

• 发明与专利 •

一种基于昼夜节律自调适重症监护病房 光照系统的设计与应用

姜泽伟¹ 许俊¹ 朱志红²

嘉兴市第一医院¹急诊科,²护理部,浙江嘉兴 314000

通信作者:朱志红, Email: 81927516@qq.com

【摘要】 光环境是指空间中的光线及其特性所形成的心理和生理环境,受到空间特征、光照强度、分布情况及照明方式的影响。然而,当前大多数重症监护病房(ICU)面临光环境问题,包括全天候人工照明、光线不足、常见眩光及缺少自然光。这些问题对病患、医护人员的心理和身体健康都有负面影响。为了解决上述问题,嘉兴市第一医院的急诊科团队共同研发了一款基于昼夜节律变化的 ICU 智慧照明系统,并取得了国家实用新型专利(专利号:ZL 2024 2 1199512.0)。该照明系统主要由 1 号照明模块、2 号照明模块及其他辅件等组成。根据房间的具体空间面积,设置 1 号照明模块和 2 号照明模块中的灯具数量与照明强度,以确保各个区域的光照度均匀一致,从而实现光线的均匀分布。在设计区域内,所有灯具均连接到智能照明控制系统,该系统还集成了本地 24 h 自然光照数据,可自动调整光效,模仿一天的光照变化。此外,系统还设有 4 种情景模式的控制选项,分别是白天、夜间、动态和夜灯模式,用户可一键切换,其中,“白天”模式能在紧急抢救时使用。以昼夜节律为基础设计的 ICU 智慧照明系统能最大限度优化整体的灯光布局,形成昼夜循环模式,打造一个舒适、明亮、健康的光环境,促进患者康复和提高医护人员的工作效率。

【关键词】 重症监护病房; 昼夜节律; 智慧照明; 光环境

基金项目: 国家实用新型专利(ZL 2024 2 1199512.0); 浙江省嘉兴市卫生科技计划项目(JWKJ-25011); 浙江省嘉兴市医学重点学科-护理学(2023-ZC-007)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.05.019

Design and application of a self-adaptive lighting system based on circadian rhythm in the intensive care unit

Jiang Zewei¹, Xu Jun¹, Zhu Zhihong²

¹Department of Emergency, ²Department of Nursing, the First Hospital of Jiaxing, Jiaxing 314000, Zhejiang, China

Corresponding author: Zhu Zhihong, Email: 81927516@qq.com

【Abstract】 The light environment refers to the psychological and physiological conditions created by spatial lighting and its characteristics, influenced by spatial features, light intensity, distribution patterns, and illumination methods. However, most intensive care unit (ICU) currently face light-environment challenges, including round-the-clock artificial lighting, insufficient illumination, common glare, and lack of natural light. These issues negatively impact both patients' and healthcare workers' mental and physical well-being. To address these problems, the emergency department team at Jiaxing First Hospital has jointly developed an ICU smart lighting system based on circadian rhythm variations, which has been granted a national utility-model patent (Patent No. ZL 2024 2 1199512.0). The lighting system primarily consists of module 1, module 2, and auxiliary components. The number and intensity of luminaires in modules 1 and 2 are adjusted according to the room's specific area to ensure uniform illumination across all zones. All luminaires in the designated area are connected to a smart lighting control system. The system also integrates 24 hours local natural light data, automatically adjusting light efficiency to simulate daily light variations. Additionally, the system offers 4 scenario control options: day mode, night mode, dynamic mode, and night light mode, which users can switch with one click. The "day mode" is specifically designed for emergency rescue scenarios. The ICU smart lighting system, designed based on circadian rhythms, optimizes the overall lighting layout to create a comfortable, bright and healthy light environment. This system promotes patient recovery and enhances the work efficiency of medical staff.

【Key words】 Intensive care unit; Circadian rhythm; Smart lighting; Light environment

Fund program: National Utility Model Patent (Patent No: ZL 2024 2 1199512.0); Jiaxing Health Science and Technology Project, Zhejiang Province (JWKJ-25011); Jiaxing Medical Key Discipline-Nursing, Zhejiang Province (2023-ZC-007)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.05.019

重症监护病房(intensive care unit, ICU)是综合性医院高负荷、高风险的核心科室,其特殊的物理环境,包括噪声、光照、温湿度等,对患者、医生和护士的身心健康均会产生一定的影响^[1-3]。有研究显示,光是主要授时因子,精确地管理着机体的生物钟,并影响激素的分泌^[4]。一个好的光环境不仅要满足视觉需求,还应具备积极的情感影响。然而,目前绝大多数 ICU 的照明系统存在多种问题,具体表现如下:①由于需要持续监测病情和进行护理,ICU 通常保持 24 h 不间断照明,伴随大量设备闪烁的灯光,容易导致视觉疲劳;②ICU 环境中普遍存在眩光现象,这对视觉质量如视力和色觉,可能会带来一些损害;③ICU 内的灯光通常会扰乱自然的昼夜节律,打乱睡眠-唤醒循环,这种状况不仅会造成睡眠中断,还可能降低睡眠质量,进而影响患者的康复。基于上述缺陷,本院急诊科团队特设计了一种结合昼夜节律、物联网技术及人工智能的照明系统,这一创新设计显著改善了患者住院环境的舒适度,打造了积极的治疗氛围。此外,该系统已获得国家实用新型专利(专利号:ZL 2024 2 1199512.0),具体介绍如下。

1 基于昼夜节律的自调适 ICU 光照系统技术方案(图 1)

基于昼夜节律的自调适 ICU 光照系统主要由 1 号照明模块、辅助灯光模块、2 号照明模块组成。

1.1 灯光系统空间结构:1 号墙体的一端(图 1-1)与 2 号墙体的一端(图 1-2)垂直连接,1 号墙体壁、2 号墙体顶端均与层面板(图 1-3)固定连接,1 号墙体一侧上部固定连接有饰面板(图 1-4),1 号墙体靠近饰面板一侧居中处安装有 1 号照明模块(图 1-5),饰面板位于 1 号照明模块的上方,装饰板与 1 号照明模块之间设有走线腔(图 1-6)。

1.2 1 号照明模块的结构:1 号照明模块包括 1 号作业灯(图 1-7)、2 号作业灯(图 1-8)、固定支架(图 1-9)和集成板(图 1-10)。固定支架上端面及下端均设有用于安装 2 号

作业灯的内嵌沟槽(图 1-11),饰面板底端固定镶嵌有 1 号作业灯,2 号作业灯相对设有 2 组,1 号作业灯,2 号作业灯的高显指、色温、亮度持续可调。

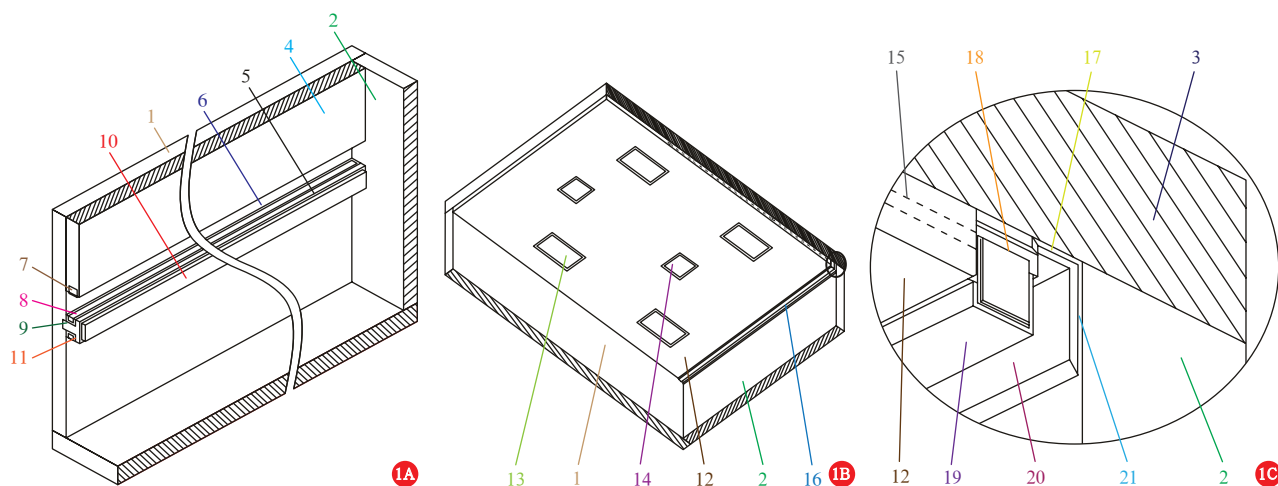
1.3 辅助灯光模块结构:层面板下端设有顶棚结构(图 1-12),顶棚结构下端分别安装有 1 号平板灯(图 1-13)、2 号平板灯(图 1-14),顶棚结构内设有供电线(图 1-15),顶棚结构与 2 号墙体之间设有用于安装 2 号照明模块(图 1-16)的装备卡槽(图 1-17)。在实际应用中,1 号平板灯、2 号平板灯都配备多个灯具。它们的色温可在 2 000 K 至 6 500 K 之间调整,亮度也支持连续调节,且有高显色指数(Ra 超过 90)。

1.4 2 号照明模块结构:2 号照明模块包括情景光源(图 1-18)、灯罩(图 1-19)和聚光片(图 1-20)。情景光源的上部一侧连接到顶棚结构的一端,情景光源顶端则利用自攻螺丝固定于层面板上。情景光源底部通过卡扣固定住灯罩。在聚光片的顶端和远离情景光源的一侧都配有黏合涂层(图 1-21)。该聚光片借助这些粘合涂层稳固地连接到 2 号墙体和层面板上。

采用上述技术方案,1 号和 2 号照明模块及 1 号和 2 号平板灯都配备了智能照明控制系统。这样一来,照明效果可根据不同情景进行调整,医护人员能根据患者状况和自身工作需要选择最适合的照明场景。

2 基于昼夜节律的自调适 ICU 光照系统使用方法

2.1 基础配置:根据房间的具体空间面积,配置 1 号照明模块和 2 号照明模块中灯具的数量及照明亮度,以确保白天和夜间的眼部垂直照度至少达到 350 lx,工作区域的台面照度保持在 700 lx 以上。此外,各角落的光照度应大致相同,以确保光线均匀分布。根据研究团队所在 EICU 中某个房间的空间大小为 7 m×5 m×3 m,为了确保房间内光线均匀,2 号照明模块配置里共使用了 6 个顶灯,而在 1 号照明模块

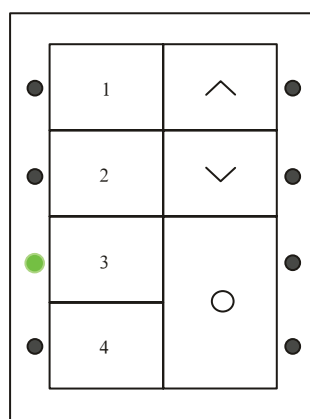


注:1 为 1 号墙体,2 为 2 号墙体,3 为层面板,4 为饰面板,5 为 1 号照明模块,6 为走线腔,7 为 1 号作业灯,8 为 2 号作业灯,9 为固定支架,10 为集成板,11 为内嵌沟槽,12 为顶棚结构,13 为 1 号平板灯,14 为 2 号平板灯,15 为供电线,16 为 2 号照明模块,17 为装备卡槽,18 为情景光源,19 为灯罩,20 为聚光片,21 为黏合涂层

图 1 一种基于昼夜节律自调适 ICU 光照系统结构图(A)、吊顶立体图(B)及立体图中位置放大图(C)

中则安装了 2 个侧灯和 2 个地灯。

2.2 升级配置：将设计空间内的灯具均接入智慧照明控制系统，并在系统中植入本地区 24 h 自然光照水平数据，可自动变化光效，模拟一天的光照变化。护士使用平板电脑中的灯光调节系统来手动调整照明强度，并设置了 4 种情景模式的开关(图 2)，包括白天、夜间、动态和夜灯模式，操作简便。其中，“白天”模式专为紧急抢救而设计，一键操作可使灯光达到明亮状态，光照度为 700 lx。



注：1 为白天，2 为夜间，3 为动态，4 为夜灯；黑色点为指示灯；绿色点表示工作状态

图 2 一种基于昼夜节律自调适 ICU 光照系统灯光控制开关

3 基于昼夜节律的自调适 ICU 光照系统优点

3.1 自然元素的引入：通过智能照明控制系统，调节空间内光效变化，模拟 24 h 的光照水平，有助于褪黑素的生成，平衡患者睡眠周期，提升睡眠质量。在 1 号照明模块中使用自然场景壁画（如森林等），以模拟自然光的存在，为患者创造舒适的疗愈环境，有助于减少患者谵妄的发生，促进患者康复。

3.2 减少眩光和阴影：通过增加面板灯的设置，确保足够的照明强度，同时采用抗眩光灯具，并安装在适当的照明位置，避免直接照射到患者或医护人员的眼晴，保持照明的均匀性，减少眩光和阴影的产生，使整个空间明亮且舒适，有利于提升患者和医护工作者的视觉感受。

3.3 舒服的色彩和色温：在整个设计的光照系统中选择合适的色温和色彩还原性，提供舒适的环境。较低的色温（如暖白色）可以营造温暖的氛围，适宜患者和家属。同时，确保照明有良好的色彩还原性，以准确呈现患者的皮肤色彩和体征。

3.4 应急照明模式的设计：通过设置“一键”启动的应急模式，能保证紧急抢救时达到足够的光照度，以保障危重患者的安全。

4 讨论

光环境是指在空间中通过光及其特性所创建的心理和生理环境，它受到空间结构、光线强度、光的分布及照明方式的影响。众所周知，ICU 是重症患者进行全面治疗的重要区域。然而，其空间设计不佳和光线条件差是医护人员和患

者面临的挑战。因此，国内外学者对空间光环境的设计进行了一系列研究，2018 年，匹兹堡大学外科监护室的一项随机交叉研究结果显示，ICU 的光照环境会影响护士不良事件的发生率^[5]。2019 年，徐俊丽等^[6]通过大量的实验数据，证明了 ICU 照明系统中的光照度、色温、照明方式对使用者的影响。Smonig 等^[7]的研究表明，暴露于自然光下的患者可减少躁狂的发作和幻觉的发生。2022 年，Golombek 等^[8]建议 ICU 内的光照应尽可能与自然环境 24 h 光照 / 黑暗周期保持一致，对患者的康复率有积极的影响。随着 5G 和人工智能技术的发展，国内多位专家推出了智慧 ICU 环境管理计划，建议为患者创造昼夜节律的光照环境或沉浸式的虚拟场景，以优化其睡眠条件，提高睡眠素质，减少谵妄的出现，并加快康复进程^[9-10]。因此，本课题组设计了一种基于昼夜节律变化的 ICU 智慧照明系统，并于 2024 年应用于本院 EICU，经过一段时间的应用，护士工作体验、工作效率及工作质量方面均取得较好的效果^[11]。

综上所述，本课题组设计的 ICU 照明系统能最大限度优化 ICU 整体光照布局，建立昼夜循环的光照模式，打造一个舒适、明亮、健康的光环境，促进患者康复和提高医护人员的工作效率，有一定的临床应用价值。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 邹玉娇, 蔡诗凝, 潘文彦, 等. ICU 环境压力源对清醒患者睡眠质量的影响 [J]. 中华现代护理杂志, 2025, 31 (9): 1195-1200. DOI: 10.3760/cma.j.cn115682-20240311-01266.
- [2] 罗红敏. 入住重症监护病房对患者精神心理的影响 [J]. 中华危重病急救医学, 2022, 34 (5): 513. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2022.05.103.
- [3] 黄凡, 王密芳, 朱依筠, 等. 强化细节管理在减少 ICU 清醒患者环境压力源中的应用效果 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2021, 28 (3): 339-342. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2021.03.019.
- [4] Tu HQ, Li S, Xu YL, et al. Rhythmic cilia changes support SCN neuron coherence in circadian clock [J]. Science, 2023, 380 (6648): 972-979. DOI: 10.1126/science.abm1962.
- [5] Griepentrog JE, Labiner HE, Gunn SR, et al. Bright environmental light improves the sleepiness of nightshift ICU nurses [J]. Crit Care, 2018, 22 (1): 295. DOI: 10.1186/s13054-018-2233-4.
- [6] 徐俊丽, 郝洛西. 病房健康光环境的循证研究与实践 [J]. 新建筑, 2019, 187 (6): 111-115.
- [7] Smonig R, Magalhaes E, Bouadma L, et al. Impact of natural light exposure on delirium burden in adult patients receiving invasive mechanical ventilation in the ICU: a prospective study [J]. Ann Intensive Care, 2019, 9 (1): 120. DOI: 10.1186/s13613-019-0592-x.
- [8] Golombek D, Pandi-Perumal S, Rosenstein RE, et al. Dysregulated light/dark cycle impairs sleep and delays the recovery of patients in intensive care units: a call for action for COVID-19 treatment [J]. Chronobiol Int, 2022, 39 (7): 903-906. DOI: 10.1080/07420528.2022.2056477.
- [9] 张茂. 未来智慧 ICU 的建设 [J]. 中华医学信息导报, 2022, 37 (6): 16. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-8039.2022.06.121.
- [10] 翁冬, 崔鸣欧, 蒋静. 5G 赋能智慧虚拟现实技术在 ICU 患者谵妄干预中的应用 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2023, 30 (6): 693-696. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2023.06.011.
- [11] 姜泽伟, 许俊, 陈子红, 等. 基于护士体验视角 ICU 智慧健康光环境的设计及应用 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2024, 31 (6): 725-729. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2024.06.015.

(收稿日期: 2025-07-24)

(责任编辑: 邸美仙)