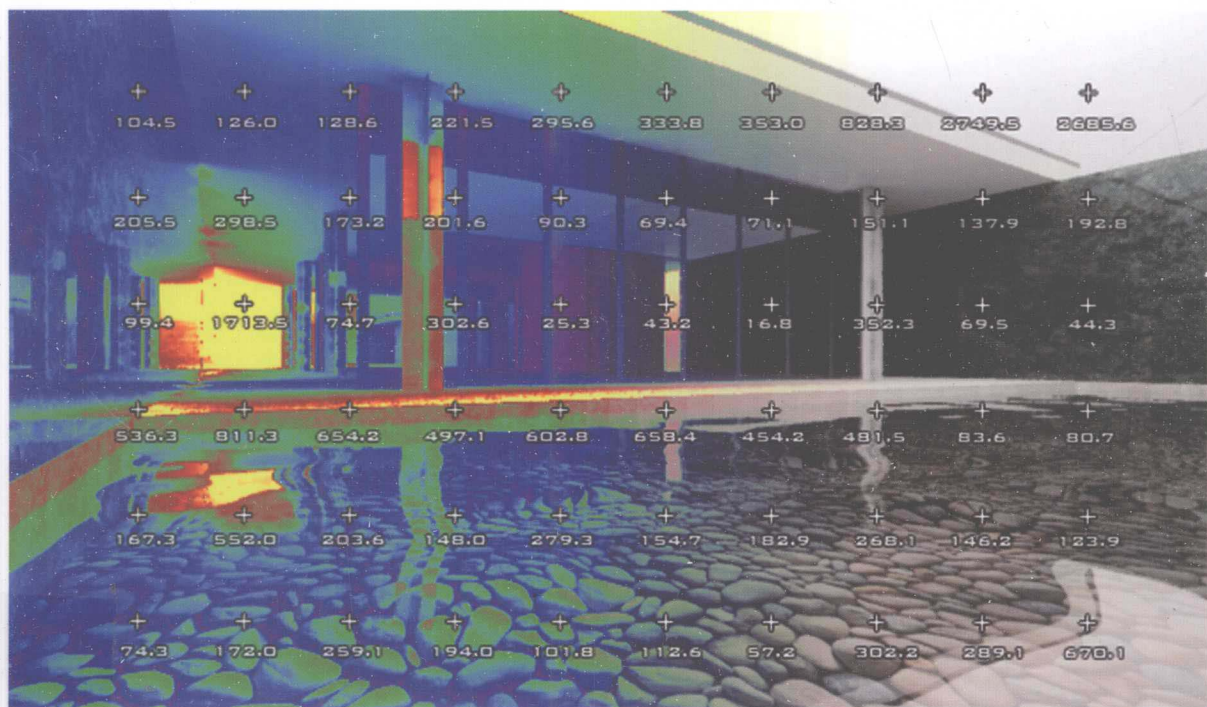


建筑光环境模拟

LIGHTING ENVIRONMENT SIMULATION OF BUILDING

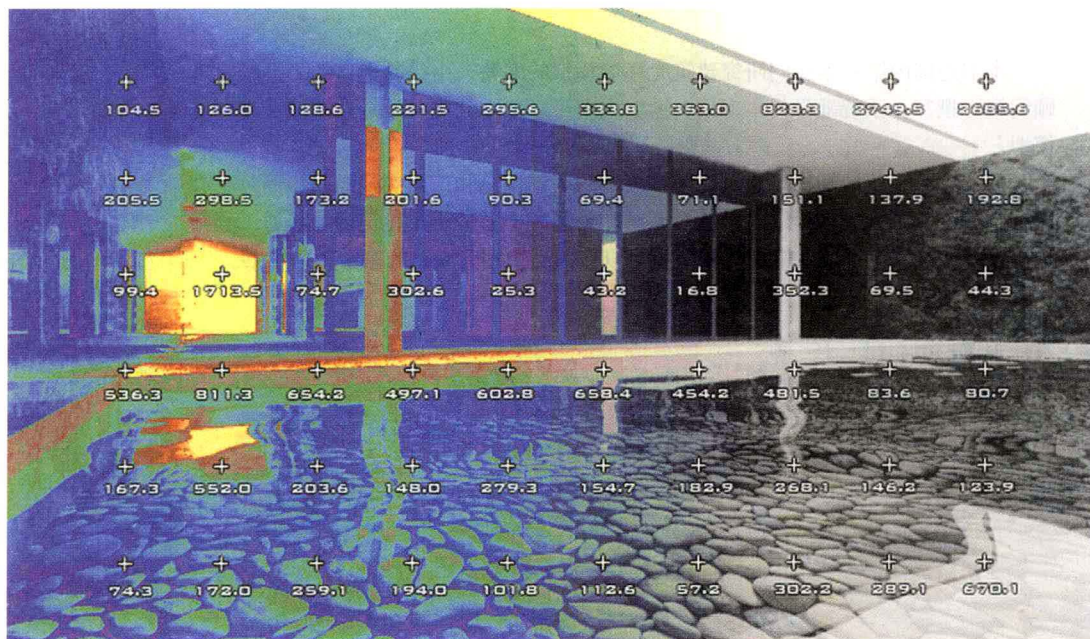


云朋 编著

中国建筑工业出版社

建筑光环境模拟

LIGHTING ENVIRONMENT SIMULATION OF BUILDING



云朋 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑光环境模拟 / 云朋编著. — 北京: 中国建筑工业出版社, 2010

ISBN 978-7-112-11897-7

I. 建… II. 云… III. 建筑—照明 IV. TU113

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第040292号

本书是国内第一本专门研究建筑光环境模拟的书籍, 由经验丰富的可持续建筑顾问精心撰写。系统地学习本书后, 读者完全可以独立完成各种复杂的建筑光环境模拟。

本书首次系统地阐述了建筑光环境模拟的基础理论和工程实践经验, 同时配有大量实践案例和视频教程以帮助读者理解和熟悉。本书适合于建筑师、暖通工程师和可持续建筑顾问等职业人群, 同时也可以作为高校相关专业的教学辅助用书。

* * *

责任编辑: 田启铭 于 莉

责任设计: 姜小莲

责任校对: 兰曼利

建筑光环境模拟

LIGHTING ENVIRONMENT SIMULATION OF BUILDING

云朋 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京图文天地制版印刷有限公司制版

北京方嘉彩色印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 15 1/4 字数: 380千字

2010年7月第一版 2010年7月第一次印刷

定价: 88.00元 (含光盘)

ISBN 978-7-112-11897-7

(19149)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

这是一本有关建筑光环境模拟的入门书籍，在开始进入正题之前，我想有必要就建筑光环境模拟的含义作个不完全的解释。从语义学角度来看，这个短语由“建筑”、“光环境”和“模拟”三个词组成。建筑大家都很熟悉，自不必详细解释。光环境是由自然的或人工的光线所呈现给使用者的一个或一系列内在关联的环境状态。模拟则包括两个部分：首先是用精确的数学模型仿真事物在现实情况下的状态，通常我们使用现有的计算机程序来实现上述目的，接下来根据上一步所得到的数据进行分析，这里的分析是指根据各种量化和非量化的衡量标准来评价一个或一系列状态的优劣，从状态我们就可以回溯到其所对应的设计方案和建筑。将上面的三个词串接起来用一句话来表述就是：建筑光环境模拟是指采用计算机手段对建筑的室内外自然采光和人工照明情况进行模拟计算，然后根据模拟结果来进行分析和评价。

光环境是建筑环境的重要组成部分，从远古时代的简陋茅屋到现代复杂的大型公共建筑，无一例外地都离不开光。良好的光环境设计不仅可以营造出舒适高效的工作和学习环境，同时还可以大幅减少照明和空调能耗。对于可持续建筑来说，光环境更是占据了极为重要的地位。我国的绿色建筑评价标准以及美国的LEED等相关标准中都明确规定将光环境模拟作为光环境评价的手段和方法。

近年来，随着可持续建筑理念的逐步发展，已经有越来越多的建筑师、工程师以及业主对建筑光环境模拟产生了浓厚的兴趣。但关注是一回事，实际应用又是另外一回事。目前，由于各种因素的制约，我国的建筑光环境模拟还处于起步阶段，很多建筑师和工程师虽然想在实际的工程中通过模拟来提升建筑的性能和品质，但苦于没有相关的理论基础和应用工具。因此，笔者认为有必要向国内一线的设计和工程技术人员介绍光环境模拟的相关系统理论、应用方法和软件工具。

软件本身毕竟只是一种工具，只有拥有了扎实的理论基础和工作方法才能自如地驾驭软件，使之更好地服务于可持续这一目标。基于以上几点考虑，本书中深入讨论了建筑光环境模拟的系统理论和应用方法，同时结合大量的实例来帮助读者掌握操作的流程和分析的方法。全书共分为十五章，横跨了光度学、自然采光、人工照明、采光照明控制、计算机图形学、生理学、心理学以及暖通空调等多个学科和领域，力求为读者搭建起一个系统的光环境模拟框架。

从某个角度来说，这本书可以看成是笔者多年从事可持续建筑设计和顾问工作的经验总结。与其他同类书籍不同，本书更多地是从建筑师和可持续建筑顾问的角度来探讨怎样将光环境模拟真正引入到实际工作中来，因此这不是一本单纯的理论书籍或者软件操作手册，它在内容安排上考虑了不同职业和背景人群的要求，无论您是建筑师、暖通工程师、可持续建筑顾问，亦或是在校大学生，笔者都希望这本书能给您的工作和学习带来哪怕是最微不足道的帮助。

读者在阅读本书时请注意，书中的引用图、表及涉及的规范、表达方式等，保留了软件提供的单位、名称及格式，以便于读者更好地对照学习及使用相关软件。

本书附录中给出了笔者草拟的建筑光环境模拟课程教学大纲，有兴趣在高校中开设相关课程的老师可将其作为制订教学计划的参考材料。

在这里笔者要衷心地感谢Radiance的主开发人Greg Ward先生、伦敦城市大学的Aexl Jacobs博士和哈佛大学建筑研究所的Christoph F.Reinhart博士，他们为本书的写作提供了无私的支持，尤其是Greg Ward先生在百忙中给予了笔者热情的鼓励和帮助。

笔者的博客是[blog.sina.com\ecotect](http://blog.sina.com/ecotect)，欢迎广大读者登陆交流可持续建筑方面的心得和感受。

光环境模拟涉及了众多的领域，是一门系统的学科。由于本人水平和精力有限，同时成书仓促，因此难免有不当之处。欢迎广大读者批评指教，笔者的邮箱：iam_47@sina.com。

云朋

2010.1

目 录

第1章 建筑光环境模拟概论	1	1.5.3 改建方案	12
1.1 建筑光环境模拟	1	1.5.4 模拟条件	12
1.1.1 公式计算	1	1.5.5 模拟分析	13
1.1.2 模型测量	1		
1.1.3 软件模拟	2	第2章 光和视觉成像	15
1.2 光环境模拟能用来干什么	2	2.1 作为电磁波的光	15
1.2.1 建筑设计	3	2.1.1 电磁波	15
1.2.2 照明设计	3	2.1.2 电磁波的传播规律	16
1.2.3 舞台美术设计	3	2.1.3 辐射度学的基本概念	16
1.2.4 标准评估	4	2.2 可见光	17
1.2.5 规划和城市设计	4	2.2.1 可见光和光度学	17
1.2.6 房地产销售和物业管理	5	2.2.2 光度学的基本概念	17
1.3 模拟适用于什么人	7	2.2.3 辐射度学与光度学	17
1.3.1 建筑师	7	2.3 材料表面的光学性质	17
1.3.2 设备工程师	7	2.3.1 不透明表面	18
1.3.3 照明和电气工程师	7	2.3.2 透明表面	18
1.3.4 可持续建筑顾问	8	2.4 视觉成像	19
1.3.5 房地产开发商	8	2.4.1 眼睛的结构	19
1.4 现状和展望	8	2.4.2 感光细胞	19
1.4.1 基本现状	8	2.4.3 明视觉和暗视觉	20
1.4.2 应用阶段	9	2.4.4 主观亮度感受	20
1.4.3 指标与分析	9	2.5 视野范围	21
1.4.4 客户沟通	9	2.5.1 视野范围	21
1.4.5 展望	10	2.5.2 光环境模拟中的视野	22
1.5 光环境模拟实例	10	2.6 色彩空间	22
1.5.1 项目简介	10	2.6.1 颜色和色彩空间	22
1.5.2 改建要求	11	2.6.2 RGB色彩空间	23

2.6.3 CIE 1931 xyY色彩空间	23	4.3.3 配光曲线的表示方法	33
		4.3.4 配光曲线的格式标准	34
第3章 光环境模拟与自然光	24	4.4 照明控制	34
3.1 自然采光	24	4.4.1 照明控制的类型	34
3.1.1 自然采光的重要性	24	4.4.2 照明控制的实现方式	35
3.1.2 自然采光模拟	24	4.4.3 照明控制系统和控制策略	35
3.2 太阳辐射与日照	25	4.4.4 自然光控制	36
3.2.1 太阳辐射	25	4.4.5 光传感器的开关控制	37
3.2.2 日照	25		
3.2.3 时间	26	第5章 光环境模拟与计算机图形学	38
3.3 大气	26	5.1 几何模型的定义方法	38
3.3.1 大气的散射	26	5.1.1 多边形网格	38
3.3.2 消光系数	27	5.1.2 构造几何实体	38
3.4 天空和天空模型	27	5.1.3 空间细分	39
3.4.1 天空模型	27	5.1.4 隐式定义	39
3.4.2 天空模型的选择	29	5.2 光照模型	39
3.4.3 天空的颜色	29	5.2.1 光照模型	39
		5.2.2 光照模型的分类	40
第4章 光环境模拟与人工照明	30	5.3 局部照明模型	40
4.1 人工光源的评价指标	30	5.3.1 局部照明模型	40
4.1.1 发光效率	30	5.3.2 Phong模型	40
4.1.2 色温	30	5.3.3 Phong模型的不足	40
4.1.3 显色性	30	5.4 渲染方程与全局照明模型	40
4.1.4 平均寿命	30	5.4.1 渲染方程	40
4.1.5 光通量维持率	30	5.4.2 全局照明模型	41
4.2 人工光源	31	5.5 光线跟踪	41
4.2.1 热辐射光源	31	5.5.1 Whitted光线跟踪模型	42
4.2.2 气体放电光源	31	5.5.2 改进的光线跟踪模型	42
4.2.3 半导体光源	33	5.6 光能传递	44
4.3 配光曲线	33	5.6.1 光能传递	44
4.3.1 灯具	33	5.6.2 光能传递的计算过程	44
4.3.2 配光曲线	33	5.7 光线跟踪与光能传递的比较	45

5.7.1	光线跟踪	45	6.4	BIM与光环境模拟	52
5.7.2	光能传递	45	6.4.1	绿色建筑扩展标记语言	52
5.7.3	结论	45	6.4.2	BIM与光环境模拟	52
5.8	高动态范围图像	45	6.4.3	应用案例	53
5.8.1	动态范围	45			
5.8.2	高动态范围图像	46	第7章	光环境模拟的过程	54
5.8.3	色调映射	46	7.1	规划模拟方案	54
5.8.4	高动态范围图像格式	47	7.1.1	模拟指标	55
5.8.5	光环境模拟与高动态范围图像	47	7.1.2	模拟软件	55
			7.1.3	模拟范围	55
第6章	建筑光环境模拟软件	48	7.1.4	时间进度安排	55
6.1	光环境模拟软件的分类	48	7.2	建立建筑的三维模型	55
6.1.1	静态光环境模拟软件	48	7.2.1	模型的简化	56
6.1.2	动态光环境模拟软件	48	7.2.2	建立和导入模型	56
6.1.3	综合能耗模拟软件	48	7.3	设置材质和光源	56
6.2	光环境模拟软件综述	49	7.3.1	设置材质	56
6.2.1	用户界面	49	7.3.2	设置光源	56
6.2.2	模型	49	7.4	设置时间表和气象数据	57
6.2.3	材质	50	7.4.1	设置时间表	57
6.2.4	光源	50	7.4.2	设置气象数据	57
6.2.5	光照模型	50	7.5	设置参数并执行模拟	57
6.2.6	数据后处理	50	7.5.1	参数设置	57
6.2.7	人员行为和控制策略	50	7.5.2	执行模拟	58
6.3	光环境模拟软件的比较	50	7.6	分析	58
6.3.1	Radiance	51	7.6.1	数据后处理	58
6.3.2	Desktop Radiance	51	7.6.2	分析	58
6.3.3	Ecotect	51	7.6.3	撰写报告	58
6.3.4	Dialux	51			
6.3.5	AGi32	51	第8章	光环境模拟的定量评价	59
6.3.6	Daysim	51	8.1	光环境模拟的定量评价	59
6.3.7	IES<VE>	52	8.1.1	分类	59
6.3.8	DOE2和EnergyPlus	52	8.1.2	评价	59

8.1.3 评价指标	60	9.2.2 光线和阴影分布	69
8.2 静态光环境评价指标	60	9.2.3 评价实例	70
8.2.1 照度	60	9.3 亮度图像的主观评价	71
8.2.2 照度均匀度	61	9.3.1 完形常性	71
8.2.3 采光系数	61	9.3.2 直觉常性	71
8.2.4 采光权	61	9.3.3 色彩常性	72
8.2.5 室外视野	62	9.3.4 结论	73
8.3 眩光评价指标	62		
8.3.1 统一眩光值	62	第10章 Desktop Radiance	74
8.3.2 眩光值	62	10.1 概论	74
8.3.3 自然采光眩光指数	63	10.1.1 简介	74
8.3.4 显示器的反射眩光	63	10.1.2 现状	74
8.4 动态光环境评价指标	64	10.1.3 安装	75
8.4.1 全自然采光时间百分比	64	10.2 入门	75
8.4.2 有效全自然采光时间百分比	64	10.2.1 界面	75
8.4.3 最大全自然采光时间百分比	65	10.2.2 项目	76
8.4.4 连续全自然采光时间百分比	65	10.2.3 建模	76
8.4.5 全年光暴露量	65	10.2.4 天空和地面	76
8.5 能耗及经济评价指标	66	10.2.5 命令的简化	76
8.5.1 照明功率密度	66	10.3 不透明材质	77
8.5.2 照明能耗	66	10.3.1 指定材质	77
8.5.3 总能耗	66	10.3.2 取消材质指定	77
8.5.4 全生命周期照明成本	66	10.3.3 显示所有不透明材质物体	77
		10.3.4 新建材质	77
第9章 光环境模拟的定性和		10.4 玻璃材质	78
主观评价	68	10.4.1 指定玻璃材质	78
9.1 亮度图像	68	10.4.2 取消玻璃材质指定	78
9.1.1 亮度图像	68	10.4.3 显示所有玻璃材质物体	78
9.1.2 亮度图像的模拟	68	10.4.4 新建玻璃材质	78
9.1.3 亮度图像的处理	69	10.5 光源	80
9.2 亮度图像的定性评价	69	10.5.1 放置光源	80
9.2.1 亮度对比	69	10.5.2 删除光源	81

10.5.3	显示光源朝向	81	10.10.4	指定材质	92
10.5.4	显示所有光源	81	10.10.5	定义正常视点相机	93
10.5.5	新建光源	81	10.10.6	交互式预览	94
10.6	家具	82	10.10.7	相机模拟	95
10.6.1	放置家具	82	10.10.8	正常视点的模拟分析	96
10.6.2	删除家具	82	10.10.9	裁切平面	99
10.6.3	显示所有家具	82	10.10.10	定义俯瞰相机	99
10.6.4	新建家具	82	10.10.11	俯瞰视点的模拟分析	100
10.7	参考对象和模拟对象	82	10.10.12	定义参考网格	101
10.7.1	区域	83	10.10.13	网格照度模拟	102
10.7.2	方向	83	10.10.14	网格照度分析	102
10.7.3	相机	83	10.10.15	剖面照度分析	104
10.7.4	参考点	84	10.11	公寓采光和照明模拟	106
10.7.5	参考网格	84	10.11.1	自定义材质的方法	106
10.8	模拟	85	10.11.2	指定材质	106
10.8.1	相机图像模拟	85	10.11.3	定义相机	106
10.8.2	参考网格照度模拟	86	10.11.4	交互式预览	106
10.8.3	参考点照度模拟	87	10.11.5	复制材质	107
10.8.4	高级计算参数设置	88	10.11.6	相机模拟	108
10.9	辅助工具	88	10.11.7	正常视点的模拟分析	108
10.9.1	显示所有指定物体	88	10.11.8	鱼眼视角	109
10.9.2	显示所有未指定物体	88	10.11.9	鱼眼视角模拟	109
10.9.3	显示属性	88	10.11.10	放置光源	110
10.9.4	取消所有指定内容	89	10.11.11	相机模拟分析	111
10.9.5	调整表面法线	89	10.11.12	定义参考网格	111
10.9.6	材质映射	89	10.11.13	网格照度模拟分析	111
10.9.7	库管理器	89			
10.9.8	模拟管理器	90	第11章	Ecotect	113
10.10	普通住宅采光模拟	90	11.1	Ecotect中的光环境模拟	113
10.10.1	在SketchUp中建立模型	91	11.1.1	分类	113
10.10.2	导出模型	91	11.1.2	安装和使用	113
10.10.3	在DR中导入模型	92	11.2	模型的建立和导入	114

11.2.1	表面方向	114	11.10.4	设置时间	125
11.2.2	零面积平面	114	11.10.5	建立相机	125
11.2.3	区域设置	114	11.10.6	输出模型	125
11.2.4	导入模型	114	11.10.7	调整天空和地面	125
11.3	指定材质	115	11.10.8	建立新相机	126
11.3.1	指定材质	115	11.10.9	设置参数	127
11.3.2	材质属性	115	11.10.10	晴天的模拟和分析	127
11.3.3	预设材质	115	11.10.11	全阴天的模拟和分析	130
11.4	设置时间、地点和方位	116	11.10.12	网格照度的模拟和分析	132
11.4.1	设置时间	116			
11.4.2	设置地点	116	第12章	AGi32	133
11.4.3	设置方位	116	12.1	AGi32入门	133
11.5	设置相机	116	12.1.1	简介	133
11.5.1	建立相机	116	12.1.2	设置	133
11.5.2	相机属性	117	12.1.3	界面	134
11.6	设置分析网格	117	12.2	AGi32中的模拟要点	135
11.6.1	设置分析网格	117	12.2.1	建立和导入模型	135
11.6.2	建立分析网格	118	12.2.2	指定表面类型和光学参数	135
11.7	放置灯具	118	12.2.3	放置光源	135
11.7.1	放置灯具	118	12.2.4	设置时间、地点和天空模型	135
11.7.2	灯具属性	118	12.2.5	放置计算点	135
11.8	输出模型	118	12.2.6	执行模拟	136
11.8.1	输出模型	118	12.2.7	撰写模拟报告	136
11.8.2	输出选项	119	12.3	AGi32中的实体	136
11.9	RadianceCP与图像模拟	120	12.3.1	项目实体	136
11.9.1	RadianceCP的界面	120	12.3.2	表面模型实体	137
11.9.2	设置RadianceCP的运行环境	121	12.3.3	绘图实体	137
11.9.3	使用RadainceCP执行模拟	121	12.3.4	光源	137
11.10	巴塞罗那德国馆采光模拟	123	12.3.5	计算对象	138
11.10.1	密斯与巴塞罗那德国馆	123	12.4	导入AutoCAD模型	138
11.10.2	打开模型	124	12.4.1	AGi32与AutoCAD	138
11.10.3	复制预设材质文件	124	12.4.2	AutoCAD对象的导入	139

12.4.3 AutoCAD中的块和图层	139	12.10.8 亮度分析	151
12.5 表面的设置	139	12.10.9 舞台照度分析	151
12.5.1 表面方向	139	12.11 办公室自然采光模拟	152
12.5.2 表面类型	140	12.11.1 导入模型	152
12.5.3 表面的光学性质	141	12.11.2 管理项目	154
12.6 模拟算法	141	12.11.3 定义网格	154
12.6.1 AGI32中的算法	141	12.11.4 执行模拟	154
12.6.2 算法选择	141	12.11.5 照度分析	154
12.7 AGI32中的光能传递计算	141	12.11.6 亮度分析	155
12.7.1 计算过程	141		
12.7.2 收敛的判断	142	第13章 Daysim	157
12.7.3 面片和元素尺寸	142	13.1 自然光系数	157
12.7.4 适应性细分	142	13.1.1 自然光系数	157
12.7.5 缝隙漏光问题	143	13.1.2 自然光系数的特点	158
12.7.6 总结	143	13.1.3 Daysim中对于自然光系数的处理	159
12.8 自然光模拟	144	13.2 Daysim与气象数据	159
12.8.1 自然光模拟	144	13.2.1 EnergyPlus气象数据	159
12.8.2 自然光的模拟过程	144	13.2.2 气象数据的处理流程	160
12.8.3 表面类型的选择	145	13.3 材质	160
12.9 图像后处理	145	13.3.1 Radiance和Daysim在 材质上的区别	160
12.9.1 光线跟踪	145	13.3.2 指定材质属性	161
12.9.2 抗锯齿	146	13.3.3 添加材质	161
12.9.3 柔化阴影	146	13.4 用户行为模型	162
12.9.4 色调映射	146	13.4.1 用户行为模型	162
12.10 音乐厅照明模拟	146	13.4.2 Lightswitch	162
12.10.1 隐藏射灯	146	13.5 办公室动态采光模拟	163
12.10.2 初步模拟	147	13.5.1 建筑模型的简化	163
12.10.3 调整设置	147	13.5.2 在SketchUp中建模	164
12.10.4 亮度模拟和分析	148	13.5.3 在SketchUp中指定材质	164
12.10.5 照度分析	148	13.5.4 导出3ds格式	164
12.10.6 眩光分析	150	13.5.5 制作传感器点阵列文件	164
12.10.7 调整照明	150		

13.5.6	建立新的Daysim项目	165	14.4.8	亮度图像模拟分析	181
13.5.7	加载气象数据	165	14.4.9	工作平面照度模拟分析	183
13.5.8	导入模型	165	14.5 乡村别墅照明和能耗模拟	184	
13.5.9	导入传感器点阵列文件	166	14.5.1	计算照度数据	184
13.5.10	设置遮阳装置模式	166	14.5.2	计算日照遮挡	186
13.5.11	执行模拟	166	14.5.3	设置热环境模板	186
13.5.12	分析设置	168	14.5.4	指定热环境模板	187
13.5.13	指定工作平面传感器	169	14.5.5	指定构造	188
13.5.14	生成报告	170	14.5.6	执行模拟	188
13.5.15	采光系数分析	170	14.5.7	数据后处理和分析	188
13.5.16	全自然采光时间百分比分析	170			
13.5.17	人工照明能耗分析	171	第15章 Radiance	190	
第14章 IES<VE>	173		15.1 Radiance简介	190	
14.1 IES<VE>简介	173		15.1.1	历史	190
14.1.1	界面	173	15.1.2	特点	191
14.1.2	模块简介	173	15.1.3	交流平台	191
14.2 RadianceIES	174		15.1.4	安装	192
14.2.1	数据结构	174	15.2 Radiance的算法和特点	192	
14.2.2	模拟执行流程	175	15.2.1	混合式光线跟踪	192
14.3 与其他模块的协同	175		15.2.2	辐照度缓存技术	193
14.3.1	光源	175	15.2.3	结论	194
14.3.2	组件	175	15.3 场景定义	194	
14.3.3	光热耦合模拟	176	15.3.1	注释	195
14.4 乡村别墅采光模拟	176		15.3.2	基元	195
14.4.1	在SketchUp中建立和导出模型	176	15.3.3	嵌入式命令	196
14.4.2	检查模型	177	15.4 建模	196	
14.4.3	设置地点	178	15.4.1	建模的途径	196
14.4.4	设置材质	178	15.4.2	几何规则	196
14.4.5	设置天空模型和时间	180	15.5 几何体	197	
14.4.6	设置模拟参数	180	15.5.1	多边形	197
14.4.7	设置视角并模拟	180	15.5.2	球和泡	198
			15.5.3	圆柱和管	198

15.5.4 源	198	15.13.2 rpict的执行格式	211
15.6 材质	199	15.13.3 视角和图像选项	211
15.6.1 普通材质	199	15.13.4 直接照明选项	212
15.6.2 光源	201	15.13.5 环境光选项	213
15.6.3 折射材质	203	15.13.6 rpict选项参数的典型值	214
15.6.4 可编程材质	204	15.14 定点计算	214
15.7 图案	205	15.14.1 定点计算	214
15.7.1 colorfunc	205	15.14.2 rtrace的执行格式	214
15.7.2 colordata	206	15.15 数据处理和图像转换	215
15.7.3 colorpict	206	15.15.1 数据处理	215
15.7.4 brightfunc和brightdata	206	15.15.2 图像转换	215
15.8 纹理	206	15.16 自动批处理	215
15.8.1 texfunc	206	15.16.1 自动批处理	215
15.8.2 texdata	207	15.16.2 项目控制文件	216
15.9 天空生成	207	15.16.3 rad的使用	216
15.9.1 gensky简介	207	15.17 简单场景的照明模拟	217
15.9.2 gensky的执行格式	207	15.17.1 建立基本模型	217
15.9.3 gensky的例子	208	15.17.2 添加房间	218
15.10 人工照明	208	15.17.3 添加底座和吊杆	219
15.10.1 光源颜色与白平衡	208	15.17.4 调整材质	219
15.10.2 计算辐亮度数值	208	15.17.5 执行模拟	220
15.10.3 转换配光曲线数据	209	15.17.6 人眼主观效果处理	221
15.11 八叉树结构	210	15.17.7 伪彩色处理	222
15.11.1 八叉树的作用	210	15.18 自然采光眩光分析	222
15.11.2 oconv程序	210	15.18.1 查找眩光源	222
15.11.3 oconv的执行格式	210	15.18.2 计算眩光指标	223
15.12 交互式预览	210	15.18.3 绘制眩光源	223
15.12.1 交互式预览程序rvu	210	15.18.4 伪彩色处理	223
15.12.2 rvu的执行格式	211	附录 建筑光环境模拟教学大纲	225
15.12.3 内嵌式命令和选项	211	参考文献	226
15.13 图像生成	211	后记	228
15.13.1 图像生成程序rpict	211		

1.1.3 软件模拟

软件模拟是指借助计算机软件来精确求解建筑的采光照明情况，如图1-3所示。与公式法中使用的简易程序不同，这里使用的软件通常是建立在复杂的光照模型之上的，因此通常只能使用计算机软件来求解。软件模拟的优势是可以精确地再现任意条件下的采光照明效果，同时它还可以与建筑能耗模拟软件耦合在一起共同求解照明能耗和由此产生的空调能耗。

光环境模拟是可持续建筑设计的重要技术手段。通过在建成前对建筑进行模拟和分

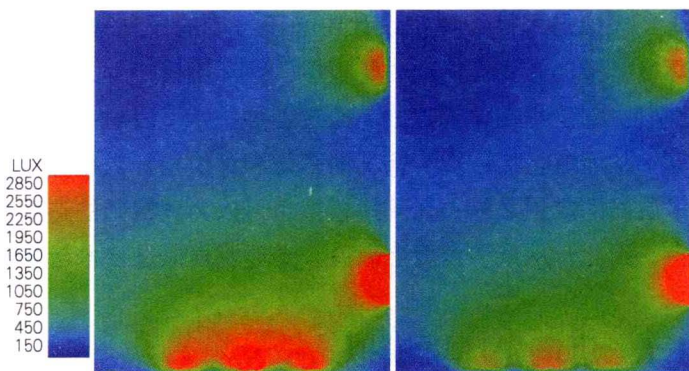


图1-3 软件模拟

析，我们可以预见到可能出现的各种问题和不足，并有针对性地进行改进。

光环境模拟是一个系统的过程，它不仅指代字面意义上的使用软件进行模拟的过程，而且还包含了一系列与模拟相关的技术外延，其中最重要的就是模拟结果的分析。模拟本身只是一种数字化的手段，而模拟所取得的数据必须经过专业的处理和分析才能真正体现出其价值所在，因此，分析是光环境模拟中不可或缺的部分，没有了分析，模拟本身实际上是毫无意义的。

与分析相比，单纯的软件操作要简单得多。分析并没有特别严格的步骤和具体的条框。到现在为止，光环境模拟软件还不能做到直接给出分析的结果，分析的过程主要是由人工来完成的。分析的水平在很大程度上依赖于丰富的实践经验和扎实的理论基础。一个完全不懂模拟和分析的人经过简单的训练也可以按照规定的操作程序取得模拟结果，但如果模拟中出现了问题，或者要针对模拟结果进行分析并给出优化建议，那么对于不懂模拟和分析的人来说恐怕就要困难得多。虽然软件技术正在朝着智能化和自动化的方向发展，但人的因素始终是不可忽视的。因此，掌握模拟的关键不在于软件的操作，而在于理论知识和经验的长期积累，笔者希望能通过本书与读者分享自己的一些感想和经验。

1.2 光环境模拟能用来干什么

建筑光环境模拟的应用领域非常广泛，本节将分别从建筑设计、照明设计、舞台美术设计、标准评估、规划和城市设计以及房地产销售和物业管理等几个方面针对光环境模拟的实际应用进行初步的探讨。

1.2.1 建筑设计

建筑设计是光环境模拟的重要应用领域。光环境模拟可以帮助建筑师推敲和优化设计方案。图1-4为不同窗侧墙倾斜角下室内的自然采光模拟，使用的软件为Radiance。我们可以发现，在窗侧墙倾斜角为 90° （通常的情况）的情况下，室内的明暗对比实际上是最强的。随着窗侧墙倾斜角的减小，窗户与其周围墙体之间的明暗对比逐渐减小，倾斜的侧墙在这里充当了二次漫反射光源的角色，使得整个房间中的光线分布变得更加明亮和均匀，这可以在一定程度上减弱窗户所产生的眩光。建筑师可以根据上述模拟结果，调整窗侧墙的角度以取得最佳的效果。这个例子很有代表性，充分说明了光环境模拟与建筑设计之间的紧密关系。



图1-4 不同窗侧墙倾斜角的模拟对比（图片来源：DayMedia）

1.2.2 照明设计

光环境模拟可以帮助照明设计师检验照明设计是否符合要求，图1-5为美国海军巡洋舰中的正常照明（左）和紧急疏散照明（右）模拟，使用的软件是Radiance。我们可以发现此疏散照明系统既能保证基本的照明需要，又具有较强的导向性，整体来说较为理想。

1.2.3 舞台美术设计

光环境模拟可以精确地再现舞台上各种复杂的演出效果和现场气氛，图1-6为莎士比