AUTODESK

自动化技术驱动 工程建设行业数字化转型

一衍生式设计从理论到实践

作者:宋姗 罗海涛 谌冰 欧特克软件公司



摘要

下一轮数字化转型将以"洞察"、"自动化"、"人工智能"和"机器学习"为驱动力。衍生式设计作为欧特克软件公司推出的自动化设计解决方案,旨在通过人与计算机之间的协作设计方法,充分利用项目 BIM 数据,借助机器学习技术,探索最优设计结果。工程建设行业从业者探索了在规划、设计、施工等场景中利用衍生式设计方法为传统生产模式赋能,评估项目性能,优化项目表现,降低项目风险,逐步实现了衍生式设计从方法论到生产的实践。

一、数字化转型的驱动力

互联网时代,在新技术的推动下,数字化转型方兴未艾。在工程建设行业,过去的 40 年中已经发生了几轮数字化转型。从AutoCAD 问世,开启了计算机辅助制图时代,引领了整个行业由手工绘图转向 CAD; 第二波转型发生在 20 年前,BIM 技术被推向市场,此后项目全生命周期的协同与互联带动了行业的高质量发展; 第三波云技术驱动的转型始于 4 到 5 年前,来自项目各参与方的从业者可以随时随地的通过任意设备访问单一模型、开展协同工作。截至今日,这些技术已经成熟,并在逐渐主流化。

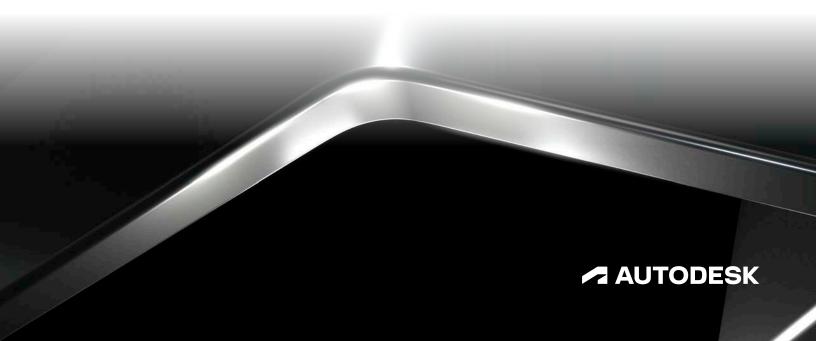
那么,下一轮数字化转型会是什么?下一轮转型何时会发生?我国十四五规划纲要指出"加快数字化发展,建设数字中国",以数字化转型整体驱动生产方式变革、赋能传统产业转型升级。那么接下来,通过何种技术为工程建设行业的传统生产模式赋能,如何实现工程行业企业数字化转型这一目标,是目前行业中的创新者最为关注的话题。

欧特克软件公司 AEC 战略副总裁 Nicolas Mango 先生在第七届工程建设行业互联网大会演讲中提到,下一轮数字化转型将以"洞察"、"自动化"、"人工智能"和"机器学习"为驱动力。根据欧特克对全球业主的调研显示,在未来,工程项目业主期望通过三个方面的数字化改善项目成果。

第一、业主需要数字孪生,作为项目的数字资产在项目竣工时交付给业主;

第二、业主要求清晰的资产洞察,以此了解使用者的满意程度、 预测续租率、验证能耗性能和经济效益、规划检修和翻新等,从 而降低管理风险;

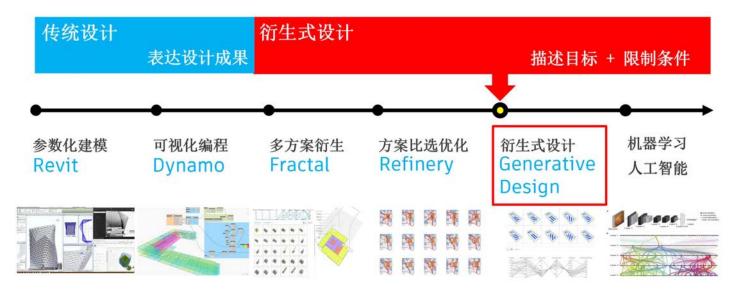
第三、业主希望通过自动化技术优化资产,在提升现有项目性能的同时,还能把积累的知识应用到未来的新项目中。



二、设计自动化技术

自动化技术可以用于设计、施工、运营和监测。欧特克研发的设计自动化技术是一种人与计算机之间的协作设计过程。在这个过程中,设计师定义项目约束和评价目标,计算机自动化生成设计成果,借助机器学习和人工智能模拟多重设计选项,不断优化设计成果,寻求最优解。设计自动化技术已经历了多年的实验室研

究和落地产品开发,目前,欧特克在工程建设行业的设计自动化是基于衍生式设计(Generative Design)产品实现并提供给从业者使用的,未来会融合更多机器学习和人工智能的技术和理念(图一)。



图一: 欧特克 AEC 设计自动化产品发展历程

三、衍生式设计的项目实践

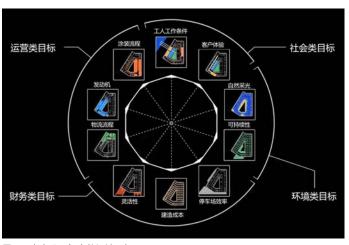
1. 空客工厂的衍生式设计实践

近期,空客公司在其 A-350 新机型生产工厂项目设计中应用了衍生式设计。工厂所在地块为不规则的三角形(图二),设计师可充分利用 9000 平方米的土地面积将工厂设计为三角形建筑,也

可压缩工厂面积设计为传统的矩形建筑,同时设计还需考虑空客公司列出的运营类、社会类、环境类和财务类目标(图三)。



图二: 空客公司新建工厂地块平面图



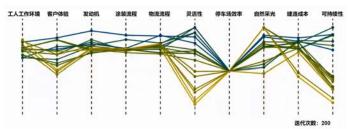
图三: 空客公司提出的设计目标



自动化技术驱动工程建设行业数字化转型

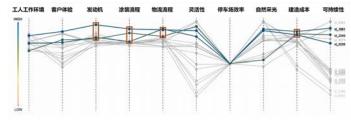
在传统设计方式下,设计师可以选择一两类目标进行优化,但要 对业主提出的所有目标做优化非常困难。因此,设计师使用衍生 式设计功能,同时对三角形建筑和矩形建筑方案进行迭代,自动 化地生成了众多设计方案可能性(图四),并同步得到每个设计 方案对应于业主设计目标的分析结果(图五)。

图四: 空客工厂设计方案的衍生式迭代



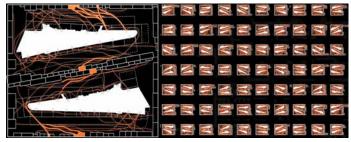
图五: 空客工厂设计方案对应各目标的得分(第200次迭代结果)

每条锯齿线对应一个方案,位置越高得分越高,衍生式系统不断 学习,每次迭代生成出来的设计方案分数也水涨船高,图五中显 示的是第200次迭代得到的一组设计方案的分析结果。最终,空 客公司进一步选定了关键设计目标,包括发动机、涂装流程、物 流流程和建造成本,通过设定目标分值区间,做出科学的设计方 案决策(图六)。



图六:根据关键设计目标取值进行最终决策

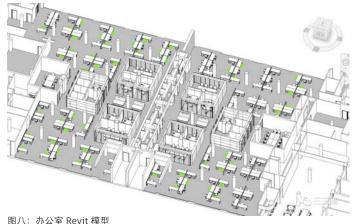
衍生式设计也用在了空客公司机翼车间的设计中。机翼车间要求 同时放置两个机翼,占地广阔;车间内工作人员数量众多,每天 花费大量时间步行取放工具。设计师对车间人员步行轨迹建模, 通过机器学习模拟多重选项, 生成步行距离最短的优化方案, 通 过这种方法比较了数百万套方案,做出最优选择(图七)。



图七: 空客工厂机翼车间衍生式设计

2. 后疫情时期的办公室布局衍生式设计实践

衍生式设计在后疫情时代也发挥了重要作用。很多企业在复工前 纷纷提出将办公室的座位排布重新设计的需求,保证员工与员工 之间至少一米的"安全社交距离",来降低传染的风险。图八是 某企业的办公室 Revit 模型,原来的工位比较密集,难以保障员 工间隔一米以上。通过 Revit 衍生式设计功能,设计师找到了最 优解决方案,图中绿色的工位为设计后的"可坐"工位(图八)。



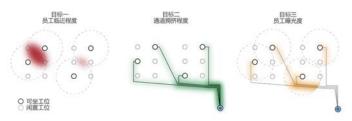
图八: 办公室 Revit 模型

根据衍生式设计的原理,设计师设置了"可坐工位比例"这一参数,随机从所有工位中选出一部分工位,设为"可坐",其余为"空置"。同时,设计师设置了三个设计方案评价目标(图九)。

目标一: "员工临近程度",如果"可坐"工位靠的很近,两个工位间就会产生"热点",从而造成传染风险。

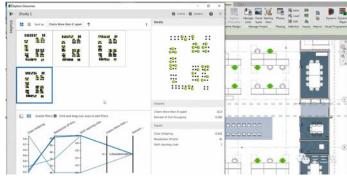
目标二: "通道拥挤程度",考量"可坐"工位去到办公室出入口的路线,部分区域可能出现通道拥堵,从而造成传染风险。

目标三: "员工曝光度",由前两项目标推导而来,主要体现由于靠近拥挤的通道,哪些"可坐"工位面临更大的被传染风险。



图九: 办公室布局衍生式设计评价目标

在设计方案迭代过程中,随着可变参数"可坐工位比例"的递增,三个目标值呈非正比增长的关系。设计师希望最终获得一个"可坐工位比例"较大、同时三个目标表现较好的设计方案。使用 Revit 中的衍生式设计功能,通过优化算法多次迭代,得到工位布局设计的最优排布(图十)。

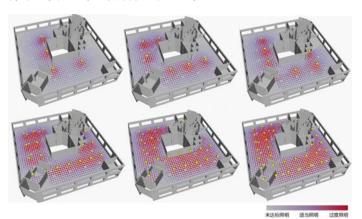


图十: 办公室布局衍生式设计结果和比选

3. 照明优化的衍生式设计实践

除建筑设计外,机电设计也可应用衍生式设计。例如房间的照明设计,通常是通过沿房间均匀地布置光源,再进行照明计算。在规则形状的房间中,这种方法是直接的;但如果房间形状是不规则的,设计会变得复杂,并容易有照明盲点。

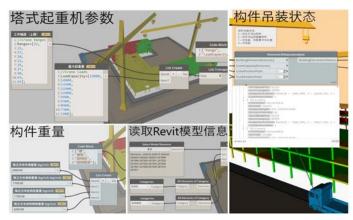
通过衍生式设计,设计师可以最小化房间内的光源数量和过度照明区域面积,同时最大化达到照度要求的区域面积。设计师创建了房间的 Revit 模型,将光源强度、光源间距等参数设为变量,衍生式设计系统通过多次迭代计算,创建出大量可能的设计方案,并评估最优选择供设计师决策(图十一)。



图十一: 不规则房间照明的衍生式设计

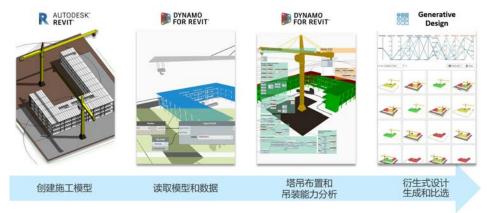
4. 施工塔吊布置的衍生式设计实践

衍生式设计还能在施工组织设计中发挥创新作用。对于施工单位 关注的塔吊布置问题,通常工程师是依靠经验和专业知识先确定 几个方案,再通过分析计算或工程实践验证方案的优劣。现在, 衍生式系统可以将所有的布置可能性进行迭代推演,最终得到的 是兼顾了塔吊数量、塔吊规格、塔吊位置、塔吊覆盖面(施工作 业面、生活区和办公区)、可吊构件率、运输卡车效率等参数的 综合施工方案(图十二),使施工可行性、效率、成本、安全性 都能达到最优表现。



图十二: 施工塔吊布置衍生式设计关键参数设置和计算

塔吊布置的衍生式设计是从创建 Revit 施工模型开始的。继而使用 Dynamo 编写的可视化程序读取和导入相关数据,设置变量参数,计算在采用不同规格塔吊和塔吊位置的情况下的可吊构建率、塔吊覆盖面等结果。最后,通过 Revit 的衍生式系统生成和比选最优方案(图十三)。



图十三: 施工塔吊布置衍生式设计技术路线

四、结语

衍生式设计作为欧特克软件公司在自动化技术应用于工程建设行业的重要研发方向之一,已逐渐从理论走向实践。除此之外,欧特克的研发团队还专注于未来建筑业、未来制造业、AI、人机交互与可视化、机器人、仿真优化、运营维护、行业融合创新等更多领域。这些研发将会持续不断地孵化出创新的数字化技术,落地为广泛适用的软件功能,转化为推动中国工程建设实现数字化转型的技术驱动力!



☎ 咨询热线: 400 056 5020

Autodesk、Autodesk 标识和 AutoCAD、Revit、Dynamo 是 Autodesk, Inc. 和/或其子公司和/或其关联公司 在美国和/或其他国家或地区的注册商标或商标。所有其他品牌名称、产品名称或者商标均属于其各自的所有 者。Autodesk 保留随时调整产品和服务供应、规格以及SRP的权利,恕不另行通知,同时 Autodesk 对于此 文档中可能出现的印刷或图形错误以及其他错误不承担任何责任。© 2021 Autodesk, Inc. 保留所有权利 (All rights reserved)。



AUTODESK