

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2019.04.001

基于 Ecotect 的某高校公共教学楼自然采光模拟

尹 湘, 寇广孝

(湖南工业大学 土木工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 采用 Ecotect Analysis 综合建筑性能模拟软件和 Desktop Radiance 建筑光环境模拟软件, 对湖南省株洲市某高校公共教学楼进行了自然采光和眩光模拟, 计算了自然采光系数和眩光指数, 分析了公共教学楼标准层主体教室的自然采光效果。结果表明, 该公共教学楼主体教室自然采光系数和眩光指数均达到《建筑采光设计标准》(GB 50033—2013)和《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378—2014)等相关标准要求。

关键词: Ecotect; 公共教学楼; 自然采光; 采光系数; 眩光指数

中图分类号: TU113.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9833(2019)04-0001-06

引文格式: 尹 湘, 寇广孝. 基于 Ecotect 的某高校公共教学楼自然采光模拟 [J]. 湖南工业大学学报, 2019, 33(4): 1-6.

A Natural Lighting Simulation Test of a Collegiate Public Teaching Buildings Based on Ecotect

YIN Xiang, KOU Guangxiao

(College of Civil Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: A natural lighting and glare simulation test has been carried out on the public buildings in a university in Zhuzhou, Hunan Province by using a comprehensive building performance simulation software Ecotect Analysis and a luminous environment simulation software Desktop Radiance, thus working out the natural daylighting coefficient and glare index, followed by an analysis of the natural daylighting effect of the main classrooms in public teaching buildings of standard level. The results show that the natural lighting coefficient and glare index of the main classrooms in the public teaching buildings meet the requirements of the building lighting design standard (GB 50033—2013) and the green building evaluation standard (GB/T 50378—2014).

Keywords: Ecotect; public teaching building; natural lighting; daylighting coefficient; glare coefficient

0 引言

自然采光是建筑的主要照明形式之一, 也是连接

建筑内外环境的一种重要方式。建筑室内光环境的好坏可利用自然光线的强弱进行判断^[1]。

收稿日期: 2018-09-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51346007), 湖南工业大学研究生科研创新基金资助项目(CX1821)

作者简介: 尹 湘(1994-), 女, 湖南衡阳人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为建筑冷热源新技术,

E-mail: yinxiang1994@126.com

通信作者: 寇广孝(1962-), 男, 陕西礼泉人, 湖南工业大学教授, 硕士生导师, 主要从事建筑节能技术和有机热载体加热技术等领域的教学与研究, E-mail: gxkou@sina.com

自然采光具有光效高、显色好等优点,合理利用自然采光可以减少人工照明能耗,同时也可以降低人工照明产生的空调能耗、改善室内生态环境,因而对建筑能耗的降低与节约型城市的建设具有较大的实际意义。

自然采光的利用应该在建筑设计阶段展开,如何合理地控制、有效利用自然采光是值得重视的问题^[2]。随着建筑可持续性设计及计算机辅助设计技术的发展,引入自然采光模拟非常必要,自然采光模拟也逐渐成为建筑采光设计的重要辅助设计手段之一^[3]。因此,本研究拟利用综合建筑性能模拟软件 Ecotect Analysis (简称 Ecotect) 和建筑光环境模拟软件 Desktop Radiance (简称 DR), 根据绿色建筑评价标准,通过对某高校公共教学楼进行自然采光和眩光模拟,判断其自然采光效果,以期为其营造舒适高效的工作和学习环境、研究建筑照明能耗提供参考依据^[4],同时为同类建筑降低建筑能耗以及建设节约型社会提供一定的理论参考依据^[5]。

1 模拟概述

1.1 项目概况

该公共教学楼项目位于湖南省株洲市某高校内,总建筑面积为 38 350.00 m²,项目共 5 层,主要功能房间为教室。公共教学楼周边为该校其它建筑,只对该项目内的主要功能教室进行模拟,选择公共教学楼标准层为计算模型,标准层模型图见图 1。

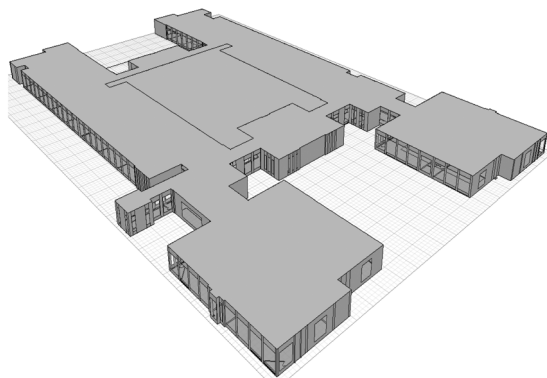


图 1 标准层模型图

Fig. 1 A model diagram of the standard floor

1.2 光气候

株洲市位于长沙市东南方向,属于亚热带区,气候湿润且雨量丰富、光照充足,夏季多正南风,冬季多西北风,年平均气温为 16~18 ℃,年日照时数为 1 677.1 h,该光气候区的采光系数等于采光系数标准值乘以该光气候区的光气候系数,不同光气候区的系数值参见表 1^[6]。

表 1 光气候系数值

Table 1 Daylight climate coefficient values

变量名	光气候区				
	I	II	III	IV	V
K 值	0.85	0.90	1.00	1.10	1.20
室外天然光设计 照度值 E_s /lx	18 000	16 500	15 000	13 500	12 000

由《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378—2014)^[7]可知,株洲市为 IV 类光气候区,照度值 E_s 为 13 500 lx,光气候系数 K 值为 1.10。

本研究所选的公共教学楼为办公类建筑,该地区的办公类建筑室内各类房间的采光等级及采光系数要求如表 2 所示。

表 2 办公类建筑采光标准值

Table 2 Stand values of daylight factor in office buildings

采光等级	房间名称	侧面采光	
		采光系数最低值 $C_{min}/\%$	室内天然光 临界照度值 /lx
II	设计室、绘图室	3.0	150
III	办公室、商业室、会议室	2.0	100
IV	复印室、档案室	1.0	50
V	走道、楼梯间、卫生间	0.5	25

文中对模拟模型进行了简化分析,根据设计图纸只对模型的内外墙体、顶棚、地板等围护结构进行绘制,并且设定围护如墙体的反射系数、吸收系数、玻璃类型以及透射比等参数,忽略教室内桌椅、黑板等设施对模拟结果带来的影响。室外模拟状态设置为全阴天。

围护结构的表面状况、颜色、材质等决定了结构对自然光的吸收、反射、透射等性能,且对建筑的自然采光有着较大的影响,因此,结构材料的性能参数应根据实际情况进行选择。

参考《建筑采光设计标准》(GB 50033—2013)^[8]中光学性能参数的参考指导值,并结合相关建筑资料,确定该模型围护结构的光学性能参数如表 3 所示。

表 3 模型围护结构的光学性能参数

Table 3 Optical performance parameters of model enclosure structures

构造	材料	吸收系数	室内反射系数	可见光透射比	得热系数
楼面	地砖	0.70	0.30	-	-
墙体	浅色涂料	0.30	0.70	-	-
顶棚	普通吊顶	0.20	0.80	-	-
玻璃门窗	单层玻璃窗	-	-	0.62	0.28

2 技术路线

2.1 原理

2.1.1 采光系数

采光系数值的大小与建筑方位、太阳位置无关。

采光系数 C 的计算可按式^[9]进行:

$$C = (E_{in} / E_{iw}) \times 100\%$$

式中: E_{in} 为室内照度; E_{iw} 为室外照度。

2.1.2 自然采光眩光指数

自然采光眩光指数 (daylight glare index, DGI) 适用于大面积 (如窗户) 自然采光眩光光源, 不同采光等级对应不同的眩光指数极限值, 如表 4 所示。

自然采光中的眩光可用如下公式进行预测评价:

$$DGI = 10 \lg \sum G_n$$

$$\text{式中 } G_n = 0.478 \frac{L_s^{1.6} \Omega^{0.8}}{L_b + 0.07 \omega^{0.5} L_s}$$

其中: L_s 为窗亮度, 即透过所选窗看到的地面、天空及遮挡物等的加权平均亮度, nits; L_b 为背景亮度, 即视野范围内各物体表面的平均亮度值, nits; ω 为考虑窗位置修正的立体角, sr, 且 $\Omega = \int \frac{d\omega}{p^2}$, 其中,

ω 为窗和目标点所构成的立体角, p 为古斯位置指数。眩光计算各角度参数如图 2 所示, 其中 α 为窗的垂直与对角线方向所形成的夹角; β 为所选窗中心点和观察点间的连线与观察者视线方向的夹角。

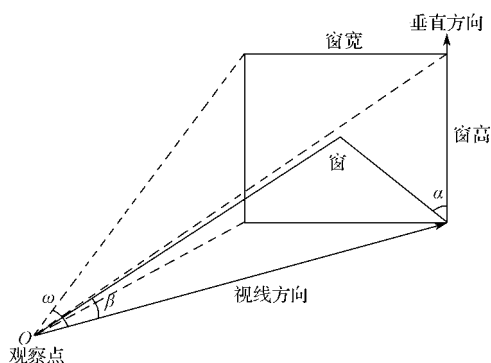


图 2 眩光计算各角度参数示意图

Fig. 2 A diagram of angle parameters for glare calculations

表 4 DGI 指数限值

Table 4 DGI limit values

采光等级	眩光指数值	感受区间
I	20	刚刚可接受
II	23	可接受
III	25	刚刚不舒适
IV	27	不舒适
V	28	刚刚无法忍受

该模型为办公类建筑, 主要功能房间采光等级为 III 级, 由表 4 得知该建筑模型主要功能房间的眩光指数限值为 25。

2.2 采光质量

1) 根据《建筑采光设计标准》(GB 50033—2013) 中的相关规定可以得知, 当设计建筑顶部采光时, 对于采光等级在 I ~ IV 等级的建筑, 其采光均

匀度应大于 0.7, 为确保采光均匀度达到相关标准要求, 两相邻天窗中线间距应小于天窗下沿到参考平面距离的 1.5 倍。

2) 进行采光设计时, 为减小窗的 DGI 指数, 可以采取以下措施: i) 作业区减少或者避免直射阳光; ii) 工作人员的视觉背景不为窗口; iii) 采用室内外遮阳设施。

3) 在进行采光设计时, 为避免产生遮挡及阴影对工作的影响, 应留意光的方向性。

4) 若自然光满足不了场所所需, 应选择和天然光色温接近的高色温人工照明光源进行补充。

5) 若场所内采光设计需识别颜色, 采光材料应不改变天然光的色色。

6) 对采光设计有特殊要求的美术馆、陈列馆 (陈列室不应有直射阳光进入)、博物馆等场所, 在进行采光设计时, 应采取对室外天然光照度值限值、消除紫外辐射和减少曝光时间等措施。

7) 采光系统中若需加入导光筒等辅助采光措施, 采光系统应合理分布。

2.3 分析软件

Ecotect 是美国 Autodesk 公司开发的一款建筑性能模拟软件。其技术性能全面, 可以进行太阳辐射、热、光学、声学、造价、建筑投资以及可视度等建筑性能的模拟和分析^[10]。在进行建筑光环境模拟时, Ecotect 不仅可进行采光系数计算, 还可和 DR 连接, 进行精确的自然采光、照明及自然采光眩光模拟。

DR 是由美国劳伦斯伯克利国家实验室 (Lawrence Berkeley National Laboratory) 和美国 Marinsoft 公司开发的一款基于 Radiance 核心和 AutoCAD 平台的建筑光环境软件, 该软件以蒙特卡洛算法为基础进行优化, 优化后的反向光线追踪法较光能传递算法更适用于进行精确的建筑采光模拟分析, 计算效率较高, 可被用于模拟复杂场景中的各种采光和照明情况。

因此, 本研究采用综合建筑性能模拟软件 Ecotect Analysis 和建筑光环境模拟软件 Desktop Radiance 计算的方式对该高校公共教学楼的室内光环境进行模拟, 并分析判断其室内主要功能空间的采光效果能否达到《绿色建筑评价标准》GB/T 50378—2014 的相关要求。

3 模拟结果

由 GB 50033—2013 中的相关规定可以得知, 进行模拟计算时, 工业建筑、民用建筑、公用场所应分

别取距地面 1.00, 0.75, 0 m 为参考平面, 即计算网格划分面。

该项目标准层有 4 个典型教室类型, 本文选取 3 种典型教室 (可容纳人数分别为 200, 120, 90 人) 进行室内自然采光和眩光模拟, 建筑平面布局 and 所选教室类型 (①、②、③) 如图 3 所示。

主要模拟分析教室类型为一般教室和阶梯型教室, 其它非主要功能房间 (如教师休息室、卫生间) 不在本次模拟范围。

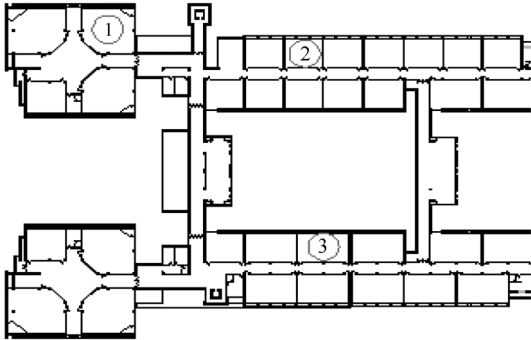
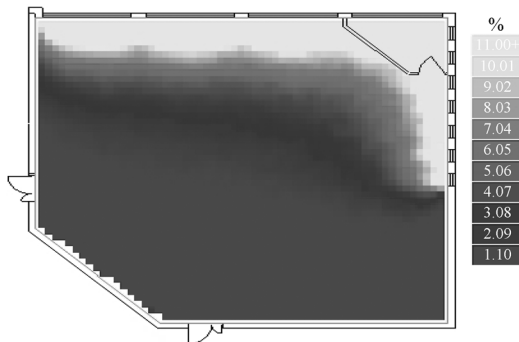


图 3 标准层平面图

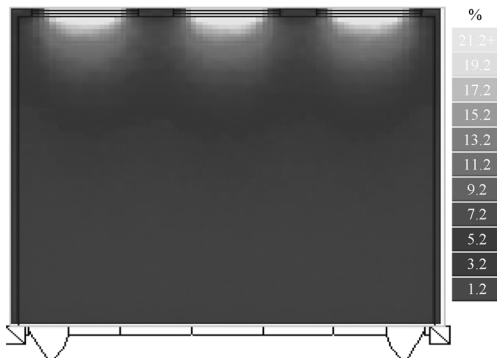
Fig. 3 A horizontal distribution map of the standard floor

3.1 自然采光

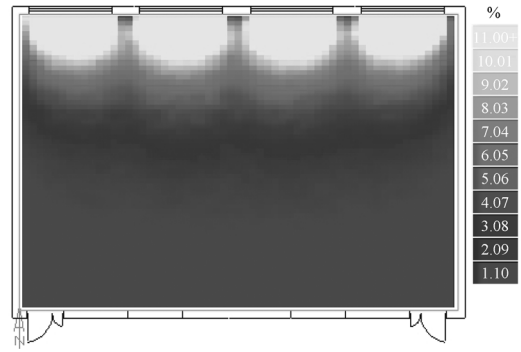
选择标准层具有代表性的教室①、②、③, 在 Ecotect 中分别执行 Lighting Analysis 命令, 得到整体功能空间采光效果图, 如图 4 所示, 不同颜色填充区域代表不同采光等级。



a) 房间①



b) 房间②



c) 房间③

图 4 房间整体功能空间采光效果图

Fig. 4 An overall lighting effect map of the functional space

由图 4 所示标准层①、②、③房间自然采光效果图可知, 靠窗位置采光效果较好, 进深越大, 采光效果越差。3 个标准层房间的平均采光系数分别为 7.16%, 4.90%, 6.34%, 表 5 为其采光情况汇总表。

表 5 主要教室自然采光情况汇总表

Table 5 A summary table of the natural lighting in main classrooms

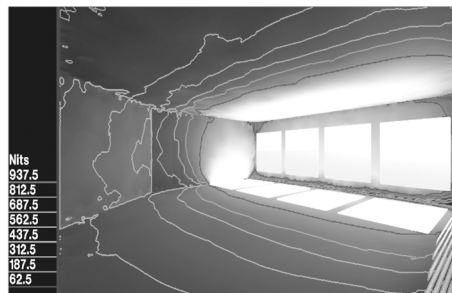
房间编号	主要功能空间面积/m ²	平均采光系数/%	达标面积/m ²	达标比例/%	得分
①	194.55	7.16	162.29	83.42	8
②	102.38	4.90	76.36	73.61	6
③	125.75	6.34	92.39	75.47	7

3.2 眩光模拟

以采光模型为基础, 对教室①和②在 Ecotect 中分别进行眩光模拟, 得到室内相机视角以及亮度分布示意图, 如图 5~7 所示。



a) 室内相机视角



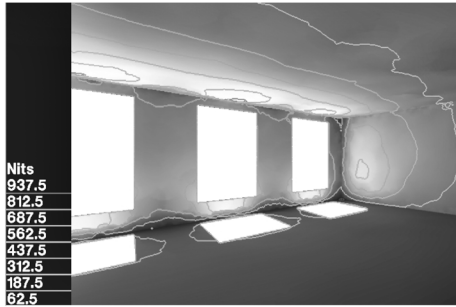
b) 室内亮度分布

图 5 房间①眩光模拟结果

Fig. 5 Glare simulation results of Room ①



a) 室内相机视角



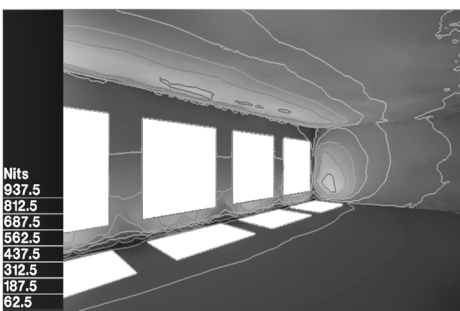
b) 室内亮度分布

图6 房间②炫光模拟结果

Fig. 6 Glare simulation results of Room ②



a) 室内相机视角



b) 室内亮度分布

图7 房间③炫光模拟结果

Fig. 7 Glare simulation results of Room ③

对不舒适眩光指数进行计算汇总, 结果见表6。

表6 外窗不舒适眩光汇总表

Table 6 The DGI of the outside window

房间编号	DGI 设计计算值	DGI 标准限值	达标情况
①	21.8	25	√
②	20.3	25	√
③	22.7	25	√

3.3 评价标准

采光系数 K 值和室内天然光照度值是评价自然采光是否达标的主要技术指标, 特殊情况下还要对自然采光眩光及采光均匀度等质量指标进行合理控制。

结合建筑特点和采光设计标准, 文中只对特定房间进行了采光系数和不舒适眩光的模拟计算。

《绿色建筑评价标准》及《建筑采光设计标准》是本次模拟项目主要参考的自然采光评价标准。其中《绿色建筑评价标准》对公共建筑自然采光相关评分规则如表7所示, 根据达标面积比例评分, 最低为4分, 最高可得8分。

表7 公共建筑采光评分规则

Table 7 Public building lighting rules

面积比例 R_A	得分
$60\% \leq R_A < 65\%$	4
$65\% \leq R_A < 70\%$	5
$70\% \leq R_A < 75\%$	6
$75\% \leq R_A < 80\%$	7
$R_A \geq 80\%$	8

4 结论

通过对某高校公共教学楼的室内自然采光效果进行模拟分析, 可得到如下结论:

1) 公共教学楼主要功能房间的采光系数满足现行国家标准《建筑采光设计标准》GB 50033—2013的要求。根据《绿色建筑评价标准》GB/T 50378—2014中8.2.6规则, 该公共教学楼满足绿色建筑评价标准。

2) 文中通过对公共教学楼典型教室进行自然采光模拟, 从而对采光环境进行合理预测。其他类型建筑在设计方案阶段, 可利用 Ecotect Analysis 和 Desktop Radiance 软件对建筑进行光环境模拟, 快速呈现出建筑的光环境性能以及采光实际效果, 从而对设计方案进行判断和优化, 节约照明用电, 降低能耗, 达到节能标准。

参考文献:

[1] 楚洪亮, 万成龙. 某酒店建筑自然采光效果模拟分析[J]. 建筑节能, 2016, 44(1): 66-69.
 CHU Hongliang, WAN Chenglong. Natural Lighting Effect Simulation of a Hotel Building[J]. Building Energy Efficiency, 2016, 44(1): 66-69.

[2] 王喜彬, 谢珂. 小型活动中心自然采光模拟分析及优化设计[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版), 2016, 45(3): 350-353.

- WANG Xibin, XIE Ke. Analysis on Daylight Simulation and Optimization Design of Small Activity Center[J]. Journal of Inner Mongolia Normal University(Natural Science Edition), 2016, 45(3): 350-353.
- [3] 云朋. 建筑光环境模拟[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010: 59-60.
YUN Peng. Lighting Environment Simulation of Building[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010: 59-60.
- [4] 宋来鹏, 马小军. 基于 BIM 的办公建筑天然采光分析[J]. 科技通报, 2017, 33(7): 184-186.
SONG Laipeng, MA Xiaojun. Simulation Analysis of Office Building's Daylighting Based on BIM[J]. Bulletin of Science and Technology, 2017, 33(7): 184-186.
- [5] 金元, 郭清. 夏热冬冷地区办公建筑自然采光效果模拟分析[J]. 建筑节能, 2016, 44(4): 83-87.
JIN Yuan, GUO Qing. Simulation Analysis of Office Building Daylight Effects in Hot Summer and Cold Winter Zone[J]. Building Energy Efficiency, 2016, 44(4): 83-87.
- [6] 赵娣, 崔萍, 杨杰. 办公建筑室内光环境模拟分析[J]. 建筑节能, 2017, 44(9): 140-142.
ZHAO Di, CUI Ping, YANG Jie. Simulation Analysis of Indoor Light Environment of an Office Building[J]. Building Energy Development, 2017, 44(9): 140-142.
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 绿色建筑评价标准: GB/T 50378—2014[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Assessment Standard for Green Building: GB/T 50378—2014[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.
- [8] 边菁华, 李伟, 刘奕杉, 等. 天津市养老机构建筑采光模拟与分析[J]. 天津城建大学学报, 2018, 24(3): 169-174, 180.
BIAN Jinghua, LI Wei, LIU Yishan, et al. Architectural Lighting Simulation and Analysis of Institutions for the Elderly in Tianjin[J]. Journal of Tianjin Chengjian University, 2018, 24(3): 169-174, 180.
- [9] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑采光设计标准: GB 50033—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standard for Daylighting Design of Buildings: GB50033—2013[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2013.
- [10] 路博. 室内光环境辅助设计应用与研究: DIALux 与 Ecotect 设计模拟分析[D]. 太原: 太原理工大学, 2015.
LU Bo. Research on and Application of Auxiliary Design of Indoor Light Environment: Design Simulation Analysis of DIALux and Ecotect[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2015.

(责任编辑: 廖友媛)