

The multi-specialty forward design method with data collaboration as the Core

Libing Wang

CRDC, Tianjin, 300251, China

Abstract

For urban rail transit design utilizing unstructured data, issues such as significant information redundancy, data decay, and conflicts in specialized information arise due to manual intervention. To address these challenges, a data collaboration-centric PDMO design methodology has been proposed, encompassing Plan-Data-Model-Output. This approach employs technologies for separating data from models while enabling their interaction, utilizing dual-screen interfaces, data panels, and control panels as tools. It resolves issues of data permission control across disciplines and ensures the uniqueness of upstream information in professional collaboration. Centered on data coordination and aligned with design standards, the method prevents redundant information caused by asynchronous collaborative design nodes and conflicts in delivered outcomes. The practical application of this methodology in the Shenzhen Urban Rail Transit Line 14 project and the Shenzhen Huangmugang Integrated Transportation Hub project demonstrated successful delivery of data, models, and drawings. Information conflicts and redundancy were significantly reduced, while design efficiency improved markedly—with 93% increase in efficiency during the civil engineering design phase.

Keywords

data collaboration; digital analog interaction; model twin; dual screen interactive design; data and monitoring panel

以数据协同为核心的 PDMO 设计方法

王力冰

中国铁路设计集团有限公司, 中国 · 天津 300251

摘要

针对城市轨道交通设计使用非结构化数据, 人工干预产生大量信息冗余、数据衰减、专业信息冲突等问题, 提出了以数据协同为核心 PDMO 设计方法, 即方案 Plan-数据 Data-模型 Model-输出 Output。该设计方法通过数模分离与模数交互技术, 以双屏交互、数据及控制盘为手段, 解决专业协同中各专业对数据的权限控制以及上序信息的唯一性问题。以数据协同为核心, 依据设计规范, 避免协作设计节点不同步产生的冗余信息、交付成果信息冲突的问题。利用该设计方法在深圳城市轨道交通 14 号线工程和深圳市黄木岗综合交通枢纽工程的实践应用, 完成数据、模型、图纸交付, 设计成果的信息冲突和冗余明显降低, 设计效率显著提升, 土建阶段设计效率提升 93%。

关键词

数据协同; 数模交互; 模型孪生; 双屏交互设计; 数据及监控盘

1 引言

在城市轨道交通设计领域, 目前专业配合普遍采用上

下序的文件级协同方式, 专业数据协同是将多专业配合的设计形式融合为一体的创新设计方法。在城市轨道交通 BIM 设计领域, 目前普遍采用设计图纸翻模、参数化构件库建模的方式, 专业数据协同是打通设计核心数据与参数化模型的关键步骤。

上下序的文件级协同方式, 各专业设计过程节点不同步, 人工干预易造成数据衰减, 设计成果存在大量信息冗余和专业信息冲突。设计图纸翻模、参数化构件库建模的工作方式, 大量使用平面元素及非结构化数据, 相互之间难以产生数据关联, 自动化程度亟待提高。为适应设计行业发展新要求、打破传统设计模式、提升设计效率及质量, 开拓适应新时代设计方法的必要性不言而喻。

本文提出一种以数据协同为核心的 PDMO 设计方法。以城市轨道交通车站为例, 验证该设计方法的合理性, 同时

【基金项目】中国城市轨道交通协会科研专项《城市轨道交通 BIM 协同设计关键技术研究》(项目编号: CAMET-KY-2022086); 中国铁路设计集团 A 类课题《城市轨道交通工程 BIM 数据交互设计关键技术研究》(项目编号: 2023A0215801)。

【作者简介】王力冰(1986-), 女, 中国河北石家庄人, 硕士, 高级工程师, 从事智能设计、轨道交通、数字化、协同设计研究。

展示该设计方法在提高效率、提升质量方面的作用。首先，以方案设计阶段为始，通过核心数据引导技术实现设计方案快速成模，通过模数交互技术实现方案技术经济指标数据比选。然后，以推荐方案核心数据为依据，分权限完成各专业数据录入，并通过程序完成结构化数据处理、整合与协同。最后，通过数模交互技术配合三维建模软件完成模型孪生，通过快图技术完成设计数据及模型成果的输出^[1]。

2 PDMO 设计方法

PDMO 设计方法包含四个主要的步骤：

- P：模数分离与设计方案比选；
- D：双屏数据监控盘与多专业数据协同；
- M：数模交互与模型孪生；
- O：数据、模型、图纸设计成果输出。

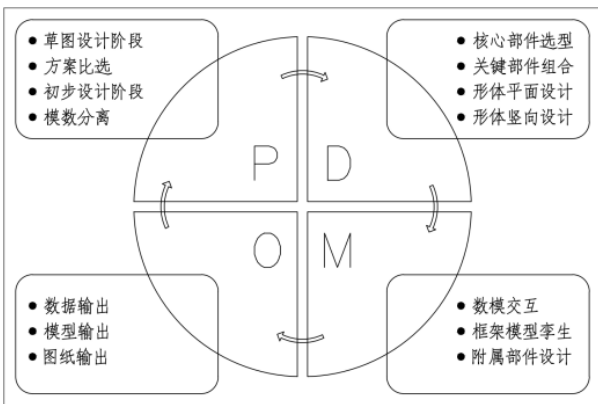


图 1 PDMO 数据协同设计方法

3 模数分离与设计方案比选

3.1 草图设计阶段

独立的草图设计功能区在获取方案设计控制性条件的基础上，计算分析设计范围，通过人为干预判断最优位置，获得多个方案的草图设计元素集合。

3.2 数模分离

利用数模分离技术提取草图设计元素集合中的几何、属性参数。通过视图、图、模型元素、通用机制相结合，进行模型解耦，实现数模分离，并根据专业资料流转逻辑，分析处理复合数据信息。

3.3 方案比选

抽取设计元素集合中数据信息，根据技术经济指标单项综合比选。提取草图设计元素集合模型信息，结合周边控制调节及影响因子综合比选。通过“数控盘 P”量化各方案数据信息，直观展示模型信息，对应的技术经济指标比选，确定最优方案。

获取设计软件内建模设计的设计数据，对数据进行复制传送，将处理后的数据进行存储并送到调整模块和控制模块；控制模块建模，依据传送的数据，建立控制模型，并进行实时显示；控制模型的建模按照如下步骤进行：传送数据进行分类，对传送数据按照零件进行分类，进行实时零件显示；对传送数据按照划分面分类，进行面内数据显示；按读取分类参数进行计算分析，使数据进行同步表达^[2]。

3.4 初步设计阶段

独立的初步设计功能区将预设方案的数据、模型信息进行初步深化。设计内容包含：主体设计模块、附属设计模块。将主体设计元素、附属设计元素附加在初步设计元素上，得到初步设计元素集合。

4 双屏数控盘与专业数据协同

4.1 双屏交互的数据监控盘

通过三维显示盘、数据盘、控制盘，实时观察、联动修改，快速高效观察理解设计意图。从示意图形、平面图、模型和数据等多个角度比选方案合理性，指导设计方案优化。通过视觉热力分析，进行创新设计、感觉设计、交互设计，将界面功能的相似性和重复性进行集成整合，使界面实现内容与操作的分离，在保证交互原则的前提下，通过视觉创新保障 UI 规范内容的表达，将平台界面中众多参数按专业进行区格化，同时配合动态预览图加参数设置的方式，以提高设计人员的界面可读性和可操作性^[3]。

通过逻辑视图、实现视图、部署视图、处理视图、设计场景，实现数据与模型的双屏交互，提升设计的自动化与智能化。平台支持多角度观测模型，将数据及监控盘和方案元素设计信息同时展示在多角度三维可视化界面；平台通过平台三维可视化手段，在数据及监控盘中脱离模型进行三维可控实时预览，将数据、模型同时展现给设计人员。包含：核心部件选型、关键部件组合、形体平面设计、形体竖向设计（见图 2）

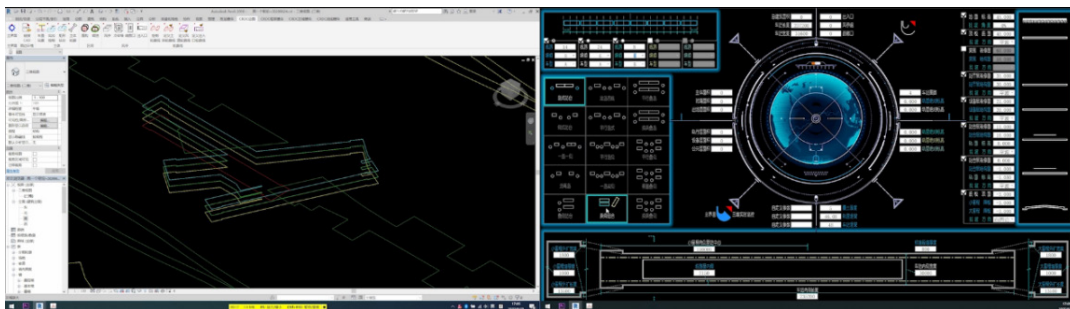


图 2 PDMO 双屏交互设计

4.2 专业数据协同

通过专业数据的关联关系进行数据管理,解决传统设计中,相互之间数据偏差与衰减的问题。根据设计过程中多专业、多角色、复杂逻辑流程,首先进行根据任务进行功能区分割,其次根据分工进行专业分隔,再次根据设计要求进行流程分割,最后根据上述原则完成专业数据协同。以轨道交通车站土建部分专业协同数据监控盘为例,专业数据通过颜色引导设计师,通过程序控制录入权限。

4.3 核心部件选型

预设产品核心部件典型模型,并对各典型模型进行参数化处理。程序通过透明命令联动核心部件的多维选型功能,配合产品界面 CheckBox\RadioButton\TextBox 等参数选项,同时配合 Tooltip 专业提示信息,设计中可通过关键部位选型和参数设置完成设计交互。程序反馈核心部件选型示意图,辅助设计师快速合理完成关键部位选型设计。

4.4 关键部件组合

预设产品关键部件典型模型,并对各典型模型及其与核心部件的关系进行参数化处理。预设设计关键性部件与其配套的核心区域的多种组合方式,设计中通过关键部件组装设计模块完成设计交互。根据关键部件组装信息数据与关键部位选型数据的综合数据,调取后台关键部件及其配套的组装部件,根据设计原则进行组装,并根据具体数据进行定量设计值赋值^[4]。

4.5 形体平面设计

预设产品形体平面典型模型,并对各典型模型及其与核心部件的关系进行参数化处理。通过平面设计模块完成交互设计,程序调取设计框架或平面轮廓。自定义框架以满足多样性设计;通过实体虚拟方案对设计框架和平面轮廓进行灵活绘制及专业属性定义,并将数据预埋在设计框架和平面轮廓线上,为后续实体构件的自动创建提供必要的前置条件。

4.6 形体竖向设计

预设产品形体竖向典型模型,并对各典型模型及其与核心部件的关系进行参数化处理。通过竖向设计模块完成交互设计,完成竖向标高系统的建立,并与平面设计功能组合共同影响设计框架。

竖向构件可灵活组合,结合创设标高等功能,支持构件实体与竖向标高系统的综合分析及处理的问题。

5 数模交互与模型孪生

5.1 数模交互

通过数据库管理工程设计数据,利用 BIM 设计工具管理参数化模型,并通过程序开发实现数据与模型双向交互。

5.2 核心模型孪生

通过接收处理后的数据信息,程序计算模型插入点位

置,确定模型关键几何信息与属性信息,完成核心模型孪生并快速准确地创建到项目中。

5.3 框架模型孪生

标高参数化设计,用标高参数化设计数据库参数创建轴网,建立参数与标高的空间几何关联,生成参数化标高。轴网参数化设计,用轴网参数化设计数据库参数创建轴网,建立参数与轴网的空间几何关联,生成参数化轴网。

设计中通过与数据及模型的交互行为,利用数据和重要选型信息同步联动设计模型,实现数据无损转换车站主体框架模型,辅助方案设计。

调用主体框架的平面信息,调用车站主体平面数据中与主体框架的平面相关的参数,根据对应位置生成参数的赋值区,车站主体平面数据库显示区。车站竖向设计、车站主体平面设计数据盘、监控盘示意图与轨行区数据库同步联动。

5.4 附属部件设计

根据设计框架和平面轮廓,配合附属部件设计功能区,通过读取设计框架和平面轮廓线上的预埋数据,根据专业特性和细节特点完成附属部件创建、选型或参数化快速布置,高效完成附属部件设计工作^[5]。

6 数据、模型、图纸输出

设计成果多样化输出的功能,如:面积输出、体积输出、工程量输出、建筑经济指标输出等。在深度结合国内现行出图标准前提下,平台实现对枢纽总图、分层平面图、枢纽剖面图中的核心专业自动出图,解决枢纽工程复杂结构出图的难题,BIM 正向设计出图效率提高。

此效果在枢纽总图出图过程中尤为突出,程序利用模型的关键特征,自动搜索相关边界,并自动生成枢纽的内外轮廓,同时按照指定的中心定位点,构建世界坐标系,自动换算并标注枢纽坐标,同时生成坐标定位表,基本实现总图全自动化出图。(见图3)

7 结论

本文总述 PDMO 设计方法,并以第二部分数据协同为侧重点,详细介绍双屏数据监控盘与多专业协同的理论与实践。利用 PDMO 设计方法的轨道交通土建设计系统,通过数模分离、专业数据协同、双屏交互、数据及监控盘、模型孪生等技术手段,高效完成设计、沟通工作,实现在 25 分钟内完成枢纽主体土建部分的正向设计。PDMO 设计方法打通多专业协同设计过程中的数据关联,实现数据与模型的双向交互,提升传统设计精度和自动化程度,减少数据衰减与信息冲突,探索出一条以数据协同为核心的 PDMO 设计方法和理论。

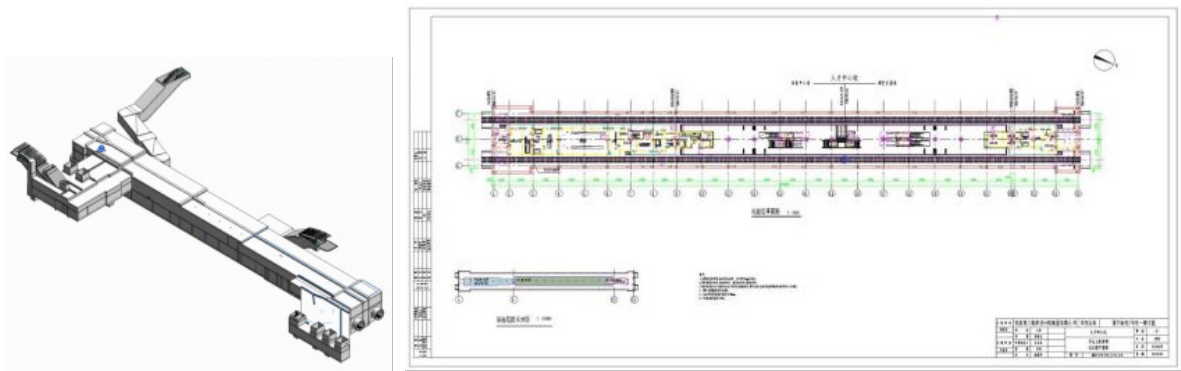


图 3 数据、模型、图纸输出

参考文献

- [1] 王力冰.基于BIM技术的参数化、模块化设计研究[M].北京:中国城市轨道交通协会设计咨询专业委员会年会暨智慧地铁技术论坛论文集,2018:48-54.
- [2] 王华.基于EBS(工程系统分解结构)与语义约束的地铁站参数化建模方法[J].城市轨道交通研究,2020,(8):154-157.
- [3] 史海欧,袁泉,张耘琳,曾文驱,郑庆,丁国富.基于BIM交互与数据驱动的
- 动的多专业正向协同设计技术[J].西南交通大学学报,2020:1-6.
- [4] BIMbasedcollaborativeandinteractivedesignprocessusingcomputer gameengineforgeneralend-users[J].GarethEdwards,HaijiangLi,Bin Wang. VisualizationinEngineering.2015(1)
- [5] BIM-basedcollaborativedesignandsocio-technicalanalyticsofgreenbuildings[J].TamerEl-Diraby,ThomasKrijnen,ManosPapagelis. AutomationinConstruction.2017