ICS 27.200
CCS J 73

T/CCUA

中国计算机用户协会团体标准

T/CCUA 068-2026

数据中心基础设施 集成制冷机房 技术要求

Data center infrastructure-Integrated refrigeration station-Technical requirements

2026-07-24 发布　　2026-08-24 实施

中国计算机用户协会　　发 布

目　　次

前言 III
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 缩略语 2
5 集成设计 2
5.1 通用要求 2
5.2 集成制冷机房结构设计 2
5.3 冷源系统设计 3
5.4 设备设施布置 4
5.5 配电系统设计 5
5.6 自动控制系统设计 6
5.7 安防及监控系统设计 7
5.8 BIM 与机械设计 8
6 设备及材料 8
6.1 通用要求 8
6.2 冷水机组 8
6.3 冷却塔 9
6.4 板式换热器 10
6.5 循环水泵 10
6.6 水系统阀门、仪表 11
6.7 传感器 11
6.8 配电箱/柜 12
6.9 材料 12
7 生产、安装 12
7.1 通用要求 12
7.2 设备、管道生产及安装 13
7.3 配电系统安装 13
7.4 弱电系统安装 14
7.5 BIM 设计与施工转化 14

8 运输及吊装 14
8.1 运输 14
8.2 卸货及吊装 14
9 测试 15
9.1 通用要求 15
9.2 出厂测试 15
9.3 带载测试 16
10 运行与维护 16
10.1 常规运维 16
10.2 智能运维 18
参 考 文 献 20

前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国计算机用户协会提出并归口。

本文件起草单位：中国计算机用户协会数据中心分会、恒华数字科技集团有限公司、青岛恒华智维科技发展有限公司、恒华智慧（青岛）产业园有限公司、青岛海信博世空调系统有限公司、新尚品科技实业有限公司、兹戈图(中国)流体控制技术有限公司、中体彩科技发展有限公司、北京电信规划设计院有限公司、昆仑数智科技有限责任公司、北京国信天元质量测评认证有限公司、北京应用物理与计算数学研究所、云南日报报业集团。

本文件主要起草人：陈兴华、李坤、马杭英、曲晓东、蔡红戈、王建民、黄群骥、杨威、唐巨光、任崇彬、徐萍萍、韩晓德、朱雷、马胜奎、陈乐新、褚正言、韩征、李跃、马君保、李彩霞、王锡江、李进兴、魏悟尘、杨栓、任礼源、李营、孙博、高扬、马维、廖振华、王晓磊、钦博。

数据中心基础设施 集成制冷机房 技术要求

1 范围

本文件规定了数据中心集成制冷机房的集成设计、设备材料、生产安装、运输吊装、测试及运行维护的技术要求。

本文件适用于数据中心集成制冷机房的设计、制造、建设、测试和运维的技术指导。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 18613《电动机能效限定值及能效等级》

GB 19577《冷水机组能效限定值及能效等级》

GB 19762《离心泵能效限定值及能效能级》

GB 50054《低压配电设计规范》

GB 50174《数据中心设计规范》

GB 50243《通风与空调工程施工质量验收规范》

GB 50462《数据中心基础设施施工及验收标准》

GB 50738《通风与空调工程施工规范》

GB/T 7190.1《机械通风冷却塔 第1部分：中小型开式冷却塔》

GB/T 7190.2《机械通风冷却塔 第2部分：大型开式冷却塔》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数据中心 data center

为集中放置的电子信息设备提供运行环境的建筑场所，可以是一栋或几栋建筑物，也可以是一栋建筑物的一部分，包括主机房、辅助区、支持区和行政管理区等。

[来源：GB 50174-2017，2.1.1]

3.2

数据中心集成制冷机房 integrated refrigeration station of data center

应用于数据中心场景，集成了冷源、管路、相关配电及控制等系统的预制装配化制冷设施。

注：包含采用水冷式冷水机组的预制式、装配式集成制冷机房。

3.3

冷源系统 cooling source system

由冷水机组、冷却塔、冷却水泵和冷冻水泵为主要设备组成的集中空调源侧供冷系统。

[来源：T/CECS 1012-2022，2.0.1]

3.4

自然冷却 free cooling

在气象条件允许的情况下，利用室外空气的冷量、而不需机械制冷的冷却过程称为自然冷却。

[来源：T/CECS 487-2017, 2.0.13]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AEER:全年能效比（Annual Energy Efficiency Ratio）

ATS:自动转换开关（Automatic Transfer Switching）

BACnet:楼宇自动化与控制网络协议（Building Automation and Control Network）

BIM:建筑信息模型（Building Information Modeling）

CNC:计算机数字控制（Computer Numerical Control）

COP:性能系数（Coefficient of Performance）

DDC:直接数字控制器（Direct Digital Control）

DI:数字量输入（Digital Input）

Modbus RTU:Modbus 远程终端协议（Modicon Bus Remote Terminal Unit）

PLC:可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller）

SCOP:系统性能系数（System Coefficient of Performance）

UPS:不间断电源（Uninterruptible Power System）

5 集成设计

5.1 通用要求

5.1.1 集成制冷机房的设计应符合 GB 50174 的相关要求。

5.1.2 集成设计包含了集成制冷机房结构、冷源系统、设备设施布置、配电系统、自动控制系统、安防及监控系统、BIM 与机械等的设计。

5.1.3 集成制冷机房宜作为一体化集成设备进行设计。

5.1.4 集成制冷机房的管道、电源、通讯、消防等对外接口，应满足系统整体设计要求。

5.1.5 数据中心集成制冷机房的系统架构、输出冷冻水温度、压力、流量应满足设计要求。

5.1.6 集成制冷机房应采取通风措施维持设备运行的环境要求，环境温度宜控制在 5℃~35℃范围内，当通风无法达到环境要求时，可设置环境空调系统。

5.1.7 集成制冷机房的安全性、可靠性应与数据中心整体相统一。

5.2 集成制冷机房结构设计

5.2.1 设计要求

集成制冷机房的结构设计要求如下：

a) 集成制冷机房的围护结构宜采用集装箱结构形式；

b) 集成制冷机房箱体的结构设计除应满足内部设备安装、运行的荷载要求外，还应满足集装箱整体运输及吊装的要求；

c) 集成制冷机房箱体应根据结构验算，确定吊装件的位置；

d) 集成制冷机房箱体的底盘设计，应按承载力极限状态和正常使用极限状态进行设计，满足内部设备、管线及人员运维的需求。

5.2.2 抗风及抗震

集成制冷机房整体应满足项目所在地的基本风压、最大风速及抗震设防烈度要求。

5.2.3 防水

集成制冷机房的防水设计要求如下：

a) 集成制冷机房应满足防水密闭性要求，且在暴雨或强暴雨标准下（10mm/min），顶棚、侧壁、门、窗、孔口等部位均不得漏水、渗水；

b) 安装在室外的集成制冷机房的顶板应考虑不小于 1‰的坡度，且设置接水及排水导流措施。

5.2.4 防火

箱体应能满足 2 小时以上的耐火极限。

5.2.5 防腐

集成制冷机房外壳应进行防腐处理，且应符合现行国家有关标准的规定。

5.2.6 保温

箱体维护结构应结合项目所在地的气候条件，采取对应的保温及防冷凝措施，保温材料宜选用轻质、憎水性复合保温板，耐火等级不低于 B1 难燃。

5.2.7 孔口处理

集成制冷机房外壁开孔处应做好防火封堵，并设置防雨雪设施。

5.2.8 箱体拼接

集成制冷机房的尺寸设计，应满足道路运输的相关规定，当制冷机房容量超过 400 冷吨时，可采取现场拼接的方式，拼接处应做好密闭、防水及防火处理。

5.3 冷源系统设计

5.3.1 一致性

冷源系统的一致性设计要求如下：

a) 冷源系统的安全性、可靠性应与项目整体要求相统一；

b) 集成制冷机房的冷水机组、冷却塔、板式换热器、循环水泵、附属设备等的选型应相互匹配，以冷水机组容量为基准，其他设备的容量配置不低于表 1 的要求。

表 1 集成制冷机房设备容量配置

序号	设备名称	制冷量配比	流量配比	备注
1	冷水机组	100%	100%	设计工况
2	冷却塔	120%	100%	对应冷水机组冷凝器流量
3	板式换热器	105%	100%	
4	循环水泵	/	105%	

表 1 （续）

序号	设备名称	制冷量配比	流量配比	备注
5	旁流水处理器	/	5%	对应冷水机组冷凝器流量

5.3.2 节能

冷源系统的节能设计要求如下：

a） 应结合集成制冷机房运行所在地的气候条件，充分考虑节能措施；

b） 数据中心集成制冷机房的运行效率可采用 AEER 进行衡量，全年能效比应满足设计要求，全年能效比计算的温度颗粒度宜为所在地区最高温度至最低温度区间，每变化 1℃进行计算；

c） 集成制冷机房的全年能效比可按公式（1）和公式（2）进行计算：

$$AEER = \frac{\sum Q_h}{\sum W_h} \quad \cdots\cdots(1)$$

$$\sum W_h = \sum W_{h1} + \sum W_{h2} + \sum W_{h3} + \sum W_{h4} + \sum W_{h5} \quad \cdots\cdots(2)$$

式中：

$\sum Q_h$ ——集成制冷机房全年输出总制冷量，单位为千瓦时（kW·h）；

$\sum W_h$ ——集成制冷机房全年总耗电量，按照所在地区最高温度至最低温度区间每间隔 1℃的小时数统计计算，单位为千瓦时（kW·h）；

$\sum W_{h1}$ ——集成制冷机房内冷水机组全年总耗电量，单位为千瓦时（kW·h）；

$\sum W_{h2}$ ——集成制冷机房配套的冷却塔全年总耗电量，单位为千瓦时（kW·h）；

$\sum W_{h3}$ ——集成制冷机房冷冻水循环泵全年总耗电量，单位为千瓦时（kW·h）；

$\sum W_{h4}$ ——集成制冷机房冷却水循环泵全年总耗电量，单位为千瓦时（kW·h）；

$\sum W_{h5}$ ——集成制冷机房配套的水处理设备、定压补水设备等辅助设备全年总耗电量，单位为千瓦时（kW·h）。

5.3.3 水质处理

数据中心集成制冷机房应设置冷却水水质处理设备，用于冷却水过滤、杀菌灭藻、除垢缓蚀等。

5.4 设备设施布置

5.4.1 维护空间

集成制冷机房内设备的布置应满足基本的安装及维护需求，主要空间可参照以下规定：

a） 维护通道净宽度不小于 600mm；

b） 宜留有冷水机组的维修条件；

c） 各控制柜前净空间不小于柜门开启 90° 所需空间，且应符合 GB 50054 的相关要求；

d) 内部主要通道净高度不低于 1600mm；
e) 当集成空间有限时，可利用集成制冷机房外部空间作为其扩展维护空间。

5.4.2 设备布置

集成制冷机房内设备的布置要求如下：
a) 集成制冷机房内设备的布置宜结合工艺顺序，便于管道的连接；
b) 集成制冷机房的设备设施宜均衡布置，避免重心偏离；
c) 配电柜/箱两台及以上连续相邻布置时，尺寸外观宜保持一致。

5.4.3 排水设施

集成制冷机房应设置地面排水设施，以便机房的污水排放。

5.4.4 消防设施

集成制冷机房内应设置灭火器、温感、消防报警等消防设施。

5.4.5 水电隔离

集成制冷机房的设备布置应考虑水电隔离，避免配电区域的水患。

5.4.6 总隔离阀

集成制冷机房管道对外接口应设置总隔离阀。

5.4.7 抗震

集成制冷机房的机电设备及管线的抗震防护措施应与集成制冷机房结构的抗震性能相协调，设备、管线与结构之间，设备自身及其内部电子信息设备之间应采取抗震或隔震措施。

5.5 配电系统设计

5.5.1 安全、可靠性

配电系统的设计应首先考虑系统的安全、可靠性，同时满足集成制冷机房内供电设备负荷要求。

5.5.2 一致性

配电系统的设计要求如下：
a) 集成制冷机房的配电设计应符合 GB 50174 的相关要求；
b) 应根据集成制冷机房所服务数据中心的建设等级及整体配电架构，进行制冷机房配电系统架构设计、设备选型、元器件选型及联动设计，保证集成制冷机房配电系统架构与数据中心配电系统的一致性。

5.5.3 供电方式

集成制冷机房应配置完整的配电单元，配电系统设配电总柜和各设备的变频控制柜，为集成制冷机房内的设备供电，集成制冷机，供电方式如表 2 所示。

表 2　集成制冷机房供电方式

序号	负载名称	供电方式	备注
1	冷冻水泵、冷水机组控制系统、自动控制系统	A、B 级数据中心应由双重电源供电，包含一路市电和一路 U 电，设置双电源自动转换装置。	
2	冷水机组、冷却水泵、冷却塔	A、B 级数据中心应由双重电源供电，可为双路市电，设置双电源自动转换装置	
3	旁流水处理器、全自动加药装置、冷却塔电加热等	双路/单路市电供电	
4	通风、采暖、照明、插座及其他	单路市电供电	

5.6　自动控制系统设计

5.6.1　北向接口

自动控制系统的北向接口要求如下：

a) 集成制冷机房应配套冷源自动控制系统，在集成制冷机房设置本地控制屏，并具备数据通信的北向接口；

b) 冷源自动控制系统宜提供标准、统一的北向通讯接口（如 Modbus TCP/IP 或 BACnet IP），将集成制冷机房的运行数据及状态上传至上层管理平台，并支持网络时间同步。

5.6.2　功能

自动控制系统的功能要求如下：

a) 冷源自动控制系统的主要功能包含设备/传感器参数监控、远程控制及联动等；

b) 冷源自动控制系统宜具备能耗管理功能，监测冷源系统各节点能耗，通过人工智能算法，合理调整冷水机组、水泵、冷却塔等设备的运行参数，降低集成制冷机房的整体能耗；

c) 系统应具备断电恢复后的自启动及步进启动功能，在供电恢复后，系统应按预设时序自动重启，且多台大功率设备启动之间应设置时间间隔；

d) 冷源自动控制系统应具备根据室外气象参数及负荷情况自动判断运行模式的功能，实现机械制冷模式、混合制冷模式及自然冷却模式之间的平滑切换，切换过程中应维持供水温度的稳定；

e) 集成制冷机房应支持冷源群控的故障自动切换功能，当运行的主用集成制冷机房发生故障时，群控系统可自动投入备用集成制冷机房运行，并保持故障前的控制状态；

f) 冷源自动控制系统应具备故障自保持功能，当控制器发生故障时，运行中的设备应保持当前的运行频率或切换至预设的安全频率继续运行，直至人工介入，严禁设备直接停机。

5.6.3　传感器及电动阀

电动阀、传感器及其他远传/远控设备的数量及安装位置，应与集成制冷机房内冷源自动控制系统的控制逻辑相匹配，满足监测与控制要求。

5.6.4　控制器

集成制冷机房冷源自动控制系统，宜采用工业级 PLC 或 DDC 控制器，实现对机房内冷水机组、水泵、冷却塔、阀门等设备的集中监视与控制，系统应具备手动/自动控制模式。

5.6.5　控制逻辑

自动控制系统的控制逻辑要求如下：

a) 控制系统的加减机逻辑，可依据系统总冷负荷、供回水温差及冷水机组电流百分比等综合参数进行判定，并设置合理的加减机死区及判定延时，避免因负荷波动导致机组频繁启停；
b) 冷源自动控制系统应执行严格的设备启停时序控制，启动时按阀门、水泵、主机的顺序执行，停机时按反向顺序执行，并设定合理的动作延时；
c) 循环水泵的变频控制，可根据供回水压差或最不利环路压差信号自动调节冷冻水泵转速，实现输配系统的按需供流；
d) 冷却塔风机的变频控制，可根据冷却水出水温度或逼近度自动调节风机转速，维持冷却水温恒定或符合主机最优运行要求；
e) 针对寒冷地区的应用，控制系统宜具备防冻保护逻辑。

5.7 安防及监控系统设计

5.7.1 设计原则

集成制冷机房的安全防范与监控系统设计应遵循可靠性、安全性、可维护性、可扩展性和节能性原则。

5.7.2 一致性

系统设计应与数据中心的整体可用性等级和安全等级相匹配，其可靠性不应低于数据中心的要求。

5.7.3 功能范围

安防及监控系统包含下列功能：
a) 系统能实现对制冷机房关键设施运行状态、环境参数、安防事件的实时监测、智能分析、及时报警和联动控制；
b) 监控范围覆盖集成制冷机房内关键基础设施；
c) 监控系统能采集、处理、存储、显示和报警各类监控参数；
d) 视频安防监控系统宜覆盖集成制冷机房内所有通道、设备密集区、出入口，关键区域宜采用高清、带智能分析功能（如区域入侵、人员徘徊）的摄像机。

5.7.4 出入口控制

集成制冷机房的人员出入口应设置出入口控制系统，应对进出制冷机房的所有人员实行受控管理，系统应记录所有进出事件。

5.7.5 紧急按钮

集成制冷机房内应设置紧急按钮，供工作人员遇突发情况时快速求助。

5.7.6 气体检测

集成制冷机房冷水机组布置区域应设置制冷剂泄漏检测，安装专用气体传感器，当浓度超标时触发报警，并联动排风系统。

5.7.7 漏水检测

集成制冷机房的配电区域宜设置漏水检测，检测地面、设备下方的漏水情况，及时预警以避免水淹设备。

5.7.8 火灾报警

集成制冷机房应设置火灾报警系统，并接入建筑消防系统，一旦检测到火情，立即触发报警并联动消防控制中心，同时自动切断非必要电源。

5.8 BIM与机械设计

5.8.1 BIM技术应贯穿集成制冷机房设计、预制加工、装配安装、验收交付、运维管理全过程，实现各阶段信息的有效传递与共享，支撑集成化系统建设及预制化模块应用要求。
5.8.2 BIM应用应坚持几何信息与非几何信息并重，构建承载完整的数字模型，为数字化交付与智慧运维奠定基础。
5.8.3 集成制冷机房 BIM 机械设计，应对集成制冷机房进行 1:1 毫米级建模，满足预制、装配的要求；
5.8.4 BIM应能进行辅助结构有限元分析、水力工况分析等；
5.8.5 应合理规划吊装孔、运输通道及设备就位路径，在模型中验证净空与承重。

6 设备及材料

6.1 通用要求

6.1.1 集成制冷机房整体及内部的设备材料应附带装箱清单、设备说明书、产品质量合格证和性能检测报告等随机文件。
6.1.2 集成制冷机房本体应安装有铭牌，注明集成制冷机房的尺寸、重量、制冷量、总输入电源、功率、全年能效比等参数。
6.1.3 应根据集成制冷机房箱体及内部各部件的重量合计出机房总重量，并根据部件分布位置及重量确定集成制冷机房的重心位置，在箱体外部制作重心标识及吊装标识。
6.1.4 应结合设计对集成制冷机房 AEER 的要求，确定集成制冷机房的设备能效、冷冻水温度等能效相关参数。

6.2 冷水机组

6.2.1 冷水机组形式

冷水机组的形式要求如下：

a) 数据中心集成制冷机房宜采用变频冷水机组，变频启动柜宜采用机载的方式；
b) 宜选用磁悬浮等无油悬浮、启动电流低的变频离心式冷水机组；
c) 宜选用结构设计紧凑的冷水机组。

6.2.2 供回水温度

冷水机组的供回水温度要求如下：

a) 冷水机组的冷冻水供/回水温度应与集成制冷机房需求匹配；
b) 冷冻水供水温度宜为10℃~22℃，回水温度宜为15℃~30℃；
c) 冷水机组的冷却水供/回水温度应结合冷冻水温度、冷水机组性能、项目所在地的气候条件等情况，综合考虑确定。

6.2.3 冷水机组性能

冷水机组的性能要求如下：

a) 宜选择适应高冷冻水温、低冷却水温的冷水机组；

b) 冷水机组在设计工况及部分负荷工况下应有较高的能效，宜选用符合 GB 19577 中一级能效的机组；
c) 冷水机组在动态负荷变化、动态流量变化及电压波动情况下应能稳定运行；
d) 冷水机组应具有可变流量性，蒸发器侧的冷冻水流量及冷凝器侧的冷却水流量均可随负荷的变化而变化；
e) 冷水机组宜具有快速启动能力，停机再次启动时，在 6 分钟内达到 100%负荷输出。

6.2.4 机组报警与保护

冷水机组的报警与保护要求如下：
a) 冷水机组的故障、报警及保护动作，宜在不破坏机组的条件下，最大限度地保障冷冻水供水连续性及供水质量；
b) 冷水机组宜具备自适应功能，当冷凝压力过高或过低时，可在报警的同时自动调节负荷（如提高或降低蒸发器出水温度设定值），设备不会因此进入停机或待机状态；
c) 冷水机组断电可将告警传至冷源自动控制系统，且具备当监控系统故障时，运行自保持功能。

6.2.5 机组控制系统

冷水机组的控制系统要求如下：
a) 冷水机组应提供机组控制系统，并能满足群控要求，自带群控线，标配以太网通信接口，支持 Modbus RTU 等通信协议，实现与冷源自动控制系统的通讯功能，能接入自动控制系统实现时间同步功能；
b) 冷水机组的控制系统应符合设计要求，宜采用双路供电，且其中一路由 UPS 供电；
c) 冷水机组宜配置由两个 DI 点组成的远程启停控制干接点；
d) 冷水机组应具备本地及远程启停功能；
e) 冷水机组宜支持本地及远程冷冻水出水温度重设。

6.3 冷却塔

6.3.1 通用要求

冷却塔的通用要求如下：
a) 数据中心集成制冷机房用冷却塔应适应全年不间断运行的要求；
b) 冷却塔的外形尺寸及进排风方位应结合安装场地条件确定；
c) 冷却塔的接管方位宜便于与集成制冷机房内的管道对接。

6.3.2 冷却塔能效

应选用节能型产品，冷却塔能效等级不宜低于现行国家标准 GB/T 7190.1 及 GB/T 7190.2 规定的 2 级能效。

6.3.3 冷却塔水效

应选用节水型产品，冷却塔的飘水率应符合现行国家标准 GB/T 7190.1 及 GB/T 7190.2 的相关规定。

6.3.4 冷却塔材质

冷却塔的材质要求如下：
a) 数据中心集成制冷机房用冷却塔宜选用金属框架材质；

b) 冷却塔填料宜选用换热效率高、不易挂冰、防火性能好的 PVC、PP 等材质。

6.3.5 冷却塔选型

冷却塔的选型要求如下：

a) 数据中心集成制冷机房用冷却塔选型应满足夏季工况和冬季工况；
b) 数据中心集成制冷机房用冷却塔的选型宜提供不同湿球温度（项目所在地最高湿球温度至最低湿球温度区间，每变化 1℃）及不同冷却塔出水温度（不同运行模式下的设计工况温度）下的设备能耗曲线；
c) 冷却塔的选型除考虑基本的运行参数外，还应考虑其防冻性能及措施。

6.4 板式换热器

6.4.1 板式换热器的换热量应不小于集成制冷机房设计制冷量的 105%，且留有不少于 15%的扩容余量；
6.4.2 板式换热器两侧的设计换热温差不宜大于 1.5℃。
6.4.3 设计工况下，板式换热器两侧压降不宜大于 55kPa。
6.4.4 板式换热器的板片应采用材质不低于 SS304 的不锈钢。
6.4.5 宜选用胶垫密封型板式换热器，密封垫材质应适应换热介质特性。
6.4.6 板式换热器的接口管径宜与连接管道一致。

6.5 循环水泵

6.5.1 水泵形式

集成制冷机房内的循环水泵的形式，应结合水泵规格、安装空间综合考虑。

6.5.2 水泵效率

循环水泵的效率不宜低于 GB 19762 中的 2 级能效。

6.5.3 水泵选型

水泵的选型要求如下：

a) 循环水泵的扬程应结合负荷侧压降及集成制冷机房内部管路压降综合计算选定；
b) 变频水泵的 P-H 曲线，宜选择陡降型曲线，水泵的工作点应尽量选位于水泵的高效区且避免选在水泵有效工作区的末端，并具有较好的并联工作条件；
c) 循环水泵的进/出口口径应与所连接管道的管径相匹配，宜与管道的管径相同或比管道管径小两号以内。

6.5.4 水泵电机

水泵电机选型要求如下：

a) 水泵电机的能效等级不宜低于 GB 18613 中二级能效；
b) 循环水泵宜选用宽频电机，能够在 25Hz~50Hz 频率范围内稳定、高效运行；
c) 循环水泵的电机转速不宜大于 1450rpm。

6.5.5 水泵隔振

水泵隔振要求如下：

a) 水泵的隔振装置应经计算确定；
b) 水泵隔振装置宜配置防止侧向位移的掣振装置。

6.6 水系统阀门、仪表

6.6.1 阀门连接形式

空调水系统阀门，当口径 DN≤50mm 时，宜选用闸阀、球阀或截止阀，当口径 50mm＜DN≤300mm 时，宜选用支耳式蝶阀，当口径 DN＞300mm 时，宜选用双法兰式蝶阀。

6.6.2 设置位置

水系统阀门、仪表的设置位置要求如下：

a) 集成制冷机房内的冷冻水及冷却水管道可仅在循环水泵入口处设置过滤器；
b) 过滤器应设置排污口及在排污口安装排污阀。

6.6.3 选型

水系统阀门、仪表的选型要求如下：

a) 压力表测量的最大工作压力不宜超过测量上限值的 2/3，被测压力的最小值不宜低于仪表测量上限值的 1/5；
b) 集成制冷机房内设置的管道温度计宜选用带套管、便于更换的产品；
c) 集成制冷机房内设置的管道压力表前端宜设置便于维护的三通旋塞阀；
d) 在震动较大的管段（如水泵出口、冷水机组进出口等）设置的温度计，宜选用耐震型。

6.6.4 性能

水系统阀门、仪表的性能要求如下：

a) 电动阀门应具备手动、电动设置开关，具有手动开关功能；
b) 电动开关型阀门宜具备断电后保持状态功能，即断电后阀门维持断电前的状态；
c) 电动调节型阀门应有“失信保位功能”，即通电运行过程中，如果突然断信号，能够保持阀门开度不变。

6.7 传感器

6.7.1 集成制冷机房相关的温度、压力、流量等传感器应选用工业级产品，其精度需满足精准能效管理的要求。

6.7.2 传感器的测量范围应基于集成制冷机房的应用场合和设计依据。

6.7.3 主要传感器的测量范围和精度如表 3 所示。

表 3 传感器的测量范围和精度

序号	名称	精度	测量范围	备注
1	室外干球温度传感器	±0.2℃	-20℃~80℃	严寒地区可适当调整
2	室外湿度传感器	±2.0%RH	0%RH~100 %RH	
3	管道压力传感器	0.25%FS	0MPa~1.6MPa	
4	管道温度传感器	±0.5℃	0℃~50℃	
5	流量传感器（流量计）	0.3%	根据设计	
6	远传水表	±3%	根据设计	量程比 R200
7	冷媒泄露传感器	±1ppm	0ppm~100ppm	

6.7.4　制冷系统测量流量的传感器应选用管道式远传流量计（法兰式安装），根据安装位置可选择一体式或分体式。
6.7.5　集成制冷机房内设置的温度传感器宜选用带套管、便于更换的产品。
6.7.6　集成制冷机房内设置的管道压力传感器前端宜设置便于维护的三通旋塞阀。

6.8　配电箱/柜

6.8.1　配电柜/箱的所有技术指标应符合相关规范要求，配电柜/箱的布置应符合 GB 50054 的相关要求。
6.8.2　配电柜宜靠墙安装，支持前维护，配电箱可挂墙明装。
6.8.3　配件柜的进/出线方式应便于进/出线缆与集成制冷机房内/外的设备连接。
6.8.4　所有的电气元件及技术参数应符合数据中心配电系统设计要求。
6.8.5　配电柜/箱应做好密闭处理，以保证操作维护的安全性。
6.8.6　配电柜/箱的空气开关、指示灯、按钮、旋转开头等操作及控制和指示元器件下方宜有固定牢固的标签框或机打标签，复杂操作流程张贴操作说明，配电柜门内侧宜附带配电系统图及二次控制图纸。
6.8.7　配电柜/箱应做好防雷、接地措施。

6.9　材料

6.9.1　管材

管材要求如下：

a)　集成制冷机房内管径不大于 80mm 的管道宜选用镀锌钢管，螺纹连接，螺纹的外露部分应做防腐处理，管径大于 80mm 的管道宜选用无缝钢管，焊接，其焊缝质量应符合 GB 50243 的有关规定；
b)　集成制冷机房的管道系统宜选用阻力系数小的管件；
c)　集成制冷机房内的空调制冷系统所用钢管宜采用内外表面镀锌工艺。

6.9.2　保温

管道保温材料的材质及厚度应结合运行环境条件确定，并可选择带彩色覆面的保温材料。

6.9.3　辅材

辅材要求如下：

a)　设备接口法兰的承压等级应与管道系统的承压等级一致；
b)　数据中心集成制冷机房宜选用不低于 8.8 级的高强度螺栓。

6.9.4　线缆及线槽

线缆及线槽选用要求如下：

a)　集成制冷机房内相关设备的供电电缆宜选用单芯软线；
b)　信号传输宜采用屏蔽电缆，长度不宜超过 50 米；
c)　集成制冷机房内宜选用槽式电缆桥架；
d)　桥架及其安装所需的各种材料宜使用镀锌材料。

7　生产、安装

7.1　通用要求

7.1.1 数据中心集成制冷机房内设备及管道的安装，应符合 GB 50738 及 GB 50243 的有关规定。

7.1.2 集成制冷机房安装前应确认安装场地满足其承重及维护空间需求。

7.1.3 集成制冷机房内的设备、部件、管道、线缆等应进行牢靠的固定，确保运输、吊装过程中不移位、不变形。

7.1.4 集成制冷机房内的设备、部件、管道、线缆等，宜制作与安装便于识别及运维的标识。

7.1.5 拼箱连接的各箱体应在工厂内进行预拼箱及管道拼接，拼接无问题后方可分拆、包装、运输。

7.2 设备、管道生产及安装

7.2.1 安装前检查

安装前的检查要求如下：

a) 集成制冷机房内设备的安装位置、外形尺寸、接口规格、方位等应与指导生产的 BIM 模型相符；

b) 阀门安装前，应作强度和严密性试验，每批(同牌号、同型号、同规格)数量中抽查 10%，且不少于一个。

7.2.2 基础及支撑

基础及支撑要求如下：

a) 设备的底座、固定及隔振形式应经计算确定；

b) 集成制冷机房内设备及管道应设置可靠的支撑，且其支撑不应影响集装箱的结构安全。

7.2.3 管道保温及保护壳

管道保温及保护壳要求如下：

a) 管道系统应根据制冷机房内运行的环境、管内介质的特性及室外环境等因素设置合适的保温材料及厚度；

b) 管道系统保温外侧宜设置保护管道的外护壳，外护壳的材质应适应安装的环境条件，外护壳的颜色应便于运维管理。

7.2.4 安装

设备及管道的安装要求如下：

a) 管道及附件的制作宜利用自动化生产设备进行预制化生产加工；

b) 集成制冷机房内管道的手动排气管及泄水管宜连接至机房排水设施处；

c) 阀门操作手柄的方位应符合产品安装要求，同时便于操作及运维；

d) 集成制冷机房内的冷媒泄压管应引至室外。

7.3 配电系统安装

7.3.1 配电柜/箱安装前，应检查铭牌、生产厂家及元器件规格、型号等是否一致，确保设备附件齐全且外观检查完好无损；设备应具有产品合格证、生产许可证、“CCC 认证标识”及安装技术文件。

7.3.2 配电柜/箱安装时，应综合考虑水患、走线等因素，宜采用架高钢底座，底座高度考虑维护操作的便利性。

7.3.3 管线、桥架与配电柜/箱对接时，应做好连接处理，保证接地的可靠性，配电柜/箱的接地或接零支线应单独与相应的干线连接，不得串联连接，同时做好孔洞封堵，避免异物、水等进入箱体内部。

7.3.4 配电柜/箱应根据制冷机房的设备数量配置开关，并合理预留备用开关。

7.3.5 配电柜/箱及管线的安装、敷设，应满足抗震要求。

7.3.6　在装卸、搬运和安装时应采取防护措施，防止框架变形、元器件损坏和面漆受损等。
7.3.7　送电前应进行二次接线校对、检查，按设计要求审核断路器继电保护整定值，进行绝缘试验、联动试验、模拟动作试验。

7.4　弱电系统安装

7.4.1　各类型传感器的安装位置，应遵循设备技术手册，确保足够的直管段长度。
7.4.2　各类型仪表、传感器应进行可靠固定，避免运输及运行过程中的振动损坏。
7.4.3　安装传感器时应注意避免机械振动、电磁干扰和温度波动的影响，可加装屏蔽罩或散热装置。
7.4.4　温度传感器安装时应确保测温探头与被测介质充分接触，管道测量插入深度应为管径的 2/3 以上。
7.4.5　当安装位置不便于查看传感器测量数据时，宜选用传感器和转换器分离的分体式测量仪表。
7.4.6　设备支架、底座的安装应平稳、牢固，并做防锈、防腐处理。
7.4.7　设备金属外壳、金属管槽、线缆屏蔽层应可靠接地，接地电阻应符合设计要求。
7.4.8　冷源自动控制系统的信号线缆与强电动力线缆应分槽或分管敷设，当无法避免交叉时应采取垂直交叉方式，通讯线缆应采用屏蔽双绞线，且屏蔽层应在控制柜侧单端接地。
7.4.9　系统调试应在设备安装、线缆敷设及端接全部完成并经检查合格后进行。

7.5　BIM 设计与施工转化

7.5.1　生产阶段应采用合适的 BIM 建模软件进行加工图制作、工序优化、施工模拟。
7.5.2　宜利用 BIM 三维模型、施工模拟动画等方式进行技术交底，明确模块安装顺序、连接工艺、质量标准及安全注意事项。
7.5.3　应基于 BIM 模型导出预制构件下料单、加工图纸、CNC 加工代码，传递至预制厂实现数控切割、自动焊接等工业化加工。
7.5.4　利用 BIM 出具加工图时，应结合自动化生产设备的工艺特性来确定管道的分段位置。
7.5.5　应对集成制冷机房的吊装路径进行专项模拟，验证运输路线、吊装设备选型、吊点位置的合理性，规避碰撞与超载风险。
7.5.6　应在出厂前利用 BIM 模型开展模块预拼装模拟，验证构件连接精度、模块尺寸匹配性，提前解决装配冲突。

8　运输及吊装

8.1　运输

8.1.1　集成制冷机房作为一体化产品，采取撬块或集装箱运输方式。
8.1.2　撬块或集装箱的规格应满足道路运输的相关规定。
8.1.3　运输时应对撬块或集装箱进行防护，避免运输过程中损坏。
8.1.4　应对运输途中容易振动、晃动的部件（如仪器仪表等）进行临时固定防护。
8.1.5　集成制冷机房包装、运输前，应放空系统存水，并确保管道清洁。
8.1.6　集成制冷机房包装、运输前，应对集装箱、管道等的开口处进行临时封堵。
8.1.7　应提前对集成制冷机房的现场运输通道进行道路勘查确认。

8.2　卸货及吊装

8.2.1　集成制冷机房卸货、吊装前，应对卸货及吊装场地进行现场勘查，确认场地条件满足要求。
8.2.2　集成制冷机房的安装场地要求如下：

a) 安装基础平面平整度不应大于 0.5%，宜高出周围地面 25cm 以上；
b) 场地空间应符合集成制冷机房的运输和安装就位要求；
c) 基础四周应根据集成制冷机房的外部布局，预留人员/设备进出通道、管道接管、通风散热等维护空间；
d) 集成制冷机房的安装基础应有足够的结构强度，当设计无要求时，基础承重可按照不低于10kN/㎡的标准执行；
e) 场地空间应具备可靠的等电位连接点，接地电阻值应符合技术要求；
f) 多箱体拼接的集成制冷机房应做等电位连接带。

8.2.3 应针对集成制冷机房，制定专门的卸货、吊装方案。
8.2.4 吊装方案应包含相关的安全保证措施，向起重施工的作业人员进行安全技术交底。
8.2.5 应根据集成制冷机房的尺寸及重心标注位置，确定吊带的数量及长度。
8.2.6 集成制冷机房吊装全过程，应配置专人统筹、指导及配合。

9 测试

9.1 通用要求

9.1.1 集成制冷机房测试前应收集制冷机房设计图纸、产品技术手册等技术资料，充分熟悉并理解数据中心集成制冷机房的运行原理。
9.1.2 应制定详细可行的测试方案，确定测试人员安排，明确测试顺序及步骤，制定测试记录表单。
9.1.3 检查设备的外观是否符合要求，包括外壳的尺寸、表面平整度、涂层质量等。
9.1.4 检查线缆系统的绝缘性能及敷设的规范性、端接的可靠性。
9.1.5 检查配电系统的防雷、接地的有效性。
9.1.6 检查应急照明、疏散照明系统的运行状态。

9.2 出厂测试

9.2.1 测试范围

出厂测试的范围如下：
a) 出厂前应测试集成制冷机房的密闭性、管道耐压性、仪器仪表及阀门安装、保温、管道清洁度、支撑固定、结构外观；
b) 数据中心集成制冷机房出厂前应对水管路进行水压试验，试验要求符合 GB 50243 的有关规定。

9.2.2 单机测试

单机测试要求如下：
a) 对集成制冷机房内的单体设备进行设备开机调试；
b) 测试配电设备的各个功能模块是否正常工作，包括动作性能、保护装置的触发条件、信号传输等；
c) 测试配电设备的电气性能，如电压、电流、频率、相序等参数的测量，以及电气连接的可靠性和接地电阻的测试，测试配电设备的绝缘性能，包括绝缘电阻的测量、介质放电试验等；
d) 测量配电设备在正常工作条件下的温升和热分布，评估配电柜的散热性能和工作可靠性，测试配电柜在不同的环境条件下的适应性，如温度、湿度、震动等，评估配电设备在集成制冷机房的工作环境下的可靠性。

9.2.3 联动测试

联动测试要求如下：

a) 对控制系统的控制、报警、联动等功能进行模拟测试；
b) 测试配电柜/箱的控制逻辑是否满足制冷设备、控制系统的要求，测试变频控制系统的控制逻辑及运行状态是否满足集成制冷机房的运行要求。

9.3 带载测试

9.3.1 制冷性能测试

制冷性能测试要求如下：

a) 测试单台集成制冷机房在设计工况下的性能、电压、电流等参数；
b) 测试集成制冷机房冷冻侧及冷却侧的整体压降；
c) 测试冷水机组加减载过程的运行稳定性；
d) 测试在不同运行模式间切换的连续性及稳定性。

9.3.2 电气性能测试

电气性能测试要求如下：

a) 集成制冷机房运行送电前，测试各个线路的绝缘性能、端接可靠性，保证配电线路的连接可靠性；
b) 测试水泵的变频性能及效率；
c) 测试冷水机组在电压波动条件下的运行稳定性；
d) 测试配电柜的 ATS 切换功能；
e) 检测接地电阻、测试供电电源质量，测试方法应满足 GB 50462 的相关要求。

9.3.3 控制性能测试

控制性能测试要求如下：

a) 测试集成制冷机房的启动时间及 100%冷量输出时间；
b) 测试集成制冷机房的故障、保护动作的执行情况及合理性；
c) 现场复测各元器件运行状况、通讯状况及故障报警；
d) 现场复测控制系统的控制逻辑及运行状态与集成制冷机房运行要求的一致性。

9.3.4 排水能力测试

测试集成制冷机房的排水功能。

10 运行与维护

10.1 常规运维

10.1.1 日常巡检内容

集成制冷机房的日常巡检内容应至少包含设备状态检查、运行参数监测及仪表校验等。

10.1.2 运行操作

应制定详细的运行操作规程，包括机组的启动、停止、运行参数的调整等。操作人员应经过专业培训，熟悉操作规程，确保机组的正常运行。

10.1.3 温湿度监测

应维持集成制冷机房内的温度、湿度在合适的范围内，通过温度和湿度传感器，实时监测集装箱内的环境参数，并通过通风空调系统进行调节。

10.1.4 电力设备监测维护

电力设备的监测维护要求如下：

a) 定期记录电力设备的运行状态，如配电柜、变频柜等。监控电力消耗情况，合理安排设备的用电负荷；

b) 定期校准仪表及传感器，每半年进行一次标准器比对，误差超过量程的 1%时应及时调整或更换传感器。

10.1.5 运维要点

数据中心集成制冷机房的运维要点如下：

a) 定期检查集成制冷机房内各设备及系统的运行状态，确保设备及系统的高效性，主要设备的运维要点如表 4 所示；

b) 详细记录集成制冷机房日常巡检及定期检查的各项运行数据，并建立设备及系统的维护档案。

表 4 集成制冷机房主要运维要点

序号	设备名称	运维要点
1	冷水机组	定期更换制冷主机的润滑油和过滤器，保持主机的润滑和冷却系统良好运行。
2		定期清洗冷凝器和蒸发器，去除污垢和杂质，提高换热效率。
3		检查制冷主机的电气系统，包括电机、接触器、继电器等部件，确保其电气连接良好，绝缘性能可靠。
4	板式换热器	定期检查进出口压力，避免堵塞。
5		监测进出口温度，确保换热效果正常。
6		查看设备外观是否有泄漏，如有无水滴、油渍等。
7		定期拆除板片进行化学或机械清洗。
8		定期查看密封垫片是否有老化、变形或损坏。
9		检查连接螺栓的松紧程度，适当紧固螺栓，保证设备的密封性。
10	冷却塔	定期清洗冷却塔的填料和集水盘，去除污垢、藻类和杂物，保证水流通畅和均匀分布。
11		检查冷却塔的风机，确保其运转正常，叶片无变形、磨损和松动等情况。
12		定期对冷却塔风机的轴承进行润滑和维护。
13		对冷却塔的补水系统进行检查和维护，确保补水及时、准确，水位控制正常。
14	循环水泵	检查水泵的机械密封，如有泄漏及时更换。
15		定期对水泵的叶轮进行清洗和检查，去除叶轮上的污垢和杂物，防止叶轮失衡和磨损。
16		检查水泵的电机，确保其运行电流、温度等参数正常，电机的绝缘性能良好。
17	水质管理	定期对集中冷源系统的循环水进行水质检测，包括酸碱度（以 pH 值表示）、硬度、电导率、浊度、微生物含量等指标。根据检测结果，及时调整水处理措施。
18	配电柜	每日巡检配电柜的外观，查看柜体是否有变形、损坏、锈蚀等情况。
19		观察配电柜表面的指示灯和仪表是否正常显示。

表 4 （续）

序号	设备名称	运维要点
20	配电柜	定期清理配电柜表面的灰尘和污垢，可使用干燥的软布或吸尘器进行清洁。
21		监测配电柜内的温度变化，温度异常升高时及时分析原因并采取相应降温措施。
22		定期检查配电柜内的电气连接，包括接线端子、断路器、接触器等，确保连接紧固，无松动、发热、氧化等现象。
24		检查母线的连接情况，确保母线接头紧固，无过热、变色等现象； 清洁母线表面的灰尘。
25		灰尘和污垢，检查母线的绝缘情况。
26		检查配电柜的接地系统，确保接地良好。
27	能源管理	通过能耗监测设备对集成制冷机房的能耗进行实时监测和分析，对高能耗设备采取相应的节能措施。
28		合理调整冷水机组、水泵、冷却塔等设备的运行参数，避免设备的过度运行和能源浪费。
29		定期检查、校准自控硬件设备，确保传感器信号精准、无漂移，执行器动作灵敏、无卡涩，控制器供电稳定、接口无松动。
30	自动控制系统	定期检查软件系统，确保组态软件运行稳定、界面无卡顿；控制程序版本备份完整、参数设置与实际匹配； 控制逻辑可正常执行；数据库数据存储完整、备份及时。
31		定期检查数据及能效，确保数据真实、上传及时，能效无异常；告警阈值合理、告警推送及时。
32	结构	定期检查维护结构（集装箱箱体或方舱壳体）是否有渗漏， 对渗漏部位进行密封处理。
33		定期检查结构件及板材是否有锈蚀，对锈蚀部位进行除锈及防腐喷涂， 必要时做加固处理。

10.2 智能运维

10.2.1 管理平台

数据中心集成制冷机房的管理平台要求如下：

a) 集成制冷机房可设置综合管理平台，将冷源自控、安防、环境、设备监控的所有数据整合到统一平台，实现集中管理和智能化联动；

b) 采用分层解耦的架构，宜包括数据采集层、数据平台层、智能分析层、应用层，各层应具备标准的接口和协议，支持模块化扩展；

c) 通过可视化驾驶舱、移动应用等方式，提供可交互的界面。

10.2.2 数据接入

接入的数据宜包括但不限于：冷水机组全参数（电气参数、温度、压力、状态）、水泵/冷却塔运行参数、阀门开度、系统总流量/压力/温度、辅助设备运行状态及参数、环境湿球温度、IT 负载、集成制冷机房内各设备能耗数据。

10.2.3 能耗监测及调优

能耗监测及调优要求如下：

a) 集成制冷机房应设置能耗监测系统，监测机房总制冷量、总用电量、各设备耗电量、机房耗水量、药剂消耗量等，分析能耗趋势，为节能调优提供数据支持；
b) 可根据实时 IT 负载与室外气象条件，动态计算并推荐或执行最优的冷机组合、水温设定值及设备频率，以追求系统瞬时能效最优。

10.2.4 故障预警

故障预警要求如下：

a) 系统宜支持对关键设备（压缩机、水泵）的机械故障进行提前预警，预警时间窗可配置；
b) 系统可计算并预测冷水机组 COP、SCOP 的衰减趋势，并提示性能恢复维护建议；
c) 当告警发生时，系统可关联设备数据，提供最可能的根因分析列表及置信度；
d) 告警与建议宜分级（如紧急、警告、提示）并明确建议行动；
e) 宜建立集成制冷机房各系统的物理模型，支持“假设分析”，评估调度策略或故障场景对供冷可靠性的影响。

参 考 文 献

[1] GB 50174-2017 数据中心设计规范；

[2] T/CECS 487-2017 数据中心制冷与空调设计标准；

[3] T/CECS 1012-2022 高效制冷机房技术规程。