



# 基于 BIM 技术的工业窑炉三维建模前景分析

孙华云<sup>1</sup>, 李明晶<sup>1</sup>, 卢 勇<sup>2</sup>

(1 山东工业职业学院, 山东 淄博 256414; 2 山东省冶金工业总公司, 山东 济南 250014)

**摘 要:**介绍了 BIM 主要建模软件特点、硬件配置、工业窑炉三维模型构件库的组成以及动态和协调建模过程, 分析了 BIM 模型在工业窑炉优化设计、控制仿真以及造价中的应用, 指出基于 BIM 的三维建模将在工业窑炉领域中不断得到发展和广泛应用。

**关键词:**BIM 技术; 工业窑炉; 三维建模

中图分类号: TB47; TP391

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2017)06-0033-04

## 1 前 言

据统计, 目前我国各类工业炉窑(不包括锅炉)约有 15 万台, 主要分布在冶金、建材、机械和化工等行业。计算机辅助设计经过几十年的发展, 二维设计软件已经得到广泛的应用, 而三维设计软件以其直观、准确、动画模拟等优势越来越被设计者所关注和应用。在一些工程设计院已开始将三维软件应用到工业窑炉设计中。尽管如此, 工业窑炉三维模型设计仍然没有摆脱“辅助制图”单一功能的缺陷。这与近年来全球建筑工程设计信息化(BIM)技术的发展理念仍然有较大差距。在中国, BIM 技术在建筑工程行业正在不断被认知和认可, 工业窑炉作为工程建设的一个重要分支, BIM 技术势必也会成为其设计发展的必然趋势。作为 BIM 技术实施的第一步, 基于 BIM 技术的三维模型创建有别于普通三维模型的创建。本研究就工业窑炉设计与建设中, 基于 BIM 技术三维模型的创建进行一些有益的探索。

## 2 BIM 概况

BIM 是建筑信息模型(Building Information Modeling)的简称。根据美国国家标准(NBIMS)对 BIM 的定义, BIM 是指一个建设项目(或一个设施)物理和功能特性的数字表达; 是集成了建设项目各种相关信息的工程数据模型, 它综合了所有的几何模型信息、功能要求和构建性能以及施工进度、运营分析、维护管理等过程信息, 将一个建筑项目整个生命周期内的所有信息整理到一个独立的建筑模型中<sup>[1]</sup>。

BIM 模型的创建基于两个基本思想: 第一, 将设计信息以数字形式保存在数据库中, 以便于更新和

共享; 第二, 在设计数据之间, 创建实时的、一致性的关联, 对数据库中数据的任何更改, 都马上可以在其他关联的地方反映出来, 这样可以提高项目的工作效率和保证项目的工程品质。

## 3 基于 BIM 的工业窑炉三维建模技术

### 3.1 建模软件和硬件配置

1) 软件的选择。BIM 建模软件是 BIM 技术的基础, 目前, 市面上 BIM 建模软件有很多。例如, Autodesk 公司的 Revit 系列、Graphisoft/Nemetschek 公司的 Archi CAD 软件、Bentley 公司的 Bentley 系列软件、Gery technology/Dassault 公司的 CATIA 软件、Tekla 系列软件以及 Google 公司的 Sketch Up 软件。各主要软件及特点如表 1 所示。对于工业窑炉设计者来说, 目前大多普遍使用 Auto CAD 二维绘图, 虽然有少量设计者开始采用 Auto CAD 来创建三维模型, 但与 BIM 技术的设计理念仍然有较大的差距。

在上述软件中, Revit 系列软件是专门为面向 BIM 而建, 但其数据都可以被 Autodesk 旗下多平台软件所读取利用, 如 3D MAX、Showcase、Navisworks 等, 具有极强的兼容性。因此, 工业窑炉设计者应该首选 Revit 系列软件, 可以在保留 Auto CAD 的工作流程的基础上, 通过 Revit 系列软件较容易地实现向先进的 BIM 三维建模过渡。

Archi CAD 是最早一个具有市场影响力的 BIM 核心建模软件, 被誉为建筑设计师开发的三维设计软件, 但在国内仅限于建筑专业, 在工业窑炉行业中的应用还有待突破。

Bentley 系列软件基于 Microstation 综合型的三维设计平台, 功能相当强大, 能完全替代市面上各种软件的建模功能, 满足建模阶段的各种建模方式的需求; 但由于包含大量代表不同特征行为的各种功能模块, 具有大量不同的用户界面, 学习不易上手, 不太适合初学者。由于 bentley 系列软件的专业设计

收稿日期: 2017-10-18

作者简介: 孙华云, 女, 1972 年生, 1992 年毕业于济南大学无机非金属材料专业。现为山东工业职业学院工程师, 从事冶金技术专业实训教学工作。

表1 主要BIM建模软件及特点

公司名称	主要软件	主要特点
Autodesk	Revit architecture (建筑) Revit structure(结构) Revit MEP(机械电气管道)	借助 Auto CAD 的天然优势,有相当不错的市场表现;软件易上手,用户界面友好;具备由第三方开发的海量对象库,方便多操作模式;根据路径实现三维漫游,方便项目各参与方的交流与协调;Revit 软件的参数规则(parametric rules)对于由角度变化引起的全局更新有局限性;软件不支持复杂的设计,如曲面等。  是面向全球市场的产品,是最早的一个具有市场影响力的 BIM 核心建模软件,也是国内建筑行业最熟悉的产品;界面直观、易学;具有海量的对象库;具有丰富多样的支持施工与设备管理的应用;参数模型对于全局更新参数规则有局限性;采用的是内存记忆系统,对于大型项目,需要将其分割成小型的组件才能进行设计管理;在中国由于其专业配套的功能仅限于建筑专业,与多专业一体的设计院体制不匹配,很难实现业务突破。
Graphisoft/ Nemetschek	Archi CAD	主要市场在德语区。 美国市场使用的产品名称。
Bentley	AIPLAN Vector works  Bentley architecture (建筑系统) Bentley structure (结构系统) Bentley building mechanical systems (建筑机械系统)	基于 microsoftstation 图形平台,涵盖了实体、B-Spline 曲线曲面、网格面、拓扑、特征参数化、建筑关系和程序式建模等多种 3D 建模方式;完全能替代市面上各种软件的建模功能,满足建模阶段的各种建模方式的需求;三大系列软件在工厂设计(石油、化工、电力、医药等)和基础设施(道路、桥梁、市政、水利等)领域有无可争辩的优势;软件具有大量的不同的用户操作界面,不易上手;各种各样的功能模块包含了不同的特征行为,很难短时间掌握;对象库数量有限,互用性差,各不同功能的系统只能单独应用。
Gery technology /Dassault	CATIA  Digital project (以 CATIA 为基础)	CATIA 是由 Dassault 公司开发、全球最高端的机械设计制造软件,在航空、航天、汽车等领域具有接近垄断的市场地位,应用到工程建设行业无论是对复杂形体还是超大规模建模能力、表现能力和信息管理能力都比传统的建筑类软件有明显优势。  Digital Project 是 Gery Technology 公司在 CATIA 基础上开发的一个面向工程建设行业的应用软件(二次开发软件),其本质还是 CATIA;Digital Project 能够设计任何几何造型的模型,且支持基于规则的复杂参数模型构件,如设计复核的 Knowledge Expert 构件、功能优化参数设计的 Project Engineering Optimizer 构件、跟踪管理模型的 Project Manager 构件等;Digital Project 用户界面复杂;初期投资较高;对象库数量有限。
Tekla	Xsteel(早期版本) /Tekla structure	Tekla Structures 10.0 版本以前,软件名是 Xsteel,10.0 后,Xsteel 加上了结构的有限元分析功能,改名为 Tekla Structures。Xsteel 是 tekla 公司最早开发的基于 BIM 技术的施工软件,后迅速成长为世界范围内的被广泛应用的钢结构深化设计软件。该软件可以使用 BIM 核心建模软件的数据,对钢结构进行针对加工、安装的详细设计,生成钢结构的施工 4D(3D+time)模型施工建造模拟与 5D(3D+time+cost)模型的造价功能。

和协同设计方面性能优越,Bentley 系列软件应用到工业窑炉具有广阔的前景。

2)硬件要求。BIM 建模是基于三维设计,对硬件系统的计算能力和图形处理能力相比传统的 CAD 软件要高。硬件配置可参考各类 BIM 建模软件厂商推荐的硬件配置要求。目前工业窑炉设计单位配置的硬件设施一般不能满足要求。可根据工业窑炉的种类、规模大小等,重点提高计算机 CPU、内存和显卡的配置。一般采用 64 位 CPU 和 64 位操作系统,内存存在 4G 以上,不宜采用集成显卡,而应选择支持 OpenGL3.3 或更高版本的独立显卡。

### 3.2 工业窑炉三维模型构件库的创建

对于基于 BIM 技术的工业窑炉三维建模,应具有工业窑炉的专业特性或行业性,例如窑炉的窑墙、

炉门、燃烧室、烟道、风机、风管等,这些模型已不再是纯粹的几何图元,不再是一个个简单的建筑表现,而是通过 BIM 建模平台的设计,体现项目全部要素的“智能构件”,这些“智能构件”中的参数以及参数之间的关系是有专业知识来驱动的,并能够反映工业窑炉的工作行为。工业窑炉的设计过程就是不断确定和修改各种“智能构件”的参数。

对于工业窑炉建模的参数化程度,除了取决于设计者的建模能力外,还取决于设计者对工业窑炉专业知识的掌握和理解能力。需要掌握流体力学、热力学、传热学、燃料燃烧、加热工艺等专业知识,例如燃烧室的设计,需要懂得根据使用条件选择燃烧室的布置、尺寸、大小、耐火材料的选择类型、材质、厚度、导热系数等,后期配套的烧嘴安装方式、规格、大

小,以及燃料的种类、燃烧特点、火焰分布等。

以 Autodesk Revit 为例,“智能构件”的设计是基于族来完成的,类似于 CAD“块”的概念。Autodesk Revit 将族分为 3 个类型:即系统族、标准构件族、内建族。

1)系统族是 Autodesk Revit 中预定义的族,包含基本建筑构件,例如墙、窗和门。设计者可以复制和修改现有系统族,但不能创建新的系统族。

2)标准构件族大多存储在构件库中。设计者可以使用族编辑器复制和修改现有构件族,也可以根据各种族样板创建新的构件族。标准构件族可以位于项目环境外,且具有.rfa 扩展名。可以将它们载入项目,也可以从一个项目传递到另一个项目。

3)内建族是特定项目中的模型构件,只能在当前项目中创建内建族,它们仅可用于该工业项目特定的对象,例如自定义的炉衬、窑墙等。

在 Autodesk Revit 中,系统族是系统自带的建筑必要构件,能够修改的权限比较小,标准族有各种参考样板、内容丰富,参数多,而内建族可以自由修改。相信随着工业窑炉 BIM 建模的开展和深入,会逐步积累一套自己独有的族库,在以后的工业窑炉设计工作中,可直接调用这些族数据库,并根据实际情况进行参数修改,提高工作效率。

根据通用的制图规范图集、制图标准,结合目前工业窑炉设计部门自备的数据库以及热工设备厂家提供的技术样本,可以预见出基于 BIM 的工业窑炉三维建模涉及的专业及各类常用构件。

热工专业:在热工计算的基础上确定的炉衬、炉门、炉顶、炉底、窑墙、燃烧室等。

土建专业:基坑、基础、板、梁、柱、钢架、炉体、烟囱等。

机电专业:燃烧装置、鼓风机、排风机、运输机、加料机、推车机、卸料机、窑车、蒸汽(煤气、空气、输油)管道、各种阀门等。

电气自动化:变电设备、配电设备、测量与调节仪表(温度、压力、流量、烟气成分、液位等)等。

环保专业:空气预热器、余热废热锅炉、含尘气体净化装置(如旋风收尘器、布袋收尘器及电收尘器等)、成品显热回收装置等。

### 3.3 动态和协调建模

一台工业窑炉的设计显著区别于一般的建筑工程,设计过程涉及到热工、结构、建筑、机电、电气、环境保护等专业领域,设计难度比较大。根据以往的设计经验,设计首先从工业窑炉所对应的生产工艺开始进行系统设计,如钢铁的冶炼、生石灰的煅烧、铁矿石的烧结等。工艺技术人员向其他专业提

交有关资料,热工专业根据工艺制度要求,在热工计算的基础上进行技术设计,技术设计之后便可进行施工设计。在这种传统设计模式中,各专业人员虽然也相互接触、相互磋商,力求避免设计中出现的各类冲突,但客观上,由于信息对接不完善,技术设计中的细节部位不能详细表现等,设计中不可避免出现“错漏碰缺”等问题。技术人员尽管仔细复查施工图纸,但有些差错只能等到施工阶段才能发现,会造成不必要的返工和浪费,更为严重的是有些差错甚至到了运营期间才发现,给运维安全埋下隐患。因此,在工业窑炉设计过程中,各专业间的相互协调、动态调整建模的有关数据显得尤为重要<sup>[2]</sup>。

面对传统设计工作的缺陷,工业窑炉三维建模采用 BIM 技术设计理念尤为重要。BIM 模型作为项目信息交流和共享的数据中心,各专业设计师可以此为平台开展多专业动态协调建模。每个专业的设计者通过建立自己的本地文件,建立本专业的数据库,如设计规范、任务书、图纸、技术说明等,并设置文件编辑权限,开展模型协调和技术交流。如果资料发生变更,设计者只需在协同平台上及时发布更新自己的设计成果,并保存到数据中,这样每个专业的设计者都加入到一个项目数据库中,所有参与者都从一个“源”文件中获得信息,信息不存在重叠、冗余,并能及时反馈调整。

## 4 BIM 模型的应用分析

基于 BIM 技术的工业窑炉三维建模,不仅仅是几何特征的表达。在建模过程中,将非几何因素也集成到三维工业窑炉模型中,如炉衬的材料特征、物理特征、力学参数、设计属性、价格参数、厂商信息等,使得工业窑炉及其构件成为智能的实体。除了按照出图规则自动获得二维图纸以外,各专业人员可以根据技术要求,提取相应的专业信息,来满足自己工作的需要。

### 4.1 在工业窑炉优化设计中的应用

据专家介绍,我国工业炉窑当前存在的主要问题是技术装备水平整体不高。大部分工业炉窑在燃烧系统、余热利用、绝缘保温、自动控制、热工检测等方面技术性能不完善,能源利用效率较低。在材料的选择上,由于选择不当,造成材料与运行工况不匹配,一些炉窑炉体散热损失高达 60% 以上<sup>[3]</sup>。随着 BIM 技术的发展,三维建模为优化设计提供了有利条件。如可以将研制的喷嘴应用在三维模型中,利用流体力学相关软件进行模拟,测试燃烧阻力、空燃比、温度场分布、压力变化、热工效率等热工参数,采用反求设计的方法,进一步优化喷嘴的结构设计。相

信这种基于 BIM 的设计理念将在工业窑炉设计中逐步得以实现和完善。

#### 4.2 在工业窑炉控制仿真中的应用

基于 BIM 三维模型的建立,为工业窑炉传热学、动力学仿真提供了方便。通过数据转换,可以利用 fluent 软件模拟窑炉的流场及燃料燃烧,进行流体传动与传热的模拟计算,分析窑炉内气体流动、流速和压力的分布规律,分析物料之间以及物料局部换热的分布特征等<sup>[4]</sup>,进一步基于 matalab 仿真软件进行联合仿真,实现窑炉控制系统与热工设备的联合仿真。

#### 4.3 在造价中的应用

由于工业窑炉的三维信息模型包含了所代表的工业窑炉的详尽信息,因此,可以生成各种筑炉材料、热工设备、控制仪表等各种清单表格<sup>[5]</sup>。应用这些表格进行概预算、向材料设备供应商提供采购清单等。目前,在建筑工程领域,基于 BIM 的工程造价软件有广联达、鲁班软件等,这些软件在工业窑炉中的应用尚处于起步阶段。

## 5 结束语

目前,国内 BIM 技术的应用在建筑全行业已获得广泛关注,但在工业窑炉领域的应用尚处于摸索阶段,技术及管理都还不成熟,没有统一的行业规范及标准。但随着 BIM 相关理论和技术的不断发展,随着设计部门、使用部门、机电设备供应部门参与,基于 BIM 的三维建模将在工业窑炉领域中不断得到发展和广泛应用。

#### 参考文献:

- [1] 丁士昭.建设工程信息化导论[M].北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [2] 相冲,刘刚.三维协同设计在水泥工程中的应用[J].水泥技术,2012(5):31-33.
- [3] 朱林霞,邵宇钦.BIM Revit MEP 在某燃气锅炉房管道布置中的应用[J].港口科技,2015(5):35-36.
- [4] 王建军,姚鹏放,衣凯.BIM 技术在宝钢 9<sup>#</sup>电炉维修中的应用研究[J].土木工程信息技术,2014,6(5):112-117.
- [5] 张隆飞.BIM 技术在钢铁工业中的应用[J].科技创新与应用,2014(17):76.

## Prospecting Analysis on 3D Modeling of Industrial Furnace Based on BIM Technology

SUN Huayun<sup>1</sup>, LI Mingjing<sup>1</sup>, LU Yong<sup>2</sup>

(1 Shandong Vocational College of Industry, Zibo 256414, China;

2 Shandong Metallurgical Industry General Company, Jinan 250014, China)

**Abstract:** The major software and hardware design for BIM, the compositions of component library of 3D models for industrial furnace are introduced. Dynamic and collaborative modeling process is also described. The application of BIM models on optimal design, control system simulation and construction cost is analyzed. The article points out the fact that 3D modeling process of industrial furnace based on BIM technology will be broad applied and developed.

**Key words:** BIM technology; industrial furnace; 3D modeling

学会动态

### 2017 互联网 + 与钢铁企业商务管理(电子商务在钢企中的应用)高峰论坛在上海召开

2017年11月19、20日,由山东河北、上海、天津、江苏、山西、四川、陕西省金属学会共同主办“2017互联网+与钢铁企业商务管理(电子商务在钢企中的应用)高峰论坛”在上海市召开。在全球新一轮科技革命和产业变革中,互联网理念、先进信息技术与冶金行业深度融合,正在推动钢铁企业互联网新技术、新模式和新业态的兴起。借助“互联网+”战略,钢铁企业能够规范行业数据,理顺业务流程,在实现信息、数据资源共享的同时,提供实时

服务,有效消除产业链信息壁垒,优化资源配置,实现产销平衡,进而缓解产能过剩问题。为推动我国钢铁企业以“互联网+”为手段,以智能化为基础,建设市场导向的生产计划决策平台与智能化信息管理系统,构建绿色低碳、安全高效的现代管理体系,采用备件低成本采购、集体储备、零库存管理工作,以降低库存,减少积压。开展钢企营销供应链电子商务可以降低本增效,提高资金利用率和企业竞争力,促进管理工作提升到新的水平。

### 山东环境资源学科群秘书长座谈会召开

为进一步提高学会的工作成效,促进环境资源学科群各成员之间的相互学习和了解,加强各成员之间的沟通与合作,紧密配合,共同努力做好学科

群工作,山东环境科学学会邀请山东金属学会等环境学科群的兄弟学会,于2017年12月15日上午9时在吉华大厦召开了环境资源学科群座谈会。

(山东金属学会秘书处)