

文章编号: 1671-6612 (2023) 06-860-06

# 杭州某银行数据中心空调系统设计

潘尤贵 贺润洲 林熙龙

(中国联合工程有限公司 杭州 310051)

**【摘要】** 数字经济时代,越来越多的金融企业为了创新与发展,纷纷自建数据中心。总部坐落于市中心的企业,受土地成本的制约,往往把数据中心、企业办公及生活配套等功能融合在一幢综合楼内。鲜有文献介绍高层综合楼类数据中心空调系统的设计,通过杭州某银行项目详细介绍了高层综合楼类数据中心暖通系统设计思路,结合本项目用能特点及气候特征,采用了高效空调设备以及自然冷却、变频、封闭冷通道、高温冷冻水、特别是回收数据中心的余热用于办公采暖等节能技术,控制电能利用效率(PUE)设计值为1.33(立项时政策控制值为1.4),为高层综合内数据中心类项目的空调系统设计提供了参考。

**【关键词】** 数据中心; 空调冷源; 空调风系统; 空调水系统; 节能; 电能利用效率  
中图分类号 TU831 文献标识码 B

## Design of HVAC System for a Bank Data Center in Hangzhou

Pan Yougui He Runzhou Lin Xilong

(China United Engineering Corporation Limited, Hangzhou, 310051)

**【Abstract】** In the era of digital economy, more and more financial enterprises are building their own data centers for innovation and development. Once enterprises headquartered in the center of the city, they usually integrate functions such as data centers, corporate offices and living facilities into a single complex constrained by land costs. There is little literature on high-rise mixed-use data centers, Taking a high-rise mixed-use data center of a bank in Hangzhou as an example, his paper present the design of air conditioning system, combined with the energy consumption characteristics and climate characteristics of the project, using high-efficiency air conditioning equipment, making full use of free cooling, frequency conversion technology, closed cold channel, selecting high-temperature chilled water, in particular, waste heat recovery from data centers is used for office heating, to achieve PUE at a low lever 1.33(the policy control value is 1.4). It provides a reference for the design of air conditioning system for data center projects in high-rise complexes building.

**【Keywords】** data center; air conditioning cold source; air supply system; water supply system; energy saving; power usage effectiveness (PUE)

## 0 引言

当今社会的发展已进入数字经济时代,《十四五规划和二〇三五年远景目标》提出,加快数字化发展,发展数字经济,推进数字产业化和产业数字化,推动数字经济和实体经济深度融合。金融业的

创新与发展,需要对其数据进行快速处理与分析,提供有价值的业务洞察和决策支持,同时需要对数据进行可靠的存储、备份以及确保数据的安全和隐私保护。越来越多的金融企业开始自建或扩建自用的数据中心,张浩等人对上海地区91家互联网数

据中心能效状况进行了调研, PUE 平均值为 1.49<sup>[1]</sup>, 王安光等人对上海地区 20 个大型数据中心进行调研、测试, 发现金融行业数据中心的 PUE 值明显高于其他行业<sup>[2]</sup>。2020 年 11 月, 浙江省发展和改革委员会等四部门联合印发了《浙江省数据中心布局方案(2020-2025 年)》, 要求新建数据中心 PUE 值不高于 1.4。2021 年 12 月, 中国人民银行编制印发了《金融科技发展规划(2022-2025 年)》, 将建设绿色高可用性数据中心作为重要任务之一, 提出新建大型、超大型数据中心电能利用效率不超过 1.3 的目标。由此可见国家对数据中心绿色节能的控制越来越严格。

大部分的数据中心通常为多层建筑, 其功能包含主机房、支持区、辅助区及少量行政管理区, 其空调系统按冗余(重复配置系统的一些或者全部部件, 当系统发生故障时, 重复配置的部分介入并承担故障部分的工作)设计。现有文献中鲜有对华东地区高层金融类数据中心的工程设计介绍, 韩武松等人介绍了上海一大型多层互联网数据中心的设计, 通过提高供水温度、冬季自然冷却、温湿度独立控制、封闭冷通道等技术的应用, PUE 控制为 1.42<sup>[3]</sup>, 邵华夏介绍了江苏无锡市某多层金融数据中心的设计, 通过提高冷冻水供水温度、充分利用自然冷源、气流组织优化、选用高效空调设备等节能方式的应用, PUE 控制为 1.3<sup>[4]</sup>。

本文介绍了一种集数据中心与研发办公于一体的高层单体建筑, 除普通数据中心的功能以外, 尚有比数据中心面积更大的研发办公及配套食堂、会议等功能。数据中心部分空调系统冷源按容错(具有 2 套系统, 在同一时刻, 至少有一套系统在正常工作)设计, 末端按冗余设计, 因本项目立项于 2019 年, 按当时相应政策, PUE 按 1.4 控制, 通过采用高效空调设备以及自然冷却、变频、封闭冷通道、高温冷冻水、余热回收等节能技术的应用, 控制 PUE 设计值为 1.33。

## 1 工程介绍

本项目位于浙江省杭州市, 总建筑面积 58748.6m<sup>2</sup>, 其中地上建筑面积 39420m<sup>2</sup>, 地下建

筑面积 19328.6m<sup>2</sup>, 为集数据中心与研发办公于一体的单体高层建筑, 地下室 3 层, 地上 13 层, 总建筑高度为 60m, 项目效果图详见图 1。地下三层、二层为汽车库, 地下一层为厨房、制冷机房、蓄冷间、柴油发电机房、变电所、水泵房等配套设备用房, 地下夹层为非机动车库; 地上一层为大堂、营业厅、高配室、柴油发电机房等功能, 地上二层为员工食堂、配套设备用房等, 三~四层为预留二期数据机房, 5~6 层为一期数据机房、配套变配电室及 UPS 室、电池室、弱电机房、接入机房、测试机房、介质室等, 7 层为 ECC 及配套设备用房、办公等, 8 层为 ECC 指挥室、办公, 9~13 层为自用办公。数据机房等级为 A 级金融系统数据中心, 共约 2030 个机柜, 分两期建设, 一期考虑 1015 个机柜的容量, 机柜平均功率按 3.6kW 计算, 其中 6% 的数量考虑为 8~10kW 的高密度机柜。



图 1 项目效果图

Fig.1 rendering of the project

## 2 空调冷源系统架构设计

### 2.1 冷负荷的计算

采用负荷计算软件进行逐项、逐时空调冷热负荷计算, 数据中心部分全期总冷负荷为 9380kW, 其中水冷冷源部分为 8520kW, 风冷直膨冷源部分(预留机房、屏蔽机房、介质室、冷水机组变电所等)为 391kW, 办公部分的冷负荷为 2200kW, 热负荷为 1400kW。室内设计参数详见表 1 所示。

表 1 室内设计参数

Table 1 design parameters of indoor

房间名称	夏季		冬季		人员密度 (m <sup>2</sup> /人)	新风量 (m <sup>3</sup> /h·人)	噪声标准 (DB)	备注
	空气温度 (°C)	相对湿度 (%)	空气温度 (°C)	相对湿度 (%)				
IDC 机房/接入机房/测试机房/弱电机房等冷通道	22±1	55	22±1	45	-	1 次	-	地板送风 封闭冷通道
UPS 室/配电房	28	55	28	45	-	-	-	机房空调侧送侧回
UPS 电池室	25	-	25	-	-	-	-	机房空调侧送侧回
指挥大厅	26	55	20	-	5	30	40	全空气机组顶送

2.2 空调冷源系统架构

根据金融系统 A 级数据中心<sup>[5]</sup>及业主要求，本项目空调冷源采用容错（双冷源系统）设计，末端采用冗余（N+1）设计，结合项目建筑规划，选择一套电制冷水冷式冷水机组提供空调冷源（冷水机组、水泵、板式换热器等设备设置于地下室，冷却塔设置于屋面），一套电制冷风冷式冷水机组提供空调冷源（冷水机组设置于屋面），水冷式冷水系统作为主用，风冷式冷水系统作为备用。

(1) 冷水机组的选型：根据全期冷负荷及分期建设的要求并考虑一定容量的冗余，一期水冷式冷水机组选择单台制冷量为 2637kW（750RT）的变频离心机组 2 台，对应设置 2 台换热能力与冷水机组相同的板式换热器（1.0°C 温差），以实现过度季与冬季自然冷却，冷水机组供回水温度为 15/21°C，设置 3 台冷水泵（2 用 1 备，变频运行）。一期风冷式冷水机组选择单台制冷量为 1310（375RT）的变频螺杆机组 4 台，要求机组在零下 8°C 时依然能制冷（受屋面空间限制，机组未带自然冷却功能）。冷源架构详见图 2 及图 3。

(2) 冷却塔的选型：对于结构确定的冷却塔，其出水温度由冷却塔气水比、冷却负荷和室外湿球温度决定<sup>[6]</sup>，随着环境湿球温度的降低，冷却塔的出水温度随之下降，但其逼近（冷却塔的出水温度与环境湿球温度的差值）并非定值，表 2 为某型号冷却塔的出水温度及逼近温度随室外湿球温度的变化关系。本项目冷却塔按完全自然冷却工况及 5°C 逼近温度选型（夏季时冷却塔满载时逼近温度为 2.0°C）。当室外环境湿球温度  $t_s \leq 9^\circ\text{C}$  时（冷却塔出水温度为 14°C），可关闭冷水机组，实现“完全自然冷却”运行。一期数据中心部分冷却塔设置

2 组，与冷机相对应，风扇变频运行。数据中心冷却水泵设置 3 台（2 用 1 备，变频运行），冷却水管采用环网布置，双供双回，以满足在线检修的要求。

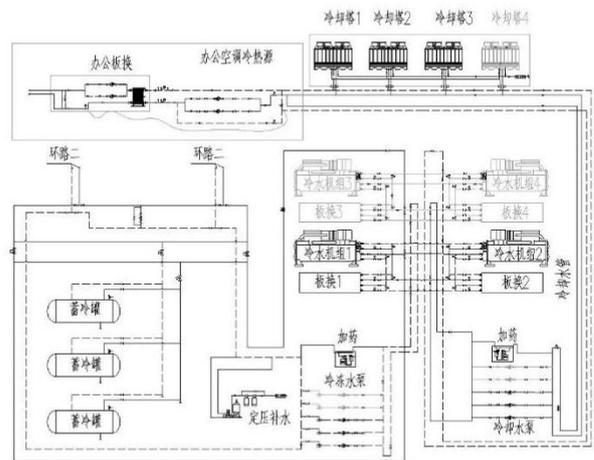


图 2 水冷冷水系统冷源原理图

Fig.2 Schematic diagram of water-cooling cold water system

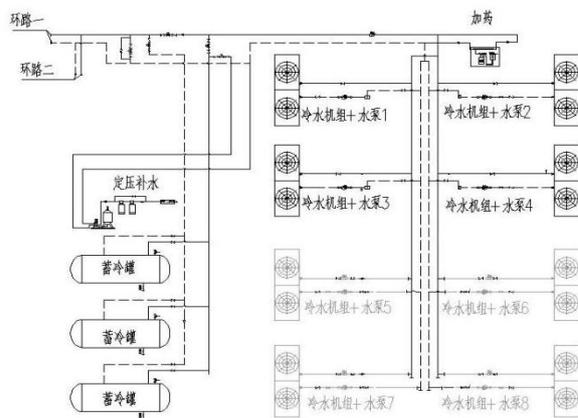


图 3 风冷冷水系统冷源原理图

Fig.3 Schematic diagram of air cooling cold water system

表 2 冷却塔出水温度及逼近温度  
随环境湿球温度变化关系

Table 2 Relation between outlet water temperature and approaching temperature of cooling tower with variation of ambient Wet-bulb temperature

环境湿球温度 (°C)	冷却塔出水温度 (°C)	冷却塔进水温度 (°C)	逼近温度 (°C)
29.0	31.0	36.0	2.0
28.0	30.1	35.1	2.1
27.0	29.3	34.3	2.3
26.0	28.4	33.4	2.4
25.0	27.6	32.6	2.6
24.0	26.7	31.7	2.7
23.0	25.9	30.9	2.9
22.0	25.1	30.1	3.1
21.0	24.3	29.3	3.3
20.0	23.4	28.4	3.4
19.0	22.6	27.6	3.6
18.0	21.8	26.8	3.8
17.0	21.0	26.0	4.0
16.0	20.2	25.2	4.2
15.0	19.1	24.1	4.1
14.0	18.3	23.3	4.3
13.0	17.5	22.5	4.5
12.0	16.7	21.7	4.7
11.0	15.9	20.9	4.9
10.0	15.2	20.2	5.2
9.0	14.0	19.0	5.0
8.0	14.0	19.0	6.0
7.0	14.0	19.0	7.0
6.0	14.0	19.0	8.0
5.0	14.0	19.0	9.0
4.0	14.0	19.0	10.0
3.0	14.0	19.0	11.0
2.0	14.0	19.0	12.0

(3) 应急供冷: 双冷源系统的每个冷水系统均设置 350m<sup>3</sup> 的蓄冷罐 (满足末端满负荷 15 分钟的供冷量, 设置于地下室蓄冷间), 以应对冷水机组或电源系统出现故障时的应急供冷要求, 同时在初期上架率不高时用于间歇供冷, 防止冷水机组出现喘振, 也可以利用夜间谷电蓄冷, 白天释冷, 降低系统运行费用<sup>[7]</sup>。

### 3 空调风系统

IDC 机房、接入机房等采用双盘管冷冻水型房间级空调机组, 气流组织形式为封闭冷通道地板送风, 出风口为可调型, 保证送风均匀, 避免局部热点的产生。UPS 室及电池室采用双盘管冷冻水型房间级空调机组, 气流组织形式为风帽侧上送风, 机组侧下回风。

为维持数据机房正压 (5-10Pa) 及保障人员新风要求, 主机房配套新风系统, 换气次数不小于 1.0h<sup>-1</sup>, 主机房采用带压缩机的水源热泵一体式组合新风机组, 机组配初效过 (G4) + 静电中效 (F7) + 化学过滤器, 以确保 IDC 机房内部的空气达到规范的要求。

数据机房配恒湿机组控制室内的湿度, 夏季进行除湿、冬季用于加湿。当房间相对湿度 > 60% (可调) 时开始除湿, 室内相对湿度达到 50% 时停止除湿; 当冷房间相对湿度 < 40% (可调) 时开始加湿, 室内相对湿度达到 50% 时停止加湿。

### 4 水系统及节能设计

#### 4.1 水系统设计

空调水系统为一级泵变流量系统, 水泵变频运行。竖向分为两个环路, 其中水冷冷水系统在制冷水机组房内及水平干管为环网形式, 同时在每个节点两端设置阀门, 保证单点故障或单点维护时不影响整个水系统的运行。

为了防止数据机房内空调的冷冻水、冷凝水及加湿水管漏水后进入主设备区, 设计考虑用隔墙将空调区和机房区分开, 空调区域设置相应的排水措施; 对于 UPS 室及电池室, 受条件限制无法将空调区与设备区域隔开时, 空调水管设置在管井内, 空调区设置相应的排水措施, 并在空调区与设备区之间设置挡水板。

#### 4.2 水系统控制设计原则

总体原则是控制系统通过对各传感器采集的数据进行综合计算, 确定冷水机组、冷却塔及水泵的运行模式与状态以及合适的冷水及冷却水供回水温度, 使制冷机房系统能效比 (总制冷量 / (冷水机组耗电量 + 冷水泵耗电量 + 冷却水泵耗电量 + 冷却塔耗电量)) 为最大值。

#### 4.3 节能技术应用

##### (1) 自然冷却技术

本工程的主用冷源系统采用高效水冷变频离

心式冷水机组+板式换热器相结合的集中供冷形式，当室外环境温度较低时，部分或全部使用自然冷却进行制冷从而减少压缩机或冷冻机的能耗，运行工况如表 3 所示。

表 3 水冷冷源的供冷模式

Table 3 Working mode of water-cooling cold water

运行模式	全年小时数 (h) <sup>[8]</sup>	湿球温度 (°C)	备注
冷水机组+冷却塔供冷 (冷水机组电制冷模式)	4492	$T_s > 15^\circ\text{C}$	冷却水出水温度 ( $t$ ) $> 20^\circ\text{C}$ , 冷水机组压缩机制冷
冷水机组+冷却塔 +板式换热器供冷 (部分自然冷却模式)	1429	$9 < T_s \leq 15^\circ\text{C}$	冷却水出水温度 ( $t$ ) $14^\circ\text{C} < t \leq 20^\circ\text{C}$ , 板换换热实现免费制冷+部分冷水机组压缩机制冷
冷却塔+板式换热器供冷 (完全自然冷却模式)	2839	$T_s \leq 9^\circ\text{C}$	冷却水出水温度 ( $t$ ) $\leq 14^\circ\text{C}$ , 压缩机停止工作, 全部通过板换换热实现免费制冷

部分自然冷却模式供冷时，冷水机组与板式换热器之间的连接方式，文献[9]提出部分地区采用并联的方式更为节能，但增加了混水后水温控制的难度，基于供冷温度的稳定性，本工程冷水机组与板式换热器之间采用串联的方式，串联工作时板式换热器一、二次侧的供、回水温度详见表 4 所示。

表 4 串联工作时板式换热器的参数

Table 4 Parameters of plate heat exchangers in series operation

环境湿球温度 (°C)		9	10	11	12	13	14	15
一次侧 (°C) 冷却水	供	14	15.2	15.9	16.7	17.5	18.3	19.1
	回	19	19.4	19.6	19.8	20	20.2	20.5
二次侧 (°C) 冷冻水	供	15	16	16.6	17.3	18	18.7	19.4
	回	21	21	21	21	21	21	21
换热量 (kW)		2637	2192.5	1928	1625	1322	1018	720

(2) 变频控制技术

冷水机组、冷却塔、冷水泵、冷却水泵、空调末端风机均采用变频控制，实现部分负荷时段的节能运行。

(3) 封闭冷通道技术

机柜背对背摆放，主机房冷通道封闭，通过可调地板送风口将空调冷风精准送至散热区域，避免局部热点的产生，提高了服务器的散热效率，降低了空调系统的输送能耗。

(4) 提高空调冷水供回水温度

空调冷水供回水温度为 15/21°C，根据文献[10]冷水机组出水温度每提高 1°C，COP 约提高 3%，与金融系统常规的 12°C<sup>[11]</sup>供水相比，冷机降低了约 10%的能耗，同时增大冬季空调冷源系统自然冷却的时间，降低空调系统的总能耗。

(5) 余热回收技术

冬季回收数据中心的余热用于办公供暖的一次热源，降低了办公的空调能耗，同时减小了冷却塔的能耗，有助于 PUE 的降低。

(6) 高效设备

水冷变频离心机组的设计工况 COP 不小于

7.45，机组自带冷凝器胶球清洗装置；

机房空调采用变频 EC 风机，风机效率大于 90%，降低风机运行能耗；

冷水泵及冷却水泵在设计工况的效率不小于 81%，降低水泵的输送能耗。

4.4 PUE 的计算

PUE (数据中心内所有用电设备消耗的总电能与所有电子信息设备消耗的总电能之比)值是目前主管部门监管数据中心的最主要指标。数据中心总电能的消耗主要有以下四方面，一是电子信息设备 (IT 系统)，二是制冷通风系统，三是电源及配电系统，四是其他 (电梯、照明等)。本项目 PUE 值按照电子信息设备全年满负荷运行进行计算。制冷及空调设备的电能消耗按照“电制冷”、“部分自然冷却”、“完全自然冷却”三种运行模式，根据典型气象年逐时湿球温度分布，分时段分别进行计算统计。PUE 的值可按下式计算：

$$PUE = \frac{IT\text{系统} + \text{制冷通风系统} + \text{电源及配电系统} + (\text{照明系统} + \text{其它系统})}{IT\text{系统}}$$

各项数据及计算过程详见表 5 所示，全年 PUE 值为 1.33，与项目立项时要求的 PUE 值 1.4 相比，提升了 5%。

表 5 PUE 计算表

Table 5 Calculation table of PUE

湿球温度 (°C)	时长 (h)	制冷通风系统										电源及配电系统			照明系统其它系统			非IT系统合计		IT系统合计		PUE
		冷却水供水温度 (°C)	冷水机组功率 (kW)	冷冻水泵功率 (kW)	冷却水泵功率 (kW)	冷却塔功率 (kW)	精密空调功率 (kW)	通风系统功率 (kW)	新风机组功率 (kW)	加湿机组功率 (kW)	制冷系统总功率 (kW)	UPS及变压器损耗 (kW)	配电系统损耗 (kW)	照明功率 (kW)	其它系统功率 (kW)	合计功率 (kW)	合计能耗 (kW·h) x10 <sup>3</sup>	IT系统功率 (kW)	IT系统能耗 (kW·h) x10 <sup>3</sup>			
28<t <sub>g</sub> ≤29	20	31	36	257.2	46.1	55.0	30.0	142.5	28.9	32.2	0.0	1122.7	220.3	96.1	100.0	60.0	1599.1	32.0	3956.0	79.1		
27<t <sub>g</sub> ≤28	98	30.1	35.1	247.7	46.1	55.0	30.0	142.5	28.9	32.2	0.0	1103.7	220.3	96.1	100.0	60.0	1580.0	154.8	3956.0	387.7		
26<t <sub>g</sub> ≤27	288	29.3	34.3	239.3	46.1	55.0	30.0	142.5	28.9	32.2	0.0	1086.9	220.3	96.1	100.0	60.0	1563.2	450.2	3956.0	1139.3		
25<t <sub>g</sub> ≤26	515	28.4	33.4	230.3	46.1	55.0	30.0	142.5	28.9	32.2	0.0	1068.9	220.3	96.1	100.0	60.0	1545.2	795.8	3956.0	2037.3		
24<t <sub>g</sub> ≤25	429	27.6	32.6	222.6	46.1	55.0	30.0	142.5	28.9	32.2	0.0	1053.4	220.3	96.1	100.0	60.0	1529.8	656.3	3956.0	1697.1		
23<t <sub>g</sub> ≤24	293	26.7	31.7	213.9	46.1	55.0	30.0	142.5	28.9	32.2	0.0	1036.2	220.3	96.1	100.0	60.0	1512.5	443.2	3956.0	1159.1		
22<t <sub>g</sub> ≤23	326	25.9	30.9	206.6	46.1	55.0	30.0	142.5	28.9	32.2	0.0	1021.6	220.3	96.1	100.0	60.0	1497.9	488.3	3956.0	1289.7		
21<t <sub>g</sub> ≤22	343	25.1	30.1	199.4	46.1	55.0	30.0	142.5	28.9	32.2	0.0	1007.2	220.3	96.1	100.0	60.0	1483.5	508.8	3956.0	1356.9		
20<t <sub>g</sub> ≤21	429	24.3	29.3	192.1	46.1	55.0	30.0	142.5	28.9	32.2	0.0	992.4	220.3	96.1	100.0	60.0	1468.7	630.1	3956.0	1697.1		
19<t <sub>g</sub> ≤20	410	23.4	28.4	183.5	46.1	55.0	30.0	142.5	28.9	32.2	0.0	975.3	220.3	96.1	100.0	60.0	1451.6	595.2	3956.0	1622.0		
18<t <sub>g</sub> ≤19	410	22.6	27.6	176.0	46.1	55.0	30.0	142.5	28.9	32.2	0.0	960.2	220.3	96.1	100.0	60.0	1436.5	589.0	3956.0	1622.0		
17<t <sub>g</sub> ≤18	426	21.8	26.8	168.3	46.1	55.0	30.0	142.5	28.9	32.2	0.0	944.9	220.3	96.1	100.0	60.0	1421.2	605.4	3956.0	1685.3		
16<t <sub>g</sub> ≤17	269	21	26	161.0	46.1	55.0	30.0	142.5	28.9	32.2	0.0	930.3	220.3	96.1	100.0	60.0	1406.6	378.4	3956.0	1064.2		
15<t <sub>g</sub> ≤16	236	20.2	25.2	154.4	46.1	55.0	30.0	142.5	28.9	32.2	0.0	917.2	220.3	96.1	100.0	60.0	1393.5	328.9	3956.0	933.6		
14<t <sub>g</sub> ≤15	222	20.5	25.5	126.3	53.3	60.7	30.0	142.5	28.9	7.2	11.8	873.5	220.3	96.1	100.0	60.0	1349.9	299.7	3956.0	878.2	1.33	
13<t <sub>g</sub> ≤14	272	20.2	25.2	97.5	53.3	60.7	30.0	142.5	28.9	7.2	11.8	816.0	220.3	96.1	100.0	60.0	1292.3	351.5	3956.0	1076.0		
12<t <sub>g</sub> ≤13	226	20	25	73.5	53.3	60.7	30.0	142.5	28.9	7.2	11.8	767.9	220.3	96.1	100.0	60.0	1244.2	281.2	3956.0	894.1		
11<t <sub>g</sub> ≤12	244	19.8	24.8	54.1	53.3	60.7	30.0	142.5	28.9	7.2	11.8	729.1	220.3	96.1	100.0	60.0	1205.4	294.1	3956.0	965.3		
10<t <sub>g</sub> ≤11	224	19.6	24.6	39.5	53.3	60.7	30.0	142.5	28.9	7.2	11.8	700.0	220.3	96.1	100.0	60.0	1176.3	263.5	3956.0	886.1		
9<t <sub>g</sub> ≤10	241	19.4	24.4	30.0	53.3	60.7	30.0	142.5	28.9	7.2	11.8	681.0	220.3	96.1	100.0	60.0	1157.3	278.9	3956.0	953.4		
8<t <sub>g</sub> ≤9	309	14	19	0.0	43.2	47.8	30.0	142.5	28.9	7.2	11.8	574.9	220.3	96.1	100.0	60.0	1051.3	324.8	3956.0	1222.4		
7<t <sub>g</sub> ≤8	278	14	19	0.0	43.2	47.8	20.0	142.5	28.9	7.2	11.8	554.9	220.3	96.1	100.0	60.0	1031.3	286.7	3956.0	1099.8		
6<t <sub>g</sub> ≤7	290	14	19	0.0	43.2	47.8	12.0	142.5	28.9	7.2	11.8	538.9	220.3	96.1	100.0	60.0	1015.3	294.4	3956.0	1147.2		
5<t <sub>g</sub> ≤6	323	14	19	0.0	43.2	47.8	8.8	142.5	28.9	7.2	11.8	532.5	220.3	96.1	100.0	60.0	1008.9	325.9	3956.0	1277.8		
4<t <sub>g</sub> ≤5	337	14	19	0.0	43.2	47.8	7.0	142.5	28.9	7.2	11.8	528.9	220.3	96.1	100.0	60.0	1005.3	338.8	3956.0	1333.2		
3<t <sub>g</sub> ≤4	306	14	19	0.0	43.2	47.8	5.6	142.5	28.9	7.2	11.8	526.1	220.3	96.1	100.0	60.0	1002.5	306.8	3956.0	1210.5		
t <sub>g</sub> ≤3	996	14	19	0.0	43.2	47.8	4.7	142.5	28.9	7.2	11.8	524.3	220.3	96.1	100.0	60.0	1000.7	996.7	3956.0	3940.2		
合计	8760																	11299.3		34654.6		

5 设计总结

(1) 本项目为集研发办公与数据中心为一体的单体高层建筑, 与常规的多层数据中心相比, 受建筑布局的影响, 冷源与数据机房的距离稍远, 冷源效率相比要低一些;

(2) 正因为多种功能集中于一个建筑, 为数据中心的余热利用创造了条件, 冬季回收数据机房的热量用于办公采暖, 解决了项目地下室无法设置锅炉房、屋顶无空间设置办公空调设备以及不能破坏建筑立面用于设置空调设备平台的重重限制;

(3) 自然冷却、变频、封闭冷通道、提高冷冻水供水温度、余热回收等技术的应用以及采用高效设备, 设计 PUE 值可控制在 1.33 以内, 待项目交付后将实测相关运行数据进行相应的验证。

参考文献:

[1] 张浩,秦宏波,侯震震.上海市互联网数据中心能效状况研究[J].上海节能,2021,(12)1359-1364.  
 [2] 王安光,黄璜,郑彦凌.上海市数据中心能效提升技术路线研究[J].建筑节能,2019,(3)95-98.

[3] 韩武松,郑坤,徐俊杰,等.上海某数据中心空调系统设计[J].暖通空调,2016,46(8):74-78.  
 [4] 邵华夏.某金融机构数据中心空调系统节能设计[J].上海节能,2022,(4)527-531.  
 [5] GB 50174-2017,数据中心设计规范[S].北京:中国计划出版社,2017:39-49.  
 [6] 陆琼文.冷却塔供冷技术用于数据中心的节能性分析[J].暖通空调,2019,49(1):56-62.  
 [7] 张春朋.数据中心暖通空调水冷系统节能控制优化及应用[J].暖通空调,2020,50(12):50-53.  
 [8] 中国气象局气象信息中心气象资料室等.中国建筑热环境分析专用气象数据集[M].北京:中国建筑工业出版社,2005.  
 [9] 张亚男,李斌,李子逸.大型数据中心部分自然冷却方式的节能性分析[J].暖通空调,2022,52(10):28-35.  
 [10] 张雅锐,袁东立.建筑空调冷水系统变水温运行的节能分析[J].暖通空调,1991,(5):12-15.  
 [11] 张娴,戴新强,李翔.海南某数据中心空调系统设计[J].暖通空调,2022,50(1):117-120.