

文章编号: 1671-6612 (2019) 03-245-06

装配式冷冻站在城市轨道交通工程中的应用分析

篮 杰 杨礼桢

(中铁第四勘察设计院集团有限公司 武汉 430063)

【摘 要】 分析了城市轨道交通传统冷冻站的现状和存在的问题, 结合郑州机场至许昌市域铁路工程(郑州段)的实际情况进行分析, 提出采用装配式冷冻站, 可以有效的解决传统冷冻站在设计、采购、施工、建设管理等过程中的一系列问题, 并给出了具体应用方案和对比分析, 可供相关工程参考。

【关键词】 城市轨道交通; 地铁车站; 装配式冷冻站

中图分类号 TU96 文献标识码 A

Application of Assembly Refrigeration Station in Urban Rail Transit Project

Lan Jie Yang Lizhen

(China Railway Siyuan Survey And Design Group Co., Ltd, Wuhan, 430063)

【Abstract】 This paper analyzes the present situation of a traditional refrigeration station in the underground station of urban rail transit, Combined with a practical rail transit project from Zhengzhou airport to Xuchang (section in Zhengzhou), a proposition of assembly refrigeration station is presented. It can effectively solve a series of problems in the entire construction process of rail transit system from design to operation, and also a specific application scheme and comparative analysis are given. This can provide a reference for related projects.

【Keyword】 Urban rail transit; Subway station; Assembly refrigeration station

0 引言

冷冻站设计是城市轨道交通通风空调专业的核心设计内容, 传统冷站存在占地面积大, 设计施工界面多, 施工周期长, 施工环境差, 质量难以控制等问题。

当前我国正处于大规模城市轨道交通建设时期, 构件预制化技术水平越来越高, 同时构件预制化也是工厂化的一个必然趋势。采用预制构件不仅可以提高工程质量还可以缩短工期降低成本, 同时提高地下工程施工的工业化程度, 尤其对改善地下工程内的施工环境更是明显^[1]。但是目前国内车站装配式建造大多专注于结构构件的装配, 随着装配建造的不断发展, 机电安装工程也逐渐进入到装配建造阶段, 且可实施性更强, 效益十分显著。

车站装配式冷冻站技术, 即是在机电安装工程

中装配建造的典型应用, 可以解决传统冷冻站设计施工存在的一系列问题。目前在郑许市域铁路工程(郑州段)工程中, 全线冷水机房均采用装配式冷冻站技术方案, 本文结合该实际工程对其应用进行分析, 可供相关工程参考。

1 传统冷冻站存在的问题

1.1 设备布置分散, 占地面积较大, 建造成本高
地铁地下标准车站建筑面积约 14000m²左右, 冷水机房建筑面积一般在 150m²左右, 地铁车站一般均建设在地下, 造价较高, 土建造价每平方约 1 万~1.2 万左右。一个标准车站冷水机房土建造价约 150~180 万元。

1.2 传统冷冻站设计造型各异, 不利于开展标准化设计

作者(通讯作者)简介: 篮 杰(1978-), 男, 本科, 高级工程师, E-mail: 13149221@qq.com

收稿日期: 2018-06-15

因地下车站具有狭长型的结构特点,且规范要求冷水机房不得布置在变电所的正上方,因此布置较为困难,为满足冷水机房功能要求,一般根据站内房间布局进行布置,导致各站形状各异,全线各车站冷冻站的设备布置散乱,一站一景,不利于标准化设计。

1.3 设计、设备采购及施工界面繁杂

冷冻站在地铁车站的设计、供货施工及建设管理整个过程中,界面交叉较多,责任划分不清,导致问题频出。

设计界面:通风空调专业负责所有设备及管路附件的设计(部分设计单位冷却水部分由给排水专业设计),低压配电专业负责提供变频器及各设备的配电设计,BAS专业负责传感器、变频控制等控制部分的设计。因冷冻站设备及阀门接口众多,经常出现遗漏情况。

设备采购界面:冷冻站内设备众多,冷冻站设备及材料主要有冷水机组、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔、水处理设备、变频设备及各类传感器、控制阀门、管材、强弱电缆等由不同的供货商供货,不同设备接口各异,有大量的接口需要整合协调。

施工界面:冷站施工主要有风水电施工单位及弱电施工单位,风水电施工单位主要是根据设备安装要求完成设备安装,并负责配电,弱电施工单位负责控制部分的模块箱及控制线路的敷设。在施工过程中有大量的协调工作需要完成,如设备、管道安装于传感器安装的矛盾,设备与控制系统的接口协调,配电箱与控制模块箱的安装协调,管路系统安装于配电箱及模块箱的安装协调,各类接口协调任务繁重且容易出错。在完成安装及线路敷设后,风水电单位需要与环控柜厂家及弱电施工单位配合完成整个系统的接口调试、控制调试,此部分工作量相当繁杂,在以往的工程建设中往往需要消耗大量的人力和精力且效果不好。

建设管理:冷冻站内甲供设备与乙供设备分属不同的部门及专业管理,施工现场由项目管理部进行大量的协调管理。

1.4 施工周期长,设计和施工质量都难以把控

因设备零散,供货商多,需采购的材料多,各类安装均需在现场进行,现场协调的内容多,地下施工环境恶劣,这一系列原因均导致了施工周期较长。传统安装工序一般为主体接收—设备基础—设

备就位—管道定位—管道焊接—阀件安装—管道保温—调试。按照以上传统方式施工,所有管件设备在现场定位、开料、焊接施工,需5个技术人员连续工作45个工作日^[2]。

在质量把控方面,设备、管道及阀件选型和布置的是否合理取决于设计人员的设计水平,安装过程是否完全按图施工,是否遵循相关工艺规范也取决于工人的熟练程度和技术水平,因此极易造成最后各车站冷冻站完成质量的良莠不齐。

1.5 群控系统实施无序

部分线路采用冷站群控系统,但无系统级的控制理念,简单满足负荷需求而被迫做出加减机,节能能力完全由单个设备的“单兵作战”来完成,其结果是单一设备很节能,组合在一起能耗高,节能多少的随机性大。缺乏通过实时连续的监测,不能主动分配系统内主要设备的电力需求,实现对冷冻站各设备的集中优化控制。

2 装配式冷冻站具体应用方案

2.1 郑州机场至许昌市域铁路工程(郑州段)简介

郑州机场至许昌市域铁路工程(郑州段)线路长约35.16km,设站16座,均为地下站,其中换乘站5座。各站均采用分站供冷,单个车站冷负荷均在900kW左右,冷源系统采用水冷螺杆机+冷却塔的方案,每个车站设置有2台冷水机组,2台冷冻水泵,2台冷却水泵,2台冷却塔及水处理装置,采用膨胀水箱高位补水。冷却塔和膨胀水箱均布置在靠近冷水机房的表面上,其余设备均布置在地下室的冷水机房内。

2.2 装配式冷冻站设计理念和思路

针对传统冷冻站设计存在的问题,本工程提出采用工程产品化思想将较为零散的冷冻站整体当做一个工程产品进行模块化、标准化、集约化设计。主要目标是解决以下几个方面的问题:

- (1) 从分散责任主体到装配式冷冻站单一责任主体;
- (2) 从各车站单独设计到所有车站进行统一专业的设备优化选型和水力计算,提升设计质量;
- (3) 从工程项目到标准的装配式产品生产,生产和测试工序标准化,保障产品质量;
- (4) 从项目现场施工转变到工厂预制,现场

拼装, 缩短施工周期, 提高施工质量;

(5) 从杂乱无序的群控策略升级成系统级的集中优化控制;

(6) 全线车站实现标准化设计。

2.3 装配式冷冻站模块设计方案

根据本工程提出的目标, 对装配式冷冻站进行了模块化分解, 各主要模块的具体设计方案如下:

(1) 主机模块和主机管路模块

主机模块的可调整性较小, 根据不同的主机厂家尺寸略有不同, 因主机本身结构的整体完好性和专业性, 将其与钢结构整体基础单独作为一个模块。与主机连接的管路, 在适当的法兰盘位置分开单独作为一个模块, 详见图 1 和图 2。

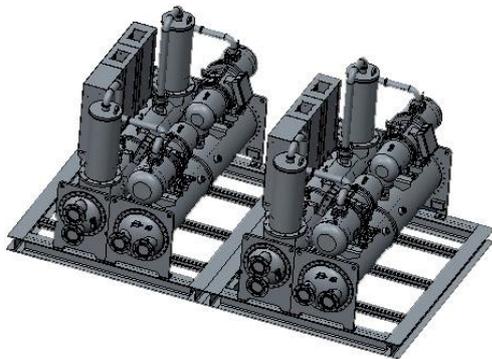


图 1 冷水机组模块
Fig.1 Chiller module

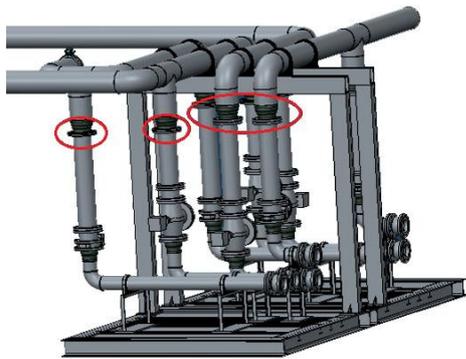


图 2 冷水机组模块
Fig.2 Pipeline module connection to chiller module

(2) 循环水泵模块

为缩小冷水机房面积, 均采用立式水泵, 与相连接的管路阀门附件一起作为一个模块。水泵可采用水平布置, 为了进一步集约化, 也可以采用上下层立体布置方案, 但是上下层立体布置需要解决好检修的吊装和上层水泵的振动等问题, 详见图 3 和图 4。

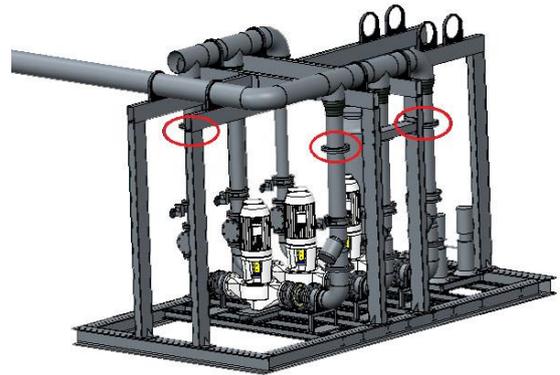


图 3 循环水泵模块 (水平布置)
Fig.3 Pump module (Same floor layout)

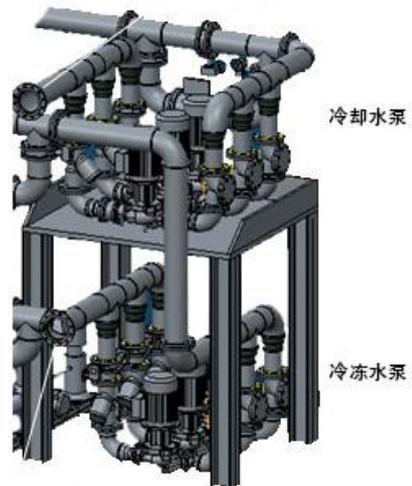


图 4 循环水泵模块 (水平布置)
Fig.4 Pump module (Upper and lower layout)

(3) 分集水器模块

将集分水器与基础和平衡管道一起作为一个模块进行设计。为了进一步集约化设计, 还可以考虑采用立式的集分水器方案, 立式布置方案与国标图集布置方式不一致, 宜进行水力模拟以确定其分集水效果, 详见图 5 和图 6。



图 5 循环水泵模块 (水平布置)
Fig.5 Water collector /seggregator module(Horizontal layout)



图 6 循环水泵模块（竖向布置）

Fig.6 Water collector /segregator module(Vertical layout)

(4) 模块整体拼装应用效果

结合本工程实际情况，考虑到检修和工程实施的方便，循环水泵模块未采用上下层布置，集分水器仍采用水平卧式布置。机房预留 1.5m 主检修通道，冷水机组距墙按 1m 控制，两台主机间间距为 1.5m，机组一侧预留 3m 左右的拔管空间；另为充分利用机房空间，循环水泵采用斜侧布置，同时预留有相应的检修空间。整个冷水机房尺寸控制在 14m (H) × 7m (W)，机房面积为 98m²，整体布置平面图和三维效果图分别如图 7 和图 8 所示。

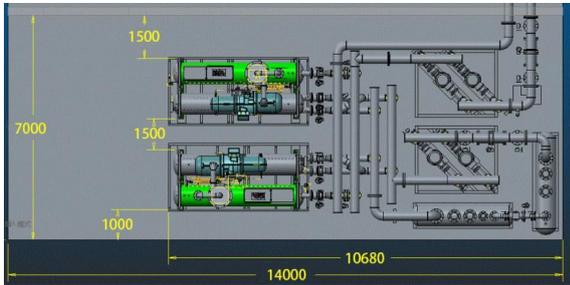


图 7 装配式冷冻站平面布置图

Fig.7 Plane arrangement chart of Assembly Refrigeration Station

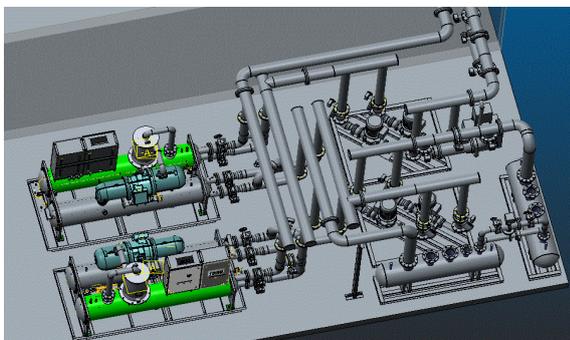


图 8 装配式冷冻站三维示意图

Fig.8 3D schematic of Assembly Refrigeration Station

2.4 群控系统设计方案

为更好的实现水系统集中控制功能，提升冷站能效水平，本工程将冷源群控部分设计单独从 BAS 中剥离开，由专业的通风空调集成商深化设计、供货和调试。每个冷站配置 1 面冷源集中控制柜，并根据冷站规模配置相应数量的下位辅机（水泵、冷却塔、电动蝶阀等）水系统智能控制柜，配置实现冷源系统群控以及水系统变流量控制所需的全部传感器及智能电表，以及控制系统所涉及到的专用软件等。

本工程群控系统所有控制柜设置在车站靠近冷水机房端的环控电控室内，优化控制柜工作环境的同时，也从物理上将群控系统与装配式冷冻站分开，更有利于界面的划分。

冷源群控系统采用基于实时负荷需求的自动控制系系统，实现对冷水机组、冷却塔、冷冻水泵、冷却水泵、电动阀门等的设备启动、停机控制及状态、信号的监视，各设备之间的联动、连锁保护，实现对冷源系统的“一键启停”功能，并实现无人值守。同时能点对点单台设备进行启、停操作以及运行参数的设定。具体控制策略本文不做过多赘述，群控系统控制架构如图 9 所示。

2.5 具体实施流程

在具体应用上，实施流程可按照优化选型—三维仿真—模块化设计—力学分析—工厂预制—模块运输—现场拼装—群控系统设计几个步骤进行。

(1) 优化选型：根据提供的冷负荷对主机和循环水泵等进行优化选型，对冷冻站管路阻力进行精算，使设备功率及机房各环路阻力均控制在合理的范围。

(2) 三维仿真：通过结合设计、运营各方建议，根据设备选型和管路设计情况，建立三维仿真模型，满足设计、使用及后期检修要求。

(3) 模块化设计：根据现场运输路径和孔洞尺寸，结合生产加工工艺，对冷冻站整体结构进行分解，对各部件进行模块化设计。

(4) 力学分析：装配式冷站内的设备基础、管路阀门附件的支吊架均由供货商统一提供并装配完成，因此需对基础和支吊架等进行力学分析，确保拼装完成后牢固可靠，并达到防晃抗震等要求。

(5) 工厂预制：各模块和管件的标准化工艺

生产, 包括对管道的除锈、焊接、吹扫、防腐、冲洗、试压、触感器的定位、对冷站的效率测试等, 均在工厂完成。

(6) 模块运输: 装配式冷冻站在工厂预制并测试验收合格后, 拆分为不同的模块运输并吊装到施工现场。

(7) 现场拼装: 装配式冷冻站供货商在现场负责各模块的拼装工作。

(8) 群控系统: 根据设计提供的控制策略, 结合主机的安全保护控制要求, 实现群控要求和功能。

具体步骤如图 10 所示。

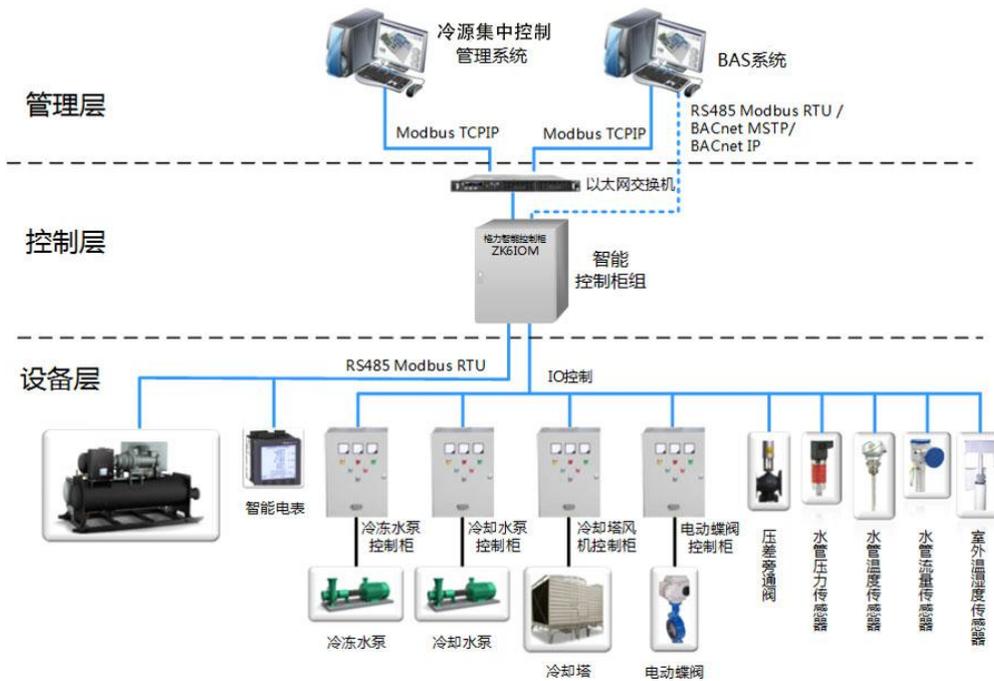


图 9 群控系统架构示意图

Fig.9 Control structure of group control system



图 10 群控系统实施步骤示意图

Fig.10 Implementing steps in the application of assembly refrigeration station

2.6 界面及接口划分

在传统的冷冻站实施模式下, 建设单位对各主要设备进行单独招标, 再由风水电安装总承包商统

一进行施工管理, 各专业间交叉接口较多, 而采用装配式冷冻站, 冷冻站系统作为整体单独招标, 此方式改变了传统的专业分工与协作, 界面和接口需

重新划分。

(1) 与风水电安装总承包商的施工接口

装配式冷冻站供货商责任：负责所提供的所有供货设备、管道及附件的拼装；另在本工程中，供货商负责将冷冻水管、冷却水管、定压补水接管、冷媒事故泄放管均预留至机房隔墙外 0.5m 考虑，并负责与风水电安装总承包商的管路和配电对接工作。

风水电安装总承包商责任：在装配式冷冻站进场前根据需要完成冷冻站机房内部的地面平整工作；负责提供并敷设配电电缆至主机本体和群控柜接线端子处。

(2) 与低压配电的设计接口

低压配电责任：低压配电为冷水机组、水系统控制柜和群控柜提供电源，接口位置在控制柜进线端子；低压配电在冷水机房内设弱电接地端子箱。

装配式冷冻站供货商责任：提供电缆截面、型号等参数要求；完成冷站内设备及管道的接地；对群控系统进行二次深化设计；配合低压配电指导电缆的敷设安装工作。

(3) 与 BAS 的设计接口

群控系统提供冗余的串口或以太网接口，通过 Modbus、BACnet、CONTROLNET 等开放协议与 BAS 接口。接口数据线由 BAS 提供并敷设、接线。所有底层设备与 BAS 均无直接物理接口。

3 装配式冷冻站与传统冷冻站对比分析

与传统冷冻站相比，采用装配式冷冻站，招标模式有所变化，其实现了设备管路优化、工厂模块化预制、现场直接组装，缩短了现场施工周期，简化了接口界面，节约了占地面积，提高了工程质量。两者的对比详见表 1。

表 1 装配式冷冻站与传统冷冻站对比分析

Table 1 Comparative analysis between assembly refrigeration station and traditional refrigeration station

序号	比较项目	装配式冷冻站	传统冷冻站
1	招标模式	冷冻站整个系统作为整体单独招标，由单一的供货商供货，同时负责现场所有供货设备的拼装工作	不同的甲供设备单独招标，乙供设备风水电承包商供货，施工由风水电安装承包商，弱电安装承包商分别完成
2	系统设备和管路的匹配性	通过二次深化设计，优化设备选型，精算管路阻力	取决于设计人员的设计水平
3	工程质量	整个冷冻站为甲供设备，所有设备的生产和调试均在工厂按照标准化流程进行，质量容易控制	质量由各设备供货商、各施工单位、建设单位管理和施工水平等综合决定
4	现场安装周期	一般由 5 个技术工人连续工作 4 个工作日即可完成 ^[2]	一般需 5 个技术工人连续工作 45 个工作日 ^[2]
5	接口界面	配合接口少，责任主体单一，管理简单，不易出错	配合接口多，设计、施工、调试界面多，责任方多，管理不便
6	占地面积	工厂模块化、集约化后，标准站占地面积可控制在 100m ² 内；全线车站冷水机房可标准化布置	标准站占地面积约 150m ² ，全线车站冷水机房不能标准化布置
7	造价	土建投资节省约 50 万~60 万/站；设备、材料总投资与传统冷冻站基本持平；安装施工费用降低约 6 万元/站。	

4 结语

本文通过分析传统冷冻站存在的一些问题，对郑州机场至许昌市域铁路工程（郑州段）的实际情况进行分析，提出采用装配式冷冻站，可以有效的解决传统冷冻站在设计、采购、施工、建设管理等

过程中的一系列问题，并给出了具体应用方案和对对比分析，可供城市轨道交通相关工程参考。

目前，郑州机场至许昌市域铁路工程（郑州段）机电设备（含装配式冷冻站）尚处于招标阶段，需
(下转第 268 页)