



# 基于Bentley平台的BIM协同设计在露天矿工程中的应用

高群 齐振鹏 王忠鑫 李子奇 何丽微 郭晓松

随着信息社会软硬件迅猛发展，对信息化管理的要求日趋迫切。自2017年始，国家住房和城乡建设部及各相关部门陆续颁布了许多有关建筑信息模型（Building Information Modeling, BIM）的政策法规和标准，推动工程设计行业的三维协同设计由个案探索向集群发展。BIM技术是集设计、施工、运维于一体的管理工具，国内露天矿对BIM技术的应用仍处于起步阶段。随着工程项目大型化，工程总承包建设的加快，参与专业众多，传统的二维设计手段已不能满足新时代业主对工程项目展示直观、立体的业务要求。因此，对设计单位来说，采用BIM协同设计迫在眉睫，在建设数字矿山、智能矿山的背景之下，BIM协同设计必将成为煤矿设计领域升级转型的发展趋势。BIM协同设计是指以三维数字化技术为基础，以三维设计平台为载体，由不同专业设计者组成，为实现目标而开展的协同设计工作，是一个数据共享和集成的过程。

当前，煤炭行业工程项目仍以传统二维设计为主的分散设计和管理模式，存在5点问题：①工程信息相互分离，二维设计中信息的表达主要通过图纸标注、材料表、附注等方式，图形与信息分

离；②设计意图表达不直观，遇到复杂情况时，二维图纸难以直观表达设计意图，容易产生误解；③图纸中错漏碰缺难以察觉，在二维设计的施工图中，同一专业不同视图的冲突和专业之间的设计冲突问题，往往到施工时才能发现，通过设计变更解决，造成施工延期，增加项目成本；④专业间协同设计效率低下，传统二维设计采用串行设计，导致设计人任务不饱满，接收资料滞后，协同效率低下；⑤专业资料修改过程中容易出错，当修改版本过多时，易造成图纸混乱，需重新确定最终版。

BIM协同设计能够有效地解决上述问题，为设计人员提供一个真实的三维空间进行设计，在设计过程中赋予模型多层信息，以此为基础通过模型与设计人员的信息交流实现协同设计。笔者结合华能伊敏煤电有限责任公司伊敏露天矿煤炭生产补套完善项目，基于Bentley三维协同软件研究了一套应用于露天矿地面生产系统的设计流程。

## BIM 协同设计流程研究

### Bentley 软件模块及功能

伊敏露天矿煤炭生产补套完善项目需要用到

表1 三维设计软件模块及功能

产品模块名称	功能及适用专业
MicroStation	基本三维模型构建平台
ProjectWise (简称 PW)	协同设计平台
OpenBuildings Designer	建筑、结构设计模块
OpenRoads Designer	总图、道路设计模块
OpenPlant Modeler	给排水、暖通、电气设计模块
Navigator	三维浏览及碰撞检查平台

Bentley系列中多个三维软件模块，主要三维设计软件模块及功能见表1。

## BIM 协同设计流程

BIM协同设计是一项多专业参与的系统工程，所有相关专业利用PW协同平台同时进行设计，可以加快露天矿工程设计过程中专业间交流速度，设计效率大幅提升的同时还可以提高设计质量。为保证各个专业有序高效地进行设计，必须要建立起一套完整的设计流程，可分为6个部分（图1），全厂总装完成的后续部分为BIM协同设计的延伸，是

实现数字化交付的必要前提。

BIM协同设计可应用于设计的不同阶段，如可行性研究阶段、初步设计阶段、施工图设计阶段，笔者仅讨论施工图设计阶段，具体内容有以下6点：

（1）前期准备：项目负责人负责制定设计进度计划，确定工程项目数据库，配置BIM协同设计环境，制定BIM设计要点。

（2）方案优化：采矿专业人员负责设计开采参数，生成矿坑三维模型；总图专业人员负责整理原始地形，建立三维地理模型；机械专业人员负责优化总平面工艺方案。

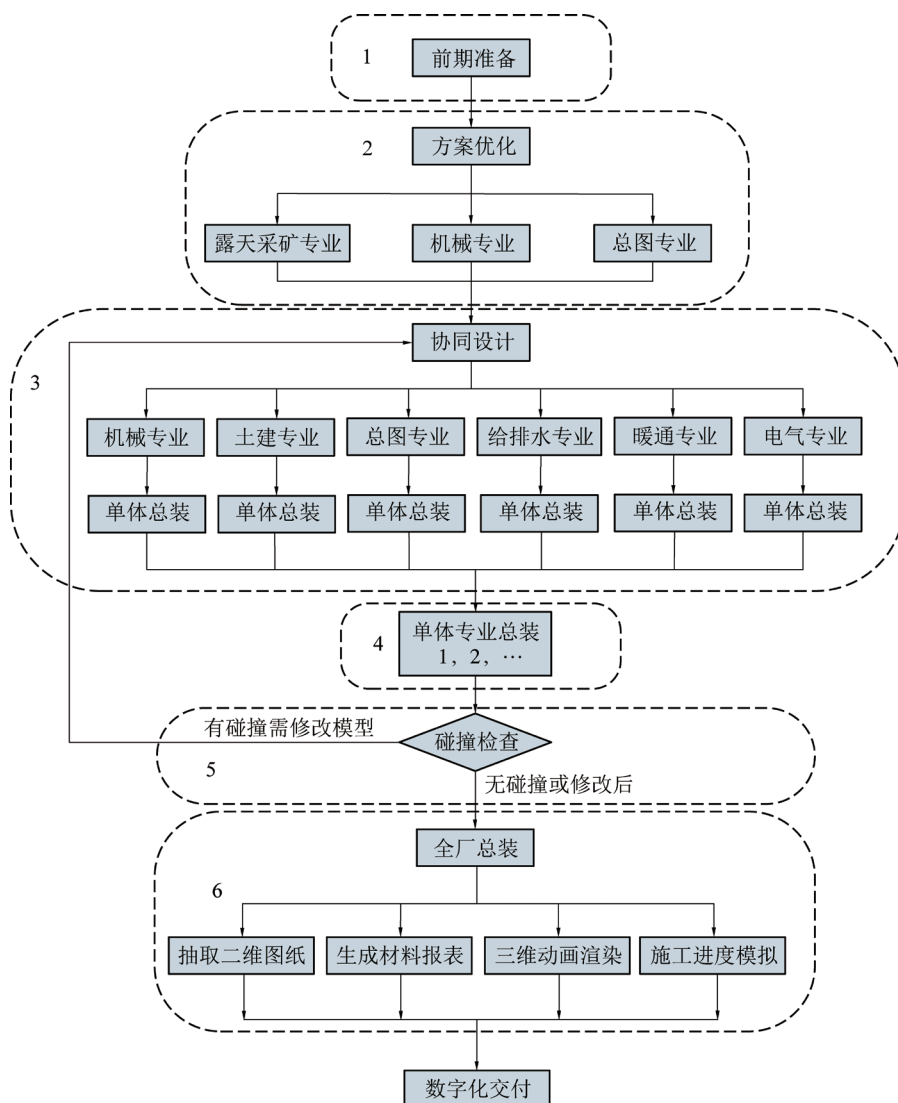


图1 三维设计流程

(3) 协同设计：各专业通过设计依据及范围在PW协同平台上并行设计，完成本专业的设计工作。

(4) 单体专业总装：以单体建筑物为单位，主导专业负责人进行单体专业总装的设计工作。

(5) 碰撞检查：以单体专业总装为依据，进行专业内和专业间的硬、软碰撞检查，形成协同修改原则。

(6) 全厂总装：项目负责人根据各单体专业总装完成项目全厂总装工作。根据公司制定的出图标准，利用三维模型剖切生成二维图纸，计算项目的工程量，依据项目需求完成数字化交付的相关工作。

## BIM 协同设计实例

### 前期准备

在协同设计开始之前，要进行人员分工及文件管理设置，建立PW协同平台层级结构，对各类人员分配权限，以满足BIM设计体系具有文件唯一、分工明确、图模分储的要求。

#### (1) 基于PW协同平台，建立文件结构

文件结构需要遵循：文件夹层级不宜过多，能在文件命名上区分的同类文件宜放入同一层级；宜满足设计阶段、施工阶段快速查找文件的需求；满足文件夹向下包含、逻辑清晰要求。

#### (2) 人员分工

人员包括项目负责人、专业负责人、设计人。项目负责人负责制定设计进度计划、把控设计进度；专业负责人负责设计分工，把控设计质量；设计人负责协同设计工作，利用PW协同平台交换数据。

### 方案优化

优化露天矿地面生产系统总平面工艺方案，为后续协同设计奠定基础，方案优化设计需要采矿专业、总图专业、机械专业协调配合。总平面方案优化尤为重要，关系着后续协同设计的成败，也关系着工程项目的经济价值，方案设计需要反复优

化、调整，并最终由部门审定后向下游专业传递，总图专业确定各控制点坐标、标高后进行协同设计。

### 协同设计

当方案优化完成后，各专业开始进行协同设计。从单体建筑物的布置开始到完成全厂模型总装结束，形成一套完整的协同设计及资料互提流程。机械专业根据最终确定的工业场地总平面设计方案，进行每个单体建筑物的详细布置，完成后注明设备荷载情况，最后将设计好的车间布置及荷载资料提资给其他专业进行设计。通过在PW协同平台上三维提返资的工作，完成各专业的设计任务，并生成全专业的三维设计模型（图2）。

### 单体专业总装与碰撞检查

各专业设计完成后，由专业负责人进行汇总，完成单位工程的分装。同时对单位工程进行碰撞检查（图3），专业内的碰撞由专业负责人协调修改，专业间的碰撞由项目负责人协调修改，直到碰撞检查通过为止。此外，Navigator软件还可以提供动态碰撞检查，即引入时间概念，形成4D动态碰撞检查，动态检查可为后续设备安装过程提供较好的帮助，以及行人检修空间的检查。

### 专业模型的全厂总装

全厂总装是BIM协同设计的最后一项工作。项目负责人根据全厂位置坐标，将各专业建好的单体专业总装模型集中布置，如图4所示。

### 生成材料报表、二维图纸及模型轴侧图

根据公司出图标准，利用三维模型剖切生成二维图纸，导出项目工程量。BIM模型是信息模型，可以提供实时可靠的材料表清单。设定报表格式，抽取三维模型部件和设备材料表。软件自带切

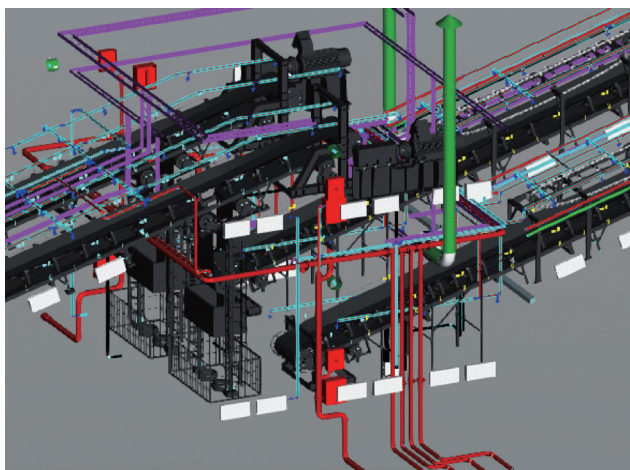


图2 水暖机械专业设计三维模型

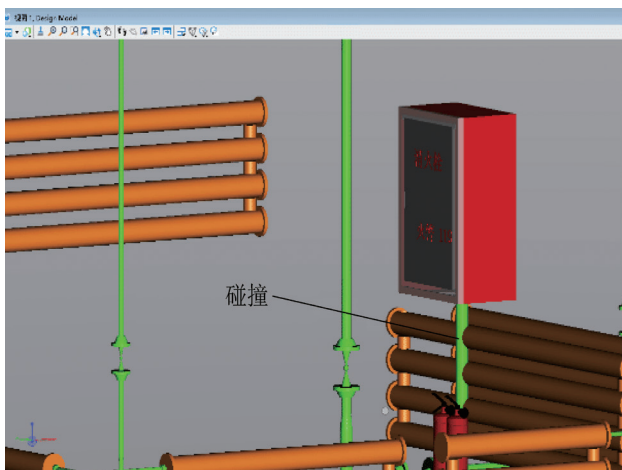


图3 暖通专业与消防专业的碰撞

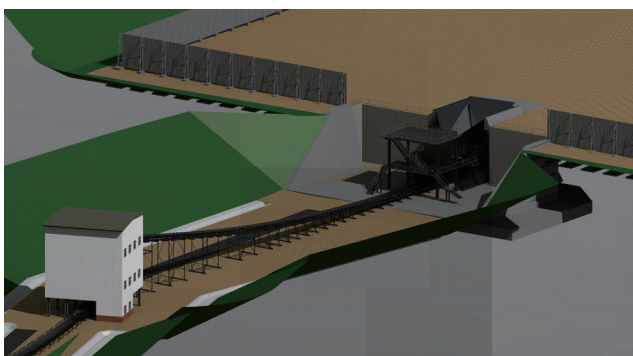


图4 全厂模型总装

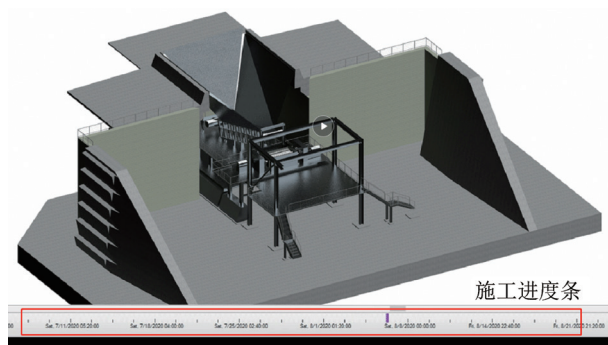


图5 施工进度模拟

图功能可实现模型在空间中任意剖切以及轴侧图的生成，可随时对模型进行修改，其对应的图纸及材料表也会更改，真正实现一处修改，处处更新。

### 三维动画渲染及施工进度模拟

利用MicroStation自带的可视化工具，可对全厂模型进行渲染及动画制作，还可以从任意角度漫游其中。施工进度模拟采用Navigator软件，通过模型拆分、归类、划分流水段、模型图层与施工进度挂接，完成施工进度模拟，并录制动画（图5）。

### 提供数字化交付数据

数字化交付的核心包括三维模型、数据、文档及其关联关系，因此，通过三维协同设计可以将所需资料整合，为数字化交付做好准备。

## 实施 BIM 协同设计前后效果对比

通过BIM协同设计，对于设计单位可达到3方面的效果：①掌握各专业的的设计进度；②快速便捷检查碰撞问题；③优化可视化辅助设计方案。对于业主来说，可以获得完整的模型占位信息，尤其是地下建筑物，方便运维管理，而且完整的数据信息是建立数字矿山以及智能矿山的基础，是打造全生命周期运维方案的先决条件。实施BIM协同设计，大幅提高了设计质量，有效降低了施工成本（图6），根据项目EPC管理数据，以土建施工为例，对比类似规模同类型项目，设计变更次数由31次降为19次，降低了38%，变更率不足0.4%；施工周期缩短了18 d，缩短率达6%，节省机械、人工及管理成本约310万元；通过碰撞检查在组装模型校审阶段排除碰撞60余项，较类比项目增加210%，其中，直接影响施工可行度的有16项，有效提高了设计质量；通过



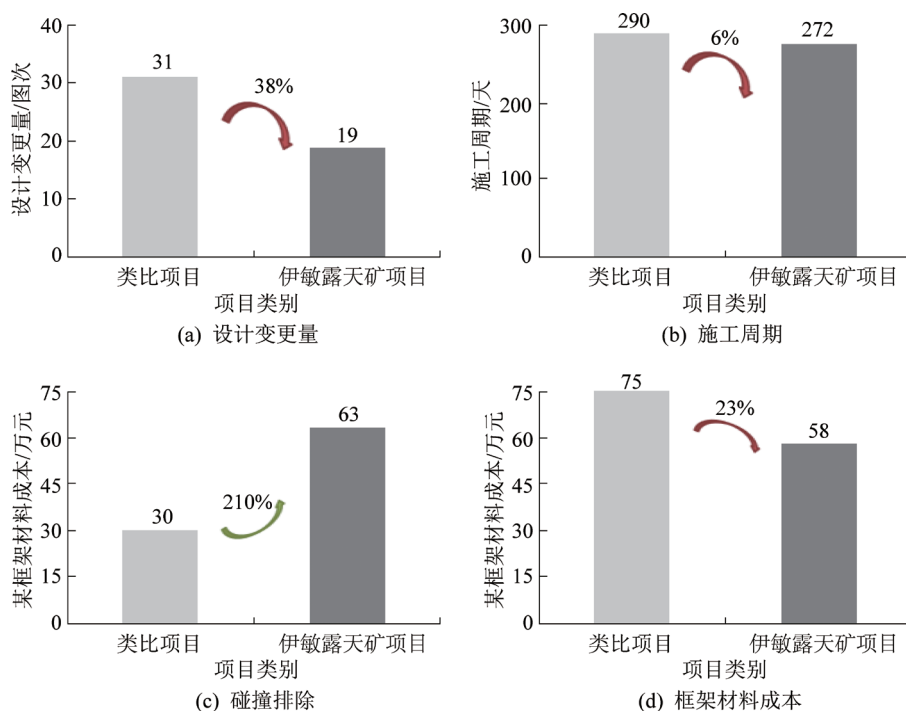


图6 项目EPC管理数据对比

可视化方案优化方式,使某栈桥主框架高度由25 m下降至18 m,布局更加紧凑,经核算,该框架土建材料节省约23%。

## BIM 协同设计优势及展望

### 优势

笔者基于Bentley设计软件及PW协同平台,研究了一种适用于露天矿工程BIM设计的协同设计流程,并通过实际案例的应用及对比体现了以下3点优势:

(1) 现阶段的Bentley系列设计软件及PW协同平台能满足当下的工程建设需求,可以实现设计单位及业主预期的效果。

(2) 实施BIM协同设计,为项目前期规划及优化提供了便利条件,使设计成果更加直观,设计质量明显提高,工作效率显著提升,更重要的是对缩减施工周期与建设成本等都有显著作用。

(3) 实施三维协同设计,为后续露天矿工程数字化交付及一系列应用奠定了基础,具有实际应

用价值。

### 展望

关于BIM协同设计,目前仅对单一类型项目进行了应用,未来应进行更广泛的研究,只有这样才能提升设计单位核心竞争力,在新的市场环境中立足,保持行业领先地位。借助BIM技术优势,协同设计的范畴也将从单纯传统的设计阶段扩展到建设全生命周期,需要设计、施工、运维等各参建方集体参与,具备了更高、更广泛的意义,进而实现综合效率的大幅提升,为建设数字矿山、智能矿山打下坚实基础,推动行业智能化建设更快发展。

■ 责任编辑:李艾稣

#### 作者简介:

第一作者:高群,高级工程师,从事选煤厂设计、BIM设计、智能化设计与科研工作。  
E-mail: gaoq@zmsyy.com

作者单位:中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司;煤炭科学研究总院沈阳露天采矿技术研究院

基金项目:中国煤炭科工集团有限公司科技创新创业资金专项重点资助项目(2018-2-ZD004)