

# 太原某数据机房空调系统设计与节能分析

吴玮华

(中信建筑设计研究总院有限公司, 武汉 430014)

**摘要:** 介绍了太原某数据机房空调系统设计,分析了相关的节能方法与手段。对使用常规冷水机组和带自然冷源的风冷冷水机组两种情况进行了能耗对比分析,得出节能率指标和节电费,为北方地区数据机房空调系统的节能设计提供了参考和依据。

**关键词:** 数据机房; 空调系统; 节能; 自然冷却; 备用

**中图分类号:** TU83      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1673-7237(2017)05-0020-02

## Air Conditioning System Design and Energy Saving Analysis for a Data Room in Taiyuan

WU Wei-hua

(CITIC General Institute of Architectural Design and Research Co., Ltd, Wuhan 430014, China)

**Abstract:** The air conditioning system of a data room in Taiyuan is introduced on the corresponding energy saving methods and measures. The energy consumption is compared between the conventional chiller plant and the air-cooled chiller plant with natural cold source to get the energy saving rate and electricity charge, provide a reference for energy saving design of air conditioning system for data rooms in northern region.

**Keywords:** data room; air conditioning system; energy saving; natural cooling; back-up

## 0 引言

近年来,随着我国互联网、云计算和大数据产业的高速发展,数据机房产业进入了大规模的规划建设阶段,数据机房的高能耗特点也已成为社会关注的焦点,因此如何建造高能效的数据机房对于节能降耗具有重大意义。

本文通过对太原某数据机房的空调系统设计进行分析,为数据机房空调系统的节能设计与改造提供参考和依据。

## 1 工程概况

该数据机房位于太原市,机房建筑面积约6 630 m<sup>2</sup>。该项目的设备散热量为2 580 kW,加上围护结构及新风冷负荷后,整个机房冷负荷约为2 810 kW。

## 2 设计参数及空调方案分析

### 2.1 数据机房室内设计参数

按照我国现行规范 GB50174—2008《电子信息系统机房设计规范》,数据机房根据机房的使用性质、管理要求及其在经济和社会中的重要性划分为 A、B、C

三级。本项目的数据机房为 A 级,室内环境要求参数为:温度(23±1)℃,相对湿度 40%~55%,新风量每人 40 m<sup>3</sup>/h<sup>[1]</sup>。

### 2.2 数据机房空调系统特点

数据机房负荷的重要特点是室内显热冷负荷很大,潜热及湿负荷很小,整年不间断运行,常年制冷。数据机房内的设备散热量高度集中,分布不均匀,因此需采用大送风量、小送风焓差的空调系统,大送风量确保设备散热量能迅速排出,而小送风焓差则是为了避免机柜结露。

### 2.3 空调方案分析

数据机房一般有以下两种基本空调形式:直接膨胀式风冷机房空调系统、冷水型机房空调系统。

直接膨胀式风冷机房空调系统主要应用于小型数据机房,适应性强,运行维护费用低。但是其噪声和热量对周围环境影响很大;室外机由于长期与空气接触,冷凝器翅片很容易积灰,降低换热效率;在严寒地区,冷凝温度过低,运行困难;空调机组能效比低于水冷型;制冷剂管路不能太长,室内外机高程差不能

收稿日期:2016-08-09; 修回日期:2016-09-12

太大;供电系统出现故障时,无法完成延时供冷,不利于对信息设备的保护<sup>[2]</sup>。冷水型机房空调系统适用于大型新建数据机房,冷水机组的 COP 及 IPLV 均比较高,节能效果显著。

由于该数据机房对安全性和稳定性要求非常高,因此采用了双冷源冷水型机房空调系统,制冷主机设置备用主机。冷源采用 2 台离心式冷水机组和 1 台带自然冷源的风冷冷水机组。夏季以水冷机组为主,风冷机组备用,过渡季互为备用,冬季优先采用干冷器制冷,冷却塔自然冷却作为备用。空调主供、回水管采用环状管网,通过支管接至各层的专用空调室内机内。

该工程空调系统采用上回风、下送风的气流组织形式,架空地板高度为 50 cm,经空调机组处理过的冷空气从空调机组底部送到架空层静压箱,冷空气通过地面送风口进入机房内冷却机柜后经过机房上部空间回到空调机组内,冷却处理后重新送入架空层静压箱。该送风方式气流均匀稳定,保证了较高的换气效率。机柜以面对面、背对背的摆放方式,形成了相对隔离的冷热通道,该方式减少了冷热气流的短路影响,避免了冷热气流的掺混,实现了精准送风,提高冷空气的利用效率。

#### 2.4 各季节空调工况切换分析

冷源考虑 M + 1 配置,为实现自然冷却,冷却塔配板式换热器,风冷式机组并联配干冷器。为实现干冷器的防冻保护,风冷式冷水机组配置了乙二醇循环泵和乙二醇-水板式换热器,配三通阀旁通,控制冷冻水温满足出水温度 12 ℃,干冷器整体带防风阀,风冷机组自带防冻电伴热保护措施。

夏季屏蔽干冷器,冷水机组运行;当室外温度低于冷冻水回水温度 2 ℃或以上时,板式换热器电动两通阀关闭,冷冻水全部流经乙二醇-水板式换热器进行制冷循环,运行干冷器,乙二醇泵和干冷器风扇开启,依靠室外空气冷却冷冻水回水,逐渐降低压缩机做工。当室外温度低于冷冻水供水温度 5 ℃或以上时,达到完全自然冷却,冷水机组压缩机停止运行,干冷器全力制冷。

当制冷量 > 需求量(冷冻水回水温度 = 15 ℃)时,干冷器冷却风扇(变频)逐渐关闭。随着室外温度的进一步降低(冷冻水回水温度 < 15 ℃),调节水路三通阀开度,一部分旁通至冷水机组蒸发器,但不得低于防结冰最小流量;此时,乙二醇泵变频运行。干冷器的防风阀全部关闭(整个干冷器形成一个封闭的换热器)。室外温度再降低,当冷冻水回水温度低于 12 ℃时,干冷器系统停止运行。此时开启干冷器入口

处电加热系统,防止水管冻结。

干冷器内介质为 35%乙二醇溶液,满足极端最低温度 -22.7 ℃的要求,乙二醇-水板式换热器的冷冻水侧设置了电动两通阀旁通。冬季为保证室外水管温度维持在 0 ℃以上,除在管道设电伴热外,管道加 100 mm 厚聚苯板保温,外加防潮保护。

#### 3 空调系统安全保障

为了实现数据机房全年不间断供冷,该项目对机房空调进行了制冷主机及末端设备冗余设计,以保证空调系统的稳定运行,防止由于空调系统故障导致数据机房过热,信息设备宕机。

##### 3.1 制冷主机冗余

(1) 空调系统冷源设计按照 M + 1 冗余原则设置,空调供回水管道均设置环线,确保当一条管线出现故障时,空调系统仍然可以正常运行。

(2) 冷却水补水设置 180 m<sup>3</sup> 的补水池,保证当市政供水出现故障时,能及时补充冷却水。

##### 3.2 末端设备冗余

(1) 机房内末端设备按照 N + 1 冗余原则设置,在任何情况下,都有 1 台备用机组能替换故障机组,保证了系统的安全性和可靠性,同时可以使各台末端设备适当轮休,延长使用寿命。

(2) 机房空调设置双回路供电,降低了因供电系统故障导致机房空调失效的可能性。

##### 3.3 意外停电时空调系统的延时运行

在电力系统发生停电故障时,为保证信息设备的安全,该项目给冷冻水循环水泵提供不间断电源(UPS),并设置 2 台蓄冷罐,在电力故障和冷水机组重启期间,可以提供 15 ~ 20 min 的冷冻水。

#### 4 节能措施

由于数据机房内负荷的主要特点是热湿比高,因此本项目空调冷水供回水温度由 7 ℃/12 ℃提高到 12 ℃/18 ℃,冷水温度的提高,使冷水机组的 COP 值可以更高,系统节能性更好。系统的湿负荷全部由新风系统承担,机房内的末端设备不产生冷凝水,提高了数据机房的安全性。

该项目位于寒冷地区,极端最低温度 -22.7 ℃,极端最高温度 37.4 ℃。室外干球温度低于 7 ℃为 3 409 h,占全年 38.9%时间,可以采用完全自然冷却;室外干球温度介于 7 ~ 16 ℃为 1 990 h,占全年 22.7%时间,可以采用部分自然冷却;室外干球温度大于等于 16 ℃为 3 361 h,占全年 38.4%时间,可以采用冷水机组全部制冷。利用配套的自然冷却设备(干冷器)对空调系统提供冷量,减少冷水机组压缩机制冷时间,达到节能的目的。(下转第 36 页)

- conditions [C]//Circuits and Systems. ( CWCAS ) ,2012 IEEE 4th Colombian Workshop on Barranquilla 2012: 1 - 6.
- [8] H. Rauschenbach. Electrical output of shadowed solar arrays [J]. IEEE Transactions Electron Devices ,1971 ,18( 8) : 483 - 490.
- [9] J. Bishop. Computer simulation of the effect of electrical mismatches in photovoltaic cell interconnection circuits [J]. Solar Cells ,1988 ,25: 73 - 89.
- [10] V. Quaschnig R. Hanitsch. Numerical simulation of photovoltaic generators with shaded cells [J]. Proceedings of the 30th Universities Power Engineering Conference ,Greenwich ,1995: 583 - 586.
- [11] A. Kovach J. Schmid. Determination of energy output losses due to shading of building - integrated photovoltaic arrays using a raytracing technique [J]. Solar Energy ,1996 ,57( 2) : 117 - 124.
- [12] H. Nagayoshi ,M. Atesh. Partial shading effect emulation using multi small scale module simulator units [C]//Photovoltaic Specialists Conference , 2005. Conference Record of the Thirty - first IEEE ,2005: 1710 - 1713.
- [13] R. Pinkerton. Solar array string characteristics in strange places [C]//Energy Conversion Engineering Conference and Exhibit ,2000. ( IECEC) 35th Intersociety ,2000: 681 - 691.
- [14] D. King ,J. Dudley ,W. Boyson. PVSIM: a simulation program for photovoltaic cells ,modules and arrays [C]//Photovoltaic Specialists Conference ,Conference Record of the Twenty Fifth IEEE ,1996: 1295 - 1297.
- [15] N. Kaushika ,N. Gautam. Energy yield simulations of interconnected

- solar PV arrays [J]. Energy Conversion ,IEEE Transactions 2003 ,18( 1) : 127 - 134.
- [16] Villalva M G ,Gazoli J R ,et al. Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays [J]. Power Electronics ,IEEE Transactions 2009 ,24( 5) : 1198 - 1208.
- [17] UL Standard for Safety for Flat - Plate Photovoltaic Modules and Panels [S]. UL 1703 Third Edition 2002.
- [18] Katherine A. Kim ,Philip T. Krein. Photovoltaic Hot Spot Analysis for Cells with Various Reverse - Bias Characteristics Through Electrical and Thermal Simulation [C]//Control and Modeling for Power Electronics ( COMPEL) 2013 IEEE 14th Workshop on.
- [19] Ishaque K ,Salam Z ,et al. Modeling and simulation of photovoltaic ( PV) system during partial shading based on a two - diode model [J]. Simulation Modeling Practice and Theory ,2011 ,19( 7) : 1613 - 1626.
- [20] 章熙民,等. 传热学 [M]. 第 5 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.

作者简介: 秦琪伟( 1991) ,男,江苏人,硕士研究生,研究方向: 建筑节能及可再生能源利用( qinqiwei11@gmail.com) 。

指导教师( 通讯作者): 许鹏,男,教授,博士生导师,主要研究方向为建筑节能诊断( xupengwb@gmail.com) 。

( 上接第 21 页)

针对全部使用制冷主机制冷和根据室外环境条件相应使用自然冷却两种运行情况,计算该数据机房采用自然冷却的年节能量。由于数据机房对室外温湿度外扰波动要求比较严格,保温隔热效果普遍较好,因此在理论计算过程中,不考虑室内负荷随时间和不同季节变换时围护结构的降温。

第一种情况下,额定冷负荷为 2 810 kW,选用主机相应的制冷总功率为 802 kW,全年总耗电量为  $802 \times 8\ 760 = 7\ 025\ 520\ \text{kW} \cdot \text{h}$ 。第二种情况下,当室外温度低于 7 °C 时,全部采用自然冷却状态下的额定功率为 134 kW; 当室外温度大于等于 16 °C 时全部采用冷水机组制冷,非自然冷却状态下的额定功率为 805 kW; 当室外温度处于 7 ~ 16 °C 之间,冷水机组处于部分自然冷却工况,假定其功率消耗与室外温度的变化呈线性关系<sup>[3]</sup>,在该温度范围内,冷水机组的平均额定功率可近似为  $(805 + 134) \div 2 = 469.5\ \text{kW}$ 。全年耗电量为  $134 \times 3\ 409 + 469.5 \times 1\ 990 + 805 \times 3\ 361 = 4\ 096\ 716\ \text{kW} \cdot \text{h}$ , 相比第一种情况,节电量为 2 928 804 kW·h,节能率为 41.7%,按照峰谷电价平均 0.7 元/kW·h 计算,每年可节约运行费用 205 万元。

## 5 结论

近些年,大型数据机房迅猛发展,机柜密度不断

提高,机柜功率持续增大,机房空调系统也在随之不断优化发展,如今大中型数据机房大部分都采用了冷水型机房空调系统,甚至还有采用机柜级和元件级数据机房冷却方案。

随着数据中心和服务器的不断发展,对机房空调的节能降耗也提出了更高的要求。目前主要应用的技术有提高空调供回水水温,合理利用自然冷源,采用变频冷水机组及变频水泵,采用合理的气流组织形式及设备布置方式等。另外,合理利用可再生能源,如太阳能、风能;采用余热回收装置,给数据机房配套用房提供生活热水,建设绿色低碳的数据机房也是未来几年的发展趋势。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国工业和信息化部. GB50174—2008, 电子信息系统机房设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.
- [2] 范强. 大型数据机房空调系统设计 [J]. 暖通空调 ,2013 ,43( 2) : 33 - 36.
- [3] 吴晓晖. 自然冷却技术在国内外数据中心的应用及节能分析 [J]. 智能建筑与城市信息 ,2014 ,4( 2) : 39 - 42.

作者简介: 吴玮华( 1985) ,男,湖北应城人,毕业于哈尔滨工业大学,供热供燃气通风及空调工程专业,硕士,工程师,研究方向: 暖通空调设计、建筑节能( wuw55@163.com) 。