

一、工程概况

本项目位于上海市浦东自贸区。机房共有六层，机房为三层至六层，每层机房面积为800m²，预计总机柜数量达到1000台，单个机柜的发热量约为2.2KW，该项目总主设备约2200KW的发热量，机柜在机房内以冷热通道形式排布；一、二层作为配电区域，主要包括配电间、UPS间、电池间，同时部分区域作为冷冻机房。业主要求机房空调系统设计时整体考虑更换现有机房空调系统，降低PUE值，提高制冷系统能效。

二、空调系统设计依据及参数

2.1 设计依据

- (1) 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB50736-2012
- (2) 《建筑设计防火规范》 GB50016-2015
- (3) 《通信建筑工程设计规范》 YD5003-2014
- (4) 《电子信息系统机房设计规范》 GB50174-2008
- (5) 《公共建筑节能设计标准》 GB50189-2015
- (6) 初步勘测资料
- (7) 其他国家及部门颁发的有关规定等。

2.2 室内外设计参数及标准

(1) 室外气象资料：

建设地点：上海市	E121°45' /N31°40'；海拔 5.5m		
夏季空调计算干球温度	34℃	夏季最热月月平均室外计算相对湿度	83%
夏季空调平均室外计算干球温度	30.4℃	冬季最冷月月平均室外计算相对湿度	75%
冬季空调计算干球温度	-4℃	夏季空调室外计算湿球温度	28.2℃
冬季供暖室外计算干球温度	-2℃	年平均气温	15.7℃
夏季通风计算干球温度	32℃	极端温度	最高温度 40.2℃； 最低温度 -12.1℃
冬季风计算干球温度	3℃	室外平均风速	冬季 3.4m/s； 夏季 3.3m/s

(2) 室内设计参数:

房间名称		夏 季		冬 季	
		温度(°C)	相对湿度(%)	温度(°C)	相对湿度(%)
数据	冷通道	23±1	45~55	23±1	45~55
机房	热通道	35	45	35	45
辅助用房		26	≤65	18~20	≥30

三、冷负荷估算

本方案暂按“功率及面积法”计算机房热负荷:

(1) 机房建筑总面积约为 3200m², 共布置 1000 台机柜。单台机柜功率按 2.2kW 考虑, 则新建机房设备总功率约为 2200kW。

(2) 除主要的设备热负荷之外的其他负荷, 如机房照明负荷、建筑维护结构负荷、补充的新风负荷、人员的散热负荷等按 0.12kW/m² 计算, 总建筑面积为 3200m², 则环境热负荷约为 384kW。

(3) “功率及面积法”计算机房热负荷公式为: $Q_t=Q_1+Q_2$

式中: Q_t —总制冷量 (kW); Q_1 —室内设备负荷 (设备功率×1.0); Q_2 —环境热负荷 (kW)。

由上式可得本项目夏季总制冷量为 2584kW。

(4) 机房冷负荷指标估算汇总如下:

序号	名称	夏季冷负荷(kW)	冬季热负荷(kW)	冬季冷负荷(kW)	备注
1	三层数据机房	646	---	510	主设备功率: 550kW
2	四层数据机房	646	---	510	主设备功率: 550kW
3	五层数据机房	646	---	510	主设备功率: 550kW
4	六层数据机房	646	---	510	主设备功率: 550kW
	总计	2584		2040	主设备功率: 2200kW

四、冷、热源的选择及其参数

4.1 冷源

建议机房采用集中式水冷冷冻水空调系统形式，冷冻水系统供/回水温度设计为 12/16℃。空调末端均采用分离式热管空调机组，冷冻水空调系统主机均采用高能效比的水冷螺杆冷水机组，冷冻机房详细布置位置待业主详细方案设计开始前确定。

根据空调冷负荷估算，同时考虑后期发展的需要，空调系统总的制冷量考虑部分冗余量，同时考虑到四层机房主设备分期建设的因素，在初期通信设备安装负荷较小时能在较高 COP 工况下运行，故选用五台单台制冷量为 720.8kW 水冷螺杆冷水机组，四台作为主用，一台作为备用。考虑到机房分期建设，可以前期安装三台冷水机组，待后期机房主设备增加时，再增加剩余两台冷水机组，以节省初投资。

集中式冷冻水空调系统中每台水冷螺杆冷水机组配套 1 台板式换热器，本次设计方案中冷水机组和板换的管道连接方式为并联，最大限度的利用自然冷源，减少冷水机组开启时间、提高空调系统的制冷效率，降低能源消耗。

为保证系统节能运行，冷冻水空调系统配套集中自控系统，系统管道选用电动切换阀门，实现远程监控与自动切换控制，提高空调系统整体能效。

4.2 空调风系统

本设计方案中机房直接做冷热通道封闭，将冷、热气流完全隔离，提高冷量的利用效率。在机柜中布置二级制冷热管列间空调，机柜热排风以最短路径吸入热管列间空调，进行热交换后的冷风进入冷通道后又以最短距离进入机柜换热，气流组织最短，效率最高，与常规机房恒温恒湿空调地板送风相比，运行能耗大大减少。

4.3 空调水系统

(1) 冷冻水系统

本工程冷冻水空调系统采用双管制定流量系统，冷水机组与水泵均一一对应设置，冷却水泵及冷冻水泵均设有备用，主立管供回水管均设计成环路，机房均设置 2 套循环水路；机房管路设计考虑互用互通，提高安全性；同时，为了保证在局部冷冻水管道或阀门发生故障时可以进行在线维护和维修以及便于机房空调末端分期扩容，本次设计在楼层水平供回水管

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。

(2) 冷却水系统

冷却水采用低噪音开式冷却塔，安装于六层建筑体的楼顶，冷却水经水过滤器、冷却水泵加压后返回冷水机组。冷却塔存水盘之间设独立接口且带关断阀的连通管，屋面预留补水管及补水计量装置，溢流、排污水接至屋面排水沟。冷却塔配置旁过滤器，冷却水加药处理装置保证冷却水水质。

(3) 系统补水、定压

冷冻水系统通过设置软化水装置、软化水箱及落地式自动补水定压装置定压。落地式自动补水定压装置、软化水装置均设置在冷冻机房内。

4.4 本项目中采用的主要节能措施

(1) 二级制冷热管空调

本方案的两级制冷热管空调末端有两组独立的蒸发器，各自对应的冷凝器分别接自然冷源供冷管路和机械冷源供冷管路，热管等温相变换热的特性所具备的低温差传热的优势使得利用自然冷源更加充分。

(2) 采用变频电机节约能源

热管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。调速风机一般根据回风温度控制风机的功率，若回风温度较低，就降低调速风机的功率减少风量，若回风温度较高，就提高调速风机的功率增加风量。采用下沉方式安装调速风机比普通风机节省能耗约35%。

(3) 封闭冷通道技术

将冷、热气流完全隔离(另外要求机柜配盲板，减少冷热气流混合)，提高冷量的利用效率，可保证不同功耗设备的散热需要。

(4) 提高回风温度

封闭冷通道后，空调回风温度可提高至35℃左右(传统机房回风温度24℃)，减少空调系统运行能耗。

(5) 提高冷冻水供回水温度和供回水温差

冷水机组标准的冷冻水供回水温度为7/12℃，这个温度大大低于数据中心正常运行在40%左右相对湿度的露点温度，从而形成大量的冷凝水，需要进一步加湿才能保持机房的环境湿度。这个除湿和加湿过程都是消耗能量的过程。冷冻水的温度和冷水机组的效率成正比关系，因此，将冷冻水供回水温度提高为12/16℃，年节能率约提高5%-10%。

(6) 独立加湿

机房加湿采用独立湿膜加湿机，取消空调末端电极式或红外式加湿功能，大幅降低机房空调系统的运行能耗，节省空调及电源配套的投资。

4.5 空调系统主要设备表

略

五、本公司二级制冷热管空调系统节能计算

5.1 二级制冷热管空调原理

本方案的两级制冷热管空调末端有两组独立的蒸发器，各自对应的冷凝器分别接自然冷源供冷管路和机械冷源供冷管路，第一级自然冷源蒸发器在自然冷源供水温度达到设定温度时承担机房全部显热负荷，供水温度在过渡温度段作为预冷承担部分负荷，剩余负荷由第二级机械冷源蒸发器承担，从而减少了冷冻机组荷载和开启时间、降低能源消耗。

热管等温相变换热的特性所具备的低温差传热的优势使得利用自然冷源更加充分。

除满足自然冷源单独供冷工况的运行小时数外，其余工况均为自然冷源与机械冷源联合供冷，热管空调末端作为预冷承担部分负荷，自然冷源供水温度不同，承担的负荷比例也不同，针对本项目情况，并考虑到实际环境温度与典型气象年数据的偏差，取 0.9 偏差系数，汇总数据如下：

运行模式	典型气象年 全年运行小时数	偏差系数	全年运行小时 数修正值	自然冷源负担负荷 比例 (%)
满足自然冷源单独供冷	3396	0.9	3056	100%
自然冷源与机械冷源联合供冷	4102	0.9	3692	57%
机械冷源单独供冷	1262	—	2012	—

5.2 空调系统全年运行总能耗 E

考虑自控系统性能、日常运营维护、系统设备污垢等综合附加系数，本项目取 1.15

二级制冷热管列间空调系统运行模式	利用自然冷源冷却水	预冷热管空调系统与原有空调系统联合供冷	机械制冷
用电量	791079.6kW·h	2100050kW·h	3059379kW·h
总用电量	5950508kW·h		

5. 3PUE 值

机房能效指标是衡量机房能效的量化标准，它可以反映机房运行过程中的电能利用情况，作为机房设计和运维改进的重要依据，并为不同机房之间能效比较提供依据。

PUE 是国内外数据中心普遍接受和采用的一种衡量数据中心基础设施能效的指标，其计算公式为：

$$PUE = \text{数据中心总耗电} / \text{IT 设备耗电}$$

其中：数据中心的总耗电是维持数据中心正常运行的所有耗电，包括 IT 设备、制冷设备、供配电系统和其它设施。

由于本项目供配电及照明系统暂无数据，暂按主设备能耗的 6% 测算。

则本项目采用本方案二级制冷热管列间空调系统运行模式的 PUE 为：

$$PUE = [5950508 + 1.06 \times (2200 \times 8760)] / (2200 \times 8760) = 1.36$$

由以上数据可得出，本方案最终 PUE 值为 **1.36**。