

公司名称

中铁建工集团安装工程有限公司

项目地址

中国，辽宁鞍山

应用软件

Autodesk® AutoCAD®

Autodesk® Revit®

Autodesk® Navisworks®

Autodesk® Fabrication

中国中铁BIM物资施工与运营维护管理系统

鞍山百脑汇科技广场： BIM+建造=智造

中铁建工基于BIM的机电工程数字化建造技术及应用

“BIM技术是建筑产业革命性技术，在项目精细化管理、建筑全生命周期管理中能够发挥巨大作用，也是绿色建造技术。为更好的应用BIM技术，集团公司成立了BIM工作站，组建BIM团队，选定集团公司BIM技术试点项目进行应用试点，同时制定集团BIM工作流程及应用标准、BIM技术操作手册、BIM技术建模标准、BIM技术数据库应用标准，坚持“试点先行、逐步推广”。随着BIM技术的进一步推广和相关规范的完善，其在工程管理中的价值将会越来越显著，必然促进BIM技术健康有序发展，进而实现建筑行业的巨大变革。

—曹少卫
技术中心副主任
中铁建工集团有限公司

”



鞍山百脑汇

公司简介

中国中铁建工集团安装工程有限公司（以下简称安装公司）成立于1994年，原名为中铁建厂工程局安装工程总公司（其前身为成立于1978年的铁道部建厂工程局涿州机电设备安装公司）。是世界双500强企业中国中铁麾下建设劲旅中铁建工集团唯一从事安装工程的专业公司。公司在安装工程施工领域有优良的业绩和雄厚的人才技术资源，在大中型工业与民用建筑工程的工艺设备、动力设备、给排水、暖通空调、消防设施、智能化、通讯与电子工程等领域拥有配套完整强大的施工实力。

中国中铁建工集团安装工程有限公司十多年来先后完成了深圳诺德中心、苏州科技文化艺术中心、苏州工业园综保大厦、北京南站、北京2008奥运工程国家体育场（鸟巢）、北京望京SOHO中心、天津地铁大厦、沈阳新世界中心、海南三亚海棠湾国际购物中心、大连期货广场、上海世界博览会城市人馆、成都东站等多项国家和各省市重点工程的机电安装工程。其中公司参建的国家图书馆、北京南站、苏州科技文化中心、成都东站等十七项工程获得了建筑行业国内最高奖项“鲁班奖”。

中铁建工集团安装工程有限公司开展企业级BIM技术应用与推广工作，制定了《中铁建工集团安装工程有限公司BIM技术应用实施方案》，指导规范BIM团队建设及推广应用，并采用垂直管理、专业化团队实施的模式：在公司成立了BIM工作站、组建了BIM团队、选定BIM技术试点项目进行应用试点；在项目部组建BIM小组，管理好BIM技术试点项目、对应用经验进行总结、问题进行反馈；对需要进行研发的方向由咨询公司提供帮助。鼓励并支持项目部自行开展BIM应用，根据项目BIM应用情况，确定公司BIM示范项目，并进行推广。

2009年安装公司开展机电三维深化以来，我们在成都东客站、狮山广场、望京SOHO中心、大连一方国际中心、大连黄泥川E02a地块、大连地铁、盘锦万达、鞍山百脑汇等多个项目中进行了不同程度的BIM实践与应用，从二次深化与建模、碰撞检测及调整、BIM出图、施工工艺和方案模拟、进度管理、物资管理、运维管理、云技术与移动终端技术、数字化建造等方面进行BIM实践与应用。安装公司与大连恒鼎机电设备制造有限公司和大连联翔电气设备有限公司达成了合作协议，成立“安装公司数字化加工基地”。

项目简介

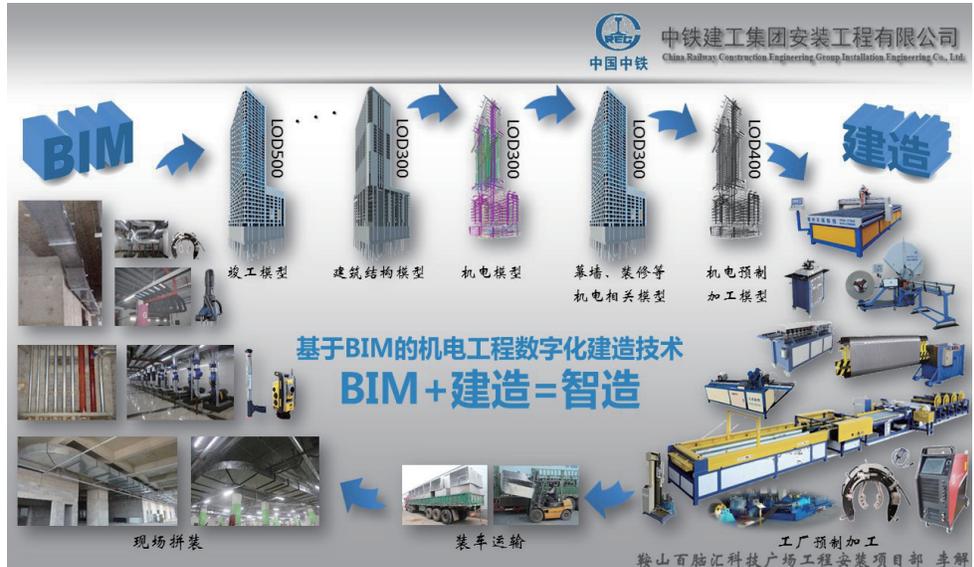
鞍山百脑汇科技广场工程是鞍山市地标性建筑，地下五层、地上三十九层的超高层单塔楼建筑，属大型城市综合体，其中B5-B1F为停车场，1-10F为裙房商业，11-12F、14-20F为凯悦酒店，21-29F为公寓，31-38F为办公，39F为云顶餐厅，13F、30F为设备层，总建筑面积132445.84m²，地上建筑总高度168.80m，为鞍山市的“第一高度”。

项目难点

难点1：该工程为机电总承包工程，层高较低，装修标高较高，管线综合排布困难；

难点2：项目处于市中心，施工场地狭小；垂直运输困难；安全文明施工方面存在噪声、施工垃圾、火灾、机械伤害等隐患；人工进行材料加工效率低、废品率高、误差大、观感不佳；风管、桥架等加工过程中板材损耗较高；现场人工焊接存在沙眼、未焊透、未融合等问题；加工设备现有下料软件未能有效使用BIM模型数据。

难点3：物资管理过程中，由于机电工程设备及材料种类、型号繁多，物资工程量计算及物



基于BIM的机电工程数字化建造技术

资采购困难、存在人为误差，施工过程中物资管控困难；运营维护过程中，由于设备资料较多，不便于物业进行快速故障分析及维修。

基于BIM的机电工程数字化建造技术框架

针对以上难点，中铁建工集团安装工程有限公司在鞍山百脑汇科技广场工程项目中实践并总结出基于BIM的机电工程数字化建造技术框架：

- 1) 通过采用BIM技术，基于Revit平台及二次开发软件，快速创建建筑结构模型、机电模型和幕墙、装修等机电相关模型，结合点云等模型，进行二次深化，模型精度达到LOD300；
- 2) 根据数字化加工设备确定与之匹配的共享预制加工数据库，利用Revit软件将机电模型中的风管、桥架、水管等机电模型转换为数据库中的预制加工模型（亦可直接创建预制加工模型），进行BIM出图、报审，审批通过后对预制加工模型进行自动分段，根据实际预制加工情况对其进行优化，设置支吊架，模型精度达到LOD400；
- 3) 利用Revit软件和Fabrication系列软件生成预制加工数据、材料清单（包含编码及二维码信息）、三维安装示意图、支吊架放样点、成本等相关信息，将预制加工数据及材料清单发送至数字化加工基地，导入数字化加工设备，进行预制加工和自动化生产，对生产的预制加工构件进行质量验收、张贴二维码；

4) 将预制加工构件及材料清单运输至施工现场，进行扫码验收，并录入物资管理软件；

5) 采用放样机器人根据放样点信息进行放样，利用射钉枪进行支吊架高效安装，根据三维安装示意图及对应的材料清单对预制加工构件进行装配和少量加工；

6) 工程竣工验收后，竣工模型精度达到LOD500，用于运维管理；

7) 数字化加工基地亦可基于Fabrication中CAD平台，进行非Revit建模的机电工程项目数字化建造。

项目应用实践

除了在深化建模、碰撞检查及调整、施工工艺和方案模拟、进度管理、工程量统计、成本管理等方面的常态化应用之外，本项目中基于BIM的机电工程数字化建造技术应用实践主要包括：基于BIM的二次深化及出图、基于BIM的数字化加工与安装、基于BIM的物资施工与运维管理三个方面。接下来结合鞍山百脑汇项目，介绍该技术的实际应用情况。

1.基于BIM的二次深化及出图

针对难点1，基于Revit平台快速创建建筑结构模型、机电模型和幕墙、装修等相关专业模型并深化，可根据需要在施工前协调相关单位对建筑结构等进行修改，以利排布，保证乃至提高装修标高；根据数字化加工设备创建与之匹配的共享预制加工数据库，利用



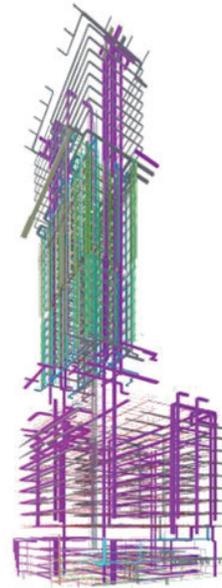
效果图



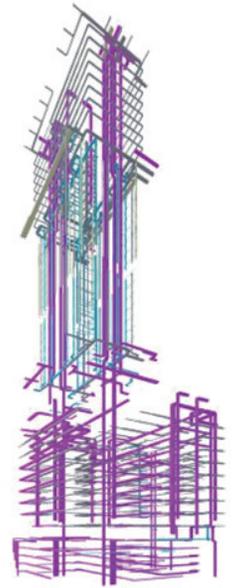
幕墙模型



建筑结构模型



机电模型



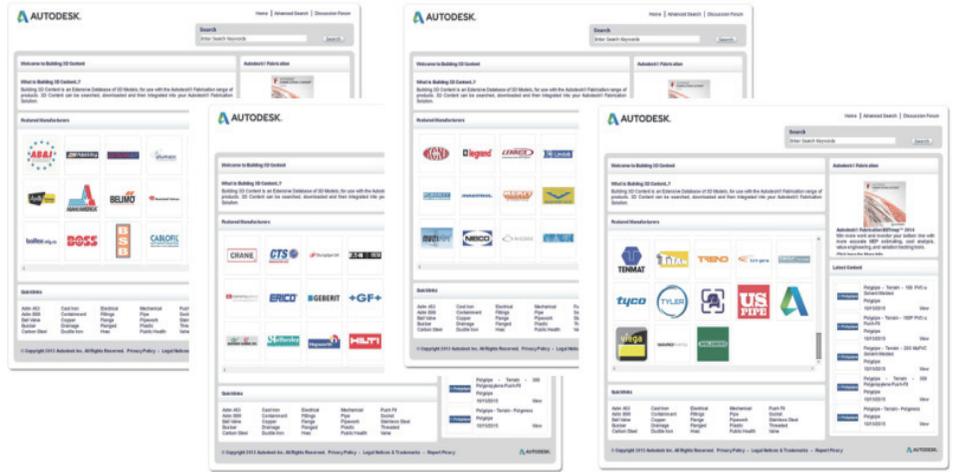
风管模型

鞍山百脑汇项目BIM模型

Revit软件将风管、桥架、水管等机电模型转换为数据库中的预制加工模型（亦可直接创建预制加工模型），进行BIM出图和预制加工；深化图纸审批通过后对预制加工模型进行自动分段，根据实际预制加工情况对其进行优化，设置支吊架。

共享预制加工数据库：

创建与数字化加工设备匹配的共享预制加工数据库，该共享预制加工数据库主要包含：风管、水管、桥架、设备、支吊架等，并根据水暖电系统进行区分，预制加工数据库基于厂商信息和规范要求，满足制造精度要求。



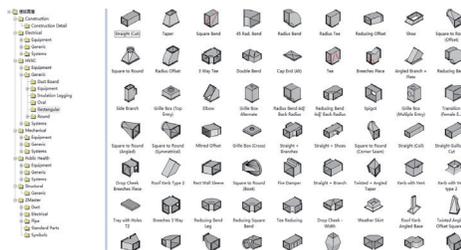
共享预制加工数据库



共享预制加工数据库

Autodesk Fabrication软件通过云端服务提供符合机电设备制造商真实产品数据的模型构件库，可进行上传、下载、编辑和浏览。同时，所有预制加工构件ITM是解锁的，可以根据数字化加工设备的实际情况，对预制加工数据库进行修改，比如材料、规格和连接器等相关信

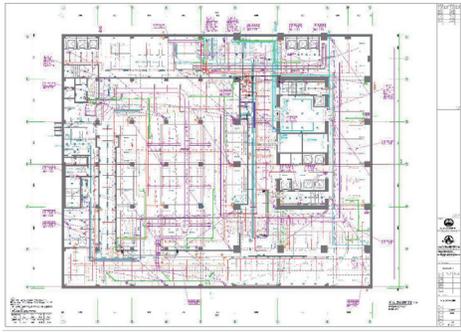
息，以满足生产需求，可创建企业或工厂预制加工数据库，方便使用。



共享预制加工数据库



深化图纸审批



地下室三层综合管线图

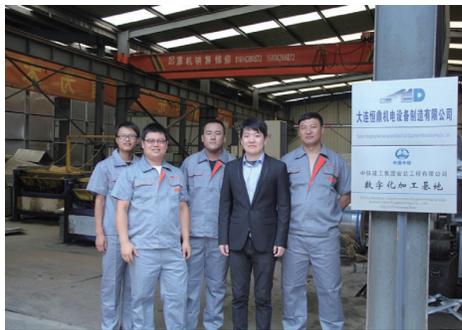
效益分析:

- 1) 利用Revit、橄榄山等软件,快速创建可视化的建筑、结构、机电、装修、幕墙等相关模型进行综合管线排布,提高绘图效率;
- 2) 利用三维模型与甲方、设计、土建、精装、幕墙等单位进行沟通,更加直观、高效;
- 3) 结合数字化加工设备创建预制加工数据库,将传统Revit模型转化为预制加工模型,进行BIM出图和预制加工,提高施工图和预制材料的吻合度,规避碰撞问题,减少现场返工;
- 4) 深化图纸审批通过后对预制加工模型进行自动分段,根据实际预制加工情况对其进行优化,合理设置支吊架,规避现场碰撞问题;
- 5) 将图纸深化及审批时间,由12个月缩短至7个月,节省深化设计费用15万,保证现场施工进度。

2.基于BIM的数字化加工与安装

针对难点2,创建数字化加工基地,将现场加工转移至加工厂;精细化建模,利用物资软件进行精确算量,将数字化加工基地生产的预制

构件进行编码,快速准确运输至相应的安装区域;将大部分人工加工转移至数字化加工基地进行自动化生产,将预制构件运输至现场进行拼装;现场加工部分通过采用便携式全位置自动焊机、便携式合缝机等设备进行加工;利用Revit、Fabrication系列软件和中国中铁BIM物资施工与运营维护管理系统进行控制和优化。对加工设备进行修改,将设备所用软件改为Fabrication系列软件与Revit进行数据交互;建立物资编码体系,研发中国中铁BIM物资施工与运营维护管理系统进行管理;将密集区域焊接管道转移至加工厂进行预制加工,其余焊接管道通过便携式全位置自动焊机进行现场焊接,同时可以对工厂预制加工管道成品对接处进行现场自动焊接。

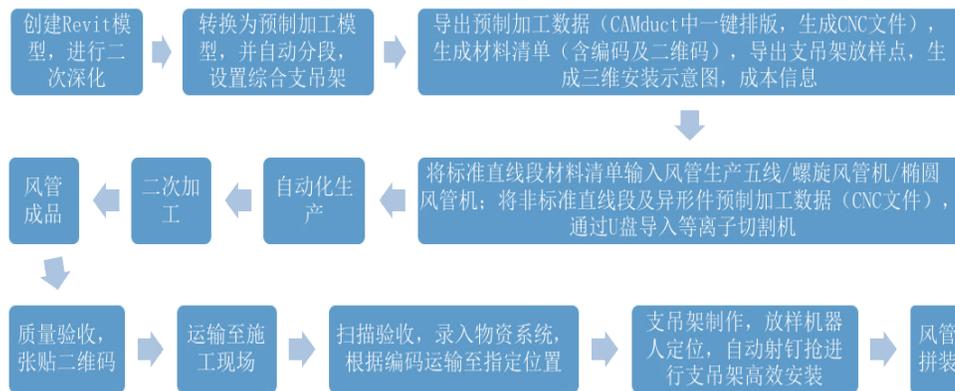


安装公司数字化加工基地

接下来以机电工程中体量最大的的风管、水管、桥架为例进行介绍

2.1风管数字化加工与安装工作流程

可对按不同材质(镀锌板、不锈钢板、碳钢板、复合板等)、不同连接方式(共板法兰、角钢法兰)或不同截面形式(矩形、圆形、椭圆形)的各种风管进行加工,以镀锌板矩形共板法兰风管为例



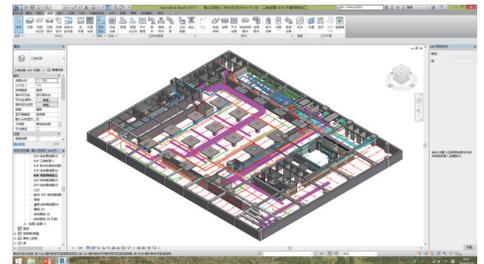
风管数字化加工与安装工作流程

随着BIM技术和数字化建造技术的迅速发展,将BIM技术与数字化建造技术相结合已经成为行业趋势。两项技术的结合,对提高施工质量和安全文明施工管理水平,实现绿色建造和节能减排具有重要意义。

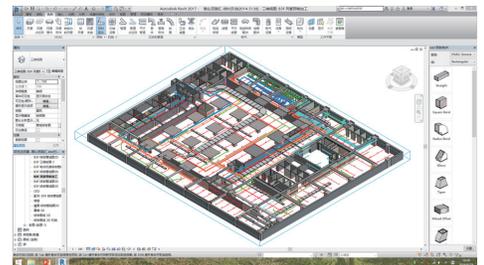
安装公司采用垂直管理、专业化团队实施、引进高水平咨询公司研发的模式进行BIM应用,在公司成立了BIM工作站、组建了BIM团队、选定BIM技术试点项目进行应用试点,根据项目BIM应用情况,确定公司BIM示范项目,并进行推广。

一张涛
总工程师
中铁建工集团安装工程有限公司

2.1.1 二次深化与建模,利用Revit预制零件功能将LOD300模型转换为LOD400深度的预制加工模型并自动分段



LOD300 Revit模型



LOD400 预制加工模型

2.1.2 统一编码

以方便实际应用为原则,确定风管编码,通过中铁BIM物资插件生成二维码。利用中铁BIM物资插件导出二维码及物资清单。

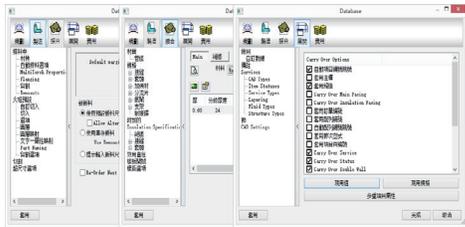
“鞍山百脑汇项目为机电总承包工程，管线错综复杂，通过采用BIM技术，对管线进行优化排布，并结合二次开发软件进行BIM出图，指导现场施工。通过将BIM技术与数字化建造技术相结合，以BIM模型为依托，确定统一的预制构件库，把加工数据无缝传递至加工厂，加工厂将加工数据导入数字化生产设备进行自动化预制生产，预制构件运输至施工现场后进行现场拼装。将大部分加工由施工现场转移至加工厂，减少施工现场对技术工人的依赖，提高工作效率，降低工程造价。

— 李晓斌
项目经理

”

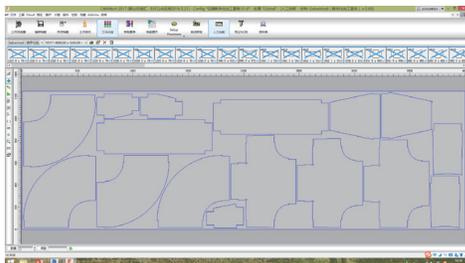
2.1.3 预制加工

利用插件，将预制加工模型以MAJ格式导出至CAMduct软件，并对公司信息、板材、保温、咬口、法兰、生产设备等进行详细设置。

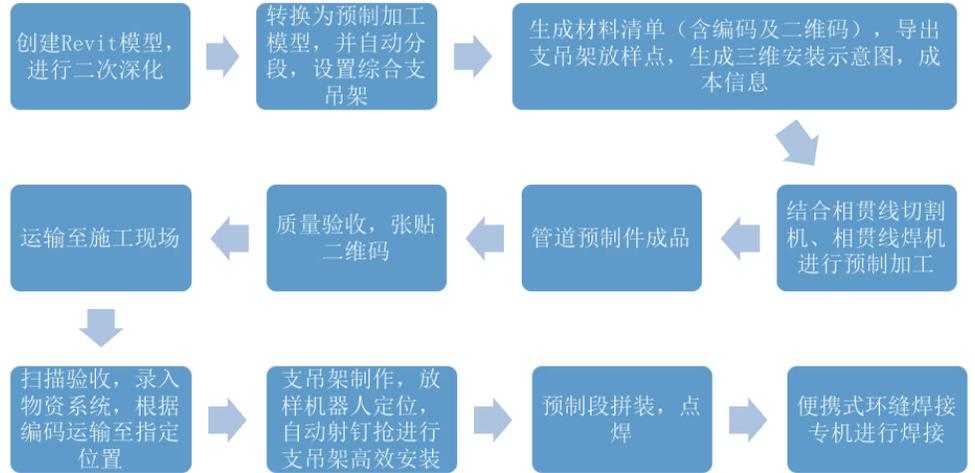


软件设置

继续对非标准段及异形件按最优排布方式进行一键排布，将展开的板片排布在预设定的板材上。



排版示例



管道数字化加工与安装工作流程

选择Write NC命令，将镀锌钢板上的排布信息导出成数控机床数字化程序代码（CNC文件）。根据不同厂家设备需要，亦可生成TXT等其他格式文件。通过View NC命令，对板材切割情况进行模拟，模拟无误，生成排料单。



排料单

将物资清单、二维码、CNC文件、排料单发送至数字化加工基地。为提高生产效率，将物资清单中的标准直线段清单导入全自动风管生产五线进行生产，利用合缝机、角码机进行加工；非标准直线段和异形件通过等离子切割机等设备进行生产，根据排料单中板材信息，进行板材下料，将CNC文件通过U盘导入等离子切割设备，进行自动切割、编码，利用咬口机、共板法兰机、合缝机、角码机进行加工。加工完成后进行质量验收，张贴二维码。



风管标准直线段自动生产



风管非标准直线段和异形件自动切割

2.1.4 装车运输，现场快速拼装

根据编码将风管预制成品运输至施工现场指定楼层、区域，结合三维安装示意图和安装清单进行拼装。



风管预制加工成品



风管安装成品



桥架数字化加工与安装工作流程



现场自动焊接

2.2 管道数字化加工与安装工作流程

通过采用BIM技术，可对焊接、法兰、卡箍、丝接、承插、卡压、热熔、胶粘等各种连接方式的管道进行预制建模并加工生产。以安装量最大、技术要求最高的“焊接连接”为例：

2.2.1 二次深化与建模

2.2.2 Revit模型转换为预制加工模型

选择“设计到预制”命令将Revit模型转换为预制加工模型。选择优化长度命令完成管道的自动分段。可根据实际需要，对管道参数进行微调，并设置支吊架。

2.2.3 自动分段

根据预制需要，将管道进行自动分段，可将密

集区管线及管件设置为预制段。

2.2.4 统一编码

以方便实际应用为原则，确定管道编码，通过中铁BIM物资插件生成二维码及物资清单。

2.2.5 工厂预制与现场预制

工厂预制加工：管线密集区域焊接管道可以转移至加工厂进行预制加工，加工成品运输至现场，现场通过法兰或者焊接拼装。现场预制加工：其余管道预制及焊接（如标准层、管道竖井等区域）可通过便携式自动焊机去指定区域进行现场预制加工，将预制加工构件与管道进行自动焊接。本工程便携式自动焊机选用全位置管/管自动焊接系统，主要应用于管道与管道、管道与管件、管道与法兰之间的焊接。

2.3 桥架数字化加工与安装工作流程



桥架预制加工



桥架预制加工成品

将BIM技术与桥架自动化生产线等数字化加工设备相结合，统一编码规则，通过采用Revit和Fabrication系列软件，导出预制加工数据，发送至数字化加工基地进行自动化生产，现场只需进行组装作业（对桥架标准直线段、非标准直线段及异形件进行组装），避免现场二次加工造成桥架保护层的破坏，同时降低材料成本、提高生产效率。

2.4 机电工程其他材料数字化加工

除风管、管道、桥架之外，同样可实现排风罩、风帽、消声器、静压箱、风管调节阀门、

工作	编程	配置	文件	列表	帮助	程序号	36
程序号	直径	壁厚	管材	枪头型号	层数		
1	DN50	3.8	CS	TOA180	2		
2	DN70	4.0	CS	TOA180	2		
3	DN80	4.0	CS	TOA180	2		
4	DN100	4.0	CS	TOA180	2		
5	DN150	4.5	CS	TOA180	3		
6	DN50	1.2	SS	TOA180	1		
7	DN70	1.5	SS	TOA180	1		
8	DN80	2.0	SS	TOA180	1		
9	DN100	2.0	SS	TOA180	1		
10	DN125	2.0	SS	TOA180	1		

焊接程序

“

随着BIM技术在机电工程行业应用的逐渐深入，工厂化预制应用逐渐加强，对模型精度的要求越来越高，传统Revit模型在完成设计、详图阶段后，已不满足制造、安装、运维阶段的需要。

通过采用基于BIM的机电工程数字化建造技术，搭建基于Revit（或Fabrication）的BIM平台，创建与数字化加工设备匹配的共享预制加工数据库，由于Revit平台具有很强的开放性，可将Revit模型、预制加工模型、点云模型及其他模型置于同一平台，同时结合Fabrication系列软件和二次开发软件辅助BIM应用，实现Revit模型、预制加工模型、数字化加工设备之间的数据交互与传递，快速完成预制构件的自动化生产和现场的快速拼装，并结合物资施工与运维管理系统进行应用，模型精度达到LOD400、LOD500，满足模型在制造、安装、运维阶段的需要，使得模型信息更好的在BIM全生命周期中进行传递。

—李解
BIM经理

”

风管防火阀门、方圆型散流器、铝合金百叶风口系列、配电箱、配电柜、成品支吊架、定制支吊架的数字化加工与安装。

2.5效益分析

1) 创建数字化加工基地，将现场加工转移至数字化加工基地进行自动化生产，将预制构件运输至现场进行拼装，减少噪声污染、施工垃圾和机械伤害，同时避免进场材料因施工安排调整带来的长期堆放、多次倒运和加工空间紧张等问题；

2) 通过精细化建模，利用物资软件进行精确算量，将数字化加工基地生产的预制构件进行编码，快速准确运输至相应的安装区域，同时根据材料实际情况，优化运输方案，如风管标准直线段采用L型运输，提高运输效率；

3) 基于BIM进行风管数字化加工与安装，提高材料加工质量、生产效率，降低材料损耗和废品率，减少人工投入，截至目前为该工程节省成本60万。

4) 基于BIM进行管道数字化加工与安装，提高管道施工质量，规避火灾等安全隐患，降低对技术人员的依赖性，截至目前为该工程节省成本15万。

5) 基于BIM进行桥架数字化加工与安装，提高材料加工质量、生产效率，降低材料损耗，规避现场二次加工和材料保护层损坏问题，降低人工成本，提高施工质量，截至目前为该工程节省成本20万。

3. 基于BIM的物资施工及运维管理

针对难点3，建立统一编码体系，研发中国中铁BIM物资施工与运营维护管理系统。2015年11月启动基于BIM技术的施工现场物资运营维护开发。共分为三个模块，Revit插件端、移动APP端、Web管理端。主要实现如下功能：

1、机电工程BIM算量

模型一旦建立，工程量可以快速导出，节省项目部技术人员在工程量梳理方面的投入。

2、快速记录物资流转信息

利用手持终端及二维码技术，在BIM模型平台

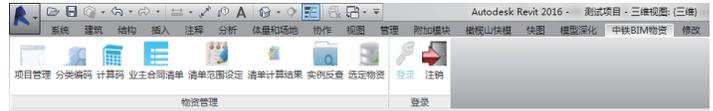
下，能快速完成相关信息的记录，节省项目部在物资管理上的投入。

3、运营维护信息管理

工程施工期间，设备物资相关信息（如厂商、安装验收时间、维护手册等）持续录入BIM模型；竣工后，项目部将竣工模型一并移交给物业单位，方便今后的维护信息。

效益分析：

1) 通过采用中国中铁BIM物资施工与运营维护管理系统



Revit插件端

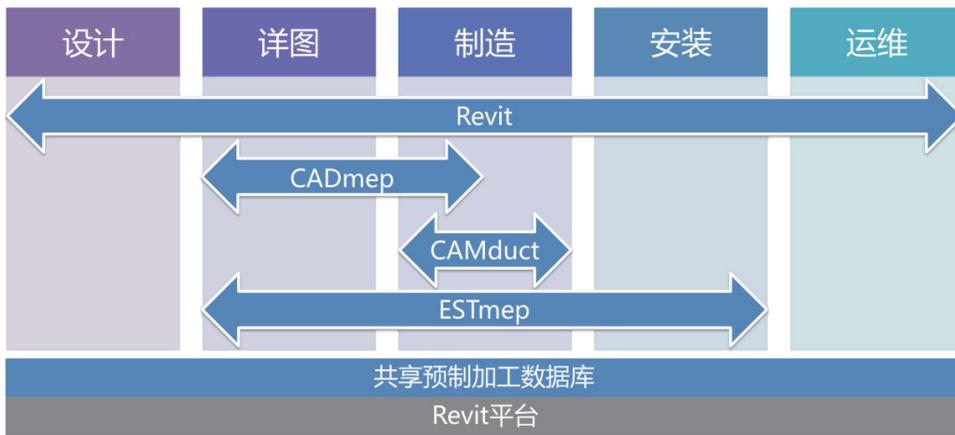


移动APP端



Web管理端

- 基于BIM进行风管数字化加工与安装，提高材料加工质量、生产效率，降低材料损耗和废品率，减少人工投入，截至目前为该工程节省成本60万。
- 基于BIM进行管道数字化加工与安装，提高管道施工质量，规避火灾等安全隐患，降低对技术人员的依赖性，截至目前为该工程节省成本15万。
- 基于BIM进行桥架数字化加工与安装，提高材料加工质量、生产效率，降低材料损耗，规避现场二次加工和材料保护层损坏问题，降低人工成本，提高施工质量，截至目前为该工程节省成本20万。



基于BIM的机电工程数字化建造技术的主要支撑软件

- 2) 实现机电工程BIM算量，快速准确的导出材料清单，提高算量效率和准确度；
- 3) 建立统一编码规则，快速记录物资流转信息，实时跟踪成本变化；
- 4) 在运营维护阶段，可通过手机APP扫描二维码，快速查看设备物资信息及相关技术资料，减少设备故障造成的损失。

基于BIM的机电工程数字化建造技术的主要支撑软件

运用Autodesk Revit、Autodesk Fabrication系列软件和二次开发软件，在设计、详图、制造、安装、运维阶段实现基于BIM的机电工程数字化建造。

其中Revit软件用于模型创建，同时利用其新增的预制构件服务、设计到预制等功能；Fabrication系列软件主要有CADmep、CAMduct、ESTmep等，CADmep可以基于AtuoCAD进行预制加工模型设计及出图；

CAMduct用于钣金展开，余量管理，导出预制加工数据，如CNC、TXT等格式文件，可写入包括等离子切割机、激光切割机、切刀系统、路由器等多种类型的数控机床系统；ESTmep用于材料成本、损耗的核算，人工费用的核算。）

总结与展望

将BIM与数字化建造相结合，对于提高机电管线施工质量、施工生产效率、材料利用率、施工安全管理水平，降低对施工技术人员的依赖性、部分施工环节对人体的损害、人工投入，实现自动化生产、绿色建造和节能减排具有重要意义。安装公司利用BIM技术，在鞍山百脑汇项目从基于BIM的机电工程数字化建造等方面进行深入研究，探索出机电工程施工管理的新模式。

“通过采用该技术，在加工厂预制阶段，大大减少绘图员数据统计及录入工作，降低人为误差和材料废品率，提高生产效率和材料利用率；在施工现场安装阶段，根据材料清单和三维安装示意图进行预制构件的清点、运输、拼装和少量二次加工（为降低运输成本，标准直线段风管可采用L型运输，现场进行二次加工），事先解决了各专业分管线碰撞问题和交叉作业问题，避免返工现象，一次成活。

一褚云飞
总经理
大连恒鼎机电设备制造有限公司

