

引用格式: 何娇娇, 李舒涛, 张少峰, 等. 基于数据驱动的数据中心平面布局三维数字化设计 [J]. 南方能源建设, 2024, 11(增刊 1): 47-55. HE Jiaojiao, LI Shutao, ZHANG Shaofeng, et al. 3D digital design of the data center layout based on data drive [J]. Southern energy construction, 2024, 11(Suppl. 1): 47-55. DOI: 10.16516/j.ceec.2024.S1.08.

基于数据驱动的数据中心平面布局三维数字化设计

何娇娇^{1,✉}, 李舒涛^{2,3}, 张少峰¹, 吴劲松^{1,2}, 赵德宁¹, 廖霄¹

(1. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广东 广州 510663;

2. 华南理工大学, 广东 广州 510641;

3. 中国电力工程顾问集团有限公司, 北京 100000)

摘要: [目的] 数据中心的平面布局是其设计方案的重要设计输入, 其变化将导致设计成果的巨大变化。而数据中心又是一个极其复杂的基础设施, 各专业之间的关联性较强, 每个专业的变化又会同时影响一个或多个专业, 从而影响整个平面布局。对于目前传统的各专业各司其职的并行工作模式, 往往平面布局的确认需要经过多专业多次的计算分析、互提资料及协调沟通, 不仅消耗了大量的时间, 频繁的调整也难以确保质量。[方法] 为提高平面布局的设计效率和质量, 文章提出了一种基于数据驱动模块化、参数化、可视化平面布局设计模型及方法, 通过三维数字化设计工具 Revit、可视化编程工具 Dynamo, 实现平面布局随着输入参数自动完成设计。[结果] 通过这种方法, 设计人员只需要输入一些关键的需求和指标参数, 即可以完成平面布局的自动设计。[结论] 基于数据驱动在数据中心平面布局三维数字化设计, 一方面大大提升了设计效率, 节省了人力物力, 一方面通过将标准规范等硬性约束内置在设计模型中, 不仅可以大大提升设计质量, 还为项目设计各阶段节省大量时间。

关键词: 参数化; 平面布局; 自动设计; 三维数字化

中图分类号: TM7; TP311.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2024)S1-0047-09

DOI: 10.16516/j.ceec.2024.S1.08

OA: <https://www.energychina.press/>



论文二维码

3D Digital Design of the Data Center Layout Based on Data Drive

HE Jiaojiao^{1,✉}, LI Shutao^{2,3}, ZHANG Shaofeng¹, WU Jinsong^{1,2}, ZHAO Dening¹, LIAO Xiao¹

(1. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, Guangdong, China;

2. South China University of Technology, Guangzhou 510641, Guangdong, China;

3. China Power Engineering Consulting Group Co., Ltd., Beijing 100000, China)

Abstract: [Introduction] The layout of the data center is an important design input for its design scheme, and its changes will lead to great changes in the design results. The data center is an extremely complex infrastructure, with strong correlation between the disciplines, and the changes in each of the disciplines will affect one or more of the disciplines at the same time, thus affecting the entire layout. For the current traditional parallel working mode in which each discipline performs its own duties, often the confirmation of the layout needs to go through multi-discipline calculations and analysis, mutual data and coordination and communication, which not only consumes a lot of time, but also makes it difficult to ensure the quality due to frequent adjustments. [Method] In order to improve the design efficiency and quality of the layout, this paper proposed a data-driven modular, parametric and visual design model and method for the layout, which realized the automatic design of the layout with the input parameters through the 3D digital design tool Revit and the visual programming tool Dynamo. [Result] Through this method, designers only need to input some key requirements and indicator parameters, that is, the automatic design of the layout can be completed. [Conclusion] Based on the data-driven 3D digital design of the data center layout, on the one hand, the design efficiency is greatly improved, the manpower and material resources are saved, and on the

收稿日期: 2023-09-05 修回日期: 2023-11-22

基金项目: 中国能建广东院科技项目“数据中心及控制中心关键 BIM 技术研究及应用”(EV04071W)

other hand, by building hard constraints such as standards and specifications into the design model, it can not only greatly improve the design quality, but also save a lot of time at each stage of project design.

Key words: parameterization; graphic layout design; automatic design; 3D digitization

2095-8676 © 2024 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI.

This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

0 引言

数据中心(Data Center)是“新基建”的重要组成部分^[1-2],可以是部分、单个或多个建筑物,其主要功能是为电子信息类设备提供可靠的运行环境,根据设备功能要求,一个数据中心一般包括主机房、辅助区、支持区等区域场所。随着 5G、物联网、大数据、云计算、人工智能、区块链、数字孪生等技术的快速发展^[3-5],一方面数据中心的需求量大大增加,一方面要求数据中心的建设周期大大缩短,数据中心的质量要求越来越高,数据中心的建设成本要求越来越低。设计是数据中心建设中非常重要的一个环节,影响着数据中心的进度、质量和成本等诸多关键指标,而平面布局设计又是数据中心设计中非常重要的部分,决定着数据中心的整体性能指标。传统的平面布局设计方式存在专业分散、交互性不高、数据不同步等问题,设计效率和质量有待提升,而针对现代建筑设计中,建筑形体越来越多,空间组合方式多样性,设计数据复杂,信息量巨大等问题,建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)是以计算机和数字化技术为基础构建的具有三维效果的建筑模型,参数化设计是全新设计方法,通过传统集合构成全新的不同几何体拓扑关系^[4-7]。

2002 年, BIM 首次出现在美国 Autodesk 公司发布的 BIM 白皮书上, 随后 BIM 在全球范围内逐步发展起来, BIM 技术也被广泛地运用在各工程项目中。当前 BIM 建模技术主要使用的软件有 Revit、Open Rail Designer 等, 设计人员利用 Revit 软件存在着重复性建模操作, 势必降低建模效率。此后, Autodesk 公司在 Revit 软件中开发了辅助设计插件 Dynamo, 利用可视化编程思想实现自动化、批量等建模操作来解决 BIM 建模中存在的低效局面^[8-11]。

通过 BIM、可视化编程等技术将专业知识和业务需求进行深度整合, 实现基于数据驱动的自动化设计技术已经在国内隧道、水力机械、木制结构、预

制装配式等工程项目中得到充分的展示。文献 [7] 在隧道中利用 Dynamo 来盾构三维模型, 实例说明了可视化编程 Dynamo 在 3D 建模中的灵活性、精准性等。文献 [12-15] 基于 Dynamo 的参数化设计对水力机械中蜗壳和尾水管进行设计, 实现了复杂过流部件的“一键生成”, 相对于常规建模方法提高了设计师的工作效率, 充分体现了 Dynamo 在 BIM 设计中的使用价值。文献 [16-18] 将 BIM 和 Dynamo 技术应用在木制结构建筑中, 基于 Dynamo 可视化编程技术开发了墙体和楼盖的快速模型, 通过在快速模型中输入结构参数便可快速地输出木结构框架, 解决木制结构建模效率低、易出错等问题。文献 [19-21] 在预制装配式混凝土住宅楼梯构件实际案例中运用 Dynamo 编程技术, 说明了可视化编程技术在装配式建筑产业中的应用。文献 [11] 依靠 Dynamo 技术实现了电缆的快速建模, 再依托数据驱动方法得到 3D 模型的算量, 最终实现了电缆工程量的自动化计算。文献 [22-24] 在高速铁路桥梁构件、现浇连续桥梁和铁路轨道建模设计中大量运用了“Revit+Dynamo”可视化编程技术, 实际工程项目验证了 Dynamo 技术可以大大提高建模的精细化程度和效率, 为高铁桥梁、连续桥梁、铁路轨道等建设项目提供了大量数据, 以便为后续的运维数据分析工作提供合理依据。

基于现阶段的可视化编程 Dynamo 技术在项目中的应用, 本文提出数据驱动的数据中心项目的 3D 建模效率。

1 数据驱动的平面布局设计

实现基于数据驱动的数据中心平面布局设计的流程, 如下: 数据中心模块化—标准化(族资源标准、设计输入输出标准等)—参数化(设计规范参数、设备指标参数等)—数学建模及编程实现—模型校验, 如图 1 所示。

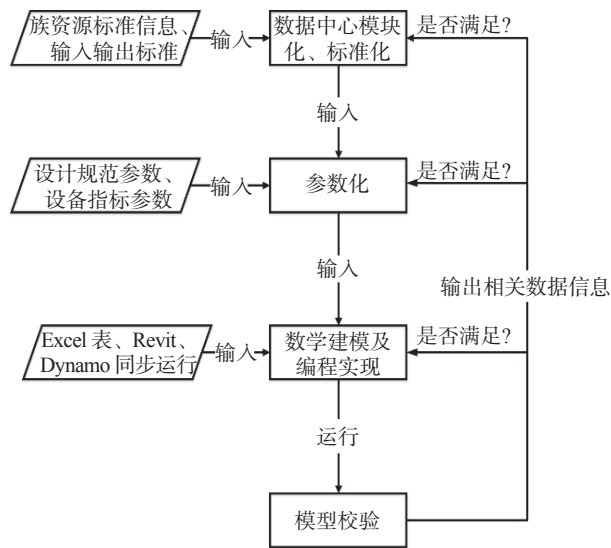


图 1 基于数据驱动的布局设计流程图
Fig. 1 Flow chart of data-driven layout design

1.1 模块化

采用模块化思路, 将数据中心分为 IDC 机房、空调房、配电室、电池室等单独模块化设备房。如图 2 所示, 每个模块内部布局相对独立, 其物理和空间属性与标准规范、用户需求及系统设备属性相关。各模块之间存在相关性, IDC 机房模块的物理和空间属性调整将导致其他模块的物理和空间属性调整。

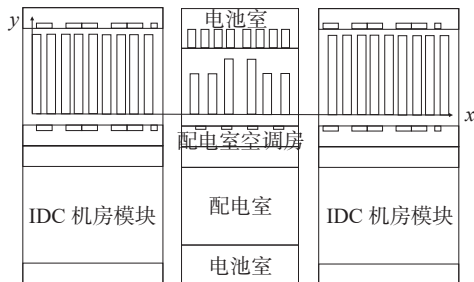


图 2 数据中心平面图模块化
Fig. 2 Modular floor plan of data center

1.2 标准化

对每个模块进行标准化设计, 以 IDC 机房为例, 如图 3 所示, IDC 机房模块由多个微模块(微模块是将传统机房的配电、空调、布线、机柜、消防、监控、照明等系统集成成为一体化的产品)及围护结构组成, 每个微模块之间按照相关标准规范间隔开。同理, 空调房由多个暖通设备及围护结构组成, 配电室模块由多个配电设备及围护结构组成, 以此类推。

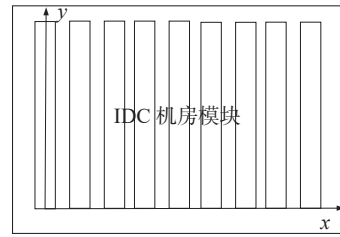


图 3 IDC 机房模块布局图
Fig. 3 Layout diagram of IDC computer room module

1.3 参数化

在标准化的基础上, 对每个模块的物理和空间属性依据标准规范进行参数化, 同样以 IDC 机房模块为例。IDC 机房模块的物理属性包括: 机柜数量、单机柜功耗。其中机柜数量由微模块规格及微模块数量决定, 微模块规格与微模块中的机柜尺寸、数量及间距等有关。空间属性包括: IDC 机房尺寸、各微模块间以及各微模块与围护结构间距。

将 IDC 机房模块的物理属性进行参数化, 得出总机柜数量 N 、微模块数量 N_1 、单个微模块中的机柜数 N_2 。机柜尺寸和功耗通过机柜族信息提取。

将 IDC 机房模块的空间属性进行参数化, 得出机柜正面之间(冷通道)间距 CIV 、机柜背面之间(热通道)间距 HIV 、机柜正面、背面与墙体之间(维护通道)间距(包括机柜距西墙体距离 IVW 和距东墙体距离 IVE)、机柜侧面与墙体之间(维护通道)间距(包括机柜距南墙体距离 IVS 和距北墙体距离 IVN)几个参数。各参数值应满足《18DX009_数据中心工程设计与安装》中的要求, 如表 1、图 4 和图 5 所示。

表 1 《18DX009_数据中心工程设计与安装》间距要求
Tab. 1 Spacing requirements for 18DX009_Data Center Engineering Design and Installation

间距代号	间距描述	间距要求/m	通道名称
L_1	搬运设备通道净宽	≥ 1.5	搬运通道
L_2	机柜(架)正面之间间距	≥ 1.2	净通道
L_3	机柜(架)背面之间间距	≥ 0.8	热通道
L_4	机柜(架)正面、背面与墙体之间间距	≥ 1	维护通道
L_5	机柜(架)侧面与墙体之间间距	≥ 1	疏散通道
L_6	机柜(架)侧面与墙体之间间距	≥ 1	疏散通道

2 Dynamo 可视化建模及编程实现

2.1 Dynamo

Dynamo 是一款运行在 Autodesk Revit 上的开源

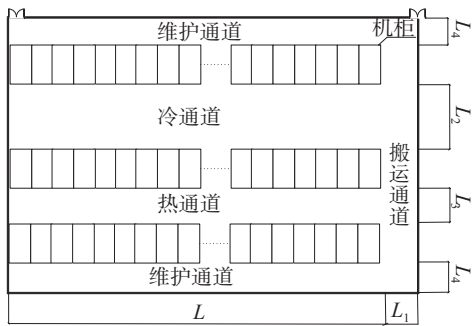


图 4 《18DX009_数据中心工程设计与安装》间距示意图
Fig. 4 Schematic diagram of spacing of 18DX009_Data Center Engineering Design and Installation

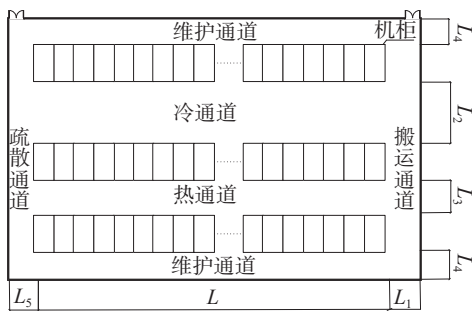


图 5 《18DX009_数据中心工程设计与安装》间距示意图
Fig. 5 Schematic diagram of spacing of 18DX009_Data Center Engineering Design and Installation

插件,可在 Revit 菜单栏中管理工具项中打开,同时在最新的版本中亦可以独立运行。Dynamo 是一个视觉编程工程,旨在让非程序员和程序员都可以访问。它使用户能够使用各种文本编程语言来可视化脚本行为,定义自定义的逻辑块和脚本。通过基本结点的可视化编程界面,Dynamo 可以让用户自由创建计算式设计模型或者其他自动化处理过程。用户可以使用完善的数据处理、关联性结构和几何控制功能。这些功能在基本传统 CAD 界面的软件中是很难做到的。更重要的是,Dynamo 让用户可以在 BIM 环境(Autodesk Revit 平台)中充分发挥计算式设计能力。用户完全可以自定义 Revit 中各种建筑构件的创建于修改流程。首先,它是一个平台,使设计人员能够探索视觉编程,解决问题,并制作自己的工具。其次,Dynamo 的核心是 Visual Programming 的平台,它是一种灵活可扩展的设计工具,由于它可以作为独立应用程序运行,也可以作为其他设计软件的附件运行,因此,可以用来开发更多的创意工作流程。

2.2 Dynamo 建模

对 IDC 机房模块的平面布局与各参数相关,如

图 6 所示。

定义 IDC 机房模块 X 轴方向长度为 A、Y 轴方向长度为 B,则:

$$A = [N \times a + (N - 1) \times HIV + IVW + IVE] \quad (1)$$

$$B = IVS + IVN + c$$

通过可视化编程工具 Dynamo 对上述数学模型进行表达。相关节点设计如图 7 所示。

IDC 模块机房布局节点示意图如图 8 所示,微模块尺寸、微模块数量、间距规范要求、坐标基准点作为设计输入,三维模型及信息作为设计输出。空调房、配电室、电池室等用房模块布局节点设计以此类推,多个用房模块布局节点关联组合在一起可输出整体数据中心平面布局三维模型及信息。

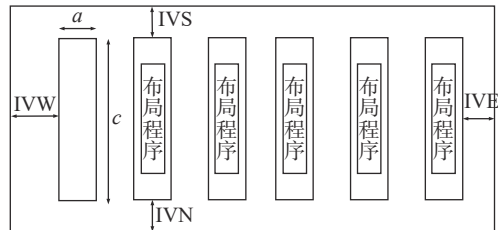


图 6 IDC 机房模块平面布局图
Fig. 6 Layout diagram of IDC computer room module

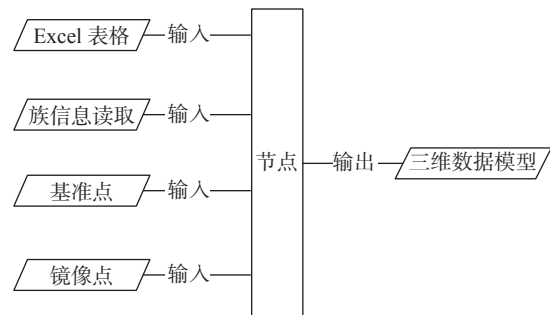


图 7 Dynamo 中的节点设计示意图
Fig. 7 Schematic diagram of node design in Dynamo

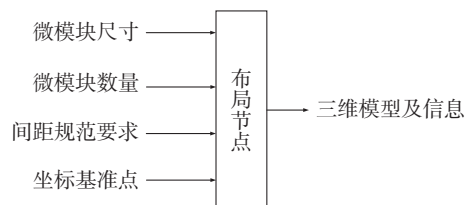


图 8 IDC 机房模块布局节点示意图
Fig. 8 Schematic diagram of module layout nodes of IDC computer room

IDC 机房模块平面布局的设计输入参数初始值设置如表 2 所示, 坐标基准点数据如表 3 所示。

表 2 IDC 机房模块参数数据

Tab. 2 Parameter data for IDC computer room module

参数	数据
机柜距西墙体距离IVW/mm	1 400
机柜距南墙体距离IVS/mm	1 200
热通道HIV/mm	1 200
冷通道CIV/mm	1 200
机柜距北墙体距离IVN/mm	1 500
机柜距东墙体距离IVE/mm	1 000
微模块数量 N_1 /列	7
微模块中的机柜数 N_2 /台	30

表 3 坐标基准点输入

Tab. 3 Coordinate reference point input

参数	数据
坐标基准点X/mm	192 000
坐标基准点Y/mm	128 000

将上述参数录入 Excel 表中, 在 Dynamo 中通过 File Path 节点对 Excel 表中数据进行读取, 如图 9 所示。

同时 Revit 样板中载入项目相关的族资源, 族属性信息在建族时, 就按照规范命名, 为了后续 Dynamo

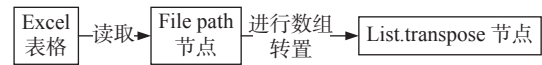


图 9 Excel 表数据读取图

Fig. 9 Data reading diagram for Excel table

读取族信息时, 统一按照族属性信息提取, 节约大量的设计时间。

Dynamo 中通过 Family Types 节点, 选取已经载入 Revit 中的族, 再通过 Familytance.Bypoint 提前做好基准点如图 10 所示。

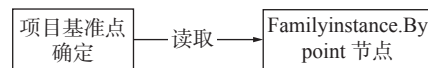


图 10 族选取图

Fig. 10 Family selection diagram

根据在建族时, 已经按照规范对族信息命名好了, Dynamo 中通过 All Elements of Family Type 节点读取 Revit 中族属性信息, 提取机柜的长、宽、高, 以便平面排布计算公式中, 使用机柜的长、宽、高数据, 同步运用至 Dynamo 几何图形公式中如图 11 所示。

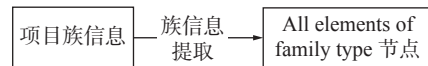


图 11 族信息提取图

Fig. 11 Family information extraction diagram

读取 Excel 表及族信息之后, 通过之前的数学模型将各参数关联起, 如图 12 所示。

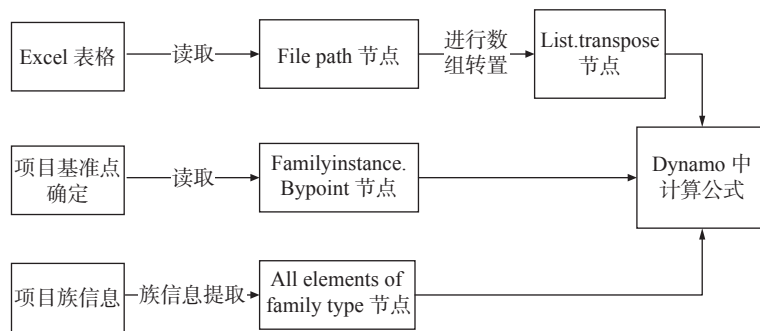


图 12 Dynamo 中计算公式图 1

Fig. 12 The calculation formula figure 1 in Dynamo

Excel 表中的数据均可根据实际项目, 平面布局需求调整, 流程如下: Excel 表数据输入→Dynamo 几何图形可视化设计→Revit 三维设计, 三者同步进行, 数据输入, Dynamo 运行, Revit 出三维模型。更改 Excel 表中数据时, 再次点击 Dynamo 运行, Revit 中

三维模型也随之变化。

同理, 空调房、配电室、电池室等用房模块布局按照上述 IDC 机房模块布局的方法和流程开展。空调房模块靠近 IDC 机房模块布置, 如图 13 所示。

配电室模块相关参数及数据如表 4 所示。

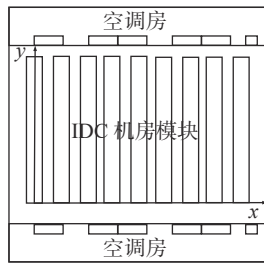


图 13 IDC 机房与空调房模块布局图

Fig. 13 Module layout diagram of IDC computer room and air-conditioning room

表 4 配电室模块参数数据

Tab. 4 Module parameter data for power distribution room

参数	数据
配电室1距机房1距离 D/mm	2 400
进线边柜距西墙体距离 W/mm	1 400
进线边柜距南墙体距离 S/mm	1 400
进线边柜间距 IV/mm	2 000
进线边柜与AH间距 $/mm$	1 700
线边柜距东墙体距离 E/mm	1 200
进线边柜距北墙体距离 N/mm	1 500
第一组进线边柜 $Xn1/台$	1
第一/二组进线边柜 $Yn1/台$	1
第二组进线边柜 $Xn3/台$	1
第一/二组UPS模块 $Yn2/台$	2
第一/二组并机柜 $Yn3/台$	1
第一/二组UPS输出柜 $Yn4/台$	2
AH- $Yn5/台$	1
干式变压器- $Yn6/台$	1
AA- $Yn7/台$	11

利用表 5 和表 6 各用房模块布局节点, 通过上述参数数据输入, 即可输出相应的三维模型和信息, 三维模型和信息可随输入数据同步变化, 如图 14 和图 15 所示。

2.3 模型校验

对输出的模型和信息进行参数化校验, 核实是否满足设计要求, 不满足进行调整优化。

3 数据驱动与传统方式平面布局设计对比

基于数据驱动的数据中心平面布局设计与传统方式对比如表 7 所示。

表 5 电池室模块参数数据

Tab. 5 Module parameter data for battery room

参数	数据
电池组间距 IV/mm	1 100
进线边柜距西墙体距离 W/mm	1 100
电池组 $Xn/组$	4

表 6 配电室空调房模块参数数据

Tab. 6 Module parameter data for air-conditioning room in power distribution room

参数	数据
空调距西墙体距离 W/mm	2 800
空调间距 IV/mm	2 400
空调 $Xn/台$	2

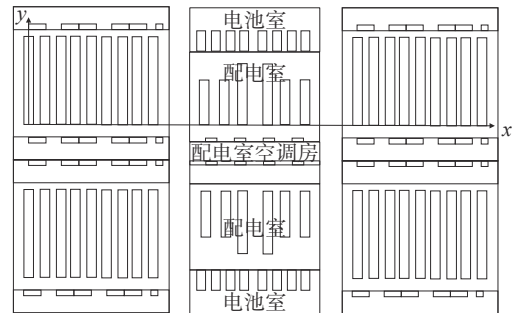


图 14 数据中心单层核心部分平面布局图

Fig. 14 Layout of the core part of a single-layer data center

4 结论

本文提出的基于数据驱动的数据中心平面布局设计方法, 通过将数据中心平面布局相关专业参数化, 并结合 BIM、可视化编程等数字化技术, 对数据中心专业技术与数字化技术进行有效融合, 实现了基于数据驱动的数据中心平面布局智能设计, 该方法较传统方式大大提升了设计效率和质量。

本文提出的基于数据驱动的平面布局设计方法存在 Revit 加载 Dynamo 插件速度缓慢的不足之处, 为进一步提高三维建模效率, 未来研究工作将在 Revit 平台上引入一款新型插件 pyRevit, 设计人员在 Revit 环境中可以使用其 API 的任何一种面向对象编程语言 (python、C#等) 快速地勾勒出三维模型, pyRevit 的引入势必会更加完善基于数据驱动的平面设计方法。

未来随着人工智能、数字孪生、知识图谱等技

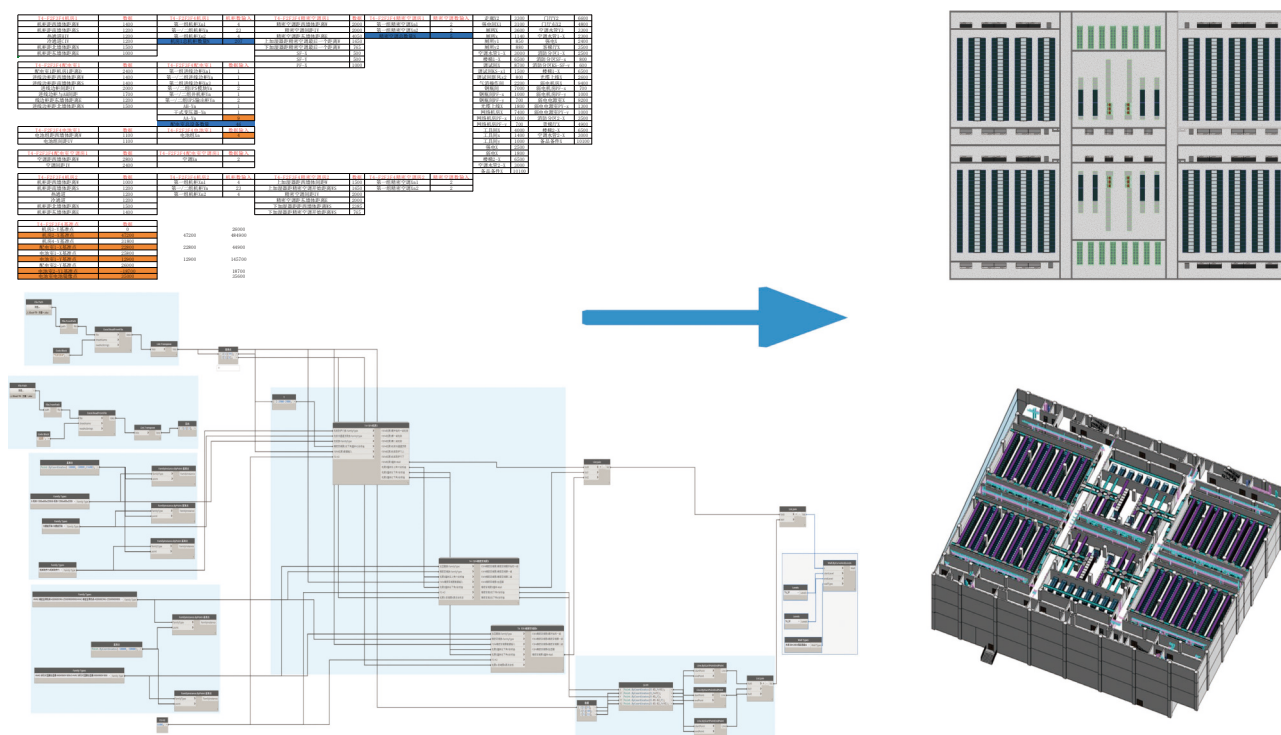


图 15 Excel 表-Dynamo-Revit 三维模型三者同步图

Fig. 15 Synchronous diagram of 3D model of Excel table-Dynamo-Revit

表 7 数据驱动与传统方式设计对比

Tab. 7 Comparison of data-driven and traditional design

项目	传统方式	数据驱动
设计方式	各专业设计人员各自设计, 信息交互实时性差, 设计接口多	集成设计, 预先定义好各专业接口及标准, 并通过数字化方式进行关联。
设计效率	低, 设计输入更新后, 各专业人员手动更新设计输出	高, 设计输入更新即可自动同步更新设计输出
设计质量	低, 设计输出需通过人工校验, 多次调整易造成错误	高, 标准规范等要求内置在设计模型中, 实现自动调整自动校验

术的发展以及其广泛地应用于基础设施领域, 数字化技术与基础设施专业技术越来越深度地融合, 基于数据驱动的数字化设计将进一步赋能设计行业, 实现又快又好的设计目标。

参考文献:

- [1] 郭一中. “新基建”项目全过程工程咨询的探索与实践——以数据中心建设为例 [J]. *工程经济*, 2020, 30(11): 44-48. DOI: [10.19298/j.cnki.1672-2442.202011044](https://doi.org/10.19298/j.cnki.1672-2442.202011044).
GUO Y Z. Exploration and practice on the whole process

engineering consulting of new infrastructure project: taking data center construction as an example [J]. *Engineering economy*, 2020, 30(11): 44-48. DOI: [10.19298/j.cnki.1672-2442.202011044](https://doi.org/10.19298/j.cnki.1672-2442.202011044).

- [2] 魏薇, 张昊星, 钱康. 新基建背景下的数据中心建设 [J]. *中国信息安全*, 2020(9): 58-61. DOI: [10.3969/j.issn.1674-7844.2020.09.017](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-7844.2020.09.017).
WEI W, ZHANG H X, QIAN K. Data center construction under the background of new infrastructure [J]. *China information security*, 2020(9): 58-61. DOI: [10.3969/j.issn.1674-7844.2020.09.017](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-7844.2020.09.017).
[3] 余潇潇, 宋福龙, 周原冰, 等. “新基建”对中国“十四五”电力需求和电网规划的影响分析 [J]. *中国电力*, 2021, 54(7): 11-17. DOI: [10.11930/j.issn.1004-9649.202010049](https://doi.org/10.11930/j.issn.1004-9649.202010049).
YU X X, SONG F L, ZHOU Y B, et al. Investigations on the impact of new infrastructure on electricity forecast and power system planning during the 14th five-year plan period [J]. *Electric power*, 2021, 54(7): 11-17. DOI: [10.11930/j.issn.1004-9649.202010049](https://doi.org/10.11930/j.issn.1004-9649.202010049).
[4] 蒋帅. 基于 Dynamo 可视化编程建模的 BIM 应用 [J]. *科学技术创新*, 2020(29): 75-77. DOI: [10.3969/j.issn.1673-1328.2020.29.031](https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-1328.2020.29.031).
JIANG S. BIM application based on Dynamo visual programming modeling [J]. *Scientific and technological*

- innovation, 2020(29) : 75-77. DOI: [10.3969/j.issn.1673-1328.2020.29.031](https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-1328.2020.29.031).
- [5] 林金华, 林武, 吴福居. 可视化编程在 BIM 参数化建模中的应用技术 [J]. *工程建设与设计*, 2018(22): 276-278. DOI: [10.13616/j.cnki.gcjsysj.2018.11.332](https://doi.org/10.13616/j.cnki.gcjsysj.2018.11.332).
LIN J H, LIN W, WU F J. Application technology of visual programming in parametric modeling of BIM [J]. *Construction & design for project*, 2018(22): 276-278. DOI: [10.13616/j.cnki.gcjsysj.2018.11.332](https://doi.org/10.13616/j.cnki.gcjsysj.2018.11.332).
- [6] 王松. 可视化编程语言下的计算式设计插件——Dynamo 初探 [J]. *福建建筑*, 2015(11): 105-110.
WANG S. Computational algorithm design plug-in in visual programming language: an initial research of Dynamo [J]. *Fujian architecture & construction*, 2015(11): 105-110.
- [7] 张艺超. Revit 和 Dynamo 在隧道工程参数化建模中的应用 [C]//中国图学学会建筑信息模型 (BIM) 专业委员会. 第六届全国 BIM 学术会议论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020: 296-299. DOI: [10.26914/c.cnkihy.2020.022353](https://doi.org/10.26914/c.cnkihy.2020.022353).
ZHANG Y C. Application of Revit and Dynamo in parametric modeling of tunnel engineering [C]//Building Information Modeling (BIM) Professional Committee of China Graphics Society. Proceedings of the 6th National BIM Academic Conference. Beijing: China Architecture & Building Press, 2020: 296-299. DOI: [10.26914/c.cnkihy.2020.022353](https://doi.org/10.26914/c.cnkihy.2020.022353).
- [8] 曹阳. 基于 Dynamo for Revit 的参数化设计在水力机械设计中的运用 [J]. *土木工程信息技术*, 2018, 10(2): 29-34. DOI: [10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2018.02.06](https://doi.org/10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2018.02.06).
CAO Y. Application of parametric design in hydraulic machinery design based on Dynamo for Revit [J]. *Journal of information technology in civil engineering and architecture*, 2018, 10(2): 29-34. DOI: [10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2018.02.06](https://doi.org/10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2018.02.06).
- [9] 郭颖恺, 张颖璐, 朱一辛. 基于 Revit 软件及 Dynamo 可视化编程实现轻型木结构框架体系快速建模 [J]. *林业机械与木工设备*, 2018, 46(8): 18-24. DOI: [10.3969/j.issn.2095-2953.2018.08.003](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-2953.2018.08.003).
GUO Y K, ZHANG Y L, ZHU Y X. Rapid modeling of lightwood-frame systems based on Revit software and Dynamo visual program [J]. *Forestry machinery & woodworking equipment*, 2018, 46(8): 18-24. DOI: [10.3969/j.issn.2095-2953.2018.08.003](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-2953.2018.08.003).
- [10] 程霄, 王辉. Dynamo 可视化编程在预制装配式构件中的应用 [J]. *四川建筑*, 2018, 38(2): 25-27, 29. DOI: [10.3969/j.issn.1007-8983.2018.02.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-8983.2018.02.009).
CHENG X, WANG H. The application of Dynamo visual programming in prefabricated components [J]. *Sichuan architecture*, 2018, 38(2): 25-27, 29. DOI: [10.3969/j.issn.1007-8983.2018.02.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-8983.2018.02.009).
- [11] 李洁, 王亮, 张瑞强. 基于 Revit 与 Dynamo 交互模式的电缆算量方法研究 [J]. *建筑经济*, 2020, 41(增刊 2): 93-96. DOI: [10.14181/j.cnki.1002-851x.2020S2093](https://doi.org/10.14181/j.cnki.1002-851x.2020S2093).
LI J, WANG L, ZHANG R Q. Research on cable calculation method based on interaction model of Revit and Dynamo [J]. *Construction economy*, 2020, 41(Suppl.2) : 93-96. DOI: [10.14181/j.cnki.1002-851x.2020S2093](https://doi.org/10.14181/j.cnki.1002-851x.2020S2093).
- [12] 张柳柳, 申永刚, 徐金晶, 等. Dynamo 可视化编程创建高铁桥梁信息模型方法的研究 [J]. *低温建筑技术*, 2020, 42(10): 86-89. DOI: [10.13905/j.cnki.dwjz.2020.10.021](https://doi.org/10.13905/j.cnki.dwjz.2020.10.021).
ZHANG L L, SHEN Y G, XU J J, et al. Research on the method of Dynamo visual programming to create bridge information model of high-speed railway [J]. *Low temperature architecture technology*, 2020, 42(10) : 86-89. DOI: [10.13905/j.cnki.dwjz.2020.10.021](https://doi.org/10.13905/j.cnki.dwjz.2020.10.021).
- [13] 鲍大鑫, 严心军, 张涛. 基于“Revit+Dynamo”模式的现浇连续梁桥设计建模 [C]//中国图学学会土木工程图学分会. 第七届 BIM 技术国际交流会——智能建造与建筑工业化创新发展论文集. 北京:《土木建筑工程信息技术》编辑部, 2020: 64-70. DOI: [10.26914/c.cnkihy.2020.015204](https://doi.org/10.26914/c.cnkihy.2020.015204).
BAO D X, YAN X J, ZHANG T. Cast-in-place continuous beam bridge design modeling based on "Revit+Dynamo" mode [C]//Civil Engineering Graphics Branch of Chinese Graphics Society. The 7th BIM Technology International Exchange Conference-Intelligence Collection of Papers on the Innovation and Development of Construction and Construction Industrialization. Beijing: Editorial Office of "Civil Engineering Information Technology", 2020: 64-70. DOI: [10.26914/c.cnkihy.2020.015204](https://doi.org/10.26914/c.cnkihy.2020.015204).
- [14] 刘祯颖, 彭先宝, 张应波. 基于 Dynamo 可视化编程技术的轨道 BIM 设计 [J]. *铁路技术创新*, 2020(4): 90-94. DOI: [10.19550/j.issn.1672-061x.2020.04.090](https://doi.org/10.19550/j.issn.1672-061x.2020.04.090).
LIU L W, PENG X B, ZHANG Y B. Track BIM design based on Dynamo visual programming technology [J]. *Railway technical innovation*, 2020(4) : 90-94. DOI: [10.19550/j.issn.1672-061x.2020.04.090](https://doi.org/10.19550/j.issn.1672-061x.2020.04.090).
- [15] 张斌. BIM 技术与参数化设计研究 [J]. *城市建筑空间*, 2023, 30(增刊 1): 297-298.
ZHANG B. Research on BIM technology and parametric design [J]. *Urban architecture space*, 2023, 30(Suppl.1): 297-298.
- [16] 闫晨, 乐叶凯. 参数化 BIM 建筑设计技术及其运用研究 [J]. *工程建设与设计*, 2023(15) : 148-150. DOI: [10.13616/j.cnki](https://doi.org/10.13616/j.cnki).

- gcjsysj.2023.08.043.
YAN C, LE Y K. Research on parametric BIM architectural design technology and its application [J]. *Construction & design for engineering*, 2023(15) : 148-150. DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2023.08.043.
- [17] 刘奕炜, 陈铭轩, 牛志伟, 等. 基于 Dynamo 和 Advance Steel 的水轮机蜗壳快速设计方法 [J]. *水力发电*, 2023, 49(9): 62-68. DOI: 10.3969/j.issn.0559-9342.2023.09.012.
LIU Y W, CHEN M X, NIU Z W, et al. Rapid design method of spiral case of hydro turbine based on Dynamo and Advance Steel [J]. *Water power*, 2023, 49(9): 62-68. DOI: 10.3969/j.issn.0559-9342.2023.09.012.
- [18] 王子茹, 于超. 基于 Revit 的木屋顶参数化设计与开发 [J]. *土木建筑工程信息技术*, 2023, 15(3): 46-52. DOI: 10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2023.03.08.
WANG Z R, YU C. Parametric design and development of wood roof based on Revit [J]. *Journal of information technology in civil engineering and architecture*, 2023, 15(3): 46-52. DOI: 10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2023.03.08.
- [19] 郑国庆, 姚艳萍, 韩茹. 基于 SolidWorks 带式输送机用逆止器的智能参数化设计 [J]. *机械工程师*, 2023(7): 10-13.
ZHENG G Q, YAO Y P, HAN R. Intelligent parametric design of belt conveyors backstops based on SolidWorks [J]. *Mechanical engineer*, 2023(7): 10-13.
- [20] 杨斌. 建筑的结构参数化优化设计方法研究 [J]. *房地产世界*, 2023(12): 46-48.
YANG B. Research on structural parametric optimization design method of building [J]. *Real estate world*, 2023(12): 46-48.
- [21] 王荃, 张杰茗. 异形曲面空间结构参数化设计 [J]. *治淮*, 2023(7): 33-34, 37. DOI: 10.3969/j.issn.1001-9243.2023.07.013.
WANG Q, ZHANG J M. Parametric design of spatial structure of special-shaped surfaces [J]. *Harnessing the Huaihe river*, 2023(7): 33-34, 37. DOI: 10.3969/j.issn.1001-9243.2023.07.013.
- [22] 张爱国, 徐海燕, 沈惠. Dynamo 在非几何参数可视化中的应用研究 [J]. *智能建筑与智慧城市*, 2023(9): 79-81. DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2023.09.023.
ZHANG A G, XU H Y, SHEN H. Research on the application of Dynamo in non-geometric parameter visualization [J]. *Intelligent building & smart city*, 2023(9): 79-81. DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2023.09.023.
- [23] 杨凌峰, 周海威, 晋强, 等. 基于 Revit+Dynamo 模式的叠合板参数化建模 [J]. *科学技术创新*, 2023(22): 142-145. DOI: 10.3969/j.issn.1673-1328.2023.22.035.
YANG L F, ZHOU H W, JIN Q, et al. Parametric modeling of laminated slab based on Revit+Dynamo mode [J]. *Scientific and technological innovation*, 2023(22) : 142-145. DOI: 10.3969/j.issn.1673-1328.2023.22.035.
- [24] 罗远峰. 基于 Revit 的面层模型参数化建模方法研究与应用 [J]. *智能建筑与智慧城市*, 2023(9): 85-88. DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2023.09.025.
LUO Y F. Research and application of parametric modeling method of surface model based on Revit [J]. *Intelligent building & smart city*, 2023(9): 85-88. DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2023.09.025.

作者简介:

何娇娇

何娇娇 (通信作者)

1993-, 女, 工程管理专业学士, 主要从事数据中心三维数字化设计相关研究工作(email)nightsky812@163.com。

(编辑 赵琪)