

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

华信邮电咨询设计研究院有限公司 夏春华[☆] 潘庆瑶 高 景
陈光金 王 培 曾 勇

深圳职业技术学院 杨 红

摘要 针对严寒沙尘地区的自然条件,该数据中心空调系统全部或部分使用外界自然冷源,同时采用建筑封闭风道智能换热技术辅以自然冷却,全方位多角度地倡导自然冷源梯级利用。建筑风道智能换热主要通过外墙设置封闭风道,室内采用封闭冷/热通道设计,解决直接引入新风造成的洁净度方面的问题,通过对流换热的方式实现冷热空气换热,达到自然冷却的效果。

关键词 数据中心 自然冷却 风道智能换热 空调系统 运行模式

Air conditioning system design using natural cooling technology and its running mode of a data center in Inner Mongolia

By Xia Chunhua[★], Pan Qingyao, Gao Jing, Chen Guangjin,
Wang Pei, ZengYong and Yang Hong

Abstract The air conditioning system of the data center utilizes natural cold source fully or partly and adopts the heat exchange technology in building enclosed air-duct automatically supplemented by natural cooling, for piloting cascade utilization of the natural cold source from all perspectives. The new technology sets the enclosed air-duct by exterior wall, solving cleanliness issues caused by directly introducing outdoor air with the design of closed cold/hot passages, and realizes natural cooling and heat exchange between hot air and cold air by means of convection heat transfer.

Keywords data center, natural cooling, heat exchange in enclosed air-duct automatically, air conditioning system, running mode

★ Huaxin Consulting Co., Ltd., Architecture Design Institute, Hangzhou, China

①

1 工程概述

1.1 工程概况

本工程为内蒙古某信息园内某幢数据中心,位于呼和浩特市和林格尔现代服务业集聚区。该建筑地上共 4 层,其中 1 层为配电房、设备机房等辅助用房,2 层为电力电池室,3,4 层为通信机房。建筑高度 21.60 m,总建筑面积 18 082 m²。

1.2 气候情况

呼和浩特地处温带内陆地区,属于典型的温带大陆性气候。其特点是冬季漫长而寒冷;夏季短而温热,降水集中;春季干旱多风,秋季日光充足,凉爽而短促;气温日较差和年较差大,冷暖变化剧烈,无霜期较短,气候干燥。

室外设计计算参数如表 1 所示。

2 空调冷热源

2.1 空调系统冷热负荷

根据工艺专业规划,该数据中心终期可安装通信设备功耗约为 12.5 MW,电力电池室不间断电源 UPS 发热量

①[☆] 夏春华,女,1966 年 4 月生,大学,高级工程师
310014 杭州市文晖路 183 号华信邮电咨询设计研究院有限公司建筑设计研究院
(0) 13957169084
E-mail: xch@hxdj.com
收稿日期:2013-03-29
一次修回:2013-05-29
二次修回:2013-07-12

表 1 室外设计计算参数(呼和浩特)^[1]

	夏季	冬季
空调干球温度/℃	30.6	-20.3
空调湿球温度/℃	21	
通风温度/℃	26.5	-11.6
相对湿度/%	48(夏季通风)	58(冬季空调)
室外平均风速/(m/s)	1.8	1.5

按设备功耗的 8%~10%计,通过逐项逐时的冷负荷计算得到该数据中心夏季冷负荷约为 14.5 MW,冬季冷负荷约为 11.5 MW。门厅、卫生间、柴油发电机房、日用燃油间、制冷机房及其他公共区域冬季热负荷为 80 kW。

2.2 空调系统冷热源设计

1) 冷源设计^[2]

根据内蒙古的气候特点和当地缺水的实际情况,结合该数据中心的冷负荷,采用集中式风冷冷水系统和水冷冷水系统相结合的空调系统形式,冷水供/回水温度为 12℃/17℃,空调末端采用冷水型恒温恒湿机房专用空调机组。

表 2 冷水机房主要设备

	设备参数	台数
水冷式离心冷水机组	制冷量 4.22 MW(1 200 rt),输入功率 657 kW	3
水冷式离心冷水机组	制冷量 2.11 MW(600 rt),输入功率 322 kW	1
自然冷却型风冷冷水机组	制冷量 1.142 MW(320 rt),输入功率 377 kW	4
冷却水循环泵(卧式双吸离心泵)	$G=500\text{ m}^3/\text{h}, H=30\text{ m}, N=55\text{ kW}$	1
冷却水循环泵(卧式双吸离心泵)	$G=950\text{ m}^3/\text{h}, H=30\text{ m}, N=110\text{ kW}$	3
冷水循环泵(卧式端吸离心泵)	$G=240\text{ m}^3/\text{h}, H=36\text{ m}, N=37\text{ kW}$	4
冷水循环泵(卧式双吸离心泵)	$G=400\text{ m}^3/\text{h}, H=32\text{ m}, N=55\text{ kW}$	1
冷水循环泵(卧式双吸离心泵)	$G=800\text{ m}^3/\text{h}, H=32\text{ m}, N=90\text{ kW}$	5
立式离心泵	$G=4\text{ m}^3/\text{h}, H=36\text{ m}, N=2.2\text{ kW}$	2
板式换热器	换热量 $2.5\text{ MW}, t_1=10.5\text{ }^{\circ}\text{C}, t_2=15.5\text{ }^{\circ}\text{C}, t_3=12\text{ }^{\circ}\text{C}, t_4=17\text{ }^{\circ}\text{C}$	1
板式换热器	换热量 $4.5\text{ MW}, t_1=10.5\text{ }^{\circ}\text{C}, t_2=15.5\text{ }^{\circ}\text{C}, t_3=12\text{ }^{\circ}\text{C}, t_4=17\text{ }^{\circ}\text{C}$	3

注:自然冷却型风冷冷水机组布置于大楼屋面; G 为流量, H 为扬程, N 为输入功率; t_1, t_2 为一次侧进出水温度, t_3, t_4 为二次侧进出水温度。

2) 热源设计

供暖热源由园区内综合楼地下换热站供热管网引入,门厅、卫生间、柴油发电机房、日用燃油间、值班室、楼梯间、冷水机房等均采用散热器供暖,系统供/回水温度为 75℃/50℃。

3) 空调冷源系统流程图(见图 1)

3 空调风系统

3.1 送风形式

该数据中心机房空调末端均采用冷水型机房恒温恒湿专用空调,其主要功能包括制冷、加热、加湿、除湿等。

主机房内气流组织形式为:架空地板下送风,机组上部回风。在 3,4 层走廊吊顶内安装有送风机并配套了粗效、中效过滤器及片式消声器为主机房提供新风,维持主机房正压。具体气流组织形式见图 2。

3.2 封闭冷/热通道

封闭冷/热通道是一种基于冷热空气分离有序流动原理的技术。一般来说,冷空气由高架地板下吹出,进入密闭的冷池通道;机柜前端的设备吸入冷空气降温后,形成的热空气由机柜后端排至热通道,并迅速返回到空调回风口。

空调系统主机采用自然冷却型风冷冷水机组和水冷离心式冷水机组,根据负荷计算,并考虑 15%的冗余量(考虑远期发展),该数据中心选用 4 台制冷量为 1.142 MW(320 rt)的自然冷却型风冷冷水机组和 3 台 4.22 MW(1 200 rt)的水冷离心式冷水机组及 1 台 2.11 MW(600 rt)的水冷离心式冷水机组,空调主机按 $N+1$ 模式配置。其中自然冷却型风冷冷水机组的总容量占系统总负荷的 25%;分期建设通信设备安装负荷较小时由风冷冷水机组提供冷量;当通信设备安装负荷较大(超过 1 台离心式机组的制冷量)时水冷离心式冷水机组投入运行,风冷冷水机组作为系统备份及用水量紧张时的轮转。每台水冷离心式冷水机组配套 1 台板式换热器。冷水机房内同时还配有落地式自动补水定压装置、全自动综合水处理器、全自动砂过滤器、冷却水循环泵、冷水循环泵等设备。大楼屋面布置了 4 套低噪声钢制逆流开式冷却塔。

冷水机房主要设备如表 2 所示。

该数据中心主机房采用封闭冷通道(见图 3)将冷、热气流完全隔离。在单独的设备间里,机柜面对面摆放后实现冷通道封闭(防止冷气短路),所有机柜均配有盲板,以减少冷、热气流混合,最大限度地提高冷量的利用效率。还有非常重要的一点是,封闭冷通道后,空调系统的回风温度可提高至 26~28℃左右(传统机房的回风温度只有 24℃),有效减少了空调系统的运行能耗。

4 空调水系统

4.1 冷水系统

空调冷水采用一级泵变流量两管制系统,设置双环路,在每个节点两端设置阀门,有效控制供回水总管间的压差,水系统设计保证单点故障或单点维护时不影响整个水系统的运行。同时,冷水系统水源采用两路独立水源+补水池的方式保障,按 10 h 的冷却水补水量配置补水池容量,有效保证了空调冷水系统的不间断运行。

为防止机房内空调冷水管、冷凝水管及加湿水管漏水进入主设备区,同时最大限度地提高机房的利用率,该数据中心主机房靠外墙侧全部用隔墙将空调区和机房区分开,并在空调区地面上均匀排布若干排水口,以保证漏水能及

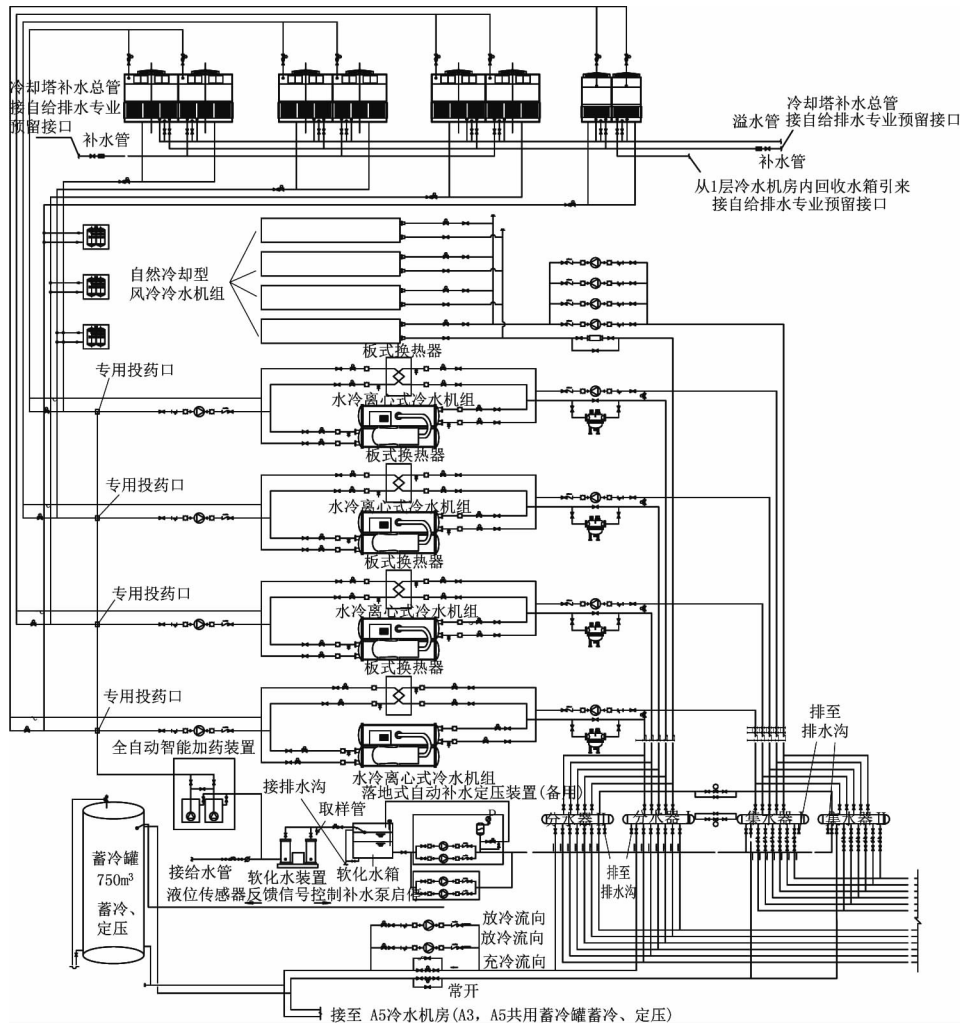


图 1 系统流程图

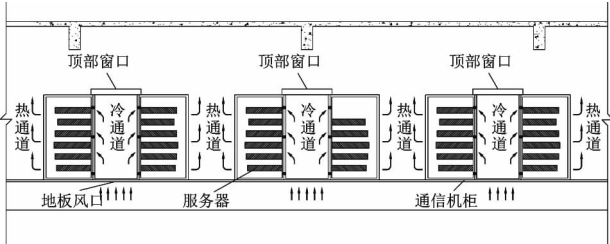


图 2 主机房气流组织示意图

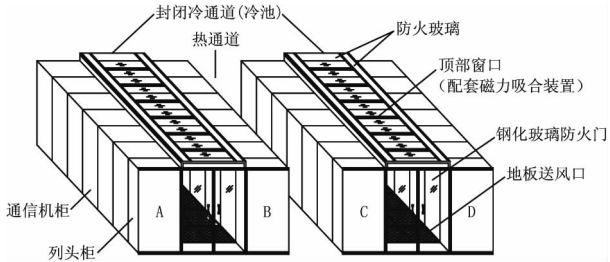


图 3 封闭冷通道示意图

时排出,确保主机房设备的安全运行。空调末端循环水回水管均设置电动两通调节阀,配合通信机房内温控器调节

进入空调末端的循环水量。

4.2 冷却水系统

空调冷却水系统采用钢制低噪声逆流开式冷却塔,经冷水机组升温至 37℃ 的冷却水被送至冷却塔进行冷却,水温降至 32℃ 后,经水过滤器、冷却水泵加压再返回冷水机组。冷却塔存水盘之间设有独立接口和带关断阀的连通道,屋面还预留有补水管及补水计量装置。考虑到内蒙古干燥多尘的环境和冬季室外极低的气温,冷却塔配置了全自动砂过滤器和水盘电伴热装置,室外冷却水管同时配置电伴热设施进行防冻处理,冷却水管路还设置了冷却水加药处理装置以保证冷却水水质。

4.3 水蓄冷系统

由于大型数据中心功能的重要性和特殊性,本工程冷水系统中配置了一个 750 m³ 的蓄冷水罐(和另一幢数据中心共用),用以解决市电中断、柴油发电机启动至冷水机组恢复运行这段时间的空调系统供冷(此时蓄冷罐放冷泵、部分空调末端风机用电由 UPS 保障),从而保证了空调系统与通信设备不间断地同步运行。蓄冷水罐采用开式系统,

系统风道位于建筑外立面,风道采用 3 mm 厚铝单板,60 mm×60 mm×5 mm 方钢管龙骨,铝板采用氟碳喷涂防腐,龙骨作热浸镀锌处理。屋顶上风管采用 1.2 mm 厚镀锌钢板制作。外立面风道底部冷凝水管设电伴热保温。实体效果如图 8 所示。



图8 风道智能换热系统建筑外立面效果图

风道智能换热系统可根据数据中心通信设备分期安装特点、设备负荷的实时变化及环境气候带来的季节差异,通过合理开启或关闭主机及充分利用内蒙古春秋季节和冬季较低的室外气温,由冷却塔及板式换热器提供冷源,组合出多

种供冷运行模式,从而减少冷水机组的开启时间,有效降低机房的能源消耗。在降低数据中心运营成本的同时,也充分体现绿色建筑的理念,很好地贯彻国家节能减排的相关政策。系统具体运行模式如下:

模式 1:板式换热器换热(制冷)(室外环境温度 $t \leq -26\text{ }^{\circ}\text{C}$);

模式 2:风道智能换热+板式换热器换热(风道换热和板式换热器换热互为补充)($-26\text{ }^{\circ}\text{C} < t \leq -10\text{ }^{\circ}\text{C}$);

模式 3:风道智能换热+板式换热器换热(风道换热为辅,板式换热器换热为主)($-10\text{ }^{\circ}\text{C} < t \leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$);

模式 4:风道智能换热+冷水机组制冷(风冷+水冷)($10\text{ }^{\circ}\text{C} < t \leq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$);

模式 5:冷水机组制冷(风冷+水冷)($t > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

风道智能换热系统节能分析汇总见表 3。

表 3 风道智能换热系统节能分析汇总

运行工况	运行条件	全年运行时间/h	节省费用/万元
风道智能换热+板式换热器换热(风道换热和板式换热器换热互为补充)	$-26\text{ }^{\circ}\text{C} < t \leq -10\text{ }^{\circ}\text{C}$	1 207	42.57
风道智能换热+板式换热器换热(风道换热为辅,板式换热器换热为主)	$-10\text{ }^{\circ}\text{C} < t \leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$	3 623	100.93
风道智能换热+冷水机组制冷(风冷+水冷)	$10\text{ }^{\circ}\text{C} < t \leq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	2 263	48.80
冷水机组制冷(风冷+水冷)	$t > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	1 667	0.00
合计		8 760	192.29
风道智能换热系统初投资/万元	900.00		
静态投资回收期/a	4.68		

6 结语

自然冷却技术作为日益成熟的节能技术得到了广泛应用,本设计通过 CFD(计算流体力学)的仿真模拟和实验测试,对新型自然冷却通风系统进行研究分析,针对严寒、寒冷地区优越的自然条件,充分利用自然冷源,采用风道智能换热这一实用新型节能技术,为大型数据中心制冷系统、动力系统绿色节能运行提供设计依据。

参考文献:

- [1] 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
- [2] 中国建筑科学研究院, 中国建筑业协会建筑节能专业委员会. GB 50189—2005 公共建筑节能设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005
- [3] 夏春华, 孙国林, 牛晓然, 等. 严寒沙尘地区通信机房新型自然冷却通风系统研究[J]. 暖通空调, 2013, 43(10): 8—17