

# 集成式制冷机房标准体系建设与工程应用

马剑云\* 冯媛媛 许鸽

山东金孚瑞热能科技集团有限公司

**摘要:**总结了常规制冷机房系统的现状和存在问题,指出制定集成式制冷机房标准的意义,简要阐述了集成式制冷机房标准体系的构建思路及主要内容,重点介绍了标准在实际工程中的应用情况。

**关键词:**高效机房;标准体系;工厂预制;工程应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.13.079

## 引言

2019年,发改委、工信部等国家七部委联合印发了《绿色高效制冷行动方案》<sup>[1]</sup>,文件指出,到2030年,大型公共建筑制冷能效提升30%,制冷总体能效水平提升25%以上,绿色高效制冷产品市场占有率提高40%以上,实现年节电4000亿千瓦时左右。国务院总理李克强2016年9月14日主持召开国务院常务会议,决定大力发展装配式建筑,推动产业结构调整升级。会议指出,要适应市场需求,完善装配式建筑标准规范,推进集成化设计、工业化生产、装配化施工、一体化装修,支持部品部件生产企业完善品种和规格,引导企业研发适用技术、设备和机具,提高装配式建材应用比例,促进建造方式现代化<sup>[2]</sup>。装配式建筑是一个复杂的、整体的系统工程,不仅涉及建筑本身的结构装配式技术体系,也涉及建筑机电系统及自控系统集成技术,在建筑工业化的基础上,拓展集成式制冷机房的机电一体化系统集成技术,是现行相关产品标准发展急需解决的一个问题。

## 一、集成式制冷机房标准概述

### (一) 相关标准发展历程

集成式制冷机房在我国的发展不过10年左右的时间,相应的标准建设更为滞后。2014年7月实施的建设行业标准《模块式空调机房设备》JG/T 447-2014<sup>[3]</sup>主要针对用于连接冷热源主机设备和末端换热设备的水力输送模块。2021年升级为推荐性国家标准,标准号为GB/T 40411-2021<sup>[4]</sup>,主要内容及适用范围未变。

2021年1月实施的中国工程建设标准化协会标准《机电一体化装配式空调冷冻站》T/CECS 10102-2020<sup>[5]</sup>,规定了机电一体化装配式空调冷冻站产品的术语和定义,分类和标记,一般要求,要求,试验方法,检验规则,标志、贮存和运输,该标准是一部产品标准,对工程应用没有涉及。

2022年,由山东省建筑设计研究院联合山东金孚瑞

等单位,共同起草制定了团体标准《集成式制冷机房应用技术标准》T/SDCEAS 10008-2022<sup>[6]</sup>,于2022年2月发布,3月1日正式实施,该标准系统总结了国内集成式制冷机房应用的经验,对集成式制冷机房的设计配合、工厂预制、装配施工以及调适验收等方面进行了全面的规定,是国内第一部集成式制冷机房工程应用的标准。

### (二) 集成式制冷机房标准编制的意义

集成式制冷机房的结构形式、设计方法、运行策略、自控配合等直接影响了中央空调系统在运行中的经济性与高效性。目前,集成式制冷机房主要由具有一定设计、生产、安装的系统集成商负责,这个过程中,设计单位常处于缺失的状态,同时,集成式制冷机房的实施可能与建筑主体难以同步,系统的整体调试、验收都难以完全到位。如果业主方的专业性不够,则极有可能造成集成式制冷机房实施过程的偏差,有悖于采用集成式制冷机房降低成本、节约用地、提高能效、便于管理等初衷。制定集成式制冷机房的工程应用标准就是为协调各方责任,对机房系统实施能效分级,控制工程质量,保证系统效果。

## 二、集成式制冷机房标准体系建立

《集成式制冷机房应用技术标准》建立了集成式制冷机房工程应用的标准体系框架(如图1所示)。

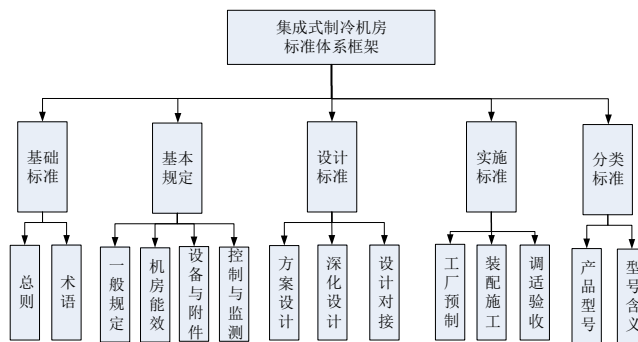


图1 集成式制冷机房标准体系框架

### (一) 总则和术语

总则是标准的基础,主要规定了标准的适用范围。在工业与民用建筑的空调制冷工程中,制冷系统的形式较多,但当前应用较多的是水冷蒸气压缩循环冷水机组形式,作为一个首创标准,本标准以水冷蒸气压缩循环冷水机组(简称主机)为主要制冷形式,规定其设计、生产、施工、调适及验收要求,其他制冷形式的集成式制冷机房可参照执行。

集成式制冷机房发展时间较短，大多是企业自行对设备进行命名，为统一称谓，本标准规定了集成式制冷机房应用中的各个术语，根据集成式制冷机房的装配形式分为整装式制冷机房和组合式制冷机房；将一一对应的由单台主机、冷水循环泵、冷却水循环泵、冷却塔进行集成，具备独立完成制冷功能的集成机房组合称为基本集成模块；将水泵、过滤器以及具有关断、逆止、流量控制等功能的附件、变频控制器等进行集成，以水力输送为基本功能的模块称为输配泵组模块等。

### （二）基本规定

#### 1. 一般规定

集成式制冷机房的主要目的是为提高机房整体能效，工厂预制、现场装配是实现这一目的的手段。部分工程将工厂预制、装配施工作为集成式制冷机房的唯一要求，是一种本末倒置的做法。

由于集成式制冷机房的工厂预制化特点，系统集成商承担了更多的设备选型与设计深化工作，表面上降低了对设计单位的要求，但设计单位对工程整体情况更为熟悉，对工程的总体质量承担责任，因此，设计单位在集成式制冷机房的应用中是不可或缺的，标准规定了集成式制冷机房过程中，建设单位、设计单位、施工单位以及系统集成商各自的责任与义务，尤其提出，设计单位应基于能效目标进行性能化设计，对整个暖通空调系统进行节能优化设计，只有保证整个系统的节能性，才能真正实现制冷机房系统的节能目的。

#### 2. 机房能效

集成式制冷机房能效等级依据冷源系统能效比（ $EER_s$ ）、冷源系统季节能效比（ $SEER_s$ ）大小确定，依次分成1、2、3三个等级，1级表示能效最高，集成式制冷机房能效标称值、实测值均不应低于3级能效。

#### 3. 控制与监测

弱电和自控专业整体集成化是集成式制冷机房优化运行的必要条件，从设计、生产、到现场安装及相关系统的优化运行，是实现全过程科学化、信息化运行管理的基础。

集成式制冷机房的自控系统还应具有监测及显示功能，具有数据储存与处理及报警功能，具备“远程控制”和“就地控制”模式，且满足国家现行标准《中央空调水系统节能控制装置技术规范》GB/T 26759-2011<sup>[7]</sup>的要求。

### （三）设计要求

集成式制冷机房不是对其组成设备进行简单的供货和拼装，而是作为一个系统整体来分析，应详细了解设计院的技术要求，深入分析建筑负荷特性，充分考虑主机、水泵、水泵、冷却塔等设备的性能，研究各个部

分之间的相互联系和相互制约关系，使系统中的各个部分相互协调配合，从整体协调的需要出发，选择优化方案，达到系统综合能效最佳的效果<sup>[8]</sup>。

集成式制冷机房采用大曲率 $45^\circ/30^\circ$ 弯头、顺水三通等低阻管件以及超低阻力止回阀、多功能阀、高效低阻过滤器、扩散过滤器等低阻附件降低系统阻力；集成式制冷机房若放置于室外，可以采用设有瓦楞板、夹芯板等设备舱的箱式整装制冷机房，并采取确保箱内温湿度的温控措施，满足特定场合使用需求。

集成式制冷机房还涉及各个设备模块化的系统集成要求，对主要设备进行模块划分，工厂预制完成后分模块运输到现场，并在现场进行模块化拼装，可按产品的模式实现批量化生产。

### （四）实施要求

#### 1. 工厂预制

集成式制冷机房通过工厂化预制，解决了现场安装的随意性，消除了不可控因素，既提高了安装质量，使得机房整齐、美观，又使得机房管路系统阻力可控，便于水泵扬程的精确配置，最终实现节能的目的。

集成式制冷机房工厂预制的检验标准主要包括外观检验、严密性试验、压力试验，电气检验和控制系统性能验证等内容，对工厂预制提出检验方法，制定检验规则，用于规范集成式制冷机房的产品制造，保证集成式制冷机房实现节能高效运行。

#### 2. 装配施工

集成式制冷机房作为系统集成商整体配套出厂设备，其在工厂预制过程中，已经进行过严密性试验，但进入施工现场后，需要进行二次装配，故仍需进行符合现场施工验收要求的严密性试验。严密性试验合格后与整个集中空调系统对接，然后再按设计院图纸的要求进行压力试验。

#### 3. 调适验收

集成式制冷机房的调适验收，除了常规的工程验收内容以外，应对系统带负荷运行工况下的实际能效进行测试，以判定集成式制冷机房是否如期完成了设计的能效目标，对集成式制冷机房的完善程度进行科学的评价，以评促建，不断完善集成式制冷机房的建设。

### 三、工程应用

标准编制人及参编单位长期致力于集成式制冷机房的生产和推广，为标准的编制提供了大量的工程案例支撑。以下以河南某工业厂房项目为例，对集成式制冷机房的实施过程予以介绍。

项目为某新建厂房，总建筑面积约70000m<sup>2</sup>，主机选用2台900RT 10kV高压变频离心水冷机组、1台800RT磁悬浮水冷机组，冷却塔组置于厂房屋顶，制冷机房设

于厂房负一层。冷水设计供回水温度为7℃/12℃，系统采用先并后串的一级泵变流量形式，冷却水设计供回水温度为32℃/37℃，供冷时间150天，厂房室内设计温度要求为26℃及以下，周六、日也有供冷需求。项目签订能效承诺保函，承诺冷源系统季节能效比（SEER<sub>s</sub>）≥5.0。

### （一）深化设计

首先对集成式制冷机房进行深化设计，按照标准规定采用大曲率45°/30°弯头、顺水三通等低阻管件以及超低阻力止回阀、扩散过滤器等低阻附件降低系统阻力，并采用公司自主研发的全自动、高效集成化的节能控制系统，以满足项目能效要求。

### （二）设备优化选型

设备选型过程中，对主机、水泵、冷却塔的设备型号规格进行多方案比较，并采用标准规定的方法进行试算，最终确定了各设备自身能效与系统综合能效最佳的设备选型组合。

### （三）三维可视化及BIM设计

根据最终选型设备的外型尺寸，在设计院提供的制冷机房内，采用BIM软件对集成式制冷机房的设备和管道布局进行了优化设计，经过优化设计后的平面布置图，比原设计面积节省约450m<sup>2</sup>。

### （四）工厂预制及装配施工

本集成式制冷机房，分别由主机模块、冷却水泵泵组模块、冷冻水泵泵组模块、水处理设备模块以及由软水器、软水箱、定压设备组成的定压补水模块组成，各模块根据所建立三维可视化模型，进行生产图纸深化设计，并在工厂进行预制加工，模块整体组装、整体发货，现场拼装。冷却供回水主管，分集水器进出水管为现场施工，各模块到达现场，与干管完成对接。最终现场实际施工周期比原计划缩短75%。

本项目采用金孚瑞公司自主研发的高效节能控制系统，能自动根据室内负荷变化和室外温度变化，高效协调各子系统的运行模式，使得整个系统效率达到最佳，降低人工管理成本，提升系统运行稳定性。

通过对高效节能控制系统实时记录的冷源系统能效比（EER<sub>s</sub>）进行分析，系统可自动生成冷源系统季节能效比（SEER<sub>s</sub>），该集成式制冷机房2022年冷源系统季节能效比（SEER<sub>s</sub>）为5.4，接近《集成式制冷机房应用技术标准》一级能效标准，远高于能效承诺函5.0的要求，实现高效节能运行。

综上所述，该集成式制冷机房达到了如下效果：

1) 通过采用三维可视化及BIM设计，节约占地面积约450m<sup>2</sup>，节省了材料费用10%以上，大大降低了项目的

建设成本；

2) 通过模块化设计，将冷却水泵、冷冻水泵、水处理、定压补水装置等分模块实施，实现工厂预制、模块运输、现场拼装的目的，便于设备的拆卸、吊装和运输；

3) 通过工厂预制和装配施工同步进行，避免了现场交叉施工，提高了安装精度，缩短了75%的现场安装时间；

4) 通过使用高效节能控制系统，实现了系统的高效节能运行，冷源系统季节能效比（SEER<sub>s</sub>）达到5.4。

### 结语

集成式制冷机房在绝大多数的空调制冷工程尤其针对中小型的民用与工业建筑、数据机房、工艺冷却等项目中具有较大优势，工程实践表明《集成式制冷机房应用技术标准》的编制，对于规范集成式制冷机房的工程应用具有巨大的指导作用。

### 参考文献

[1] 国家发展和改革委员会. 关于印发《绿色高效制冷行动方案》的通知. 发改环资[2019]1054号. [2019-06-13]. [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201906/t20190614\\_962461.html](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201906/t20190614_962461.html).

[2] 国务院办公厅. 关于大力发展装配式建筑的指导意见. 国办发[2016]71号. [2016-09-30]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-09/30/content\\_5114118.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-09/30/content_5114118.htm).

[3] 中国建筑科学研究院. 模块式空调机房设备: JG/T447-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

[4] 上海意利法暖通科技有限公司. 模块式空调机房设备: GB/T 40411-2021[S]. 北京: 中国质检出版社, 2021.

[5] 中国建筑科学研究院. 机电一体化装配式空调冷冻站: T/CECS 10102-2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.

[6] 山东建筑设计研究院. 集成式制冷机房应用技术标准: T/SDCEAS 10008-2022[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2022.

[7] 中国标准化研究院. 中央空调水系统节能控制装置技术规范: GB/T 26759-2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.

[8] 马剑云, 周平来, 范志远. 系统工程技术在集成冷热源系统中的应用[J]. 卫星应用, 2018(7): 5

作者简介: \*马剑云(1984-), 男, 本科, 高级工程师, 总工程师。