

现象认知驱动的参数化设计

——北京奥运玲珑塔室内改造设计

Phenomenon Cognition Driven Parametric Design: Linglong Tower Interior Reconstruction Design in Beijing Olympic Park

撰文 明 晔 清华大学建筑学院

尹志伟 XWG工作室

合作设计 XWG建筑工作室 水晶石设计中心

摘要 通过介绍玲珑塔第5、6层的室内改造项目的设计过程，阐述由现象认知驱动的参数化设计方法，详细介绍项目吊顶造型的生成逻辑、材料构造节点细节、室内环境氛围营造和项目Grasshopper的使用情况。

关键词 玲珑塔 室内改造 参数化设计 Grasshopper

1 项目概述

1.1 奥运遗产

奥林匹克多功能演播塔，又称为“玲珑塔”（图1），位于奥林匹克公园内中轴线东侧，向南俯瞰国家体育场“鸟巢”和国家游泳中心“水立方”。2008年北京奥运会期间，曾作为电视转播塔被各国电视台租用，进行奥运节目转播。赛后与“鸟巢”、“水立方”一同作为奥运遗产保留，需要重新引入新功能，并根据功能需要进行内部改造。作为奥运场馆区内唯一的标志性制高点，北京市政府有意将其改造为观光接待、产品发布、高端活动、潮流聚会的场所。“玲珑塔”采用钢结构主体，外饰玻璃幕墙，以等边三角形作为结构平面形式，总共7层。设计之初定位为临时建筑，仅供奥运期间使用，设计建造仓促，因此建筑本身具有很多功能性的问题。

1.2 设计要求

第5层的改造功能定位为高端餐厅，需要增加食品储藏、备餐、衣帽、服务人员房间，弥补餐厅的辅助用房缺失。第6层的改造功能定位为高端发布和企业举办年会场所，因此在功能上需要具有更高的灵活性，氛围上要体现文化气质。

在进行了现场勘查之后，根据现有问题结合功能定位，明确了改造目标：1）原幕墙缝隙较大，顶棚局部有漏水现象，对顶棚的改造需要增加防水保护，即雨水的收集和排放；2）外部LED照明夜间对室内造成极大的光污染，需要屏蔽；3）新增改造不能超过原有结构荷载标准，并且额外增加的构件只能吊装在固定位置的几个钢结构节点上，增加了设计难度。

1.3 现象认知驱动设计

对玲珑塔场地环境及其建筑自身特质的现象认知成为驱动



图1 玲珑塔现场照片



图2 第5层基本单元与分形方式

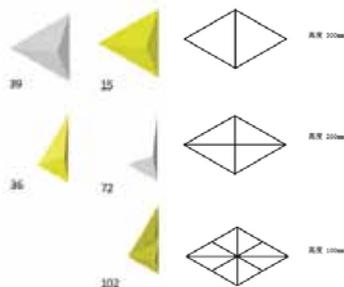


图3 第6层基本单元与分形方式

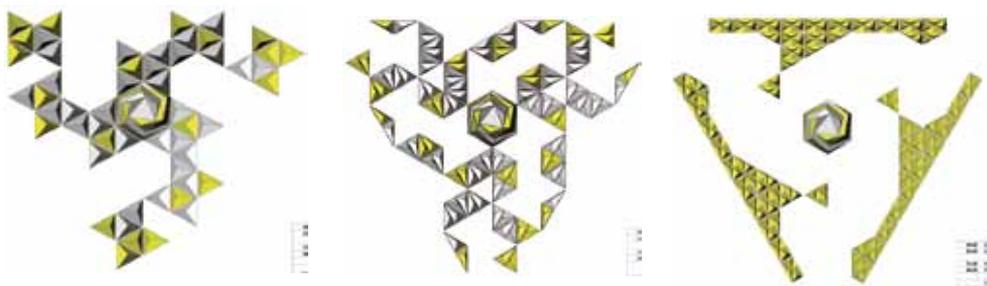


图4 三级分形系统示意

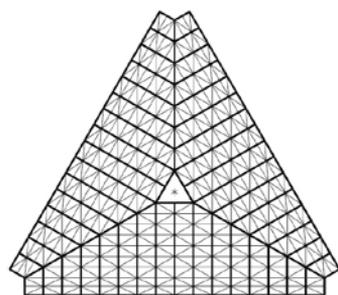


图5 优化过的主龙骨系统

设计的内核。奥林匹克公园因奥运赛事的举办，以及诸如“鸟巢”、“水立方”、奥运下沉庭院等建筑或景观元素的装点而彰显出极富新意和动感的场地性格。人们基于这种环境特征而沉淀下来的场地印象成为设计思路展开的原始参照。设计思维本能地吸收和体现环境所提供的暗示。设计的任务便是将这种潜在意识以物化的途径表达出来，再借由视觉、触觉、第六感等人们获取信息的手段得以体验和认知。极富新意和动感的场地性格奠定了新奇、前卫的设计立意，而玲珑塔固有的三角形元素则成为室内空间设计的主题。三角形元素组合变化的设计手法呼应并加强了场地特征，同时也使得空间与意识的内外联系在意识与现象、心境与物景、视像与空间上取得了有机统一。

2 形式生成逻辑

玲珑塔室内设计对材料的组合变化的控制是基于在计算机中建立的可控参数化模型。若干种不同锥高的锥体单元共同组成了连续渐变的天花界面，以响应室内空间高度的变化。因此，锥体的高度与室内空间高度及视线因素作为因变量，通过计算机技术实现了参数化的关联；三角锥体的形态渐变和材料对比随之成为模型中重要的参变量。以此为基础建立起来的参数化模型能够在整个设计及建造阶段高效地应对设计变化。

第5层的吊顶形式逻辑为沿中心到边缘法线方向的锥体高度变化，从中心到边缘沿龙骨划分了8排，锥体高度为250、150、50mm直至最边缘的平板，也就是完成由锥体到三角面的变化。图2所示是在高度确定的基础上材料的分布逻辑。三种颜色分别表示金属板锥体、耐力板锥体和内含灯的光伏锥体。为了使效果更加生动，通过增加扰动值，使之显出随机排列的感觉。

第6层的吊顶形式逻辑遵循分形¹逻辑，从中央到边缘，单元体由大到小逐级细分。细分方式如图3所示，包括锥体高度的分级和锥体底面大小的分级两个层面。锥高变化为300、200、100mm。锥体底面分布形式以吊顶龙骨框架等边菱形为基准形，经过两次细分，得到3种基本单元体，根据需要付以不同材质，最终仅有5种不同的单元构件。图4所示为由大到小3个层次的分形示意。

3 材料及构造

受顶棚现有结构的限制，决定采用与原顶棚平行的方式布置吊顶龙骨。新增内装将与原有顶棚结合点一一对应，便于固定安装，由此确立了龙骨形式和三角形模块的主题（图5）。

为满足防水和室内效果的需要，顶部构造分为铝合金背板层和室内吊顶层。铝合金板阻止雨水继续渗漏，并将阻隔的雨水汇集到主龙骨，借助结构龙骨作为导水槽，将雨水排出。

第5层的室内吊顶层（图6）由18种规格的椎体单元组成，材料为白色耐力板和镜面不锈钢板两种，造型排列遵循椎体高度由中央到边缘从250mm变化至0的原则，材料分布为70%白色耐力板椎体与30%镜面不锈钢板椎体，遵循靠近中央耐力板密度高、边缘不锈钢板密度高的原则。由于耐力板椎体采用热压成型，综合考虑材料属性和成型效果，因此确定250mm作为椎高的最大值。同时针对消防排烟的需要，局部采用穿孔镜面不锈钢板。

地面部分处理保持原有空间的通透感。选择磨砂透明玻璃作为墙体材料，结合辅助楼梯入口位置，形成一个服务核，最大限度保持原有空间的通透性，并且在主入口前形成了影壁似的引导空间。

“玲珑塔”第6层的主导材质选定为淡金色的镀钛铝板和耐力板的组合，为了增加淡金色的主导地位，将金属板和耐力板的分布比例调节为1:1。

为配合淡金色镀钛铝板，地面部分材料以木质材料为宜，在需要半围合的前面开三角形组洞，既满足三角形母题又产生了中国古典窗棂漏窗的隐约之感。针对满足灵活功能性的需要，设计了三角形家具，通过家具自由组合，形成统一或分组的使用模式，配合置于磁性导轨上的木质屏风，轻松实现了复杂功能区域的划分。照明设计在第5层的基础上，针对顶部中心位置特别设计了与吊顶风格匹配的灯饰，既是消防排烟口的需要也是加强吊顶图案逻辑的方式。灯饰设计创造了独特的中心，强化了潜在的螺旋形图案，成为室内动式的起点。灯由金属板焊接而成，形成自支持结构。

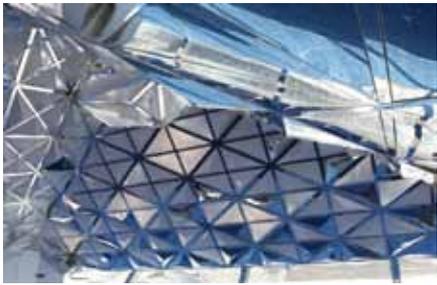


图6 第5层室内吊顶完成效果实拍

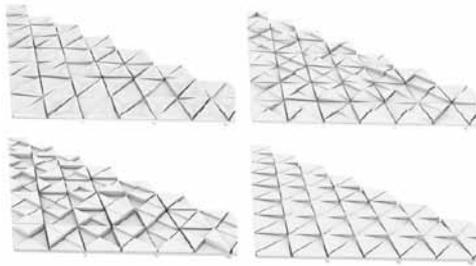


图7 使用Grasshopper辅助形式推敲

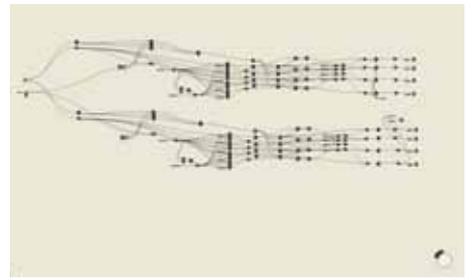


图8 玲珑塔第5层的Grasshopper流程图

4 室内环境气氛营造

为避免眩光，将全部照明置于部分耐力板椎体内。分3路控制照明开关，以满足不同的照明需求，产生丰富的室内效果。室内地面采用天蓝色地毯，地毯的粗糙与顶部不锈钢板的光滑形成质感对比，地毯的色彩反射于顶部各三角面之间，形成空间体验的不凡感受。

基于第5层的改造经验，为了简化模具数量、控制成本，在保留三角形主题的前提下，修改了原结构龙骨到吊顶龙骨的投影方式，因此得到完全等距的龙骨划分，减少了因构造产生的特异单元²。

材料的选择和组合是取得建筑空间知觉体验和延伸的重要媒介。镜面不锈钢仿若吸纳外物的观景镜，把周围的建筑、天空、阳光、阴影全部反射进来，在直观地反映周边场地环境的同时，本身也映射出一种贴合场地精神的空间特质。乳白色耐力板在与镜面不锈钢形成对比的同时，白天能够让阳光透射入室内，夜间则成为人工照明的发光体。光作为游离的介质，在三角形组件形态高低的变化及材料的对比中被捕捉，并与时间形成互动，流露出丰富的表情。材料的特性将光与色彩的变化结合起来，碰撞出斑斓的效果：镜面不锈钢的反射和白色耐力板的透射特性使室内的色彩不再拘泥于单一的色调，而是在环境变化中形成多变的色彩。由此，通过材料质感对比以及光的直射、反射、透射等的渲染，共同营造出极富光感的空间。

玲珑塔的室内设计是设计者对建筑环境真实知觉的反应，当

人们体会到奥林匹克公园所烘托出的新奇、动感的场所精神后，便会对新的空间体验产生期待。设计师便是通过一定手段来物化这些原本抽象的期待，使其变成真实具体的空间。当人们新形成的空间体验与基地所处的特定场所的经验交织在一起时，设计就得以超越物质和实际功能的需要，进入更高的精神层次。

5 设计过程中的技术策略

本次设计中，使用Rhino作为三维模型搭建的核心软件，通过Grasshopper³作为几何形式推敲的途径。Grasshopper图形化的编辑器将Rhino模型中的初始元素读取，进行运算，最后将运算结果提取回Rhino进行下一步的编辑。在Grasshopper的支持下，可以完成动态的模型调整，搭建几何关系的逻辑流程图，实现一个可以调控的编辑工具，之后进行具体参数的调整，直到得到满意的效果。

具体到玲珑塔的室内改造设计，基本流程如下：1) 在Rhino中搭建吊顶龙骨的基本框架，划分三角形基面；2) 使用Grasshopper建立三角锥的高度生成逻辑，生成中间高、边缘低的三角锥群；3) 在Grasshopper中增加对三角锥群的控制逻辑，借助影响点或者影响曲线关联三角锥群的分布；4) 调节参数选择，确定最后的形式（图7，8）。

Grasshopper的出现降低了Rhino的参数化图形编辑难度，大大提高了设计效率，使设计者能够专注于设计的原始出发点，使基于环境感知、由现象驱动的参数化设计成为可能。

注：

1 分形即分形几何，Fractal Geometry分形几何学的基本思想是：客观事物具有自相似的层次结构，局部与整体在形态、功能、信息、时间、空间等方面具有统计意义上的相似性，成为自相似性。这种自相似的层次结构，适当地放大或缩小几何尺寸，整个结构不变。

2 由原来的平行于顶部棱边的方式，改为垂直于底边的方式，一方面得到均匀的龙骨框架，一方面便于施工放线。

3 Grasshopper的前身为Explicit History，是McNeel公司著名NURBS建模软件Rhino平台上的一个图形化编程插件。使用这个插件来编程，用户不需要任何Rhinoscript基础，却可以让用户达到脚本编程能得到的相同结果。

精灵

Forest Spirits

设计 HHD_FUN (华汇设计北京分公司)

程序设计 高聪 陈济林



1 概念

精灵是为2010年北京地坛灯光节所做的互动装置，包含50个人工生命体。精灵乍看起来似乎与建筑设计没有任何联系，但它所用到的设计方法以及所涉及的背景理论实际涵盖了“参数化”的多个方面，从某种意义上讲，它是更加纯粹的参数化设计作品。

复杂理论 (Complex Theory) 是参数化设计的核心理论之一，自组织、涌现等等也是参数化设计的重要概念。在这个作品中，50个“精灵”构成一个没有司令官和层级的复杂自组织网络，网络中的每个个体根据特定的规则运行，个体之间互相联系、互相影响，涌现出集群整体的状态。“整体大于部分之和”这一参数化设计的核心基础理论在这里被充分运用，并成为整个作品的灵魂。

每个精灵由单片机、无线网络传输器、高能电池及精灵本体组成，其中10个精灵具有红外传感器，用来检测进入竹林的人群。精灵体内LED灯的不同状态成为其生命体的表征，它根据此精灵此刻所具有的DNA进行闪烁，向外界传达信息，每个精灵会不定心地通过无线网络向其他精灵发出自身所具有的DNA信息，其他精灵根据一定概率接收信息，并将所接收到的信息与自身所具有的DNA进行交叉变换，从而获得新的DNA。这一过程有些类似遗传基因算法 (详见第2节)。

这个作品旨在探讨人类与自然界之间的关系。50个具有生命特征的人工生命体构成了一个栖息在竹林里的小生物种群，它们有着自己的生存方式，互相之间保持着信息的沟通。进入竹林的人群会对精灵的生存环境产生影响，精灵则会对这种改变做出反应，改变它们自身的生存状态。这种影响可能是不经意的，貌似轻微的，但后果未必是不严重的。在试验中发现，种群行为的改变大多数情况是不被人察觉的，但当某种状态发生时，整个种

群会在集体闪烁若干次后全部关闭，不再启动。

2 算法描述

基于集群智能理论的算法成为其生命的源动力，以下是精灵算法的详细描述 (在作品中通过JAVA及C语言实现)。该算法使用DNA控制灯的动作，DNA结构为一个长度为11的一维数组，每个数的范围为0~255，最后一位标示它的状态是不完整的 (nDNA) 还是完整的 (DNA)。

(1) 灯群互相交叉DNA

每个灯保有一条完整的DNA。每隔一段时间 (n秒)，每一只灯都会把自己的DNA发给所有的灯，而每个灯会有5%的机率接受这条DNA，一旦接受了DNA，就用自己的DNA和这条DNA交叉，用得到的新DNA更新自己的DNA。因为这些灯不是在同一时间启动的，所以基本不会同时发出DNA，如果一个灯同时接收2个以上DNA，则选择任意一个接收，其他舍去。

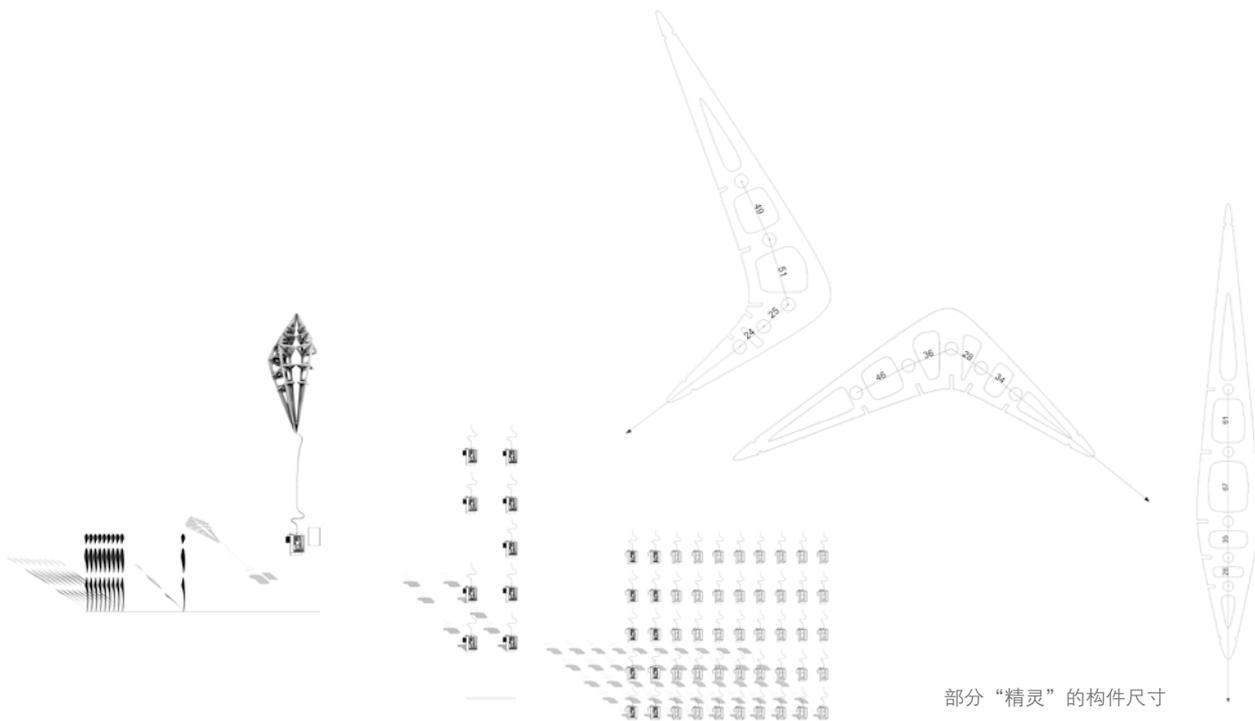
DNA的交叉规则即，第一条DNA的上半部分和第二条DNA的上半部分交换，或者第一条DNA的下半部分和第二条DNA的下半部分交换，这两种情况随机选择一种，然后保留第一条DNA作为该灯新的DNA。

(2) 传感器发出DNA影响整个灯群

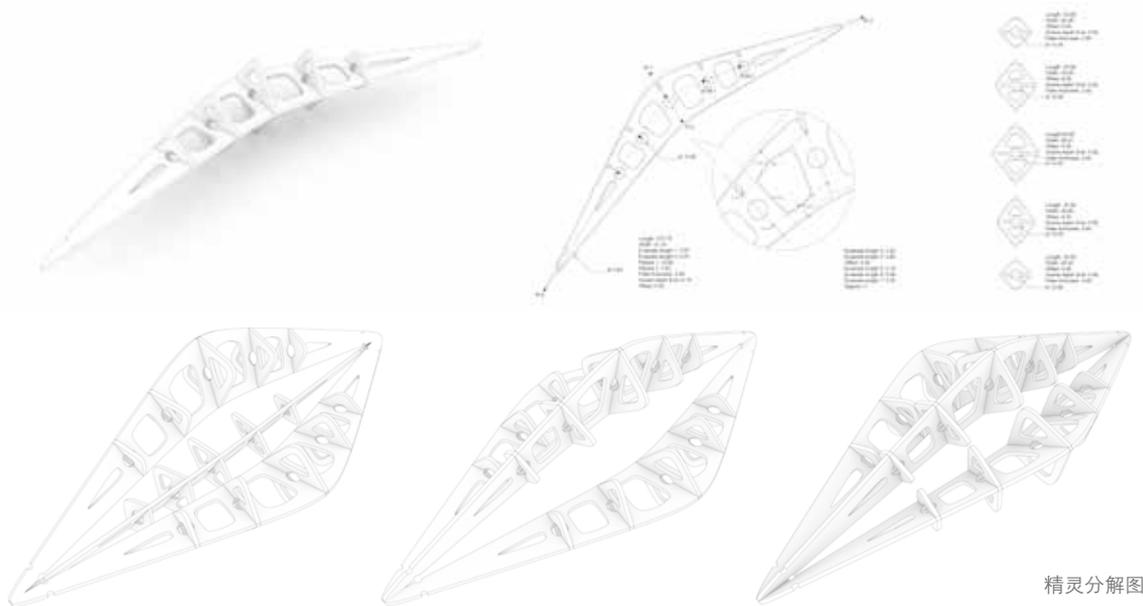
每只传感器保有一条不完整的nDNA。系统运作初始，某一个传感器第一次被触发，它将此次触发从接通到断开的时间转化为一个数值，具体映射为0~1.02秒对应输出一个0~255的数值，超过1.02秒也输出255。这支传感器发出一条不完整的nDNA，其中只含有第一个位置的数值即为刚刚传感器被触发获取的数值，其他位置标为空，所有传感器都会收到这条nDNA，更新现有的DNA。

当某一个传感器被触发的时候，会在现有的这条nDNA上加





部分“精灵”的构件尺寸



精灵分解图

上一个新的数值，再发给其他传感器，当最后一个数值被填满的时候，这个传感器把这个nDNA作为一条完整的DNA发向整个系统，每支灯都有5%的可能性接收这条DNA，并用自己的DNA和它交叉。传感器发出DNA后还会再发出一条全为空的nDNA，让所有的传感器状态清零。

(3) 将DNA翻译为灯的动作

以m秒为一个灯闪动的循环周期，DNA前10位数据代表这个

周期中0、m/10……9m/10秒十个关键时刻灯的亮度，从一个关键时刻到另一个关键时刻的亮度变化是连续的，变化速度和两个关键时刻之间的亮度差距成正比。灯在每次循环周期开始都要翻译一次DNA。上一次DNA翻译出的第10个数值和这一次翻译出的第1个数值决定这一次循环的第一个“渐变”是从某个亮度以某个速度变化到另一个亮度。

致谢：

精灵在技术实现上得到了南开大学机器人研究所刘景泰所长及其学生们的大力支持，在此表示诚挚的感谢！