较为系统的进展,其中,教室照明和家居照明已形成若干国家标准、行业标准和团体标准,为健康照明的应用规范化提供了参考。

2.3.2.1 教室照明相关标准

在教室照明方面,标准主要关注学生在视觉任务执行过程中的安全与舒适,强调黑板面、课桌面等关键视觉区域的照度和均匀度要求,控制眩光和反射干扰,确保视觉清晰度;同时,引入显色性、相关色温及光谱分布等指标,以优化学习环境的视觉品质。随着节律健康照明研究的深入,部分标准开始关注光对学生昼夜节律、注意力与学习效率的影响,鼓励采用具有可调光谱和亮度的照明系统,

以适应不同时间段的生理节律需求，促进学生的身心健康发展。教室照明相关标准详见表 2-1。

表 2-1 教室照明相关标准

标准类别	标准号	标准名称	指标/要求
国家标准	GB/T 26189-2010	室内工作场所照明	照度、亮度分布、紧邻区域照度、均匀度、频闪、眩光、遮光角、色温、一般显色指数、照明功率密度等
	GB 50099-2011	中小学校设计规范	维持平均照度、照度均匀度、统一眩光值、一般显色指数、照明功率密度等
	GB/T 12454-2017	光环境评价方法	维持平均照度、均匀度、眩光、一般显色指数 Ra、色容差等
	GB/T 36876-2018	中小学校普通教室照明设计安装卫生要求	维持平均照度、照度均匀度、眩光、色温、一般显色指数、照明功率密度等
	GB 55016-2021	建筑环境通用规范	平均照度、照度均匀度、色容差、一般显色指数 (R_a)、特殊显色指数 (R_9)、统一眩光值 (UGR)、闪变指数和频闪效应、蓝光危险组别
	GB 40070-2021	儿童青少年学习用品近视防控卫生要求	色温、一般显色指数 (R_a)、特殊显色指数 (R_9)、波动深度、蓝光危险组别、照度、照度均匀度、遮光性能
	GB/T 13379-2023	视觉工效学原则 室内工作场所照明	照度水平、照度均匀度、亮度对比度、眩光控制、色温、一般显色指数、频闪 (SVM) 与闪烁 (P_{st}^{LM})、视觉疲劳、照明系统调节性能、智能/动态照明、照明功率密度等
	GB/T 5700-2023	照明测量方法	照度、光谱辐照度、亮度、反射比、频闪、眩光、现场色温、一般显色指数、照明功率密度等
	GB/T 50034-2024	建筑照明设计标准	维持平均照度、照度均匀度、眩光、色温、Ra、R9、照明功率密度等
	GB 7793-2025	中小学校教室采光和照明卫生标准	维持平均照度、照度均匀度、统一眩光值、色温、一般显色指数、照明功率密度等
行业标准版)	JGJ 39-2016 (2019托儿所、幼儿园建筑设计规范	计规范	照度标准值、统一眩光值 (UGR)、一般显色指数 Ra 等
	QB/T 5533-2020	教室照明灯具	光电参数、相关色温、一般显色指数 (R_a)



标准类别	标准号	标准名称	指标/要求
地方标准	DB31/T 539—2020	中小学及幼儿园教室照明设计规范（上海）	特殊显色指数（ R_9 ）、空间颜色非均匀性、频闪、蓝光危险组别、照度、照度均匀度、遮光性能、照明功率密度、灯具可靠性等 维持平均照度、维持垂直照度、照度均匀度、临近周围照度、色温、一般显色指数、特殊显色指数 R_9 、统一眩光值、频闪和闪烁、百勒克斯照明功率密度、光生物危害等
	DB3201/T 1006—2020	中小学幼儿园教室照明验收管理规范（南京）	维持平均照度、照度均匀度、色温、一般显色指数、特殊显色指数 R_9 、统一眩光值、闪烁、现场蓝光危险等级 光电参数、相关色温、一般显色指数（ R_a ）
	CQC 3155—2016	中小学及幼儿园教室照明产品节能认证技术规范	特殊显色指数（ R_9 ）、色品空间不一致性、闪烁、视网膜蓝光危害、平均维持照度、照度均匀度、统一眩光值、照明功率密度、灯具寿命等
	T/CSA/TR 008—2019	类太阳光 LED 术语定义及相关问题研究	光谱拟合系数 e （GFC）、颜色保真度指数 R_f 、视觉健康、节律健康等
团体标准	T/CSA 066—2020	类太阳光 LED 器件	光谱拟合系数 e （GFC）、颜色保真度指数 R_f 、颜色饱和度指数、显色指数、特殊显色指数、颜色漂移、高温颜色漂移等
	T/JYBZ 005—2022	中小学教室照明技术规范	维持平均照度、照度均匀度、色温、一般显色指数、特殊显色指数（ R_9 ）、统一眩光值、频闪、频闪效应、光生物安全性、智能照明教室照明质量要求、智能控制要求等
	T/JYBZ 025—2022	中小学教室光环境测量方法	维持平均照度、照度均匀度、色温、一般显色指数、特殊显色指数（ R_9 ）、统一眩光值、频闪、照明功率密度、亮度、亮度均匀性等 维持平均照度、照度均匀度、一般显色指数、特殊显色指数（ R_9 ）、统一眩光值、频闪及智能化基本功能要求和扩展功能要求等
	T/SILA 007—2022	教室照明智能化规范	特殊显色指数（ R_9 ）、统一眩光值、频闪及智能化基本功能要求和扩展功能要求等

2.3.2.2 家居照明相关标准

家居照明强调家庭场景中的舒适与健康平衡，需兼顾读写、休闲和睡眠需求。
家居照明相关标准详见表 2-2。

表 2-2 家居照明相关标准

标准类别	标准号	标准名称	指标/要求
国家标准	GB/T 26189-2010	室内工作场所照明	照度、亮度分布、紧邻区域照度、均匀度、频闪、眩光、遮光角、色温、一般显色指数、照明功率密度等
	GB/T 13379-2023	视觉工效学原则 室内工作场所照明	照度水平、照度均匀度、亮度对比度、眩光控制、色温、一般显色指数、频闪（SVM）与闪烁（ P_{ST}^{LM} ）、视觉疲劳、照明系统调节性能、智能/动态照明、照明功率密度等
	GB/T 50034-2024	建筑照明设计标准	维持平均照度、照度均匀度、眩光、色温、 R_a 、 R_g 、照明功率密度等
	GB/T 31831-2025	LED 室内照明应用技术要求	光通、光效、光束角、光生物安全、闪烁指数、频闪效应可视度（SVM）、色温、显色指数、特殊显色指数 R_9 等
	GB/T 46119-2025	光的人眼非视觉生物效应作用剂量	mel-EDI/CS/DCLA
国际标准	ISO/CIE 8995-1:2025	Light and lighting — Lighting of work places —Part 1: Indoor	维持平均照度（工作面、墙面、天花板）、照度均匀度（ U_0 ）、眩光（ R_{UGL} ）、色温、 R_a 、 R_g 、时间光调制（TLM）、mel-EDI
	WELL V2	健康建筑标准	垂直面 EML
团体标准	T/SILA 012-2023	家居照明光健康规范	不同功能房的维持平均照度、照度均匀度（ U_0 ）、一般显色指数（ R_a ）、特殊显色指数（ R_g ）、统一眩光值（UGR）及智能化功能要求等、
	T/CECS 1424-2023	健康照明设计规范	不同功能区域的维持平均照度、照度均匀度（ U_0 ）、一般显色指数（ R_a ）、特殊显色指数（ R_g 、 R_{15} ）、统一眩光值（UGR）、



标准类别	标准号	标准名称	指标/要求
			生理等效照度 (mel-EDI)、节律照明相关色温、频闪 (P_{st}^{LM} 、SVM) 及智能化控制系统要求等
			不同场景的维持平均照度、照度均匀度、色温、光谱拟合度系数 ($e(GFC)$)、一般显色指数 (R_a)、颜色保真度指数 (R_f)、色域指数 (R_g)、特殊显色指数 (R_9)、统一眩光值、视黑素等效 (日光) 照度 (mel-EDI/EML)、频闪及智能化功能要求等
	T/SILA 019-2024	家庭教育场景健康光环境技术规范	

2.3.2.3 节律照明相关标准

目前国际上对非视觉照明对节律影响的研究比较深入的代表有国际照明委员会 (CIE)、国际标准化组织 (ISO) 等, 分别发布了多份技术文件和标准, 奠定了节律照明的度量基础, 并指导节律照明设计。节律健康照明相关标准见表 2-3。

表 2-3 节律健康照明相关标准

标准类别	标准号	标准名称	指标/要求
国家标准	GB/T 46119-2025	光的人眼非视觉生物效应作用剂量	mel-EDI/CS/DCLA
	GB/T 45239-2025	夜间蓝光辐射危害的评价方法	蓝光危害 RG 0/1/2/3 和生理危害 CS 或 E_{MEL} 风险等级 A\B\C\D
	CIE S 026/E:2018	CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light	mel-EDI/EML
国际标准	ISO/CIE 8995-1:2025	Light and lighting — Lighting of work places — Part 1: Indoor	mel-EDI
	WELL V2	健康建筑标准	EML
团体标准	T/CECS 1424-2023	健康照明设计标准	mel-EDI



标准类别	标准号	标准名称	指标/要求
	T/SIEATA 000001-2024	中小学校教室照明质量分级评价	mel-EDI/EML

2.3.2.4 光生物安全相关标准

光生物安全的基础标准是 CIE S 009/E:2002，国际标准 IEC 62471:2006 等同采用了该标准，我们国家对应的国标是 GB/T 20145-2006《灯和灯系统的光生物安全性》。在此基础上衍生出了一系列光生物安全的方法和应用标准，详见表 2-4。

表 2-4 光生物安全相关标准

标准类别	标准号	标准名称	指标/要求
国家标准	GB/T 20145-2006	灯和灯系统的光生物安全性	蓝光危害 RG 0/1/2/3
	GB/T 30117.3-2019	灯和灯系统的光生物安全 第 3 部分：对人体的强脉冲光源设备的安 全使用准则	蓝光危害 RG3，警告标志
	GB/Z 39942-2021	应用 GB/T 20145 评价光源和灯具的 蓝光危害	蓝光危害 RG 0/1/2
	GB 40070-2021	儿童青少年学习用品近视防控卫生 要求	蓝光危害 RG0 或 RG1
	GB/T 7000.1-2023	灯具 第 1 部分 一般要求与试验	蓝光危害 RG0、RG1、RG2
	GB/T 30117.4-2023	灯和灯系统的光生物安全 第 4 部分：测量方法	RG 0/1/2/3
	GB 44703-2024	光辐射安全通用要求	RG 0/1/1C/2/3
	GB/T 30117.1-2024	非相干光产品的光生物安全 第 1 部分 通用要求	RG 0/1/2/3
	GB/T 45239-2025	夜间蓝光辐射危害的评价方法	蓝光危害 RG 0/1/2/3 和生理 危害 CS 或 E_{MEL} 风险等级 A\B\C\D
	GB/T 30117.7-2026	灯和灯系统的光生物安全性 第 7 部分 主要发射可见辐射的光源和 灯具	RG 0/1/2/3



标准类别	标准号	标准名称	指标/要求
国际标准	IEC 62471:2006	Photobiological safety of lamps and lamp systems (CIE S 009/E:2002, IDT)	RG 0/1/2/3
	ANSI/IES RP-27-20	Photobiological Safety for Lighting Systems	RG 0/1/2/3
	IEC 62471-6:2022	Photobiological safety of Ultraviolet Lamp Products	RG 2/3 安全防护、警示标识
	IEC 62471-7:2023	Photobiological safety of lamps and lamp systems – Part 7 Light sources and luminaires primarily emitting visible radiation	RG 0/1/2/3

2.3.2.5 光疗相关标准

当前光疗相关标准涵盖了医用、家用、婴儿蓝光及激光光疗设备等，但主要集中于光生物安全、辐照限值、结构与电气安全。针对光疗的“性能测试方法”、“剂量学标准”、“治疗效果量化指标”目前在国内外均明显不足，详见表 2-5。

表 2-5 光疗相关标准

标准类别	标准号	标准名称	指标/要求
国家标准	GB/T 21096-2013	保健用荧光紫外灯 测量和规范方法	总有效紫外辐照度、校正系数
	GB 9706.271-2022	医用电气设备 第 2-71 部分：功能性近红外光谱（NIRS）设备的基本安全和基本性能专用要求	风险分类、发射限值、时间基准、适用接收角、标记
	GB 9706.283-2022	医用电气设备 第 2-83 部分：家用光治疗设备的基本安全和基本性能专用要求	（光化学紫外、近紫外、蓝光、视网膜热危害、对微弱视觉刺激的视网膜热危害、角膜/晶体 红外）的依据风险分类的发射限值、时间基准、适用接收角、标记



标准类别	标准号	标准名称	指标/要求
行业标准	GB 9706.222-2022	医用电气设备 第2-22部分：外科、整形、治疗和诊断用激光设备的基本安全和本性能专用要求	风险分类、发射限值、时间基准、适用接收角、标记
	YY 0901-2013	紫外治疗设备	有效紫外辐射、非预期紫外辐射、爱外残留辐射、紫外辐射光谱、安全、生物相容性
	YY/T 1496-2016	红光治疗设备	有效红光辐照度、辐射管沟、紫外辐射、红外辐射、温度检测与超温保护、工作噪声、电源电压的波动、安全要求、电磁兼容性、生物相容性、环境试验要求
	YY/T 1534-2017	医用LED设备光辐射安全分类的检测方法	辐照度、辐亮度
	YY 9706.257-2021	医用电气设备 第2-57部分：治疗、光、视网膜热危害、对微弱诊断、监测和整形医疗美容使用的视觉刺激的视网膜热危害、非激光光源设备基本安全和本性能专用要求	（光化学紫外、近紫外、蓝角膜/晶体 红外）的依据风险分类的发射限值、时间基准、适用接收角、标记
	YY 9706.250-2021	医用电气设备 第2-50部分：婴儿光治疗设备的基本安全和本性能专用要求	胆红素总辐照度、辐照度均匀性、不稳定性、机械危险、非预期辐射危险、超温、电磁兼容性
	YY 0323-2024	红外热灼治疗设备	输出功率、输出控制、标记、随附文件、电气安全、环境试验、电磁兼容性

此外，节律性光照通过 ipRGC-SCN-褪黑素轴影响昼夜节律，可用于改善睡眠、校正节律紊乱，还被视作治疗季节性情感障碍（SAD）及部分抑郁症的一种光疗手段。此类应用在机制上属于光的神经-激素调节（neuroendocrine

modulation)，与 PBM/PDT 分属不同类别。然而，节律光疗同样缺乏统一的剂量学标准（如 mel-EDI 的剂量-反应模型、照射时间与节相移效应等均未完全标准化），尚未纳入光医疗剂量学体系。而且光疗的疗效依赖“波长×能量密度×照射时间×脉冲参数×组织类型”等多因素耦合，其剂量学机制及临床效应尚需进一步量化研究^[47]。标准化工作应持续强化光生物安全限值的测量一致性、剂量学参数的可追溯性，并建立不同组织作用的剂量反应模型，推动形成跨医学、照明与生物光学领域的综合标准体系。

2.4 本章小结

本章从术语定义、技术指标体系及标准化进展三个层面，构建了儿童青少年健康照明的技术共识框架。视觉健康、节律健康、情绪（心理）健康、光疗愈与光生物安全构成健康照明的五大技术维度；国家标准、行业标准、地方标准、团体标准及国际标准共同织起多层次的规范网络。该框架为后续章节中产品技术规范的制定、评测方法的探讨以及应用场景分析，提供了统一的技术基础与语言体系。

第三章 健康照明产品技术规范与评测体系

本章基于“光健康”理念，将健康照明产品划分为护眼、节律、情绪、疗愈、氛围五大类别，从关键指标、特色指标、智能化指标三个维度构建技术评测体系，并提出产品选择规范，为儿童青少年健康照明产品的研发、评测与应用提供指导。

3.1 护眼照明

护眼照明是儿童青少年健康照明体系中最基础、最核心的组成部分。通过科学合理的光源设计与参数调控，可减少不良光环境对儿童青少年视觉系统的潜在危害，保障其视力健康发育与用眼舒适度^[48]。护眼照明的核心目标在于模拟自然光的优质特性，同时规避传统照明中可能存在的频闪、眩光、蓝光危害等问题，为儿童青少年营造明亮清晰且柔和舒适的光环境，从而在日常学习、阅读、书写等活动中有效缓解眼疲劳，降低近视发生风险，为其视觉健康筑牢第一道防线。

3.1.1 护眼照明技术指标要求

表 3-1 护眼照明相关技术指标及标准要求

指标类型	技术指标	教室场景要求	家居场景要求
关键指标	照度	课桌面 $\geq 300lx$	读写区 $\geq 500lx$
	照度均匀度	$U_0 \geq 0.7$	$U_0 \geq 0.8$
	色温	3300K-5300K	4000K $\pm$ 500K
	显色指数	$R_a \geq 90$	$R_a \geq 95$
	特殊显色指数 R_9	$R_9-R_{15} \geq 90$	$R_9-R_{15} \geq 95$
	蓝光风险等级	RG 0 或 RG 1（黑板灯）	RG 0
	眩光值	$UGR \leq 19$	$UGR \leq 16$
特色指标	频闪/波动深度	无可视频闪或 $P_{st}^{LM} < 1.0$ 或 $SVM < 0.6$	$P_{st}^{LM} < 0.6$, $SVM < 0.4$
	光谱拟合度系数	$e(GFC) \geq 0.90$	$e(GFC) \geq 0.95$
	空间照度均匀度	—	邻近周围区域照度/作业区域照度 $U_0 \geq 0.5$



指标类型	技术指标	教室场景要求	家居场景要求
			空间照明均匀度 $U_0 \geq 0.5$
	空间明亮度	墙面照度 $\geq 100\text{lx}$ 顶棚照度 $\geq 75\text{lx}$	墙面照度 $\geq 150\text{lx}$ 顶棚照度 $\geq 100\text{lx}$
	空间亮度对比度	—	1:3~1:5
	光通维持率	3000h, $\geq 96\%$ 6000h $\geq 92\%$	3000h, $\geq 96\%$ 6000h $\geq 92\%$
	颜色偏移量	$\Delta(u, v) \leq 0.005$	$\Delta(u, v) \leq 0.005$
		色温从 3300K-5300K 可调, 色温从 2700K-6500K 连续可	
	色温或亮度可调	不少于三档	调, 照度从 10%~100% 照度从 1%~100%连续可调 可调,不少于三档
	动态恒照度调光	根据光环境水平和人员使用状态, 自动调节照	
智能化指标	场景面板控制、APP 控制	不同应用场景一键快速切换	不同应用场景一键快速切
	入座感应	—	换, 或可支持离线语音控制 根据人员使用状态, 自动调
	坐姿监测	—	节 根据人员使用状态, 自动检 测坐姿, 坐姿不良时可自动 提醒

3.1.2 护眼照明技术指标详解

护眼照明技术指标是保障照明环境对人眼生理功能友好性的核心参数, 主要围绕视觉清晰度、舒适度及用眼安全性展开。其中, 照度作为最基础的指标, 直接影响人眼对物体细节的分辨能力——不同场所如教室、卧室、心理辅导室等均有明确的最低照度标准, 例如普通教室桌面照度不应低于 300lx , 考试教室则需达到 750lx 以上。照度均匀度同样关键: 若空间内照度分布差异过大, 人眼频繁适应明暗变化易导致视觉疲劳, 因此工作区域的照度均匀度一般要求不低于 0.7。

眩光控制是提升视觉舒适度的重要环节, 其中, 直接眩光由光源亮度过高或位置不当引起, 可通过限制光源表面亮度 (如采用磨砂扩散板、格栅灯罩)、合

理布置灯具位置（避免视野内出现高亮度光源）来降低；反射眩光则与物体表面光泽度及光源位置相关，可通过调整光源投射角度或选用低光泽度工作面材料改善。统一眩光值（UGR）是衡量眩光程度的量化指标，学习场所通常要求 $UGR \leq 19$ 。

类太阳光谱拟合度（ $e(GFC)$ ）衡量光源光谱与太阳光谱的相似程度，数值越高（最高为 1）代表与自然太阳光谱的相似度越高。显色指数（ R_a ）反映光源还原物体真实颜色的能力，数值越高（最高为 100）颜色还原越准确：博物馆、美术馆等对色彩辨识要求高的场所需 $R_a \geq 90$ ；家居、教室等学习场所建议 $R_a \geq 95$ ，有助于儿童青少年准确辨识颜色。

色温作为表征光源光色的指标，对视觉感知影响显著：低色温（2700K~3500K）光色偏暖黄，给人温馨放松的感觉；高色温（5000K~6500K）光色偏冷白，更易使人保持清醒专注，但过高色温可能增加视觉紧张感，需结合具体场景合理选择。

这些指标相互关联，共同构成视觉健康照明的技术基础。通过精准调控这些指标，可有效减少视觉疲劳、提高视觉工作效率，从而保护人眼健康。

3.1.3 典型应用场景与案例效果图

以满足视觉作业需求为核心，通过消除眩光、频闪、蓝光危害等光环境有害因素，提供高显色性、充足且均匀的照明环境，从而保护视力健康。典型应用场景包括：家庭学习空间（如书桌、学习区）、教室与培训机构等教育场所、图书馆与自习室等长时间用眼环境。以下结合不同场所的照明需求，展示护眼照明技术的实际应用效果：

上海市静安区某学校教室照明案例，如图 3-1 所示：该教室改造项目采用吊装式格栅灯具，整灯具备防眩设计（ $UGR < 16$ ），光源选用高品质类太阳光谱 LED，色温为 5000K（中性光）且显色指数 $R_a \geq 97$ ，确保板书字迹与课本插图的颜色真实还原。通过科学布灯，课桌面平均照度达 500lx 以上，照度均匀度 ≥ 0.8 ，且无明显频闪（波动深度 $< 0.02\%$ ）。改造后，学生反馈视觉舒适度显著提升，长时间注视黑板不易产生模糊感，教师板书时也无眩光干扰。案例效果图显示，教室整体光线明亮均匀，各座位区域照度差异小，黑板区域无反光，营造出清晰舒

适的学习光环境。视觉环境的改善对近视率下降起到了积极作用，2023 年该区域中小幼近视率较前一年下降 1.33 个百分点^[23]。



图 3-1 护眼照明在教室应用场景现场图（来源：立达信）

家庭学习空间的案例效果:如图 3-2 所示。该场景采用立达信萤火虫系列护眼吸顶灯、护眼落地灯及餐吊灯,专为儿童学习场景设计。灯具采用侧发光技术配合导光板,实现光线均匀漫射,有效控制眩光值($UGR < 13$),同时通过蓝光危害等级 RG0 认证,确保无蓝光风险。其中,萤火虫 FX 护眼落地灯支持 2700K~5700K 色温无极调节,可满足孩子日常阅读(4000K 中性光)与睡前阅读(2700K 暖黄光)的不同需求;其照度覆盖学习空间 1.2 米范围,中心照度达 1000lx 以上,均匀度 ≥ 0.8 ,并搭配智能感光功能,能根据环境光自动调节亮度,避免明暗交替对眼睛的刺激。该案例效果图中,学习区域光线柔和不刺眼,书本字迹清晰真实,阴影淡化,孩子长时间阅读后眼疲劳感显著降低。



图 3-2 护眼照明在家庭应用场景（来源：立达信）

自习、绘画区案例：如图 3-3 所示，自习区采用“间接+直接”组合照明方案——顶部吸顶灯提供基础环境光（照度 200lx），桌面增设可调节护眼台灯或落地灯作为局部照明。环境光选用 4000K 中性白光，以营造宁静专注的氛围；护眼落地灯具备高显色性（ $R_a > 97$ ）与多场景模式，可满足长时间阅读、书写、绘画等需求。该案例效果图中，自习区光线均匀柔和，空间与桌面照度过渡自然，学生阅读时的光环境始终优于国标的照度及均匀度要求。这种清晰明亮、柔和不刺眼的学习空间，能有效减轻视觉疲劳，提升学习专注度与舒适度。



图 3-3 护眼照明在自习区和绘画区应用场景图（来源：立达信）

3.2 节律照明

节律照明聚焦光对人体昼夜节律系统的影响，是健康照明在时间维度的重要延伸。它通过调节光谱成分与眼部光照强度，模拟自然光的变化规律，以此调节人体褪黑素分泌，从而维持正常的昼夜节律，改善睡眠质量。与传统照明仅注重基础照明功能不同，节律照明更强调光与人体生理机制的动态适配，其核心在于依据人体不同时间段的生理需求，精准调控光参数。例如，早晨提供较高色温、较高照度的光线，可有效抑制褪黑素分泌，帮助人体从睡眠状态快速清醒，提升警觉度与专注力，为一天的活动做好生理准备；傍晚则切换为较低色温、较低照度的光线，减少对褪黑素分泌的抑制，引导人体逐渐放松，为睡眠铺垫。这种动态的光环境调节，有助于让人体内在生物钟与外界昼夜变化保持同步，对现代社会中因作息不规律、长期处于人工光环境导致的昼夜节律紊乱问题具有重要改善作用。

3.2.1 节律照明技术指标要求

表 3-2 节律照明相关技术指标及标准要求

指标类型	指标	教育场景要求	家居场景要求
关键指标	视黑素等效日光照度 (mel-EDI)	日间 $\geq 250lx$ 夜间 $\leq 10lx$	日间 $\geq 250lx$ 夜间 $\leq 10lx$
	视黑素等效照度 (EML)	日间 $\geq 240lx$ 夜间 $\leq 10lx$	日间 $\geq 240lx$ 夜间 $\leq 10lx$
	昼夜节律刺激 (CS)	—	日间 ≥ 0.3 夜间 ≤ 0.1
	照度均匀度	$U_0 \geq 0.7$	$U_0 \geq 0.8$
	光谱功率分布 (SPD)	—	白天高 490nm 占比 夜间低 490nm 占比
	色温	3300K~5300K	1800K~6500K
	显色指数	$R_a \geq 90$	$R_a \geq 90$
	特色显色指数 R_9	$R_9 > 50$	$R_9 \geq 90$
	眩光值	$UGR \leq 19$	$UGR \leq 16$
	频闪/波动深度	无可视频闪或 $P_{st}^{LM} < 1.0$ 或 $SVM < 0.6$	$P_{st}^{LM} < 0.6$, $SVM < 0.4$
特色指标	光谱拟合度系数	$e(GFC) \geq 0.90$	$e(GFC) \geq 0.95$
	M/P 比值	—	日间不应低于 0.65; 夜间不应高于 0.50。
	眼部垂直照度	日间 $\geq 1000lx$ 夜间 $\leq 10lx$	日间 $\geq 1000lx$; 夜间 $\leq 10lx$ 。
	空间亮度对比度	—	1:3~1:5
	光通维持率	3000h, $\geq 96\%$; 6000h $\geq 92\%$ 。	3000h, $\geq 96\%$; 6000h $\geq 92\%$ 。
智能化指标	颜色偏移量	$\Delta(u, v) \leq 0.005$	$\Delta(u, v) \leq 0.005$
	动态调节系统	晨间 5000K 提神, 傍晚 3000K 助眠; 教室、卧室、走廊分区控制策略, 日间提供照度 1000lx 以上, 夜间照度水平控制在 50lx 以下。	

指标类型	指标	教育场景要求	家居场景要求
	色温或亮度可调	色温从 3300K~5300K 可调，不少于三档	色温从 2700K~6500K 连续可调，
	场景面板控制、APP 控制	不同应用场景一键快速切换	不同应用场景一键快速切换，或可支持离线语音控制

3.2.2 节律照明技术指标详解

节律照明技术指标围绕光对人体生物节律的调节作用设定，核心在于模拟自然光变化规律，以匹配人体内在生理节律。其中关键指标之一是光的光谱功率分布（SPD），尤其是 480nm~490nm 范围内的短波长蓝光含量——该波段光对人体褪黑素分泌的抑制作用最为显著，直接影响昼夜节律同步，通常通过视黑素等效日光照度（mel-EDI）、视黑素等效照度（EML）或昼夜节律刺激因子（CS）来表示。如图 3-4 所示，已有研究表明：白天适当强度的短波长蓝光可提升警觉度、改善情绪与认知表现；夜间则需降低其比例，避免扰乱睡眠周期。因此，节律健康照明需根据时段动态调整光谱构成：上午提供较高比例的短波长蓝光，模拟自然晨光，帮助人体从睡眠状态过渡到清醒活跃状态；傍晚则减少蓝光成分、增加暖色调光，促进褪黑素正常分泌，为睡眠做准备。

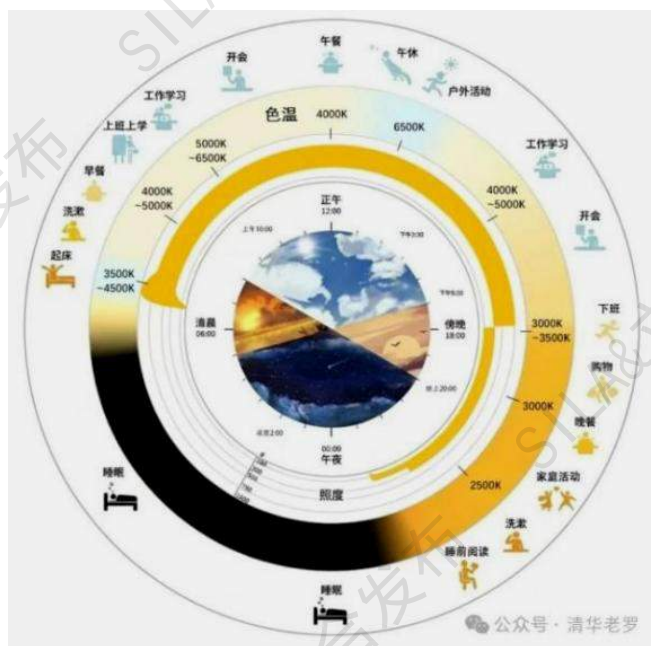


图 3-4 节律健康照明指标-生物钟-睡眠相关性示意图（来源：网络）

另一个重要指标是光照的时间模式，涵盖眼部垂直照度的变化速率、光照的起止时间及持续时长等维度。如图 3-5 所示，人体生物节律系统对光照的时序变化极为敏感，不规律的光暴露易引发节律紊乱。因此，节律健康照明系统需结合用户的作息习惯与生活场景，制定科学的光照模式。例如，工作日早晨可在设定起床时间前逐步提升光照强度，模拟日出过程以帮助用户自然苏醒；睡前则需渐进降低光照强度并调整光谱，营造助眠环境。白天为有效刺激节律系统，需达到特定照度阈值——通常认为 $10001x \sim 20001x$ 的光照持续暴露 30 分钟以上，即可对节律产生显著调节作用；而夜间光照强度应控制在较低水平（如 $101x$ 以下），避免抑制褪黑素分泌。

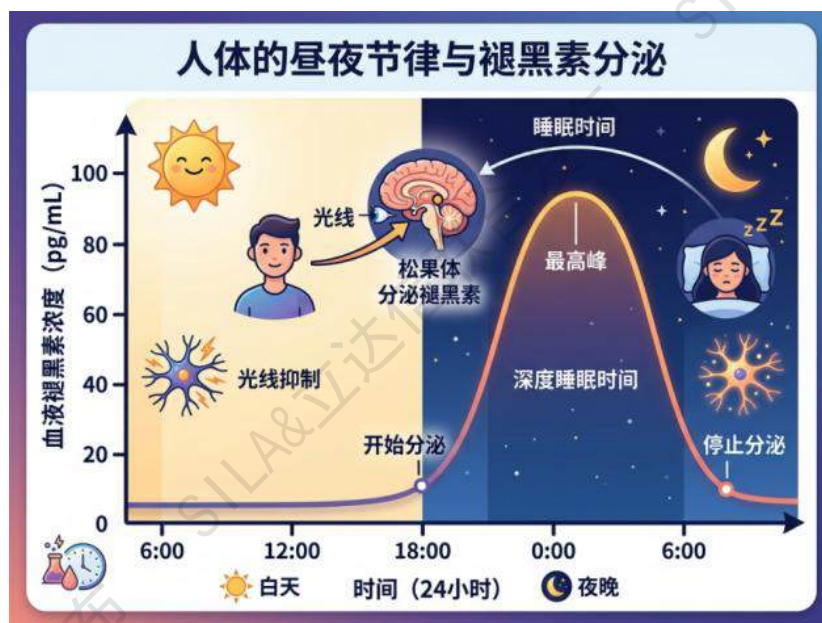


图 3-5 人体的昼夜节律与时间关系图（来源：网络）

除了光谱、时间和强度外，光照的空间分布均匀性也会影响节律调节效果。不均匀的光照可能导致人体接收的光信号不稳定，进而影响节律系统的准确同步。因此，节律健康照明在设计时需考虑光照在工作区、休息区等不同区域的均匀分布，确保人体能够接收到稳定且有效的光刺激。同时，个体差异也是节律健康照明技术指标需要考虑的因素，不同年龄、性别、作息习惯的人群对光的敏感度和需求可能存在差异，因此理想的节律健康照明系统应具备一定的个性化调节功能，允许用户根据自身情况对光参数进行微调，以达到最佳的节律调节效果。如晨间高色温（5000K）、高照度（ $10001x$ ）光线可抑制褪黑素分泌，提升警觉性；夜

间低色温（1800K）、低照度光线则促进褪黑素分泌，诱导睡眠。动态照明系统可通过模拟日出日落过程，如立达信 FX 护眼落地灯提供 15 分钟自然唤醒和 30 分钟自然睡眠模式，通过色温在 3000K~5000K 间渐变，有效调节儿童生物节律。这些指标共同构成了节律健康照明技术的核心评价体系，旨在通过科学的光照设计，帮助人们维持健康的生物节律，提升整体生活质量。

3.2.3 典型应用场景与案例效果图

节律照明旨在通过调控光环境的光谱组成与时间特性，助力儿童青少年昼夜节律系统的健康发育，帮助其维持稳定的作息节奏与良好的睡眠质量，降低因不当光暴露引发的节律紊乱风险和增加近视发生与发展。其典型应用场景广泛覆盖儿童青少年的日常生活空间，尤其在家庭卧室、学校教室、宿舍及医疗机构儿科病房或康复辅助空间中展现出显著价值。

如图 3-6 所示，在学校教室场景下，节律照明系统可与课程表联动，在早读、教学等需要高度专注的时段，维持 5000K 左右的高色温与 500lx 的适宜照度，促进大脑保持警觉状态，提升学习效率；而在午休或阅读课等需要放松的时段，则自动切换至 3500K 中色温与 300lx 照度，营造舒缓的环境。某国际学校试点数据显示，采用该系统后，学生课堂注意力集中度提升约 20%，午后犯困现象减少 35%。



图 3-6 节律照明在学校教室、宿舍应用场景示意图（AI 生成）

在家庭卧室场景中，专为儿童设计的节律照明系统可根据不同年龄段孩子的睡眠需求智能调节。例如，针对 3~6 岁学龄前儿童，系统可在每晚 19:30 自动开启“睡前模式”，此时灯光色温从 4000K 缓慢降至 2700K，照度同步从 500lx 减弱至 50lx，配合内置的柔和助眠功能，营造出类似黄昏的自然过渡氛围，帮助孩子逐步放松神经，为入睡做好准备；而在晨间 7:00 灯光则模拟日出过程，从 200lx 的 2700K 暖光逐渐提升至 500lx 的 6500K 白光，通过光线强度与色温的双重变化，温和地唤醒孩子，避免传统闹钟的突然刺激导致的晨起焦虑，如图 3-7 所示。



图 3-7 节律照明在家居卧室应用场景图（来源：立达信）

如图 3-8 所示，在医疗机构儿科病房中，节律照明则更注重辅助治疗与情绪安抚，针对长期住院的儿童患者，系统可模拟其家庭环境的光照模式，通过调节灯光的动态变化帮助稳定患儿的生物钟，减少因环境陌生导致的睡眠障碍；同时，在治疗过程中，可根据治疗阶段调整光线氛围，如在进行静脉输液等侵入性操作时，将灯光调至 3000K 暖色调与 200lx 低照度，配合舒缓的背景音效，有效缓解

患儿的紧张情绪，临床反馈显示患儿治疗配合度提升约 25%。



图 3-8 节律照明在辅助治疗室应用场景示意图（AI 生成）

这些场景的案例效果图清晰呈现了不同时段、不同功能需求下的光环境变化，如家庭卧室中“睡前模式”的暖黄柔光与“唤醒模式”的渐亮白光对比，教室中“专注模式”的明亮均匀光照与“放松模式”的柔和漫射效果差异，直观展示了节律照明技术在改善儿童青少年光环境体验中的实际应用效果。

3.3 情绪照明

情绪照明将光环境与心理体验相连接，是健康照明在主观感受维度的延伸拓展。通过对光线的颜色、照度、显色品质及多场景动态变化的精准调控，它能够直接作用于人体的视觉神经与情感中枢，进而影响使用者的情绪状态与心理感受。

3.3.1 情绪照明技术指标要求

表 3-3 情绪照明相关技术指标及标准要求

指标类型	技术指标	技术指标要求	心理影响	适用场景/场所
关键指标	颜色/色温	2700K~3000K	温馨、放松，缓解紧张	卧室、休息区、睡眠
		4000K~5300K	专注、清醒	教室、书房、学习
		5500K~6500K	兴奋、警觉	教室、办公区、考试
		可提供低饱和度、中饱和度和高饱和度的不同彩色光	放松、舒缓、愉悦、兴奋、娱乐、氛围、放松、紧张等	活力等不同场景
	显色指数	Ra>90	颜色真实，减少视疲劳，维持情绪稳定	教室、书房



指标类型	技术指标	技术指标要求	心理影响	适用场景/场所
	水平照度	1、100~300lx; 2、500~1000lx	过暗情绪压抑、低落感; 过亮烦躁、紧张	1、休闲、放松区等; 2、考试、绘画、美工 等专注、活力模式
	照度均匀度	$U_0 \geq 0.6$	生理性视疲劳	全场景
	眩光	UGR < 19	非常刺眼, 很容易伤害到 眼睛; 导致视力下降	全场景
	频闪	无可视频闪或 $P_{st}^{LM} < 1.0$ 或 $SVM < 1.0$	眼睛干涩, 眼睛疲劳和视 力下降; 干扰大脑的神经 系统, 导致头痛和头晕等 不适症状	全场景
特色指标	多场景模式	依不同情绪需求可预 设“专注模式”、“放 松模式”、“活力模 式”、“娱乐模式” 等不同场景模式	安全感和舒适感; 愉悦感 和秩序感	全场景
	相对颜色偏好 度 (MCPIr)	> 90	提升愉悦感或专注度	全场景
	相对颜色分辨 力 (CDMr)	> 90	降低视觉认知负荷, 维护 情绪的稳定性与积极	全场景
智能化指 标	智能控制系统	依光的亮度变化速 率、色温动态变化范 围以及不同场景模式 可自动调节; 允许用 户根据自身即时情绪 状态、活动需求或偏 好 色温从 1800K~ 12000K 可调, 不少于 三档; 亮度从 10%~100%可调, 不少 于三档	操作简单、控制便利, 情 绪稳定	全场景
	色温或亮度可 调		缓解焦虑、改善抑郁、提 升愉悦感或专注度	全场景
	场景面板控 制、APP、语音 控制	不同应用场景一键快 速切换; 或可支持离 线语音控制	便捷	全场景

3.3.2 情绪照明技术指标详解

情绪照明技术指标旨在通过特定的光参数与动态变化模式,对人的情绪状态产生积极影响,帮助缓解焦虑、改善抑郁、提升愉悦感或专注度。其核心技术指标既涵盖基础光照参数,更强调光照对心理层面的作用机制与效果量化。首先,适宜的色温与高显色指数是基础且关键的指标。研究表明,中高色温(如 4000K~6500K)的光线通常能带来清醒、专注、高效的感受,适合工作、学习等需集中精力的场景;而中低色温(如 2700K~3500K)的光线更易营造温暖、放松、舒适的氛围,有助于缓解紧张情绪,促进社交互动。同时,高显色指数($R_a \geq 95$, 尤其 R_9 等特殊饱和色 $R_i \geq 90$ 的高还原度)能真实呈现物体本真色彩,减少视觉疲劳,避免因色彩失真带来的不适感,从而间接维护情绪稳定。

由武汉大学刘强教授团队提出的颜色偏好度(MCPI)^[49],是基于人眼视觉感知对光照条件下颜色“偏好”程度的科学评估体系,并已联合欧普、立达信等企业完成验证与应用。其核心在于将主观色彩偏好转化为可测量、可比较的客观指标。作为一种基于荟萃分析的颜色偏好指数,MCPI 可量化特定色温下光源对人眼视觉舒适度与偏好程度的影响——数值越高,表明该光源下的颜色越符合观察者的主观审美倾向,能在一定程度上提升视觉愉悦感,进而促进积极情绪的产生。而颜色分辨力(CDM)则用于量化光源帮助观察者辨别颜色差异的能力:在被测光源下,观察者能分辨的颜色差异越小、数量越多,说明其颜色分辨力越强。这有助于减少因颜色混淆或辨别困难引发的挫败感与烦躁情绪,尤其在设计、医疗检验等需要精确颜色识别的场景中,高颜色分辨力的照明能有效降低视觉认知负荷,维持情绪的稳定与积极。

如图 3-9 所示,该研究团队通过四轮实验^[49],对 25 种光色及 170 名受试者进行了系统研究,结果表明,不同灯光的色相、饱和度及色温会引起人们的不同情绪:低饱和光带来放松舒缓,中饱和暖光让人愉悦振奋,而高饱和光则易引发紧张。实验还发现,音乐与家庭场景可进一步增强淡彩光的情绪效应。

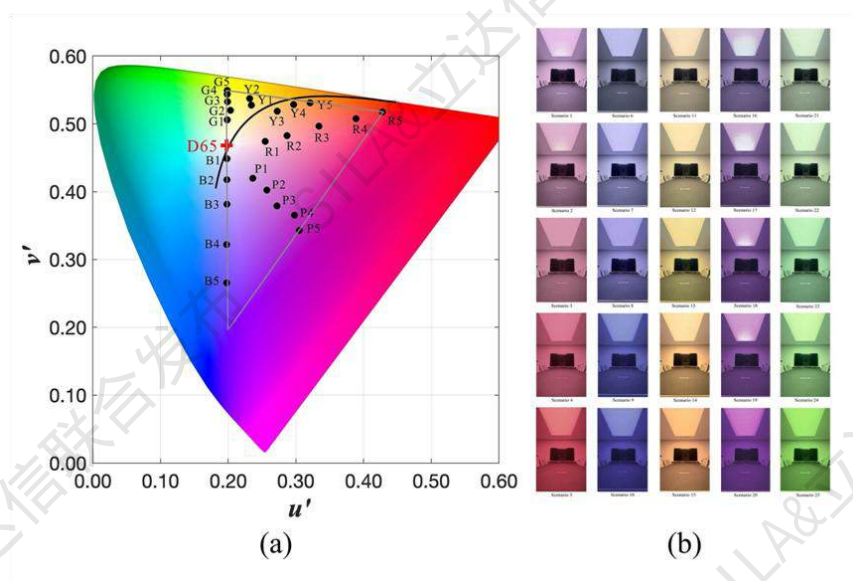


图 3-9(a)用于心理物理研究的彩色光的色度图 (b) 以 25 种光色科学验证情绪效应^[48]

其次，照度水平与均匀度对情绪的影响不容忽视。适宜的照度水平是基础，过暗的环境易使人产生压抑、低落感，而过亮则可能导致烦躁、紧张。一般而言，在休闲放松区域，较低的照度（如 100lx~300lx）配合柔和的光线分布更为适宜；而在需要积极情绪驱动的空间，如学习或工作室，适当提高照度（如 500lx~1000lx）并保证良好的均匀度（照度均匀度 ≥ 0.7 ），可减少视觉焦点频繁切换带来的疲劳，避免光线过强或过弱的区域突然变化，维持积极的心理状态。同时，统一眩光控制指标要求（ $UGR \leq 16$ ，甚至更低），通过特殊的防眩灯具设计和光分布优化，避免直射光对视觉的刺激，营造柔和舒适的光环境，进一步增强情绪正向引导效果。

河北工程大学李雪娇等^[50]开展一项光照度与颜色对人的情绪影响研究，在六种光色（白色、紫色、蓝色、绿色、黄色和红色）和三种照度（20lx、100lx 和 180lx）条件下对受试者的生理反应和主观情绪评估，如图 3-10 所示。该研究证实了光色和照度之间的相互作用显著影响情绪调节相关的生理指标，如图 3-11。

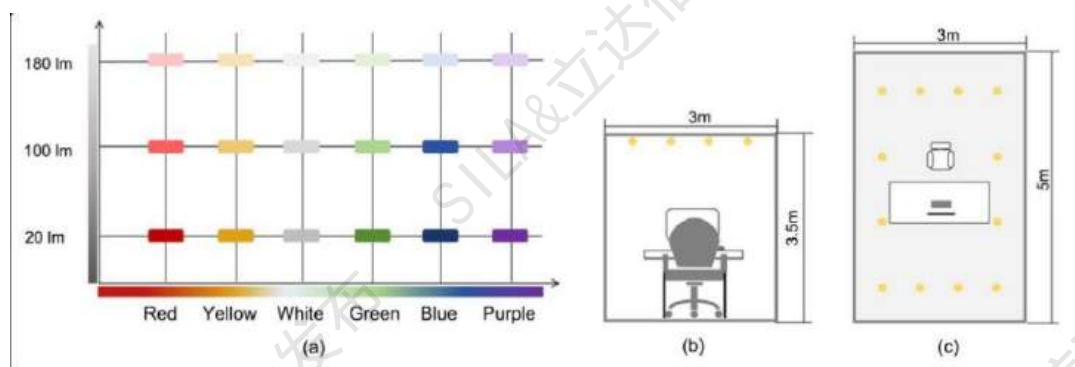


图 3-10 实验照明环境示意图^[49]

(a)照明条件矩阵由 6 种光色和 3 种照度组成；(b)照明实验室的正面视图；
(c)照明实验室视图。

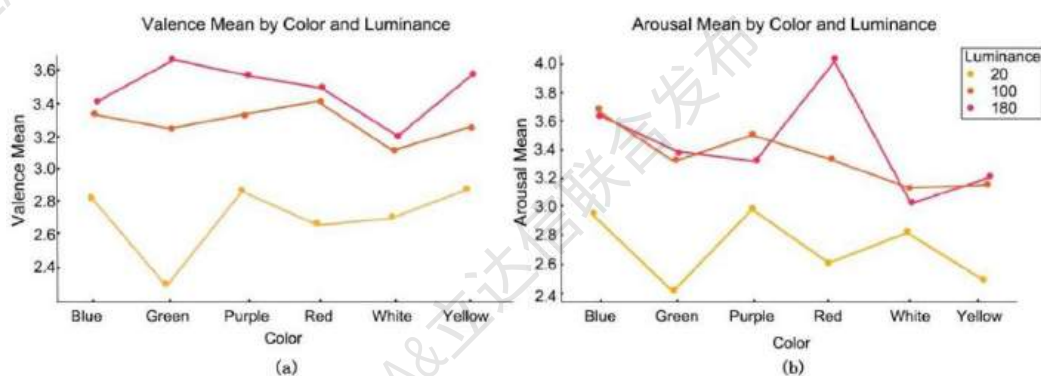
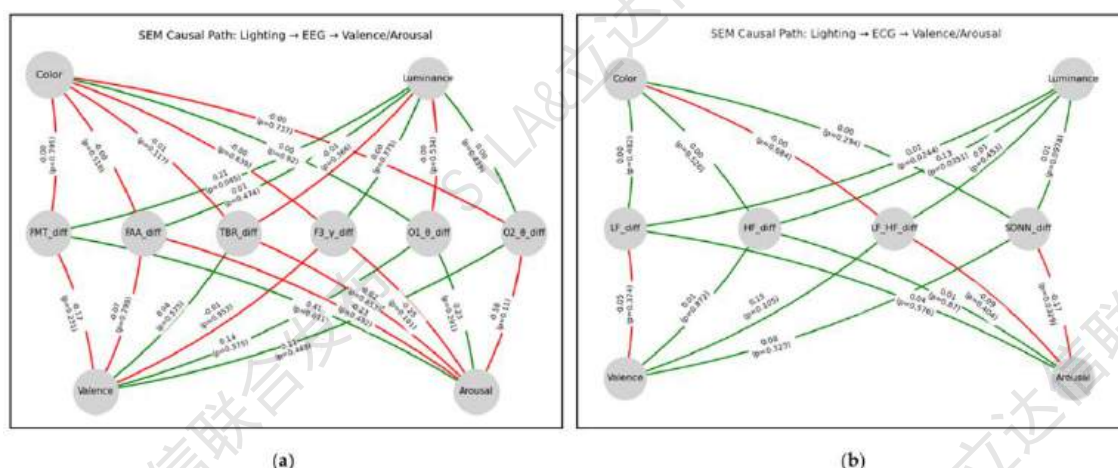


图 3-11 不同光照条件下情绪评分趋势图^[49]

(a)在不同光照条件下的情绪效应评分趋势图；(b)不同光照条件下的唤醒评分趋势图。

进一步，建立了随机森林模型结合脑电图 (EEG) 和心电图 (ECG) 的时间序列数据预测情绪效价和觉醒，在 EEG 模型（图 3-12）中，结构方程模型（SEM）分析显示光照直接影响脑额叶 α 不对称内侧额叶皮层（FMT），进而显著影响唤醒，表明情绪调节能力下降。在 ECG 模型中（图 3-12b），SEM 分析同样表明，照度显著影响高频（HF）比率，RR 区间标准差（SDNN）与觉醒直接相关。


 图 3-12 光照-生理指标-情绪结构方程模型^[49]

(a) 结构方程模型因果路径：光照-脑电图-情绪；(b) 结构方程模型因果路径：光照-心电图-情绪

再次，动态光照参数是情绪健康照明的核心特色。这包括光的亮度变化速率、色温动态变化范围以及不同场景模式。例如，模拟自然光线从黎明到黄昏的缓慢变化，其亮度和色温的渐变速率需符合人体生理感知习惯，避免突变带来的刺激；针对不同情绪需求预设的场景模式，如“专注模式”（中高色温、稳定照度）、“放松模式”（低色温、低照度、暖色调）、“活力模式”（较高色温、稍高动态照度变化）等，其切换的平滑性和参数组合的科学性是评价指标的重要组成部分。此外，光的空间分布与方向性也会影响情绪，如通过间接照明营造柔和的环境光，减少阴影，可带来安全感和舒适感；而适度的重点照明则能突出空间重点，引导注意力，增强空间的愉悦感和秩序感。

最后，用户交互与个性化适配能力也逐渐成为情绪健康照明技术的重要评价指标。允许用户根据自身即时情绪状态、活动需求或偏好，通过智能控制系统（如App、语音、传感器联动）调整光参数，实现“千人千面”的情绪光环境，是未来发展的趋势。例如，系统可根据用户的心率、睡眠数据等生理指标，自动推荐或调节适宜的光照方案，以更好地匹配和引导用户情绪。同时，相关研究数据的积累与循证支持，如特定光照参数组合对焦虑水平、“压力”激素（如皮质醇）的影响程度等，也将为情绪健康照明技术指标的精细化和科学化提供依据。这些

指标共同作用，旨在构建一个能够主动适应并积极引导用户情绪的光环境，从而提升个体的心理舒适度和整体幸福感。

3.3.3 典型应用场景与案例效果图

情绪照明通过光环境调节心理状态，利用光谱特性影响情绪感知。它旨在通过光色、动态变化与空间氛围的协同设计，营造适宜儿童青少年心理状态的光环境，支持情绪调节与心理健康，提升空间使用的积极体验。典型应用场景包括：心理咨询室、情绪释放空间；儿童卧室、休闲活动区；特殊教育、康复支持环境。以下为部分典型应用场景的案例效果图设计思路及呈现效果：

武汉大学刘强教授团队^[49]携手欧普照明全球首发 SDL 淡彩光情绪图谱，如图 3-13，首次从科学层面揭示了淡彩光对人类积极情绪的影响规律。相关成果获得国际学术权威认可，为健康光环境设计与淡彩光标准化提供权威参考。

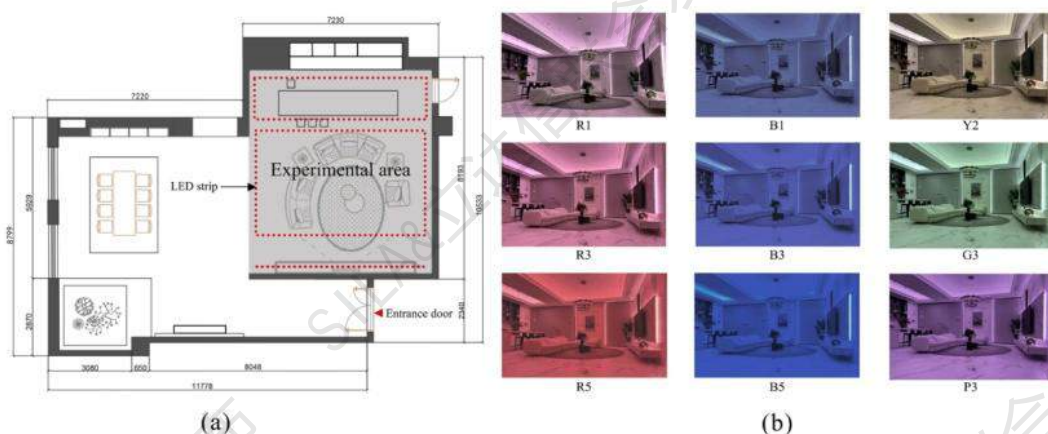


图 3-13 情绪照明在家庭应用场景图^[48]

(a) 实验家庭场景在欧普照明公司展厅中的位置；(b) 实验灯光下的真实场景照片

在儿童青少年心理健康服务机构，如心理咨询室的照明设计更注重营造安全、包容的氛围。案例效果图 3-14 中，某心理咨询中心的个体咨询室采用了 360° 环绕式漫射照明，主色调为低饱和度的米白色光，照度稳定在 250lx~300lx，墙面装饰有可变色的水波纹投影灯，咨询过程中咨询师可根据来访者的情绪变化，通过控制面板微调灯光的色温与动态频率，例如当来访者出现紧张情绪时，将灯

光调至 2200K 的暖橙色，同时水波纹投影速度放缓，配合柔和的背景音乐，帮助来访者放松身心。这种沉浸式光环境设计，使咨询对象的倾诉意愿提升了 20%，咨询效果评估满意度较传统照明环境提高了 25%。



图 3-14 情绪照明在心理辅导室应用场景示意图 (AI 生成)

在儿童卧室的情绪照明应用中，以立达信摇光智能照明系统为例（如图 3-15 所示），其通过场景化光环境设计，实现了功能性与情感化的双重健康守护。系统内置“助眠”“专注”“活力”三大核心场景模式，可根据儿童不同时段的需求自动调节照明参数：在“助眠模式”下，系统会在睡前 1 小时逐步将色温从 4000K 暖白光降至 2200K 暖黄光，照度从 300lx 缓慢衰减至 50lx，模拟日落光线变化规律，同时搭载与海浪声、呼吸频率等白噪音同步的渐暗效果，帮助儿童建立稳定的生物钟节律，该模式下儿童入睡时间平均缩短 15 分钟；“专注模式”采用 5000K 中性白光，照度稳定在 500lx~600lx，通过防眩光学微结构设计及纳米光扩散材料表面处理减少频闪，经第三方机构检测，此模式下儿童阅读专注时长提升 30%；“活力模式”适用于周末或游戏时间，通过 RGBW 四色混光技术呈现彩虹渐变、呼吸闪烁等 7 种动态光效，光色饱和度控制在 30%~40%以避免视觉刺激，同时照度维持在 400lx，既满足活动亮度需求，又营造轻松愉悦的氛围。



图 3-15 情绪照明在儿童卧室应用场景图（来源：立达信+AI 生成）

如图 3-16 所示，这些场景的案例效果图清晰地呈现了不同光环境设计对空间氛围的塑造效果。应用场景整体采用 4000K~5000K 中性柔光作为基础照明，顶部嵌入式星点灯阵模拟夜空分布，墙面环绕式漫反射灯带呈现 16 种渐变呼吸模式，配合顶部投射的动态水波纹光影，营造出宁静且富有流动感的沉浸式氛围照明；家居照明场景效果图则着重展示了光与场景功能的适配性，采用淡彩暖红光星点投影与 RGB 氛围灯的色彩联动，通过光影层次的对比，直观呈现了“情绪陪伴模式”下光环境对儿童作息场景的精细化适配。



图 3-16 情绪照明在家居照明应用场景图（来源：立达信）

3.4 光疗愈照明

光疗愈照明是健康照明在医疗康复领域的深化应用，它将光作为干预手段融入健康支持场景。如图 3-17 所示，通过精准调控光的特定波长、照度、色温及动态变化，利用光对人体生理节律、内分泌系统和情绪状态的影响，可实现辅助治疗、缓解症状或促进身心恢复的目标。

尽管光疗法在成人季节性情感障碍（SAD）的应用中已积累 20 余年随机对照试验（RCT）证据，但针对儿童青少年群体的高质量临床证据仍极度匮乏。例如 Joshi 等（2023）的系统综述显示，符合纳入标准的 RCT 仅 6 项，总样本量不足 300 人^[52]。更值得关注的是，青少年抑郁和厌学的病因构成与成人 SAD 存在差异——后者主要由季节性光照减少诱发，而前者涉及学业压力、同伴关系、家庭环境等多因素交互作用，因此光疗的适用亚群及响应特征尚不明确。

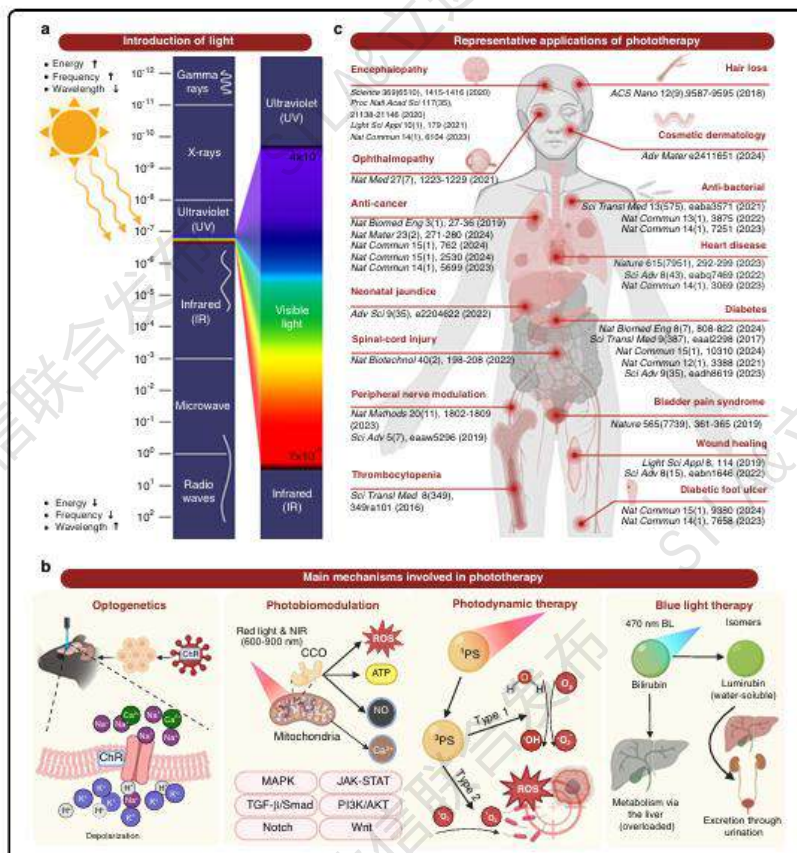


图 3-17 光疗及其潜在机制（a）光的介绍和（b）光疗涉及的主要机制示意图^[51]

3.4.1 光疗愈照明技术指标要求

表 3-4 光疗愈照明相关技术指标及标准要求

指标类型	指标	红光疗愈（近视防控）	SAD 光疗
关键指标	光疗作用光谱	650nm±10nm	380~780nm
	峰值波长	650nm	480~490nm
	光辐射通量（lx、mW/cm ² ）	1600lx	10000lx
关键指标	照射时间	3~5min	7:00~9:00
	照射频次	2 次/日	30~60min/日
	照射周期	两次间隔≥4h，每周 5 次	1 次/日
特色指标	光生物安全	RG0	RG0

指标类型	指标	红光疗愈（近视防控）	SAD 光疗
	电磁兼容（EMC）	CCC	CCC
	疗效相关指标	眼轴长度、等效球镜度褪黑素等激素水平、入睡潜伏期、总睡眠时间等	

3.4.2 光疗愈照明技术指标详解

光疗愈照明技术指标的构建需紧密结合临床疗效与实际应用场景，形成一套科学、量化且可操作的评价体系。首先，核心光参数的精准控制是基础，包括光照强度、光谱组成、照射时长及照射周期。例如，针对季节性情感障碍（SAD）的光疗，通常推荐在上午 7:00~9:00 等特定时段进行 10000lx 的白光照射^[40]，每日持续 30~60min，其光谱需包含足够比例的短波长蓝光，以有效抑制褪黑素分泌、调节生物钟。而经颅光生物调节疗法（PBM）则通过 600~1100nm 特定波长的近红外光穿透头骨作用于大脑，激活线粒体并增强细胞能量，有望改善儿童注意力缺陷多动障碍（ADHD）、创伤后应激障碍（PTSD）等神经精神疾病患者的症状^[51]。该疗法中，光照强度需精确控制在毫瓦级每平方厘米（mW/cm²），避免脑组织过热损伤；照射时长则根据治疗目标与患者个体差异设定，通常单次治疗 20~40min，每周 2~5 次，疗程为数周至数月不等。除精准控制波长（如 810nm 近红外）外，还需严格把控光照功率密度与照射剂量，确保穿透颅骨到达前额叶、顶叶等目标脑区的能量安全有效，避免过热或能量不足影响疗效。

其次，治疗的安全性指标至关重要，需涵盖眼部与皮肤的潜在风险评估。光疗设备需符合国际电工委员会（IEC）光生物安全标准，明确紫外、红外及蓝光的辐射限值，防止长期照射导致视网膜损伤或皮肤光老化。针对儿童、青少年等敏感人群及青光眼、黄斑变性等眼部疾病患者，需设置更严格的安全阈值与使用禁忌提示。此外，设备的电磁兼容性（EMC）需达标，避免干扰其他医疗设备，确保临床环境中的稳定运行。

最后，治疗有效性评价需结合客观生理指标与主观症状改善。客观指标可包括多导睡眠图（PSG）监测的入睡潜伏期缩短、总睡眠时间延长、睡眠效率提升，以及血液中皮质醇、褪黑素等激素水平变化^[41]——例如抑郁症患者经光疗后皮质

醇水平的下降幅度。主观指标则通过标准化量表评估：抑郁症状采用汉密尔顿抑郁量表（HAMD）、贝克抑郁自评量表（BDI），睡眠质量采用匹兹堡睡眠质量指数（PSQI），以此量化患者情绪、睡眠及生活质量的改善程度。同时，治疗响应率（如达到临床显著改善的患者比例）与缓解率也是衡量技术有效性的关键指标。这些技术指标的综合应用，将推动光疗愈照明从经验性治疗向精准化、个体化的循证医疗迈进^[39, 53]。

3.4.3 典型应用场景与案例效果图

光疗愈照明通过光色动态变化与康复空间的协同设计，营造适配儿童青少年心理状态的光环境，可有效支持情绪调节与心理健康，提升空间使用的积极体验。其核心技术原理基于光生物学研究，将照明参数与人体健康需求进行科学匹配，主要体现在以下应用方向：一是近视防控领域，如红光哺光仪利用 650nm 特定光谱刺激视网膜细胞，通过促进多巴胺分泌抑制眼轴异常增长，关键参数包括照度控制在安全范围、单次照射 3~5min、通过 RG0 豁免认证；二是情绪调节领域，如图 3-18 所示，针对季节性情感障碍（SAD）患者，通过模拟特定强度和光谱的自然光，每日定时照射调节褪黑素与血清素水平，改善抑郁、嗜睡等症状；三是术后康复领域，采用 4000K 中性白光配合 200lx~300lx 照度，在保障视觉清晰度的同时减少蓝光对褪黑素的抑制，帮助患者维持昼夜节律。此外，光疗愈照明可与香薰、声音疗法形成多感官协同，例如在冥想场景中，采用 5700K 高色温光配合低频呼吸节律的亮度变化模式，结合自然音效引导使用者进入深度放松状态，有效降低皮质醇水平。与传统照明相比，光疗愈照明强调“个性化”与“精准化”，需根据儿童、老年人、慢性病患者等不同人群的生理特点制定差异化方案，并通过智能控制系统实现动态调整，确保干预的安全性与有效性。



图 3-18 SAD 的成因与光疗照明作用机制（AI 生成）

其典型应用场景包括三大类：一是专业心理干预场景，如心理咨询室、情绪释放空间；二是日常活动场景，如儿童卧室、休闲活动区；三是特殊教育与康复场景，如特殊教育机构、康复支持环境。以下结合具体案例及技术原理展开说明：

(1) 郝洛茜教授团队^[40]在中国南极基地研究中心的“南极人因健康疗愈舱”通过引入了定制化光疗照明系统，如图 3-19 所示，从光照环境、视觉健康、生物节律、情感效应等不同维度开展光与健康的探索实践。例如根据人体节律打造接近“太阳光”的灯光，促进褪黑素、血清素等激素分泌调节身体机能；通过光与色彩产生的视觉知觉影响，营造氛围调节情绪。在产业化应用上，以 SDL 淡彩光技术为例（见图 3-20），其核心设计理念是“让情绪可感、可控、可设计”。基于光生物学研究成果，欧普照明正持续拓展该技术的应用边界：在家庭场景中，通过动态光色调节提升生活体验；在商用领域，已落地武汉慈铭奥亚健康管理中心，通过精准调控光色与色温，为接待大厅、CT 室、餐厅等康养空间营造放松愉悦的光环境，实证了其在医疗康养领域的应用潜力。也进一步验证了 SAD 光疗照明在专业心理干预场景的实际应用价值。

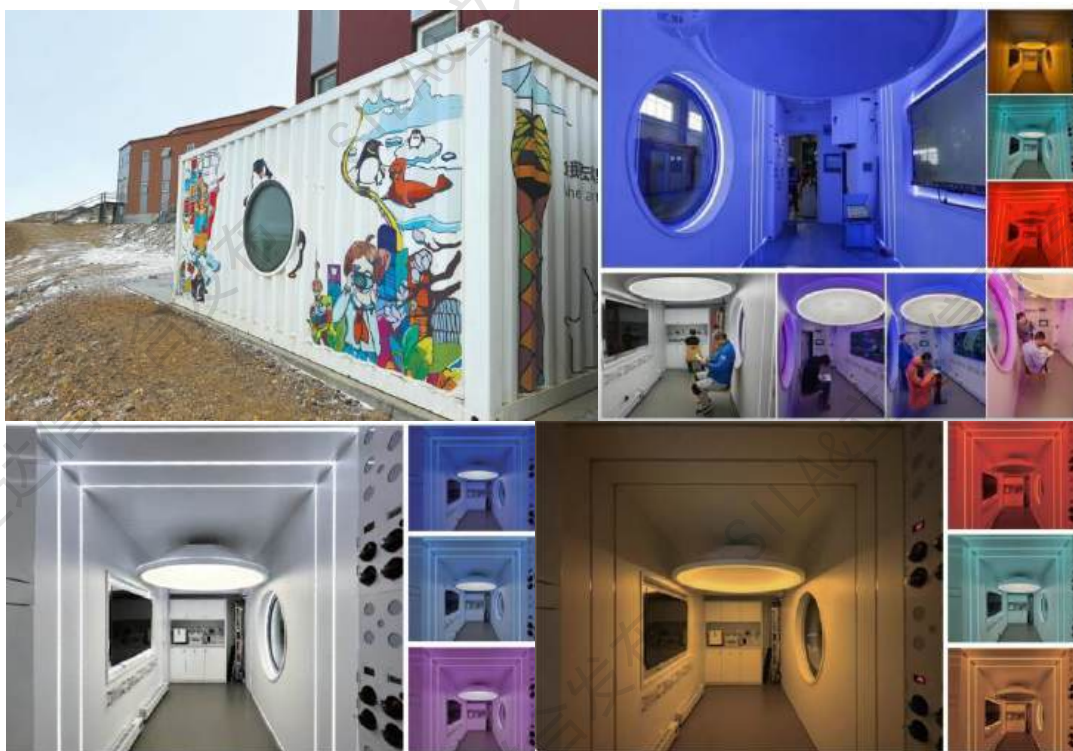


图 3-19 光疗愈照明在康复空间应用场景图^[40]



图 3-20 武汉慈铭奥亚健康管理中心接待大厅、CT 室、餐厅（来源：欧普）

(2) 中山大学中山眼科中心何明光教授团队^[54-55]开展红光哺光仪试点，使用医疗级设备对近视儿童进行每日 3 分钟干预。跟踪数据显示，参与者的眼轴年增长量减少 0.12mm~0.15mm，近视进展速度显著放缓，且无不良反应报告，证实了光疗愈在视力防控中的有效性和安全性。

(3) 上海市眼病防治中心/上海市眼科医院何鲜桂教授团队^[56]开展了类太阳光谱 LED 照明对儿童青少年视网膜血流灌注影响的随机对照临床试验，研究结果表明类太阳光谱 LED 照明可缓解儿童青少年近距离用时引起的视网膜血流灌注降低，提示可能延缓近视发生发展，未来近视防控工作需关注人工照明的光谱组成及其能量分布。

(4) 苏州大学附属第一眼科医院包静艳团队^[24]开展前瞻性人群队列研究结果，430nm~780nm 的可见光谱光照有利于延缓儿童青少年近视的发展，早期光暴露可显著增加中央凹下脉络膜厚度（SFCT），而长期使用可降低 AL 延伸率和等效球镜度数（SER）进展。在学校和家庭实施这种照明干预措施可能为预防和控制近视提供有效的策略。进一步验证了类太阳光谱照明在改善视网膜血液循环、延缓视功能损伤方面的积极作用，为儿童青少年近视防控提供了新的环境干预思路。

3.5 氛围照明

氛围照明旨在通过安全、适度且可调节的光环境设计，营造契合儿童心理特点的空间体验与情感氛围，在满足基础照明功能的同时，增强空间的趣味性、舒适性与归属感。

3.5.1 氛围照明技术指标要求

表 3-5 氛围照明相关技术指标及标准要求

指标类型	指标	色温区间	心理影响	适用场景
关键指标	全色域彩色光	可提供低饱和度、中饱和度和高饱和度等不同彩色光	放松、舒缓、愉悦、兴奋、紧张等	娱乐、游戏、放松、节日等不同场景
	色温	2700K~3000K	温馨、放松，缓解紧张	卧室、休息区、睡眠
		4000K~5300K	专注、清醒	书房、学习区、活动区
		5500K~6500K	兴奋、警觉	手工区、绘画区
	显色指数	Ra>90	颜色真实，减少视觉疲劳，维持情绪稳定	卧室、书房
	水平照度	1、100lx~300lx； 2、500lx~1000lx	过暗情绪压抑、低落感；过亮烦躁、紧张	1、休闲、放松区等； 2、阅读角、活动区等
	照度均匀度	$U_0 \geq 0.6$	生理性视觉疲劳	全场景
	眩光	UGR<19	非常刺眼，很容易伤害到眼睛；导致视力下降	全场景
	频闪	无可视频闪或 $P_{st}^{LM} < 1.0$ 或 $SVM < 1.0$	眼睛干涩，眼睛疲劳和视力下降；干扰大脑的神经系统，导致头痛和头晕等不适症状	全场景
	多场景模式	依不同情绪需求可预设“会客模式”、“游戏模式”、“活力模式”、“睡眠模式”等不同场景模式	安全感和舒适感；愉悦感和秩序感	全场景
特色指标	相对颜色偏好度 (MCPIr)	>90	提升愉悦感或专注度	全场景
	相对颜色分辨力 (CDMr)	>90	降低视觉认知负荷，维护情绪的稳定性与积极	全场景
智能化指标	智能控制系统	需具备智能交互功能，例如通过声控、触控或手机 APP 调节亮度、色温及动态模式	操作简单、控制便利，情绪稳定	全场景

3.5.2 氛围照明技术指标详解

氛围照明侧重于空间美学与环境塑造，强调光影的艺术感，通过提升空间的

舒适度与品质感间接影响心理状态。其技术指标构建需紧密结合儿童的生理发育特点与心理需求，既要满足基础照明功能的安全标准，又要通过精准调控光的颜色、色温、照度、动态变化等要素，实现对儿童情绪的积极引导与空间氛围的有效营造。以下将详细阐释氛围照明的各项关键技术指标、特色指标及智能化指标，分析其在儿童空间中的具体要求、对儿童心理的潜在影响机制，以及相应的标准依据或设计原则。技术要点包括：采用 50lx~100lx 的低照度环境减少夜间光压力，以 2700K~3000K 的暖白光营造温馨氛围，通过 RG0 蓝光豁免避免视网膜损伤，以及通过无可视频闪确保光线稳定性。在色彩方面，突破传统单一白光的局限，引入温暖的橙黄色、清新的浅蓝色、活泼的浅绿色等多种高饱和度色调——例如在阅读角采用 2700K 暖黄白光配合 300lx~500lx 照度，营造温馨专注的阅读氛围；在活动区则可选用 4000K 中性白光与动态色彩调节技术，通过缓慢的色彩渐变模拟日出日落或四季更迭，激发儿童的想象力与探索欲。灯具形态设计也注重契合儿童审美偏好，常结合卡通动物造型、云朵、星星等童趣元素，或采用可拼接、可互动的模块化设计，如磁吸式星星灯串可让儿童自由组合图案，增强空间的参与感和趣味性。此外，氛围照明还需具备智能交互功能，例如通过声控、触控或手机 APP 调节亮度、色温及动态模式：当儿童进入睡眠模式时，灯光可自动切换为 1800K 极暖光并逐渐降低亮度至 10lx~20lx，模拟黄昏光线帮助入睡；而在游戏模式下，灯光则能随音乐节奏闪烁变换，营造欢快热烈的互动氛围，使空间不仅是物理环境，更成为承载儿童情感与成长记忆的“第三成长空间”。

3.5.3 典型应用场景与案例效果图

氛围照明是情绪照明的延伸，侧重于光环境对心理健康的深层影响，如缓解焦虑和抑郁。典型应用场景包括：儿童卧室、游戏区；公共空间、活动室；节日、活动等特殊场景，如图 3-21 所示。例如，在青少年的社交或娱乐区域，氛围照明还可与音乐、互动装置联动，根据不同的活动主题（如生日派对、小组讨论、艺术创作等）自动匹配相应的光影模式，如采用 RGBW 四色混光技术实现色彩的渐变、跳跃或呼吸效果，使光环境成为情绪表达的一部分，增强空间的沉浸感与趣味性。

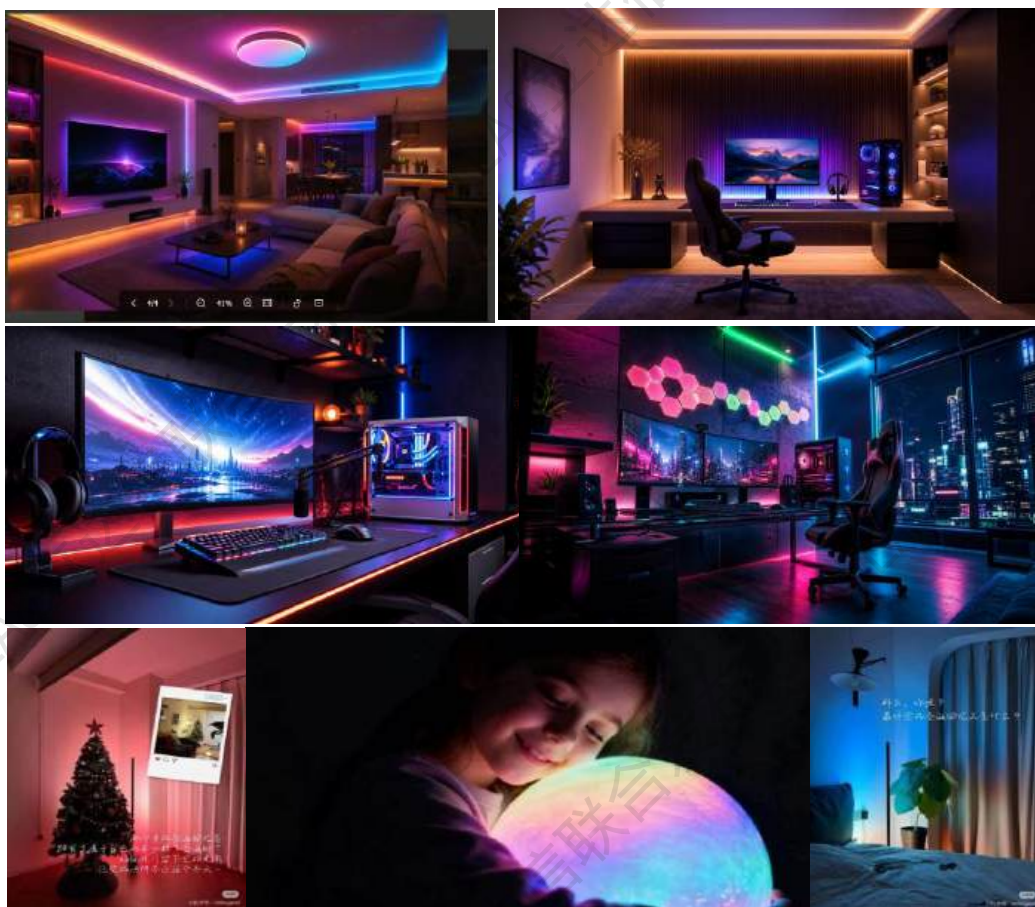


图 3-21 氛围照明应用场景图（来源：立达信+榜威）

3.6 健康照明产品选购要点

健康照明产品选购要点如下表 3-6 所示，可从光谱特性、光生物安全、电磁辐射、色温可调范围、显色指数、频闪等多个维度明确了选购时的核心指标，用户可根据使用场景的具体需求，对照指标要求筛选合适产品，优先选择通过国家权威 CCC 认证，并符合例如 GB/T 9473《读写作业台灯性能要求》、GB 40070《儿童青少年学习用品近视防控卫生要求》等相关国家标准的产品，保障使用过程中的用眼健康与使用安全。对于光疗类产品，还需关注产品是否取得对应的医疗器械资质认证，确认其适应症与自身使用需求匹配，不要盲目购买声称具备治疗功效但无正规资质的产品，同时要严格按照产品说明控制使用时长与频率，避免不规范使用对眼睛造成额外损伤。选购时还可以留意产品的包装标识，确认所有参数标注清晰完整，不购买无品牌、无规格参数、无合格证明的三无产品，进一步保障健康照明的使用效果与安全。

表 3-6 健康照明产品选购要点

应用场景	核心指标	推荐参数	选购要点
教室照明	照度、照度均匀度、色温、显色指数、眩光值、蓝光危害等级、频闪可视度	课桌面照度 $\geq 300\text{lx}$ ，照度均匀度 ≥ 0.7 ；色温 $3300\text{K}\sim 5300\text{K}$ ；显色指数 $R_a\geq 90$ ；眩光值 $UGR\leq 16$ ；蓝光危害等级 RG_0 ； $SVM\leq 1.0$	选择专业教育照明品牌，关注产品是否通过 CQC 认证，优先选择带防眩光设计的灯具
家居照明	读写作业台灯和落地灯	照度 $\geq 500\text{lx}$ ；色温 4000K 左右；显色指数 $R_a\geq 97$ ；蓝光危害等级 RG_0 ；无可视频闪， $e(GFC)\geq 0.95$	选择 AA 级台灯，注意灯头可调节角度，优选类太阳光谱 LED 光源，防眩结构设计，避免直射眼睛
	吸顶灯	照度 $150\sim 300\text{lx}$ ；色温 $2700\text{K}\sim 5000\text{K}$ ；显色指数 $R_a\geq 97$ ；蓝光危害等级 RG_0 ；无可视频闪， $e(GFC)\geq 0.95$	选择暖白光灯具，可搭配调光功能，避免使用冷白光或彩色光源
	节律照明	生理等效照度（ $mel-EDI/EML$ ）、色温、光谱分布等	选择支持智能调光调色的灯具，可连接手机 APP 或传感器自动调节，模拟自然光变化
情绪（氛围）照明	光谱分布（如 490nm 有益蓝光）、色温、照度等	增加 415nm 紫光、 490nm 波段蓝光、 520nm 青光等；色温可调（如 $1800\text{K}\sim 10000\text{K}$ ）；照度适中（如 $100\text{lx}\sim 500\text{lx}$ ）	选择支持 RGB 调色的灯具，可营造不同氛围，但需避免过度使用高色温冷光
光疗愈照明	特定光谱（如 490nm 、 650nm 红光）、照度、照射时间、安全性等	650nm 红光，照度适中，照射时间 $3\sim 5\text{min}/\text{次}$ ，需通过 RG_0 豁免级认证	选择专业医疗级设备，严格遵循使用说明，避免长时间直视光源

注：照度单位：勒克斯（ lx ）；眩光值（ UGR ）：数值越小，眩光控制越好。蓝光危害等级： RG_0 为无危害， RG_1 为低危害；波动深度：数值越小，频闪控制越好。

3.7 本章小结

本章围绕健康照明的核心要素展开系统阐述。首先，在基础概念部分明确了健康照明的定义与重要性，强调其不仅关乎视觉舒适，更与人体生理节律、情绪调节及身心健康密切相关。接着，深入分析了影响健康照明的关键技术参数。在此基础上，进一步探讨了健康照明产品的选购要点。通过对上述内容的系统梳理，本章为后续健康照明在各场景的应用与案例解析奠定了坚实的理论基础，并提供了切实的技术指导。

第四章 主要应用场景与典型案例解析

本章基于前期搜集的大量实际应用案例数据，系统分析健康照明在不同场景中的应用成效。首先详细解析教育照明典型示范案例的实施细节、技术方案及量化效果，包括照度提升、视力不良率下降等具体数据；其次分析家居照明示范案例对视觉功效、睡眠质量、情绪状态的改善作用；接着探讨情绪照明与心理照明在特定场景中的创新应用；最后深入剖析光疗在医疗机构、心理辅导等特殊场景中的应用案例及临床效果数据。

4.1 教育照明典型案例

教育照明作为健康照明应用的重要领域，直接关系到广大儿童青少年的视力健康和学习效率。近年来，随着国家对儿童青少年近视防控工作的高度重视以及教育信息化的推进，各地学校纷纷开展教育照明改造工程，涌现出一批具有应用示范意义的典型案例。本章将选取国内不同地区、不同类型学校的教育照明改造工程项目作为研究对象，通过对其项目背景、改造目标、技术选型、实施过程以及改造后的效果评估等方面进行深入剖析，总结教育照明在实际应用中的成功经验与关键点，为后续教育照明的推广与优化提供实践参考。

4.1.1 项目简介

立达信作为国内最早推出类太阳光谱健康光解决方案的企业，其方案通过模拟太阳光谱，提供高显色指数、低蓝光危害的光环境，有效助力近视防控工作，目前已在全国 30 个省市的 5 万余所学校推广应用。本章节将以厦门五缘第二实验学校教室照明升级改造工程项目为案例展开相关探讨。

4.1.1.1 项目背景

厦门五缘第二实验学校作为厦门市直属的一所颇具影响力的九年一贯制学校，其原有照明系统存在照度不均、频闪、显色指数低等问题，对学生视力健康和课堂学习效率构成潜在影响。该项目是立达信在厦门市教育照明改造领域的重点示范工程，旨在通过先进的智慧健康照明系统，全面提升校园光环境质量。针对学校的实际需求，立达信为其量身定制了一套集健康光环境、智能控制与能源管理于一体的综合解决方案^[57-58]。项目覆盖学校所有教室、办公室、走廊、图书

馆等主要功能区域，通过更换符合国家标准的 LED 护眼灯具，并引入智能控制系统，实现了对照明亮度、色温的精准调节，以及根据上课、自习、投影等不同教学场景的自动切换；同时，系统具备故障预警和能耗统计功能，不仅有效改善了教学光环境，也为学校的精细化管理提供了有力支撑。



图 4-1 本案例设计效果图（来源：立达信）

本案例设计总体效果如图 4-1 所示，经升级改造后，旨在打造健康护眼、智慧便捷、节能环保、安全的智慧校园整体解决方案，显著提升该校治理体系和治理能力的现代化水平。

4.1.1.2 项目建设内容：

如图 4-2 所示，本案例以 GB/T 36342-2018《智慧校园总体框架》为设计标准，采用智慧校园顶层规划设计思路，围绕“管+控+联+防”创新核心，从智慧教学环境、智慧安防联动、智慧健康管理、家校联动管理四个维度展开，通过精简高效的管理模式，实现能耗节约、安全指数提升与运维成本降低，构建一套全

知全能、全管全控、家校联防的智慧校园解决方案。本项目所有灯具均具备智能调光功能，可根据自然光强度自动调节亮度，并支持与智慧校园管理平台联动，实现上课、自习、投影等场景化控制；同时配备人体感应传感器，在教室无人时自动关闭照明，达到节能环保的目的。灯具色温范围从 3300K~5300K 可调，统一设置为 5000K 中性光，显色指数 $Ra \geq 95$ ，能有效还原物体真实色彩，减少视觉疲劳，符合标准对视觉舒适度的要求。



图 4-2 智慧教室照明示意图（来源：立达信）

4.1.1.3 照明（光环境）设计与效果图

照明设计严格遵循 GB 7793-2011《中小学校教室采光和照明卫生标准》的规范要求。如图 4-3 所示，以单间教室为例，其模拟面积设定为长 9.7 米、宽 6.8 米、高 3.7 米，采用双侧采光布局，窗户均朝南向，以保障充足的自然光照。其他教室可依据面积、布局的差异，参照此方案进行照明设计，且均需满足国标要求。

1) 教室照明平面布置图：

根据教室的尺寸和布局，本次设计共配备 9 盏教室主照明灯具，均匀排布于课桌区域上方，保证桌面照度均匀，避免局部明暗差过大；在教室前方黑板区域单独设置 3 盏黑板专用照明灯具，采用 4-3 右图安装方式，提升黑板区域照度，

避免黑板出现反光、眩光问题，同时不会对授课教师产生直射眩光；所有灯具均采用吊装方式安装，安装高度符合规范要求，平面布置整体满足国对照度、照度均匀度的各项指标要求。

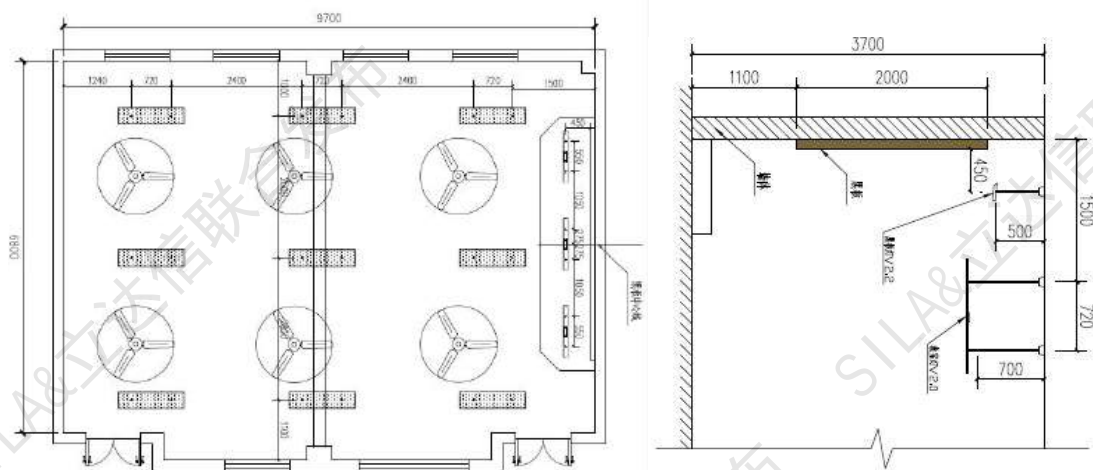


图 4-3 本案例智慧教室效果图（来源：立达信）

2) 教室渲染图

如图 4-4 所示，本次设计采用教室主照明与黑板区域局部照明分离的方案，其中教室区域均匀排布 9 盏教室护眼灯，黑板区域垂直安装 3 盏专业黑板灯，所有灯具均做防眩光处理，避免光线直射人眼产生眩光干扰，从渲染效果可见，整个教室空间光线分布均匀，桌面、黑板面照度均能稳定达到国标要求，不同位置的照度差控制在合理范围内，不会出现局部过亮或过暗的情况，可以满足教室不同区域的使用需求。



图 4-4 本案例智慧教室效果图（来源：立达信）

3) 光环境质量模拟

用 Dialux 光学软件对该教室课桌面水平照度分布如图 4-5 所示，照度及均匀度模拟详见下表 4-1，维护系数取 0.8。从模拟结果来看，课桌面和黑板面维持平均照优于国家标准规定的 300lx 要求，且照度均匀度为 0.76，满足标准中 ≥ 0.7 的指标，确保了整个课桌面区域光线分布均匀，避免了局部过亮或过暗的情况。此外，通过软件模拟还发现，教室各区域的照度值均在设计范围内，前排与后排、靠窗与靠走廊位置的照度差异控制在 15% 以内，有效保障了不同座位学生的视觉体验一致性。

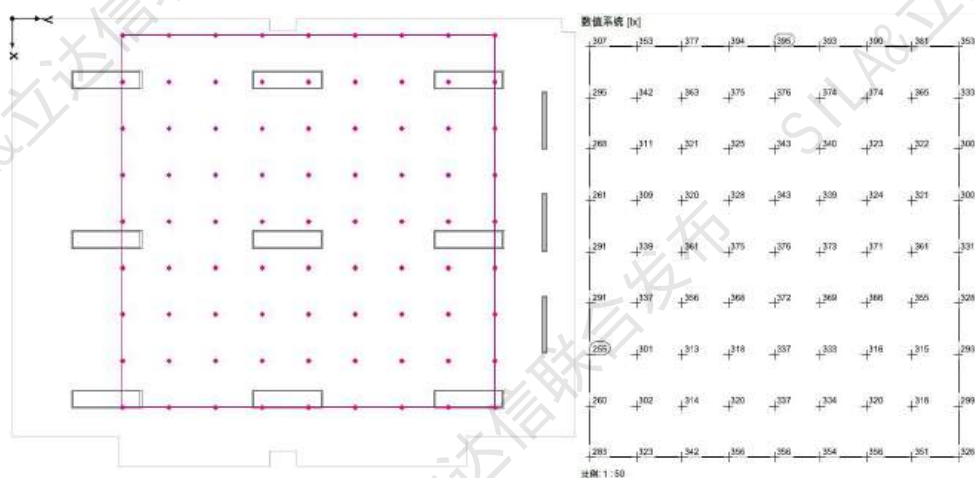


图 4-5 本案例智慧教室效果图（来源：立达信）

表 4-1 课桌面照度及均匀度模拟

平均值	最小值	最大值	最小值/平均值	最小值/最大值	高度
336 lx	255 lx	395 lx	0.76	0.65	0.75 m

同样，黑板面垂直照度分布如图 4-6，照度及均匀度模拟详见下表 4-2，维护系数取 0.8。从模拟结果可知，黑板面维持平均垂直照度达到 521lx，优于国家标准规定的 500lux 要求，照度均匀度为 0.85，满足标准中 ≥ 0.8 的指标。黑板面各区域照度值分布均衡，避免了因照度不均导致的板书内容局部反光或看不清楚的问题，确保了不同位置学生观看黑板的清晰度和舒适度。

眩光计算模拟结果如图 4-7 所示，教室各区域的眩光值均满足国家标准要求，有效避免了眩光对学生视觉的不良影响，为学生创造了舒适的视觉环境。

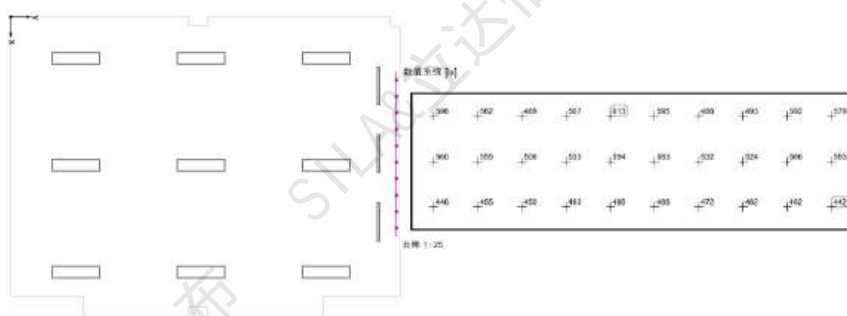


图 4-6 本案例智慧教室效果图（来源：立达信）

表 4-2 黑板面垂直照度及均匀度模拟

平均值	最小值	最大值	最小值/平均值	最小值/最大值	高度
521 lx	442 lx	613 lx	0.85	0.72	-



图 4-7 本案例智慧教室效果图（来源：立达信）



图 4-8 本案例智慧教室效果图（来源：立达信）

如图 4-8 所示，本项目通过对学校的照明光环境质量、用电等监测，结合智能化照明设备、智能电力电气设备、传感器以及智慧校园物联管理平台实现了学校的智能化管理，全面提升照度、眩光、频闪、显色指数、色温、光生物安全等六大核心参数，满足了视觉健康及人体舒适度需求，有效减缓学生近视发生与发展。

4.1.1.4 项目亮点或特色：

(1) 专利防眩光设计，避免直射眼睛与屏幕；如图 4-9 所示，采用类太阳光谱 LED 教室照明改造，教室灯采用专利不等边六边形蜂窝防眩设计，黑板灯采用非对称光学技术灯具，优化黑板灯与教室灯组合设计，确保教室桌面照度照度 $\geq 500\text{lx}$ ，均匀度 ≥ 0.8 ，黑板面照度 $\geq 750\text{lx}$ ，照度均匀度 ≥ 0.85 ，色温控制在 $3300\text{K}-5300\text{K}$ ，显色指数 $R_a \geq 95$ ，眩光值 $UGR \leq 13$ ，蓝光危害等级 RG0，波动深度 $(MD) \leq 0.05\%$ 、 $P_{ST}^{LM} \leq 1$ 、 $SVM \leq 0.5$ 等关键指标均远超国标要求。



图 4-9 本案例智慧教室效果图（来源：立达信）

(2) 仿自然光动态变化，调节生物节律等效照度；如图 4-10 所示，该系统可根据不同时段的自然光光谱特征，动态模拟从晨光到正午光再到黄昏光的自然光谱变化，通过调节灯具的光谱成分，实现生物节律等效照度的精准控制。这种

模拟不仅能为学生营造更接近自然的光环境，还有助于调节人体褪黑素分泌，提升学习专注度与日间精神状态，同时保障夜间睡眠质量，符合人体生理节律需求。



图 4-10 本案例智慧教室效果图（来源：立达信）

(3) 智能控制系统实现色温与亮度自动调节，适配不同教学场景。如图 4-11 所示，该系统内置多种预设教学场景模式，如“板书模式”下自动将色温调至 5000K 左右、亮度设为 750lx，以营造明亮清晰的视觉环境，帮助学生集中注意力听讲；“自习模式”则切换为 4000K 暖白光、亮度降至 300lx，营造轻松协作的氛围；“考试模式”下色温保持 5300K、亮度稳定在 750lx，确保光线均匀不刺眼，减少视觉疲劳。教师也可通过智慧教室管理平台手动自定义色温与亮度参数，系统会根据设定值实时调整灯具输出，实现教学场景与光环境的精准匹配。

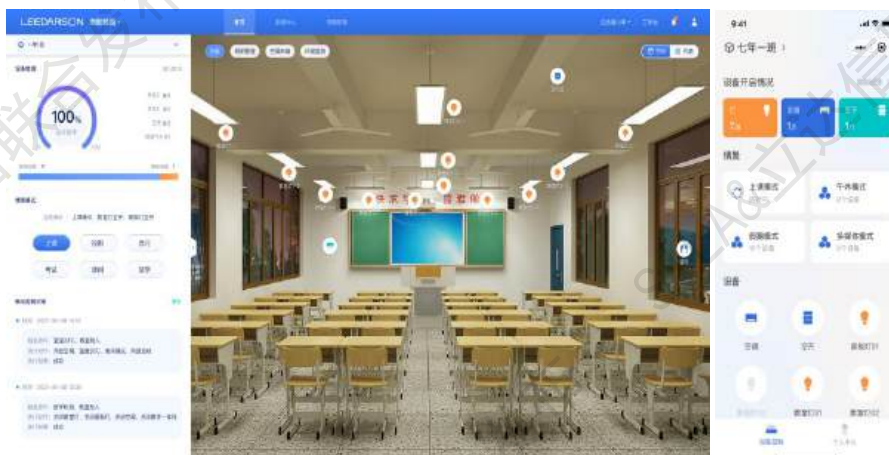


图 4-11 本案例智慧教室效果图（来源：立达信）

(4) 通过 CQC 认证，符合《儿童青少年学习用品近视防控卫生要求》。本案例智慧教室所采用的照明产品均通过了中国质量认证中心（CQC）的严格认证，其技术参数和安全性能完全符合国家相关标准。尤为重要的是，该照明系统严格遵循《儿童青少年学习用品近视防控卫生要求》，在设计上充分考虑了对学生视力的保护。例如，照明设备的蓝光危害等级达到 RG0 无危险级别，有效降低了蓝光对眼睛的潜在伤害；同时，灯具的频闪深度控制在极低水平，肉眼几乎无法察觉，避免了因频闪引起的视觉疲劳和注意力分散。此外，照明系统在显色指数（ R_a ）方面达到 97 以上，能够真实还原物体的色彩，为学生提供了一个色彩逼真、视觉舒适的学习环境，从光源层面为儿童青少年的视力健康保驾护航。经用户反馈，该项目校近五年来学生用眼疲劳投诉减少 40%，近视率同比下降 15%，课堂专注度提升 25%，验证光环境优化对视觉健康的直接促进作用。

4.1.1.5 应用效果与成效

1) 照度自适应模式

通过分布式光照度传感器实时监测环境光强，系统自动调节灯具亮度并联动电动窗帘开合，实现无感调光，如图 4-12 所示。该模式确保桌面照度始终符合国家标准（如教室桌面维持 $300lx \sim 500lx$ ），同时减少过度照明造成的能源浪费。实测数据显示，该功能可降低非必要照明能耗约 26%~32%，并显著改善视觉舒适度，减少师生用眼疲劳。



图 4-12 照度自适应模式示意图（来源：立达信）

2) 多场景自适应功能

系统预设板书模式、投影模式、自习模式、放学模式等场景，支持通过控制面板或 APP 一键切换，如图 4-13 所示。场景切换响应时间小于 0.5 秒，满足教学场景的即时需求。该功能通过按需照明，避免“长明灯”现象，综合节能率达 25%~35%，同时提升教学环境灵活性。



图 4-13 多场景自适应功能示意图（来源：立达信）

3) 电气设备自主监控

实时采集灯具电压、电流、温度等参数，结合 AI 算法诊断潜在故障（如灯珠老化、线路异常），提前预警维护需求。故障识别准确率超 90%，避免突发停机，延长设备寿命，降低更换频率和运维成本。电气设备自主管理，实时对灯具、电气设备的运行状态和故障状态进行监控，并将信息传送到集中控制单元，进行存储和处理，如图 4-14 所示。

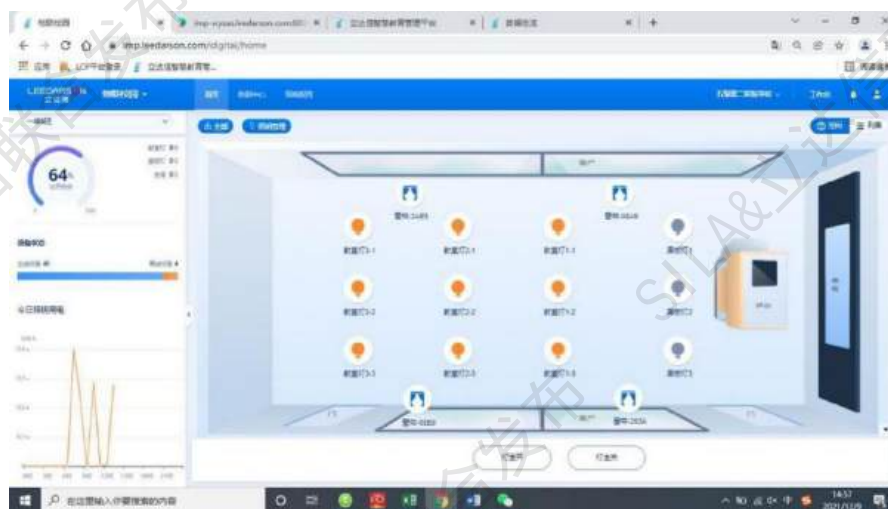


图 4-14 电气设备监控应用效果图（来源：立达信）

4) 能耗实时计量与智能分析

部署智能电表实现分回路能耗监测，结合大数据分析生成可视化报表，识别高耗能时段和设备。系统自动优化照明策略（如夜间自动降功率），并支持故障自动定位，减少无效能耗，如图 4-15 所示。

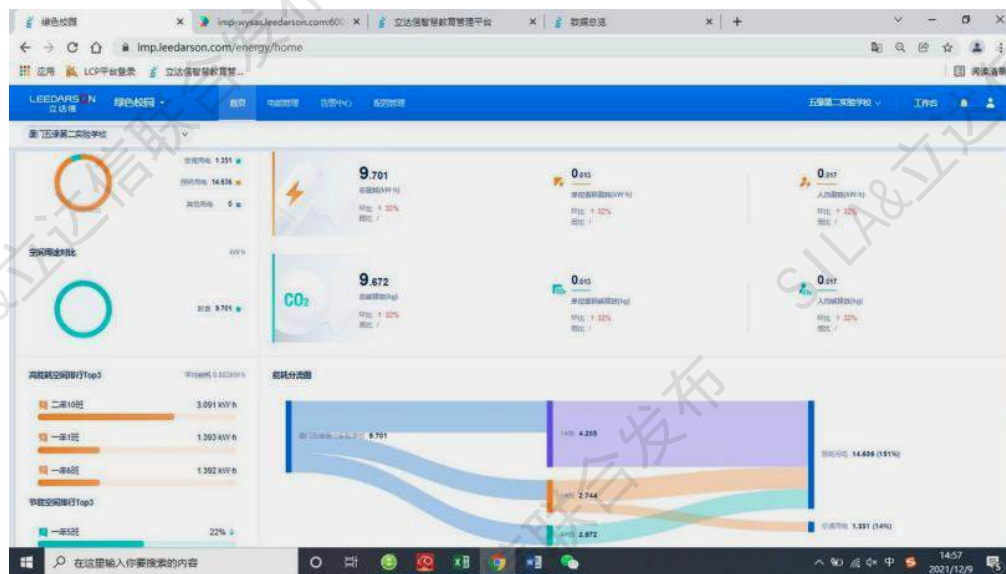


图 4-15 能耗统计与自主分析效果图 (来源: 立达信)

5) 物联与大数据驱动的全周期管控

依托物联网技术定制算法、边缘计算、智能终端多点布局，结合信息管理技术、通信技术、计量控制技术及大数据分析技术，对学校主要用能状况进行实时监测、计量分析，帮助学校清晰了解学校的能耗、管理和运维现状，分级利用，合理分配，对设备进行全生命周期管理，如图 4-16 所示。以“末端精细节能”为突破口，通过精细设备管控、多级能耗台账、智慧联动控制策略和动态节能诊断分析等手段，助力学校有目标、有方法、有成效地推进双碳工作，打造智慧型零碳校园新标杆。

通过“感知-决策-执行”闭环机制，从源头减少照明能耗，兼顾舒适性与节能性，为建筑低碳化提供核心技术支撑。



图 4-16 能耗数字中心示意图（来源：立达信）

4.1.2 成都大邑县中小学（幼儿园）光环境提升改造项目（三雄极光提供）

4.1.2.1 项目简介

成都市大邑县中小学及幼儿园的光环境提升改造项目被定位为一项重要的民生工程，总投资规模高达 2000 万人民币，旨在通过对校园照明环境进行系统性升级，从而有效保护青少年儿童的视力健康，提升整体教育教学质量，并积极推动绿色节能校园的建设。

本项目聚焦于对县域内多所学校的普通教室、功能室等核心教学区域，进行全面的光环境设计与升级改造，致力于为广大师生创造一个健康、舒适、高效的教学光环境。

4.1.2.2 项目建设内容

本次光环境提升改造项目的建设范围广泛，覆盖了包括大邑中学、南街小学、实验中学、潘家街小学在内的全县多个片区的 30 所中小学及幼儿园。项目共计更新安装了约 17014 盏专业 LED 护眼灯具，对所有项目学校的普通教室、功能室等关键教学场所进行了全面的灯具更换与智能化照明控制系统的安装调试,如图 4-17。



图 4-17 改造后的教室照明环境（来源：三雄极光）

项目的核心目标是优化教室的光环境，以保护儿童青少年学生的视力健康为首要任务，同时支持全县义务教育向着更加优质、均衡的方向发展，为实现教育现代化提供坚实的基础设施保障。

4.1.2.3 照明（光环境）设计与效果图

项目在照明设计阶段严格遵循 GB 50099-2011《中小学校设计规范》等国家标准，并结合各学校的实际教学需求进行精细化设计。根据该规范对中小学校普通教室的要求，以标准教室 9 米×7 米为例，项目团队制定了详尽的照明方案设计，包括灯具布置平面图、黑板灯安装尺寸控制图、灯具回路分组控制图及侧立面安装示意图，图 4-18。

通过专业的照明设计软件进行三维光学模拟分析，项目团队能够在施工前预先评估并优化照明效果。照度模拟分析结果显示，改造后的教室在课桌面和黑板区域均达到了卓越的照明水平，光照分布均匀，有效避免了眩光和光线不足等问题，如图 4-19。

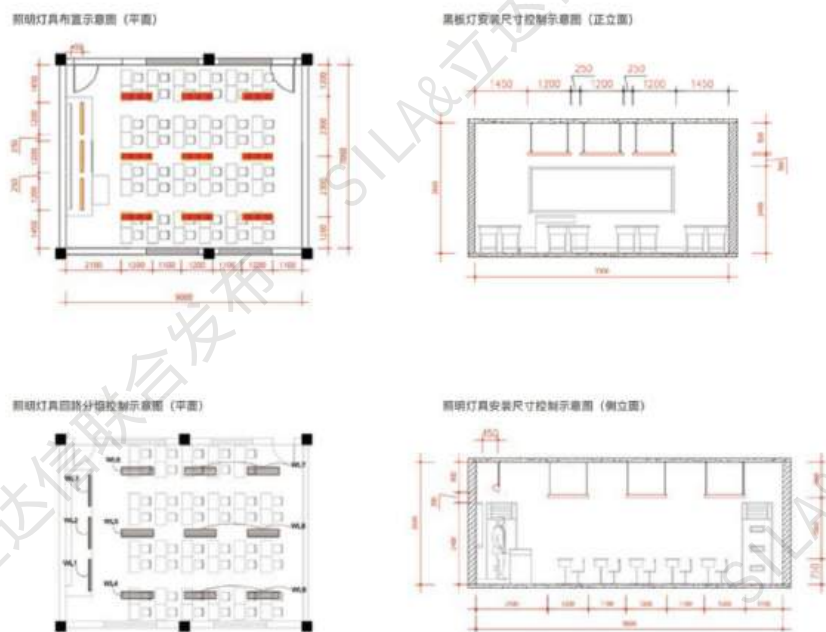


图 4-18 教室照明布局设计方案（平面图与立面图，来源：三雄极光）



图 4-19 照明照度等级分析图（3D 渲染效果图与照度热力图，来源：三雄极光）

经过精确计算，黑板面的平均照度达到 785lx（最小值 645 lx，最大值 901 lx，均匀度 0.82），课桌面的平均照度达到 465lx（最小值 379 lx，最大值 547 lx，均匀度 0.83），均优于国家标准的最低要求，为师生提供了高品质的视觉环境，如图 4-20。



图 4-20 黑板面与课桌面照度计算分析图（来源：三雄极光）

下表 4-3 展示了本项目在各类教室空间所遵循的照度设计目标，各项指标均优于国家标准：

表 4-3 主要教室空间照度设计目标

空间区域	平均维持照度 (lx)	照度均匀度	显色指数 (Ra)	色温 (K)
普通教室课桌面	≥500	≥0.7	≥90	4000~5000
教室黑板面	≥700	≥0.8	≥90	4000~5000
幼儿园活动室	≥400	≥0.7	≥90	4000~5000
图书馆阅览室	≥450	≥0.6	≥90	4000~5000

4.1.2.4 项目亮点或特色

本项目在实施过程中形成了四大核心亮点，充分体现了现代教育照明工程的科学性、智能化与人文关怀。

科学性先行：项目在方案设计阶段前置应用了专业的照度模拟分析技术，使灯光设计从传统的“经验驱动”转变为精准的“数据驱动”，从源头上保障了光环境质量的最优化。通过建立教室三维模型，结合灯具的光学参数进行仿真计算，确保每一间教室的照明方案都经过科学验证。

智能化管控：全面引入多场景智能照明控制系统，不仅极大地提升了日常使用的便捷性，更实现了能源的精细化管理。通过智能调节与场景联动，预计综合

节能率可高达 50%以上，为学校节约了大量的电力运营成本。

人性化关怀：设计方案充分考量了师生在不同教学活动和不同时段下的视觉需求，通过灵活的场景切换功能，营造出或舒适、或专注的光环境，体现了深厚的人文关怀精神。无论是日常授课、自习阅读还是多媒体教学，均可一键切换至最适宜的照明模式。

教育标杆样板：凭借科学的照度模拟、精准的灯光设计以及优质的产品应用，项目成功打造了一个健康、舒适、智能的现代化校园光环境。这不仅为全县学生的视力健康保驾护航，也为整个西南区域的教育设施现代化升级树立了新的标杆和示范样板。



图 4-21 学校“光健康”照明服务设计方案流程（来源：三雄极光）

4.1.2.5 应用效果与成效

项目实施成效显著，获得校方与教育主管部门高度认可，大邑县教育局副局长文辉等领导实地督查南街小学等项目校并给予肯定。

视觉环境方面，改造后教室光照均匀柔和、无频闪眩光，师生视觉舒适度大幅提升，有效缓解学习疲劳；为近视防控提供硬件支撑，有望降低区域学生近视率。

节能减排上，LED 护眼灯具与智能控制系统结合实现显著节能，降低学校运营成本，符合绿色校园理念。管理规范方面，教育局全程监督施工规范与质量，确保安全并最小化对教学秩序影响。

下表 4-4 详细对比了教室改造前后的关键照明指标变化：

表 4-4 教室改造前后关键照明指标对比

对比项目	改造前	改造后
频闪情况	有频闪	无频闪
眩光指数 (UGR)	>22 (使用裸灯)	<16 (光学防眩设计)
显色指数 (Ra)	60~80	>90
色温	>6500K (偏白)	5000K (舒适自然)
课桌面照度	203 lx	559 lx
照度均匀度	<0.62	>0.80



图 4-22 教室改造前后效果实景对比（来源：三雄极光）



图 4-23 改造后教室实景照片（来源：三雄极光）

4.1.2.6 荣誉资质及佐证材料

作为本项目的产品与方案提供商，三雄极光照明在教育照明领域拥有深厚的技术积累和广泛的行业认可。其所获得的各项荣誉资质为本项目的成功实施提供了有力佐证，充分证明了企业在教育照明领域的专业实力与领先地位。



图 4-24 部分荣誉证书展示（来源：三雄极光）

4.2 家居照明典型案例

为满足不同家庭对居住空间健康化、个性化照明的需求以及对高品质生活的追求，立达信依托在教育照明领域多年的技术沉淀、专业的设计理念与优质的产品体系，在众多家居照明项目中打造出兼具科学实用性与东方美学价值的智能家居健康照明解决方案。以下将通过具体案例，展示其在家居照明领域的创新应用与实施效果。

4.2.1 项目简介

如图 4-25 为立达信健康光生活体验店（成都店），它作为立达信健康光解决方案的线下展示窗口，以“光与生活和谐共生”为设计理念，将健康光技术深度融入家居场景。

4.2.2 项目建设内容

本案例以该住宅户型为蓝本打造健康光环境体验店（如图 4-26 所示），并针对不同生活区域的功能需求，打造了多样化的光环境体验区。



图 4-25 立达信健康光生活体验馆（来源：立达信，成都店）

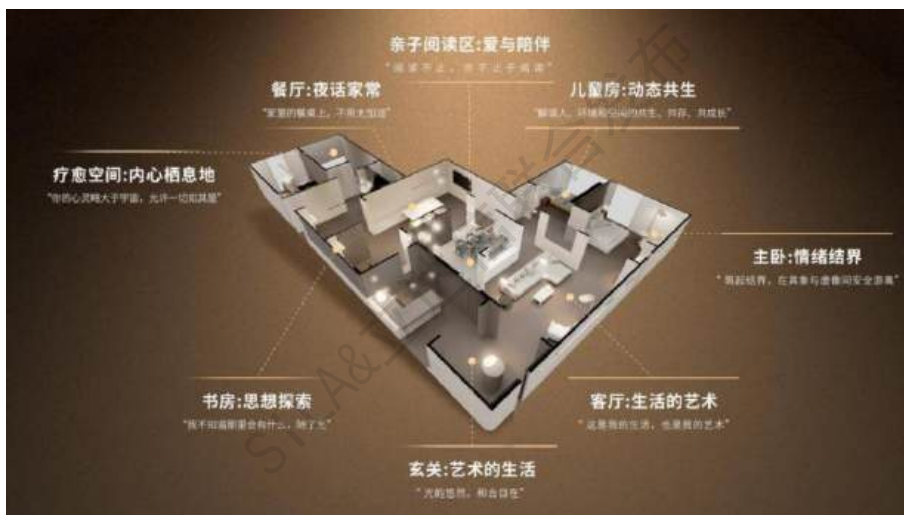


图 4-26 不同生活区功能需求设计效果图（来源：立达信，成都店）

我们将全屋空间转化为沉浸式光环境展示场景，具体建设内容如下：

(1) 玄关：自然光序体验区

以“光的感觉，和谐自然”为设计内核，采用仿自然光的渐变灯光系统，模拟晨昏光线变化，搭配浅色系原木材与绿植造景，让访客一进入就感受光与自然融合的舒缓氛围，传递健康光环境的初始感知。

(2) 客厅：生活艺术光场景

打造“淡淡的生活，治愈的艺术”主题展示区，通过可调节色温与亮度的智

能照明系统，模拟家庭日常、会客、观影等不同场景的光环境需求。比如观影时切换为低亮度暖光，会客时调整为明亮柔和的中性光，直观展现健康光环境对生活品质的提升。

(3)主卧：情绪结界光疗愈区

以“情绪结界”为核心，打造沉浸式光疗愈空间。通过智能灯光系统配合香薰、舒缓音乐，模拟日出唤醒、日落助眠的自然光变化，比如睡前 30 分钟自动调至暖橙色低亮度光，帮助用户放松情绪，体验健康光环境对睡眠质量与情绪调节的疗愈效果。

(4)儿童房：动态共生光成长区

打造“动态共生”的儿童成长光环境，采用智能感应灯光系统，根据儿童活动状态自动调节光线。婴幼儿玩耍时提供舒适柔和的全屋照明，学龄期读写时切换为明亮护眼光，儿童睡眠前自动调节至舒缓低亮夜灯，模拟自然光节律变化规律，助力儿童视力和身心健康成长，培养科学规律的作息生物钟。

(5)书房：思想探索光场域

针对“思想探索”的空间定位，配置可调节色温的护眼台灯、落地灯与背景灯带，模拟自然日光的色温变化，从清晨的冷白光到傍晚的暖黄光，适配阅读、办公等不同专注场景，展示健康光环境对视力保护与思维状态的积极影响。

(6)亲子阅读区：爱与陪伴光场景

还原“爱与陪伴”的亲子互动场景，采用柔和的暖白光照明，搭配可调节角度的阅读灯，满足亲子共读时的局部照明需求，同时设置互动灯光装置，让儿童在趣味光环境中感受阅读的乐趣，传递健康光环境对亲子关系的正向影响。

(7)疗愈空间：内心栖息地光疗区

作为核心体验区，设置专业的光疗舱与冥想区，采用特定波长的自然光模拟系统，结合呼吸节奏调节灯光明暗与色温，让访客在静谧的光环境中舒缓压力、平复情绪，直观感受健康光环境对心理健康的疗愈价值。

(8)餐厅：情感联结光空间

还原“夜话家常”的温馨场景，采用无主灯设计，搭配嵌入式筒灯与餐桌吊灯组合，营造均匀柔和的局部照明，避免强光直射。同时设置灯光调节按钮，让访客体验不同光线氛围下用餐的情绪差异，感受健康光对家庭情感交流的正向作用。

4.2.3 照明（光环境）设计与效果图

为满足不同生活区域的功能需求与氛围营造，照明设计采用分层布光与智能调控相结合的方式，照明设计平面布置如图 4-27 所示。体验店通过环境光、功能光与氛围光的协同配置，构建三级光照架构，其中，环境光采用高显指 3000K~5000K 白光 LED 吸顶灯（照度 200lx~300lx， $UGR \leq 19$ ）实现空间基础照明；功能光针对阅读区配置 4000K~5000K 类太阳光谱 LED 护眼台灯/落地灯（照度 500lx~1000lx 可调， $Ra \geq 98$ ），通过高精度纳米匀光扩散光学结构组件消除阅读区手部阴影；氛围光则依托装饰灯具（色温 2700K~3500K，照度 $\leq 50\text{lux}$ ）与壁灯组合，形成背景区域：临近周围区域：作业区/活动区为 1:3:5 的亮度梯度比，有效避免眩光干扰。



图 4-27 照明设计平面布置图（来源：立达信，成都店）

下表 4-5 展示了本项目在儿童房各功能区照明质量所遵循的健康光环境设计目标^[25]，各项指标均优于国家标准：

表 4-5 儿童房各功能区健康光环境设计目标^[26]

功能区	平均照度 (lx)	照度均匀度	相关色温 (K)	显色指数 (Ra)
学习区	≥500	≥0.7	4000~5000	≥97
娱乐区	≥500	≥0.6	4000~5000	≥97
手工区	≥750	≥0.7	4000~5000	≥97
休息区	≤300	≥0.5	3000~4000	≥97

儿童活动区兼顾游戏与短时阅读需求，将照度控制在 300lx~750lx 区间，Ra≥90，色温设定在 3500K~4500K，保障明亮柔和的光照同时避免强光刺激儿童视觉；儿童休息区搭配夜间起夜专用的低亮度感应地脚灯，照度控制在 1lx~5lx，色温≤3000K，既满足夜间行动的照明需求，又不会过度抑制褪黑素分泌，不会干扰儿童正常睡眠。各区域均配置了智能调光模块，可根据使用场景、时段自动调整光照参数，适配不同使用需求。项目现场照明效果如图 4-28、图 4-29 所示。



图 4-28 不同生活区照明（光环境）实景图（来源：立达信，成都店）

其中，图 4-28 为该体验店各功能区实景图，例如在客厅区域，采用可调色温的智能吸顶灯与装饰氛围灯具或可移动式护眼落地灯组合，可模拟从清晨到黄昏的自然光变化，用户可通过智能控制系统一键切换“唤醒”“读写”“休闲”等模式，当开启“阅读模式”时，灯光自动调节至 5000K 的舒适色温、 $Ra \geq 95$ ，确保光线均匀柔和，减少眼部疲劳；在卧室区域，则着重营造温馨助眠的光环境，选用低蓝光的暖色温灯具，搭配智能感应夜灯，既满足夜间起夜的基础照明需求，又避免强光对褪黑素分泌的干扰。

在书房区域，体验店针对工作学习、视力保护、健康睡眠等需求，打造了专业的“健康光环境”，如图 4-29 所示。配置可精准调节亮度和色温的 LED 吸顶灯和护眼台灯，其色温调节范围覆盖 3000K~5300K，亮度可在 50lx~1000lx 之间精细微调，用户能根据不同工作场景（如阅读、绘图、休息）自由切换光参数。



图 4-29 不同生活区照明（光环境）实景图（来源：立达信，成都店）

其中，LED 护眼台灯（落地灯）等光源采用类太阳光谱 LED 技术，模拟自然太阳光的连续光谱，显色指数 $Ra \geq 98$ ，能真实还原纸质文档、电子屏幕及实物的色彩细节，有效减轻长时间用眼带来的视觉压力。同时，书房顶部安装了智能可调光色吸顶灯作为基础照明，与 LED 护眼台灯（落地灯）作为局部重点照明形成立体式照明系统，避免桌面产生明显阴影。墙面还设置了可变色温的环境氛围灯具，当用户需要短暂放松时，可切换至暖色调低亮度模式，营造舒缓的空间氛

围，实现工作与休憩的光线场景无缝过渡。在儿童活动区，针对儿童视力发育特点和活泼好动的天性，采用无频闪、低蓝光的护眼吸顶灯与萤火虫般柔光可变色温 LED 护眼落地灯相结合，灯光亮度可根据活动场景智能调节，如阅读时调至 4000K 的明亮模式，故事时间切换为 3000K 的柔和暖光，同时配备智能感应系统，当儿童靠近灯具或光线过强/过弱时自动发出提醒，引导科学用眼。

此外，灯具具备智能人体感应功能，人来灯亮，人走灯灭，兼顾节能与便捷。各区域的照明系统均接入立达信智能云平台，用户可通过手机 APP 远程控制灯光模式、亮度、色温，并能根据个人习惯设置个性化场景方案，实现“光随人动、境随心变”的智能光环境体验。

体验店还特别设置了光健康科普区，通过互动装置直观展示普通照明与健康照明在光谱成分、蓝光占比、频闪控制等方面的差异，让消费者亲身体验健康光环境对视觉健康、情绪调节、睡眠质量及生活舒适度的积极影响，成为立达信传递“光是一种健康生活方式”理念的重要载体。

4.2.4 项目亮点或特色

立达信类太阳光谱健康光解决方案核心亮点：作为行业内较早推出类太阳光谱健康光解决方案的企业，立达信通过模拟自然太阳光光谱，构建了兼具视觉舒适与节律健康的光环境体系，其核心技术亮点如下：

1) 高拟合度类太阳光谱技术：精准模拟太阳光光谱特性，强化 650nm~780nm 深红光波段，降低有害蓝光占比，实现“够亮不刺眼”的视觉体验，有效缓解视疲劳并滋养眼部健康。

2) 全维度光健康参数控制：关键指标达到行业领先水平，包括读写区域照度 $\geq 500lx$ 、显色指数 $Ra \geq 97$ 、眩光值 $UGR \leq 13$ 、蓝光危害等级 RG0、无可视频闪 ($SVM < 0.4$)，全方位保障光环境安全与舒适度。

3) 生物节律调节系统：通过 4000K 左右卧室色温优化褪黑素分泌，配备 15 分钟自然唤醒 (2700K→3000K→5000K) 与 30 分钟自然睡眠 (5000K→3000K→2700K) 模式，实现人体生物节律的科学调控。

4) 场景化光环境设计：客厅采用“吸顶灯+无主灯/筒射灯+移动式灯具”的立体照明方案；卧室通过装饰灯/壁灯营造无直射柔和光环境，实现空间光环境的科学分区与功能适配。

5) 智能动态光效管理：支持 2700K~6500K 全色温动态调节，提供休闲（3000K）、阅读（4000K）、作业（5000K）等多场景模式切换，通过光色变化实现情绪与场景需求的精准匹配。

此外，本案例还在家庭健康光环境中形成如下特色：

(1) 光环境设计的本质是对生活场景的科学重构。

随着家庭空间功能从单一起居向复合场景的拓展，光环境的定位已从基础照明工具升级为生活方式的核心调控媒介。通过居家场景中光空间的系统化联结，实现个体在物理空间中的情感回归与价值重构。立达信基于 26 年光学技术积累，在服务全球千万家庭的实践中形成核心认知：优质光环境需建立在对人类生活需求的深度理解之上，通过持续的情感价值输出构建家庭光生态系统。为此，我们构建了光环境体验空间，通过光的关键参数调控与动态光节律变化，实现对“生活呼吸感”的科学模拟与场景化呈现。

(2) 光环境作为空间情绪调节、节律健康的核心载体，通过科学的光学参数配置与场景化设计实现多维度健康干预。

本案例采用全空间覆盖的光环境解决方案，从玄关至卧室形成连贯的光环境叙事体系，通过光谱、照度与色温的动态调控构建情绪适配的物理空间。主卧区域采用分层光环境设计：「合光」吸顶灯 1800K 超低色温烛光模式实现基础情绪安抚，可根据使用者的阅读、休憩等不同状态切换光照参数，既满足睡前放松的低照度暖光需求，也能保障专注阅读时的充足照度与清晰显色；「醒石」桌灯与「米来」吊灯通过基础照明与氛围照明有机融合，实现了床头柔和光斑区（照度 30lx~50lx， $R_a \geq 95$ ）；「立达信萤火虫」护眼落地灯以 4000K 中性白光（接近太阳光谱，照度 300lx~1000lx，无频闪设计）构建沉浸式阅读光环境，配套的“夜灯助眠”（2700K 暖光，照度 $\leq 10lx$ ）与“清晨唤醒”（色温梯度调节 2700K→5000K）功能实现昼夜节律的科学管理。冥想室采用低位光设计策略，「小抱朴」与「映

石」桌灯通过自下而上的光线漫射（照度 $201\text{x} \sim 301\text{x}$ ， $\text{UGR} \leq 13$ ）营造沉思氛围。玄关区域应用抱朴系列灯具的水墨晕染光效，书房配置 T2/T7/T8 系列护眼灯（模拟太阳光谱 $\text{CRI} \geq 97$ ，自适应调节照度 $5001\text{x} \sim 10001\text{x}$ ），形成有助于提升专注度的学习光环境。通过对光参数的精准调控，实现空间光影的视觉舒适、节律化分布与情绪引导功能。

（3）光环境的本质是人与空间的交互界面。

本案例空间光环境通过光谱参数、照度分布与动态变化，直接作用于人体视觉通路及生理节律调节系统，进而影响视力状况、学习效率、情绪认知与行为表现等多个方面。空间对人的感知具有基础性塑造作用，而人类活动与情绪记忆则通过光这一媒介，反向赋予空间功能属性与情感价值。书房的专注场景、卧室的睡眠场景、冥想室的静思场景，均借助光环境参数的差异化配置，实现物理空间向功能与情感复合空间的转化。空间作为生活的载体，光作为唤醒空间情绪的核心要素，二者共同构建起超越视觉感知的沉浸式体验体系。

在视觉健康照明技术的支撑下，系统聚焦光环境的情绪疗愈与生理节律调控功能，构建起多维度的「光陪伴」干预体系。通过时间轴上的色温动态调节（ $2700\text{K} \sim 5300\text{K}$ ），实现光因子的周期性变化，同步激活空间的叙事逻辑。核心功能模块包括：模拟日升日落的「动态光因子」智能调控系统（色温梯度调节精度 $\pm 100\text{K}$ ）、夜灯伴眠系统（照度 $\leq 101\text{x}$ ， $\text{UGR} \leq 13$ ）、拟合度达 98% 的类太阳光谱护眼系统（ $e(\text{GFC}) \geq 0.98$ ， $\text{CRI} \geq 97$ ， $\text{Rf} \geq 95$ ），形成覆盖视觉健康与身心调节的综合解决方案。

此外，该系统通过集成化控制平台，实现多场景功能的无缝切换与极简操作，体现立达信「技术至简·体验至臻」的光空间设计哲学。该体验空间不仅是立达信品牌技术成果的展示载体，更是基于光环境科学的生活方式解决方案，通过精准的光学参数配置，实现健康光环境的场景化落地。

4.2.5 应用效果与成效

上海某社区试点家庭光环境优化项目引入智能调光系统模拟自然光节律，在客厅、卧室和书房区域实现动态色温调节——晨间采用 5000K 色温提神，傍晚切

换为 3000K 色温助眠，睡前则以 1800K 柔光辅助入睡，如图 4-30 所示。试点跟踪数据显示，用户对光环境的整体满意度大幅提升，尤其在增强日间精力、改善夜间睡眠质量方面获得普遍正向反馈，验证了健康动态光环境调节方案对居民作息与身心健康的正向改善作用。



图 4-30 不同生活区照明（光环境）实景图（来源：立达信，试点家庭）

展示的智能调控系统通过光照传感器与 AI 算法联动，实现动态光效管理：当自然光照度 $>400\text{lx}$ 时，系统自动关闭环境光，并将功能光调暗至 300lx ；夜间模式下（22:00→6:00）启动色温渐变程序，色温从 3000K 平滑过渡至 2700K，同时将蓝光峰值能量降低至 $\leq 20\%$ 。该系统支持场景化预设，例如“读写模式”采用 5000K 色温（照度 500lx ）与高达 98% 的太阳光谱拟合度组合，以提升认知效率；“休憩模式”则切换为 2700K 暖光（照度 50lx ）并激活呼吸光效，实现生理节律与空间情绪的精准适配。

如图 4-31 所示，家长反馈显示，儿童夜间作业区的光环境的照度从 80lx 提升至 500lx ，用眼疲劳症状减少 50%，同时通过助眠模式（色温 2700K~3000K）改善睡眠质量，家庭整体光环境满意度提升显著。



图 4-31 儿童生活区照明（光环境）实景图（来源：立达信，试点家庭）

4.3 医疗照明场景

医疗照明直接关系到患者恢复状态、医护人员工作效率与诊疗安全，对光环境的色温和照度都有更严苛的专业要求。

4.3.1 项目简介

本项目是苏州康养集团联合苏州大学附属第一医院、苏州大学附属第二医院睡眠中心，携手智慧健康照明企业 inSona（江苏英索纳通信科技有限公司）打造的医疗康养领域标杆性健康照明项目。项目落地于苏州康养集团旗下二级老年专科医院——苏康老年医院，该院设置床位 100 张，以老年常见病、多发病诊疗及康复、睡眠障碍干预为核心服务方向。

项目核心针对医院神经内科、睡眠中心病房进行全场景光环境升级改造，以“节律、人因、健康”为核心理念，融合 inSona 十余年底层蓝牙技术积累、自研健康照明算法与医疗级专业灯具，打造国内首个具备标准化光疗特性的生物节律病房，旨在通过科学的光照干预，解决老年群体及睡眠障碍患者的昼夜节律紊乱、失眠、情绪波动等健康问题，同时兼顾医疗诊疗专业性、医院运维便捷性与低碳节能要求，树立医疗康养领域智慧健康照明的行业标杆。项目于 2024 年 9 月完成验收并正式开诊运营。

4.3.2 建设内容

本项目围绕“医疗级光疗干预+全场景智能管控+全链路系统适配”三大核心

方向，完成四大模块的建设落地，实现从光源、算法、硬件到系统的全链条闭环：

（一）核心技术体系搭建

1. 自研 Blubee 蓝牙去中心化控制系统：搭建以自主研发 Blubee 蓝牙协议为核心的分布式无线系统，实现去中心化架构，无需复杂布线，通电即可组网；支持设备数据自动恢复、大批量在线 OTA 升级、后期无限扩展。

2. 四大健康照明核心算法落地：针对医疗康养场景定制化部署全自研算法体系，实现光环境的精准化、个性化调控：

1) 昼夜节律算法：精准匹配全球日出日落时间，自适应调节室内光线的色温与亮度，同步模拟自然光变化，贴合人体昼夜节律；

2) 多点连续全光谱算法：通过算法优化双色温调光曲线，实现全光谱覆盖，保障全系列产品显色指数 $CRI \geq 95$ ，核心产品 R_a 最高达 98， R_1-R_{15} 全色域高显色还原；

3) 节律因子算法：可单独调节光谱中特殊波段能量，精准干预人体褪黑素分泌，实现“醒神-助眠”的双向可控调节；

4) 可调光谱算法：通过 RGBCW 五通道混光技术，支持 1000K-12000K 超宽色温调节与色点精准控制，可再现自然光场景，适配不同诊疗与康养需求。

（二）医疗级硬件产品定制化部署

针对老年医院场景的医疗需求与老年群体生理特性，完成全系列硬件产品的选型与落地，核心分为三大品类：

1. 专业医疗照明灯具：搭载 inSona ADL 健康光引擎系统，核心产品包括医疗壁灯、愈光系列射灯、追光系列全光谱灯带、医疗级平板灯，全面满足病房照明、医学观察、光疗干预的多重需求。

2. 智能控制硬件：部署智能场景面板，支持无线灯光、窗帘联动控制，自带继电器输出可兼容非智能设备；配套蓝牙网关、驱动电源，实现单灯单控、场景自由组合，调光无频闪，具备短路、过载、过压全维度保护。

3. 传感配套硬件：部署存在式微波探测器、温湿度传感器、照度传感器，实现人体存在、环境照度、温湿度的实时监测，为自动化联动提供数据支撑。

（三）全场景人因照明方案设计

基于老年人群体光照需求、医疗诊疗规范与人体生物节律，定制 6 大核心照明场景，覆盖患者全天作息与医院全流程诊疗动作：

1. 日常节律模式：通过节律算法同步室外自然光变化，实现室内光线与日出日落动态匹配，还原自然光环境；

2. 清醒唤醒模式：晨间等效黑视素照度 $EML > 1500lx$ ，高色温抑制褪黑素分泌、促进血清素释放，帮助患者告别晨起昏沉；

3. 诊疗检查模式：搭配 $COI < 3.3$ 的医疗级光源，保障患者肌肤表面光照充足，便于医护人员开展医学观察与诊疗操作；

4. 助眠安睡模式：等效黑视素照度 $EML < 50lx$ ，低色温状态下以 1800K 琥珀光营造助眠环境，促进褪黑素分泌，帮助患者快速入眠；

5. 起夜安全模式： $EML < 10lx$ 、低亮度动线照明，仅点亮病房门口与床尾动线灯光，满足起夜需求的同时不干扰患者自身与同病房其他患者睡眠；

6. 医护巡视模式：通过门口存在式感应器联动灯光，固定时段内医护人员巡视时，床尾照明微亮启动，不打扰患者正常睡眠。

同时配套智能窗帘系统，实现灯光与窗帘的自动化联动，清晨自动拉开窗帘配合清醒光，夜间闭合窗帘配合助眠光，打造“日出而作、日落而息”的闭环节律环境。

（四）智慧化管理平台搭建

搭建一体化后台管理系统，实现六大核心管理能力：

1. 设备全生命周期管理：支持设备在线状态实时监控、区域批量管理、灯光场景一键部署，实时查看设备运行数据与故障预警；

2. 自动化控制管理：支持定时任务自定义设置，可按就诊、午休、下班等医院作息，预设分时段亮度、色温调节规则，实现无人化自动运行；

3. 环境联动管理：通过照度传感器联动遮阳系统实现恒照度控制，通过温湿度传感器联动暖通系统，实现病房的舒适环境恒定；

4. 能耗数据管理：实时监控电能总能耗、周期能耗，生成能耗环比、同比分析报表，实现能耗可视化管控；

5. 操作日志管理：全流程记录设备操作、系统运行、场景切换日志，可追溯、可复盘，大幅降低售后运维难度；

6. 开放接口对接：通过开放 API 系统，可对接医院现有智慧病房、能源管理平台，实现远程管理与数据共享。

4.3.3 照明（光环境）设计与效果图

本项目针对医院不同功能区域的使用需求，分别进行了针对性照明设计，如图 4-32 所示，清晰呈现各区域的布灯点位、灯具选型及光照效果。

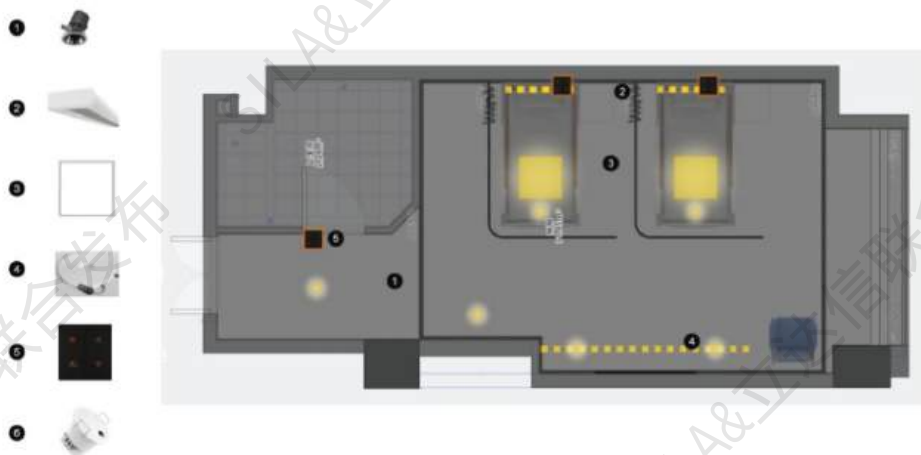


图 4-32 照明（光环境）设计示意图（来源：英索纳）

图 4-33 则展示了改造后的实景图，直观呈现安装后的实际光环境效果，可帮助确认最终呈现是否符合项目定位与使用需求。

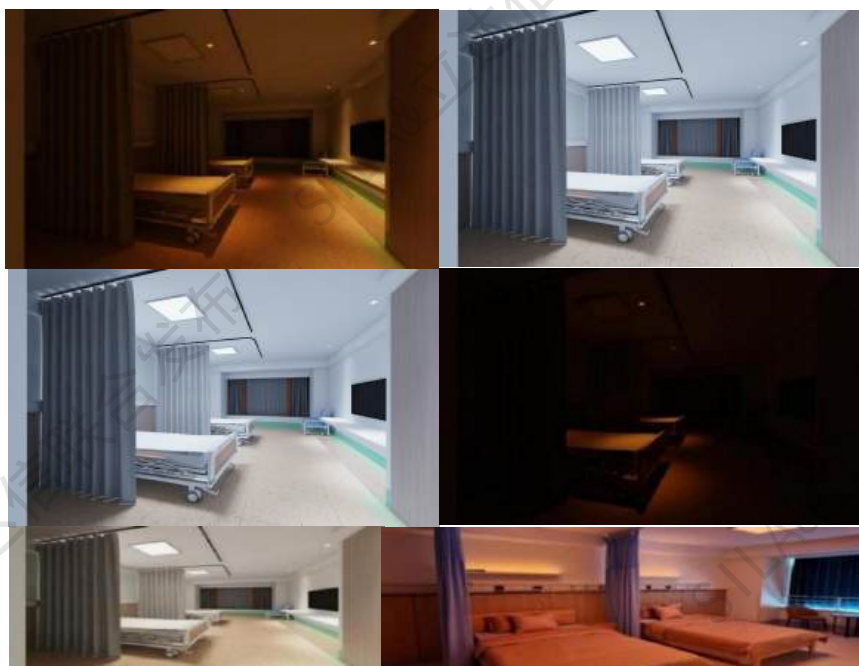


图 4-33 照明（光环境）实景图（来源：英索纳）

4.3.4 项目亮点或特色

（1）首创临床光疗与照明融合方案：以光生物学研究为核心，将标准化光疗能力嵌入日常病房照明，通过光谱精准调控实现褪黑素定向干预，首创“日常照明即辅助治疗”模式，成为国内医疗光疗照明标杆。

（2）全链路自主研发突破技术垄断：100%核心技术自主研发（蓝牙模组、控制算法到医疗级灯具硬等），打破国外技术垄断。去中心化蓝牙系统解决医疗场景布线复杂痛点，非专业人员可通过手机 APP 完成调试更换，降低智慧照明落地门槛。

（3）医疗合规与老年友好双重适配：医疗端全面符合《医疗建筑照明设计标准》，全区域照度、UGR、显色指数达标，核心灯具紫绀观察指数 $COI < 3.3$ ；老年友好端采用防眩光设计、全光谱光源，定制适配老年群体的照度与节律方案，规避传统照明健康风险。

（4）全场景精细化节律光环境构建：以“自然光还原”为核心，通过自研算法实现全时段、全场景光线智能调控，支持个体定制光照方案。联动窗帘、暖通系统实现光、热、声环境协同管理，践行“人因照明”理念。

(5) 低碳节能与智能运维创新：无线去中心化架构降低 80% 运维成本，设备即插即用自动恢复数据；智能感应与分时段调光设计显著降低能耗，满足医疗场景长期运营的经济性与绿色医院要求。

4.3.5 应用效果与成效

(1) 临床干预标杆：生物节律光照系统服务超千例老年患者，显著改善昼夜节律紊乱、失眠等症状，无不良反应，医疗级光源提升诊疗准确性，获临床高度认可。

(2) 全周期光环境创新：构建“晨间唤醒-日间提神-夜间助眠”节律模式，规避强光眩光；起夜/巡视模式保障安全且减少干扰，全光谱光源降低视觉疲劳与焦虑。

(3) 智能运维与节能：去中心化架构支持手机 APP 运维，效率提升 80%；可视化实现故障预警，智能调光显著降低能耗，符合绿色医院要求。

(4) 产业升级引领：验证医疗康养场景光疗价值，提供可复制方案，推动行业从“功能照明”向“健康疗愈照明”升级，树立全球竞争标杆。

4.3.6 荣誉资质及佐证材料



图 4-34 本案例荣誉资质（来源：英索纳）

4.3.7 项目二：保利颐养中心

位于上海的保利香槟苑颐养中心是老年人生活与活动的核心场所，如何通过灯光设计关怀其心理与情绪状态，是值得深入探讨的课题。相较于普通养老空间仅满足基础照明需求，该颐养中心针对老年人的生理特点与心理需求，打造了分场景的适配情绪照明系统：在公共活动区域，采用高显色性的暖调白光，既保证充足的照度，又能通过明快温和的光线调动老人的活动兴致，促进社交互动；在休息区则通过渐变暖光调节，逐步降低环境照度，帮助老人平缓心率，自然进入舒缓的休憩状态。这套照明设计围绕老年人的日常活动节律调整光线属性，将对老年群体的情绪关怀融入日常空间的细节之中，让照明不止满足视物需求，更成为陪伴老人日常、安抚情绪的贴心设计。榜威全彩情绪光系统通过构建多元灯光场景实现这一目标：高色温白光可提升日常活动的警觉度，低色温暖光营造放松舒适的生活氛围，模拟日光随时间变化的色温能调节生物节律、助力健康，暖调红光则可激发积极热情的情绪感受。这些设计能帮助老年人更有效地调节自身心理与情绪状态。



图 4-35 情绪照明（光环境）实景图（来源：榜威）

4.4 情绪照明应用场景

近年来，随着社会环境变化、学习压力增大及电子设备使用时长增加，儿童青少年面临的情绪困扰、焦虑等心理健康问题日益凸显。光环境作为重要的外部

影响因素，对个体情绪、心理调节及行为表现具有深远作用。健康照明不仅能优化视觉环境，更可通过科学的光色调控，为儿童青少年的心理健康提供支持。

4.4.1 家居情绪照明项目简介

随着人们对居家身心健康的关注度日益提升，情绪照明也逐步走进日常家居空间。针对不同家庭成员的生活习惯与心理需求，可通过定制化的光色调控，适配多样化的居家场景。

4.4.2 项目建设内容

1. 硬件系统配置：部署多组可调光调色 LED 光源、灯具和灯带，覆盖 2700K~6500K 全色温区间（含暖白光、暖黄光、冷白光），支持 0~100%亮度无级调节；配置智能控制模块，支持场景预设与参数自定义。

2. 核心技术整合：融合人因临床试验研究成果与智能算法，可根据用户情绪状态及场景需求，精准调控光线波长、亮度、色温及动态变化模式，适配疗愈中心各功能空间定位，配合自然疗愈课程构建贴近自然的舒缓光环境。

3. 情绪调节机制：通过光谱特性、色温参数与多场景动态光色组合，实现多维度情绪引导，具体包括：

（1）光谱色温调节

暖色调白光（2700K~3500K）：模拟黄昏光线激活放松神经通路，降低皮质醇水平；低饱和度暖橙色光可提升安全感，加速学习后情绪平复。

冷色调白光（4000K~5300K）：通过增强短波长蓝光刺激血清素分泌，提升警觉性与专注力；建议将色温控制在 4000K~5000K，以兼顾视觉健康与学习效率。

（2）动态光色调控

渐变呼吸模式：模拟日出日落的缓慢亮度变化，同步调节褪黑素与肾上腺素分泌，睡前 30 分钟暖光渐变可缩短入睡潜伏期 10min~15min。

多色组合方案：低饱和度紫（150lx~200lx）降低社交焦虑、绿蓝组合激发

积极情绪、暖红光增强团队互动热情。

4. 实施技术要求：色彩饱和度控制在 30%~40%，照度上限 1000lx；基于年龄性格差异定制方案（低龄儿童适配暖色调动态光，青少年学习区采用中性冷白光）。

个性化适配：基于年龄、性格差异定制光环境，如低龄儿童偏好暖色调动态光，青少年学习区宜采用中性冷白光。

5. 系统核心价值：通过“视觉-生理-心理”多路径调节，构建非侵入式情绪支持体系，实现科学参数设计与场景化需求的有机结合，达成情绪引导与健康守护的双重目标。

4.4.3 照明（光环境）设计与效果

（1）光环境设计：

基于人体生物钟节律，模拟自然光变化规律，白天采用高色温、高亮度光线，帮助用户保持清醒；傍晚逐步过渡到低色温、低亮度光线，引导身体进入放松状态；夜间则维持极低亮度的暖黄光，避免强光刺激，助力深度睡眠。如图 4-36 所示，本案例采用间接照明为主、局部重点照明为辅的方式，避免直射光产生眩光，同时通过墙面、顶面的漫反射光线，营造柔和、均匀的光环境，减少视觉疲劳。

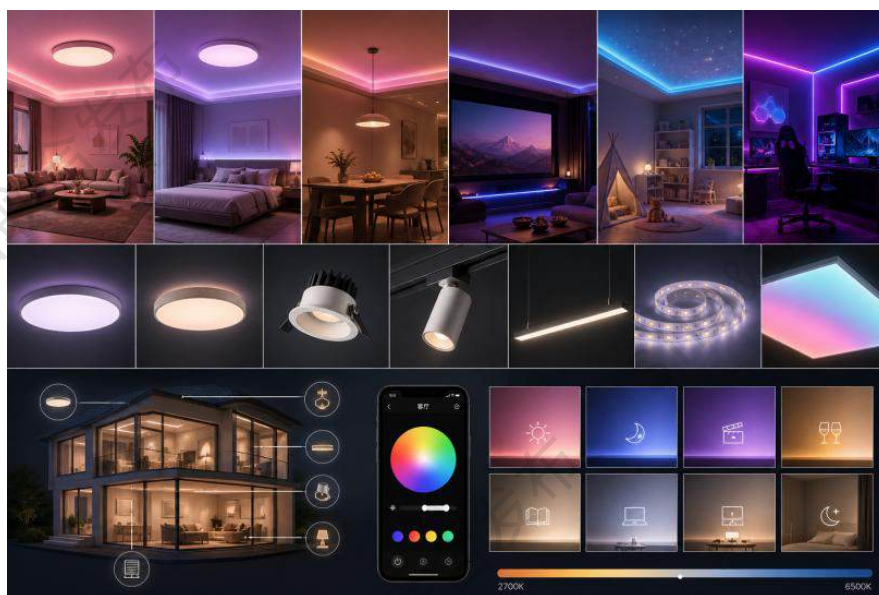


图 4-36 情绪照明（光环境）设计（来源：立达信）

(2) 效果图展示:

本案例基于光环境对情绪、心理调节和行为表现的影响机制的光环境设计策略,通过科学的光参数组合,为儿童青少年的学习、休息、活力和社交等多场景提供健康支持,如图 4-37 所示。



图 4-37 情绪照明应用效果图 (来源: 立达信)

1) 学习场景: 冷色温与适宜照度的协同作用

冷色温(建议 4000K~5300K)的光照能带来清醒、专注的状态,适合用于需要集中精力的学习或考试场景,如图 4-38 所示。在学习场景中,配合 400lx~500lx 的适宜照度,可减少视觉疲劳,提升认知反应速度。研究表明,在冷白光环境下,儿童青少年的注意力持续时间比暖光环境延长 15%~20%,错误率降低约 10%^[59]。此外,动态调节的冷白光系统(如模拟上午自然光的变化)能同步提升褪黑素分泌节律的稳定性,间接改善夜间睡眠质量,形成“日间高效学习—夜间优质休息”的良性循环。

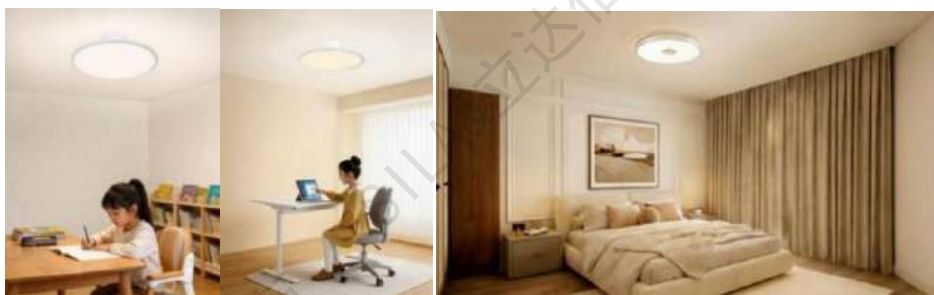


图 4-38 情绪照明在学习场景效果图（来源：立达信）

2) 休息场景：暖色温与低照度的情绪舒缓效应

如图 4-39 所示，暖色温（2700K~3500K）的光照可营造温馨舒适的放松氛围，有助于缓解焦虑与紧张情绪，提升安全感。在休息或睡前场景中，300lx 以下的暖光环境能促进血清素释放、降低皮质醇水平。例如，睡前 1 小时使用 2700K 暖光照明，儿童青少年的入睡时间可缩短 10-15 分钟，深度睡眠占比也能提升约 8%。此外，暖光与低照度的组合还能减少电子设备蓝光对视网膜的刺激，降低近视发生风险。



图 4-39 情绪照明在休息场景效果图（来源：立达信）

3) 活力场景：高亮度白光与动态光色的活力激发

高亮度（500lx~700lx）的白光照明能增强儿童青少年的运动活力和反应速度，适用于手工、绘画、游戏等场景，如图 4-40 所示。

研究显示，在高亮度白光环境下，青少年的中枢神经兴奋性提升，反应时间

可缩短约 12%，动作协调性也有明显改善，更适配室内游戏、手工课、课间小创意这类需要调动身体活力的活动。搭配动态变化的光色切换，还能进一步刺激感知觉发育，跟随活动节奏调整的光环境能持续维持大脑的兴奋水平，避免快速出现疲劳感，帮助儿童青少年在活力场景中保持更好的状态，充分释放精力。



图 4-40 情绪照明在活力场景效果图（来源：立达信）

4) 社交场景：多色光组合的情绪引导与社交促进

彩色光照对情绪的影响具有多样性，例如低照度紫色光照可以促进积极情绪并抑制负面情绪。如图 4-41 所示，在社交场景中，可通过多色光组合营造不同氛围：



图 4-41 情绪照明在社交场景效果图（来源：立达信）

(1) 低照度紫光 (150-200lx)：适用于小组分享或心理辅导，能降低社交焦虑，提升自我表露意愿；

(2) 暖色调红光：可增强热情与积极的情绪感受，适用于集体活动或节日庆祝，促进人际互动频率；

(3) 低饱和度蓝绿光：在创意合作场景中使用，能激发想象力和思维活跃度，提升团队创新成果质量。

4.4.4 项目二：ENSO 自然疗愈中心

位于上海的 ENSO 自然疗愈中心采用了榜威全彩情绪光系统, 如图 4-42 和 4-43 所示。



图 4-42 上海 ENSO 自然疗愈中心（来源：网络）

该系统在提供日常白光基础照明的同时，结合情绪照明的设计理念与研究成果，通过设定低照度紫色光场景，无需语言沟通或刻意理解，即可引导体验者的神经系统从紧绷状态转向放松与恢复。不少体验者在此获得了显著的身心变化：有人在忙碌之余首次感受到彻底的放松，有人在静谧氛围中重新梳理了自身状态，还有人体验后开始更主动地关注身心节奏。这些细微却真实的改变，让抽象的“关怀”理念转化为可感知、可铭记的具体体验。



图 4-43 情绪照明（光环境）实景图（来源：榜威）

4.4.5 应用场景案例亮点与特色

1) 科学专业：融合人体节律学与光生物学研究成果，通过精准调控光参数（波长/色温/智能调控），实现情绪舒缓到睡眠诱导的科学引导。

2) 智能个性：支持用户自定义光环境参数，系统自动学习偏好并匹配最优场景，提升助眠体验的精准度与舒适度。

3) 沉浸整合：联动照明、香薰、声音多维度元素，构建全方位沉浸式助眠空间，提供完整解决方案而非单一产品。

4) 灵活拓展：模块化设计可部署于学习/休息/活力/社交等多场景，未来可接入健康监测数据，实现情绪与睡眠的智能化管理升级。

4.5 车舱移动照明应用场景

随着汽车智能化与座舱体验升级，车舱移动照明已从传统功能性照明向“场景化情感交互”方向发展，其应用场景深度融合驾驶安全、乘坐舒适度与用户情感需求。

4.5.1 主要应用场景简介

车舱移动照明可根据氛围、阅读、工作、娱乐、睡眠、化妆等场景细分功能定位，打造差异化的车内光环境，满足乘员的多元需求。在驾驶场景中，座舱照明可根据外界光线强度自动调节亮度与色温：夜间行驶时降低仪表台亮度以避免眩光干扰，同时通过低饱和度的柔和光线缓解长途驾驶的视觉疲劳；车内阅读场景下，采用光谱优化的护眼照明，通过强化有益红光比例、过滤有害蓝光，提供均匀不刺眼的充足照度，避免局部明暗差损伤视力；车内工作场景需输出高清晰度、高均匀度的照明，适配电子设备屏幕显示需求，减少反光与色差干扰，支撑临时办公的清晰视觉需求；娱乐休憩场景中，照明可跟随车内音乐律动变换光色与明暗，烘托休闲放松的氛围；睡眠场景下则调暗照明并输出柔和暖光，帮助乘员快速平复情绪、进入休息状态；化妆场景需提供接近自然日光的高显色照明，还原真实肤色与色彩，满足整理妆容的需求。主要应用场景体现如下：

1) 场景化情感交互：座舱氛围灯不再是单纯的装饰，而是深度适配不同用车场景、贴合品牌调性的核心配置。例如，蔚来作为豪华品牌，高级豪华氛围设计突出，支持自定义灯光颜色、亮度、动态模式，行驶中可根据个人喜好调节，同时自带专属豪华光效，如专属迎宾光影、分段式动态灯带，凸显豪华质感；理想的自定义氛围灯更侧重家庭实用，可自定义颜色、亮度，同时预设家庭、儿童、休憩等多种模式，行驶中一键切换，操作便捷。

2) 阅读场景护眼：车内阅读场景的氛围灯设计，核心是“柔和补光、不眩光、不干扰驾驶”。蔚来 ES8 的阅读灯支持触摸多级亮度调节，长按即可渐变调节明暗，前排主副驾、后排各座位均配备独立阅读灯，可单独控制，避免光线干扰他人，同时支持 NOMI 语音控制，操作便捷且人性化。氛围灯采用泛光式设计，光线柔和不刺眼，256 色可调并支持 9 种主题动效，阅读时可切换至低饱和度冷白光或暖白光，配合 30 个独立灯珠的细腻光效，勾勒座舱轮廓的同时提供柔和

辅助补光。



图 4-44 NIO ES8 和 LI AUTO M7/8/9 自定义氛围灯（来源：福特）

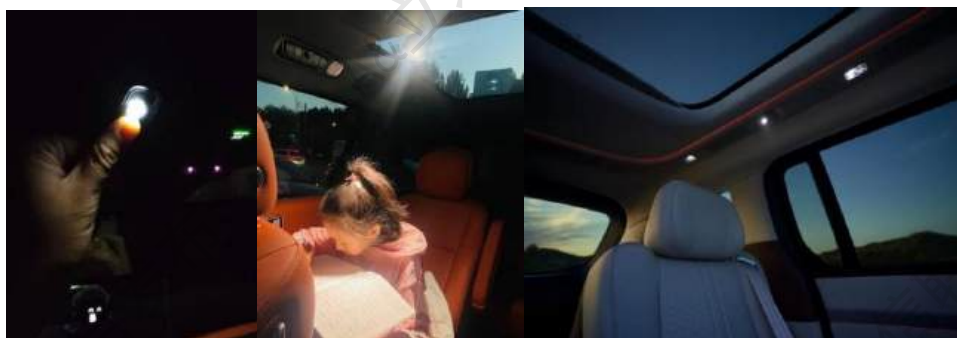


图 4-45 NIO ES8 阅读灯、LI AUTO 护眼灯和 XPENG 阅读灯（来源：福特）

3) 工作场景专注：车内工作场景的氛围灯设计，核心是“简洁、专注、不分心”。AITO 问界 M9 结合鸿蒙智联，工作模式下氛围灯与屏幕灯光联动，亮度柔和且均匀，可根据工作需求调节局部补光，方便查看文件、回复消息，既保证专注度，又不会因光线过强分散驾驶注意力；极氪 009 的六座行政版配备 NAPPA 头层真皮桌板，行驶中开启工作模式时，氛围灯切换为低饱和度冷白光，无动态闪烁，同时支持语音调节灯光亮度，提升办公便捷性。

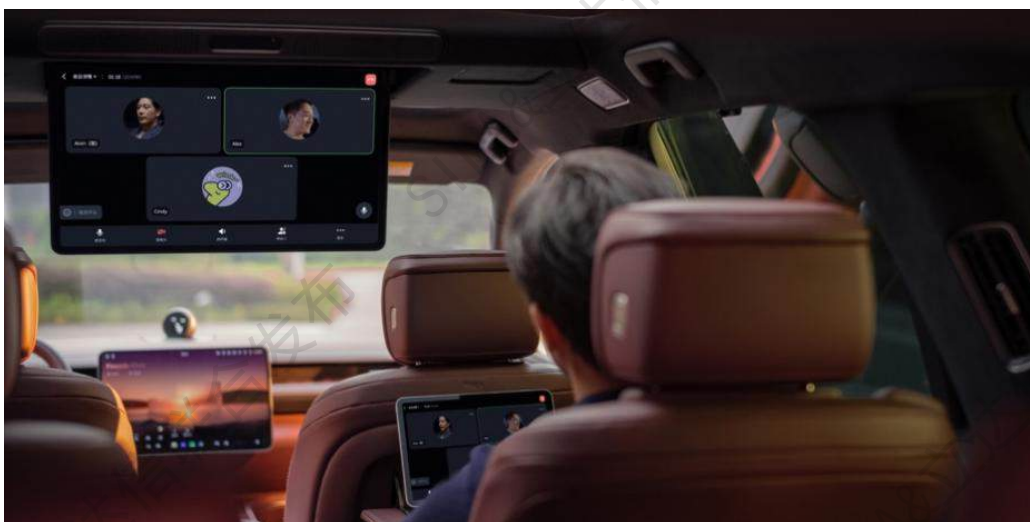


图 4-46 NIO ES8 线上会议（来源：福特）

4) 娱乐场景沉浸：车内音乐电影场景是氛围灯最能发挥优势的场景，四款车型均注重“沉浸式体验”，结合自身配置打造特色光影效果。蔚来 ET5、ET7、ES8 主打豪华影音体验，行驶中播放音乐或电影时，氛围灯随旋律、剧情同步变化，动态流动的光影环绕座舱，色调贴合音乐风格与电影画面，搭配静谧的座舱环境，凸显豪华氛围感；理想 L8、L9 则侧重家庭影音，行驶中播放儿童动画或家庭电影时，氛围灯切换为柔和的彩色光效，节奏舒缓，避免刺激儿童眼睛，贴合家庭用户需求。



图 4-47 AITO M9、zeekr 009 影院模式和 AVATAR 07 音乐（来源：福特）

5) 小憩场景助眠：行驶途中（尤其长途驾驶间隙、临时停靠时），小憩助眠场景是氛围灯设计的重要应用，大部分车型均围绕“静谧、柔和”核心，打造差异化体验。理想 L8、L9 作为主打家庭与舒适的车型，表现最为突出，行驶中开启小憩模式后，氛围灯自动切换为极暗的暖光，光线柔和不刺眼，配合座椅躺平功能，缓慢呼吸的光影节奏贴合睡眠状态，避免强光干扰；蔚来 ET7、ES8 则侧重豪华休憩感，氛围灯切换为低饱和度的米白色或浅灰色，搭配香氛系统，弱化动态闪烁，仅保留微弱的呼吸光效，凸显豪华静谧感。



图 4-48 ZEEKR 009 冥想模式和 LI AUTO M8 小憩模式（来源：福特）

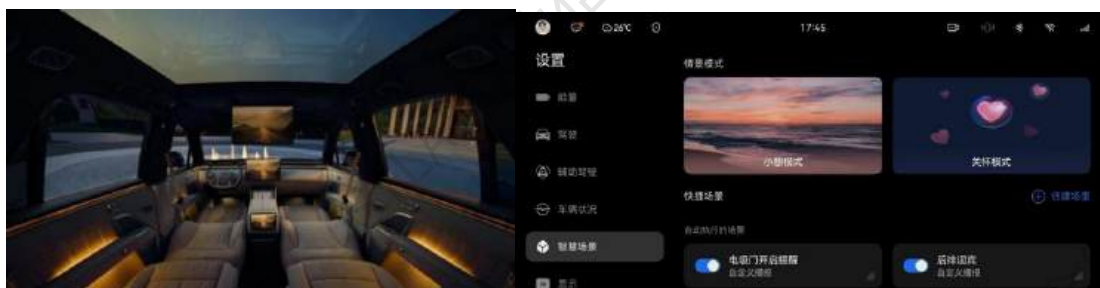


图 4-49 ONVO L60 小憩灯光和小憩模式（来源：福特）

6) 健康场景关怀：健康相关场景的氛围灯设计，核心是“贴合健康需求、缓解疲劳、提示健康状态”。AITO 问界 M9 结合鸿蒙健康系统，行驶中监测座舱空气质量、湿度，氛围灯颜色随健康参数变化，比如空气质量下降时，灯光变为浅橙色提示，空气质量良好时为淡绿色，同时联动座椅按摩，让氛围灯与健康功能深度融合；极氪 009 标配“健康减压舱”功能，首创冥想模式，内置 8 套冥想课程，行驶中开启后，氛围灯联动音乐、座椅振子，切换为柔和的暖光或淡蓝光，缓慢呼吸的光效帮助缓解疲劳、放松身心，同时其座舱通过母婴级安全认证，氛围灯采用低蓝光设计，避免光线伤害眼睛，搭配专属香氛系统，光影与香气结合，

进一步提升健康舒适体验。

7) 创新场景独特：创新场景的氛围灯设计，主要体现四款车型的差异化与前瞻性，打造独特的用车体验。蔚来的创新场景聚焦“豪华仪式感”，行驶中可开启“星空模式”，氛围灯模拟星空光影，搭配座椅按摩，打造移动星空座舱，ET5T 车型还支持光影与车门交互，提升仪式感；理想的创新场景侧重“家庭互动”，行驶中开启“亲子模式”，氛围灯切换为多彩柔和的光效，配合儿童故事播放，灯光随故事节奏变化，贴合家庭用户需求。AITO 问界的创新场景则依托鸿蒙智联，行驶中开启“场景联动”，比如语音指令“我想放松”，氛围灯自动切换为舒缓的暖光，配合座椅调节与香氛，同时联动导航，避免分心。



图 4-50 NIO ES8 化妆灯光和 LI AUTO L9/L8/L7 小主人模式（来源：福特）

4.5.2 应用场景案例亮点或特色

车舱移动照明应用场景案例的亮点或特色主要体现为：场景化情感交互，适配不同场景与品牌调性，如蔚来自定义豪华光效，理想预设家庭模式；阅读场景护眼，独立灯控、语音调节、泛光设计防眩；工作场景专注，灯屏联动、局部补光、无闪烁；娱乐场景沉浸，光影随音乐剧情变化，营造氛围；健康场景关怀，灯色提示健康参数，冥想模式助放松；小憩场景助眠，极暗暖光、呼吸光效贴合睡眠；创新场景独特，星空模式、亲子互动等提升体验。

4.6 本章小结

本章通过丰富的实证案例，全方位展现健康照明在不同场景中的应用成效。首先以教室照明改造为切入点，剖析“9+3”标准布灯方案的技术要点，并对比改造前后的数据变化；接着深入探讨家庭各功能区域的照明设计，包括读写作业用 LED 台灯、LED 护眼落地灯（俗称“大路灯”）等产品的技术特性与实际使用



效果；最后延伸至医疗照明、情绪照明、车舱移动照明等空间的健康照明应用，重点分析针对青少年特殊需求的照明解决方案。

通过本章分析可见，健康照明已在教室、家庭、医院等多个场景成功落地，其效果不仅体现在视力保护上，更对提升学习效率、优化学习体验产生了积极影响。情绪照明与车舱移动照明凭借特定场景下的独特价值，正逐步成为照明领域中新兴且具有发展潜力的细分方向。这一趋势不仅拓展了照明应用的场景维度，也为相关产业的创新发展提供了新的思路与方向。

第五章 产业生态与商业模式

本章节从产业生态与商业模式两个维度，系统剖析健康照明产业的发展现状与未来趋势。通过梳理产业链各环节的构成及相互关系，揭示产业价值的创造与传递路径；同时聚焦行业内涌现的创新商业模式，探讨其如何驱动技术转化、市场拓展与用户价值实现，为行业参与者提供战略参考与实践启示。

5.1 产业链图谱

健康照明产业链由上游芯片/封装、中游灯具制造、下游系统集成及服务端检测认证构成，如图 5-1 所示。上游企业聚焦 LED 芯片研发制造与封装，通过类太阳光谱、多基色混光算法等技术创新，决定中游产品的光效、色温等核心性能。中游制造商整合芯片与电源驱动、散热结构等部件，生产教室护眼灯、家庭智慧照明套装等产品，并开发物联网智能控制系统。下游系统集成商根据学校、住宅等场景需求，将灯具与控制系统、传感器集成，提供方案设计到安装调试的一体化服务。检测认证机构则制定标准，对光谱特性、蓝光危害、频闪等指标进行检测，保障产品质量与市场规范，推动产业健康发展。



图 5-1 健康照明产业链图谱 (来源: SILA)

5.2 创新商业模式

5.2.1 光环境服务商：提供检测-设计-施工-运维全流程服务

光环境服务商以健康光环境需求为核心，构建“检测评估-方案设计-施工交付-运维优化”的商业闭环。首先通过专业团队与光谱仪、照度计等设备，对光照水平、色温、显色指数等关键参数进行现场检测，结合教育、家居、医疗等不同场景标准要求出具诊断报告。基于检测数据提供个性化方案，涵盖灯具选型布局与智能控制系统集成，实现人感控制、自适应调节光环境等功能。方案确定后由专业团队负责安装调试，确保光环境精准呈现。交付后持续提供运维服务，包括定期监测、参数优化、灯具维护及系统升级，形成全周期服务体系，为用户打造健康、舒适、智能的可持续光环境体验。该模式已成功应用于校园健康光环境改造、医院特殊诊疗空间光环境优化等多个领域，凭借全流程一体化服务降低了用户的对接沟通成本，同时依托专业能力保障了光环境的健康指标达标，成为健康照明领域增长较快的商业模式之一，也吸引了不少传统照明工程。

5.2.2 光境智配：家居照明场景化服务商

以“场景体验+产品适配+全程服务”为商业闭环，打造家居照明行业创新服务新范式，重新定义照明消费价值，企业加快向该方向转型布局，如图 5-2 所示。



图 5-2 家居场景化服务-购灯体验示意图（来源：立达信）

（1）场景体验：突破传统陈列模式，实体体验店还原 12 类真实家居场景，通过智能调光系统动态展示不同时段灯光效果；运用 AR 预览工具，用户上传户型图即可生成 1:1 灯光模拟方案，实现“所见即所得”的沉浸式体验。

（2）产品适配：基于计算机视觉技术开发智能顾问系统，分析用户空间照片、生活习惯及风格偏好，自动生成 3 套差异化方案，涵盖灯具选型、光效参数

及预算分配，系统内置 10 万+户型案例数据库，方案准确率达 90%以上。

(3) 全程服务：构建“线上顾问+线下设计师+认证安装团队”服务矩阵，提供 1v1 定制设计、方案报价、一键购齐、专业安装及三年质保。创新推出“灯光效果检测报告”，建立用户档案，提供售后跟踪与光健康提醒，形成服务闭环。该模式将传统灯具销售升级为光环境解决方案服务，解决了消费者选灯痛点，跳出行业低价竞争困局，为家居照明行业零售转型提供创新样本。

5.2.3 服务增值：光健康生态化创新模式

以用户光健康需求为核心，构建“技术研发—场景定制—服务延伸—生态协同”的商业创新模式。

(1) 技术研发：聚焦光源技术、智能控制、健康光谱算法三大领域，联合高校共建实验室，突破类太阳光谱 LED、动态日光效果模拟、眼疲劳监测算法等核心技术，形成底层技术支撑。

(2) 场景定制：针对学生、办公族等人群及教室、居家等空间需求差异，开发模块化解决方案，如集成智能调光、用眼分析、近视预警的智慧教室系统，以及基于人体节律的居家动态光环境方案。

(3) 服务延伸：通过物联网智能设备采集光环境与用户行为数据，建立光健康档案，提供个性化评估报告、用眼建议及定期优化服务，实现从硬件销售到长期服务的转型。

(4) 生态协同：联合眼科机构、教育部门、智能家居云平台构建产业联盟，将医学标准融入产品设计，推广健康照明标准，实现照明系统与家居设备场景联动，形成“硬件+软件+服务+数据”的商业闭环。该模式已在上海部署 2.5 万盏智能灯具，15%为校园定制产品，某护眼台灯凭临床验证成为千元爆款，推动健康照明价值可持续增长。

5.3 本章小结

本章围绕中国健康照明产业全球竞争力提升路径展开探讨，明确了从“产品制造”向“品牌服务”转型的关键意义，并以立达信品牌的创新商业模式为例阐



述实践方向，强调加强品牌文化建设与国际认证对提升全球价值链地位的重要性。同时，提出构建“硬件+软件+服务+生态协同”的完整创新链，通过产学研用协同加速前沿技术转化，为产业竞争力提升提供技术支撑。这些路径的实施，将推动健康照明产业从技术创新、场景融合、产业升级三个维度发力，既为儿童青少年构建更科学、安全的用光环境，也为全球健康照明事业贡献中国智慧与方案。

第六章 挑战与对策

依托第五章对产业生态与商业模式的深度剖析可见，健康照明产业正从传统的“单体效能驱动”加速向“技术融合驱动、应用场景细分、生命周期服务增值”的人因照明（HCL）新范式演进。这一转型为儿童青少年群体的视力发育与身心健康筑牢了产业根基。然而，在向高质量、精准化协同发展的深度跃迁中，产业底层逻辑、核心技术体系及市场渗透路径仍面临结构性挑战，亟待全产业链协同攻克，以推动健康照明产业实现可持续、科学化发展，最终实现未来人工照明：向阳光靠近的愿景^[60]。

6.1 主要挑战

当前，健康照明在儿童青少年领域的全面普及仍面临系统性的“深水区”障碍，主要体现在底层技术瓶颈、行业评价标准缺失及社会公众认知鸿沟三个关键维度。

6.1.1 技术瓶颈

技术瓶颈 1：高保真动态光谱调节精度与系统稳态性

动态光谱调节技术作为健康照明的核心支撑，在实现“全时间轴、全色域自然光谱维度”连续精准控制方面仍存在技术差距。尤其是在模拟复杂的自然光动态特征，以及应对阅读、休憩、高强度协作等跨场景瞬时切换时，系统的动态响应速度与光谱保真度面临严峻挑战，具体表现为：

1) 时域解耦与环境补偿滞后：现有控制算法在处理云层遮蔽导致的“闪变”或瞬时强日光照射等环境光突变时，实时反馈补偿机制存在 0.5 秒至 2 秒的时延。这种时域非同步性会使人工光补偿曲线与天然光衰减曲线出现“锯齿状”失配，易引发睫状肌频繁调节，造成隐性视疲劳。

2) LED 封装一致性与光谱漂移：多波段 LED 封装在光色一致性（麦克亚当椭圆（MacAdam）控制在 $SDCM \leq 3$ 步）和波长峰值稳定性（偏差 $\pm 3\text{nm}$ 至 5nm ）方面仍存在挑战。不同批次 LED 封装的显色品质（ R_1-R_{15} ）与生理刺激效能光谱存在细微差异，叠加温升导致的光谱红移现象，会使输出光谱功率分布（SPD）与健

康目标曲线的适配度出现长期偏差。

3) 高频采样与控制执行协同不足：微型光谱传感器的有效采样频率通常不超过 10Hz，远低于高动态场景的变化需求。在多媒体互动教学等高对比度光环境下，调节系统难以捕捉微秒级照度波动，导致光谱调节出现“瞬时失真”与“台阶感”，破坏光环境的生物学一致性。

4) 跨系统集成度与日光采集复杂性：实现室内“人工光+天然光”的一体化节律平衡，需协同光传感、主动遮阳、动态光谱调控、日光曲线 AI 算法等多套子系统。这种跨协议、多参量的异构系统集成大幅增加了技术耦合复杂度与后期维护成本。

上述技术短板导致动态光谱在模拟自然光“日出-正午-日落”的节律变化时，无法精确复现不同时段光谱的色温、照度及显色指数的协同跃迁，限制了健康照明对儿童青少年视网膜感光细胞的保护作用。

技术瓶颈 2：光生物效应量化评估模型与精准“光处方”

目前，光对视觉健康、节律健康和心理健康的效应研究主要停留在“群体平均效应”层面，缺乏面向个体的光剂量-效应精准模型。主要体现为：

1) 非视觉效应的阈值模型缺失：尽管已知黑视素等效日光照度（mel-EDI）是调节昼夜节律的关键因子，但学术界尚未确立不同年龄段，尤其是眼部发育敏感期的学龄儿童，在不同暴露时长下，mel-EDI 变化量与生理指标（如皮质醇波动、入睡潜伏期）之间的非线性映射函数。

2) 个体差异化的数字化表征难度：受限于眼球生物参数（晶状体透射率、屈光储备）及个体时钟基因（如“云雀型”或“猫头鹰型”）的显著差异，现有照明方案往往无法提供“千人千面”的精准服务。

3) 全场景数据链路的断层：建立临床级“个性化光处方”系统，需要集成可穿戴光剂量传感器（客观记录全天候累计光暴露历史）^[61]、实时节律评估算法及基于大数据预测的健康结局模型。目前，硬件的微型化低功耗化、算法的临床回归验证及跨时空数据挖掘仍处于起步阶段，尚未形成成熟的闭环技术生态。

6.1.2 标准缺失：节律、情绪、光疗愈等新兴应用领域的评价体系空白

健康照明正由“视觉安全”向“生物健康”深层迭代，但在节律调控、情绪干预、光疗愈等高价值领域，评价体系尚处空白。具体体现如下：

1) 节律与情绪评价的客观化难题：对于节律照明，缺乏覆盖全龄段、全作息模式的量化测试标准（如针对不同课业强度的节律刺激值 CS 分级）；在情绪照明领域，对“愉悦度”、“专注度”的评估主要依赖主观问卷，缺乏基于脑电（EEG）、心率变异性（HRV）及皮肤电响应的客观生理评价标准与分级阈值。

2) 光疗愈照明的医学验证缺失：针对近视防控、季节性情感障碍（SAD）及失眠症状的“光干预”方案，缺乏标准化的有效性验证规程与安全阈值。这种评价维度的单一性，导致市场中“光疗”概念被滥用，宣称功能与实际生理增益之间存在显著偏差。

3) 产业竞争秩序的不确定性：标准的缺失导致下游厂商在产品定义与营销口径上各行其是，造成消费者辨识难度加大。这不仅弱化了技术创新者的竞争优势，也可能导致行业陷入“劣币驱逐良币”的价格战旋涡，阻碍了产业向规范化、价值化方向演进。

6.1.3 认知差距：家长光健康知识普及率不高

大众普遍将照明的核心功能简单定义为“照亮空间”，对健康照明在调节生理节律、改善情绪状态、提升学习工作效率等方面的深层价值认知严重不足。部分消费者甚至将“护眼灯”等同于健康照明的全部，对其防蓝光、无频闪等基础功能存在过度依赖，却忽视了光谱连续性（接近自然光的程度）、照度均匀性、色温动态适配等更为关键的健康指标。这种认知上的局限性直接导致健康照明产品的市场接受度与实际需求潜力不匹配，许多具备先进健康功能的照明产品因消费者认知不足而难以打开市场，制约了行业向更高端、更精准的健康照明领域发展。

6.2 发展对策

本章立足于系统工程视角，从顶层政策驱动、核心技术攻关、评价标准构建及社会科普赋能四个关键维度，深度解构并系统阐述儿童青少年健康照明产业的

转型对策。通过构建“多方协同、创新引领、规范治理”的实施路径，旨在全面提升我国校园及居家光环境的质量能级。

6.2.1 政策层面：构建健康光环境“全周期”协同治理机制

针对当前健康照明推广中存在的政策碎片化、资金分散化等痛点，应通过顶层设计实现从“单一改造”向“系统治理”的战略跨越：

（1）建立跨部门协调机制。建议由教育部督导委员会或全国综合防控儿童青少年近视工作联席会议牵头，将“健康光环境建设”纳入联席工作议程，协调教育部、国家卫健委、市场监管总局、住建部和工信部形成政策合力。

（2）纳入公共卫生投入体系。参照“校园安全改造”、“营养改善计划”等先例，将中小学健康照明改造纳入中央和地方财政公共卫生支出科目，设立专项转移支付资金，向中西部和农村地区倾斜。

（3）出台“健康照明”产品标识管理办法。建议由市场监管总局牵头制定“儿童青少年健康照明”产品认证标识制度，设定可量化的准入阈值（涵盖光谱品质、节律友好度和安全性等多维度），对不符合标准但宣称“护眼”、“健康”的产品加大违规处罚力度。

（4）将光疗愈研究纳入国家重点研发计划。光环境对儿童青少年心理健康的干预效果需要严格的随机对照试验（RCT）验证，研究周期长、投入大，依靠市场自发投入不可持续。建议在“主动健康和人口老龄化科技应对”或“社会治理与智慧社会”等国家重点研发计划中，增设“光与儿童青少年心理健康”专项课题。

（5）大科学装置与长期队列：支持开展大规模、长周期的 RCT 及纵向队列研究，攻克光健康效应在非视觉层面的量化难题。通过国家投入引导科研机构与领军企业深度共建“转化医学平台”，确保从“基础研究”到“产业应用”的原始创新链路畅通。

6.2.2 技术层面：突破动态光谱调节核心技术与 AI 闭环控制核心技术

实施路径：依托国家级研发平台，整合高校、顶尖科研院所及行业领军企业的创新资源，设立“光健康”领域国家重点研发专项，通过政产学研用深度融

合，聚焦于攻克以下三大核心技术高地：

(1) 高保真类太阳光谱 LED 芯片制备技术与光色精准拟合。重点攻克基于紫光芯片激发的类太阳光谱 LED 制备工艺。通过多激发源耦合技术，精准补全 400nm~420nm（近紫外/长波紫光）、680nm~780nm（深红/近红外）的有益生理波段，使室内人工光源在光谱功率分布（SPD）维度上高度契合自然光。目标实现可见光全波段光谱拟合度误差控制在 $\pm 3\%$ 以内，并维持色彩逼真度（Rf）与色彩饱和度（Rg）的高一致性，从源头解决传统光源的光谱缺失与节律失配问题；

(2) 基于多维生理指标的动态“光配方”大数据模型构建。跨越单一的照度调节，建立覆盖儿童青少年、办公族、中老年等全龄段、全场景的动态光谱数据库。通过长周期的临床实验，构建包含色温（CCT）、黑视素等效照度（mel-EDI）、节律刺激值（CS）在内的多参数复杂模型。该模型旨在界定不同光环境下个体生理指标（如入睡潜伏期、专注度指数、视疲劳分级）的非线性响应曲线，为“精准化光处方”的生成提供底层逻辑支撑；

(3) 智感协同的 AIoT 自适应照明系统集成与边缘决策。开发深度集成 AI 算法与物联网技术（AIoT）的智能控制终端。利用多模态感知器实时采集环境光强度、空间色度及人员动线数据，实现 100lx~1200lx（甚至更高范围）的无极平滑调光。通过边缘计算与预测算法，将系统响应时延优化至 ≤ 0.2 秒（低于人类视觉感知的临界值），确保光谱转换的瞬时性与稳定性，实现在不同学习/生活场景下的无感、自适应调节。

(4) 核心技术闭环：聚焦“感知-决策-执行”的全链条突破 针对当前行业存在的动态调节精度不足及健康评估模型缺失的痛点，应构建闭环反馈体系：

1) 精准感知层：引入非接触式眼生理指标监测（如瞳孔缩放速率、视网膜微循环波动）与唾液褪黑素分泌水平监测，作为光健康效应的实时反馈数据源。

2) 智能决策层：建立光健康性能评价指标与人体生理反馈的映射量化模型，利用深度学习技术不断训练并修正“光暴露-健康结局”算法模型。

3) 高效执行层：通过高频率驱动器与分布式控制网络，确保指令的精准下发，最终加速具有医学实证支持的健康照明技术实现产业化落地，完成从“物理照明”向“生物光疗”的跨越。

6.2.3 标准建设：构建全领域评价体系

为改变健康照明领域“定义模糊、评价无依”的现状，应联合全国照明标准化技术委员会、行业协会及领军企业，组建跨学科、跨领域的标准化工作组。重点攻克视觉健康（动态光谱稳态）、节律照明（分年龄段非视觉效应参数指标）、情绪照明（基于神经生理响应的客观评价维度）及光疗愈照明（安全性阈值、生物剂量控制与长期干预效果指标）的统一标准，填补行业规范空白。



图 6-1 构建全域标准评价体系示意图（AI 生成）

(1) 构建多级联动监管体系：建立“省级战略抽检 + 地市级常态化巡检 + 学校/机构日常自检”的三级闭环监管网络。将光健康关键指标（如蓝光溢出率、节律刺激值、照度均匀度）强制纳入产品准入评价体系，通过权威第三方认证机制淘汰落后产能，规范市场秩序。

(2) 数字化标准管理平台：开发光健康标准云端管理系统，整合产品生命周期的认证信息、检测报告及运维记录，实现质量溯源数字化。针对家庭、智慧教室、图书馆、员工宿舍等垂直应用场景，细化实施指南，明确从安装规范、光环境验收、维护频率到健康效益评估的全流程操作方法，确保标准的落地性与科

学性。

(3) 提升国际标准化参与度：深度参与 ISO、CIE 等国际组织活动，推动我国在人因照明、近视防控光谱研究等领域的领先成果转化为国际标准。通过输出“中国方案”，提升我国照明产业在全球价值链中的国际话语权与技术软实力。

6.2.4 科普宣传：构建精准化、场景化的全民光健康素养提升路径

针对当前光健康领域存在的“认知断层”与“概念泛化”挑战，需打通科普落地的“最后一公里”。

(1) 全方位科普传播矩阵：开展“光健康家校联动”专项工程，利用数字化载体（如 3D 动画、VR/AR 沉浸式体验）生动解析光环境对视网膜发育、内分泌系统及睡眠质量的影响机理。通过“健康照明示范区”建设，让家长与教育工作者直观体验动态节律光对注意力提升与情绪调节的显著增益。

(2) 科学用光理念引导：重点普及“1+1 阳光房”（高光谱连续性吸顶灯+大路灯）的集成用光方案，纠正“防蓝光即健康”的认知误区，引导消费者关注光谱完整度、显色指数分布等深层健康指标。

(3) 建立良性认知循环：联动教育管理部门将光健康常识融入《中小学卫生与健康教育》课程，开发针对青少年的“生物钟探索”互动实验，从源头培养科学用光习惯。最终实现从“盲目选购”到“专业识别”，再到“科学实践”的国民素养升维。



图 6-2 光健康领域科普宣传示意图（AI 生成）

6.2.5 产业链协同：驱动健康照明价值链的系统性跃迁

“产业链协同”是实现健康照明由产品制造向生态服务转型的核心机制，涵盖创新、供应、价值、人才四大链条的深度融合：

(1) 创新链融合：建立“光-医-教”跨界协同创新中心。由照明头部企业、三甲眼科/精神科医院、重点高校光电工程和教育学院联合组建产学研医协同创新中心，共同承担面向儿童青少年的光健康基础研究、产品开发和临床验证任务。通过共建真实校园环境下的“健康光环境实验教室”，在严格伦理审批下开展长期追踪人因研究，为标准制定、近视防控循证指南^[62]和产品迭代提供第一手数据。

(2) 供应链升级：构建全场景智能照明解决方案生态。推动照明企业从“卖灯具”向“提供光环境解决方案”转型，联合建筑设计院、智能控制企业、传感器企业形成产业联盟，提供涵盖“光学设计→硬件部署→智能控制→运维服务→效果评估”全链条的交钥匙方案，降低学校和家庭用户的采购和使用门槛。

(3) 价值链重构：探索“光健康服务”商业新模式。借鉴健康管理行业经验，探索“照明即服务”（LaaS: Lighting as a Service）模式——学校无须一次性购买灯具，而是按月/年支付服务费用，由服务商负责设备安装、运维、系统升级和健康效果跟踪，将资本开支转化为运营开支，降低学校资金压力的同时确保系统长期运行于最优状态。

(4) 人才链支撑：培养复合型光健康人才。在高校光电工程和照明工程专业课程中增设“光生物学”、“非视觉照明”和“光与人因工程”方向；面向照明行业从业人员开展“健康照明”继续教育和职业认证，培养兼具光学工程和生命科学素养的复合型技术人才队伍。

综上所述，通过技术突破、标准统一、认知提升和产业链协同推进，构建覆盖家庭、学校、公共空间的全场景健康光保障网络。

6.3 本章小结

本章系统性地梳理了健康照明从理论探索到产业落地的全路径蓝图。面对技术深水区、标准空缺及认知壁垒，行业必须以“非视觉效应”为底层逻辑，以 AI 智能控制与大数据决策为核心手段，通过“光-医-教”跨界深度合作，构建覆盖



全生命周期的健康光保障网络。这不仅是照明技术的升维跃迁，更是人类文明在数字化时代向“自然节律”与“生命本源”回归的必然选择。



参考文献

- [1] 教育部等八部门关于印发《综合防控儿童青少年近视实施方案》, [EB/OL]. (2018-8-30), http://www.moe.gov.cn/srcsite/A17/moe_943/s3285/201808/t20180830_346672.html.
- [2] 教育部等十五部门关于印发《儿童青少年近视防控光明行动工作方案(2021—2025年)》, [EB/OL]. (2021-4-28). https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-05/11/content_5605840.html
- [3] 国家疾病预防控制局 中小学校教室采光和照明卫生标准: GB 7793-2025 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2025
- [4] 中华人民共和国国家卫生健康委员会 儿童青少年学习用品近视防控卫生要求: GB 40070—2021 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2021
- [5] 全国照明电器标准化技术委员会 消费品质量分级 照明产品: GB/T 45515-2025 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2025.
- [6] 上海浦东智能照明联合会 家庭教育场景健康光环境技术规范: T/SILA 019—2024 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- [7] Cougnard Gregoire A, Aslam T, et al., Blue light exposure: ocular hazards and prevention—A narrative review. [J]. Ophthalmology and Therapy, 2023, 12, p755 - 788.
- [8] KA Rose, IG Morgan, P Mitchell, et al. Outdoor activity reduces the onset of myopia in children. Ophthalmology, 2008, 115(8):1279-85
- [9] 叶盛, 刘盛鑫, 曹永军, 等. 天津市中小学校教室照明现状与学生视力的相关性[J]. 中国学校卫生, 2018, 39(1), 13-15.
- [10] 董彦会, 刘慧彬, 王政和, 等. 2005—2014年中国7~18岁儿童青少年近视流行状况与变化趋势. 中华预防医学杂志. 2017;51(004):285-9.
- [11] 沈英琪, 许建兴, 线亚威, 等. 学校教室照明情况调研分析[J]. 教育装备与研究, 2018(6):7-15.
- [12] 蒋思彬、王政和、许建兴、马军等, 教室灯光改造对中小學生視力及視力不良的影響,



- [J] 照明工程学报, 2019, 30(3), 15-18
- [13] 中国睡眠研究会, 《2022 中国国民健康睡眠白皮书》, [B]浙江教育出版社, 2022-3-17
- [14] 中国科学院心理研究所, 《中国国民心理健康发展报告(2019-2020)》, [B]社会科学文献出版社, 2021-1.
- [15] 国际电工委员会(IEC), IEC 62471:2006 Photobiological safety of lamps and lamp systems, [S] IEC, 2006
- [16] 全国照明电器标准化技术委员会 应用 GB/T 20145 评价光源和灯具的蓝光危害: GB/Z 39942-2021 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2021
- [17] 全国照明电器标准化技术委员会 普通照明用设备 闪烁特性 光闪烁计测试法: GB/T 42064-2022 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2022
- [18] 全国照明电器标准化技术委员会 普通照明用设备 频闪效应 客观试验方法: GB/Z 45064-2024 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2024
- [19] 全国照明电器标准化技术委员会 光的人眼非视觉生物效应作用剂量: GB/T46119-2025 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2025
- [20] 中国照明电器协会 《2023 中国照明产业发展白皮书》, [B]中国照明电器协会, 2024-7.
- [21] 前瞻产业研究院 2025-2030 年全球及中国健康照明行业发展前景展望与投资战略规划分析报告, [B]前瞻产业研究院, 2024
- [22] 尚普咨询集团 中国健康照明行业白皮书, [B]尚普咨询, 2026
- [23] 上海市静安区人民政府 灯光升级, 近视率下降 1.33 个百分点 市政协委员还建议: 合理科学开展户外体育运动, 降低青少年近视发生率, [EB/OL].
<https://www.jingan.gov.cn/rmtzx/003008/003008003/20240705/8d1b562a-52e7-4108-b5a3-c39da0cc8118.html>
- [24] Bao JY, Zhang YT, Ge LY, et al. Effect of full spectrum indoor lighting on myopia progression in school-aged children: a prospective cohort study. [J] Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, .2026,

- [25] 中国医学装备协会眼科专业委员会视觉功能与视觉工效评估学组. 儿童房照明健康的专家共识(2024) [J]. 中华眼科医学杂志, 2024, 14(1):62-64.
- [26] Xiangui He, Jun Chen, Xun Xu et al. Time outdoors in reducing myopia: A school-based cluster randomized trial with objective monitoring of outdoor time and light intensity [J]. Ophthalmology. 2022;S0161-6420(22)00483-3.
- [27] 深圳市照明与显示工程行业协会,《2022 中国教育照明行业白皮书》,2022.
- [28] 中国教育装备行业协会 《中国教育装备行业蓝皮书(2024 版)》[B]中国大百科全书出版社, 2025-1
- [29] 搜狐科技. 2025 年护眼灯厂家研发投入占比分析: 谁是真正的技术驱动者? .
- [30] 中国教育装备行业协会, 中小学教室照明改造实施情况调研报告, 2023
- [31] 中共中央国务院,“健康中国 2030”规划纲要(2016), [Z], 2016-10-25 印发.
- [32] 教育部办公厅, 于进一步加强中小学生睡眠管理工作的通知(2021) (教基厅函〔2021〕11 号). [Z], 2021-03-30 印发.
- [33] 教育部办公厅, 关于加强学生心理健康管理工作的通知 (教思政厅函〔2021〕10 号). 2021-07-07 印发.
- [34] 发展改革委、教育部等, 关于印发《“十四五”公共服务规划》的通知 发改社会〔2021〕1946 号[Z]. 2021-12-28
- [35] 国家市场监督管理总局, 读写台灯等 5 种网售产品质量国家监督抽查情况通报, 2023.
- [36] 郝洛西, 曹亦潇. 光与健康: 研究 设计 应用 [M]. 上海: 同济大学出版社, 2021.
- [37] 郝洛西. 全球重构下的光与照明: 热点与趋势、变革与对策 [J]. 照明工程学报, 2020, 31 (6): II - III
- [38] 侯丹丹, 罗明, 郝洛茜, 林燕丹 人体健康评价方法在光环境研究中的适用度分析, [J] 照明工程学报, 2021, 32 (3), 76-93
- [39] 郝洛西; 曹亦潇; , 面向人居健康的光环境循证研究与设计实践, [J] 时代建筑,

2020, 5, 22-27

[40] 郝洛西, 曹亦潇, 汪统岳. 旨在节律和情绪改善的健康照明研究与应用 [J]. 灯与照明, 2019, 43(1): 6-10.

[41] 邵戎镒, 曹亦潇, 郝洛西. 基于 Meta 分析的睡眠环境照明策略研究 [J]. 照明工程学报, 2023, 34(1): 56-67.

[42] 黄滢滢. 基于眼部照度的节律照明研究 [D]. 上海: 同济大学, 2020.

[43] Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light, CIE S 026/E:2018[S] CIE 2018

[44] Lucas, R. J., Peirson, S. N., Berson, D. M. et al. . Measuring and using light in the melanopsin age. Trends in Neurosciences, [J] 2014, 37(1), 1-9.

[45] 庄晓波、朱华荣等 面向健康照明的光品质标准进展评述——视觉篇 [J]照明工程学报, 2023, 34(6): 18-31

[46] 国家半导体照明工程研发及产业联盟. 健康照明标准进展报告: T/CSA/TR 007 [S].

[47] Maghfour J, Ozog DM, Mineroff J, et al. Photobiomodulation CME part I: Overview and mechanism of action [J]. Journal of the American Academy of Dermatology, 2024, 91(5): 793-802.

[48] 陈友三 面向青少年的教育照明技术发展现状及趋势分析[J]. 中国照明电器, 2024(11): 1-8

[49] Chajuan Liu, Yunqiao Li, Qiang Liu, et al. Emotional responses to colored lighting in realistic environments: The role of hue, saturation, and contextual moderators. [J] Building and Environment, 2025, 285, 113441.

[50] Xuejiao Li, Ruili Wang, Mincheol Whang, Designing light for emotion: A neurophysiological approach to modeling effective responses to the interplay of color and illuminance. [J] Biomimetics, 2025, 10(10), 696.

- [51] Chenxi Wang, Qiang Yu, Min Lu, et al. Challenges and opportunities in next-generation LED therapeutic devices[J]. *Light: Science & Applications*, 2025, 14(11): 3352-3376.
- [52] Joshi S, Mapi G, Murray G. Efficacy of bright light therapy in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*, 2023, 322: 129-142.
- [53] 赵建平, 王书晓, 高雅春. 健康照明应用研究发展与展望[J]. *科学通报*, 2022, 65(4): 300-310.
- [54] Meng Xuan, Zhuoting Zhu Mingguang He et al. Longitudinal changes in choroidal structure following repeated low-level red-light therapy for myopia control: secondary analysis of a randomized controlled trial [J] *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, 2023, V12(4), P377-383
- [55] Yanxian Chen, Yue Wu, Mingguang He et al. Efficacy of red light for myopia control from age 2 to 24 with diverse treatment periods: A real-world study. [J] *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 2026,
- [56] 陈军、陈友三、何鲜桂等 类太阳光谱 LED 照明对儿童青少年视网膜血流灌注影响的随机对照临床试验 [J] *中国学校卫生*, 2022, 43 (3) : 338-344
- [57] 马永墩, 陈友三 基于 AIoT 技术驱动的智能照明节能低碳策略研究[J]. *中国照明电器*, 2026 (3) : 40-48
- [58] 马永墩, 陈友三 基于 AIoT 技术驱动的智能照明系统研究[J]. *中国照明电器*, 2026 (6) : 15-22
- [59] Fernandez D C, Fogerson P M, Lazzerini Ospri L, et al. Light affects mood and learning through distinct retina-brain pathways. *Cell*, 2018, 175(1): 71-84.
- [60] 瞿佳, 未来人工照明: 向阳光靠近——人工智能照明与视觉健康, [J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2017, 19(9), 513-517

- [61] Brown T , Brainard G , Cajochen C , et al. Recommendations for daytime, evening, and nighttime indoor light exposure to best support physiology, sleep, and wakefulness in healthy adults[J]. PLoS Biology, 2022, 20.
- [62] 中华预防医学会儿少卫生分会视觉健康（近视防控）学组，中国儿童青少年近视防控循证指南（2026年）[J]. 中华眼科医学杂志, 2026, 62(6):406-424
- [63] 许巧云 暗视觉下视网膜蓝光危害及非视觉生理效应评价研究 [J] 工作探讨, 2025, 24(6) 94-98
- [64] 陈宗嘉,许巧云,徐国长 适老 LED 应用产品光健康评价研究 [J]. 中国照明电器,2024(12): 42-45
- [65] 陈燕达,屠彦,贺亚光等 视疲劳状态下的生理指标研究 [J]. 电子器件, 2015, 38(6): 1245-1248
- [66] 郝洛茜,曹亦潇,崔哲等 光与健康的研究动态与应用展望 [J]. 照明工程学报,2017, 28(6): 1-15, 23
- [67] 国家半导体照明工程研发及产业联盟. 健康照明标准进展报告: T/CSA/TR 007—2026 [S]
- [68] Peebles L. The surprising science behind red-light therapy - and how it really works [J]. Nature, 2026, 651:871-874.
- [69] A. Landvreugd1, M. G. Nivard1, M. Bartels, The Effect of Light on Wellbeing: A Systematic Review and Meta-analysis [J], Journal of Happiness Studies, 2025 ,26:1-22
- [70] 吕克.施兰根, 卢克.普莱斯 照明环境、计量与非视觉效应 [J]. 照明工程学报, 2023, 34(6): 1-17

附录 A：名词术语与缩略符号对照表

相对光谱功率分布 (SPD)

相关色温 (CCT)

类太阳光谱拟合度系数 (e (GFC))

色容差 (SDCM)

一般显色指数 (Ra)

特殊显色指数 (R9)

颜色保真度指数 (Rf)

相对颜色偏好度指数 (MCPIr)

相对颜色分辨力指数 (CDMr)

蓝光危害豁免级 (RG0)

亮度 (L)

亮度均匀度 (UL)

勒克斯 (lx)

照度均匀度 (U0)

统一眩光值 (UGR)

闪烁(MD)

频闪效应(P_{st}^{LM})

频闪效应可视度 (SVM)

电磁兼容 (EMC)

视交叉上核 (SCN)

短波视锥体响应 (S-cone)

中波视锥体响应 (M-cone)

长波视锥体响应 (L-Cone)

内在光敏视网膜神经节细胞 (ipRGCs)

黑视素等效日光照度 (mel-EDI)

视黑素等效照度 (EML)

节律刺激值 (CS)

节律光效比 (M/P)

光生物效应日累积量 (DCLA)

视黑素响应日光 (D65) 效率(mel-DER)

人工智能 (AI)

物联网 (IoT)

光生物调节疗法 (PBM)

光动力疗法 (PDT)



眼轴增长（AL）

等效球镜度（SER）

黄斑中心凹下脉络膜厚度（SFCT）

脑电图（EEG）

心电图（ECG）

额叶皮层（FMT）

额叶皮层（FMT）

高频（HF）

标准差（SDNN）

多导睡眠图（PSG）

汉密尔顿抑郁量表（HAMD）

贝克抑郁自评量表（BDI）

贝克抑郁自评量表（BDI）

光生物调节（PBM）

季节性情感障碍（SAD）

阿尔茨海默病（AD）

缺陷多动障碍（ADHD）

创伤后应激障碍（PTSD）

心率变异性（HRV）

随机对照试验（RCT）

国际照明委员会（CIE）

国际电工委员会（IEC）

国际标准化组织（ISO）

美国安全检测实验室（UL）

中国质量认证中心（CQC）

中国强制性产品认证（CCC）

照明即服务（LaaS）

复合增长率（CAGR）



附录 B：护眼环境自检清单

B.1 教室照明达标自检清单（依据 GB 7793—2025）

适用对象：普通中小学教室、校外培训机构教学场所

实施时间：2026 年 11 月 1 日起为强制性标准

检测工具建议：照度计、光谱仪分析仪、亮度计、频闪测试仪

B.1.1 基础照明性能检测

检查项目	标准要求	是否达标 (✓/×)	备注
课桌面维持平均照度	$\geq 300 \text{ lx}$		1m*1m 取样点，测量点不少于 9 个，取平均值
课桌面照度均匀度	≥ 0.7		(最小照度/平均照度)
黑板面维持平均照度	$\geq 500 \text{ lx}$		0.5m*0.5m 取样点，测量点不少于 9 个，取平均值
黑板面照度均匀度	≥ 0.8		(最小照度/平均照度)
统一眩光值 (UGR)	≤ 19		亮度计 UGR 越低，视觉舒适度越高

B.1.2 灯具质量参数核查

检查项目	标准要求	是否达标 (✓/×)	检测方法参考
光源相关色温	3300K~5300K		使用光谱测量仪现场检测
一般显色指数 R_a	≥ 80		R_a 反映颜色还原能力，越高越真实
LED 灯具特殊显色指数 R_9	> 0		R_9 代表红色还原能力，影响教材图示辨识
蓝光危害等级	一般照明灯具应为 RG0（无危害级）		优先选用 RG0 产品

B.1.3 灯具安装与使用规范

检查项目	规范要求	是否合规 (✓/×)	安装要点
灯具悬挂高度	距课桌面不低于 1.7 米		防止学生直视光源造成眩光
灯管排列方向	长轴垂直于黑板面布置		减少黑板反射眩光，提升视觉稳定性
是否采用裸灯	不得使用裸露光源		必须配备格栅、扩散板等控光装置



吊扇教室灯具位置	灯具发光面应低于吊扇叶片		避免扇叶旋转产生频闪效应
后排学生视野	不应看到前方灯具的光源或发光面		可通过遮光角设计或调整角度实现

B.1.4 增健康与节能指标（新国标新增重点）

检查项目	强制性要求	是否达标（√/×）	技术说明
光输出波动深度	不大于表 4 限值		衡量频闪程度，过大会引发视觉疲劳
闪变指数（PLM _{st} ）	≤1		新增量化指标，用于评估低频闪烁风险
频闪效应可视度（SVM）	≤1		SVM>1 时人眼可感知闪烁，影响专注力
照明功率密度（LPD）	≤8 W/m ² （目标值）		节能与照明质量兼顾，推动绿色校园建设
书写板照明控制装置	应具备独立调光或降光功能		支持多媒体教学时灵活调节亮度

B.1.5 采光与环境协同评估（辅助项）

项目	要求	检查方式
窗地面积比	≥1:5	查阅建筑设计图纸或实地测量
采光均匀度	≥0.7	结合自然光条件下多点照度测量
冬至日满窗日照时间	≥2 小时	可通过模拟软件或历史数据估算
外窗玻璃可见光透射比	≥0.40	使用专业仪器检测或查阅材料参数
室内表面反射比	顶棚 0.7~0.8，墙面 0.5~0.7，地面 0.2~0.3	影响整体光环境柔和度，避免强反光

B.1.6 使用建议

- 1) 定期巡检机制：建议每学期至少开展一次全面检测，重点关注照度衰减、灯具老化、积尘影响等问题。
- 2) 数据记录存档：使用电子表格或专用 APP 记录每次检测结果，形成教室照明健康档案。
- 3) 优先改造重点区域：对使用年限超过 5 年的灯具、未安装黑板灯、存在明显眩光或频闪的教室优先更换。
- 4) 智能照明预留接口：在新建或改造项目中，考虑接入智能调光系统，实现与自然光联动、分场景控制等功能。

B.2 家庭护眼环境自检清单

B.2.1 光环境

B.2.1.1 自然光利用

- ☐ 书桌是否靠窗布置（非写字手侧）
- ☐ 是否使用透光窗帘避免阳光直射书本
- ☐ 阴天/黄昏时是否开启顶灯补光

B.2.1.2 人工照明

- ☐ 是否采用“顶灯+台灯”双光源模式
- ☐ 台灯是否通过国家 3C 认证
- ☐ 台灯光照度是否达 AA 级标准
- ☐ 色温是否控制在 4000K 左右（暖白光）
- ☐ 手机摄像头检测无频闪波纹

B.2.1.3 夜间用光

- ☐ 睡前 1 小时是否关闭电子设备
- ☐ 是否使用小夜灯替代主照明
- ☐ 夜间阅读时是否开启环境光源

B.2.2 用眼距离与姿势

B.2.2.1 屏幕使用

- ☐ 电视距离 = 屏幕尺寸×6 倍
- ☐ 平板距离 $\geq$ 屏幕尺寸×3 倍
- ☐ 是否遵循“20-20-20”用眼法则

B.2.2.2 读写姿势

- ☐ 书本与眼睛距离 $\geq 30\text{cm}$
- ☐ 胸口离桌沿一拳距离
- ☐ 手指离笔尖一寸距离
- ☐ 是否使用阅读支架保持 15° 倾斜

B.2.3 家具配置

B.2.3.1 桌椅适配

- ☐ 桌椅高度可随身高调节
- ☐ 坐姿时大腿与地面平行
- ☐ 桌面照度是否 $\geq 300\text{lx}$ （可用照度计检测）

B.2.3.2 屏幕摆放

- ☐ 电脑屏幕中心低于眼睛水平线 10-15cm
- ☐ 屏幕无反射眩光

B.2.4 用眼习惯

B.2.4.1 户外活动

- ☐ 每日户外活动是否 ≥ 2 小时
- ☐ 是否包含 10:00-16:00 黄金时段

B.2.4.2 用眼节奏

- ☐ 连续用眼是否 ≤ 40 分钟
- ☐ 课间是否远眺 6 米外景物

B.2.5 辅助工具

B.2.5.1 监测设备

- ☐ 是否配备照度计检测桌面亮度
- ☐ 是否使用防蓝光检测卡

B2.5.2 防护用品

- ☐ 是否配备遮光罩台灯
- ☐ 屏幕是否贴防眩光膜

B.2.6 环境优化

B.2.6.1 色彩搭配

- ☐ 墙面是否使用哑光浅色系
- ☐ 书桌是否避免高反光材质



B.2.6.2 通风条件

☐ 是否保持空气流通

☐ 是否使用加湿器维持湿度 40%-60%

B.2.7 操作说明:

- 1) 每月进行一次全面检查;
- 2) 在 ☐ 打“√”或“×”;
- 3) 勾选“×”的项目需立即整改;
- 4) 重点监测项: 桌面照度、用眼距离、户外时长;
- 5) 建议搭配使用手机 APP (如“光环境检测”) 辅助测量。

附录 C：产业链重点企业产品信息及应用示例

C.1 立达信

C.1.1 立达信简介

立达信（股票代码:605365）是一家深耕照明领域二十余年的全球化企业，秉持“立己达人，信以致远”的理念，致力于以“光”为媒介，为全球用户提供健康、舒适的生活方式。凭借“国家卓越级智能制造工厂”的硬核实力，已连续多年蝉联中国 LED 照明产品出口量第一。集团旗下原创艺术灯具品牌“一灯一世界”，以“做一盏温暖人心的灯”的初心，将传统工艺融入当代设计，以东方光影美学传递文人气质，探索人与自然、时间、居所的关系；集团旗下护眼灯具品牌“立达信”，致力于把“接近太阳光，够亮不刺眼”的优质好光从学校带入千家万户，为人们提供高颜值的舒适的空间光环境。

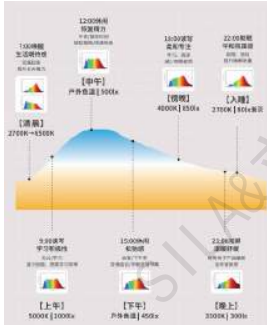
C.1.2 立达信萤火虫美学智能护眼系列产品介绍



图 c.1 萤火虫系列产品应用场景示意图

表 C.1 萤火虫系列护眼照明产品简介

产品系列	产品图片	产品特点	应用领域及案例
萤火虫护眼客厅吸顶灯		-高颜值造型，百搭而不失质感； -多层光设计，多场景使用，打造客厅层次感； -1800K 温馨黄光，温暖休息时光，点亮深	家居护眼照明场景

产品系列	产品图片	产品特点	应用领域及案例
		夜氛围感。	
萤火虫（FX） 护眼落地灯		-高精度智能调光，实时匹配环境照度 动态光因子：基于场景，随时随地调节灯头色温和亮度，保证活动面光照始终舒适健康。 场景光配方：根据所在位置拟合日光曲线，平衡人体生理节律，让孩子白天更专注，晚上更好睡。 	家居护眼照明场景
萤火虫护眼吸顶灯		- 高颜值造型，百搭而不失质感； - 多层光设计，多场景使用，打造空间层次感； - 1800K 温馨颜值小夜灯，打造睡前氛围。	家居护眼照明场景
萤火虫成长灯		- 高颜值造型，百搭而不失质感； - 多层光设计，多场景使用，打造空间层次感； - 1800K 温馨颜值小夜灯，打造空间氛围。	家居护眼照明场景
萤火虫吊灯 D56		- 高颜值造型，百搭而不失质感； - 多层光设计，多场景使用，打造空间层次感； - 1800K 温馨颜值小夜灯，打造睡前氛围。	家居护眼照明场景

产品系列	产品图片	产品特点	应用领域及案例
萤火虫餐吊灯		- 多种光配方（用餐、学习、休闲、烛光等），让餐厅秒变书房、咖啡厅或派对现场； - 多路光超广角设计，照亮 1.4-1.8 米桌边和 10 m² 空间，用眼不疲劳； - 防眩设计，充分考虑人体工学，坐位、站立直视灯头不刺眼； - 1800K 温暖呼吸光，增添用餐仪式感。	家居护眼照明场景
萤火虫餐吊灯 D26		- 小巧美观，适用于小餐厅、阅读角、小吧台、兴趣角等空间； - 多路光设计，均匀照亮空间，阅读、临时办公用眼不疲劳； - 1800K 呼吸感柔光，营造松弛氛围感； - 防眩设计，充分考虑人体工学，坐位、站立直视灯头不刺眼。	家居护眼照明场景
萤火虫小吸顶灯 D26		- 小巧美观，不挤占空间，适用于阳台、玄关、过道、衣帽间等空间； - 多路光设计，360° 均匀照亮 4 m² 小空间； - 1800K 小夜灯，营造归家温馨氛围感，起夜不刺眼。	家居护眼照明场景

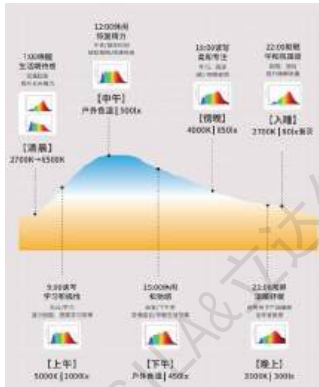
C.1.3 立达信现代极简智能护眼系列系列产品介绍



图 c.2 现代极简系列产品应用场景示意图

表 C.2 现代极简系列护眼照明产品简介

产品系列	产品图片	产品特点	应用领域及案例
C2 吸顶灯		- 补充有益护眼红光，光谱拟合度$\geq 97\%$； - 高光通，让孩子的绘本时光有护眼光保驾护航； - 补充上发光，打造健康空间光环境； - 支持墙控和米家 APP 调节色温（3000K、4000K、5000K，满足学习、休闲等多场景）。	家居护眼照明场景
C2 客厅吸顶灯		- 补充有益护眼红光，光谱拟合度$\geq 97\%$； - 大于 7700lm 高光通，让全家人的客厅时光有护眼光保驾护航； - 支持墙控和米家 APP 调节色温（3000K、4000K、5000K，满足学习、休闲等多场景）。	家居护眼照明场景

产品系列	产品图片	产品特点	应用领域及案例
C2 吊灯		- 补充有益护眼红光，光谱拟合度$\geq 97\%$; - 上下发光，打造家人一起的温馨用餐场景; - 支持墙控和米家 APP 调节色温（3000K、4000K、5000K，满足学习、休闲、用餐等多场景）。	家居 护眼 照明 场景
F7 Ultra 护眼落地灯		-升级全新场景光配方，白天更专注，晚上更好睡 内置 6 大智能模式（读写/休闲/绘画/屏幕/唤醒/助眠），基于立达信专利日光曲线算法（CN202210987713.6）进行调节，产品可根据用户所在的地区日光曲线实时拟合自然光变化，实现「晨间提神-午间专注-夜间安眠」全时段适配，还原健康“生物钟” -拟合阳光 动态光因子，维持桌面照度平衡 搭载动态场景护眼算法 (DynaMode Lighting, DML)，基于分布式智能光感器，将工作面的照度与色温始终维持在护眼参数，降低眼部疲劳。 	家居 护眼 照明 场景

产品系列	产品图片	产品特点	应用领域及案例
智能筒射灯		- 健康护眼； - 弧形无边框设计，无需预埋，完美融入天花； - 智能调光调色，满足全家多种场景用光需求； - 多规格可选，满足更多需求：3 种光束角（24° /36° /55° ）、2 款反射杯（雅白/雅黑）	家居护眼照明场景
智能灯带		- 护眼健康光：全光谱高显指； - 智能调光调色，更多应用场景； - 均匀漫反射，补充环境光。	家居护眼照明场景

C.2 乐式科技

C.2.1 乐式科技简介

乐式科技深耕无线物联与智能控制技术 13 年，专注为照明企业提供智能模组及整体解决方案，助力传统灯具向智能化、健康化升级。公司依托自主研发的 BLE Mesh 物联系统与 AIoT 技术平台，为客户提供从模组接入、控制系统开发到云平台对接的一站式服务。

在健康照明领域，乐式科技围绕护眼照明、学习照明、节律照明、氛围照明及助眠照明等方向持续布局，可支持智能调光调色、场景联动、定时控制、环境感知及多设备协同等功能，推动健康照明产品创新与规模化应用。与此同时，公司正积极开展车舱照明、移动空间照明等新兴场景的探索与布局，拓展健康照明在多元生活空间中的应用边界。经过多年技术积累与行业实践，乐式科技已成为智能照明产业链中的重要技术服务企业。

C.2.2 产品介绍

表 C.3 乐式智能家居照明产品简介

产品系列	产品图片	产品特点	应用领域及案例
护眼照明智能控制模组方案		1、支持高显色、低眩光护眼照明方案适配，可兼容 $Ra \geq 95$、$R9 \geq 80$ 的高品质光源配置，满足阅读、书写、学习等场景对光品质的要求。 2、支持零频闪/低频闪驱动电源方案的控制适配与协同调光，能够配合整机在不同亮度与场景模式下保持稳定输出，满足护眼照明产品对低闪烁控制方案的应用需求。 3、支持恒照度控制方案的感知适配与动态调节，能够配合整机在环境光变化过程中维持目标照度的相对稳定，满足护眼照明产品对舒适照明体验的应用需求。 4、支持上下发光双光路控制及独立调节，可适配立式灯、学习灯等护眼照明产品形态，实现桌面重点照明与环境辅助照明的灵活配合。 5、支持入座感应、自动开关灯及环境光感知自动调光，提升产品智能化体验与节能控制水平。 6、支持阅读、专注、放松等场景模式切换及氛围灯效控制，丰富照明产品的情境化体验。	护眼照明场景： 儿童学习灯、立式学习灯、家庭书房照明等。
全光谱氛围照明控制模组方案		1、支持宽域调色温控制，可适配 1800K~12000K 灯具方案，满足暖光休闲、自然照明及高色温专注等多元用光需求。 2、支持高精度色温调节，$DUV < 0.003$，可实现更准确的色彩表现与细腻的光环境变化。 3、支持高显色照明方案，适配 $Ra \geq 95$ 光源配置，提升空间色彩还原度与视觉舒适度。 4、支持 1600 万彩光控制、动态情景光及多种预设氛围模式，增强空间情绪价值与沉浸体验。 5、支持与门锁、智能开关、传感器等设备联动，打造智慧家居照明体验。	氛围照明场景： 家庭客厅、儿童房、休闲空间、智慧家居照明等。

C.3 英索纳

C.3.1 英索纳公司简介

inSona 英索纳是深耕智慧健康照明的国家级高新技术企业，国家标准起草者，专注以“节律、人因、健康”为核心，为康养产业提供全场景智能照明解决方案，依托十余年无线通信技术积淀与健康照明创新实践，我们将自然光的治愈力与物联网的智能化深度融合，重新定义康养空间的光环境价值。

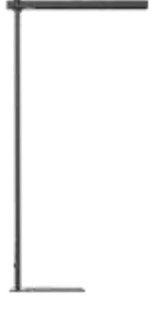
基于 inSona 健康光引擎系统，通过多波段光谱融合技术，动态模拟自然光变化曲线调整患者节律生物钟，有效改变失眠、昼夜颠倒、情绪反复等难题。

inSona 与苏康养集团、北康养集团、重庆康养集团和北航（丹阳）航空航天产业研究院、声光美（广东）创新应用研究院、华东师范大学、西南大学西南政法大学等 20 余家康养机构和大学心理室合作，赋能 40 多个高端康养项目。

C.3.2 产品介绍

表 C.4 英索纳光疗愈系列照明产品简介

产品系列	产品图片	产品特点	应用领域及案例
光照神经调控设备		便携穿戴，定向作用于眼部感光细胞	出差 / 居家时同步调节节律（如倒时差、失眠）
光频生物调控助眠仪		光频生物调控技术 有效促进睡眠和加速脑代谢废物清除	家居场景：
愈光系列射灯		特殊光谱波段调控	居家/诊疗室情绪调节

产品系列	产品图片	产品特点	应用领域及案例
人因照明平板灯		搭载特定疗愈光谱 病房基础照明，消除光谱断层，适配昼夜节律	医院照明
医疗专用壁灯		紫绀观察指数 COI<3.3，光色精准 辅助医师观察皮肤反应、过敏征兆等细微变化	医院照明
睡眠疗愈灯		双色调节搭配特定疗愈光谱 兼顾“认知激活”与“睡眠准备”	居家场景
非侵入式多频段光生物疗愈灯		定制强光及频率光双加持 老年认知改善（日间使用） 专注力提升	医院照明

C.4 上海大学

C.4.1 上海大学简介

上海大学是国家“211 工程”重点建设高校、教育部与上海市共建高校。学科门类齐全，覆盖理、工、文、经、管、法、医、艺多个领域，为面向多学科学生开设科技传播提供了天然受众基础。上海大学科技开发实力雄厚，与中船集团、上汽集团、上海人工智能实验室等联合攻关，成果获国家技术发明二等奖、上海市科技进步一等奖等。卓越工程师学院设有市

级工程硕博专班，依托“海洋智能无人集群教育部重点实验室”、“上海市智能网联汽车网络安全产业协同创新中心”、“上海智能计算系统工程技术研究中心”等省部级工程技术研究平台，对接国家重点单位和产业龙头企业，通过高水平校企合作项目与联合技术攻关推进人才培养，为科技传播提供学科生态支撑。

优势资源：本白皮书项目具体依托上海大学机电工程与自动化学院新型显示技术及应用集成教育部重点实验室，实验室建筑面积逾 3000m²，集中人工智能、集成电路、电子信息等学科力量，注重显示面板和照明产品所需的显示器件驱动芯片设计与制造、系统信号处理、新型封装材料和工艺及可靠性开发；发展并完善面向市场的产品开发、系统集成、人才交流和产业化基地的培育；是一个打破学院、学科之间的围墙，组建的“跨学院、学科、跨中心”学科交叉研究大平台。具备显示面板制造中试线、中国合格评定国家认可委员会（CNAS）和中国计量认证（CMA）认证资质、Python 编程工作站、数据处理服务器、可视化展示设备等教学科研条件。同时为上海市平板显示工程技术研究中心和新型显示设计制造专业技术服务平台承载单位。

C.4.2 上海大学机电工程与自动化学院新型显示技术及应用集成教育部重点实验室：AI 赋能青少年护眼和车灯照明产品

重点实验室一直致力于 LED、量子点 LED、钙钛矿 LED、OLED 在电视、智能手机、智能手表等显示领域以及室内照明、青少年护眼灯、汽车电子照明等领域的技术开发。尤其新一代有机半导体照明技术 OLED，是一种发光均匀、光线柔和的平面光源，有效避免眩光给人眼带来的刺激。实验室在护眼台灯和汽车尾灯开发方面成果显著，开发了多款桌面护眼台灯；另外与国内著名车企合作开发了汽车尾灯。通过改变 OLED 的颜色和亮度可以实现更好的指示作用和更加多样化的设计，满足客户高度定制的动态图案设计需求，更好的体现个性与魅力。



附录 D：检测机构名录

中国质量认证中心

国家电光源质量监督检验中心

国家灯具质量监督检验中心

福建省产品质量检验研究院



立达信品牌微信公众号



立达信视频号