

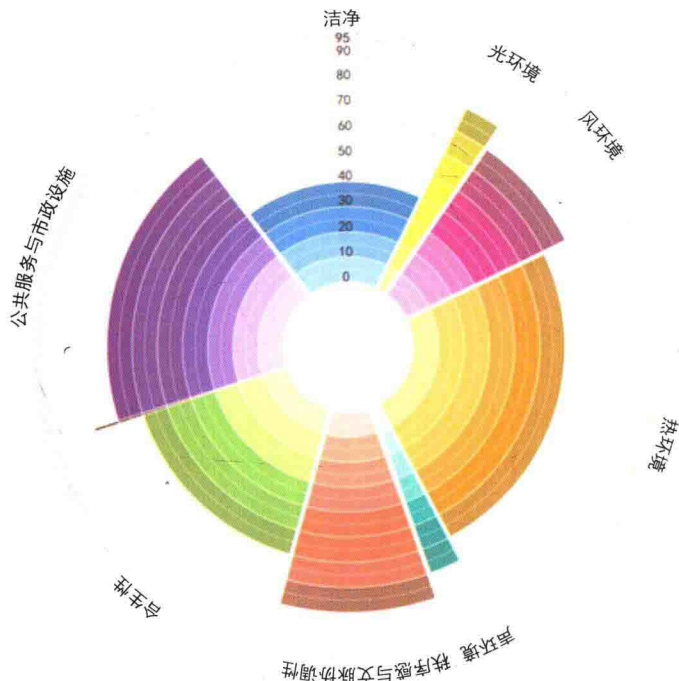


科技部“十二五”科技支撑课题 2013BAJ02B04 《建筑室外环境改善技术集成示范与评价》
北京未来城市设计高精尖创新中心资助课题 UDC2016020100 《城市更新关键技术研究》

建筑室外环境舒适度的模拟评价与改善方法

Simulation, Evaluation and Improvement Methods of Outdoor Environment Comfort

苏毅 朱大鹏 丁奇 邹越 潘剑彬 著



中国建筑工业出版社

科技部“十二五”科技支撑课题 2013BAJ02B04《建筑室外环境改善技术集成示范与评价》
北京未来城市设计高精尖创新中心资助课题 UDC2016020100《城市更新关键技术研究》

建筑室外环境舒适度的模拟 评价与改善方法

Simulation, Evaluation and Improvement Methods
of Outdoor Environment Comfort

苏 毅 朱大鹏 丁 奇 邹 越 潘剑彬 著



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑室外环境舒适度的模拟评价与改善方法/苏毅等著.—北京:中国建筑工业出版社,2017.4

ISBN 978-7-112-20633-9

I.①建… II.①苏… III.①建筑工程—室外—环境—舒适性—研究 IV.①TU-856

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第069729号

责任编辑:付 娇 王 磊 石枫华

书籍设计:京点制版

责任校对:赵 颖 王 瑞

建筑室外环境舒适度的模拟评价与改善方法

苏 毅 朱大鹏 丁 奇 邹 越 潘剑彬 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京京点图文设计有限公司制版

北京京华铭诚工贸有限公司印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:10¼ 字数:211千字

2017年12月第一版 2017年12月第一次印刷

定价:48.00元

ISBN 978-7-112-20633-9

(30288)

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)

前言 PREFACE

本书是在科技部“十二五”科技支撑课题 2013BAJ02B04《建筑室外环境改善技术集成示范与评价》和北京未来城市设计高精尖创新中心资助课题 UDC2016020100《城市更新关键技术研究》的联合资助下出版的,课题为本书的写作提供了宝贵的实验素材与数据,促成了本书思路的形成,督促了本书写作的进程,对本书的出版起了关键性的作用。

本书很大程度是针对我国城市规划师、建筑师和景观设计师(在本书中统称为“设计师”)在室外环境营造方面,项目的创新需求的不断增加,而设计方法的相对受到局限的现实情况而写作的。“工欲善其事必先利其器”——本书拟定多项室外环境的参数,引进计算机数值模拟方法,提高了舒适度评价的技术水平。希望本书的出版,能使建筑师考虑将“舒适度评价”纳入到平日工作流程中来。

“十二五”课题的主持单位中国城市建设研究院,参与单位中国建筑标准设计研究院、中国建筑设计研究院,已将本研究方法的尝试性地运用到三个示范地实际项目中,取得了一些基于实测的验证数据。如北大方正医药研究院项目,通过多轮模拟计算,发现了原设计在建筑群空间布局方面的不足,并在景观设计中予以了针对性的弥补,总体上提高了原设计的舒适度。

任何学科思想与方法的积累都是个长期的工作,理论创新经过实践检验,不一定都能长久留存。希望本书的出版,能激发同行们的思考,而最终共同推动下一代更优雅、经济、人性的设计方式的诞生,使新一代设计师增添更多职业自信。对本书有任何宝贵意见或建议,请发邮件给 suyi@bucea.edu.cn。

苏毅

2016-7-18

目 录 CONTENTS

前 言

第 1 章 绪 论 /001

- 1.1 与城市设计有关的环境 /001
- 1.2 建筑室外空间 /001
- 1.3 舒适（舒适度）/002
 - 1.3.1 语义上的“舒适（舒适性）” /002
 - 1.3.2 心理、生理方面的“舒适（舒适性）” /002
 - 1.3.3 工程学中的单领域舒适度 /004
 - 1.3.4 人文学科的复合舒适度 /005
 - 1.3.5 设计环节所需要的舒适度评价 /006
- 1.4 舒适与感觉 /007
- 1.5 室外环境舒适度评价在设计领域运用的意义 /008

第 2 章 舒适度评价体系建立的背景 /009

- 2.1 总体评价方法的厘定 /009
 - 2.1.1 直觉经验评价法 /009
 - 2.1.2 综合答题法 /009
 - 2.1.3 专家评定法 /010
 - 2.1.4 网络投票法 /011
 - 2.1.5 方法的总结 /011
- 2.2 评价结果表达形式的选择 /012
 - 2.2.1 舒适性评价与可持续评价的关系 /012
 - 2.2.2 可持续评价从单维走向多维的历程 /012
 - 2.2.3 舒适度的评价结果形式 /014
- 2.3 评价标准的统一 /014
 - 2.3.1 评价标准统一的复杂性与意义 /014

2.3.2 舒适度评价需要依据国际和国家标准 /015

2.4 评价技术的进展 /015

2.4.1 计算机数值模拟 /015

2.4.2 计算机图形 (CG) 和虚拟现实 (VR) 技术的进步 /016

2.4.3 在舒适度评价中采用模拟和虚拟现实技术的意义 /016

第3章 建筑室外环境舒适度评价系统的建立 /017

3.1 室外舒适性评价考虑达成的目标 /017

3.2 构建综合环境舒适度评价体系的几个主要概念 /018

3.2.1 综合舒适度 MC/018

3.2.2 分项舒适度 SC/019

3.2.3 舒适度改善 CI/020

3.2.4 舒适度成本 CP/020

3.2.5 舒适度改善付出比 RIP/020

3.2.6 全评价与重点评价 OE & KE/020

3.2.7 室外环境评价项目 EP/021

3.2.8 室外环境评价单元 EU/021

3.3 室外环境舒适度评价流程的设立 /022

第4章 室外环境舒适度的分项研究 /023

4.1 光环境舒适度 SC01/023

4.1.1 光环境舒适度的意义 /023

4.1.2 常见的与光与视觉舒适度有关的指标与相关规范 /025

4.1.3 光环境的计算机模拟 /031

4.1.4 提高光环境舒适度的方法 /032

4.2 风环境舒适度 SC02/033

4.2.1 风环境舒适度的意义 /033

4.2.2 常见的与风环境舒适度有关的标准 /034

4.2.3 风环境的计算机模拟 /038

4.2.4 提高风环境舒适度的设计方法 /039

4.3 热环境舒适度 SC03/039

4.3.1 热环境舒适度的意义 /039

4.3.2 常见的与热环境舒适度有关的指标与相关规范 /041

- 4.3.3 热环境的计算机模拟 /049
- 4.3.4 提高热环境舒适度的方法 /051
- 4.4 声环境舒适度 SC04/051
 - 4.4.1 声环境舒适性的意义 /051
 - 4.4.2 声环境舒适性的指标与标准 /052
 - 4.4.3 各类噪声模拟软件 /053
 - 4.4.4 提高声环境舒适度的方法 /053
- 4.5 合生舒适度 SC05/054
 - 4.5.1 合生舒适度的意义 /054
 - 4.5.2 合生舒适度的主要标准和评价 /055
 - 4.5.3 与提高合生舒适度有关的计算机软件 /063
 - 4.5.4 提高合生舒适度的设计方法 /064
- 4.6 洁净舒适度 SC06/065
 - 4.6.1 洁净舒适度的意义 /065
 - 4.6.2 常见的与洁净舒适度有关的指标与相关规范 /065
 - 4.6.3 洁净舒适度的计算机模拟 /071
 - 4.6.4 提高洁净舒适度的方法 /073
- 4.7 触感、质感舒适度 SC07/073
 - 4.7.1 触感、质感舒适度的意义 /073
 - 4.7.2 触感、质感舒适度的评价指标 /075
 - 4.7.3 触感、质感舒适度的计算机模拟 /077
 - 4.7.4 提高触感、质感舒适度的方法 /078
- 4.8 公共服务与市政设施舒适度 SC08/078
 - 4.8.1 公共服务与市政设施舒适度的意义 /078
 - 4.8.2 公共服务与市政设施舒适度的相关指标与标准 /079
 - 4.8.3 与提高公共服务与市政设施舒适度有关的计算机技术 /085
 - 4.8.4 提高公共服务与市政设施舒适度的方法 /085
- 4.9 秩序感与文脉协调性舒适度 SC09/085
 - 4.9.1 秩序感与文脉协调性舒适度的意义 /085
 - 4.9.2 秩序感与文脉协调性舒适度的指标与标准 /086
 - 4.9.3 秩序感与文脉协调性舒适度的计算机模拟 /087
 - 4.9.4 提高秩序感与文脉协调性舒适度的方法 /088

第 5 章 建筑室外环境舒适度评价体系的建立 /089

5.1 建立评价体系 /089

5.2 两个评价阶段：全评价与重点评价 /089

5.3 全评价中的分项赋分 /089

5.3.1 光环境舒适度评价（SC01-OE）/090

5.3.2 风环境舒适度评价（SC02-OE）/090

5.3.3 热环境舒适度评价（SC03-OE）/091

5.3.4 声环境舒适度评价（SC04-OE）/092

5.3.5 合生舒适度评价（SC05-OE）/093

5.3.6 洁净舒适度评价（SC06-OE）/093

5.3.7 触感、质感舒适度评价（SC07-OE）/094

5.3.8 公共服务与市政设施舒适度评价（SC08-OE）/095

5.3.9 秩序感与文脉协调性舒适度评价（SC09-OE）/095

5.4 全评价的汇总 /096

5.5 重点评价中的赋分 /101

5.5.1 光环境舒适度评价（SC01-KE）/101

5.5.2 风环境舒适度评价（SC02-KE）/105

5.5.3 热环境舒适度评价（SC03-KE）/108

5.5.4 声环境舒适度评价（SC04-KE）/110

5.5.5 合生舒适度评价（SC05-KE）/112

5.5.6 洁净舒适度评价（SC06-KE）/114

5.5.7 触感、质感舒适度评价（SC07-KE）/116

5.5.8 公共服务与市政设施舒适度评价（SC08-KE）/118

5.5.9 秩序感与文脉协调性舒适度评价（SC09-KE）/119

5.6 重点评价后的方案优化 /120

第 6 章 评价案例——以北京方正医药研究院项目的舒适度评价为例 /122

6.1 基地概况 /122

6.2 数据来源与模拟评价方法 /123

6.2.1 气象资料 /123

6.2.2 模拟方法 /126

6.2.3 评价方法 /127

6.3 本底环境舒适度全评价 /127

- 6.3.1 光环境舒适度评价 (SC01-OE) /128
- 6.3.2 风环境舒适度评价 (SC02-OE) /129
- 6.3.3 热环境舒适度评价 (SC03-OE) /129
- 6.3.4 声环境舒适度评价 (SC04-OE) /129
- 6.3.5 合生舒适度评价 (SC05-OE) /130
- 6.3.6 洁净舒适度评价 (SC06-OE) /130
- 6.3.7 触感、质感舒适度评价 (SC07-OE) /130
- 6.3.8 公共服务与市政设施舒适度评价 (SC08-OE) /131
- 6.3.9 秩序感与文脉协调性舒适度评价 (SC09-OE) /131
- 6.4 本底环境舒适度全评价汇总 /131
- 6.5 改善技术措施 /132
 - 6.5.1 优化绿地布局 /133
 - 6.5.2 植物群落配置 /134
 - 6.5.3 微地形处理 /135
 - 6.5.4 铺装设计 /136
 - 6.5.5 水体设计 /137
 - 6.5.6 立体绿化技术 /138
- 6.6 重点评价 /138
 - 6.6.1 模拟过程 /138
 - 6.6.2 评价分析 /148
- 6.7 小结 /151

第7章 总结与展望 /152

参考文献 /153

第1章 绪论

1.1 与城市设计有关的环境

从克诺索斯 (Klossos) 城算起, 人类开始在地球上修建比较成规模的城市, 已有 6000 年的悠久历史。今天全球有近 40 亿人口居住在城市, 最大的城市绵延区面积超过 8000km^2 ^[1]。城市生活已成为今天大多数人的生活方式, 而这种生活方式, 可能会对地球未来的环境, 对我们的子孙都产生深远的影响。

“环境 (environment)” 一词, 在维基百科网络词典中主要有 7 项条分缕析的分支, 意义分别如下^[2]:

- (1) 生物环境, 意指与生物个体或群体可能存在化学交互的所有物质或别种生物;
- (2) 物理环境, 意指可能与系统交换质量、能量或其他物质的周边情况;
- (3) 社会环境, 指个体所身处的文化背景以及与个体有交流的人和组织;
- (4) 自然环境, 是一切有生命与无生命事物的总和;
- (5) 建成环境, 指为人的活动而构造的周边背景, 从大尺度的市政背景到个人的场所;
- (6) 知识环境, 指促进知识、决策、推理或发现诞生的社会实践、技术和物理组合, 取决于认识论的前提与目标;
- (7) 作为计算机专业术语的环境, 如桌面环境、环境变量、集成开发环境 (IDE)、运行环境等。

本书所研究的建筑室外环境, 是规划师和建筑、景观设计师在日常工作中经常需要面对的问题。可以说一般除了专业的计算机术语, 它的内涵涉及前 6 项内容——建筑室外环境既包含了物理环境、生物环境, 也包含了社会环境。维特鲁威曾经在《建筑十书》里表示, 建筑师的职业要求建筑师必须成为全能的人。今天, 如果我们透过“环境”这个视角再来看“城市设计”对建筑师的职业要求, 可以看到这样的理解并不为过。

1.2 建筑室外空间

建筑室内 (外) 环境, 通常理解为建筑围护结构以内 (外) 的空间。“室内 (外)”这两个词在《民用建筑设计术语标准》GB/T 50504—2009 中, 出现频数高达 59 次, 不过

都是为了去解释别的词汇，而规范实际上没有解释什么是室外，可见它是个非常基础的词汇^[3]。不过，建筑室外空间确实也具有一定的复杂性，下面这些空间是非常特殊的室外空间，例如：

（1）半室内、半室外的空间，类似于中国古建筑的环廊，只是有顶而没有侧边围护，建筑中庭、蟹眼等空间，既有室外环境的特征，又有室内环境的特征，日本建筑师黑川纪章将这些空间称为灰空间；

（2）大自然的洞穴空间，如贵州的岩洞、新疆地下的坎儿井、山西的窑洞等，相比普通的室内外环境，它们受外界自然条件的影响非常大；

（3）中央空调的出风口附近、烟囱上方、地铁通风口附近、室外篝火附近，这是一种特别的施加了特殊的人为影响的室外环境。

这三种室外空间比较特殊，其规律性与普通的室外空间并不完全一样，值得关注。

1.3 舒适（舒适度）

1.3.1 语义上的“舒适（舒适性）”

“舒适（舒适性）”一词在现代汉语词典中解释为舒服安逸，即在身体和精神上感到轻松愉快^[3]。“舒”这个字，在《辞源》中有三种相关解释：1. 伸展。如“卷舒，犹屈伸也。”2. 徐，迟缓。3. 安详。如淮南子：“柔弱以静，舒安以定。”伸展、不匆忙和安详——这三种解释，反映中国古人对舒适性的朴素理解。今天作为一个广告或房地产概念，仍不时强调的慢节奏生活，这也是中国古人对舒适性的理解之一。

在英文维基百科中，对舒适性的解释是生理和心理的轻松，或言之没有遭遇艰苦。舒适与痛苦、折磨或哀伤构成反义词。舒适感可以通过一些活动获得，如与家人见面，采取合适的饮食方式等。在卫生领域，使病人或伤者获得舒适感，是医疗康复的手段之一^[4]。

不论在中国或西方，“舒”都赋予了正面含义而被广泛地作为人名或地名使用。

1.3.2 心理、生理方面的“舒适（舒适性）”

近代以来直至今天，心理、神经科学对舒适以及与舒适有关的快感问题等做过追本溯源的研究：

哈利·哈洛（Harry Harlow）于20世纪初，以2000多只实验猴子伤亡的巨大代价，揭示出心理舒适需求虽然有别于基本物质生存需求，而仍是不可或缺的；而且在某种程度上，舒适感还是可以人工设计的。哈利·哈洛曾把小猴子从原生的猴妈妈身边抱到实验室环境下，用一个有奶瓶的铁丝猴妈妈和一个没有奶瓶的绒布猴妈妈来替代，发现小猴仍倾向于与无奶绒布猴妈妈生活在一起（见图1-1），只有在饥饿的时候才会走向铁丝猴妈

妈。如果把小猴放在一个没有“绒布猴妈妈”的房间里，它们就恐惧地叫喊、缩成一团、吮吸手指，即使“铁丝妈妈”在身边也无济于事^[5]。

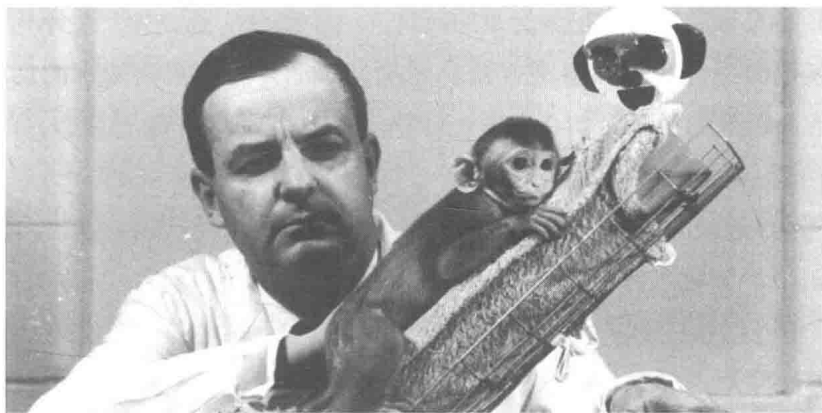


图 1-1 因拥抱着绒布猴妈妈而感到舒适的实验小猴与哈利·哈洛在一起

图片来源: Wikipedia.Comfort.[EB/OL]. [2016.12.20]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Comfort>

著名心理学家马斯诺 (Abraham Maslow) 师从于哈洛，在哈洛实验基础上，进而发展出今天广泛流传也仍有争议的“需求层次学说”。马斯诺在 1943 年发表的《人类动机的理论》(A Theory of Human Motivation Psychological Review) 一书中提出了马斯诺原理。马斯诺原理的构成根据 3 个基本假设：1. 人要生存，他的需要能够影响他的行为。只有未满足的需要能够影响行为，满足了的需要不能充当激励工具。2. 人的需要按重要性和层次性排成一定的次序，从基本的（如食物和住房）到复杂的（如自我实现）。3. 当人的某一级的需要得到最低程度满足后，才会追求高一级的需要，如此逐级上升，成为推动继续努力的内在动力。马斯诺学说的支持者认为，环境的舒适性是与环境满足人的多种层次需求的能力相联系的。

许多科学研究的进展其实来源于反例。例如对舒适性的深入理解，得益于对抑郁症和成瘾药物的认识。快感缺失（抑郁症）作为精神病理症状是 19 世纪初被提出的。从表现来看，患病者处在普通人感觉舒适的环境下，仍缺乏足够舒适感^[6]。

部分是为了解开抑郁和成瘾药物之谜，神经科学家和化学家，尝试通过实验去了解快感的生理和化学基础。加拿大麦克吉尔 (McGill) 大学的两位心理学家奥尔兹 (J.Olds) 和米尔纳 (P.Milner) 在实验中偶然错误地把刺激电极埋置在 VTA (中脑腹侧被盖区)，小鼠压杆的时候，电路接通，就会对 VTA 给予电刺激。实验中观察到小鼠会高频率地的压杆（每分钟 100 次左右）。该实验揭示出哺乳动物脑内的化学物质多巴胺 (dopamine) 与快感之间或许存在某种关联^[7]。

今天，围绕这种联系提出了多种假说。例如：Berridge 和 Robinson 通过实验发现，增

加或者减少多巴胺并不会改变动物或者人对自然以及成瘾药物的快感体验,但是会改变动物或人对于获得奖赏刺激的动机。他们认为,多巴胺会把正常的奖赏刺激赋予动机属性,从而像磁铁一样吸引动物的注意力和欲望。而成瘾药物可以劫持多巴胺系统,使得药物本身被赋予极大的动机属性。在重复使用药物之后,动物对药物便产生不可控制的欲望。如果把合成多巴胺途径中的酪氨酸羟化酶敲除掉,动物连吃东西喝水的动机都会消失,即使面临被活活饿死渴死的危险,也失去了进食补水的动力。他们总结,进而提出了突出动机理论(Incentive Saliency)。

由舒尔茨(Schultz)等人在1997年提出的“奖励预测误差假说(reward prediction error hypothesis)”发现了神经运作模式,可以用机器思考去模拟。后来人们进而通过光遗传学方法,更直接地证明了多巴胺神经元与动机、学习等心理因素的因果关系^[8]。

在这些理论探索指导下,一些研究进一步揭示出特定的舒适度与脑内化学物质之间的关联性,如上海交大的连之伟课题组,通过设置实验条件来改变大鼠所处的环境温度,发现当处于27~28℃时,大鼠大致处于热平衡状态,此时大鼠下丘脑的多巴胺代谢产物,双羟苯乙酸(DOPAC)含量水平以及体温均保持稳定;此时大鼠也表现为处于热舒适状态^[9]。

因而,可以认为,广义上的舒适性,是与生理和心理有关的一种愉快、放松的状态。虽然引发舒适感(不舒适感)的原因很多,但作用于人,心理、生理上的反应也有一定的类似性。舒适感与环境的关系,是确凿的,也是可以被认识、被预测的,体现出一定的环境——生理耦合模式,随着神经科学的深入发展,未来人们对舒适性的生理机制的认识将可能更加深入、细致、全面。

1.3.3 工程学中的单领域舒适度

在前面的例子中,我们不难发现,环境引发舒适感(不舒适感)的因素是很多的,如热、光、机械振动、噪声等,在工程实践中,许多处理与舒适度有关系,如采暖期的长短、铁轨的光滑程度等等,为了比较精确地去衡量人的舒适感,提高工作效率,提升生活质量,就需要对舒适度进行定量观测与权衡,也因而产生了“舒适度”(Comfort Degree)这个术语。在工程上有非常多种单项的舒适度:

热舒适度(Thermal Comfort)诞生时间较早,迄今的研究也比较多。热舒适度反映了人对温度、湿度、辐射等物理量的综合的生理感觉。近代热舒适研究最早起源于20世纪初英国矿工工作场所的热环境状况评价(Aynsley 1990),发展至今已有100余年历史。有诸如热量指数(heat index)、湿球黑球温度(WGBT)、风冷指数(wind chill index)、平均辐射温度(mean radiant temperature)等多种基于经验的方法。截至2005年,经验热舒适评价指数多达100余种(Ali-Toudert, 2005)。除此以外,热舒适度还采用了基于简

化机理模型的方法,诞生了如标准有效温度 SET* (standard effective temperature)、室外标准有效温度 OUT_SET* (outdoor standard effective temperature)、预计热舒适指数 PMV (predicted mean vote)、生理等效温度 PET (physiological equivalent temperature)、通用热气候指数 UTCI (universal thermal climate index) 等^[10]。而“人居环境气候舒适度 (GB/T 27963—2011)”、“气候舒适度”^[11]通常也是不同应用背景下热舒适度的另一种提法。热舒适度的重要性非常高,以至有时,言及舒适度也就默认是专指热舒适度。

光环境舒适度 (lighting environment comfort) 是衡量环境光充分满足特定活动的能力,通常包含:照度水平、亮度比、色温与显色性、眩光干扰等视觉内容,以及光照时间等内容^[12]。

声舒适度 (Acoustic Comfort) 是衡量人对声音的心理和生理感受。除了声压强等客观物理量,声音的性质属于噪声或乐音也影响舒适度,甚至不同收入水平,对同一环境声场的认识也不一样^[13]。

环境振动舒适度 (Environment Vibration Serviceability) 也是工程上常见的舒适度,广泛应用于评估运动中的交通工具、风荷载下的高层、干道和铁道附近城市环境等等场合。振动舒适度是指生活或工作在某一环境中人群感受不到外界环境振动干扰的程度。受到外界环境振动干扰越大,环境振动舒适度越低;反之,环境振动舒适度就越高。目前有 NASA 指数、平均吸收功率、RCL 系数、ISO 加速度指标、峰值加速度指标等评估方法。其中城市区域环境振动标准 (GB 10070—88) 采用采用了 ISO 2631 给出的频率计权,以振级作为评价指标^[14]。

除此以外,工程学中还有立体图形视觉舒适度 (针对 VR 虚拟现实眼镜)、氧含量舒适度 (针对救生舱)、感触舒适度 (针对可穿戴设备等)、食物舒适度 (针对食品工业) 等。

上面所有这些工程上的舒适度的特点是,都有针对性的应用范围,也都有特定的、定量的评价标准,在国际工程学界有相对统一的概念解释与基本认识。当然,它们运用于不同人群,结果也会有所不同。

1.3.4 人文学科的复合舒适度

除了上面提到的工程上运用的单项舒适度,在人文社会学科也同时存在一些舒适性评价:如宜居度、人居环境舒适性、城市宜居性、居住舒适度等等,这些概念或指标,不同于在工程领域通行的舒适度,通常具有比较强的综合性,指标架构也相对灵活。例如:国际宜居城市协会 (IMCL) 宣言、加拿大温哥华地区总体规划、北京 2005 年总体规划,也都曾涉及了“舒适度”或“宜居度”。孔维东曾将这些舒适度概括为两点:(1) 充分满足住区居民多样化的需求;(2) 不仅应该考虑当代人的需求,也应该考虑子孙后代的需求^[15]。

李王鸣等于 1999 年对杭州的城市人居环境质量进行评价。城市人居环境是自然环境与人类社会经济活动过程相互交织并与各种地域结合而成的地域综合体。为此,根据地域层次划分,以城市人居环境的住宅、邻里、社区绿化、社区空间、社区服务、风景名胜保护、生态环境、服务应急能力 8 个评价方面为基础,充分考虑到评价指标选择的代表性、不可替代性和多层次性,选择了 29 项指标构成一个相对完整的城市人居环境评价指标体系^[16]。

麦克·道格拉斯(Mike Douglass)在 2002 年建立了一个由环境福祉、个人福祉、生活世界组成的宜居性模型^[17]。

与工程学科的统一方向和单一领域的舒适度相比,人文学科的舒适度内涵更丰富,可以称之为一种“复合舒适度”。

1.3.5 设计环节所需要的舒适度评价

立足于帮助城市和景观设计师,在处理中观尺度问题时建筑室外环境舒适度的改善与评价。就既需要理解工程领域的单项舒适度,又需要了解人文领域的综合舒适度。这是由城市和景观设计自身特点所要求的。同时,这种要求有一定争议与困难:

首先,如果以舒适作为设计的第一目标,并非是被建筑师和景观设计师所普遍接受的,例如日本著名建筑师中山繁信在《住得优雅》一书中指出,一味追求舒适,会让建筑的使用者变得懒惰,让空间丧失生气。他进一步举例,复合墙板具有比木材更强的耐水性,因而可以节约家务工作量,但正是因为节约劳动量,反而显得廉价^[18]。既然舒适性还不是建筑设计的最高需求,似乎也就不太值得研究。

其次,综合的舒适性,必定包含非客观性内容,人的主观世界是非常复杂的,空间的目的与属性也是复杂的。马岩崧在独居女人的沙发的设计时指出,我刻意地来制造一种身体上的不舒适,有可能身体上的不舒适反而能让主人的心理更舒适?通常来说,整洁干净意味着舒适,但工作中被刻意要求时时做到整洁干净的,以秘书为职业的独居女人来说,适当的杂乱反而更令她精神放松。又比如,一般来说,绿树成荫的森林比大面积的硬质铺地更加令人愉快,可是天安门广场这样的政治广场,可以通过人群的聚集、与场所有关的历史故事和超大的尺度,达成一种心理上的震撼,由此产生一种我国是一个强大国家的自豪感,给使用者一种不一样的满足。

最后,室外舒适度是因地、因时而变的,例如室外舒适度可能在中午还非常宜人,但早晚非常寒冷;或在阴影区下还非常宜人,但在阳光曝晒区则令人汗流浹背,这些因素带来舒适度评价的时空复杂性,并不太容易针对一个项目,而要切分项目来讨论舒适度,这也就限制了舒适度评价在项目中的运用。

由于存在上述争议,设计行业中实际上确实未曾充分运用舒适度评价方法,在很多

情况下,设计师只是在凭借以往经验而非打分方法进行设计。但随着今天技术的发展,公众环境意识的日益觉醒,环境舒适度评价才初步显现出其可能性与必要性:

(1) 虽然建筑可能有更高的追求,但舒适性作为一项比较基础的需要,在公共投资项目中,虽然不作为第一要务,但有可能作为基本需求加以保证。今天的一些社会事件,如毒操场事件、雾霾天气等,已唤起了公众对公共项目的室外环境品质的要求,公众因而需要一套积极高效的舒适度评价体系来保证公共投资的环境质量。

(2) 对于复杂的需求和各方面需求彼此矛盾的情况,最近一些多维评价已经涌现出来,如日本 CASBEE 评价,将性价比作为一种评价手段,而 ARUP 公司的 Spear 多维评价可对多方面得出结论,面对复杂的事物,或未必能做到像《中国绿色建筑评价》一样的一维评价,用以直接评价舒适度的绝对高低,但至少可以做出多边形雷达状的描述性的多维评价。

(3) 得益于数值模拟计算、计算机图形(CG)和虚拟现实(VR)技术的发展,人们越来越有可以在实际建造之前就从数值上,甚至是直观感受上模拟一个环境,随着 Oculus Rift、HTC Vive 等虚拟设备的普及,人们可以在实验室里模拟出更多的人居环境,这就提供了新的可能性。

1.4 舒适与感觉

感觉是人的一种生理机能,通过感觉器官,大脑得以接触到周围环境的信息。最早被公认的五种感觉是:视觉、听觉、嗅觉、味觉和肤觉(触觉)五种,这些感觉也被称为第一类感觉。随后人们又提出第二类感觉,这些感觉反映机体本身各部分运动或内部器官发生的变化,这类感觉的感觉器位于各有关组织的深处(如肌肉)或内部器官的表面(如胃壁、呼吸道)。这类感觉有运动觉、平衡觉和机体觉。

舒适是以感觉为基础的。但舒适是否全由感觉,特别舒适是否可全由第一类感觉所决定,还存在一定争议。例如在热舒适领域,一种认为热舒适和热感觉是相同的,即热感觉处于中性就是热舒适,持有这一观点的有 Houghton, Yaglou 和 Fanger 等人。另一种观点认为热舒适和热感觉具有不同的含义,在稳态热环境下,一般只涉及热感觉指标,不涉及热舒适指标。热舒适并不在稳态热环境下存在,只存在于某些动态过程中,且热舒适不是持久的。持有这一观点的有 Ebbecke, Hensel, Cabanae 和清华大学的赵荣义等。或认为热舒适不同于热感觉,而热舒适也可存在于稳态热环境中,如王昭俊^[19]。

舒适度也因为感觉器官的不同,而分不同的情况。例如,一氧化碳无色无味,除了极少部分人群,通常不能被第一类感觉所及时捕获。但一氧化碳很快与血红蛋白结合,第二感觉会觉得不舒服。例如,特别高频的光线,如波长小于 $0.39\mu\text{m}$ 的蓝光和紫外线,

人眼几乎完全看不见，却仍然会对视力造成伤害。照明灯具光谱里若含有较多蓝色的成分，虽然使用者一般不会立即感到不适，但长久用眼会感觉更加疲倦、感到刺眼。因而，舒适性既包含能以人的第一类感觉直接、快速感知的部分，也包含能以第二类感觉间接、缓慢感知的部分，也包含与人的长期健康有关系，又不容易被感知的部分。

1.5 室外环境舒适度评价在设计领域运用的意义

我们认为，将多种舒适度综合起来的室外环境综合舒适度评价，既是有价值，又是有可能的：说它有价值，是因为它在指导设计师更科学地选择设计手段、评价公共投资的环境效能等方面，确实是更加积极的。说它可能，是因为目前的技术手段，已具备了对舒适度这种具有复杂性的事物加以描述、刻画的能力，现实地说，体系虽不是全能的，但至少也不是完全无能的，加以谨慎和在一定范围内加以使用，它确实有一定现实价值。

针对设计师来说，在设计之前，可对场地进行评价，得到场地可能在舒适性方面有什么局限，便于在设计中加以克服；在设计中，可对各种因素进行评价打分，找到设计最薄弱的地方，并提示处理方法；可以以舒适度的获得来代替造价，作为衡量工作量的一个辅助标准，对创新又经济的设计手法是一种鼓励。对业主来说，在委托室外场地设计任务之前，可以通过评价体系，对设计师应该在哪些方面做出努力给予一定的指引；在设计中，可以通过评价体系，了解设计师的工作重点；在设计完成后，可以通过评价体系，告知监理应该注意的方面；在项目建成后，可以通过舒适性评价体系，对舒适区与非舒适区分别给予功能指导。对管理部门来说，评价体系，作为一种中立的评价标准，可为各种争议提供参考。对公众来说，评价体系及针对特定项目的评价结果，增强了项目的信息透明，利于公众对公共项目的监督。

如果面向未来，就会发现设计中的舒适度数值评价，也利于挖掘信息技术处理传统建筑问题的潜力。图灵曾说，机器也会思考，只是以一种迥异于人类的方式来思考。通过将舒适度数量评价引入设计流程，并进一步用人工智能高效完成这一步骤，可能使得设计方法发生转变，使未来设计师有可能脱身于有重复性的苦役，而更多地回归有独特性的内心世界。