

大型数据中心空调制冷系统的节能分析与实践

高英顺

(中铁铁龙冷链发展有限公司, 辽宁 大连 116103)

摘要 在社会深化改革发展过程中, 数据中心行业信息化程度不断提升。我国先后出台网络强国战略以及促进大数据发展行动纲要等文件, 进一步提高了互联网与其他产业的深度融合水平, 为我国数据中心产业提供强劲的动力需求。大型数据中心已广泛应用于各个行业生产环节中, 但其存在能源消耗量过大的情况。在能源紧缺的背景下积极开展大型数据中心节能研究工作, 可全面提升大型数据中心的能源应用水平。基于此, 本文对大型数据中心空调制冷系统的节能技术进行了研究与分析, 以期降低大型数据中心空调制冷系统的能耗水平有所裨益。

关键词 大型数据中心 空调制冷系统 节能

中图分类号: TU831.3

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)08-0007-03

数据中心的建设可深刻改变全球经济格局, 拉动国家经济的发展进程, 促进大数据时代的更迭进程, 是人工智能技术、云计算技术等新型信息技术应用的重要保障, 也是国家信息安全的保障^[1]。大型数据中心是各种大型计算机、服务器、网络设备等集中安放的建筑场所, 需要24小时不间断运行, 这些设备运行消耗大量电能的同时也产生同样功率的热能^[2]。维持数据中心机房环境就需要用到大量空调制冷设备, 空调制冷设备的能源消耗远远高于一般商业建筑, 有效降低能源消耗水平, 可缓解我国各个区域的用电压力, 减少大型数据中心的用电成本, 推动节约型社会的建设发展。

1 数据中心能源消耗

现阶段具备影响的国际绿色安全组织所提出的能效指标便是电能利用效率, 也是现下衡量数据中心能效的重要指标。大型数据中心的建设发展目标为数据中心运行的稳定性与安全性, 同时也要有效提升能源利用效率。^[3]

典型数据中心的能源消耗主要是由四部分构成: IT设备能耗占据总能耗的52%, 空调系统能耗占据总能耗的38%, UPS以及配电系统能耗占据总能耗的9%, 其余电力照明系统能耗占据为总能耗的1%。

在大型数据中心主要采取集中式水冷冷水系统进行节能型制冷, 积极开展集中管理活动, 是大型数据中心内的主流制冷手段。而在水冷冷空气调节系统中,

压缩机的能耗比例为54%, 水泵能耗比例为18%, 冷却塔能耗比例为9%, 精密空调能耗比例为19%。^[4]

2 大型数据中心空调制冷系统特点

大数据中心主要是由机房空调建设、空调制冷以及电力供应三大基础性资源构成, 为此大数据中心的占地面积约为几万平方米。为了确保三大基础资源的平衡性, 提升大数据中心的能源利用效率, 需要通过调整电力供应资源与制冷资源来平衡整体资源的匹配性。通常情况下, 单栋数据中心能耗水平占据运营成本76%, 建设成本中制冷成本占据21%, 而运营能耗成本却占29%, 为此需积极开展大数据中心的制冷节能工作。制度性的制冷设备维保作为降低大数据中心能耗的有效措施, 可全面提升大数据中心的全生命周期, 让其能够按时掌握设备的运行状况, 迅速检测设备可能出现的故障问题。^[5]

3 大型数据中心空调制冷方式分析

3.1 制冷方式分析

1. 互为冗余的多冷源并联系统, 每套系统都是一个完整的制冷空调系统, 从水冷机组、水系统至末端精密空调, 每套系统都是完全独立的。如果运行中某一套系统某台设备出现故障, 影响到整个系统运行时, 需自动或人工切换到另一套系统运行, 继而有效维持大数据中心的制冷需求, 是目前大型数据中心普遍采用的制冷方式。

2. 多冷源单水系统, 由多台冷水机组组成完整的一套冷水供应系统, 水冷系统下并联众多末端设备, 末端设备带冗余。如果水系统主管道部分出现故障, 整个系统就无法正常运行, 在大型数据中心不建议采用。

3. 单冷源单水系统, 由一台冷水机组组成完整的一套冷水供应系统, 水冷系统下并联众多末端设备, 末端设备带冗余。如果冷水机组或水系统主管道部分出现故障, 整个系统就无法正常运行, 即使在小型数据中心基本也不会采用。

多冷源并联系统的优势在于所有设备都带冗余, 系统安全性更高, 但每一套独立系统均有独立管路, 因此水管路数量较大。多冷源单水系统的优势在于水系统管路少, 但对水系统的安全性要求更高, 一旦水系统主管道出现故障将影响整个制冷空调系统。单冷源单水系统安全性太差。

3.2 可用度分析

空调制冷系统各种设备、附件和传感器等设备均要选用成熟的、质量稳定可靠的产品作为保证系统安全稳定运行的重要基础。水冷机组是整个制冷系统中能耗最大的设备, 在选型上除了质量因素还要充分考虑其节能性。目前磁悬浮变频离心水冷机组技术上的应用已相对成熟, 其在节能方面的优势也愈发明显。冷却塔风机、冷却水泵和冷冻水泵也要选用节能型, 节能变频技术是系统整体节能的必要条件。冷却水的负载变化下变流量控制技术以及冷冻水泵供回水等压差变频控制技术都是保证系统节能的技术手段。充分发挥自动化整体控制在系统安全节能方面的应用, 需要有很高实践经验的技术人员与软件开发专业人员协同完成。

3.3 可维护性比较

在人力成本价值逐步提升的前提下, 提升系统设计操作与维护水平, 可全面提升大数据中心系统的工作效率, 大大降低人力成本与维护成本, 进一步提升系统总体性能价格比。机房内部的系统内容构成愈发复杂, 系统管理任务也会不断提升。为此, 在进行大型数据信息设计过程中, 需要构建全面机房监管系统, 所选用的设备需要具备可管理与智能化特征, 利用先进的管理监控系统设备与程序开展集中性的管理工作, 及时确认数据中心系统中存在的故障, 最大程度地确保系统的整体性能, 确保系统运行的稳定性。同时需要简化机房管理人员维护工作, 为充分满足其实际应

用需求, 需进一步提升数据安全性与系统稳定性, 最大程度地确保管理的便利性, 加快系统体系的构建进程。此外, 为了能够迅速适应技术更新与系统运行需求, 需要做好系统升级管理活动, 对于系统故障等级进行评定, 根据故障级别选择相应的处理方法。

4 大型数据中心机房新风空调节能技术应用

4.1 确定空调设计参数

根据《电子信息系统机房设计规范》对于数据中心机房环境设计要求为基础进行机房空调设计参数设定。

数据机房环境温度为 $(22 \pm 1)^\circ\text{C}$, 环境相对湿度设计为40%至50%, 室内状态点N所对应的温度设计为 22°C , 相对湿度设计为50%。

数据中心机房空调隶属于工艺性空调, 活动地板下送风温差 Δt 设计为 6°C , 送风状态下点S所设计的温度为 17°C , 比焓设计为 39.4hJ/kg 。

4.2 利用新风降温可行性分析

通过实时性检测机房室外环境数据了解到, 在冬季、春季以及秋季以及夏季的最低室外温度时, 需要引入室外低温空气, 通过各级过滤后直接送入机房之内, 及时停止制冷机组, 继而有效降低制定空调系统的运行能耗水平。大数据中心系统所取地区在最冷月的温度可达到零下 28°C , 最热月时的温度则能够达到 32°C , 整年的温度波动相对较大, 这代表所在区域室外所蕴含丰富天然冷源, 如若能够高效性利用, 可大大降低大数据中心空调制冷系统的能耗水平。

4.3 空调制冷系统设计

新风空调系统中的新风风道按照全新风送风方法计算确定, 通过加设排风机、空气混合箱、新风调节阀以及回风调节阀。

大数据中心机房在应用新风空调系统过程中, 所采用空调系统定风量系统, 在保障总送风量不变的前提下可改变新风的比例, 引入新风后需要排风继而维持机房内的正压, 甚至会增加数据中心系统排风机的能耗水平, 继而大大增加新风过滤成本。为此需要利用新风免费冷却系统增加排放能耗、加湿能耗以及预热能耗。

第一, 排风能耗。根据暖通设计相关规范了解到, 为了确保大数据中心室内正压, 设计排风量为新风量85%时, 系统增加的排风能耗为 $2.74 \times 10^4\text{Gw}$ 。

表1 大型数据中心机房新风系统年节电数据

| 项目 | 常规性空调系统 | 新风空调系统 | |
|-------------|---------|---------|---------|
| | | 引入新风制冷 | 空调机组运行 |
| 累计负荷 (kW·h) | 4763355 | 3366948 | 1286347 |
| 运行时间 (h) | 8630 | 6348 | 2201 |
| 耗电量 (kW·h) | 1230000 | 153264 | 320016 |

第二, 加湿能耗。大数据中心机房需要选取湿膜加湿器, 所设计的单位加湿量能耗为 $0.02\text{kW}/(\text{kg}/\text{h})$, 制冷系统的加湿能耗为 $2.4 \times 10^{-4}\text{Gw}(d_N-d_W)$ 。

第三, 预热能耗。大数据中心机房的室外新风温度相对较低时, 需要对其进行预热后方可与回风混合。室外新风预热期间所需要的热量为 $3.33 \times 10^{-4}\text{Gw}(h_{w'}-h_w)$ 。

G_w 代表的是大数据中心机房系统引入的新风量, 单位用 m^3/h 表示, d_N 以及 d_W 分别代表的是室内以及室外的空气含湿量, 单位用 g/kg 表示。 $h_{w'}$ 代表的是新风预热后的比焓, 单位用 kJ/kg 表示, h_w 代表的是新风比焓, 单位用 kJ/kg 表示。

为了达成新风实现节能需求时, 只有确保室外新风温度以及相对湿度均可低于室内状态点时, 大数据中心系统可引入新风进行降温, 所应用的新风空调系统才能达到节能需求。

4.4 空调运行方案设计

新风丰源空调系统不同区域的运行模式如下:

第一, I 区域所采取的系统运行模式为, 在室外新风预热后, 方可与回风混合处理到送风点, 运行时间可设计成为 1884h。

第二, II 区域所采取的系统运行模式为, 室外新风与回风混合处理后方可送至送风点, 运行时间可设计成为 4574h。

第三, III 区域所采取的系统运行模式为, 表冷器处理回风至送风点, 运行时间可设计成为 2302h。

4.5 空调系统组成设计

4.5.1 新风系统能耗计算

新风系统能耗主要是由风机能耗、加湿能耗以及 I 区预热能耗所构成。

第一, 风机能耗。大型数据中心机房的最大风量为 $284653\text{m}^3/\text{h}$, 排风量为 $241933\text{m}^3/\text{h}$ 。为此选择三台参数功率为 38kW 带有变频器的排风机, 利用调节电动机的转速继而有效改变排风量, 而排风量设计的变化

范围是 10% 至 100%。

第二, 加湿能耗。I 区域的加湿量为 $965.54\text{g}/\text{kg}$, II 区域的加湿量为 $4716.68\text{g}/\text{kg}$ 。

第三, I 区域预热能耗设计为 $90101\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

4.5.2 效益分析

大型数据中心机房新风系统年节电情况如表 1 所示。

5 结语

在我国经济发展水平不断提升的背景下, 大数据技术以及云计算技术被广泛应用于各个行业, 在高新技术全面应用下提供数据信息的海量生产、存储与传输。为了充分满足需求量逐步提升的行业需求, 数据中心应成为新经济形势下极具战略性地位的产业, 是我国信息产业的重要构成。现如今数据中心呈现出集中化、大型化的发展趋势, 超大型数据中心园区的建设数量不断增加, 对于能源的节约型利用势在必行。为此, 我们需积极开展大型数据中心空调制冷系统的研究分析工作, 全面提升大型数据中心运行的稳定性与安全性。

参考文献:

- [1] 温建伟, 张立, 丛高翔, 等. 基于强化学习的数据中心智能机架级制冷系统研究 [J]. 内蒙古农业大学学报 (自然科学版), 2022, 43(01): 79-85.
- [2] 宋杰, 张林锋, 欧阳述嘉, 等. 数据中心机房制冷系统节能实践 [J]. 信息技术与标准化, 2021(10): 83-86.
- [3] 苏志. 基于 PUE 分析的某数据中心制冷系统优化研究 [J]. 制冷与空调 (四川), 2021, 35(02): 162-168.
- [4] 辛勇, 林超, 王锋, 等. 数据中心制冷系统节能指标及测算方法研究 [J]. 制冷与空调, 2020, 20(06): 6-10.
- [5] 谢天磊. 小型机房空调制冷系统数字化分析平台的开发 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2020.