

烧结工程设备数字化设计的探索及研究

林小龙¹, 薛明升¹, 陈宇¹, 代友训¹, 彭志伟²

(1. 中冶长天国际工程有限责任公司, 湖南长沙 410205; 2. 中南大学资源加工与生物工程学院, 湖南长沙 410083)

摘要:随着烧结工程数字化和智能化的飞速发展以及市场需求的增长, 三维 BIM 技术凭借其可视化、协调性、模拟性和参数化等优势, 开始逐步应用于烧结工程, 并贯穿项目设计和施工的全流程。然而, 这一应用也面临着设计周期长和设计难度大的问题, 其中烧结设备建模是最主要的影响因素。文章基于 Revit 平台探索烧结设备的数字化设计, 旨在为实现烧结设备的三维快速建模和出图提供思路和参考。研究表明, 通过建立设备数据库、模型库以及程序驱动的一键生成模式, 可以有效实现设备模型及基础的快速建模。本文成果可为后续钢铁行业设备设施的数字化设计提供一定的借鉴与参考。

关键词: 烧结设备; 数字化设计; 快速建模; BIM 技术; Revit

中图分类号: TF046.4

文献标志码: A

文章编号: 1673-8993(2025)03-0031-07

doi: 10.13402/j.gcjs.2025.03.033

Exploration and research on digital design of sintering engineering equipment

LIN Xiaolong¹, XUE Mingsheng¹, CHEN Yu¹, DAI Youxun¹, PENG Zhiwei²

(1. Zhongye Changtian International Engineering Co., Ltd., Changsha 410205, Hunan, China;

2. School of Minerals Processing Bioengineering, Central South University, Changsha 410083, Hunan, China)

Abstract: With the rapid development of digitalization and intelligence of sintering engineering and the growth of market demand, 3D BIM technology has been gradually applied to sintering engineering by virtue of its advantages of visualization, coordination, simulation and parameterization, and it runs through the whole process of project design and construction. However, this application also faces such problems as long design cycle and difficult design, in which sintering equipment modeling is the most important influencing factor. This paper explores the digital design of sintering equipment based on the Revit platform, aiming to provide ideas and references for the realization of 3D rapid modeling and drawing of sintering equipment. The research shows that the rapid modeling of equipment models and foundations can be effectively realized by establishing equipment databases, model libraries and program-driven one-click generation modes. The results can provide a certain reference for subsequent digital design of equipment and facilities in the steel industry.

Key words: sintering equipment; digital design; rapid modeling; BIM technology; Revit

目前, 主流的 BIM 设计平台均能实现碰撞检查、工程量计算、可视化漫游和数字化交付等功能。然而, 快速且精确地建立烧结设备的三维数字化模型已成为制约三维 BIM 技术在烧结工程应

用的关键难点^[1-3]。关于三维模型的构建, 一直是三维技术应用的研究热点, 如: 何德华^[4]、徐志佳等^[5]结合专业特点, 从模型本体入手, 以单个构件为突破口, 逐步拓展, 循序渐进, 最终完

收稿日期: 2024-12-30

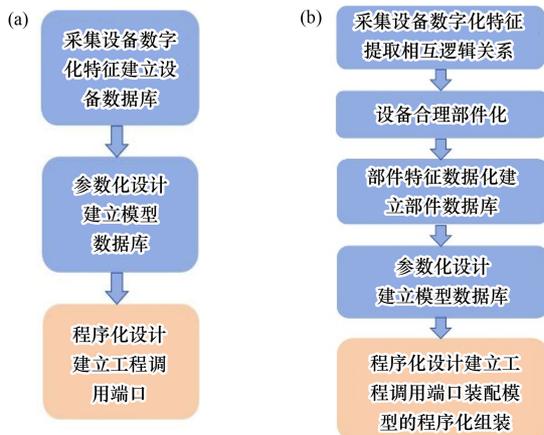
作者简介: 林小龙(1992—), 男, 工程师, 从事烧结、球团及新能源材料方面的研究。

通信作者: 陈宇(1984—), 女, 高级工程师, 从事烧结、球团、料场及钢铁冶金节能环保方面的研究。

成整体模型的构建；陈剑佳等^[6]、罗远峰^[7]、王开等^[8]通过将多个机电构件组合成一个构件组，并设定参数调整构件属性及其位置关系，以代码实现构件组的创建；张永^[9]、倪程栋^[10]、YIN等^[11]则从设备本体出发，刻画设备特征使其信息化，从而构建参数化模型。烧结工程发展至今，其整体工艺及设备选型已基本稳定。根据设备的重要程度及数量分布，可大致分为通用设备和主体大型设备。通用设备品类繁多、形态各异，如带式输送设备、阀门、料仓等，通常构造简单，形式单一，但型号众多，单一模型的复用程度较低。主体大型设备主要包括混合机、烧碱机、环冷机等，这些设备体型巨大、构造复杂、外围接口众多，导致三维建模难度大、耗时长、模型难以复用^[12-14]。Revit 软件作为常用的 BIM 软件，在民用建筑和公共建筑领域取得了广泛应用，但在工厂设计领域的应用受到很大限制，主要原因之一是复杂非标设备的三维建模和出图问题。本文基于烧碱工程设备的特点及 Revit 软件的特性，探索烧碱设备三维快速建模和出图的路径，以期为烧碱工程三维设计效率提高提供一定的借鉴。

1 建模路线

结合烧碱设备的特点，以烧碱工艺设计语言为核心，并辅以软件开发，整体建模思路如图 1 所示。



(a) 通用设备；(b) 大型设备

图 1 建模路线示意

(1) 烧碱工程通用设备：通过整合通用设备的特征，采集设备尺寸数据及其逻辑关系，将这

些特征数字化，建立通用设备数据库；利用 Revit 建模工具和通用设备数据库进行参数化设计，建立模型数据库；通过程序语言编辑及 Revit 二次开发，将模型数据库与工程设计关联，建立工程调用端口，实现根据工程设计需求快速调用模型。

(2) 烧碱大型设备：整合大型设备的特征，采集设备尺寸数据，提取尺寸数据间的逻辑关系；根据设备尺寸数据及逻辑关系的复杂性，合理地将大型设备分解为多个部件；将各部件特征数字化，建立部件数据库；利用 Revit 建模工具和部件数据库进行参数化设计，建立模型数据库；通过程序语言编辑及 Revit 二次开发，将模型数据库与工程设计关联，建立工程调用端口，实现根据工程设计需求快速调用并自动组装得到目标模型。

2 设备数据库建立

在烧碱工程设计过程中，通用设备主要以带式输送机为主，其中驱动组合是带式输送机的核心部件。大型设备主要包括混合机、环冷机和烧碱机，其中混合机的应用频率最高，在单个烧碱工程中，通常会应用两套或以上的混合机。

2.1 通用设备数据库

以带式输送机驱动组合为例进行介绍。带式输送机的驱动组合主要包括 ZSY 驱动组合和 DCY 驱动组合两种形式。在实际工程应用中，ZSY 驱动组合在结构、效率、承载能力、运行平稳性、维护便捷性、适用性、寿命、安装灵活性和性价比等方面均优于 DCY 驱动组合。因此，本文主要以 ZSY 驱动组合为例，该组合主要包括电机、减速机 and 联轴器等部件。数据库的整体框架结构基于 Excell 软件构建，数据信息来源于《DT II (A) 型带式输送机设计手册》，并以工程实际应用信息为校正源，对数据进行核准和优化，具体如表 1、图 2 所示^[15]。其中： A_0 为减速机中心线与电机中心线间距，mm； A_1 为减速机中心线与电机末端间距，mm； A_2 为减速机中心线与联轴器中心线间距，mm； B 为减速机驱动侧中心线与减速机从动侧中心线间距，mm； h_0 为减速机驱动侧中心线与电机底座间距，mm； h_1 为减速机驱动侧中心线与减速机底座间距，mm。

表 1 带式输送机驱动组合

组合号	电动机型号	功率/kW	减速器型号	联轴器型号	A_0 /mm	A_1 /mm	A_2 /mm	B /mm	h_0 /mm	h_1 /mm
301	YE4-90L-6	1.1	ZSY160-50	ML2 24×52/J24×38 MT2b	375.5	542	0	352	90	180
306	YE4-132M2-6	5.5	ZSY200-50	MLL4-I-160 38×82/J32×60 MT4b	529	786	242	440	132	225
309	YE4-180L-6	15.0	ZSY250-50	ML5 48×112/J42×84 MT5b	717.5	1 057	0	555	180	280
312	YE4-225M-6	30.0	ZSY315-50	ML7 60×142/J48×84 MT7b	854.5	1 255	0	699	225	355
314	YE4-280S-6	45.0	ZSY400-50	YOXF500	1 259	1 745	0	880	280	450
318	YE4-315L1-6	110.0	ZSY500-50	YOXF650	1 535	2 220	0	1 105	315	560

注: 表中数据仅示意部分数据。

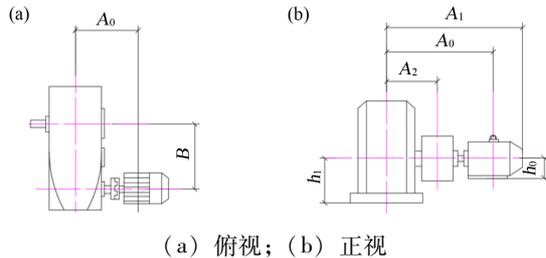


图 2 ZSY 驱动装置装配

2.2 大型设备数据库

以混合机为例进行介绍, 其数据库建立模式与带式输送机驱动组合类似。混合机的设计基准数据源为《烧结设计手册》, 在确定产能需求、混合效果和设备类型等参数后, 整体设备型式基本固定。核心尺寸包括圆筒直径 D (mm)、圆筒倾角 α (°) 和圆筒长度 L (mm)。混合机按部件拆开后, 可以分为进料端、出料端、齿圈、圆筒、集铁桶、支撑检修机构、托轮和驱动组合等部分, 如图 3 所示。



图 3 混合机部件示意

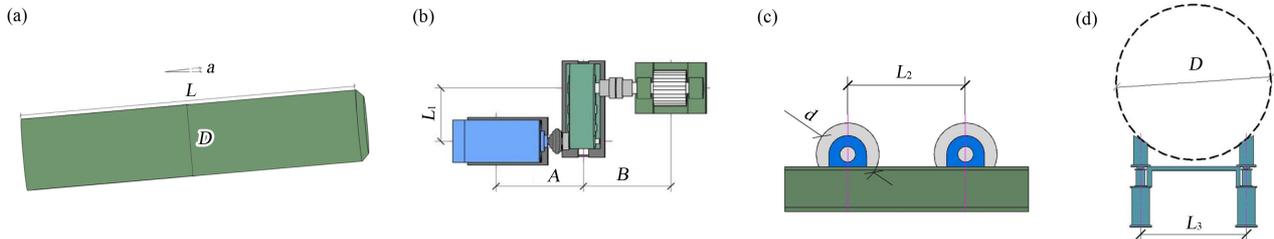
通过采集各个工程中的混合机设计参数及生产实际数据, 统计各部件的关键尺寸数据。自《钢铁行业规范条件(2015 年修订)》发布后, 新建或改造的烧结机面积不得小于 180 m^2 , 后续新建烧结机主要集中在 300 m^2 以上。表 2 为烧结机面积分别为 320 、 500 、 600 m^2 对应的工程数据。圆筒 [图 4(a)] 主要依赖圆筒直径、圆筒长度和圆筒倾角 3 个参数; 驱动组合 [图 4(b)] 与带式输送机驱动组合相似, 但型号较大, 主要驱动参数包括电机与减速机的水平距离 A (mm)、减速机与驱动齿轮的水平距离 B (mm)、电机与驱动齿轮的垂直距离 L_1 (mm); 托轮 [图 4(c)] 主要依赖托轮间距 L_2 (mm) 和托轮直径 d (mm) 两个参数; 支撑检修机构 [图 4(d)] 主要依赖支撑杆间距 L_3 (mm) 和圆筒直径两个参数; 其他如从动环、齿圈等主要依赖圆筒直径进行驱动, 进料端、出料端和集铁桶等部件虽未在表中列出, 但驱动方式相同。

3 模型数据库建立

Revit 软件主要提供传统建模和参数化建模两种主流建模方式。传统建模方式不依赖于参数化, 主要通过手动创建和编辑模型。用户需要手动调整模型的各个部分, 这种方式相对直观但效率较低, 适用于不具备规律性或参数化难度较大的模型建立。因此, 传统建模通常用于创建唯一性较强的模型。参数化建模通过将模型参数化, 可以灵活调整设计中的尺寸、形状和其他属性, 从而实现整体模

表 2 混合机部件数据库

烧结 机面 积/m ²	圆筒			驱动组合			托轮		支撑检修机构
	直径/ mm	长度/ mm	倾角/ (°)	电机至减 速机距离/ mm	减速机至 驱动齿距 离/mm	电机至驱 动齿距离/ mm	拖轮 间距/ mm	托轮 直径/ mm	支撑杆间距/ mm
320	4 400	20 000	1.7	2 470	2 325.5	1 067	3 140	1 300	2 050
500	5 000	24 000	2.1	2 325	2 699.5	1 631	3 580	1 520	2 350
600	5 200	24 500	2.0	2 915	4 042.0	1 631	3 730	1 560	2 450



(a) 圆筒; (b) 驱动组合; (c) 托轮; (d) 支撑检修机构

图 4 部件尺寸示意

型的快速调整以适应不同应用场景。这种建模方式灵活性强，能够更好地契合应用场景的变化。

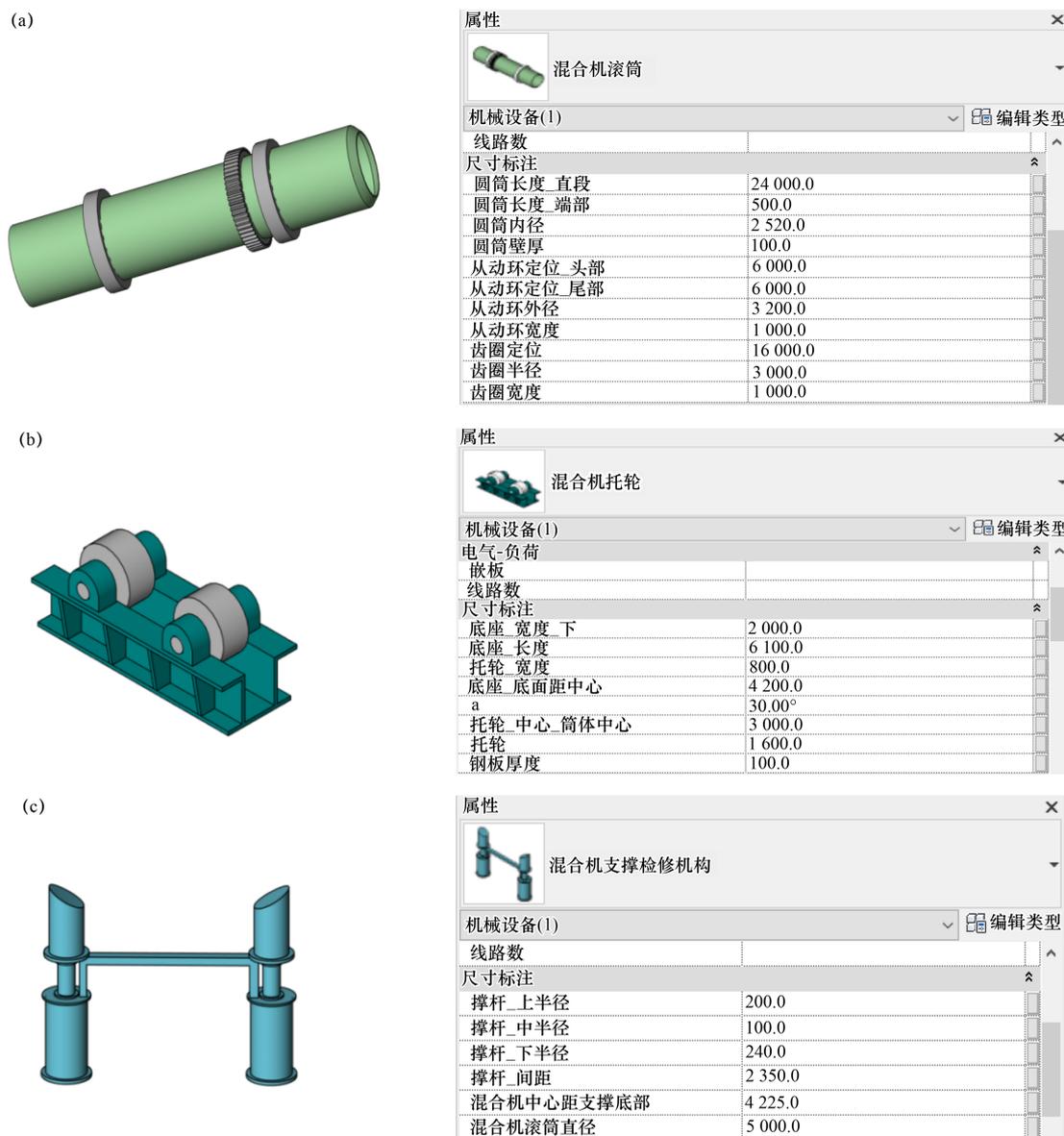
Revit 的参数化建模方式主要有 3 种：1) 通过将数据内置在族类型中直接驱动参数化；2) 通过外部数据文件进行参数驱动；3) 通过编程实现参数化驱动。参数化建模方式效率高，适用于规

律性强且易于参数化的模型建立，所建立的模型具备较强的适应性和灵活性。

通过调用驱动装置组合模型数据库及混合机数据库，采用以参数化建模为主，传统建模为辅的方式，对带式输送机驱动组合及混合机部件进行参数化建模，建立模型数据库，如图 5、6 所示。



图 5 驱动装置组合模型数据库



(a) 圆筒; (b) 托轮; (c) 支撑检修机构

图 6 混合机部件模型数

驱动装置组合模型特点: 电机、减速机、联轴器部件根据型号和尺寸大小进行参数化, 并详细备注参数, 与标准型号锁定并命名, 如: 电机以“电机型号+电机功率”的组合形式命名。模型的调用模式: 1) 根据工程设计中带式输送机所输送物料的种类、速度、高差等计算得到输送机计算表; 2) 参考《DT II (A) 型带式输送机设计手册》选型, 选定电机、减速机、联轴器型号, 在模型库中搜索对应型号进行调用。

混合机建模特点: 混合机组成较为复杂, 会因应用工程的地区、物料以及使用方的生产习惯

而有所差异, 标准化程度相对较低, 难以完全适用驱动组合的模型调用形式。在建模过程中, 通过对各部件参数化后, 主要依靠调整模型参数进行微调, 以获取特定项目所需的混合机选型。

4 智能建模程序开发

混合机建模过程包括部件模型参数化驱动和部件模型定位两个关键步骤。单纯依靠人工操作, 不仅过程繁琐, 而且准确率较低。本文通过二次开发程序的方式, 实现了混合机参数的快速输入、部件模型的参数化驱动与自动组装定位等功能, 如图 7 所示。

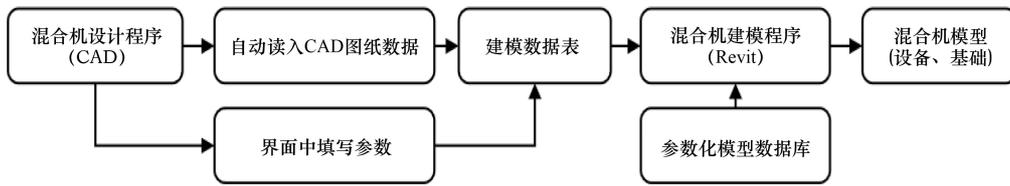


图 7 模型程序驱动流程

程序分混合机设计程序和混合机建模程序两个模块。

(1) 混合机设计程序：基于 VisualStudio. NET 4.7, 采用 C# 开发语言和 AutoCAD 2020 API 进行二次开发。该程序可以自动识别或通过手动输入获取混合机平面、断面、立面的关键数据信息, 并根据设计规范和历史数据智能推算出关联参数和辅助参数, 最终完成混合机设备的数字化解析, 如图 8 所示。

(2) 混合机建模程序：基于 VisualStudio. NET 4.7, 采用 C# 开发语言和 Revit 2020 API 进行二次开发。该程序可以与混合机设计程序实现数据互通, 读取设计数据并自动匹配最优的参数化模型, 利用参数驱动模型。此外, 它能够智能计算部件模型之间的装配和定位关系, 从而实现自动组装定位, 如图 9 所示。

通过这两个模块的配合使用, 可以实现混合

机设备模型的一键生成, 如图 10 所示。

5 结 语

本文通过建立设备数据库、模型库以及程序驱动的一键生成模式, 实现了带式输送机驱动组合、混合机模型及其基础的快速建模。该模式的应用不仅能够降低烧结工程三维 BIM 设计难度, 缩短与二维 CAD 设计工作量的差异, 还适用于烧结工程中的标准及非标准设备建模, 并能够适应设备随设计值的变化。此外, 该模式能够衍生额外功能, 例如在工艺设计阶段将设备基础与设备模型一同输出, 无需单独进行基础绘制, 从而为三维 BIM 设计委托阶段及施工图阶段带来极大的便利。同时, 该模式的应用将实现 CAD 软件与 Revit 之间的联动, 有利于促进三维 BIM 设计在烧结工程上的二次开发和应用。

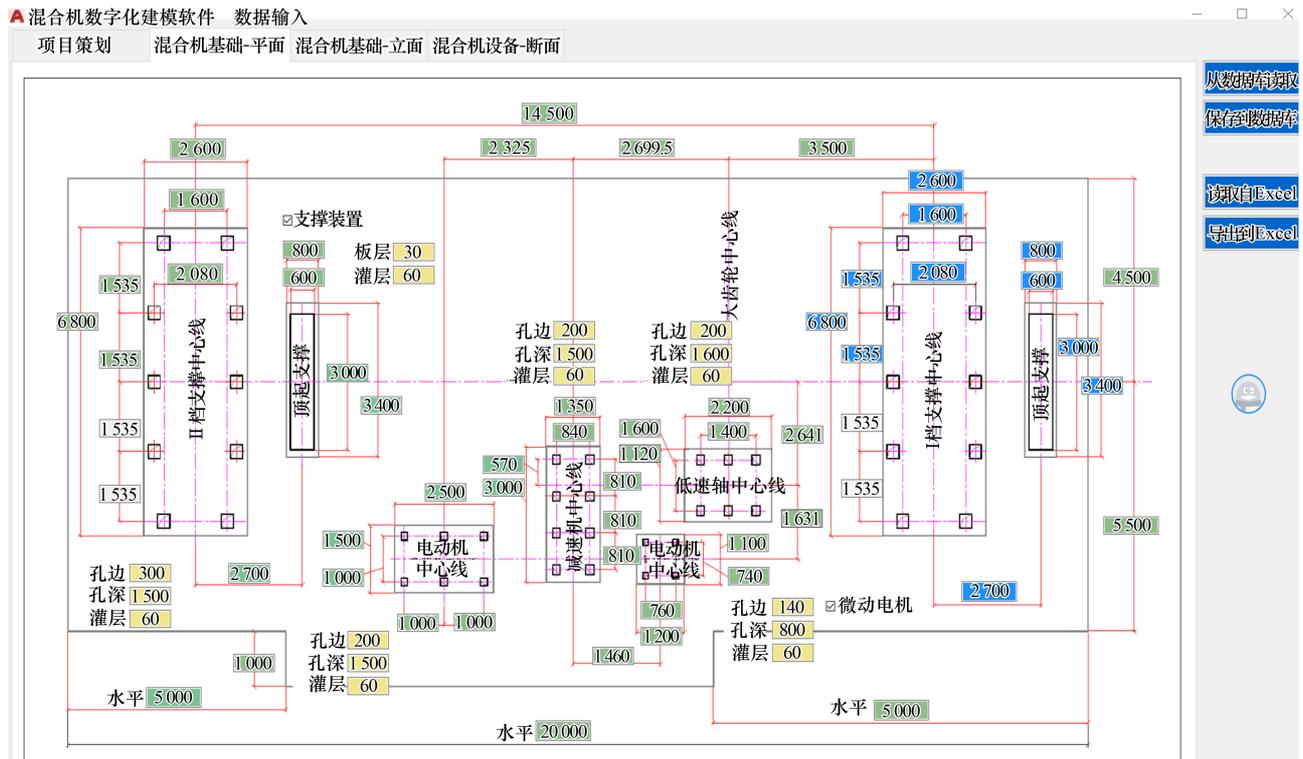


图 8 混合机设计程序

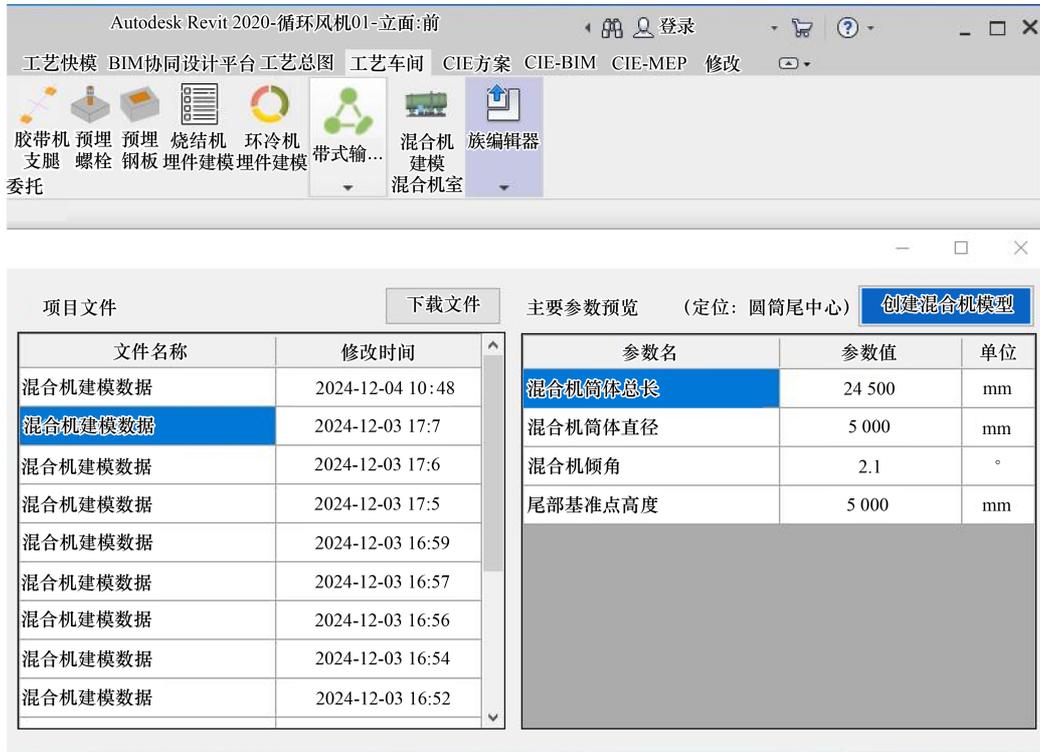


图 9 混合机建模程序

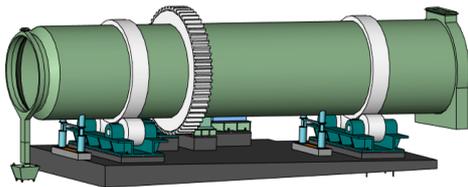


图 10 混合机模型一键生成

参考文献:

- [1] 陈琦, 刘国勇, 王婧, 等. BIM 技术在施工阶段的应用研究[J]. 工程建设, 2022, 54(2): 69 - 73.
- [2] 胡本润. BIM 技术在烧结项目设计中的深入应用[J]. 工程建设, 2018, 50(4): 41 - 44.
- [3] ZHANG Y. Application of building information modeling in cost control of engineering projects[J]. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Smart Infrastructure and Construction, 2024, 177(2): 83 - 92.
- [4] 何德华. 基于 Revit + Dynamo 的现浇桥梁快速建模技术[J]. 广州建筑, 2024, 52(4): 32 - 37.
- [5] 徐志佳, 王清辉, 李静蓉. 多孔金属纤维烧结板多尺度形貌的快速三维建模[J]. 软件学报, 2016, 27(10): 2622 - 2631.
- [6] 陈剑佳, 戴伟骏, 崔家琪, 等. 基于 Revit 二次开发技术的机电设备参数化建模研究[J]. 建筑技术开发, 2024, 51(9): 86 - 88.
- [7] 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.
- [8] 王开, 罗天靖, 李辉, 等. 基于 BIM 技术的桥梁下部结构参数化建模与协同设计应用[J]. 铁道标准设计, 2023, 67(10): 134 - 140.
- [9] 张永. 基于 Revit 的机械设备 BIM 参数化建模方法研究[J]. 物流技术与应用, 2021, 26(7): 139 - 142.
- [10] 倪程栋. Revit 共享参数驱动的暖通机械设备参数体系[J]. 科技经济市场, 2023(6): 35 - 37.
- [11] YIN M T, TANG L, WEBSTERC, et al. A deep natural language processing-based method for ontology learning of project-specific properties from building information models[J]. Computer-aided civil and infrastructure engineering, 2024, 39: 20 - 45.
- [12] 周乾刚, 戴波, 甘敏, 等. 强力混合技术在烧结球团行业的应用[J]. 烧结球团, 2023, 48(1): 50 - 56.
- [13] 曾小信, 李宗平, 过宇晟. 烧结混合料粒度及水分检测系统的研究与实现[J]. 工程建设, 2023, 55(8): 69 - 73.
- [14] 熊林, 彭志伟, 俞景峰, 等. 配加生石灰的两段式圆筒铁矿制粒行为研究[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2022, 53(8): 2833 - 2842.
- [15] 北京起重运输机械设计研究院、武汉丰凡科技开发有限公司. DT II (A) 型带式输送机设计手册(第 2 版)[S]. 北京: 冶金工业出版社, 2013.