

参数化建模在冶金工业厂房中的研究与应用

王骏涛

(中冶京诚工程技术有限公司,北京 100176)

摘要:随着数字化工厂概念越来越受到重视,冶金工业厂房三维模型创建的时效性和准确性成为公众关注的焦点。文章从工程实际出发,将参数化设计的概念引入到冶金工业厂房的三维设计中,通过对 Bentley ProStructures 软件的二次开发,将冶金工业厂房中复杂的结构形式按照结构特点归类做成参数化模块,内置到三维建模软件中。研究表明:参数化建模工具能够在三维模型创建过程中实现复杂模型一键生成、一键修改,降低了模型创建难度,提高了工作效率,可为参数化设计方法在冶金行业的进一步研究与应用提供技术参考。

关键词:冶金工厂; 三维设计; 参数化方法; 二次开发

中图分类号:TF30

文献标识码:A

文章编号:1673-8993(2024)10-0016-05

doi:10.13402/j.gcjs.2024.10.127

Research and application of parametric modeling method in metallurgical industry workshop

WANG Juntao

(MCC Capital Engineering & Research Co., Ltd., Beijing 100176, China)

Abstract: As the concept of digital factory is getting more and more attention, the timeliness and accuracy of the creation of 3D models of metallurgical industrial plants have become the focus of attention. Starting from the actual engineering, this paper introduces the concept of parametric design into the three-dimensional design of metallurgical industrial plants, and through the secondary development of Bentley ProStructures software, the complex structural forms in metallurgical industrial plants are classified into parametric modules according to structural characteristics, and the modules are built into 3D modeling software. Research has shown that parametric modeling tools can achieve one-click generation and one-click modification of complex models in the process of three-dimensional model creation, reduce the difficulty of model creation and improve work efficiency. The results can provide a technical reference for the further research and application of parametric design methods in the metallurgical industry.

Key words: metallurgical plant; 3D design; parametric method; secondary development

随着“工业 4.0”时代的到来,众多新方法、新技术和新设备的出现与应用使工程建设领域步入高速发展时期^[1]。数字化工厂^[2]概念越来越被大家重视,并成为当前冶金行业发展的前沿之一,对未来的冶金行业发展有着非常大的价值。其中,建筑信息模型(building information modeling, BIM)是数字化工厂的重要组成部分,它包含建筑、设备、电气、仪表等多个专业创建的三维模型信息,

并通过数字化平台组成可视化的数据模型,为数化工厂提供了底层的数据支撑。BIM 技术的大力应用提高了冶金行业的信息化程度和精细化管理水平,促进了冶金行业的重大变革。冶金厂房设计在冶金工程中是走在工程项目最前端的专业之一,厂房模型建立的时效性和准确性,影响着整个工程的进度和效果。

冶金工业厂房由于工艺流程复杂、工艺荷载

收稿日期:2024-04-17

作者简介:王骏涛(1978—),女,从事钢结构数字化设计工作。

大, 厂房整体布局复杂, 结构形式多种多样, 整体规模大, 结构构件数量繁多。因此, 冶金工业厂房的 BIM 模型的创建一直以来都是冶金工程中一个难题。目前, 工业厂房主要应用的三维软件为 Bentley 公司的 ProStructures (以下简称 PS) 软件, 其适用面广, 功能强大, 在工业厂房的 BIM 设计中具有一定的优势。然而, 冶金工业厂房由于其特殊性, 在结构构件形式以及连接方式等方面与普通厂房有很大的区别, 因此 PS 软件在冶金工业厂房的建模过程中存在效率低下, 专业需求无法满足等缺点。因此, 如何提高建模效率成为当今关注的热点。Bentley 公司旗下的软件具有很强的可开发性, 如: 黄琦茗等^[3]基于 MicroStation 对隧道帽檐斜切式洞门进行了参数化建模研究; 吴含等^[4]基于 ORD 的水工隧洞 BIM 正向设计系统进行了研究; 苏婷婷等^[5]基于 MicroStation 采用 VBA 和 C#两种语言按种类、分批次进行水工建筑物三维模型参数化、模块化设计二次开发, 这些研究都取得了良好的效果, 为基于 PS 软件进行二次开发提供了可参考的经验及理论支撑。

近年来, 参数化方法被应用于各个行业, 如: 高建新等^[6]将参数化方法应用于隧道建模, 实现了智能创建隧道构件模型, 提高了建模效率; 张胜超等^[7]提出了一种基于 Dynamo 插件的预制箱梁 BIM 模型参数化建模方法, 大大提高了建模的效率及建模精度; 张能伟等^[8]对参数化技术在复杂结构中的应用进行了分析, 为相关工程人员提供参考; 这些尝试证明了参数化方法对于三维建模来说是有效的, 这些文章中提出的分模块参数化、充分应用软件自身功能进行参数化设计、精炼参数等内容, 证明了参数化建模的概念在冶金工业厂房的设计中是可行的, 同时也为冶金工业厂房参数化建模思路提供了技术支持。参数化方法的核心思想是, 通过把设计要素变为某个或多个函数控制的变量, 实现建筑设计中的所有要素高度参数化、可控化, 其跳出了传统的建筑设计手法, 通过改变函数算法即可实现建筑方案的快速变化^[9,10]。冶金工业厂房中零构件数量巨大, 但零构件的属性信息通过归类及筛选, 能够提炼出可控制的参数变量, 这些关键的参数变量可以通过

函数的形式关联起来, 从而将这些设计要素转换成高度可控的参数化信息, 构成了参数化模块的基础。

1 冶金工业厂房参数化模块分类

为了提炼关键的参数, 需要将厂房构件进行分类, 最常用的方法就是按照厂房四大系统(厂房柱系统、吊车梁系统、屋面系统、墙皮系统)分类, 将其做成互相关联的参数化模块, 通过参数控制模块的变量, 从而实现复杂模型一键创建, 一键修改。

首先根据模块的特性对厂房的功能模块进行划分: 主要分为柱子系统、吊车梁系统、屋面系统、墙皮系统四大类, 这四大系统作为参数化模块的 4 个主模块, 每个主模块下根据结构间的关联关系又分为若干个相互关联的子模块, 这些子模块就是二次开发参数化模块的基础。具体冶金工业厂房参数化模块详细分类如表 1 所示。

表 1 冶金工业厂房参数化模块分类

系统名称	一级分类	二级分类
柱子系统	双肢格构柱	下柱
		上柱及肩梁
	双肢圆管柱	下柱
		上柱及肩梁
	四肢圆管柱	下柱
吊车梁系统	吊车梁	上柱及肩梁
		交叉支撑
		人字撑
	柱间支撑	门型撑
		—
屋面系统	吊车梁	常规
		切肢
		垫支
	辅助桁架	—
		—
墙皮系统	屋架	上承式
		下承式
	托架	上承式
		下承式
	屋面单轨吊	单轨吊平台
		单轨吊梁及支撑
	墙皮檩条支撑	—

将几何信息、材料信息、以及零件间的空间位置信息等设置成函数控制变量, 并设置相应的

参数,存储于程序中,并通过内置的参数组将各个参数关联起来,组成参数化修改引擎,进而形成一个完整的冶金厂房参数化设计模块,内嵌于 Bentley PS 软件中,从而实现厂房系统的参数化建模,参数化修改。

2 冶金工业厂房参数化模块参数分析

冶金工业厂房参数化设计过程中包括几何信息、材料信息、以及零件间的空间位置信息等,下面以柱间支撑模块为例对模型的参数进行分析。

(1) 几何信息,包括柱间支撑中支撑型钢类型和型钢尺寸、支撑斜缀条型钢类型和型钢尺寸以及支撑竖缀条类型和型钢尺寸,几何信息关联着零件在模型中所占有的空间位置大小,以及后期重量统计数据等信息。

(2) 材料信息,包括柱间支撑中支撑型钢材质,支撑斜缀条型钢材质以及支撑竖缀条型钢材质,材质信息为后期采购提供数据。

(3) 零件空间位置信息,包括柱间支撑与厂房柱的位置关系信息,与柱肩梁盖板的位置关系信息,以及支撑缀条间位置关系等信息,这些信息是模型空间位置是否正确的关键。

在这些参数信息中最复杂的就是空间位置信息。支撑的空间位置信息不仅包含支撑型钢间的相互位置关系信息,同时由于缀条与支撑型钢垂直,而缀条与缀条间存在角度,因此支撑型钢与缀条之间的空间位置关系也需要关联参数来定位。更加复杂的是整个支撑体系为倾斜状态,导致支撑系统在创建模型的时候空间位置非常繁杂。为解决这个问题,我们采用局部坐标系与整体坐标系相结合的空间定位方法,首先采用局部坐标系将缀条间角度以及缀条与支撑间角度确定,再根据整体坐标系依据厂房柱的位置找到柱间支撑在整个厂房中的正确位置。通过两次空间定位转换,解决了空间位置信息复杂、模型不好定位的问题。

通过对大量参数的分析以及精简,提炼出最优参数,进而由这些参数组成参数化模块,经由计算机语言实现参数化模块的功能。

本次开发使用 VisualStudio2019, C#语言进行代码编写,采用 WinForm 开发框架的 C/S 架构。

3 冶金工业厂房参数化对话框定制与参数化模型生成

3.1 参数化对话框定制

每个参数化模块配置一个可视化的参数化对话框,使用者在对话框中填入对应参数,调动参数关联的程序模块,进行参数化建模。参数化对话框中的参数是经过筛选留下的关键属性信息参数,这些参数以及通过这些参数函数运算所得的后台隐形参数之间的关联构成了单个零件信息,进而通过零件间的空间关联关系组成了构件信息,最终通过程序转换,生成了实体的模型。参数化对话框是使用者使用参数化模块的直接工具,主要由参数界面和图例界面组成。参数界面中的参数与图例界面中的图例相互对应,以便于设计人员使用。

以上柱交叉支撑参数化对话框定制为例,参数化对话框中将几何参数、材料参数以及空间位置参数分别列出,并且在对话框右侧配图,使左侧参数和右侧示例图相对应,设计人员可以对照示例图输入柱间支撑参数,同时,考虑到交叉支撑中间交叉位置会出现缀条碰撞的问题,在开发中应用了新的算法,在支撑的交叉点处进行细部处理,从而避免结构在特殊部位的碰撞。此新算法的核心在于交叉支撑缀条起点的设置。为了避免交叉处缀条的碰撞,支撑缀条起点调整为支撑交叉点位置,程序自动判断支撑交叉点,进而根据输入的参数布置支撑缀条以及其它细节问题。在开发过程中保留了原 PS 软件的“模板”功能,并将其植入参数化对话框中,这样,设计人员创建好模型后可以将自己的模型存储成模板,下次有类似模型,直接调用存储的模板,进行简单的修改就可以创建出新的模型,从而提高设计人员的效率,还能帮助企业建立自己独特的模型数据库,在以后的工程中可以方便的调取数据库中的数据,直接用于类似的工程中,从而降低企业成本,提升企业竞争力。

3.2 参数化模型生成

程序开发完成后将定制好的 dgnlib 文件植入程序中,定制自己的参数化界面。

使用时点击相应模块,按照提示进行操作,输入参数后即可得到需要的模型。生成的模型如果需

要修改的话, 仅需点击模型, 然后选择“更改连接”, 就会弹出原来创建模型时的参数化对话框, 设计人员可以在原来的基础上进行修改。同时, 模块创建的模型中每个零件都做到了联动, 只要修改一处, 与之相连的部位的模型就会自动进行修改; 每个模块间都存在参照关系, 只要模块中的模型进行了修改, 与之相连的其它模块的模型只要设计人员进行一次更新, 模型就会根据修改内容自动进行匹配修改, 例如, 厂房柱的柱肢宽度更改了, 设计人员只要更新一下柱间支撑的模型, 模型就会自动读取柱肢的信息, 自动对与柱肢相连处柱间支撑模型进行修改, 从而真正做到“一键修改”。部分参数化模型如图 1~3 所示。

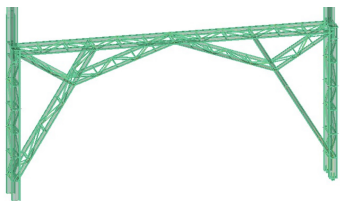


图 1 门型撑参数化模型

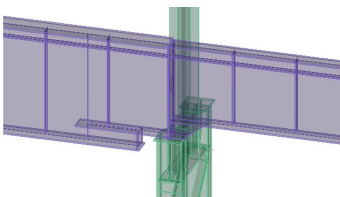


图 2 吊车梁参数化模型

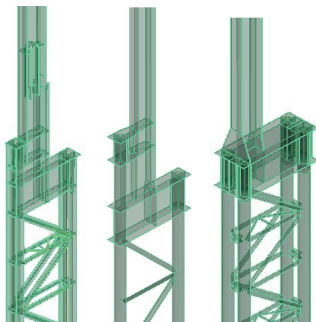


图 3 厂房柱参数化模型

4 工程应用实例

某炼钢连铸厂房建筑面积为 93 744 m², 共有 7 跨, 21 个轴线, 轨面标高有 13, 19, 32 m 这 3 种, 最大吊车吨位为 160 t。厂房采用双肢工字格构柱, 实腹吊车梁, 屋面采用桁架式屋架及托架。

厂房总体三维模型如图 4 所示, 厂房现场如图 5 所示。本工程的难点在于钢结构构件种类繁多

多零件数量巨大, 空间位置关系复杂。应用参数化模块创建模型可以很好的解决这些难点问题。构件种类繁多问题可以应用参数化模块的分类对构件进行分类, 从而解决; 空间位置复杂难以定位的问题, 可以通过参数化模块的自动关联功能创建模型, 减少空间定位。应用参数化模块进行模型创建。

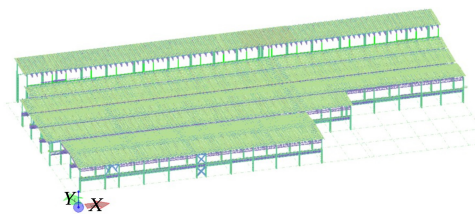


图 4 厂房三维模型



图 5 厂房现场图片

(1) 创建厂房柱。首先整理厂房模型需要的参数, 然后根据轴网定位, 应用工字格构柱模块分别创建厂房柱下柱、上柱以及肩梁。厂房柱模型创建好以后, 可以将模型存储成模板, 创建下一个厂房柱肢的时候可以直接调用模板, 根据厂房柱实际参数进行修改, 如果是相同的厂房柱截面的话可以直接调用模板创建。

(2) 创建柱间支撑。选择柱间支撑模块中相对应的支撑形式, 选择柱间支撑所连接的柱肢, 根据参数界面提示输入相应的参数, 生成柱间支撑模型。

(3) 创建吊车梁。吊车梁与厂房柱相连, 同样只要选择吊车梁两端连接的厂房柱, 然后根据参数化模块界面提示选择对应的吊车梁形式, 以及吊车梁两端支座形式, 然后输入正确的参数, 则自动生成吊车梁三维模型。

(4) 创建屋架及托架。选择屋架及托架模块, 选取屋架及托架两端连接的厂房柱上柱, 弹出屋架及托架参数化对话框, 根据对话框参数提示, 输入正确的参数, 点击确定, 生成屋架及托架三

维模型。

(5) 调用墙皮檩条支撑模块。由于 PS 可以批量创建墙皮檩条,但是却无法创建墙皮檩条支撑系统,调用参数化墙皮檩条支撑模块,选择需要创建支撑的檩条,可以批量生成墙皮檩条支撑系统。

整个厂房的三维模型需通过以上 5 个步骤完成,如果需要修改,可以点击“更改连接”对模型进行修改,修改后对与之连接的构件进行更新,模型会自动更新修改。

5 结 语

本文介绍了参数化建模方法在冶金工业厂房三维建模中的应用,并对其过程进行了研究。通过对 PS 软件进行二次开发,将参数化设计的方法引入到冶金工业厂房三维设计中来,得到了冶金工业厂房参数化模块软件。工程实例表明,通过应用钢结构参数化模块软件,冶金工业厂房钢结构提升设计效率约 20%,新系统的应用,提高了设计精度,减少后期返工,同时系统数据通畅,为各专业协同工作提供了可靠数据,从而减少了各专业碰撞问题而导致的资源浪费,这些都间接的节约了设计成本。参数化方法的应用对于提高冶金工业厂房设计效率以及经济效益有着重要的意义,同时也为数字化工厂的建立提供了底层数据支撑及技术支持。通过在冶金工业厂房中应用参数化建模,可以在参数化建模方向积累一定的经验,这些经验可以应用于钢厂的其它系统的设计

中,例如炼铁、上料等系统。其次,对于 PS 软件的二次开发为其它三维模型软件的二次开发提供了参考经验,对于以后的开发工作起到了指导作用。

参考文献:

- [1] 胡振中,刘毅,林超. 基于 BIM 的工程管理信息技术研究展望[J]. 工业建筑,2022,52(10):195-202.
- [2] 杜汉强. 浅谈钢铁企业数字化工厂建设实践[J]. 中国设备工程,2022(22):34-36.
- [3] 黄琦茗,仇文革,万世付,等. 基于 MicroStation 的隧道帽檐斜切式洞门参数化建模研究[J]. 隧道建设,2020,40(11):1602-1606.
- [4] 吴含,赵路,刘建秀. 基于 ORD 的水工隧洞 BIM 正向设计系统研究[J]. 人民黄河,2022,44(5):157-162.
- [5] 苏婷婷,刘喜珠,刘洁,等. 基于 MicroStation 的水工建筑物参数化建模二次开发研究与应用[C]//2022 中国水利学术大会论文集(第四分册). 郑州:黄河水利出版社,2022:327-332.
- [6] 高建新,姜谔男,郑帅,等. 基于 BIM 的参数化隧道标准建模方法[J]. 中外公路,2021,41(4):236-241.
- [7] 张胜超,郭新贺,鲍大鑫. 基于 Dynamo 的预制箱梁 BIM 模型参数化建模技术[J]. 土木建筑工程信息技术,2021,13(3):107-111.
- [8] 张能伟,阮永辉,王宝通,等. 参数化技术在复杂结构设计中的应用[J]. 建筑结构,2023,53(增刊2):388-393.
- [9] 郑鑫. 参数化建模的方法在储煤场封闭工程中的应用[J]. 山西建筑,2022,48(2):73-76.
- [10] 李彦鹏,周建. 参数化技术在结构设计中的应用[J]. 建筑结构,2022,52(10):142-147.