

基于 BIM 的城市轨道交通地下车站装配式高效制冷机房应用

金振纲

重庆市轨道交通（集团）有限公司

DOI:10.12238/jpm.v5i11.7448

[摘要] 随着城市的发展，城市人口日益增多，城市交通问题日益突出。作为城市公共交通系统的一个重要组成部分，城市轨道交通得到了迅速发展。城市轨道交通具有节能、省地、运量大、全天候、绿色环保无污染、安全等特点，符合可持续发展的原则。城市轨道交通飞速发展的同时，其能耗也不断增加。城市轨道交通的能耗主要为牵引能耗和动力照明能耗，而动力照明能耗主要为空调能耗。为保证安装过程有序开展，利用 BIM 模型，将各个专业设备、管线安装顺序等进行动画模拟，可以在施工前通过工序模拟发现问题提前解决，直观的进行交底，避免因工序错误导致拆改、返工。结合实际工程，通过 BIM 技术实现空调制冷机房的设计、施工、调试及运维的闭环管理，给出基于 BIM 的装配式高效制冷机房建造的常规流程及重点注意事项，为城市轨道交通空调制冷机房系统节能运行。

[关键词] BIM 技术；装配式施工；制冷机房

Application of prefabricated high efficiency refrigeration machine in underground station based on BIM

Jin Zhengang

Chongqing Rail Transit (Group) Co., LTD.

[Abstract] With the development of the city, the urban population is increasing, and the urban traffic problem is increasingly prominent. As an important part of the urban public transportation system, the urban rail transit has developed rapidly. Urban rail transit has the characteristics of energy saving, land saving, large volume, all-weather, green environmental protection, no pollution, safety and so on, in line with the principle of sustainable development. With the rapid development of urban rail transit, its energy consumption is also increasing. The energy consumption of urban rail transit is mainly traction energy consumption and power lighting energy consumption, while the energy consumption of power lighting is mainly that of air conditioning. In order to ensure the orderly development of the installation process, the BIM model is used to simulate the installation sequence of each professional equipment and pipeline, etc., and the problems can be solved in advance through process simulation before construction, and intuitively disclosed, so as to avoid demolition, modification and rework caused by process errors. Combined with the actual engineering, the closed-loop management of the design, construction, commissioning, operation and maintenance of the air conditioning refrigeration room is realized through BIM technology, and the conventional process and key precautions of the assembled and efficient refrigeration room construction based on BIM are given, so as to provide energy-saving operation of the air conditioning refrigeration room system of urban rail transit.

[Key words] BIM technology; assembly construction; refrigeration room

全国各个城市发展迅速，目前越来越多的城市开始修建地铁，装配式施工，即构件在工厂内预制加工完成，现场只需进

行简单就位、装配、拼接即可。采用 BIM 技术 + 装配式施工进行地铁车站空调制冷机房安装，安装精度高、工程进度有保

障，工程质量高，作业环境大为改善，降低工程成本，与传统的机电安装工艺、工法相比，简直是一次颠覆性的革命。因地铁施工对城市交通及各个方面的影响较大，所以就对地铁施工工期的要求越来越紧，目前地铁车站机电装修施工工期只有一年时间，且地铁车站的专业种类繁多，空间狭小，各专业管线排布错综复杂。基于BIM实现地铁高效制冷机房管道装配式施工，通过运用BIM对机房管线进行优化，管件加工按模型数据进行工一七预制，实现现场装配式施工，降低施工人员的数量和劳动强度，提高生产管件的准确性。总结了地铁车站管道装配式施工方法，按照适用、经济、安全、节能、绿色的要求形成规范的施工技术。

一、BIM技术+装配式施工概述

建筑信息模型/建模（Building Information Model/Modeling）是以建筑工程项目的各项相关信息数据作为模型的基础，进行建筑模型的建立，通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息。BIM具有可视化、协调性、模拟性、优化性和可出图性等特点。采用以BIM技术应用为载体的项目管理，与传统的项目管理方式相比较，可以提升建筑工程项目生产效率、提高建筑工程质量、缩短工期、降低工程成本。对于地铁车站的空调制冷机房来讲，空调管线集中，管径较大且布置密集，采用BIM技术，因其具有模拟施工功能，现场施工前，可以先行模拟，问题可以在模拟过程中解决。模拟施工之后，现场再进行实体施工，相当于二次施工，可以避免传统机电安装模式（现场切割管道，就位安装焊接）的很多弊端，例如安装过程中可能出现管路交叉打架，安装完成后管路布置不合理或检修空间不足甚至没有检修空间等弊端。装配式施工，与传统的现场手工作业方式相比，首先，工厂化生产的效率、质量、精度远高于现场传统的手工作业；其次，装配化施工，可大幅降低工人劳动强度，改善作业环境，减少对人工依赖；再次，基于上述优点，现场的安装效果，能够高标准实现设计者的功能目标。地铁车站的空调制冷机房是管线体量最大的部位之一。按照传统机电安装工艺、工法，该位置是作业最耗时，劳动强度最大，特别是有大量的水管焊接工作，空间小，工作环境最差的部位。在地铁车站的空调制冷机房，采用BIM技术+装配式施工，通过BIM技术进行冷冻机房内管线建模，进行碰撞检测，调整优化冷冻机房内管线。并对冷冻机房内管线BIM模型拆解为构件，构件进行编码，工厂预制，物流运至现场拼装。完美的体现了BIM技术+装配式施工的优点，摒弃了传统机电安装工艺、工法的缺点及不足。

二、冷机房管道装配式施工技术优势

传统的机房管道施工是根据施工图纸和现场的实际人工进行测量、拆分、校核、制作及安装，易受技术能力、工期、各方协调等方面的制约。由于图纸深度不够，致使机房布局不合理，管道之间位置冲突，难于精确定位管道标高，造成管道施工效率低，返工率高，质量难以保证。同时现场安装施工需要大量的切割、焊接、油漆等作业，环境状况差，安全隐患多。机房管道采用装配式施工，运用BIM通过建立高精度等级模型，提高构件制作加工精度；利用可视化的特点提高管道及设备综合布置的合理性、可行性；装配式安装，提高了施工效率，减少现场施工的切割及焊接作业。同时高效节能制冷机

房通过BIM进行管线优化，降低水流阻力，减少设备及管道的能量消耗，提高了高效节能制冷机房的能效比。

三、BIM技术+装配式施工流程

在地铁制冷机房采用BIM技术+装配式施工方案，对这种采用现场切割、就位、焊接、安装传统的工艺、工法，可以大幅降低工人劳动强度，改善作业环境，减少对人工依赖；可以缩短工期，节约人工成本；采用工厂化加工，可以对材料进行有效管控，减少材料浪费；提高生产效率，提高工程质量。

1、BIM模型搭建基础。地铁车站空调冷冻机房内管线利用BIM技术搭建模型，需要对机房内的建筑空间做好精准测量，需要明白设备、管线阀门等可以利用的准确空间。冷水机组、水泵、每一个传感器、阀门等设备及管件的的外形尺寸在建模中应与实体外观尺寸一致且精准。冷水机组、水泵、传感器、阀门等设备及管件的安装位置、安装要求均要明确，建模中与现场一致，通风空调专业的验收规范、要求以及运营部门对冷冻机房内设备间距、维修空间等（接收、管理）要求均要在建模中满足和体现。

2、BIM模型搭建、管路碰撞检查。利用BIM技术对该站冷冻机房内管线进行模型搭建，以施工图纸、设备厂家提供的设备基准图形及数据为依据，通过专用软件搭建制冷机房内的管线三维图形。BIM的三维建模，具有形象的可视化功能。依据施工图进行模型搭建，相当于在计算机中进行虚拟施工，可以发现施工图中管线布置是否有标高冲突、交叉打架、空间位置不足、下翻梁阻挡管线无法通过等不合理问题，即进行管线碰撞检查。在BIM建模过程中可以及时作出调整，可以对出现的问题做出及时修正，避免后期现场施工中的返工，人力、材料、工期的浪费。

3、优化管路设计、精准管路空间。在利用BIM技术建模过程中，对冷冻机房内墙体、梁、板、柱等结构的检查，对施工图中管线标高、交叉、空间位置的检查，对冷水机组、水泵、阀门及管件的位置检查，对检查存在的问题进行处理，对不合理位置进行修正。这些也是管路设计优化的一个过程。总体的优化原则：满足通风空调专业的验收规范、标准；满足机房现场的空间位置要求；满足管路工厂化生产要求；满足运营部门冷冻机房内设备间距、维修空间等接收、管理的要求。

4、模型拆解，生成加工图。冷冻机房内BIM建模完成后（包括对冷冻机房结构校尺寸校核、施工图模型搭建、线路碰撞检查、管线优化），利用BIM技术与装配式工艺相结合，将冷冻机房内的管路分解为32个工厂加工的组块，并对每一块组块进行编号，生成工厂加工图纸，32个管件组块全部工厂内加工完成。

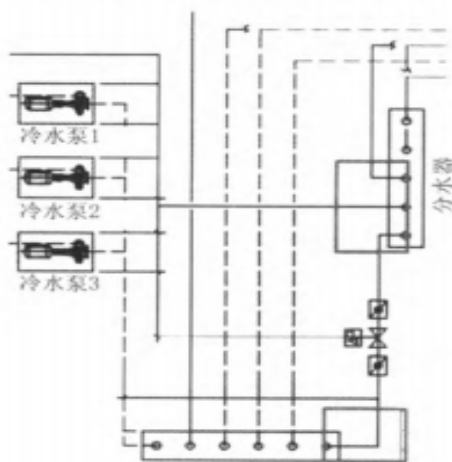
5、现场组装，完成安装工程。冷冻机房管件组块工厂内加工完成，如期运至施工现场，现场只需要对管件按照编号进行就位组合即可，安排工人完成了冷冻机房管路安装。冷冻机房如果采用传统的现场切割、就位、焊接工艺、工法方可完成，工期、效率大幅提高。

四、基于BIM系统的装配式高效制冷机房实现

结合某车站空调系统高效制冷机房的建造实例，如何利用BIM工具实现制冷机房的装配式施工，以保证制冷系统高效节能运行。该站为地下2层结构，空调面积约6000 m²，水泵两

用一备,设置2台组合式空调机组和6台柜式空调机组,分别为车站公共区和设备管理用房供冷。在现场机房还不具备条件的情况下就开始机房的排版、管线分段场外预制等工作,待现场具备条件直接将各管段运输至现场进行组装,缩短工期提高施工质量。

1、系统的二次深化设计。工程施工前,对冷水机房建筑轮廓进行3D扫描,获取机房精确的三维尺寸,对机房设备、管路进行重新优化排布、对机房内制冷系统管路进行二次深化设计。1)制冷机房设备、管路的重新优化排布。根据工程现场实际建筑三维结构尺寸,对机房主要设备的摆放位置及机房内管道走向进行优化排布,使空间布局更加合理,设备检修更加方便,管路水流更加通畅,降低水系统输送能耗。2)将直角弯头、直角三通改为顺水弯头或顺水三通。如图。



从图中可见,优化前局部管段、弯头过多;优化后管路、弯头减少,且弯头多为顺水弯头。与《实用供热空调设计手册》嘲规定的管道阻力系数相比,优化后三通、弯头阻力损失可分别减少66%和50%。根据优化后的管路设计重新进行水系统的输送阻力计算,并根据计算结果对水泵扬程进行重新选型。该站管线经过重新优化布设后,冷水、冷却水系统管路阻力分别降低3~4 m,相应的水泵扬程及配电功率均得到降低。

2、制冷机房BIM三维建模。机房系统二次深化设计完成后,需对机房进行三维建模工作,模型精度需达到工厂加工精度,主要分以下步骤。1)主要设备材料BIM族库的建立。设备材料族库包括制冷系统主要设备以及各类计量监测元件。为便于后期运营管理,设备材料族库模型不仅需要包含外观空间尺寸等信息,还应包含各组件的关联信息,部分设备族的建模信息要求。2)系统设备及管路模型建立。头、三通等部位进一步优化,根据管路布设情况确根据系统二次深化图纸进行系统设备管路模定支吊架形式,完成支吊架受力计算及同步建模工型的建立,建模过程需确定设备基础标高,解决管作。线冲突问题,同时根据二次深化图纸要求对管路弯3)传感器、控制阀门阀件定位。在已建立的系统设备管路模型的基础上,依照传感器、控制阀门阀件定位原则将各类传感器、阀门阀件精确定位在系统管路上。

3、模型拆解及预制构件工厂制作。为满足工厂化预制的要求,需结合车站预留运输通道的设置情况对模型进行合理的拆解。为保证后期的安装质量及精度,模型的拆解不可过细,

具体需根据各车站实际情况灵活处理。模型拆解后,为方便后期加工、运输、安装,需对各构件进行二维码编码,涵盖构件编号,构件名称、构件材质、安装方式、安装方向、安装角度等一系列信息,各构件的后期连接方式只允许法兰或卡箍安装。构件的工厂化制作需像制作机械零件一样达到毫米级精度要求,对构件的生产设备、模板制作、构件养护都提出了很高的要求,尤其对工厂流水线操作工人的技术要求、操作流程更加严格,这样才能达到构件标准精度的要求,需在工厂完成以下工作:1)管道的除锈、焊接、吹扫、防腐、冲洗、试压。2)传感器的定位。所有温度、流量、压力传感器在管路上精确定位,预留螺栓孔。3)传感器的整定。根据传感器技术要求,对高效节能系统内的温度、压力、流量传感器和仪表进行第三方计量机构校正,出具校验证书。

4、构件运输、装配施工。机房装配实现了零焊接施工,先进行设备的运输就位,然后进行支架系统的搭设、管道的安装。通过装配式施工工艺可实现机电安装工程的流程再造,大幅缩减工期。以该项目高效制冷机房为例,按照传统方式施工,所有管件设备在现场定位、开料、焊接施工,方案中应根据设备安装区域的空间大小合理安排运输通道;根据设备房的设备管道布局规划好设备安装顺序、设备安装位置、管道安装工序及安装机具;设计起重设备布置的具体位置,确保选用的起重设备有足够的吊装能力;规划管道设备的临时堆放位置,地点应方便进行二次运输。现场施工人员通过移动终端,根据配置二维码信息对半成品进行现场搬运安装。现场施工前利用BIM模型制作成的三维可视化工序工艺动画进行技术交底,快速掌握相关技术。三维可视化交底避免了实际施工与施工计划的偏差,减少不可预见情况的发生,提高施工效率和施工质量。装配工作完成后,无需对系统进行管道冲洗,直接试压检验构件连接部位后即可转入调试阶段,同时由于传感器已完成精确定位和整定工作,使数据采集精度大幅提高,调试工作难度大幅降低。

装配式制冷机房可以有效解决传统制冷机房设计选型余量大、设计与现场不符以及施工阶段人工操作不规范等问题,解决了通风空调控制中传感器安装定位及整定的技术难题,改变了城市轨道交通工程空调系统高能耗的状况,解决了常规建造模式下设计、安装、调试过程中的各项技术难点。基于BIM的装配式施工作为促进建筑业提质增效的重要技术方法,BIM+装配式施工技术能够实现施工的高效率、高质量,工厂化加工和现场装配式高效安装,符合绿色施工管理理念。

[参考文献]

- [1]朱建国.基于BIM的城市轨道交通站装配式高效制冷机房应用研究[J].建筑工,2020,35(07):665-667.
- [2]王智佳,苑东亮.浅析我国在施工阶段BIM应用中的存在问题及对策[J].价值工程,2021,33(32):150-152.
- [3]钱惠,吴善许,王兴坡.基于BIM的城市轨道交通地下车站装配式工程中的应用[J].安装,2021(10):44-47.
- [4]葛文兰,于晓明,刘政.BIM技术在机电安装工程深化设计中的应用[J].安装,2022(06):56-58.
- [5]钟凯,李云,朱峰.浅谈制冷机房BIM+工厂预制化装配式施工应用[J].安装,2020(07):18-20.