https://doi.org/10.1051/jnwpu/20244210053

# 基于 DIALux 的飞机客舱照明设计方法

付金池[1,2], 陈登凯[1,2], 张献[1,2], 谢凝[1,2]

(1.西北工业大学 工业设计研究所, 陕西 西安 710072;
2.工业设计与人机工效工信部重点实验室, 陕西 西安 710072)

**摘 要**:飞机客舱照明是飞机内部照明系统的重要组成部分,合理的客舱照明设计可以提高飞行服务质量、提升旅客满意度和舒适度。基于 DIALux 计算仿真软件,提出了一种飞机客舱照明设计方法。从旅行安全、视觉舒适度、高品质服务等角度出发,通过对平均照度、眩光、照度均匀度等多方面的量化评估、校核与分析,探讨并提出了具有创新性的飞机客舱的照明设计方法。基于此方法以某型号飞机客舱为研究对象建立光学仿真模型、进行视觉仿真计算,验证了该方法的可行性。

**关 键 词**:照明设计;视觉仿真;飞机客舱;设计方法;DIALux
**中图分类号**:V223+.2; TB47 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-2758(2024)01-0053-09

客舱光环境是提供旅客休息、用餐、读书、办公等行为活动所需的必要条件,随着人民生活水平不断提高,客舱光环境给乘客带来的飞行体验已渐渐成为飞机客舱设计研究的焦点[1]。通过对客舱照明系统进行合理的设计,在营造更好的空间享受、改善飞机服务质量、提升旅客舒适度和满意度等方面具有重要意义。

照明系统的设计对客舱整体起着举足轻重的作用,照明设计方法的改进与完善也同样关系到旅客的旅行安全、乘坐舒适性[2]。在照明系统对人产生的影响方面,杨春宇等[3]针对室内环境通过对不同照明环境下的被试学习眼电信号进行测量发现不同灯光属性对眨眼频次和闭眼时间的变化率具有显著性影响,探究了不同光环境下不同时长的眼疲劳状态;Zhang 等[4]探究了在不同照明环境对人情绪的影响;Zhu 等[5]提出了设计影响的情绪调节策略,为照明系统的设计实践提供了参考。针对飞机客舱光环境优化的算法研究与针对客舱内环境的评估研究也逐渐涌现。

在光学软件在实践中的应用上,Wan 等[6]利用光学仿真软件完成了客舱照明设计并与实际样本完成验证,该实践针对既定的光环境进行逆向搭建,并进行了仿真。同样地,周莉等[7]通过数字仿真技术对 OLED 光源在飞机客舱照明中的应用进行了评估。利用现实系统对数字仿真进行可靠性检验。

近年来,随着数字仿真技术逐渐发展,照明仿真逐渐被应用于各领域的照明设计与验证中,为设计工作提供指导[8],研究人员对照明仿真、照明设计实例验证、实验评估等方面开展研究,运用新软件、新方法、新技术优化照明系统设计,但相关研究大都关注照明系统的部分方面或对固定的照明环境进行验证,对相关设计经验要求较高。本文综合考虑照度、眩光和照度均匀度,提出了一种基于 DIALux 仿真计算的飞机客舱照明设计方法。

## 1 基于 DIALux 的客舱照明设计流程

基于 DIALux 的客舱照明设计方法主要由建立评价模型、构建仿真舱室、进行仿真计算、仿真结果分析四部分内容构成,相应方法流程如图 1 所示。

基于 DIALux 视觉仿真实验的基本步骤为:

1) 构建照明设计评价模型:总结现行的各类飞机客舱照明评价标准,深入了解影响客舱舒适性的照明设计要点,明确客舱照明设计准则与基本要求;结合不同色温、照度环境下,人眼的舒适度与光环境的关系,对照明设计要求进一步修正。

**收稿日期**:2023-02-09
**作者简介**:付金池(2000—),硕士研究生
**通信作者**:陈登凯(1975—),教授
e-mail:chendengkai@nwpu.edu.cn

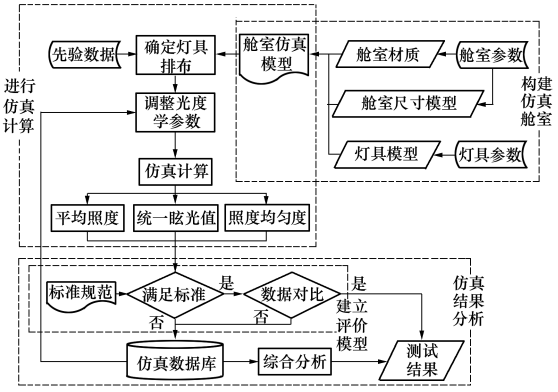



图 1 舱室照明仿真流程图

2) 构建仿真舱室模型:根据客舱尺寸、结构、座椅排布等数据建立三维模型,按照 DIALux 的具体要求对模型进行修改,构建仿真模型;通过材质库与实物对照的方法,对客舱舱壁、内饰等添加材质并定义反射系数;根据现有资料,合理选择光源类型、添加客舱光源,并定义光源的各项参数。

3) 进行重复性仿真计算,收集实验数据:基于 DIALux 软件的计算模块,结合相关标准与旅客的乘坐场景,在客舱三维模型中添加多个不同类型的计算元件;对照明灯具进行排布后调整光度学参数;使用 DIALux 开始计算仿真,通过多次仿真计算,得到全面覆盖灯光照明标准的仿真结果。

4) 对照明仿真结果进行分析:结合照明设计评价模型,对所得仿真计算结果进行验证确定满足标准的灯具数据;收集对灯具组合重新进行参数修改后的多次重复仿真计算实验结果;对满足标准的实验结果进行深入分析,找到平衡平均照度、统一眩光值 UGR、照度均匀度、照明能耗等照明标准的照明设计方案。

其中,利用 SketchUp、Rhino 等软件对客舱进行精细化建模,以此弥补 DIALux 软件在三维建模方面的不足。根据实际客舱数据,通过建立高精度三维模型和真实的灯光模拟,构建表面材质光学属性库、光源文件库等,并以此为基础进行仿真验证。

## 2 建立评价模型

### 2.1 光学设计仿真辅助软件对比分析

目前的商业仿真软件已经较为成熟,如比较常见用于照明设计的 DIAlux、Ecotect、SPEOS、AGI32、Radiance 等,利用这些计算软件可建立贴近现实的三维空间模型,进行灯具布置及照度计算、灯具设计方案优化等[8]。对主流照明仿真计算软件在实际灯具资料、多次反射结果计算、材质计算、照明计算项目方面进行了简要对比,数据如表 1 所示。

**表 1 不同照明计算软件对比**

| 软件名称 | 对比指标 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 灯具资料 | 多次计算 | 计算项目 | 材质计算 |
| DIALux | 支持 | 支持 | 照度、UGR | 反射率 |
| Ecotect | 不支持 | 不支持 | 照度 | 反射率、透射率 |
| AGI 32 | 支持 | 支持 | 照度、UGR | 反射率 |
| Lightscape | 不支持 | 支持 | 照度、亮度 | 反射率、透射率 |

本文选择 DIALux 软件作为飞机客舱照明设计过程的辅助软件,利用其对客舱光环境进行仿真计算,通过实验分析等方式总结基于 DIALux 的客舱照明设计方法。

### 2.2 客舱照明设计标准验证

明确照明仿真评价标准是照明仿真流程的第一步,国内现行飞机客舱照明系统顶层标准为:GJB 2020A-2012《飞机内部和外部照明设备通用规范》与 HB 6430-1990《飞机照明设备安装设计通用要求》,标准中规定了飞机内、外照明设备设计与安装要求。对于飞机客舱的照明标准主要参考了 HB 6491-91《飞机内部照明设备通用要求》与 HB 7484-2014《民用飞机客舱照明要求》,标准较为详细地规定了飞机客舱不同区域处的色温、照度、电气及机械方面的要求。关于舱室眩光评估,援引了英国 CIE 117-1995 照明灯具眩光标准有关规定,阐明统一眩光指数 UGR 和人体不舒适程度之间的关系[9]。通过对现行标准的整理,得出照明设计必须满足的照明设计要求,如表 2 所示。

**表 2 客舱区域照明设计要求汇总**

| 照明区域 | 工作区间照度要求/lx | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 登机和离机 | 夜间照明 | 夜间休息 | 一般要求 |
| 旅客通道 | >22 | >22 | >1 | 旅客通道(地板):2~50;旅客舱一般照明:(10,200)(地板上方 1.2 m) |
| 旅客座位 | >54 | >22 | | |
| 行李架 | >54 | | | |

统一眩光指数与人视觉的舒适关系如表 3 所示。所涉及的照明方案首先必须满足表内的汇总要求,才能进一步探讨照明设计方案的优化并最终得到相对最优方案。

**表 3　统一眩光指数与人的不舒适程度关系表**

| 统一眩光指数 | 不舒适程度 |
|---|---|
| >28 | Uncomfortable |
| 25 | Just uncomfortable |
| 22 | Unacceptable |
| 19 | Just acceptable |
| 16 | Perceptible |
| 13 | Just perceptible |
| <10 | Imperceptible |

除上述照明标准外,规定照明系统所提供客舱一般照明,应使主旅客通道中心线及与主过道相连的横向通道中心线按座椅高度间隔 1 m 计量,平均照度不得低于 0.538 lx,各测点照度不得低于 0.108 lx[10]。

## 3　构建客舱照明仿真模型

### 3.1　客舱照明内部影响因素分析

#### 3.1.1　客舱空间组成与仿真对象选取

飞机客舱的空间要求主要包括:天花板高度、旅客入座高度、旅客座椅宽度、座椅排距、观察舷窗。客舱内形面包含了天花板高度、旅客入座高度、旅客座椅宽度 3 个重要因素。

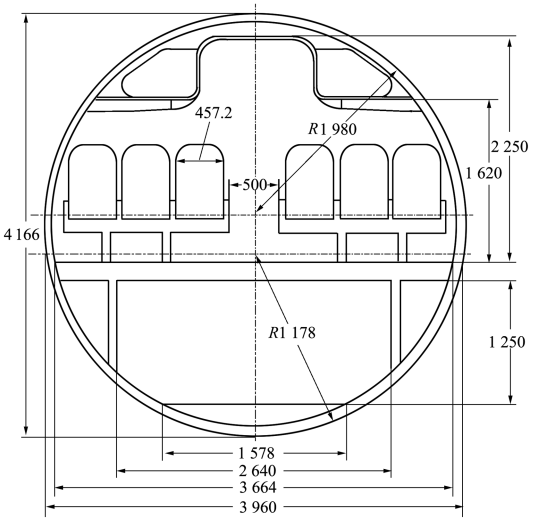



图 2　飞机客舱内形截面及尺寸测量(单位:mm)

如图 2 所示,选用的该型号飞机客舱为单通道客舱,天花板高度为 2 250 mm;旅客入座高度受天花板高度、行李箱容积等因素影响,与旅客入座紧密相关,飞机客舱的旅客入座高度为 1 620 mm,旅客座椅宽度主要由客舱内部形面宽度、过道宽度和座椅扶手到侧壁板之间的距离决定,座椅宽度为 457.2 mm,旅客通道宽度为 500 mm。以上述数据为基础建立舱室仿真模型。

#### 3.1.2　内饰表面反射与亮度分布

光照物体表面所产生的反射在一定程度上影响着舱内的平均照度与亮度分布,视觉上的适应水平和视野中亮度的分布有着紧密联系,良好的亮度分布可以提高人的视觉灵敏度、增强眼睛功能效率[11]。亮度分布不均匀或明暗反差大,均能影响人眼正常视觉;明暗比过大、视觉适应难度增加,易导致乘客视觉疲劳,因此在照明设计中要充分考虑这一因素。

在 DIALux 软件中,对于内饰表面的反射情况使用了“反射率”的概念。通过对舱室内壁、舱室地板、天花板、座椅等物体的表面给定适合的反射率来模拟真实环境下舱内内饰表面反射情况;对于亮度分布的衡量,通过生成“伪色图”的形式可以更加直观地观察亮度分布情况。

### 3.2　建立仿真模型

#### 3.2.1　客舱与内饰三维模型建模

在了解相关信息的基础上,建立仿真模型数据库为照明设计方法的第二步。不同型号的飞机客舱具有不同的结构尺寸、座椅排布、内饰、灯具布局,这些因素都会影响到照明的设计[12]。因此,根据不同飞机型号的客舱尺寸,建立针对性的仿真模型,在提高照明仿真可信度、改进完善照明设计方案、增强设计效率等方面具有重要价值。

在对客舱尺寸结构、内饰排布进行分析的基础上,利用三维建模软件完成了飞机客舱的数字化 3D 建模。舱壁侧板、飞机舷窗、舱室天花板、地板、行李架、阅读灯模块、客舱座椅、舱门、隔板等物体形成客舱的仿真空间,并在保证基本数据完整的情况下对内饰进行优化,以期在后期提高 DIALux 的光学计算效率,所建数字化模型如图 3 所示。

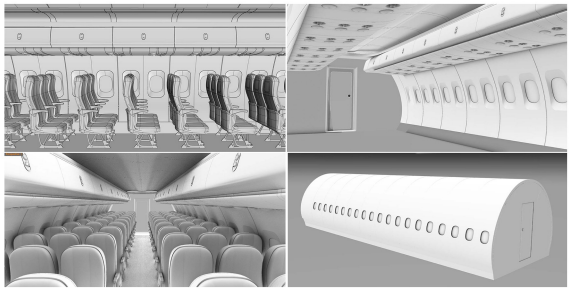


图 3 客舱及客舱内饰三维模型建立

### 3.2.2 光源类型选择与灯具建模

近年来由于 LED 灯在耗能、使用寿命上性能卓越,在客舱内照明上得到了广泛应用;LED 兼具出色的色彩表现,通过不同亮度、不同光色的变化,可以在不同情景照明模式下模拟值机、用餐、飞行、休息等场景[13]。同时人们对温度的感知也会因为灯光色彩的不同而变化[14]。夜间休息时可以通过较暗的灯光模式使旅客得到更好的休息、就餐时可以使用较亮的暖光灯模式来增强食欲。考虑照明效果与灯具寿命等因素,此次照明设计的光源类型选取 LED 进行仿真。

在灯具的排布方面,DIALux 提供了线性排布、区域排布、圆形排布以及使用者自定义的排布方式,在设定好灯具的排布方式后,DIALux 可以根据设置的工作面所需照度来估算灯具的排布个数,这同样给仿真模拟提供了原始数据,提高了多次仿真计算的效率。如图 4 所示,在仿真舱室中 LED 直线排布在客舱的天花板两侧和侧壁板上侧呈对称分布,客舱灯具数量排布为 4 列×15 个/列,其中单个 LED 灯具的长度为 870 mm。

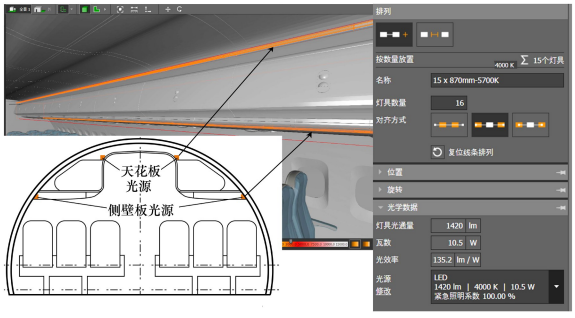



图 4 灯具排布、位置及数量示意

### 3.2.3 计算元件建模与分布

DIALux 在照明计算方面提供 2 种辅助计算方式:计算点与计算面。文中选取了计算面作为辅助元素,计算元件的建立与舱室照明标准的测量点相对应,一方面通过计算元件来反映照明计算结果是否符合规定;另一方面结合照明表面伪色图判断亮度分布是否符合要求。根据 2.2 节照明标准所述,在客舱仿真模型的第 2,5,9,12 排旅客座椅位置建立圆形计算面(直径 0.39 m、相对地板高度 0.40 m),旅客通道处建立 2 个等大的矩形计算面(长 10 m,宽 5 m),相对地板高度分别为 0 m(贴合地板)、0.8 m,具体形式如图 5 所示。

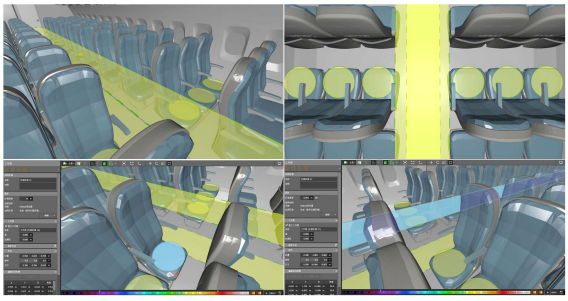


图 5 工作面、计算面分布

除以上照度计算面外,为计算照明下灯光对人眼的眩光影响,建立统一眩光值(UGR)计算面(长 1.14 m,宽 0.23 m),UGR 计算面水平方向位于客舱仿真模型的第 2,5,9,12 排旅客座椅位置。由于飞机客舱座椅相对于一般座椅高度较低,人眼的位置也会发生变化,根据客舱情况选择统一眩光计算面高度为(1.2~0.05)m,其中 0.05 m 为修正计算面高度。UGR 计算面的相关信息如图 6 所示。完成对计算元件的布置后,舱室照明仿真模型已经完整建立,在此基础上开始着手进行照明仿真计算及仿真结果分析,完成照明仿真方案设计。

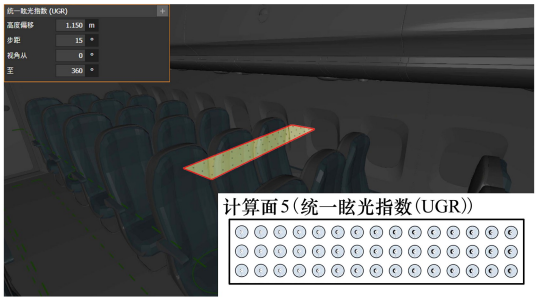



图 6 UGR 计算面位置、步距、视角及 UGR 计算点分布

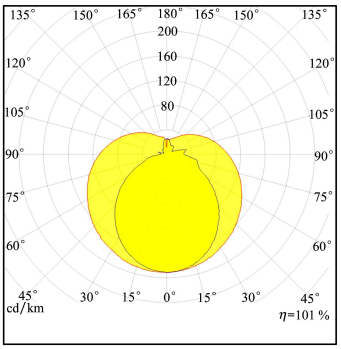
# 4　仿真计算与数据分析

## 4.1　客舱照明仿真计算

使用 DIALux 软件对舱室照明仿真模型进行仿真计算是照明仿真流程的第三步,同时也是相对复杂的一步,本部分的目标是通过多次照明仿真计算筛选得到多个满足现行标准的舱室照明方案。

### 4.1.1　灯具安装布局设计方案

根据 3.2.2 节光源与灯具选择部分所述,选择向 DIALux 输入 IES 灯光文件的形式进行灯光模拟,通过 IES 文件更加方便对光度学参数进行修改,方便进行多次仿真计算,控制 LED 的色温及光效率不变,调整功率、光通量等参数进行设计方案的修改,所使用的灯具模型如图 7 所示。




设备:　LED
CCT(色温):4 000 K
CRI:　80
光效:　135 LM/W
LOR:　101 %
ULOR:　26 %
总光通量:　---
总功率:　---

图 7　所选 IES 文件的相关光度学数据

客舱灯具分为安装在天花板和侧壁板的 2 类 LED,其中侧壁板 LED 光通量要小于天花板位置 LED,在仿真中,2 个位置均使用同一色温、光效的 LED,数据同图 7,但在光通量与功率上与天花板位置 LED 不同,侧壁 LED 功率设置为天花板 LED 的 60%。

### 4.1.2　基于 DIALux 的照明仿真计算

由于有多个仿真参数,仿真实验组数较多,为清晰表达仿真数据,使用数据代号来表示相关位置,其中 A~D 表示座椅处平均照度、G 表示眼高处平均眩光、E1、E2 分别代表地板上方 0.8 m 与地板的平均照度,如图 8 所示。

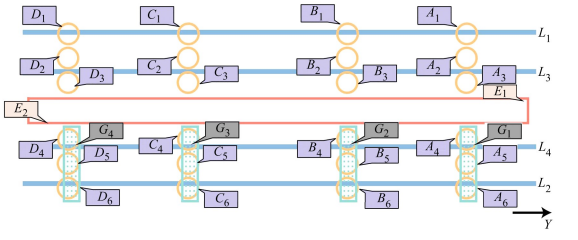



图 8　计算元件代称

对设置完成的 3 种排布方案进行仿真模拟,将照明仿真结果与表 2 的客舱照明标准进行对比并筛选掉不能达到照明设计需求最小值的方案,对单个 LED 灯具的光度学参数进行调整,首先以 3 种光通量 75,100,150 lm 的 LED 对应总光通量(4 500,6 000,9 000)lm 完成仿真,分别记为 1,2,3 组仿真,仿真结果如图 9 所示。

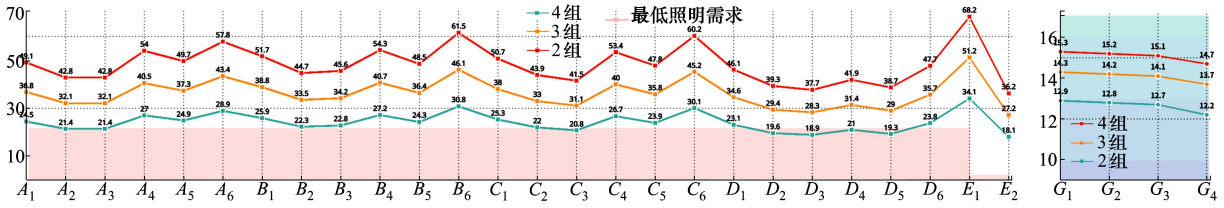



图 9　1,2,3 组仿真结果

通过仿真结果与最低照明要求的对比可知,在总光通量 4 500,6 000 lm 下,不能满足最低限度的照明需求,但在 6 000 lm 下所测的 24 个座椅处平均照度,有 17 个计算面结果满足了照明需求,且旅客通道的地板、旅客通道也满足客舱照明的一般要求。对于 9 000 lm 下,舱室的各个点位均已经满足了照明设计的要求,则正好满足照明要求的总光通量介于 6 000~9 000 lm 之间。

确定最低满足照明需求的参数后,在该条件下对灯具的光度学参数进行调整,以单个灯具 50 lm 光通量为调整值进行仿真计算(场景总光通量为单个灯具光通量与灯具数量乘积,即场景光通量调整单位为 50 lm×60 = 3 000 lm),共完成了(1+12)组(第 1 组实验为低于最低照明需求的实验,不参与后续讨论)仿真计算实验,至此完成了舱室照明仿真流程的第三步。

### 4.2 客舱照明数据综合分析

对仿真计算的数据进行分析是舱室照明仿真流程的最后一步,即通过对前面所做仿真计算数据的统计分析,在满足照明设计要求的区间内寻找最合适的照明设计方案。

#### 4.2.1 平均照度值与统一眩光值分析

以 50 lm 的光通量为单位,对 3 种排布方案的灯光数据进行调整并完成后续仿真实验,所得数据结果如图 10 所示。

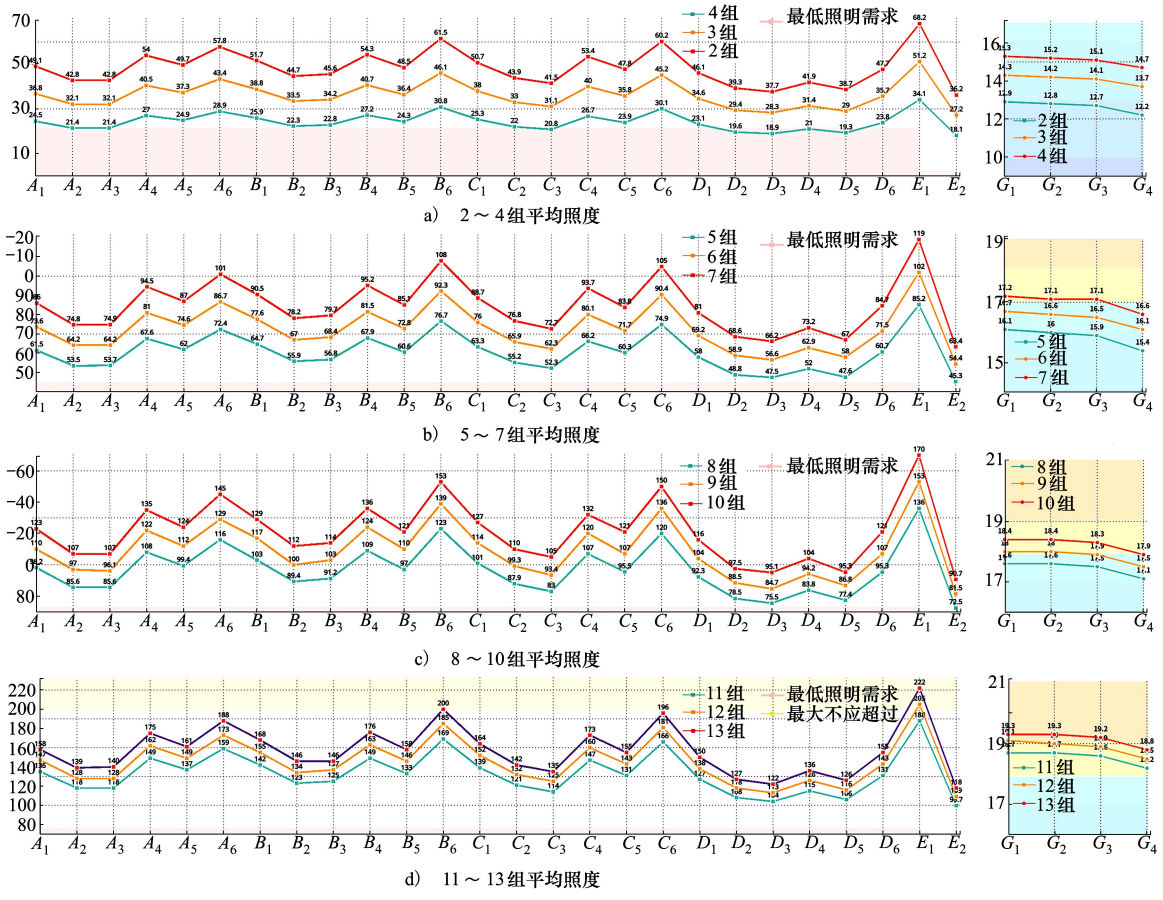



图 10 2~13 组照明仿真数据

将仿真结果与照明标准进行对比,从平均照度角度进行分析,其中存在部分计算结果不满足照明需求,2 组的部分测量值低于最低照度要求,12 组、13 组的部分测量值高于最高照度要求。由于计算元件并非全面覆盖舱室,存在舱室计算的误差、DIALux与实际情况的误差,考虑上述原因在平均照度上倾向于其中 4~9 组。且从曲线的走向可以看出飞机客舱内座椅处照度、旅客通道地板、地板上方照度与灯具的光通量之间存在线性关系。

从眩光的角度进行分析,一般来说统一眩光指数 19 是人眼舒适与否的界限值,当 UGR 大于 19 时,人眼就会感觉到不舒适[15]。在图 10 的右侧为各组的眩光指数测量平均值,其中第 12、13 组的 UGR 在部分测量区域已经超出了 19;其他仿真实验组 UGR 的平均测量值均小于 19。

#### 4.2.2 照度均匀度分析

对于舱内各物体表面进行分析,DIALux 提供了伪色图作为直观参考,2~13 组照明仿真的舱内伪色图(旅客通道视角)如图 11 所示。

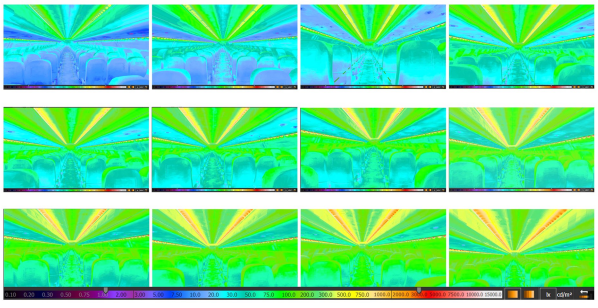


图 11 照明仿真亮度分布((2~13)组)

通过对伪色图观察,结合尺度标准可以直观地了解舱内照度分布是否均匀。观察舱内较大面积的色彩,第 2~4 组的照度分布跨度约为 7.5~150 lx,第 6~8 组照度分布跨度约为 30~200 lx,9,10 组照度分布跨度约为 40~400 lx,11~13 组的照度分布跨度约为 50~600 lx。

如图 12 所示,随着舱内光照的增强,座椅处所受照度的极差值呈现单调递增的趋势。照度均匀度为最小照度值/平均照度值,通过将座椅所受照度中的最小值与平均值相比反映飞机客舱全部座椅处的照度均匀度。照度均匀度愈趋近于 1,表示照度分布愈均匀、视觉感受愈舒适;相反,均匀度越低,视觉疲劳就越严重。在所有的仿真实验组中,照度均匀度的区间为最小 78.37%(13 组),最大 79.25%(10 组),照度均匀度均大于 0.7,符合预期要求。

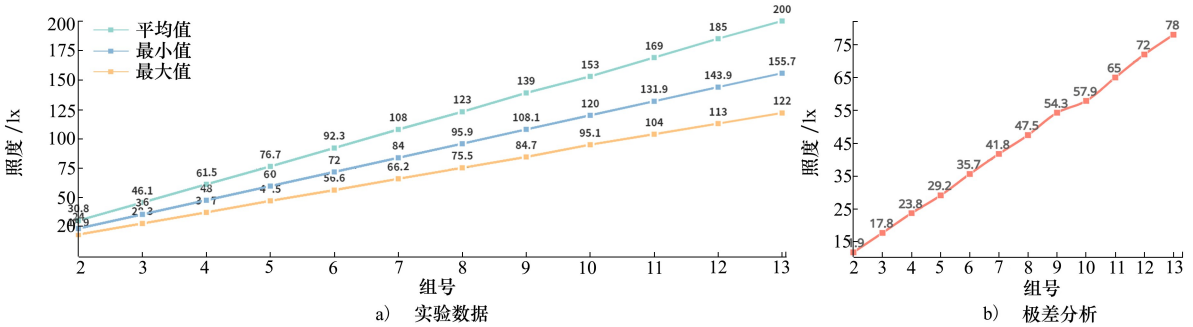



图 12　照度极差分析

### 4.3　实验结果分析

综合平均照度、眩光、照度均匀度等基本功能性指标,通过使用 DIALux 建立仿真模型,并进行 13 组仿真计算。对于该段客舱(座椅 13 排×6 列),舱内总光通量仿真跨度从 4 500~39 000 lm,座椅、旅客通道所受的平均照度实现了相关标准中最低照度需求到规定最高标准的全覆盖,针对登机离机、夜间照明 2 个不同时段的需求分别进行分析:

1) 从人眼视觉、高品质服务、能源损耗等角度进行分析,13 组仿真实验数据中,第 7,8 组实验数据为登机、离机期间优先考虑数据,该期间要求旅客座椅处所受照度不小于 54 lx,座椅处测量区域最低照度不小于 66.2 lx,最高照度不大于 123 lx;统一眩光指数 UGR 不大于 18,照度均匀度不小于 78.7%;按照 135 lm/W 的光效率进行分析,舱内 7 组舱内座椅照度平均值为 84.0 lx,总功率约为 156 W,8 组舱内座椅照度平均值为 95.9 lx,总功率约为 180 W,满足旅客登机、离机期间的照明需求,故总光通量优先考虑 21 000~24 000 lm。

2) 在夜间飞行期间,要求旅客座椅处所受照度不小于 22。13 组仿真实验数据中,第 3,4 组实验数据为夜间照明期间优先考虑数据,座椅处测量区域最低照度不小于 28.3 lx,最高照度不大于61.5 lx;统一眩光指数 UGR 不大于 15.3,照度均匀度不小于 78.5%,舱内 3 组座椅照度平均值为 36.0 lx,总功率约为 66 W,4 组座椅照度平均值 48.0 lx,总功率约为 90 W,满足旅客夜间照明需求,故总光通量优先考虑 9 000~12 000 lm。

综上所述,本节对照明仿真结果做了分析,由平均照度,眩光、照度均匀度等方面入手,结合乘客舒适度、客舱服务质量,能源损耗等,分步确定合适舱段照明设计方案,得到合适照明设计区间。

## 5　结　论

本文提出了一种基于 DIALux 照明仿真计算的创新性飞机客舱照明设计方法,并对该方法做了系统阐述,可为客舱的照明设计提供理论依据及技术支撑,旨在为飞机客舱的照明设计提供参考。

首先通过调研各方现行标准、视觉与舱内环境联系,建立客舱照明的评价模型。接着通过调研、数据分析建立了舱室仿真模型,并在数据模型的基础上进行仿真实验,仿真计算的实验结果对舱内照度从最低标准至最高上限实现了全覆盖,以此来保证仿真实验的全面性、系统性。最后从多个舱室照明因素评价指标结合现行评价标准进行实验数据分析,得到符合各个设计要求的照明设计可行方案,使得整个流程更加完整。

最后将方法流程引入设计案例进行深入探究，进一步说明所提出的方法在设计实践过程中的可行性，并以此来详细说明该方法在为客舱照明设计提供工程实践参考方面的完整应用。

## 参考文献：


[1] 王金，支锦亦，陈剑平，等. 民用飞机客舱舒适性研究综述及展望[J]. 机械设计，2019，36(9)：121-126
WANG Jin，ZHI Jinyi，CHEN Jianping，et al. Review and outlook of cabin comfort of civil aircraft[J]. Journal of Machine Design，2019，36(9)：121-126 (in Chinese)

[2] AHMADPOUR Aseem，ROBERT Jeanmarc，LINDGAARD Gitte. Aircraft passenger comfort experience：underlying factors and differentiation from discomfort[J]. Applied Ergonomics，2016，52：301-308

[3] 杨春宇，胡皓，向奕妍，等. LED 照明环境下照明参数对人眼视疲劳的影响[J]. 土木建筑与环境工程，2018，40(4)：88-93
YANG Chunyu，HU Hao，XIANG Yiyan，et al. Effects on visual fatigue of the human eyes of lighting parameters under LED luminous environment[J]. Journal of Civil and Environmental Engineering，2018，40(4)：88-93 (in Chinese)

[4] ZHANG Xian，QIAO Yidan，WANG Hanyu，et al. Lighting environmental assessment in enclosed spaces based on emotional model[J]. The Science of the Total Environment，2023，870：161933

[5] ZHU Ziwen，QIN Shengfeng. Understanding the relationships between emotion regulation strategies and big five personality traits for supporting effective emotion regulation tools/interventions design[J]. Advanced Design Research，2023(1)：38-49

[6] WAN Chong，WENG Dan，TANG Jiaji. Civil aircraft cabin lighting design and verification[J]. Journal of Physics，2022，2292(1)：012002

[7] 周莉，黄顺云，罗莎，等. OLED 光源在民机客舱照明中的应用[J]. 照明工程学报，2019，30(1)：51-55
ZHOU Li，HUANG Shunyun，LUO Sha，et al. The application of OLED lighting in the civil aircraft cabin[J]. China Illuminating Engineering Journal，2019，30(1)：51-55 (in Chinese)

[8] 荣浩磊，何佳明. 照明设计软件比较综述[J]. 照明工程学报，2006(4)：81-86
RONG Haolei，HE Jiaming. Comparing of software for lighting designing[J]. China Illuminating Engineering Journal，2006(4)：81-86 (in Chinese)

[9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会. 室内照明不舒适眩光[S]. GB/Z 26212-2010

[10] 中华人民共和国工业和信息化部. 民用飞机客舱照明要求[S]. HB 7484-1997

[11] 王加文，苏宙平，袁志军，等. LED 阵列模组化中的照度均匀性问题[J]. 光子学报，2014，43(8)：22-28
WANG Jiawen，SU Zhouping，YUAN Zhijun，et al. Study on uniformity of LED array illumination distribution on target plan[J]. Acta Photonica Sinica，2014，43(8)：22-28 (in Chinese)

[12] 初建杰，张美璇，王磊，等. 基于感性意象的飞机客舱座椅色彩和材质设计研究[J]. 机械设计，2020，37(2)：126-130
CHU Jianjie，ZHANG Meixuan，WANG Lei，et al. Research on color and material design of aircraft cabin seat based on kansei image[J]. Journal of Machine Design，2020，37(2)：126-130 (in Chinese)

[13] ALEX Derber，蓝楠. LED 照明系统在飞机上的应用[J]. 航空维修与工程，2015(12)：30-32
ALEX Derber，LAN Nan. Application of LED lighting systems on aircraft[J]. Aviation Maintenance & Engineering，2015(12)：30-32 (in Chinese)

[14] WINZEN J，ALBERS F，MARGGRAF-MICHEEL C. The influence of coloured light in the aircraft cabin on passenger thermal comfort[J]. Lighting Research &amp，Technology，2014，46(4)：465-475

[15] 杨公侠，杨旭东. 不舒适眩光与不舒适眩光评价[J]. 照明工程学报，2006(2)：11-15
YANG Gongxia，YANG Xudong. Discomfort glare and discomfort glare rating[J]. China Illuminating Engineering Journal，2006(2)：11-15 (in Chinese)

# Aircraft cabin lighting design method based on DIALux

FU Jinchi[1,2], CHEN Dengkai[1,2], ZHANG Xian[1,2], XIE Ning[1,2]

(1.Shaanxi Engineering Laboratory of Industrial Design, Northwestern Polytechnical University, Xi′an 710072, China;
2.Key Laboratory of Industrial Design and Ergonomics, Ministry of Industry and Information Technology,
Northwestern Polytechnical University, Xi′an 710072, China)

**Abstract**: Lighting in aircraft cabin is an important part of the aircraft interior lighting system. A reasonable cabin lighting design can improve the quality of flight services and enhance passenger satisfaction and comfort. In this paper, an aircraft cabin lighting design method is proposed based on the DIALux calculation and simulation software. Based on a quantitative evaluation, calibration and analysis of average illuminance, glare and uniformity of illuminance from the perspectives of travel safety, visual comfort and high quality service, the method explores and proposes an innovative approach to the design of aircraft cabin lighting. Finally, based on this method, an optical simulation model is established and visual simulation calculations are carried out to verify the feasibility of the method.

**Keywords**: lighting design; visual simulation; aircraft cabin; design method; DIALux

***引用格式:*** *付金池, 陈登凯, 张献, 等. 基于 DIALux 的飞机客舱照明设计方法[J]. 西北工业大学学报,2024,42(1): 53-61*

*FU Jinchi, CHEN Dengkai, ZHANG Xian, et al. Aircraft cabin lighting design method based on DIALux[J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2024, 42(1): 53-61 (in Chinese)*

*© 2024 Journal of Northwestern Polytechnical University.*

*This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.*