

基于数字化肌理演绎的建筑表皮空间优化研究 ——以某商业综合体项目为例

鞠瑞馨, 丛阳, 刘鹏飞, 孙阳, 林强

(中国建筑东北设计研究院有限公司)

【摘要】高质量建造的实现始于精细的数字优化设计, 在参数化设计的全生命周期中建筑立面的建造完成度问题逐渐成为核心关键, 以某商业综合体为实例进行肌理式立面优化设计的方法研究。文章运用“像素化网格2D法向投影3D曲面空间的格栅几何细分”的立面优化方法, 对参数化肌理式立面表皮系统进行工业优化, 完成了建筑方案与工业化数字建造设计的无缝衔接, 并实现设计施工一体化。研究中获得最优幕墙结构系统的数字建造方案, 包括参数化优化设计流程、方法及其工艺逻辑流程图和具有源代码的可视化脚本逻辑图, 以此增强肌理式表皮幕墙在实践工业建造方面的适应性, 并在整体工期和工程成本方面合理化的大幅降低。

【关键词】商业综合体; 高质量建造; 参数化优化设计系统; 表皮空间优化方法; 肌理式幕墙体系

【基金项目】中国建筑东北设计研究院有限公司课题项目: 参数化建筑表皮设计关键技术研究与应用, 项目编号: 2021-DBY-KY-05

中图分类号: TU201; TU17

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2024.01.037

Research on Architectural Skin Space Optimization Based on Digital Texture Deduction

——Taking a Commercial Complex Project as an Example

JU Rui-xin, CONG Yang, LIU Peng-fei, SUN Yang, LIN Qiang

(CSECEC Northeast Design and Research Institute Co., Ltd.)

【Abstract】The realization of high-quality construction starts from the elaborate digital optimization design. During the whole life cycle of parametric design, the construction completion degree of the building elevation gradually becomes the core key issue. Taking a commercial complex as an example, the method research of textural elevation optimization design was carried out. The vertical optimization method of "grid geometrical subdivision of grille in 3D surface space projected by pixel grid 2D normal projection" was used to carry out industrial optimization of the parametric texture facade skin system, which completed the seamless connection between the architectural scheme and industrial digital construction design, and realized the integration of design and construction. The digital construction scheme of the optimal curtain wall structure system was studied and obtained through the study, including the parametric optimization design process, the method and its process logic flow chart as well as the visual script logic diagram with source code, so as to enhance the adaptability of the textured skin curtain wall in practical industrial construction and substantially reduce the overall construction period and project cost with rationalization.

【Keywords】commercial complex; high quality construction; parametric optimization design system; optimization method of the skin space; texture curtain wall system

1 背景与问题

在智能数字建造^[1]的设计实践过程中, 设计师们通常采用建筑数字信息技术(BIM)的参数化软件工具对参数化建筑的概念方案进行拟合建模设计。同时在工业建造方面, 一般直接使用设计时的效果雏形模型, 以其较大尺寸的空间构件来直接呈现建筑方案的概念效果, 以此装配建筑立面肌理的整体幕墙表皮模型, 然后再进行工程后期的建造设计和施

工建设。然而, 由方案概念效果转化为施工建造设计的过程中, 常会出现方案概念被曲解, 导致项目落成后的实际效果与方案概念效果图之间的巨大差别, 许多可优化设计的细节被忽略。

在工程实践中, 面对主客观的诸多不确定因素——参数化肌理表达的立面表皮幕墙与建筑功能及相关外部空间环境的适应性差、同原方案的效果拟合度低、工业建造精度低、工程成本巨额激增、无限

制地增加工期等严峻问题,通用的技术路线已经无法满足复杂的参数化建筑工程需求。

2 项目概况

某商业综合体项目(见图1)建筑高度23.10m,占地面积6.19万 m^2 ,总建筑面积约13.34万 m^2 。参数化设计的肌理式立面和动感韵律的整体曲线造型使建筑具有超前性、富有浓厚的现代气息和文化意识及地域特征,是该区重要的具有标志性的人文景观和城市代表性建筑。项目以设计总包形式负责的EPC大型标志性工程,并以项目组为管理单元,并整合优势要素在建筑原创方案、结构创新、BIM研发、幕墙设计、绿建科技、景观绿化、照明亮化、智能化、建筑结构健康监测等多维度的各部门全方位协调配合,充分展现出现代数字智能化建筑科技的智慧。



图1 某商业综合体效果图

3 工业建造实践困境

在参数化建筑工程项目中,建筑师对接项目方案得到了已确定的效果图和带概念效果表达的元胞模型^[2]。在进入建造优化设计阶段的过程中,面对商业综合体部分的参数化立面肌理表皮模型的呈现效果,其核心难点在于立面表皮的参数化空间肌理式造型的工程实现。因此,遇到了以下严峻问题。

①设计工具与方法:传统建模的软件工具及其方法,无法满足参数化实际工程建造设计的需求。

②环境适应性:立面肌理表皮的幕墙系统建筑内部功能与相关环境的适应性差。

③工期和经济性:参数化建筑的建造为非标准营造,因此在设计建造的过程中会出现诸多更改、返工找形的情况,这样就会使其工程成本出现巨额的激增、无限制地延长工期。

④无法对接工业建造:因方案模型的精度不够、肌理表皮构建尺寸过大、结构系统有缺陷、整体形体找形困难,所以在工业建造方面无法准确指导施工图的设计绘制、对接工厂进行标准化量产式生产加工建造及增加现场施工的作业难度,使得在工程项目施工后建成的效果和概念方案的效果相比较存在诸多具体问题。

⑤双层幕墙体系:内部幕墙为常规曲面玻璃幕墙,外层幕墙为肌理效果的表达部分。在其肌理表皮构件单体结构及幕墙的结构系统整体异常突出,且对室内平面功能、采光和对外的视线景观通达性产生严重的影响。目前无法根据《建筑设计防火规范》要求设置消防救援窗,并确定其合理位置。

⑥材料选择:外层幕墙的表皮设计形式会影响材料的选择,同时材料的选择也会影响立面表皮肌理的表达。

⑦效果呈现、美观性与完成度:建筑方案阶段的元胞模型^[2]无法在工业建造及施工阶段直接使用,它设计的不准确性、低拟合度、较低的精度会影响建造及施工安装,并在环节的最后严重影响建筑肌理效果--表皮空间旋转、渐变的肌理结构组织造型形态的呈现和内部实际功能的使用。使得项目建成后与方案效果意境落差巨大、不够美观,甚至影响审美。

4 参数化肌理优化设计研究

参数化建筑设计是一个复杂的系统,面对工程实践的困境进行研究式优化设计。其立面的肌理设计影响因素众多,参数化优化设计技术路线的架构是优化设计系统工作的基础。根据项目参数化方案立面效果所呈现出的多种肌理造型的空间动势,划分出几大造型区域(见图2)。方案阶段的模型即是优化阶段所需的设计雏形,它一般解决参数化这一复杂系统的主要矛盾并对设计结果产生直接的建造

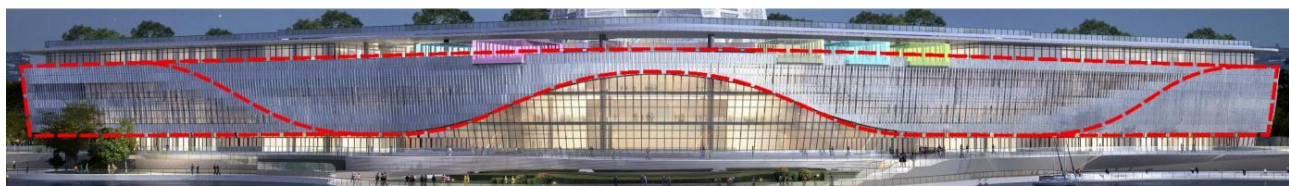


图2 商业综合体部分的参数化立面肌理分析

影响,以便最终建造的成果能够最大程度地满足实际使用时对活动行为的功能要求。这个优化设计雏形还需要在其他影响因素的作用下继续建造性的进化,正因为它是在参数化软件工具条件下的图形,所以它能够接受工具语言编辑的指令操作,从而改变其空间形态并发展到一个令人满意的设计结果。

4.1 参数化优化设计系统

参数化优化设计过程的终极目标是要获得最高程度的功能满足的设计结果,参数化模型的建立是始于对人与环境、空间功能的尊重。设计过程遵循前后连续的因果逻辑关系,从而获得与设计始点相对应的设计结果。因此其设计的逻辑性就越发凸显成为必要性。在对项目立面整体幕墙结构系统和构造逻辑的深入研究后,同时在保证参数化方案设计的建造效果完美呈现的情况下,运用优化设计的基本方式--建筑表皮结构的逻辑性优化、形体适应性优化、建筑界面透过性优化,和其基本步骤--模拟分析、(细节)模型建构、优化甄选,经过反复多次的设计分析研究,在参数化设计技术^[3-7]的指导下,以可建造性为目标,根据JPG格式图片特有的像素特点,最终从确定的方案效果图出发自主创新研发了一种基于BIM的参数化建筑立面优化设计方法--“像素化网格2D法向投影3D曲面空间格栅几何细分”方法(见图3),将复杂的空间旋转曲面形体简单化、有理化拆分细化,使其形成强有力的标准模数,进而设计出能应用于工业化标准化建造的肌理表皮构件模型。这个设计方法是基于BIM,并与各专业进行详细的密切配合后最终完成对方案模型的参数优化再设计^[8-10]。同时,从已确定的参数化建筑肌理方案的效果及意境出发,基于参数化的软件工具Rhino和Grasshopper(见图4),在项目设计的三个阶段(方案阶段、优化阶段、施工建造阶段)归纳了具有普适性的参数化立面肌理表皮优化方法的工艺流程,其具体包括:提取像素方格点和2D网格交叉线、构建整体空间体块的建筑立面肌理、重构其体块模型、进一步重构其深化模型、重构参数化立面肌理表皮构件、重构建筑表皮单元模型这六大步骤。

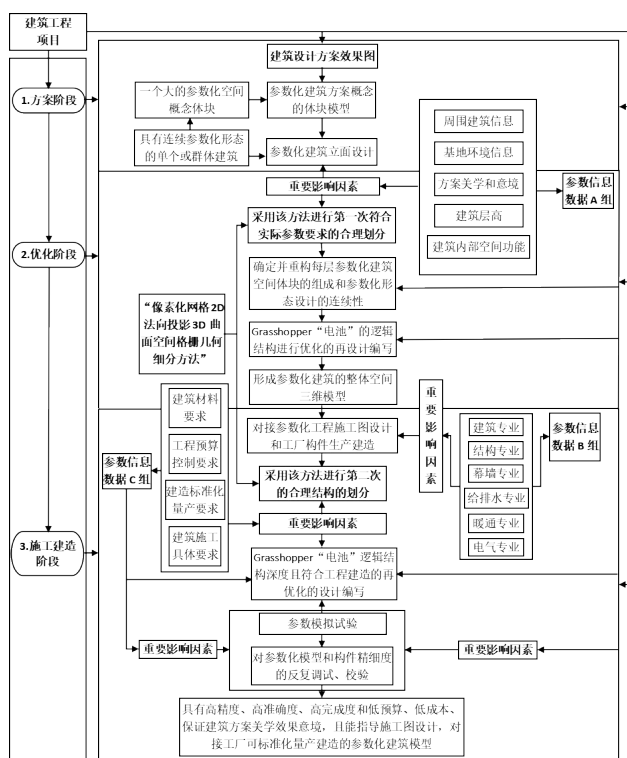


图3 参数化设计方法的工艺逻辑流程图

4.2 肌理式幕墙优化设计

项目的建筑立面采用双层幕墙体系,其外围护表皮幕墙是方案参数化肌理效果的呈现,内部表皮为传统玻璃幕墙。因此,建造设计如何最大程度的拟合方案肌理效果就成为显要问题。这样,在项目的施工建造阶段对接工厂的环节中建筑师与幕墙设计师密切配合,将外层幕墙、结构外壳一体化设计并形成模数化,将建筑表皮形式、结构系统和材料构造进行高度的设计整合,同时以有效控制并节省建造成本、适应工厂标准化建造、减轻自身荷载、降低现场施工难度为原则,运用自主研发的参数化肌理优化设计方法,在空间维度上对建筑立面的外表皮幕墙系统进行模数化细分,通过自主研发的参数化肌理优化设计方法,经过六十多次的优化设计分析研究(见图5),最终细化出符合建造标准的肌理构件——空间表皮构件单体和单元组,并确定其形状、材料、轮廓、结构体系和组合方式(见图6、图7),然后进行具体工业化标准构造设计,最终得到高拟合度、

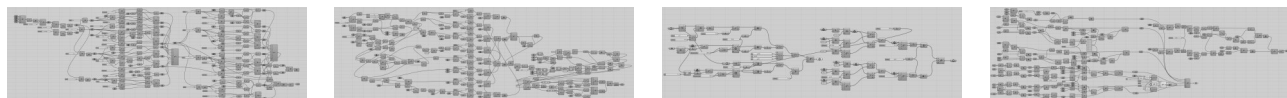


图4 Grasshopper脚本的逻辑结构优化设计编写逻辑图

可建造的全新立面构件。同时,充分满足建筑室内功能房间的采光和视觉通廊等的实际使用需求。

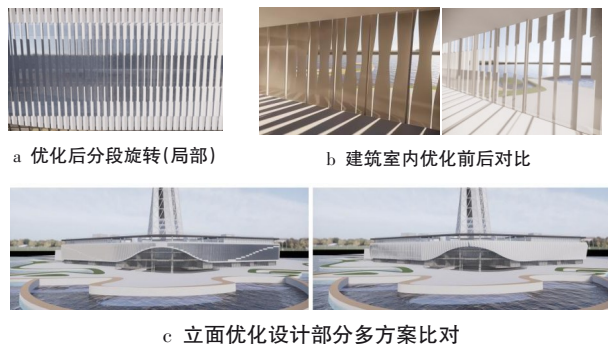


图5 参数化立面肌理式优化设计分析

在表皮构件的设计中,其垫块设计为中空构造用以减轻构件自重荷载,并采用节能环保型材质进行可标准化量产可以大大降低工程造价,同时构件扣盖、三棱柱格栅采用可进行日光漫反射的材质来满足建筑内部环境具体功能的使用要求。在参数化建筑实际功能的使用方面,构件各部位及零件可进行及时的拆卸和安装,充分满足《建筑设计防火规范》中要求的建筑消防安全距离和建筑平面每个防火分区设置的多个消防救援窗的开启净尺寸面积要求、内层表皮常规玻璃幕墙的维护及清洁要求。

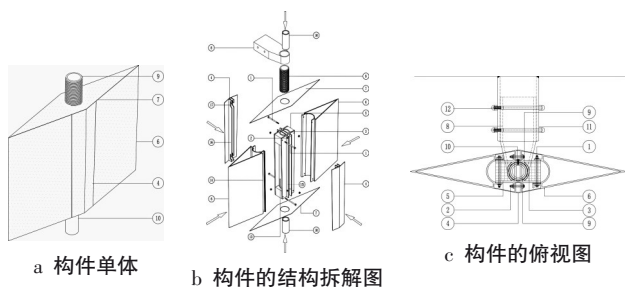
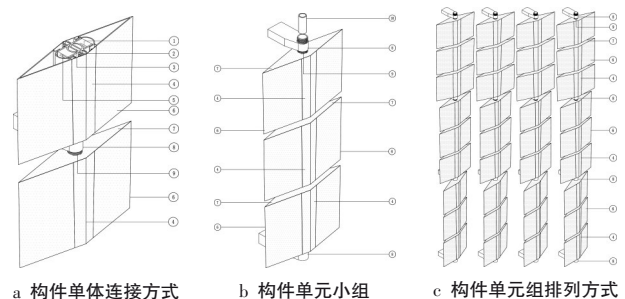


图6 表皮构件单体



(注:1-用于连接垫块和矩形支板的不锈钢螺栓,2-矩形翼板上的螺柱,3-连接轴,4-扣盖,5-垫块,6-三棱柱格栅,7-封口板,8-矩形方管连接件,9-外螺纹连接件,10-圆管插芯,11-矩形方管连接件外喷涂的氟碳层,12-矩形方管连接件上装饰螺栓,13-用于固定圆管插芯的螺孔,14-矩形支板,15-矩形翼板,16-嵌合板,17-凹槽。)

图7 表皮构件单元(组)

5 结语

在数字时代,高质量的数字实现是从设计源头开始,针对参数化设计的全生命周期中的核心问题--立面肌理呈现的建造完成度,通过某商业综合体项目进行其关键技术的研究,基于BIM,自主创新性的提出一种具有高拟合度和工业建造性的参数化优化设计方法——“像素化网格2D法向投影3D曲面空间格栅几何细分”方法和其建造模型。这种方法不仅能提高生产效率、减轻自重荷载、确保室内空间功能使用、使预算可控,还能有效降低工程成本,缩短从优化设计到工业建造阶段的工期,并且达到标准建造、安装使用简单、操作便捷、节省材料、绿色环保的绿色建筑要求。同时,其能为建筑幕墙结构系统的整体提升、工业化建造模型的精度提高及有效降低建造成本方面提供可靠的方法和实践依据。

参考文献

- [1] 李大夏, 陈寿恒, 李书谊, 等. 数字营造[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [2] 张龙巍. 数字技术下的大空间建筑维护体系优化[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2015(5): 474-484.
- [3] 徐卫国. 非线性建筑设计[J]. 建筑学报, 2005(12): 32-35.
- [4] 高岩. 参数化设计——更高效的设计技术和技法[J]. 世界建筑, 2008(5): 28-32.
- [5] 徐卫国. 参数化设计与算法生成[J]. 世界建筑, 2011(6): 110-111.
- [6] 孙彤, 吉国华. “涌现”思想指导下的数字技术设计实践[J]. 华中建筑, 2018, 36(12): 30-32.
- [7] 谭智铭, 季翔. 基于表皮与技术参数化理念的建筑造型设计方法研究[J]. 中外建筑, 2019(5): 217-219.
- [8] 高峰. 当代西方建筑形态数字化设计的方法与策略研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [9] 何晓斌. 当代非线性建筑表皮设计研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.
- [10] 周姚熠. 动态适应性建筑表皮理论及其若干关键技术的研究[D]. 浙江: 浙江大学, 2014.