

数据中心工程中暖通系统的节能措施探讨

任晓峰 张行飞 黄兴 王磊 纳斯嘎
中国邮政储蓄银行 北京 100161

摘要: 现如今,随着中国经济的迅速崛起,区块链、人工智能、物联网、5G等新技术的普及应用,全社会数据总量呈爆炸式增长,对数据中心规模、算力等提出高的要求,与之伴随的则是能源消耗的持续攀升。另一方面,为满足国家绿色低碳数据中心之路,对新建、改扩建数据中心PUE提出明确要求。与传统高耗能行业逐步进入平稳发展期相比,数据中心作为承载数据的核心基础设施和新兴产业,其已成为新型基础设施节能降耗的最关键环节。本文通过对数据中心节能技术特点进行分析,讨论了相关技术在绿色数据中心建设、老旧数据中心改造中的合理应用。

关键词: 数据中心;节能技术;技术应用

引言: 数据中心机房的设备全天24小时不间断工作,能耗主要由IT设备能耗、制冷系统能耗、电源系统能耗三部分构成。IT设备能耗约占数据中心能耗的50%,制冷系统能耗在数据中心总能耗中排第二位,约占40%,电源系统能耗约占数据中心能耗的10%。因此,降低制冷系统的能耗是提高数据中心能源利用效率的最直接和最有效措施。为此,本文通过对数据中心节能技术的分析,探讨各项技术的合理应用。

1 应用暖通节能技术的重要性

为满足绿色数据中的建设需求,在数据中心新建、改扩建调研阶段,需对暖通空调系统设计方案、节能技术进行详细论证,确保安全运行的同时,以节能减排为发展目标,提高数据中心PUE管理水平,达到节能减排的目的。

2 暖通节能技术介绍

各类节能技术的选择,应综合考虑地域环境、气候特点、IT设备散热量、室内温湿度环境等,通过不同节能措施和技术的组合,选用不同的节能方案。如新建数据中心,根据气候特点选择蒸发冷却技术和充分利用自然冷源,根据室内温湿度要求提高室内设计温度等,而老旧数据中心一般采用风冷直膨精密空调,可选择氟泵技术、变频压缩机、改善气流组织等。

3 数据中心暖通系统节能措施

3.1 蒸发冷却技术

空气温度参数分为干球温度、湿球温度、露点温度。当空气经过加湿后,可吸收水蒸气降温,达到其湿球温度。蒸发冷却机组就是利用其原理对室外空气进行处理,达到降温效果。

在西北地区,室外空气相对湿度较小,可充分利用其蒸发冷却降温原理,降低室外空气温度,并对空气进

行过滤处理,送入室内达到降温需求。据统计,我国西北部城市因使用蒸发冷却空调系统其用电量减少了30%左右。所以在各种空调系统当中都可以利用蒸发冷却作为节能措施,以此作为评价建筑的一项指标。

因蒸发冷却机组受地域限制较大,为进一步扩大改技术的适用范围,可采用蒸发冷却技术与压缩机相结合的方式,当空气要求不满足蒸发冷却时,压缩机开启补充制冷。

蒸发冷却技术采用空气作为降温载体,因为空气比容较小,与同等规模其他系统相比,占地面积较大。在设计或老旧设备更新时,需综合考虑园区面积、机房楼层高度等。

3.2 提高室内送风温度

冷水机组标准的冷冻水供回水温度为7/12℃,该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,除湿和加湿过程都是消耗能量的过程。

根据《数据中心设计规范》,主机房湿度的参数设计如下:冷通道或机柜进风区域为18~27℃,露点温度宜为5.5~15℃,相对湿度不宜大于60%。空调送风温度提高1℃,能效提高约2~3%。因此,在满足IT设备运行的同时,可尽量上调温度,进而能够从某种程度上提升冷冻水系统的供水温度,如将冷冻水供回水温度调整为15/21℃,既能够让冷机的COP值得到大幅度上升,又使自然冷却下的室外温度设定点提升,使自然冷却的时间延长,达到了节能目的。但针对老旧机房,在提供送风温度时,需结合以下因素进行调整,以确保安全运行:

(1) IT服务器的使用环境:老旧数据中心中IT服务器年代久远,温度要求严格,需合理提高送风温度,否则

会导致设备报警频繁。

(2) 机房地板下送风环境：老旧数据中心中，综合布线若管理不善，地板下存在电缆、管线较多情况，气流影响较大。

(3) 风冷精密空调的连续制冷能力：老旧数据中心一般采用风冷精密空调，存在压缩机和风机无连续制冷的情况，若采用高送风温度，将进一步缩短故障响应时间。

3.3 充分利用自然冷源

由于数据中心的运行时间为全年不间断运行，所以要求空调系统全年运行，但是在北方地区，过渡季及冬季室外空气可以作为天然冷源加以利用，从而极大地降低机械制冷系统的运行时间及费用。可利用的部分自然冷却和完全自然冷却的时间越长，全年平均的PUE值就越低，意味着越节能。对于采用冷却塔供冷的系统来说，当室外湿球温度降低到某一值时，使得冷却水供水温度低于冷冻水回水温度2℃时，便开始启动部分自然冷却模式，冷冻水回水经板换另一侧的冷却水冷却降温后再进入制冷机组，相当于降低了冷机的负载率，从而降低了冷机的压缩机功率，达到节能的目的^[1]。

老旧数据中心一般采用风冷精密空调，室外机多安装在楼顶，而开式冷却塔也安装在楼顶且重量大，在改造过程中，需考虑楼顶承重和可用面积。

3.4 节能设备

数据中心温度设计是以满足夏季最大温差进行设计，另外考虑到IT设备装机时间、设备的负载率，全年绝大部分时间空调系统并不是运行在全负荷状态。因此采用变频设备，不仅满足部分负荷时的运行要求，而且具有显著节能效果。

3.4.1 冷水机组

在冷水机组的应用中，磁悬浮冷水机组已日渐成熟。无油离心式磁悬浮压缩机是一种完全不需要润滑油的压缩机，轴承并非是机械轴承而是磁悬浮轴承，利用磁铁“异性相斥”的原理，轴承内径与轴的外径同极，使得轴承的内径与轴相互之间不接触。电动机、驱动轴以及离心叶轮都由磁悬浮轴承托起，处于没有直接接触的悬浮状态，消除了机械摩擦。因此，与传统冷冻水机组相比，磁悬浮离心式冷水机组在部分负荷时能进一步提高运行效率。该机组具有以下特点：

(1) 节能效果显著：磁悬浮冷水机组的能效比优于其他制冷设备，所以节能效果明显。

(2) 日常维护费用低：磁悬浮机组系统运动部件少，没有复杂的油路系统、油冷却系统油过滤器等，无需每年

清洗主机，只需要做蒸发、冷凝器水垢处理清洗。

(3) 运行噪音与振动低：磁悬浮机组没有机械摩擦，具有气垫阻隔震动，机组产生的噪音和振动极低，压缩机噪音低，无需减震垫或弹簧减震器和隔音机房。

(4) 启动电流低：常规大螺杆机组的配用电机大，在启动的瞬间会产生的高冲击电流，波及电网的稳定，因此在电网设计时必须要考虑防护措施。而磁悬浮机组的启动过程利用压缩机变频软启动的方式，启动电流小于满载运行电流，对电网的冲击低，电网设计不必进行专门的防护考虑。

(5) 抗喘振：压缩机控制模块中提供了压缩机安全运行的控制曲线，通过实时监测压缩机的运行状态，计算判断后对转速进行及时调整，确保压缩机始终运行在安全区域内。

3.4.2 变频水泵

冷冻水泵选用变频泵，其频率由末端最不利环路的压差控制，当末端负荷减小时，水泵频率相应减小。在部分负荷时，采用变频泵时，可减少能耗50%~60%，极大地降低了设备能耗从而节省水泵耗电。

3.4.3 冷却塔变频风机

冷却塔设置变频措施，优先通过调节风机频率，控制冷却水供水温度达到制冷单元在制冷模式、部分自然冷却模式、自然冷却模式的要求。当风机频率达到30HZ时（可调），通过冷却水温度旁通阀控制冷却水供水温度，保证制冷单元的稳定性及节能性。

3.4.4 EC风机

末端空调的风机设置为EC风机，风机频率根据架空地板内静压或回风温度控制。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]。

3.5 采用“氟泵技术”的氟泵双循环空调系统

在风冷直膨机房精密空调中，采用氟泵双循环空调系统。该空调三种制冷模式自动切换运行，各切换温度值可设，保证机房空调全年安全可靠运行。

(1) 夏季压缩机制冷模式运行，一般运行区间为25℃以上；

(2) 过渡季节系统自动切换为压缩机+氟泵混合模式运行，一般运行区间为5~25℃；

(3) 冬季氟泵制冷模式运行，一般运行区间为5℃以下。

混合模式节能原理：当室外温度降低到混合模式开

启点时,系统自动切换为压缩机和氟泵混合制冷模式运行。此时,室外风冷冷凝器最大化冷却,降低压缩机的功耗,加上氟泵的辅助提升来保证制冷剂介质在制冷系统中的正常循环流动。

氟泵模式节能原理:当室外温度降低到氟泵开启点时,压缩机停止工作,只开启氟泵进行节能制冷循环。由于氟泵的功率在1kw以下,远低于压缩机的功率,具有显著的节能效果。

3.6 风冷精密空调室外机水预冷改造

风冷直膨机房空调冷凝器水预冷改造,是指风冷型机房空调在冷凝器之后串联一台壳管式水冷冷凝器,冷却水由冷却塔提供,由循环泵实现水冷冷凝器和冷却塔之间的循环。

通过改造,在室外冷凝进风温度、冷凝风量不变的情况下,降低空调系统的冷凝压力和压缩机电流。在具体实施项目中,应根据现场情况,计算配备不同的水冷冷凝器,同时因增加了冷却塔设备,需进一步考虑楼顶

承重、噪音等问题。

4 结语

暖通空调系统是数据中心的主要能耗设备。因此无论是新建数据中心,还是改扩建数据中心,在暖通系统设计中需结合实际情况,做好科学设计,综合利用各种节能技术,积极采用节能设备,以降低暖通系统能耗。暖通系统是数据中心耗电大户,同样也是可以优化数据中心节能的关键。

参考文献

- [1]王韬.江西某云数据中心暖通空调设计及节能技术应用[J].制冷与空调(四川),2018,32(2):207-209.
- [2]张泉,李震.数据中心节能技术与应用[J].北京:机械工业出版社,2018.
- [3]朱慧宾.探索数据中心空调系统的节能[J].智能建筑电气技术,2014,(4):37-41,49.
- [4]王大晓,陈奕欣.数据中心机房制冷系统应急措施的研究[J].暖通空调,2020,46(10):33-37.