

# 衍生式设计在某码头挡洪闸工程桩基设计中的应用

齐鲁尚 沈寿亮 王 浩

华设设计集团股份有限公司 江苏南京 320100

**摘要:** 桩基设计是码头挡洪闸工程设计中的重要内容, 但仅依赖人力的传统设计方式效率较低, 难以生成最优设计方案。衍生式设计是一项人机协作的智能化设计技术, 能够很好的适应大量重复计算的设计场景, 在制造业与建筑领域有着较为广泛的应用。本文创建了一种工程桩基方案衍生式设计模型, 优化桩基设计流程, 提升桩基设计效率, 对推动衍生式设计在挡洪闸工程设计中的应用具有实践意义。

**关键词:** 衍生式设计; 人工智能; BIM技术; 二次开发

## 引言:

桩基础被广泛应用于沿海沿江地区的松软地基处理中, 采用桩基础不仅能有效提高其承载能力, 还能显著减小建筑物的沉降。由于设计方式与人工算力的局限性, 传统的桩基布置方案设计难以根据基础地质条件、经济投资等进行多方案的综合比选, 难以得到桩基布置的最优方案, 不利于工程经济投资的控制。

与此同时, 以现代信息技术为代表的第四次科技革命为工程设计实现数字化转型提供了契机, 比如衍生式设计的发展。衍生式设计能够充分发挥云计算的强劲能力, 通过机器学习不断衍生的算法, 可以快速地实现设计方案的迭代升级, 进而得到最优的设计方案<sup>[1]</sup>。

本文建立了涵盖结构计算、投资控制、方案布置的基于三维地质模型的衍生式设计模型, 以提高工程桩基设计的设计效率与经济性, 探寻人工智能技术在码头挡洪闸工程数字化设计中的应用路径。

## 一、衍生式设计概述

### 1. 衍生式设计的基本概念

衍生式设计 (Generative Design) 是一种人工智能技术, 是模仿自然进化的设计方法<sup>[2]</sup>。工程师将设计目标、限制条件和其他附属条件输入到衍生式设计软件中, 借助计算机强大的云端算力, 通过机器学习不断衍生的算法, 生成解决方案的所有可能排列, 快速生成设计备选方案, 再由工程师根据项目的实际需求选择最佳方案。

衍生式设计的结果是通过组合多组不同的算法, 根据参数的变化而生成不同的参数信息。衍生式设计方法本质上是一种系统动力学建模方法, 它通过进行大量的计算和迭代过程来进行设计。因此, 衍生式设计非常适用于需要进行大量重复计算的设计模式。在 Revit2021 中新增衍生式设计功能, 将衍生式设计融入到 Revit 和 3D

建模中, 可辅助快速实现参数化设计、数据管理以及性能分析。

### 2. 衍生式设计的发展现状

在实际应用领域, 衍生设计较早在视觉平面设计或数字艺术上有较多的应用, 这是因为早期只用在平面或艺术方面的衍生设计会使用以擅长图像控制的程序语言。在工具成熟之后, 衍生设计在建筑领域落实得比产品设计要更早一些, 因为建筑跟产品同样需要优化方案, 但又不受限于开模量产的技术限制, 例如墨尔本联邦广场, 台中歌剧院, 这两个建筑都使用衍生式设计对建筑进行了外形设计。此外, 制造业领域也因为近年来的数字化而发现导入衍生设计的可能性和价值, 例如空客 A320、Hack Rod 汽车等的制造都应用了衍生式设计技术<sup>[3]</sup>。

在平台基础方面, 将建筑、工程和施工 (AEC) 领域的衍生式设计集成于 BIM 平台的概念框架很早就被提出, 在基于 BIM 技术的衍生设计方面, 商用软件及平台可以提供应用程序编程接口 (API) 允许用户嵌入决策支持机制和定义设计规则从而实现交互过程, 如基于 Revit 环境中的 Dynamo 设计平台。

衍生式设计虽然起步较晚, 但是发展却十分迅速, 目前已经应用于诸多研究领域, 但大多局限于外形设计与空间布局设计, 渗透到结构设计的应用场景较少。

### 3. 衍生式设计的设计流程

衍生式设计可以分为三个主要流程, 即定义、运行和结果。这三个流程可以细分为以下四个步骤:

(1) 目标与规则定义。工程师根据材料、成本、数量、边界条件等约束, 定义设计规则和要求, 并设置衍生设计的初始参数。

(2) 方案批量生成。计算机利用内嵌算法和人工智能 (AI), 生成所有可行的设计方案, 并逐个分析方案的

性能优劣。

(3) 方案评估与选定。工程师评估备选方案, 如果需要, 可以改进量化目标, 并控制方案的迭代进化过程。计算机利用AI创建预先验证的解决方案。

(4) 方案输出与优化。输出方案文件, 如果工程师仍需要进行更改或者探索其他可能性, 则重复以上步骤。

## 二、基于三维地质模型的衍生式设计

### 1. 前期准备工作

#### (1) BIM模型创建

①三维地质模型创建。利用Revit软件创建项目区三维地质模型, 通过建立不同的族实现不同图层的划分, 并在族面板中将土层的名称、物理力学参数等属性进行定义, 作为结构计算的数据载体。

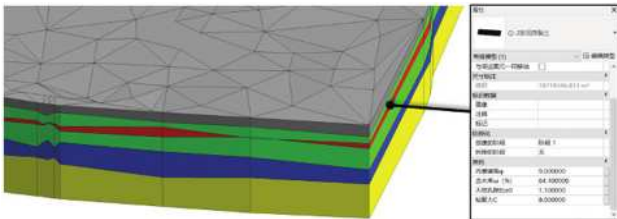


图1 三维地质模型(含土层属性)

Fig. 1 3D geological model (including soil layer properties)

②参数化桩基模型创建。创建单根桩基的参数化族, 将桩长、桩径、材质和综合单价定义为设计参数。



图2 参数化桩基模型

Fig. 2 Parameterized pile foundation model

#### (2) Dynamo计算模型创建

Dynamo是一款开源可视化编程插件, 提供了一种在Revit中处理几何信息的全新方式。工程师能够通过基于节点的可视化编程界面来自定义计算设计和自动化流程<sup>[4]</sup>。

利用Dynamo创建基于三维地质模型的桩基结构计算模型, 主要功能包括: ①三维地质模型捕获与数据提取。

工程师可在计算模型中选取创建的三维地质模型, 并实时读取赋予在族属性中的土层名称、物理力学参数等数据。②自动生成桩基布置方案三维模型。工程师可输入桩长、桩径、桩间距、布置方式等参数, 自动生成三维桩基模型。③桩基结构计算。自动识别各桩贯穿土层的厚度与桩端持力层信息, 结合桩尺寸参数与土层物理力学参数, 计算单桩竖向极限承载力特征值。④方案投资估算。根据桩径、桩长、材质与数量, 生成桩基布置方案投资估算。

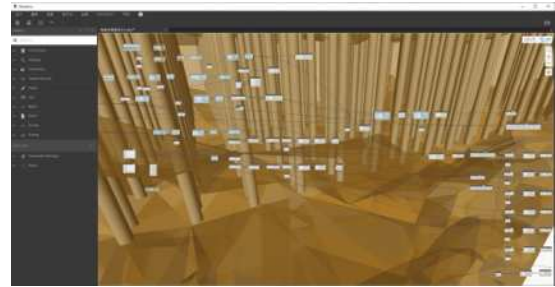


图3 Dynamo计算模型界面

Fig. 3 Dynamo Calculation Model Interface

### 2. 创建衍生分析

利用Revit2021以上版本集成的衍生式设计模块, 创建基于三维地质模型的桩基设计衍生分析。

#### (1) 目标与规则定义

首先对目标与规则进行设定: ①设定设计输入参数。指定设计可变参数为桩径、桩长和桩间距, 并输入土层几何数据与物理力学性质数据。②设定约束与规则。竖向极限承载力特征值最大化、总造价最小化、并定义桩径和桩长可选区间。③设定设计输出参数。桩基竖向极限承载力特征值、方案造价、桩端持力层信息。

#### (2) 方案批量生成

创建衍生分析, 依托人工智能算法和强大的云算力, 根据已设定的规则, 生成大批量合理可行的解决方案, 并一键生成三维模型。

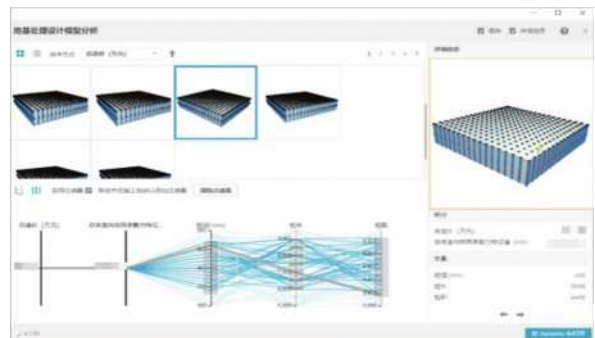


图4 Dynamo计算模型界面

Fig. 4 Dynamo Calculation Model Interface

### (3) 方案评估与选定

利用机器学习算法,进一步迭代学习,多次生成更优的大批量设计方案,并通过人工智能技术对方案进行初步筛选,在大量的设计方案中,筛选出设定数量的设计方案。

### (4) 方案输出与优化

统筹考虑桩基承载力与工程造价的因素,在诸多备选方案中选定最合理的设计方案,并通过Dynamo在Revit中生成BIM模型,实现衍生分析结果的可视化输出。工程师根据项目的实际需求在Revit中对设计方案进行进一步深化。

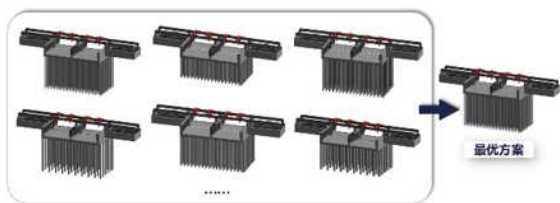


图5 衍生分析结果的可视化输出

Fig. 5 Visualization output of derivative analysis results

## 三、结论

本文建立了一种基于三维地质模型的工程桩基方案

衍生式设计模型。通过实例分析,衍生式设计在桩基方案设计中的应用优化了工程桩基方案设计流程,有效地提高了桩基方案的设计效率与合理性。本文论证了衍生式设计技术桩基方案设计中应用的可行性,对衍生式设计在码头挡洪闸工程设计中的推广具有一定的参考价值。

### 参考文献:

[1]张宇,张城.衍生式设计在产品开发中的应用策略[J].产品可靠性报告,2023(07):85-87.

[2]邹君.灾后临时安置空间规划的衍生式设计优化策略[J].江西建材,2022(11):170-171.

[3]万月.浅谈衍生式设计的影响及其应用[J].流行色,2020(04):75-76.

[4]严心军,张涛,鲍大鑫.Dynamo参数化技术应用分析[C]//中国图学学会土木工程图学分会,《土木建筑工程信息技术》编辑部.《第九届BIM技术国际交流会——BIM助力新城建》论文集.《土木建筑工程信息技术》编辑部(Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture),2022:7.DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.037211.