

# 大型数据中心节能管理的研究与思考

任河 王翠 杨杰

北京北咨信息工程咨询有限公司 北京 100124

**摘要:**近年来,随着信息技术的不断发展,大数据、人工智能、自动驾驶、元宇宙等技术和场景的不断出现,承载算力和存储的数据中心的建设发展迅猛。本文结合目前一些大型数据中心建设情况,对数据中心节能减排技术应用,提升数据中心算力算效,降低总体碳排放,提出一些建议。

**关键词:**绿色数据中心;节能措施;液冷技术

## 1 前言

近年来,随着大数据、人工智能、区块链、元宇宙等前沿产业高速发展,以及智慧城市、数字经济等政策推动的背景下,国内各行业对数据中心的需求不断增长。据相关统计,2016-2021年,国内数据中心行业IT投资规模高速增长,年增速超过10%。2020年,国内数据中心行业IT投资规模超过4100亿元,2021年为4685亿元,2022年预计为5000亿。

随着数据中心投资和建设规模的扩大,数据中心的能耗和碳排放也将持续走高。根据调查,一个大型数据中心的电费占据了约70%的运营成本,巨大的耗电量给数据中心的运营带来了巨大压力。在努力实现“双碳”目标的大背景下,源消耗已经成为绿色数据中心规划和建设中,需要着重考虑的问题。

国际上通常用PUE(Power Usage Effectiveness)值作为数据中心能效指标来评价数据中心是否高效节能。

PUE = 数据中心消耗所有能源/IT设备总消耗的能源。PUE值越接近于1,表示一个数据中心额外消耗越少,绿色化程度越高。

## 2 国内数据中心能耗及政策情况

近年来,全国数据中心能效水平持续提升。根据相关统计,2019年,全国数据中心平均PUE为1.55,到2021年全国数据中心平均PUE为1.49。其中按照地区统计分析,华北、华东的数据中心平均PUE接近1.40,处于相对较高水平,同时这些地区的规划建设和管理水平在近些年也有较大提升,集约化、绿色化水平不断提高。

随着国内对于数据中心PUE的关注程度越来越高,各地纷纷出台限制性政策,提出关闭腾退低利用率数据中心、老旧数据中心升级改造、适度支持新型云数据中心的相关政策,进一步规范数据中心的能耗管理,加强节能管控。文件要求见表1。

表1 近年来国家及部分省市数据中心能耗文件要求

发布部门	时间	文件名称及内容
工信部	2017年	发布《数据中心设计规范》,指出数据中心的建设应符合节能环保、安全可靠的要求。
	2019年	发布《关于加强数据中心建设的指导意见》,提出2022年数据中心平均能耗水平达到国际先进水平,新建大型、超大型数据中心PUE1.4以下。
北京	2018年	《北京市新增产业的禁止和限制目录(2018年版)》规定全市新建、扩建PUE不高于1.3,中心城区全面禁止新建和扩建数据中心。
	2021年	《北京市数据中心统筹发展实施方案(2021-2023年)》规定,新建云数据中心PUE不应高于1.3。
浙江	2017年	《浙江省数据中心“十三五”发展规划》规定新建数据中心PUE值低于1.5,改造后的数据中心PUE值低于2.0,绿色数据中心和云计算数据中心比例均超过40%。数据中心年增长率控制在30%以下。
上海	2018年	上海发布《新一代信息基础设施建设三年行动计划》,要求存量改造PUE不高于1.4,新建PUE不高于1.3。
	2019年	发布的《上海市互联网数据中心建设导则(2019版)》再次强调新建PUE严格控制在1.3以下。
广东	2021年	《广东省5G基站和数据中心总体布局规划(2021-2025年)》规定,“十四五”期间PUE值需降至1.3以下。

## 3 降低 PUE 值的方法探讨

3.1 采用封闭冷通道微模块,提高制冷效率,使空调能耗下降20%

封闭冷通道是将冷空气封闭在机架高度以下的机架

进风侧通道内,避免了冷空气在机架高度以上、机架出风侧通道及其它通道内的冷量浪费,核心思想是围绕气流组织的调整来进行,即“只冷需要冷的设备”。同时也提高了机房整体平均温度,减少了冷量的无价值浪

费，在节能及安全方面优于封闭热通道，是目前国内外大多数数据中心普遍采用的方案。

### 3.2 采用UPS采用自动休眠功能节能

自动休眠是指系统有存在冗余功率模块，当系统负载量小于设定值一段时间后，部分模块进入“休眠”状态。进入休眠状态的模块，逆变器关闭，整流器仍然工作，且可实现对电池充电功能。

如下图1功率模块效率-负载量曲线图所示，在负载量小于50%时，实现部分模块休眠功能的效率曲线明显高于未实现部分模块休眠功能的效率曲线。休眠功能能有效提升UPS系统在低负载率时的系统效率，降低能耗。

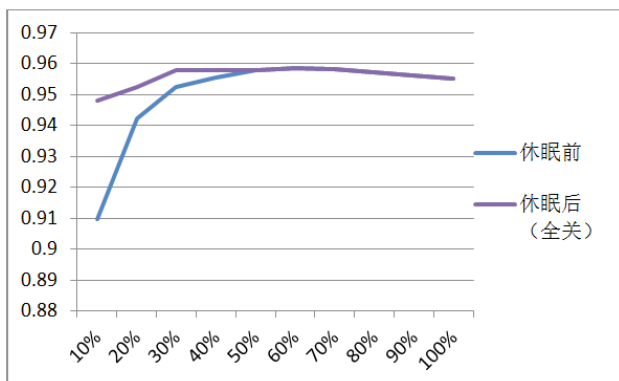


图1 功率模块效率-负载量曲线图

另外，采用绿色节能型模块化UPS，输入功率因数达0.999以上。减少了线路损耗，提高了电源利用效率，从而达到了节能的效果。

### 3.3 照明系统节能

数据中心的照明系统也是节能的重点。包括照明灯具的光源选择采用LED节能光源，并采用智能灯控的方式对数据中心的照明系统进行控制。智能灯控系统当检测有人员时灯自动开启，当人员离开一定时间后灯自动关闭。数据机房内机柜列间通道设置人体感应探测器，机房入口墙壁设置控制面板，机房照明按列进行控制。这样不仅可以节省能源还可以延长灯具的使用寿命。

### 3.4 水蓄冷技术节能

大型的数据中心空调系统，一般均设置一定的冗余，另外考虑到安全因素，数据中心实际运行负荷一般低于设计负荷，考虑利用冗余设备。冷冻水系统中蓄冷罐可在机房负载不大时，利用晚间谷价电进行蓄冷，白天峰价电时停止冷机运行，而采用蓄冷罐释放冷的方式给机房供冷。一方面充分利用峰谷电价节约运行费用，另一方面也符合国家电网削峰填谷的宏观节能措施，符合节能环保发展趋势。目前已经成为国内多数数据中心采用的低负载节能节费方案。

### 3.5 新风系统的节能

采用新风预处理，可以为机房提供部分冷源。通过对新风进行主动温度处理，使送风温度接近空调回风温度，避免新风结露、温度梯度等问题。另外，设计中采用湿膜加湿，减少机房精密空调不必要的加湿除湿工作，降低不必要的空调耗电等。

### 3.6 新绿色节能技术的应用

在解决高密度数据中心的散热问题方面，液冷具有传统数据中心的空调系统无法比拟的优势，同时能耗更低。

#### 3.6.1 液冷技术

液冷技术是指将液体直接接触服务器的发热元件，通过CDU进行液态媒介的换热，将热量通过冷却塔等方式散发到室外环境的一种冷却方式。目前，液冷技术主要有冷板式、浸没式和喷淋式三种形式。

##### (1) 冷板式液冷技术

冷板式液冷通过冷板直接接触服务器的发热元件，节省了空气换热环节，提高末端供水温度，进而将制冷系统的能耗大户压缩机省去，可实现降低PUE的目的。其中冷板式液冷采用冷板对发热量较大的元件（如CPU/GPU）等进行冷却，从而实现服务器的高密度布置。

##### (2) 浸没式液冷技术

浸没式相变换热液冷系统采用专用冷媒，具有不导电、无腐蚀性、无毒性的特性，利用环保冷媒良好的热物理特性，通过控制系统物理参数，利用冷媒工质的气化潜热转移服务器内部热量，极大提高了系统的换热效率。较传统冷媒在系统压力较低的情况下即可实现50℃~60℃的蒸发温度，无须利用压缩机进行机械制冷，从而使室外机组的全年自然冷却工作方式成为可能。

整机功耗：全浸没方案，无风扇设计，风扇功耗降低为0；

噪音指标：区别于传统风冷机房，全浸没机房噪音控制在35dB以下；

功率密度：高密度配置，实现整机柜功率160kW；

pPUE指标：直接利用高品位完成热量转移，可实现pPUE低至0.05。

##### (3) 喷淋式液冷技术

喷淋式液冷系统原理与浸没式系统类似，采用专用冷媒，具有不导电、无腐蚀性、无毒性的特性。直接对服务器芯片进行喷淋，通过冷媒的气化潜热转移服务器内部热量，提高了系统的换热效率。蒸发温度高，无须压缩机制冷，可全年自然冷却。

表2 三种液冷技术对比

项目	冷板式液冷	浸没式液冷	喷淋式液冷
适用范围	新建、改造机房	新建机房	新建、改造机房
单机柜功率	10~25kW	10~160kW	10~100kW

目前掌握数据,使用冷板式液冷服务器,在项目初期建设时成本相比传统风冷解决方案增加10-20%。浸没式液冷、喷淋式液冷则投资更大,建设时应综合考虑。

### 3.6.2 磁悬浮变冷机技术

磁悬浮技术由来已久,磁悬浮列车已经在国内运行多年,这种技术消除了摩擦,提高了机械效率,减少了机械故障。随着该技术的发展与成熟,空调行业也迎来了磁悬浮潮。磁悬浮空调是以磁悬浮离心压缩机,为核心技术的高效节能中央空调。该方案集成了自然冷却技术、磁悬浮变频技术、动力热管技术。具有较好的节能效果。其优点如下:

#### (1) 与现有建筑结构匹配度高

对现有的机房和配电功能区格局无需做调整,可充分利用现有屋面预留基础和管道井,无需设置蓄冷罐设备,一层冷冻站可部署为配电房间或其他功能房间,建筑结构无需改造。

#### (2) PUE可实现低于1.25

磁悬浮冷机无油系统,制冷剂中不会混入润滑油,提高了冷凝器和蒸发器的换热效率;磁悬浮轴承与传统的轴承相比,磁悬浮轴承的摩擦损失仅为前者的2%左右,从而提高了机械效率;磁悬浮冷机采用数字变频控制技术提高了冷机部分负荷效率。

一无油润滑磁悬浮压缩机技术,能效比为4.68(传统压缩机能效比为4.25)比传统压缩机节能约10%。

—室外侧利用水的汽化吸热潜热进行换热,相比传统冷凝器+冷却塔,蒸发式冷凝器可降低6℃的冷凝温度,能效可提高20%左右。

—自然冷却温度更低,机组可更长时间利用自然冷。

—风冷磁悬浮空调机组无需蓄水设施,无水耗,节能效果明显。

#### (3) 低水耗,运行成本低

—采用制冷剂输送冷量,比冷冻水输送能力大8倍左右,运行成本降低明显。

—无需蓄冷罐设备,风冷空调系统无需用水,减少安装工程量。

—磁悬浮机组运动部件少,没有复杂的油路系统、油冷却系统,减少了冷机维护内容。

下一步鼓励数据中心采用余热回收利用措施,为周边建筑提供热源,是提高能源再利用效率的很好举措。

### 结束语

双碳背景下,为实现我国2060年碳中和目标,作为综合性指标不仅要减少数据中心的碳排放,还要减少数据中心的PUE和柴油发动机等其他发电碳排放,增加可再生能源RUE发电。大力开展氢能、新能源技术研发应用;推动使用氢燃料电池、锂电池储能等替代备用柴油发电机,将新能源与数据中心建设联动协同,推动数据中心加快节能低碳发展。

### 参考文献

- [1]张懿.绿色数据中心的节能措施[J].智库时代,2019(2): 254-260.
- [2]于谨.2021年中国数据中心行业发展现状分析[J],华经情报,2020(21): 151-152.