

某数据中心空调系统设计

上海航天建筑设计院 文 韬[☆]

摘要 介绍了某数据中心机房精密空调系统方案,概述了该系统室内设计参数、空调系统设置原则、空调风系统及冷却水系统设置,并对冷却水型恒温恒湿机房专用空调加闭式冷却塔系统方案与冷水型恒温恒湿机房专用空调加风冷螺杆式热泵机组方案进行了对比。

关键词 精密空调 恒温恒湿 闭式冷却塔 电源使用效率(PUE) 气流组织

Air conditioning system design for a data center

By Wen Tao[☆]

Abstract Presents the air conditioning system scheme for a data center, summarizes the indoor design parameters, the air conditioning system installation principles, and the air distribution and cooling water system layouts. Compares the cooling water type constant temperature and humidity air conditioning plus closed cooling tower scheme with the chilled water type constant temperature and humidity air conditioning plus air cooled screw heat pump scheme.

Keywords precision air conditioner, constant temperature and humidity, closed cooling tower, power usage effectiveness, air distribution

★ Shanghai Aerospace Construction Design Institute, Shanghai, China

数据中心具有高发热量、低散湿量的特性,其空调系统的负荷特点是显热负荷大、湿负荷小,具有极高的热湿比。因此,空调系统具有大风量、小焓差的特性,大风量保证将设备散出的热量及时排走,而小焓差主要是为了防止设备结露。

本文以上海市某数据中心的机房精密空调系统方案设计为例进行简要概述,以供同行参考。

1 工程概况

该工程位于上海,为改建工程。将原 4 层丙类厂房改建为数据中心机房,总建筑面积约为 5 601.9 m²。建筑标准层平面见图 1。

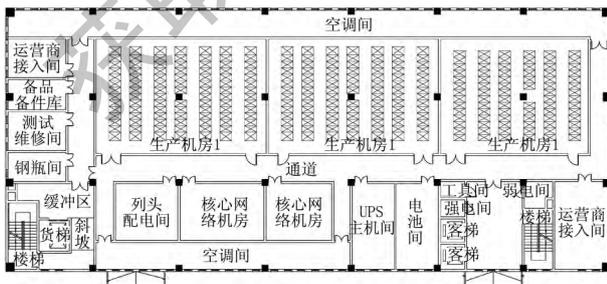


图 1 标准层建筑平面图

2 数据中心空调系统设置原则

根据 GB 50174—2008《电子信息系统机房设计规范》附录 A 各级电子信息系统机房技术要求中空调部分的内容,同时参考 TIA-942《数据中心电信基础设施标准》,从系统可靠性及维修便利的角度出发,空调系统采用 A 级机房标准。机房空调系统采用 N+N 的原则设置,空调水系统采用 2N 形式。

3 数据中心室内设计参数(见表 1)

4 数据中心空调系统设计

4.1 空调系统冷热负荷

4.1.1 空调系统划分

机房精密空调:数据机房等机房类房间均按工艺需求设置机房专用精密空调,全年供冷。

单冷空调:变配电所、柴油发电变电所及 UPS 室设置独立的变频多联分体式空调系统。

☆ 文韬,男,1982 年 8 月生,硕士研究生,工程师
200108 上海市杨浦区国康路 100 号国际设计中心 11 楼
(0) 18616711079
E-mail: wentao8287@qq.com

收稿日期:2015-07-20

一次修回:2015-10-12

二次修回:2016-12-06

表 1 数据中心室内设计参数

	夏季/℃	冬季/℃	相对湿度/%	新风量/(m ³ /(人·h))
数据中心机房	23±1	23±1	40~55	维持正压
调度大厅	25~26	20	40~65	50~80
办公用房、会议室	26	20	30~75	30~50
更衣室	26	22	30~75	30
交接班室	26	20	30~75	30
变配电所	≤40			

注: A 声级噪声值空调机房≤90 dB, 调度大厅≤35 dB; 工艺设备用房在静态条件下测试, 每 L 空气中大于或等于 0.5 μm 的尘粒数应少于 18 000 粒。

舒适性空调: ECC(总控中心)控制大厅、普通办公及辅助用房设置舒适性空调系统, 均采用变频多联分体式空调加冷凝排风热回收新风系统。

4.1.2 各空调系统冷热负荷

数据中心机房负荷在设计时考虑 15% 的冗余, 各功能房间空调冷热负荷见表 2。

表 2 各功能房间空调冷热负荷

	空调面积/m ²	冷负荷/kW	热负荷/kW	备注
数据中心机房近期	1 281	1 109	冬季供冷	按机柜布置统计
数据中心机房远期	1 922	1 663	冬季供冷	按机柜布置统计
ECC 控制大厅及辅助用房等	153	46	43	
变电所、柴油发电变电所、UPS 间等	996	349	冬季供冷	

注: 机房空调系统冷负荷包括机房内设备的散热(按设备用电功率考虑)、建筑围护结构传热、照明装置散热、新风负荷。

4.2 空调系统及冷热源系统方案比选

1) 数据机房采用水系统提供全年所需的冷量。方案 1 为冷却水型恒温恒湿机房专用空调加闭式冷却塔; 方案 2 为冷水型恒温恒湿机房专用空调加风冷螺杆式热泵机组。比选方案均考虑设置 2 套独立的空调及冷热源系统, 互为备用。

2) 方案 1: 数据机房全年 24 h 需要供冷, 设置冷却水型恒温恒湿机房专用空调, 采用集中冷却水系统。该项目所处地区冬季极端最低气温 -10.1℃, 考虑到冷却水系统冬季防冻及安全运行要求, 机房空调水系统设置了 2 套完全独立的集中冷却

水系统。每套水系统由闭式冷却塔、乙二醇溶液泵、板式换热器、冷却水泵和循环管路、水处理及定压补水装置等组成, 每套系统的设备及管路均应满足所有机房的散热要求, 2 套系统热备份。

冷却水系统的冷却介质选用质量分数 25% 的乙二醇水溶液(相变温度 -10.7℃)和清水, 冷却水型机房空调机的制冷系统将空调冷凝热排至冷却水系统, 经过板式换热器和乙二醇水溶液, 再将热量通过闭式冷却塔排至大气。乙二醇水溶液供回水温度为 30.5℃/35.5℃, 清水供回水温度为 32℃/37℃。方案 1 主要设备见表 3。

表 3 方案 1 主要设备

	设备参数	数量
冷却水型机房精密空调(下送风型)	全冷 2: 81 kW, 显冷 2: 74.1 kW; 全冷 3: 86.6 kW, 显冷 3: 82.2 kW; 风量 22 500 m ³ /h	36 台
冷却水型机房精密空调(下送风型)	全冷 2: 12.1 kW, 显冷 2: 11.2 kW; 全冷 3: 13 kW, 显冷 3: 11.6 kW; 风量 3 640 m ³ /h	24 台
冷却水型机房精密空调(下送风型)	全冷 2: 17.6 kW, 显冷 2: 16.6 kW; 全冷 3: 18.7 kW, 显冷 3: 16.6 kW; 风量 6 000 m ³ /h	24 台
冷却水泵	流量 85 m ³ /h, 扬程 25 m, 功率 7.5 kW	6 台
闭式冷却塔	冷却水流量 85 m ³ /h, 每台冷却塔配轴流风机 2 台, 轴流风机风量 100 000 m ³ /h	6 台
乙二醇冷却循环水泵	流量 85 m ³ /h, 扬程 25 m, 功率 7.5 kW	6 台
板式换热器	换热量 560 kW	6 台
定压机组	定压补水流量 2.0 m ³ /h, 功率 0.55 kW, 允许压力 1.0 MPa; 常压隔膜罐有效容积 300 L	2 套
全自动软水器	软化水流量 4~5 m ³ /h, 功率 40 W	2 套

注: 全冷 2、显冷 2 对应回风温度 24℃, 相对湿度 50%, 冷凝器进水温度 29.5℃, 标准水流量情况: 全冷 3、显冷 3 对应回风温度 26.7℃, 相对湿度 50%, 冷凝器进水温度 29.5℃, 标准水流量情况。

3) 方案 2: 数据机房设置冷水型恒温恒湿机房专用空调, 冷水由风冷螺杆式热泵机组制备。方案 2 主要设备见表 4。

4) 机组成装机容量、投资费用对比(见表 5)。

由表 5 可以看出: 方案 1 总装机容量较方案 2 小

109.3 kW, 约占方案 1 总装机容量的 19.8%; 方案 1 的总造价高出方案 2 约 100 万元, 投资相对较高。

5) 设计 PUE 值对比(见表 6)。

由设计 PUE 值可以看出, 方案 1 设计 PUE 值低于方案 2 设计 PUE 值。

表 4 方案 2 主要设备

	设备参数	数量
冷水型机房精密空调(下送风型)	进出水温度 7 °C/12 °C, 全冷 100.2 kW, 显冷 83 kW, 风量 22 500 m ³ /h	36 台
冷水型机房精密空调(下送风型)	进出水温度 7 °C/12 °C, 全冷 22.9 kW, 显冷 15.7 kW, 风量 3 640 m ³ /h	24 台
冷水型机房精密空调(下送风型)	进出水温度 7 °C/12 °C, 全冷 30 kW, 显冷 22.9 kW, 风量 6 000 m ³ /h	24 台
风冷螺杆式热泵机组	名义制冷量 560 kW, 名义制热量 600 kW	6 台
冷水泵	流量 145 m ³ /h, 扬程 25 m, 功率 15 kW	6 台
全自动软水器	软化水流量 4~5 m ³ /h, 功率 40 W	2 套

表 5 机组装机容量、投资费用对比

	方案 1	方案 2
机房精密空调额定总功率/kW	476.4	74.8
冷水泵额定总功率/kW	0	45
冷却水泵额定总功率/kW	22.5	0
闭式冷却塔额定总功率/kW	29.1	0
乙二醇冷却循环水泵功率/kW	22.5	0
定压机组功率/kW	0.55	0.55
风冷螺杆式热泵机组功率/kW	0	540
功率总计/kW	551.05	660.35
总造价/万元	1 077.6	971.2

表 6 设计 PUE 值对比

	方案 1	方案 2
计算机设备额定总功率/kW	2 169	2 169
配电损耗总功率/kW	343.5	354.5
动力照明总功率/kW	320	320
空调总功率/kW	946.05	1 055.35
设计总功率/kW	3 778.55	3 898.85
设计 PUE 值	1.74	1.80

6) 优缺点。

优点: 方案 1, 2 均可以充分利用屋顶空间, 制冷量恒定, 空调效率较高。此外, 方案 1 由于制冷设备分散布置, 当任意空调出现故障时损失极小, 安全性很高; 且随着数据处理设备的增加, 容易做到逐渐增加空调设备。

缺点: 方案 1 及方案 2 均需要设备用管线, 且数据机房内有大量的水管, 需要针对漏水做专门处理。

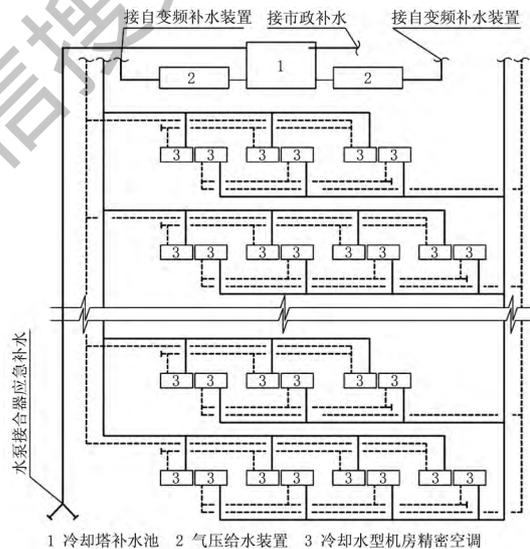
7) 从运行节能、设备扩展及使用可靠性方面考虑, 该工程数据机房空调及冷热源系统采用冷却水型恒温恒湿机房专用空调加闭式冷却塔的系

形式。

8) 数据机房新风系统。为满足设备机房内正压要求, 机房与其他房间、走廊间的压差不宜小于 5 Pa, 与室外静压差不宜小于 10 Pa, 各数据机房内单独设置新风系统及控制装置, 新风系统的正压端设中效空气过滤器。

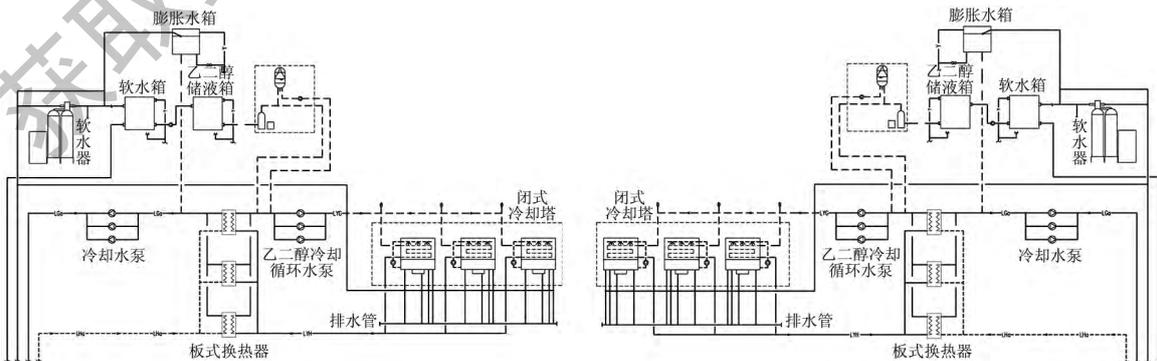
机房空调系统内的湿负荷主要为新风产生的, 为了满足机房内湿度的要求, 机房专用空调机房内设置独立的加湿机, 加湿机的送回风方式同机房空调风系统, 采用下送风上回风。

9) 空调系统原理图及水系统原理图(见图 2, 3)。



1 冷却塔补水池 2 气压给水装置 3 冷水型机房精密空调

图 2 空调系统原理图



注: 机房空调系统采用 N+N 的原则设置, 互为备用。

图 3 冷却水系统原理图

4.3 空调风系统

采用冷却水型机房空调机,设置专用空调机房。

数据机房空调气流组织均采用下送上回的方式。机柜布局应按冷热通道设置,机柜采用背靠背、面对面摆放。为防止冷热风短路,冷通道封闭。

地面设置高 600 mm 的防静电地板,利用静电地板下空间作为空调系统送风静压箱,冷空气经过地板上安装的可调节风口向机柜送风,热通道上的吊顶设置格栅回风带,利用 500 mm 高吊顶空间作为回风静压箱,将热风回至机房专用空调。具体气流组织形式如图 4 所示。

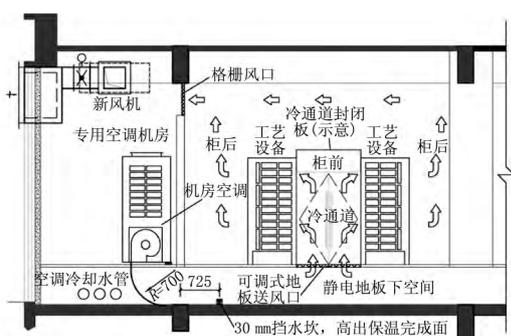


图 4 数据机房空调气流组织示意

4.4 空调水系统

机房空调设置集中冷却水系统,采用一级泵变流量同程式系统,冷却塔、板式换热器、循环泵均布置在屋面。闭式冷却塔、板式换热器、水泵等主要设备及冷却水管路按照远期设备机房负荷考虑,末端冷却水型机房空调按近期设置,预留远期接入末端机房空调的条件。数据机房的机房空调机按 $N+N$ 配置。

乙二醇水溶液循环系统采用定压罐定压、补水;清水循环系统采用膨胀水箱定压、补水,补水均采用软化水。冷却水系统采用全程水处理装置除垢,以保证水质稳定。冷却水系统的高位设自动排气阀、低位设排污阀。

为防止机房内空调冷却水管、冷凝水管及加湿

水管漏水进入主设备区,机房靠外墙侧用隔墙将空调区与机房区分开,并在空调区地面上均匀排布机房用洁净地漏,以保证漏水能及时排出,确保机房设备的安全运行。机房空调均内置水量调节阀,配合工艺设备机房内温控器调节进入机房空调的循环水量。

冷却塔散热能力按夏季极端最高气温 39.4°C 进行校核修正。

数据机房的专用空调机房内设有漏水检测报警装置,并在管道入口处装切断阀,漏水时自动切断给水。数据机房的专用空调机房内地面设置挡水和排水设施。加湿机补水接自水泵间内的软化水。

5 结语

该工程数据机房空调系统采用 $N+N$ 的原则设置,空调水系统采用 $2N$ 形式,满足系统可靠性的要求。

该工程数据机房精密空调系统采用冷却水型恒温恒湿机房专用空调加闭式冷却塔的系統形式,辅以机房新风系统及除湿系统,通过合理的气流组织,可满足数据机房冬夏温湿度要求。

所采用的冷却水型恒温恒湿机房专用空调加闭式冷却塔系统方案与冷水型恒温恒湿机房专用空调加风冷螺杆式热泵机组方案相比,制冷设备分散布置,运行灵活,有较低的设计 PUE 值,能够最大限度地满足业主使用及后期扩展的需求,但是初投资较高。

参考文献:

- [1] 夏春华,潘庆瑶,高景,等.内蒙古某数据中心采用自然冷却技术的空调系统设计及运行模式[J].暖通空调,2013,43(10):18-22
- [2] 刘倩倩,王江江,荆有印.数据机房双冷源空调系统设计与分析[J].暖通空调,2013,43(10):23-27
- [3] 龚伟力.某数据中心空调系统设计分析[J].制冷空调与电力机械,2011,32(2):45-49
- [4] 杨国荣,胡仰耆,马伟骏.数据中心空调设计初探[J].建筑电气,2009,28(12):21-26
- [5] 全国能源基础与管理标准化技术委员会.清水离心泵能效限定值及节能评价:GB 19762—2007[S].北京:中国标准出版社,2008:2-7
- [6] 王补宣.工程传热传质学:上册[M].北京:科学出版社,1982:41-47,160-166
- [7] 章熙民.传热学[M].5版.北京:中国建筑工业出版社,2007:26-31
- [8] BERGMAN T L, LAVINE A S, INCROPERA F P, et al. Introduction to heat transfer[M]. 6th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2011: 90-91, 310-314
- [9] 陆耀庆.实用供热空调设计手册[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,2008:258,238
- [10] 电子工业部第十设计研究院.空气调节设计手册[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,1995:75

(上接第 34 页)