



编者按：为了更好地发挥《安装》杂志科技期刊在交流推广行业最新科技成果和先进技术中的作用，今年年初，《安装》杂志社对《专题报道》栏目做出新的策划安排，邀请各位专家和企业科技负责人结合行业发展形势及各自企业、单位（不限于本单位）的重要科研信息做出科技专题宣传策划方案，并提前填写“科技专题宣传策划推荐表”。这一策划方案在今年3月召开的《安装》杂志社第三届编委会第二次会议上得到了各位编委和审稿专家的一致认可与支持。截至目前，杂志社已经陆续收到一些专家提供的科技专题资料，从本期开始，我们将陆续推出这些精选的科技专题报道，以方便大家学习借鉴。

本期《专题报道》栏目向大家推出的是中建八局第一建设有限公司安装分公司施工的天津鲁能绿荫里项目和中国建设银行山东省分行综合营业楼项目，介绍了他们在制冷机房一体化施工、BIM+工厂预制化装配式施工中的新技术应用和探索实践。这两项工程在近期先后迎接了中国安装协会、鲁能集团以及同行业300多家单位，共计1000余人次的机电安装观摩，受到了业界代表的一致赞叹。

天津鲁能绿荫里项目制冷机房一体化施工研究与应用

刘益安 朱峰 季华卫 田宁

（中建八局第一建设有限公司 济南 250100）

摘要：本文以天津鲁能绿荫里项目酒店制冷机房为例，介绍了集BIM化设计、模块化预制、定位配送、装配式施工为一体的施工体系在该项目酒店制冷机房中的具体探索应用以及施工中的核心技术。该项目酒店制冷机房一体化施工的成功实践，在诸多方面创造了鲜明的亮点，为同类工程提供参考和借鉴。

关键词：制冷机房 模块化预制 装配式施工

中图分类号：TU741.2 **文献标识码：**B **文章编号：**1002-3607(2017)07-0015-04

1 天津鲁能绿荫里项目酒店制冷机房概况

天津鲁能绿荫里项目建筑面积约55万m²，是集商业、办公、酒店、住宅为一体的大型城市中心综合体，计划于2017年11月30日竣工。其中，本项目包含两个大型制冷机房，为商业办公制冷机房和酒店制冷机房。其中，酒店制冷机房建筑面积为578m²，包含6台制冷机组、20台循环泵、2台板换、14台水处理设备、860m管道、363个阀部件。

2 天津鲁能绿荫里项目酒店制冷机房一体化施工体系简述

随着国家建筑业新技术的发展

和创新，住房和城乡建设部编制印发的《建筑业发展“十三五”规划》文件中，将“推动建筑产业现代化、推进建筑节能与绿色建筑发展”列为国家“十三五”时期建筑业发展的主要任务。中建八局第一建设有限公司积极响应国家关于“十三五”时期建筑业发展的号召，针对本项目酒店制冷机房的施工特点，本着“绿色环保、设计引领、科技创效、完美履约、循环经济”的应用理念，对制冷机房的机电安装装配式施工进行探索与研究，自主研发了集BIM化设计、模块化预制、定位配送、装配式施工为一体的机电安装施工体系（以下简称“BIDA一体化”施工）。“BIDA一体化”施工在天津鲁能绿荫里项目

酒店制冷机房的成功应用，真正实现了机电设备机房施工的“BIM化、预制化、物流化、集成化”，其具体含义如下：

B：BIM Design，即全BIM化深化设计。该项目以BIM技术为支撑，实现了工程建设各阶段、各专业主体之间充分资源共享，全面推进BIM技术在设计、施工、运维全过程的集成应用。

I：Industrial production，即工业化生产。该项目以精细模型和高新技术为保障，以工厂化流水线加工代替了传统粗放式生产模式，实现了生产效率的革命性提升。

D：Distribution，即定位配送。该项目在工业化生产的基础上，以物料信息追溯技术为依托，采用高

效、低耗和环保的配送模式，实现了对预制成品的集中定位配送、存放和管理。

A: Assembly construction, 即族群模块化装配施工。该项目采用了循环泵组模块化、栈桥式轨道移动、预制管排整体提升、组合式支吊架系统等先进的装配技术,最大限度地节约资源、提高效率和保护环境,将绿色建造的理念贯穿到工程建设的全过程。

“BIDA一体化”施工,具有极大降低施工安全隐患、施工现场无污染、整体工期快、明显提升施工质量、有效实现节能降耗的优点,一定程度上推进了机电安装产业的发展。

3 天津鲁能绿荫里项目酒店制冷机房一体化施工核心技术

3.1 循环泵组模块化技术

3.1.1 技术原理

根据循环水泵的选型、数量、系统分类以及制冷机房内的设备布置情况,将2-3台循环水泵及管路、配件、阀部件、减震块等“化零为整”组合形成预制循环泵组模块(见图1)。



图1 循环泵组预制模块

根据机房内的管线综合布置情况,考虑预制管段的成品运输、吊装就位、安装条件等因素,对多段预制管组进行组合,形成预制管组模块(见图2)。包含管道、阀部件、支

吊架。



图2 预制管组模块

将制冷机房内的设备、管道进行模块化预制,改变传统方式下“边量、边焊、边改”的施工模式,预制模块整体运输至施工现场后,只需操作工人进行“乐高式”装配即可。

3.1.2 应用分析

预制模块化与传统施工方法或单纯管道预制相比,具有以下三方面突出优势。

(1) 缩短工期。采用工厂化预制的形式,可与基础浇筑、二次砌体等多专业并行施工,将传统方式下制冷机房内“单流程式”施工变为“多线并行式”施工,有效地缩短了机房的整体施工工期,推进了整个工程竣工进度,符合“八一”完美履约的服务理念。

(2) 误差点少。单纯管段预制模式下,装配误差主要是由不同连接件之间的法兰接口处构成,每台水泵进、出水口管路附件约14个法兰接口。将循环泵组进行模块整合,法兰装配接口由每台水泵的14个,缩减为1个模块(2-3台循环泵)的4个主管道法兰装配接口,误差率减少85%以上,装配一次成优率达99%,有效地降低了现场返工整改作业,避免了人、材、机的浪费。

(3) 装配高效。天津鲁能绿荫

里项目酒店制冷机房860m预制管组,8个循环泵组模块、26个预制管组模块,现场装配阶段2名管理人员、12名操作工人仅用40h便全部装配完成,每名工人每小时平均装配1.8m管道。

3.2 栈桥式轨道移动技术

3.2.1 技术原理

预制模块体积和重量较大,针对施工现场模块水平运输、就位困难的问题,发明栈桥式轨道移动技术。即在设备基础间通过型钢搭建栈桥轨道(见图3),利用搬运坦克和卷扬机等设备,使模块在轨道上按照设定路线行驶。



图3 栈桥式轨道

3.2.2 应用分析

天津鲁能绿荫里项目酒店制冷机房,共8个循环泵组预制模块,最大模块为长3.5m×宽3m×高3.8m,平均每个模块重约6t,设备基础面与结构面50cm高差,水平运输极其困难。通过栈桥式轨道移动技术的应用,8个预制模块仅耗时10h就高效完成就位。

3.3 组合式管排整体提升技术

3.3.1 技术原理

将多段预制管道、管组及预制支吊架进行地面拼接,形成组合式预制管排,利用极少的无焊接高空作业,将管排提升就位,完成法兰螺栓及支吊架螺栓的对接工作。

3.3.2 应用分析

天津鲁能绿荫里项目酒店制冷机房，由17根预制管组拼接成两个预制管排，采用整体提升技术，6名工人地面提升作业、2名工人高空法兰对接作业，1.5h完成提升安装，合计12个工时。其中，无焊接高空作业时间为3个工时。

传统施工方式下，需2名工人地面提升作业，2名工人高空焊接作业，32h完成安装，合计128个工时。其中，包含64个工时的高空动火电焊焊接作业。

经比较，本次组合式管排整体提升技术的应用，装配速度提升90%，高空作业减少95%，焊接作业减少100%。组合式管排整体提升技术的应用，对装配效率、工人施工安全系数的提升，以及绿色施工、声光气污染的降低具有“指数型”突破（见图4）。

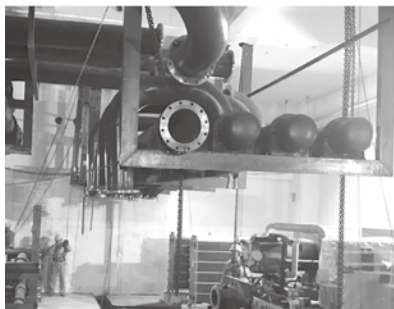


图4 组合式管排整体提升

3.4 组合式支吊架技术

3.4.1 技术原理

根据“BIDA一体化机房”预制成品形状不规则且支吊架安装位置精度要求高的特点，将传统的支吊架分为两部分，一部分为支吊架生根件，另一部分为支吊架主体，装配时预先根据点位进行生根件的安装，待预制管道提升到位后再完成支吊架主体的拼接。

3.4.2 应用分析

天津鲁能绿荫里项目制冷机房，共设计应用了8种、131个标准生根件，79个支吊架主体。将机房内的大部分支吊架（尤其是支架）进行螺栓组合拼装，使其相互关联，极大地提高了整体机房的运维安全系数（见图5）。



图5 组合式支吊架技术

3.5 BIM+技术

3.5.1 技术原理

以高精度的BIM模型作为应用基础，结合其他科学技术，在“BIDA一体化”制冷机房施工的深化设计、预制加工、集中配送、现场装配等各阶段集成应用，将各项BIM+技术落地应用，切实提高整个实施工程的效率。

3.5.2 应用分析

秉承BIM全生命周期服务理念，在“BIDA一体化机房”实施中，不

断创新应用BIM+RFID物料追溯系统、BIM+二维码技术、BIM+VR虚拟现实技术、BIM+短焦互动投影技术、BIM+360放样机器人、BIM+3D扫描技术、BIM+3D打印技术（见图6）。

4 天津鲁能绿荫里项目酒店制冷机房一体化施工应用效果

目前，该项目酒店制冷机房“BIDA一体化”施工的成功实践，在诸多方面创造了鲜明的亮点。

极大降低安全隐患：高空作业较传统施工方式减少95%，现场施工零明火、零动电；明显减少现场污染：装配过程全部采用螺栓栓接工艺，施工零焊接、无烟气污染、无施工垃圾；实现装配工艺革新：通过应用循环泵组模块化技术、栈桥式轨道移动技术、预制管排整体提升技术和组合式支吊架系统等，将装配速度提升90%；集成应用高新技术：合理的运用VR虚拟现实技术、二维码云计算平台、RFID物料追溯系统、360放样机器人、3D扫描技术、3D打印技术、短焦互动投影技术；空前庞大的预制体量：预制构件包括8个循环泵组模块、26个预制管组模块、173段预



图6 BIM+技术应用

浅谈制冷机房BIM+工厂预制化装配式施工应用

钟凯 李云 朱峰 王嘉辉

(中建八局第一建设有限公司 济南 250100)

摘要: 本文以中国建设银行山东省分行综合营业楼项目制冷机房“BIM+工厂预制化装配式施工应用”为例,系统介绍了大型机房机电管线工厂化预制施工过程,阐述了从前期BIM深化设计、管道分段出图、中期工厂预制加工到后期现场拼装中的技术应用关键点,为建筑业同仁提供借鉴。

关键词: 机电安装 制冷机房 BIM 工厂预制 现场装配

中图分类号: TU741.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-3607(2017)07-0018-03

1 引言

传统的机电安装工程更多的是依靠现场制作,在现场临时加工场地中动火动电对管道等进行加工制作,这种施工方式不仅存在较大安全隐患,对施工现场环境造成污染,耗费大量人力,效率低下。同时加工工人技术水平、素质良莠不齐,导致生产的管道管件质量随机性大。若制作过程中尺寸有所偏差将导致不必要的返工或者报废。

中建八局第一建设有限公司在山东省建行综合营业楼项目施工中,本着“安全文明、绿色建造、设计引领、完美履约、科技创效”的理念,全面推行机房“BIM+工厂预制化装

配施工”,采用工厂流水线化预制加工工艺,代替传统的工人现场制作,实行工厂预制、现场装配,在预制加工厂集中进行文明施工和安全管理,减少发生安全事故的不确定因素,现场施工垃圾减少80%,现场装配工序更加程序化、标准化、简单化,避免长时间高强度的高空作业和交叉施工,减少发生生产安全事故的概率,并且完美实现了场内“零焊接”的绿色环保作业,全面提高了生产效率和施工质量。

2 机房BIM+工厂预制化装配式施工工作流程

机房BIM+工厂预制化装配式施工

首选是根据原设计建筑、结构以及机电图纸创建机房三维模型,并按照厂家提供的机组、水泵等设备和阀门、过滤器等附件的尺寸大样图,进行1:1精确建族,使整个机房内的管道、设备、构件等全部遵照实际尺寸比例,然后综合考虑各方因素对机房模型调整优化,待机房方案例如排水沟位置、设备布置方案、管道排布走向确定后,对管道进行合理分段划分,并导出管道分段加工图纸和下料图,并将图纸交付工厂照图加工预制,加工完成后按照现场施工节点逐次进场,进行装配。

2.1 机房模型和族的创建

(1) 山东省建行综合营业楼项目

制管道;装配精度细致把控:建立了292个毫米级BIM族群,现场装配较传统预制方式误差率减少90%;极大减少人员投入:在整个过程中,仅投入2名管理人员、12名装配工人;显著提高施工效率:工程施工达到1.8米/时/人的平均装配速度,40小时完成装配,机房整体工期缩短60天;整

体提升施工质量:装配过程零返工、零整改,一次成优率达100%;明显提升整体观感:机房综合布置匀整,空间运用合理,管线成排成线,细部做法规范美观,机房浑然一体。

5 结语

中建八局第一建设有限公司自主

研发的“BIDA一体化”施工体系,实现了机电设备机房施工的“BIM化、预制化、物流化、集成化”,是“绿色建造、循环经济”的完美阐释,是“绿色产业园”实施的坚实铺垫。“BIDA一体化”施工体系对机电安装行业有一定的意义。

利用Revit 2016软件, 1:1精确搭建设备和管道附件等的三维模型。国内现阶段一个机房内的设备、附件等往往是由多个厂家供货的, 即机组厂家、水泵厂家、分集水器水处理器厂家、阀门过滤器厂家等, 深化设计人员提出索要图纸要求后, 各厂家都有三天左右的反应期, 并且国内工厂化预制装配大环境并不成熟, 预制装配的概念没有完全深入施工各个环节, 厂家仍旧按照传统思路, 提供的设备、附件图纸往往比较老旧甚至存在较大错误, 导致图纸多次返回厂家进行核实修改, 时间浪费较多。山东省建行项目前期召集各设备、附件厂家, 以会议形式将思路、严肃性传达到位, 并要求厂家签字盖章确认无误, 仅用四天时间便收集齐准确的设备、附件图纸(见图1、图2)。

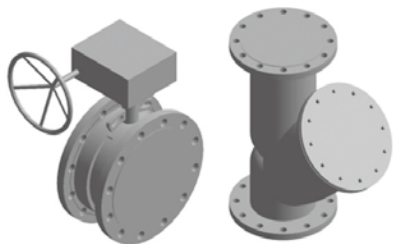


图1 法兰蝶阀、过滤器

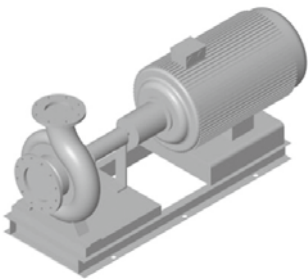


图2 冷冻水泵

(2) 利用Revit 2016软件搭建机房建筑、结构、各专业机电管线三维模型, 并把做好的设备、阀门、过滤器等族插入到机房模型当中, 为机房方案论证优化做准备。

2.2 机房BIM模型方案深化

(1) 机房三维模型搭建完成后, 综合考虑规范要求、施工操作空间、机房设备布置、基础布置、排水沟位置、机房管线排布、支吊架设置、整体净高、整体观感效果等, 召集业主、设计、顾问等开会讨论确定最合理的机房布置方案(见图3)。

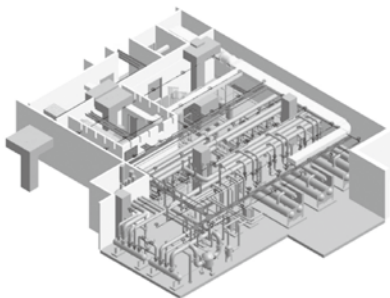


图3 机房最终方案BIM模型图

以冷水机组进出水口接管方案论证为例(见图4), 方案一冷水机组进出水口竖向管道不成线, 观感效果差, 占用空间大, 机房主要操作通道缺失。方案二竖向管道成线, 但横向水平主管间距较大, 考虑落地支架设置不合理。方案三竖向管道成线, 占用空间小, 机房有操作通道, 整体观感较好, 落地支架设置合理。选定方案三为最优方案。

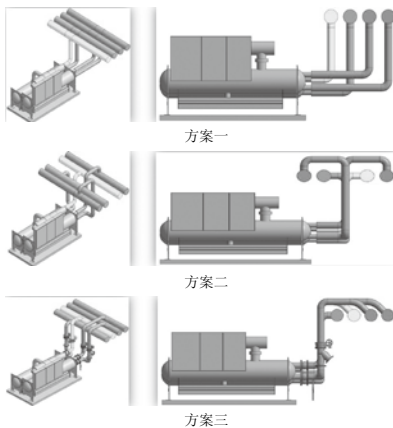


图4 冷水机组进出水口接管方案论证

(2) 机房方案论证时还需考虑管件、管路附件等组合后占用的空间是否

满足规范要求, 是否满足施工时实际布置空间要求, 避免后期出现严重问题。

仍然以机组进出水口接管为例, 机组水口距竖向管道的距离必须满足大小头、软接头、短管、泄水管开孔、弯头等安装需要的空间, 且两个焊缝间距满足规范要求, 如果采购成品弯头, 不同厂家、不同批次弯头尺寸会有所差异, 同一个弯头, 两个尺寸也有可能不同(见图5), 这是需要注意的地方。

2.3 管道分段

机房方案确定后, 针对项目特点, 根据现场实际情况, 对机房管道合理划分管段。

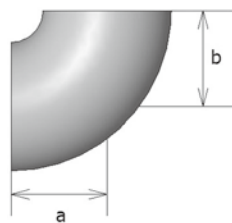


图5 弯头尺寸图

管道分段时主要考虑管段运输、吊装、安装、支吊架设置, 例如现场预留吊装孔洞尺寸、位置以及现场运输路径条件能否满足管道分段后的吊装、运输, 并应尽量减少管道的分段, 管道分段越多, 相对增加成本及后期使用隐患。

2.4 出具预制加工图、施工详图

管道分段方案确定后, 导出管道分段预制加工图, 交付工厂照图加工, 并导出设备基础图、设备定位图、机房管线定位图、支吊架定位尺寸图等, 交付现场照图施工。这里需要注意的是, 设备基础施工完成后, 深化设计人员需要复核基础尺寸、位置等, 反馈到模型当中进行适当调整, 然后导出设备定位图, 传统施工模式下不需要出具设备定位图, 而工厂预制化装配施工要求精度高, 管道加工误差一般控制在 $\pm 1\text{mm}$, 就要求设备定位安装非常精确, 必须有图可依。

2.5 二维码追踪标识

管道分段完成后,通过给各分段管道添加专属“名片”二维码,实现管道加工、复核、运输、现场验收、吊装、拼装各个环节信息“一条龙”,完美解决“信息孤岛”问题(见图6)。



图6 分段管道二维码标识

2.6 工厂预制

原设计机电管线图纸与施工现场实际管线布置偏差大,即便通过二维图纸绘制了综合管线图,仍不能够精准导出预制加工图纸,因为加工图纸精度低,预制加工不准确,预制化加工也无法体现其节约成本,效率高的一面。而搭建高精度的BIM模型,并出具管道分段加工图和下料图,既能满足工厂高精度的预制加工要求,也能满足管道现场安装要求。

预制加工阶段,对工厂技术负责人及现场预制工人进行预制交底,确保管道预制尺寸准确性。

2.7 现场装配

管道加工完成后,现场安装只需根据管段编号和装配图纸,实施机械化安装,对全过程进行质量和安全的监测控制。

3 项目技术创新点

3.1 机房行吊系统

在传统施工模式中,对于水泵、水处理器等设备的运输、就位,一般需要5-6名工人耗费较长时间,并且

运输过程中可能会对设备基础、排水沟等造成破坏,在山东省建行项目制冷机房预制化装配施工中,自主研发了行吊系统(见图7),实现了两名工人在有限空间内对设备、阀门、过滤器等的快速搬运,极大提高了现场

装配效率,将安装工期由传统施工的1个月压缩到了3天。



图7 机房行吊系统

3.2 机房逆工序作法

在本项目制冷机房预制化装配施工中,对部分生产周期较长的设备采取了逆序施工作法,改变传统的先就位设备再施工管线的做法,即先施工管线再进行设备就位安装,通过前期BIM设计,对管道设备精确定位,确保管线施工完成甩口到位,设备到场后进行快速就位安装对接,解决了传统施工模式下机房工期受设备供货周期限制的问题。

4 效益分析

通过公司近几年多个项目机房工厂预制化装配施工统计,预制化装配

施工可以减少50%的现场操作工人,降低劳动力成本,安装工期从1个月压缩到了最快3天完成,降低时间成本,并且管道加工从项目现场转移到工厂,以数字机械化操作代替人工操作,对支架加工中的打孔以及可重复生产的构件,形成加工流水线,都极大提高了生产效率和施工质量。而现场装配更多的使用机械设备,减少了现场作业人员。组合式构件,装配式、机械化的安装,对安装人员的技术要求低,减少高空作业和辅助设施的架设,在提高技术水平和效率的同时,更保障了施工人员的安全,减少了现场的切割和焊接,可避免污染和安全问题。

山东省建行项目制冷机房BIM+工厂预制化装配施工与传统施工效益对比见表1。

表1 效益对比

项目类别	减少(%)
机房安装所需劳动力	50
机房安装人工费	40
机房管线材料费	5
施工过程中的拆改、返工费用	95
危险作业源	95
机房安装工期	90

5 结语

在国内机电安装行业,BIM+工厂预制化装配施工仍处在起步阶段,山东省建行项目制冷机房BIM+工厂预制化装配施工是公司机电安装专业向工厂预制化和现场装配化发展道路上的重要实践之一。下一步公司还将继续实践、总结、完善,真正实现机电安装专业工厂化、规模化、标准化作业,促进施工技术的发展。