

数据中心节能制冷方式浅析

彭精立, 陈树旺

(厦门工学院)

【摘要】数据中心全年都要控制温度及湿度,以保证IT设备的正常运行,这需要时时进行空气参数的监控与调节,这也是数据中心耗能居高不下的主要原因。文章主要对我国夏热冬暖地区数据中心制冷方式适用性进行分析总结,为夏热冬暖地区数据中心制冷系统设计提供参考。

【关键词】数据中心;制冷方式;自然冷却;冷却塔

【基金项目】福建省中青年教师教育科研项目(科技类),项目编号:JAT190957

中图分类号: TU855

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2022.07.044

Analysis of Energy-saving Refrigeration Mode in Data Center

PENG Jing-li, CHEN Shu-wang

(Xiamen Institute of Technology)

【Abstract】Data centers need to control the temperature and humidity throughout the year to ensure the normal operation of IT equipment, and it is necessary to monitor and adjust air parameters from time to time, which is one of the main reasons for the high energy consumption of data centers. This paper mainly analyzes and summarizes the applicability of data center cooling methods in hot summer and warm winter areas in China, and provides a reference for the design of data center cooling systems for data centers in hot summer and warm winter areas.

【Keywords】data center; cooling mode; free cooling; cooling tower

1 引言

人工智能、5G、大数据等信息产业不断推进,数据中心得到空前发展。随着数据中心数量的不断增加,其耗电量引起业内人士的高度关注。2019年,我国数据中心年耗电量为600亿kW·h~700亿kW·h,而且还以每年约10%的速度增长,预计2030年,我国数据中心的总规模将是2019年的2~3倍,占全社会用电量的1.5%~2.0%^[1]。目前,全球能源问题日趋严重,绿色清洁能源利用及降低碳排放成为目前的重要课题。为减少碳排放,达到“碳达峰”、“碳中和”目标,降低数据中心能耗尤为重要。

数据中心耗电量最大的为IT设备,降低IT设备的能耗,就牺牲了数据中心的核作用,因此降耗不考虑IT设备。耗能的第2大户为空调系统,约占30%-50%^[2],即数据中心减能降耗重要途径是降低冷却系统的能耗^[3]。

2 数据中心自然冷源制冷方式

随着发热密度高的大型数据中心的出现,单使用常规制冷方式,虽能满足制冷需求,但存在室外机布置集中、形成热岛,夏季存在高压告警等风险,严重时将引起宕机、能耗居高不下等诸多问题,不能满

足相关要求^[2]。因此,自然冷源利用受到高度关注。

随着芯片技术的不断发展,数据中心IT设备对环境的要求不断变化。ASHRAE TC 9.9分别在2008年、2011年和2015年更新了《数据处理环境热指南》^[4-6],持续扩大进风状态参数的推荐范围。对ASHRAE TC 9.9三次数据中心环境参数推荐值更新对比分析得出,推荐范围的扩大将使自然冷源在越来越多的地区、在更长的时间范围内对数据中心进行制冷^[7],提高自然冷源利用率。

2.1 空气侧自然冷却

自然冷源制冷不再通过常规空调系统中的制冷机组生产低温冷媒对数据中心进行降温,可显著降低数据中心空调系统能耗,其节能效果已在欧洲、美国、中国、日本等多个国家和地区得到证明^[8-9]。目前,数据中心冷却系统节能的自然冷源冷却方式主要有空气侧和水侧两大类,其中空气侧又分为直接空气冷却和间接空气冷却;水侧分为直接水冷却和间接水冷却。

顾小杰等对我国多个地区采用空气侧直接自然冷却空调性能的研究表明,其节能效果明显^[11],但是需要重点考虑当地空气质量和含湿量,高的含湿量

影响数据中心室内湿度,污染物浓度超标将损害IT设备,影响其使用可靠性及寿命等。因此在使用直接空气侧自然冷却技术时,要考虑空气质量等因素,在保证IT设备不被损害的前提下,达到节能降耗的目的。

空气侧直接冷却方式中的直接蒸发冷却空调技术是通过水分蒸发吸热降低周围空气的温度制冷的技术。因其绿色、环保、经济等优点,在我国宁夏、东北等干燥地区的节能效果明显,可达80%以上^[12-13]。直接蒸发冷却技术需要增加空气含湿量,洁净度受到影响,因此在使用时受到地区限制明显,主要在干燥地区使用。

空气侧间接自然冷却通过空气—空气换热器,利用室外冷空气冷却数据中心的热回风,可以有效避免室外空气对室内环境及IT设备的影响。文献^[14]中详细介绍了已投入使用的、节能效果良好的板式间接蒸发冷、管式间接蒸发冷却、板管式间接蒸发冷却空调机组在国内外数据中心的应用。空气侧间接自然冷却相较空气侧直接自然冷却系统中,因应用空气—空气换热器,换热阻力增加,在室外温度较高时,不辅助机械制冷,需要足够大的换热面积才能达到制冷效果。

空气侧间接冷却方式中热管自然冷却技术对室内空气湿度和空气质量没有影响,通过相变传热,高度利用自然冷源。热管自然冷却系统的分离式、复合式、蓄冷式等方式在国内外得到应用研究,研究表明,节能效果各不相同,但节能明显^[2]。

2.2 水侧自然冷源制冷方式

水侧自然冷却系统的冷却介质是水,主要方式为直接利用地表水作为冷源和冷却塔自然冷却。目前,已有数据中心利用湖水作为自然冷源循环降温,节能效果显著,并且能在生态友好的前提下安全运行^[15]。利用水侧自然冷却系统需要考虑自然条件及环境保护等因素,大量应用还需进一步研究。冷却塔自然冷却分多种形式,在文献^[16]中详细介绍其适用性和优缺点。自然冷源的利用受室外环境的影响较大,在选择使用自然冷源时,需要根据当地的气候特点及地理环境合理选择。

随着数据中心中IT功率密度的不断提高,对制冷的要求也随之增加。国内外学者在数据中心节能方面已经进行了大量研究,得出多种数据中心节能降耗的方式方法。学者们大多突出某种制冷方式以

个别数据中心的数据作为研究成果,得到的结论值得参考,但是缺乏普遍性。

3 自然冷源制冷方式在我国夏热冬暖地区适用性

本文针对自然冷却对我国夏热冬暖地区制冷方面节能效果进行分析。我国夏热冬暖地区地处华南沿海地区,空气湿度大,单独使用空气侧直接冷却系统在含湿量较高的地区,需要辅助设备降低含湿量,并且需要不同程度的过滤,节能效果不理想,在空气质量达标的情况下,肖新文通过数学建模分析出当量自然冷却时间及相应的制冷时间占比,得出在夏热冬暖的厦门地区,年当量完全自然冷却时间为3446h,不宜单独全年使用^[17]。空气侧间接冷却系统,不需要过滤部分,相对节能,但在回风温度低且高湿工况下单独使用仍然受到限制。空气侧自然冷却系统在特定的室外参数情况下(室外空气位于露点温度5.5℃及露点温度15℃的等含湿量线、27℃等干球温度线及100%等相对湿度线包围区域内^[17]),不需要机械制冷为数据中心制冷,此情况在我国湿热的福州地区,全年可达四千多小时,空气侧自然冷却系统与机械制冷组合使用,减少机械制冷时间,达到节能目的^[18-19]。目前,大多数直接(间)蒸发冷却的空气侧自然制冷方式的节能效果缺少对用水量的考虑,水消耗引发电能利用效率PUE。综合考虑电能利用效率和水利用效率问题,才能设计真正节能高效的数据中心制冷系统。

水侧直接水冷却方式的节能效果在东江湖数据中心、阿里巴巴千岛湖数据中心得到验证^[20],但在我国华南地区的应用还有待验证。

水侧自然冷却的冷却塔制冷,在夏热冬暖地区,因为室外温度全年较高,免费供冷和部分免费供冷方式的时间只有几十个小时,因此单独使用水侧自然冷却模式,其节能效果不理想。文献^[21]通过理论建模仿真同样证实冷却塔+板换间接式自然供冷系统形式,全年需要机械供冷时长为7973h,不适用于夏热冬暖地区。

我国夏热冬暖地区全年使用免费的制冷方式是不现实的,需要自然冷却与机械制冷结合的复合冷源制冷方式。复合冷源制冷并不是两个系统相互独立的简单叠加,增加阀门切换不同制冷系统,这样存在两个系统不能同时工作,增加换热设备等问题,增

加运维成本,降低自然冷源的利用率,综合节能效果变差。复合冷源制冷需要两种制冷系统有机结合,实现自由切换。清华大学李震、张晓彤等人提出的新型联合循环系统,能够实现根据室外气象参数自然冷却、机械制冷以及复合制冷的无缝切换,自然冷源利用充分,达到高效节能目的,方式值得参考^[22]。在注重制冷方式的同时,也要看到,信息技术不断发展,人工智能技术应用到数据中心制冷可提高制冷系统的智能化水平。通过大数据的检测分析,根据能耗影响因素,建立预测、调优模型,针对性地调控冷量输出,在遇到突发情况时,调整制冷系统运行方案,实现系统安全、节能运行。

4 结语

数据中心利用自然冷源空气或水对数据中心制冷的的方式,能够替代或部分替代机械制冷的可行性和节能性受室外气象参数影响较大。在我国夏热冬暖地区,空气侧间接冷却方式相较其他冷却方式更具优越性。随着智能控制技术的不断发展,在自然冷源与机械制冷组合时,利用智能控制技术监测室内外气象参数,实现不同制冷模式的自由切换,提高效率,也将成为又一研究重点。我国地域辽阔,自然冷却在数据中心的应用还需要大量的工程实际实践支持。

参考文献

- [1] 王元丰.实现碳中和,别忽视互联网企业[N].环球时报, 2021-01-22 (15).
- [2] 张海南,邵双全,田长青.数据中心自然冷却技术研究进展[J].制冷学报, 2016, (4): 46-57.
- [3] 罗志刚.数据中心间接蒸发冷却技术白皮书[R].2019:11.
- [4] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Thermal uidelines for Data Processing Environments[M].ASHRAE, 2008.
- [5] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Thermal uidelines for Data Processing Environments[M].ASHRAE, 2011.
- [6] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Thermal uidelines for Data Processing Environments[M].ASHRAE, 2015.
- [7] 褚俊杰,徐伟,霍慧敏.数据中心间接蒸发自然冷却空调系统在中国的适用性分析[J].制冷与空调(四川), 2021, 35 (5): 725-732.
- [8] Lee K P, Chen H L. Analysis of energy saving patential of airside free cooling for data centers in world wide climale zones[J]. Energy and Buildings, 2013, 64 (5): 103-112.
- [9] 高景,张军甫,潘庆瑶,等.贵州信息园数据中心智能新风系统的设计与应用[J].暖通空调, 2016, 46 (10): 27-32.
- [10] Ende H, Kodama H, Fukuda H, et al. Effect of climatic canditions on energy cansumption indiret fresh-air container data centers [J]. Sustainable omputing: Informatics and Syslems, 2015, 6 (2): 17-25.
- [11] 顾小杰,李晓冬,曹建,等.大型数据中心机房新风空调节能研究[J].暖通空调, 2017, 47 (10): 55-61+119.
- [12] 穆正浩,王颖.宁夏中卫云计算数据中心空调设计[J].暖通空调, 2016, 46 (10): 23-26.
- [13] 李婷婷,黄翔,折建利,等.东北某数据中心机房空调系统节能改造分析[J].西安工程大学学报, 2017, 31 (3): 364-368.
- [14] 贾晨昱,黄翔,田振武,等.间接蒸发冷却技术在国内外数据中心的应用研究[J].制冷与空调, 2020, 20 (1): 61-67.
- [15] 牛晓然,夏春华,孙国林.千岛湖某数据中心采用湖水冷却技术的空调系统设计[J].暖通空调, 2016, 46 (10): 14-17.
- [16] 殷平.数据中心研究(7):自然冷却[J].暖通空调, 2017, 47 (11): 49-60+124.
- [17] 肖新文.新风直接冷却空调箱应用于数据中心的节能分析[J].暖通空调, 2021, 51 (1): 70-75.
- [18] 贺红霞,黄翔,何华明,等.数据中心用露点间接蒸发冷却与机械制冷复合空调的实验研究[J].制冷学报, 2020, 41 (6): 71-76.
- [19] 刘凯磊,黄翔,薛运,等.蒸发冷却与机械制冷联合的系统在数据中心的应用初探[J].制冷与空调, 2016, 16 (11): 77-81.
- [20] 张宁,张泉,黄振霖,等.数据中心湖水源自然冷却系统现场性能测试分析[J].暖通空调, 2022, 52 (2): 70-74.
- [21] 邢凯泽.数据中心水冷空调系统节能控制策略研究[D].北京:北京建筑大学, 2020
- [22] 何智光,李震,施峻,等.数据中心自然冷源利用研究[J].制冷, 2021, 40 (2): 17-21.