

# 装配式制冷机房施工

胡杰 李相宇

中建八局第二建设有限公司安装公司 四川 成都 611130

**【摘要】**：以制冷机房“装配式施工”为例，详细的介绍了从开始的准备工作到最后的装配完成的整个过程。每个过程都详细的介绍了工艺方法和注意事项，以及带来的技术、经济和社会效益。

**【关键词】**：装配式施工；BIM；绿色施工；构件

## 1 前言

装配式技术是根据 BIM 模型按照厂家给出的设备、材料信息，利用机床精确化下料。流水线安装、焊接，运至施工现场，工人根据构件编号，进行装配。相比于传统施工工艺，缩短了工期，节省了材料，真正诠释了什么叫绿色施工。

## 2 工艺特点

1、工序前置—设备、系统部件信息收集，BIM 精确建模，将各专业紧密结合深化，发现并解决问题。有足够的时间去充分考虑前期施工，后期设备使用、维修保护等因素。

2、质量可靠—根据 BIM 精确建模设计的加工图，精确下料，节省了原材。工厂流水线焊接，全程使用全自动相贯线切割机、全自动焊接机器人机械化加工，为质量保驾护航；

3、节约工期—综合考虑各个因素，最大限度的将各个部件集中在一个模块构件上，减少现场装配工作，根据编号，进行吊装，加快了安装速度，从而进一步节约了工期。

4、绿色施工—节能环保，对原材料利用率远远高于现场对原材料的加工。而且由于装配式机房无需焊接作业，将火灾隐患降低为 0。

5、维修方便—构件之间均可拆卸，方便了后期维修。每个构件都存在编号，同样也方便了物业的运营。

## 3 适用范围

本工法适用于公共建筑、民用建筑的空调系统制冷机房的管道安装施工。

## 4 施工工艺流程及操作要点

### 4.1 施工工艺流程

施工工艺流程图见图 1

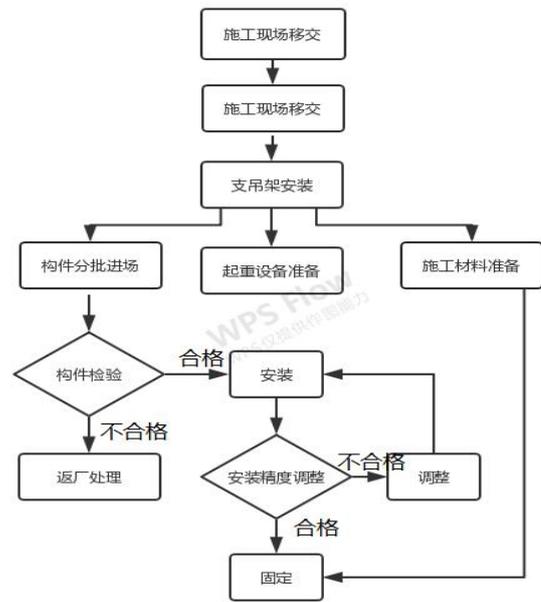


图 1

### 4.2 工法操作要点

4.2.1 施工现场查验，根据深化的图纸，复核基础位置。验收合格后，将设备安装基础上。结合现场，确立平面基准点，以建筑 1 米线为标高基准线，利用 BIM 放样机器人、激光投线仪、激光测距仪等测量工具对制冷机组进出水口、水泵进出水口、集分水器进出水口等设备与管道的接驳处、现场已经存在的系统管线位置、高度进行测量，并进行数据整理。

#### 4.2.2 模型调整

根据实测实量的相关数据，对 BIM 模型构件进行了统一调整，主要调整项目包括：

- (1) 管材 外径、壁厚
- (2) 阀门 外观、厚度结合厂家资料册和实测数据调整；
- (3) 法兰 根据 GB/T9119-2010 规范调整；

(4) 管件 根据 GB/T12459-2005 规范调整, 大小头水平安装为顶平方式、异径三通采用挖眼方式;

- (5) 垫片 现场采用金属缠绕垫片, 所有垫片厚度统一;
- (6) 水泵进出口相对定位
- (7) 水泵平面定位
- (8) 水泵出口标高
- (9) 制冷机组进出口相对定位
- (10) 制冷机组平面定位
- (11) 制冷机组进出口标高
- (12) 集水器进出口平面定位
- (13) 集水器进出口标高
- (14) 已安装风管空间定位

#### 4.2.3 BIM 综合设计排布

数据收集完毕后, 利用 BIM 软件对机房各专业管线进行排布, 发现管线碰撞, 并及时解决见图 2。对设备、阀门、支架等建立高精度组库, 并形成了详细加工图纸; 其中自建高精度设备、阀门、仪表 BIM 族 80 多种, 1:1 的进行还原。



图 2

#### 4.2.4 管段拆分

1) 将 BIM 模型进行深化, 分解成每一个可以在工厂预制加工成的模块构件。拆分结合预制加工、运输、吊装、安装等工序要求, 对工艺管道管段进行拆分, 拆分部位采用法兰连接方式, 综合考虑各个因素之后, 最大限度的将各个部件集中在一个模块构件上, 从而减少装配工作, 因此在拆分

时尽量利用工艺管道系统中的阀门部位, 减少连接法兰的数量。在管段拆分原则的前提下, 还需要注意以下细节:

- (1) 支架距离管道焊缝边缘不应小于 100mm;
- (2) 直管段管径焊缝间距不应小于 150mm;
- (3) 弯头处、弯管处禁止焊接法兰;
- (4) 预留好管道保温间距, 阀门、设备操作空间;

考虑到运输、吊装重量、施工空间等因素的影响时, 尽可能减少拆分数量。实施过程中要严格控制误差累积, 将误差消化在本轴线范围内。将构件排序、编号。

结合吊装顺序及各管段吊装组合对管段进行拆分, 拆分后管道采用法兰进行连接, 在拆分时尽量利用管道系统中的阀门部位, 减少连接法兰的数量, 拆分完毕结合运输顺序、吊装顺序等对各管段按先后进行编号, 从而实现构件信息化管理。

#### 4.2.5 标注出图

制冷机房根据管段的拆分, 绘制专业图纸和管段加工图纸见图 3

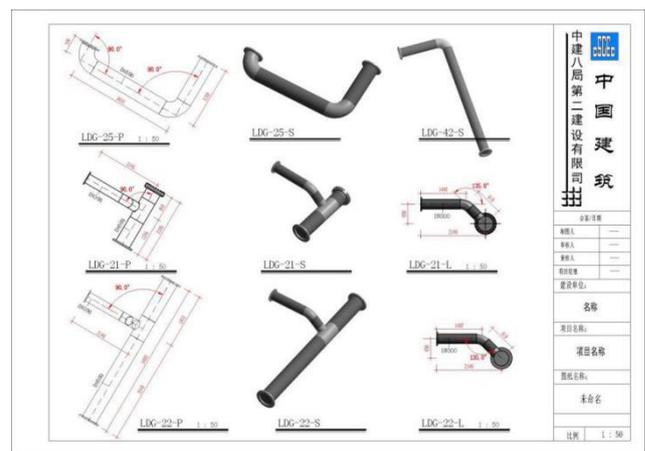


图 3

#### 4.2.4 成品支架设计

BIM 模型调整完成后, 可根据工艺管道图纸, 初步设计管道支架的型式及平面布局。

##### 1) 初步布局

构件模型调整完成后, 根据规范要求, 设置支架生根的位置。管道安装时应注意以下细节:

- (1) 管道安装时, 应及时固定和调整支、吊架。支、吊架位置准确, 安装应平整牢固, 与管子基础应紧密

(2) 有热位移的管道，吊点应设在位移的反方向，按位移值得 1/2 偏位安装。

(3) 导向支架或滑动支架的滑动面应洁净平整，绝热不得妨碍其位移。

(4) 支架安装完毕后，应逐个核对支、吊架的位置、形式是否正确

### 2) 型钢选材

根据支架间距，计算支架之间每段管段的满管水重，完成每个支架的受力分析。对照机械设计手册，完成支架的立杆和横担的型材选用。横担的选型：

$$M=FL$$

F--作用在构件截面上的力，单位 N。

L--作用点到弯矩计算点的距离，单位 m。

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W}$$

Mmax--弯矩，是受力构件截面上的内力矩的一种，即垂直于横截面的内力系的合力偶矩。其大小为该截面截取的构件部分上所有外力对该截面形心矩的代数和。单位 N\*m。

σ max--弯曲强度是指材料在弯曲负荷作用下破裂或达到规定弯矩时能承受的最大应力，此应力为弯曲时的最大正应力，以 MPa (兆帕) 为单位。它反映了材料抗弯曲的能力，用来衡量材料的弯曲性能。本工程钢材使用 Q235，其屈服强度值是 235MP，抗弯设计强度值是 215MP。

由以上公式可见，最大弯曲正应力与弯矩成正比，与抗弯截面系数成反比。

根据管道满水时重量，支架的长度，算出Σ Mmax，根据如上公式，得出抗弯截面系数，根据机械设计手册，选出槽钢型号。通过计算本工程构件满水重量区间为 0.3 吨~14 吨，从而得出本工程主要采用 8#、14a#、16a#、20a#、24a# 五种型号热轧槽钢。

### 3) 支架布置图

建立详细的支架模型，合理布置支架位置，达到布局合理、满足施工的目的并出具每个支架位置的剖面详图。

#### 4.2.5 管道、支架工厂预制

(1) 工厂流水化施工，全自动化下料，将高精度的 BIM

模型导入数控操作平台，从而完成全过程高精度的下料。

(2) 使用专用的坡口，进行管道坡口的切割。然后使用焊接机器人进行管道焊接。

#### 4.2.6 管道装配

现场共计 56 个吊装整体。经与技术人员反复交底后，根据现场实际情况，经过施工模拟。确保各工作人员熟悉施工程序和工艺后根据编号将构件逐一进行组装。利用手拉葫芦，将管线就位。将相邻构件法兰和垫子对齐后，穿入合适的螺丝和螺母，由工人拧紧。

#### 4.2.7 吊点及吊装设备的选择

考虑构件体积和重量都较大，现场施工空间狭窄。经设计将支架的根座作为主要吊点。具体形式见图 4

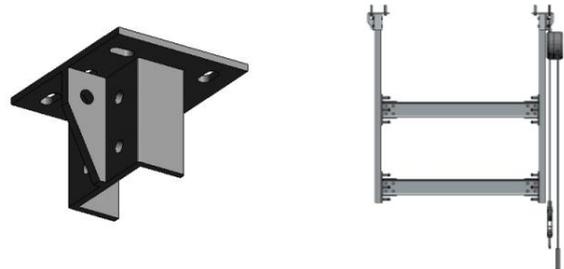


图 4

考虑现场电源不稳定，葫芦拉动构件匀速上升时，突然停止，构件的惯性大，容易将生根点膨胀螺栓拉扯下来。所以现场采用了 HSZ-J 型手拉葫芦。

#### 4.2.8 管道吊装

根据构件编号，将构件各端用拉链捆绑，检查无误后，同时匀速拉动葫芦拉链。在吊装的过程中应注意如下事项：

- (1) 检查吊点是否固定牢固，无误后将葫芦挂上。
- (2) 起吊时应有专人进行指挥。
- (3) 吊装过程中应匀速操作。每个吊点节奏应一致。
- (4) 构件吊至安装标高后，安装支架横担和木托，缓慢将构件放置在横担上。
- (5) 吊装完毕后进行管道连接，从设备一端向另一端连接，用葫芦配合管道位置调整，对于冷冻水管道首先将在支架上放置木托。连接过程中保证管道水平度，保证法兰连接质量，避免出现漏水情况。

## 5 装配式机房质量控制

发现存在观感质量不佳, 主要问题有管道刷漆不均匀和表面严重划痕, 管道弧度偏差, 管道水平度偏差, 支架不垂直, 与设备接驳处存在偏差。针对以上问题, 进行了调查研究发现, 主要是由于安装支架不垂直, 构件连接处法兰存在偏差, 管道排布不合理, 设备基础存在偏差。针对以上原因, 制定了对策如下:

(1) 选取优质的型钢材料, 根据现场实际情况调整焊接方法来减少支架焊接变形量, 支架安装工作分步化解, 先生根后制作支架, 避免支架制作与现场存在偏差。

(2) 增加固定支架。通过实际试验: 设置固定支架间距分别为 10m、20m、40m、60m 管段各三段, 进行打压后测得管道位移量平均值, 固定支架间距在 40m 范围内设定即可以满足要求。

(3) 利用 BIM 优化基础位置, 从而保障管线排布更加有序。利用仪器测量施工完成后基础的位置、尺寸大小和表面水平度、垂直度。从而保障装配过程的有序进行。

(4) 组织工作经验丰富的安装人员, 合理选用机械设备如平台车, 并配备相应的安全人员负责。

(5) 弧形管道的预制尽量在车间内完成, 减少现场调整的工作量。

(6) 保证现场的通风、照明, 满足施工规范要求。

(7) 通过 BIM 优化, 综合考虑各专业管线位置, 合理安排施工顺序。

## 6 成型效果

在基于 BIM 的装配式机房装配完成后, 整体的观感效果和传统的施工工艺完成的效果相比综合观感有了较大的提升, 而且质量更加可靠。成型效果见图 5。



图 5

## 7 效益分析

### 1、技术效益

基于 BIM 技术的机电管线及设备工厂预制化施工技术, 按照模块化、集成化的思想, 从设计、生产到安装深度结合集成, 通过这种模块化及集成技术对制冷机房管线进行规模化的预加工, 工厂化流水线制作生产, 采用机械坡口、自动焊接, 厂内整个预制过程形成流水线作业, 提高了工作效率, 保证了预制模块的施工质量。模块运至现场, 在施工现场建立作业流水线, 进行模块吊装、组配, 从而实现制冷机房安装标准化、产品模块化及集成化。利用这种技术, 减少了现场施工工程量, 提高了生产效率和水平, 节约了材料, 缩短了工期, 降低了工程成本, 并减少了施工污染, 实现制冷机房全过程绿色施工。确保了工程重大工程节点的实现。同时也为类似的项目工程提供了可借鉴的施工经验。

### 2、经济效益

此施工方案, 大大减少了施工时间, 管道成活效果良好。郑州奥林匹克体育中心项目, 此装配施工 20 人共用 20 天, 与传统施工工艺相比缩短工期 30 天左右。按照每人 200 元来算, 人工节省了,  $40 \times 20 \times 200 = 120000$  并且观感质量效果较好, 系统运行安装稳定, 节约了大量的维修费用。

### 3、社会效益

建筑行业对于绿色施工不断要求, 技术的不断革新, 此项技术不仅可以扩大公司在机电安装领域的影响力, 还为公司后续发展奠定了扎实基础。

## 结语

传统的机电安装都是在现场制作, 现场制作需要焊接、钻空等具有一定危险性的操作。传统方式不仅存在较大的安全隐患, 而且对现场环境也可以造成污染。不同工人在管道下料、安装过程中技术水平良莠不齐, 很容易对管道系统造成隐患和材料浪费。这样不仅消耗了大量的人力, 还增加了管理难度。

BIM+工厂预制化加工, 是根据 BIM 模型按照厂家给出的设备、材料信息, 利用机床精确化下料。流水线安装、焊接, 从而可以避免传统机电安装所带来的一些危险弊端。机房安装过程中通过法兰进行对接, 省去过多的动火作业, 节约了工期。之所以提倡工厂化预制装配式机房施工技术是因为其符合建筑行业竞争日益激烈趋势; 施工技术要求的不断提高; 工期和成本的压力; 绿色施工方面提出更高要求。

**参考文献:**

- [1] 庄小杰. 装配式管件施工技术 [J]. 安徽建筑, 2019.5.25
- [2] 高亮, 钟剑, 罗世闻, 张振杰. BIM 结合工厂化预制加工技术的应用 [J]. 建设科技, 2014 (22)
- [3] 汪盛, 曹举胜, 师拓. 人民日报社报刊综合业务楼制冷机房设备及管线排布深化设计 [J]. 施工技术, 2014 (06)
- [4] 《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243-2002
- [5] 《通风与空调工程施工规范》GB 50738-2011
- [6] 《室内管道支架及吊架》图集 03S402
- [7] 《输送流体无缝钢管》GB/T 8163
- [8] 《板式平焊钢制管法兰》GB/T 9119-2010