

# 环境信息交互模式下的模块化体系改造 ——基于参数可视化角度的可持续性建造研究

Modular System Transformation Under the Environment

Information Interaction Mode

——Sustainability Construction Based on Parametric

Visualization

刘轩, 沈琛豪

LIU Xuan, SHEN Chen-hao

(北京交通大学建筑与艺术学院)

(The Institute of Architecture and Art, Beijing Jiaotong University)

**【摘要】** 引入参数化的手段, 将影响建筑空间环境品质的因素进行逻辑化建构, 对比传统点对点式的独立因子, 力求通过 BIM 分析体系, 建立从设计到建造再到环境适应的完整控制链, 实现对建筑物理环境的宏观调控。研究成果针对参数化信息匹配、环境反馈机制、可持续性探究等几个方面进行综合分析, 并总结出参数可视化角度下, 可持续性建造的发展优势。

**【Abstract】** This paper introduces the parameterization method to logically construct the factors affecting the quality of building space environment, compares the traditional point-to-point independent factors, and strives to establish a complete control chain from design to construction to environmental adaptation through BIM analysis system, ultimately realizing the macro-control of the physical environment of the building. The research results comprehensively analyze the aspects of parameterized information matching, environmental feedback mechanism and sustainability inquiry, and summarize the development advantages of sustainable construction under the perspective of parameter visualization.

**【关键词】** 建造物理技术; 参数化; 信息化建模; 可持续性设计; BIM 技术

**【Keywords】** building physical technology; parameterization; information modeling; sustainable design; BIM technology

DOI:10.13655/j.cnki.ibci.2019.04.012

## 1 研究背景

随着 BIM 大数据体系下环境信息交互模式的建立, 建筑物理技术融合于空间功能使用需求, 大量的逻辑推演为确定最终性能最优解提供可行参考方向。而基于 Dynamo 参数化平台的 BIM 技术软件, 体现了信息化建模的客观优势, 将模拟过程可视化, 具有动态性和时效性。模拟结果可以通 Dynamo 平台进行双向输

入输出, 最终以三维动态的形式实现模拟, 以及对于建筑模块和环境信息的全局调控。<sup>[1]</sup>

## 2 参数化信息匹配

### 2.1 预设模块变量分析

以阿斯塔纳国家图书馆窗洞设计和于家堡金融区工程指挥部表皮设计为例, 为 BIM 环境下既有复合双层屋顶结

构向三维空间发展的参数化性能优化提供借鉴。在图书馆的开窗设计中, 以其表面的“日均均匀入射太阳辐射量”为参数, 之后利用参数化工具为采光条件不同的平面  $x$  配置开窗面积不同的窗洞口  $y$ , 控制建筑获得较为均匀的热辐射量, 这保证了图书馆室内空间采光的均匀性, 以达到节能的目的。同时采用辐射量进行参数化开窗也赋予了建筑一种连续而

富有韵律的立面形式。<sup>[2]</sup>

天津于家堡工程指挥部是国内绿色建筑参数化实践的知名案例之一。建筑师在建筑表皮的设计过程中，根据不同的开口面积比率的模块，不同立面房间使用功能对光线的需求以及光线强度，将建筑的内部功能的多样性与立面构件形式一一对应，并通过环境模拟的参数化手段将这种对应关系以一种自然流动的姿态呈现出来。通过分析全阴天状态下房间内的照度，建立起百叶扭转角度与室内照度的对应关系，精确控制遮阳板的角度。<sup>[4]</sup>

### 2.2 热学环境变量分析

热量传递的方式包括导热、对流和辐射。尽管传统的建筑界面设计方法也考虑了热量的阻挡和传递，气候协同的建筑界面设计更突出了一种整合设计与能量传递的思维。这是由外部气候资源与内部能量需求之间的动态关系所决定的。结合对于BIM建筑信息革命的理解实践，设计双层屋顶在夏季利用烟囱效应进行热压通风的动力变量和在冬季利用温室效应作为蓄热腔体的温度变量。这个设想是通过环境参数化的描述曲线对建筑界面进行重新定义，使其适应建成环境中的能量流动，控制能量在时间维度和空间维度上的转化，由此形成的气候协同的建筑界面就能够有效平衡能量消耗的峰值和谷值，改善这些与传统建筑界面形式有关的能量状况。<sup>[5]</sup>

在绿色建筑创新中，适应性建筑界面整合多重要素并采用建筑分布式能源系统，综合整合热能、电能为供暖、制冷及照明提供能量。环境参数化设计方法能够将光照、温度、湿度及任何与能量梯度相关的生物气候能量流动视为具有发展潜力的环境资源，并促进其在建筑界面中的能量流动与重组。为了使这些能量流动更有效地与环境状况、用户

需求变化波动特征相结合，下一代建筑界面需要具备对建筑系统内不同尺度的能量资源进行控制的能力。<sup>[6]</sup>

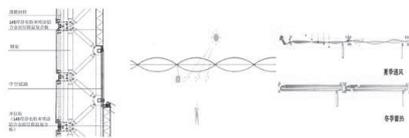


图1 双层屋顶动力变量及构造详图<sup>[7]</sup>

### 2.3 光学环境变量分析

对模型建构过程中所要使用的材料及其特性的实验和总结是信息建模过程的关键。实验过程中所使用的半透明膜材料，实现了屋顶介质对于透入光线的柔化，重点需要对模块的数量比例进行优化调整，并反复研究比对ETFE膜材料的物理性能。另外，天光穿过屋顶介质会发生漫反射，因而需要考虑介质的反射率和折射率，将直射光线作为对照。前期的基础物理模型为全阴天天空模型，意在探索边界形态对于室内天光照度均匀分布情况的影响。然而，前期基础模型尚未对应具体的环境信息模式，由此在后期优化模型的过程中需要与具体地理环境进行对接，并考虑特定地点的直射光线和太阳运动轨迹变化情况。

在明确创造生成基本形体单元的数控逻辑后，通过BIM体系可以实现单一模块在参数调节下的衍生迭代，还可以

在前一步模块生成的基础上对采光性能进行可视化。从前期基础物理模型的室内天光分布照度来看，屋顶采光介质的透光面积是影响室内整体采光性能的关键参数。而后期模型优化主要分为以下四步：

首先是在一定面积范围的屋顶上建立矩形模块矩阵，通过对矩形模块尺寸和不同材质比例的渐变控制，完成铝板幕墙模块形态的大量生成；

第二步是这种渐变关系以模块表面与响应环境信息之后的垂直位移距离为参考点，随着参考点的逐渐上升，矩形模块的数量和比例在一定范围内发生渐大或渐小的变化；

第三步是在上述控制原则基础上，对矩形模块加以一定范围内的随机种子变化，使得方案形态变化更加多样，艺术性增强，室内采光可能性也更多；

第四步是与dynamo联动，进行上述数控逻辑下的逐一模拟计算与可视化显示，其模拟结果将成为屋顶模块分布情景进一步分类筛选的重要来源。

## 3 环境反馈机制

自建筑信息建模（Building Information Modeling, BIM）技术理论提出至今，基于BIM的建模工具相

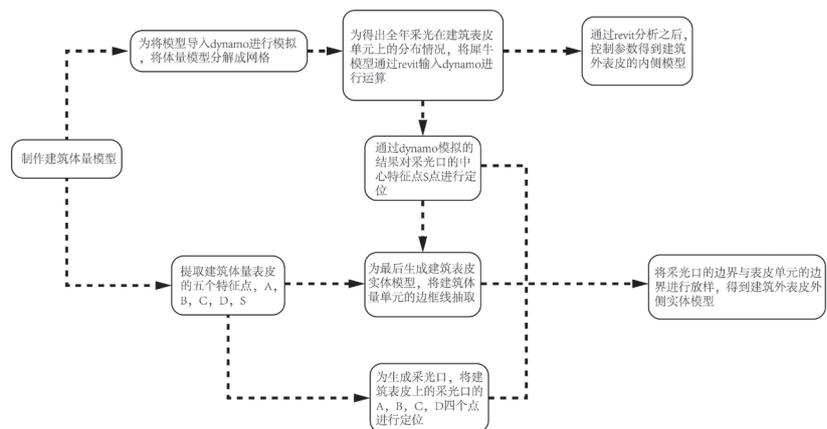


图2 设计流程与参数节点转化参量<sup>[8]</sup>

继出现,并广泛应用于工程实践中,推动了建筑设计建模过程由“数形分离”向“数形集成”转型,将建筑建模对象由“建筑几何图元”扩展为“建筑几何、材料、构造”等复合信息,为建筑行业信息化水平提升提供了技术支点。<sup>[3]</sup>

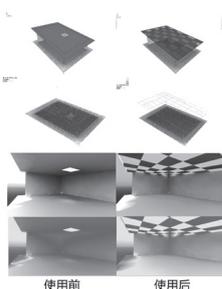
建筑性能动态模拟(ABPS)的过程,是对传统意义上的基础物理模型和环境信息实现数据共享,并最终反馈到优选实验结果的自适应指向的设计方法。其核心优势是突破了建模、模拟与编程平台间的数据交互壁垒,从而为性能驱动设计策略提供技术支撑。从技术策略角度来看,可具体总结为以下三方面。

1) 建筑性能动态模拟阶段通过设计不同参数变量的矩形模块系统,深化了建筑师对于环境信息的认知水平和转化效率,真正将抽象的环境语言转换为数据输入,体现了信息模块的自主化适应过程,从而为环境可持续发展背景下的针对多层级参数的目标定位,奠定了信息数据库基础。

2) 建筑性能动态模拟将多层级信息建立起和相应参数的逻辑联系,形成关键参数节点,不再是单一的自上而下的树状模式,而是有着全局化的信息网络趋势。这种较高的信息整合度使得建筑模块能够根据环境信息的更细变化作出调整,加强单元和信息的一体化。

3) 建筑性能动态模拟提供了直接导向既有物理空间舒适性合理化提升的平台,平台之上的接口数据的实时交互的可行性。信息交互接口建构具有重要的实践意义,其不仅提高了建筑设计参数与绿色性能相关性分析效率,还可为人工神经网络、支持向量机等建筑性能预测模型建构提供学习数据,并可通过与多目标进化算法的耦合运算实现绿色性能引导下的建筑参数多目标优化设计。

■ 采光立面屋顶深化 / 使用前后天环境对比



基于dynamo软件的表皮模块参数化设计

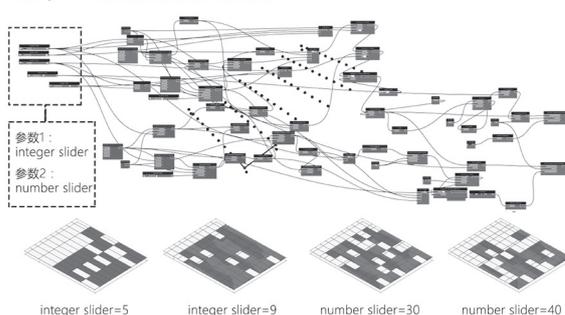


图3 建筑性能参量可视化模拟

## 4 模块化可持续性探究

### 4.1 动态仿生与自组织性

生物的气候适应性(Acclimatization)是生物体适应外界气候环境条件(例如温度、湿度、光强等)变化的过程,通过调节它们的器官形态、行为、物理或生物化学的特性改变来响应外界环境的变化,从而适应于新的气候环境条件。4 将建筑单元体和生物个体作类比,表皮和内部骨架构成有机系统,而类似血液流动的动力由外部环境信息和内部功能需求两部分组成,共同作为有机系统的循环方式。考虑到建筑单元和其组成表皮系统的可持续性发展,理想状态是外界环境变化时,内部系统可在表皮的保护下维持相对平衡稳定,最大化契合生物体的自主气候适应能力。生物体自身的环境适应性是研究模型单元演化的基础,由此,从仿生学的思路出发,将生物气候适应性的特征,面向未来城市、建筑空间和人的互动性发展,将生物气候适应性与界面的互动性相结合形成“仿生性动态建筑表皮(Bio-inspired kinetic envelopes)”,从而为未来可持续建筑设计提出全新的研究和设计思路。

### 4.2 基于BIM的双层屋顶结构体系优化

房屋建筑物顶部屋面全年受阳光热辐射,是建筑物受热最多也是最集中的部位。对于普通单层建筑,夏季屋面所

得热量占建筑各面总热量的37%左右,而在冬季则能占到50%以上,导致屋面隔热能力的强弱直接影响了屋内的内热环境和能耗状况。在分析了屋内热量的来源及能量的传递方式后,综合考虑热辐射及采光效益,采用双层通风铝板作为优化手段。夏季部分铝板开启,在双层屋面间形成一个通风层。上层铝板直接受到太阳热辐射作用,并将其大部分进行了反射,形成了第一道屏障;第二层ETFE膜结构由于其极低的导热系数,将穿过第一层的热量再次隔离,构成第二道屏障。夏季较热时间段铝板模块会开启,导致外侧温度更高,两层屏障间的空气层受热上升形成对流,通风口处产生的“烟囱效应”进一步推动铝板层间空气流动;温度较低的空气从檐口被吸入,经过铝板间层换热后温度升高,由屋檐出风口排出,这个过程带走了铝板层间的又一部分热量。同时由于坡屋顶的构造,还可以通过风压通风原理带走双层屋面间的空气并带走热量。冬季铝板闭合,使得双层结构形成的空气间层储存太阳的辐射热量,提高室内温度。

当设计细化到建筑外表面的玻璃与铝板究竟以何种规律排布,铝板如何适应环境变化进行开闭,可以使得空气间层在室外温度过高时能防热,而在室外

(下转第42页)

```
fDoc.LoadFamily(myDoc, new
familyLoadOptions()); // 载入族
Parameter para = mList[i].
LookupParameter(Header);
para.Set(Convert.
ToString(dataGridView1.Rows[r].
Cells[c].Value)); // 录入信息
}
}
}
```

#### 4 创建面板

Revit API 中 IExternalApplication 接口提供 OnStartup、OnShutdown 两个函数，分别用来制定 Revit 启动和关闭时所需的功能。重载 OnStartup 函数在 Revit 启动时将本文所述设备信息自动录入程序以选项卡、按钮的形式添加进 Revit 软件中。

#### 5 应用效果分析

启动 Revit，打开项目，单机按钮启动程序读取 Excel 设备信息，确定导入，软件即可自动为项目中所有编码与 Excel 表中设备编码对应的设备添加实例参数并自动将相应的信息录入设备。经统计，本项目二十余万台设备总计一千余万条信息应用本程序录入仅 0.5 人 / 天。如果按传统方式用人工录入，其人力资源、时间、软硬件成本将是巨大的，并且准确性无法保证，后期对数据的更新和维护依然会耗费巨大的人力物力。由此可见本程序极大的提高了 BIM 模型信息录入效率，保证了信息的准确性，具有良好的经济效益。本项目信设备信息录入模型后，通过施工管理平台，批量导出包含项目信息的二维码，实现了一物一码，便于设备更新维护，极大地提高了施工管理水平和运维水平。

#### 参考文献

[1] 郑媛元. BIM、GIS 及 R 技术的结合应用 [C]. 天津大学、天津市钢结构学会. 第十七届全国现代结构工程学术研讨会论文集. 天津大学、天津市钢结构学会, 2017:6.

[2] 马录. 基于 BIM 与物联网的交互发展技术在智能建筑中的应用 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2018(4):65-66.

[3] 冷平, 史占宽, 乔文涛, 张坡, 刘宁. 基于 BIM 的二维码技术在钢结构施工中的应用 [J]. 施工技术, 2017, 46(18):93-95.

[4] 刘子朋, 张晓东, 丁义南, 武思思, 王洋. 基于 Revit 开发创建自定义插件 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2017(12):73-77+96.

[5] 李清霞. 建筑工程施工阶段成本控制研究 [D]. 邯郸市:河北工程大学, 2014.

(上接第 39 页)

温度过低时可以蓄热这一问题时，通过“环境参数化”的设计方法，引入建筑性能动态模拟的研究思路，进行参数可视化的多组实验，最终创造出被动式与主动式相结合的策略，使得单元模块更加适合能量的新陈代谢。

#### 5 总结

本文从参数化信息匹配、环境反馈机制、模块化可持续性探究三个方面进行了综合分析，以实现 BIM 体系下的“建筑性能动态模拟 (ABPS)”。借助这样一个过程性的动态模拟及后期数据整理，使为原有复合双层屋顶结构及其衍生提供“最优解”成为可能。动态建筑信息建模技术使得设计者和环境信息的交互

性大大提升，实现了不同参数层级的网络化自主适应，力求从可视化角度为可持续性建造提供实时监控策略。可见，环境信息交互模式下的模块化体系改造可以为“性能驱动”思维导向下的建筑设计研究与实践提供技术支撑，是数字化节能设计领域的重要研究方向。

#### 参考文献

[1] 蔡一鸣. 融合参数化逻辑的绿色建筑设计研究 [D]. 天津:天津大学. 2013.

[2] 韩天辞. 鄂尔多斯 20+10 P22A 基于采光模拟的中庭优化设计方法 [D]. 北京:清华大学. 2012.

[3] 孙澄, 韩昀松, 庄典. “性能驱动”思维下的动态建筑信息建模技术研究 [J]. 建筑学报, 2017(8).

[4] 王嘉亮. 仿生·动态·可持续——基于生物气候适应性的动态建筑表皮研究 [D]. 天津:天津大学. 2011.

[5] 张鹏, 翟瑞强. 双层铝板通风坡屋顶在湖南农村住宅节能改造中的应用 [J]. 建筑节能, 2017(10).

[6] 贾森·奥利弗·福伦, 沈晓飞. 环境参数化 气候协同与适应性建筑界面原型设计 [J]. 时代建筑, 2015.

[7] 刘宏玉. 绿色建筑细部 [M]. 大连:大连理工大学出版社, 2011.

[8] 张帆, 邢凯, 梁静. 基于环境参量的绿色建筑参数化设计研究 [A]. 数字建构文化——2015 年全国建筑院系建筑数字技术教学研讨会论文集 [C]. 华中科技大学建筑学院承办. 2015.