

# 大型数据基地能耗精细化管理探讨

## Discussion on Fine Management of Energy Consumption in Large Data Base

徐 华(河南省信息咨询设计研究有限公司,河南 郑州 450000)

Xu Hua(Henan Information Consulting Design Research Co.,Ltd.,Zhengzhou 450000,China)

### 摘 要:

随着宽带、IDC、互联网等各种增值业务的快速发展,电力消耗呈现较快增长态势,因此,创新维护管理模式、推进节能新技术和方法的应用是实现降本增效、高效运营、持续发展的重要任务。针对中原数据基地运行过程中存在的问题,采取各种精细化管理办法,在保障供电安全的前提下,有效降低PUE值,减少电费支出,以达到降本增效、提高投资有效性的目的。

### Abstract:

With the rapid development of broadband, IDC, Internet and other value-added services, power consumption has increased rapidly. Therefore, it is an important task to innovate maintenance management mode and promote the application of new energy-saving technologies and methods to achieve cost reducing and efficiency increasing, efficient operation and sustainable development. Against the problems existing in the operation process of the central data base, it takes all kinds of fine management to effectively reduce the PUE value and electricity bills under the premise of power supply security, which achieves the goal of cost reducing and efficiency increasing and improving the effectiveness of investment.

### Keywords:

Data base; PUE; Energy saving; Refined management; Cost reducing and efficiency increasing

### 关键词:

数据基地; PUE; 节能; 精细化管理; 降本增效  
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2019.03.017  
中图分类号: TU111.19+5  
文献标识码: A  
文章编号: 1007-3043(2019)03-0078-04

引用格式: 徐华. 大型数据基地能耗精细化管理探讨[J]. 邮电设计技术, 2019(3): 78-81.

## 0 前言

中原数据基地是河南联通在中部地区唯一按照T3/T4标准建设的五星级核心数据基地。目前基地拥有独立变电站以及110 kV专项用电容量和双路电保障;能提供2N冗余UPS系统,同时采用高频UPS供电和高压直流供电;而且每个单体楼独立配置一个动力中心,配置多套高压油机。基地的空调管理系统则是采用行业成熟的水冷系统,配备10 kV高效冷水机组,并采用了自然冷却技术、冷通道封闭和连续制冷技术。

## 1 存在问题

### 1.1 电费居高不下

收稿日期: 2019-01-17

据统计,自基地投入生产开始,其电费持续居高不下,特别是从2015年到2016年3月,每月平均电费近430万元,电费单价高达1.56元/kWh。其中,37%左右为实际使用的正常电量支出,30%左右为功率因数不达标造成的力率罚款,33%左右为大工业用电基本费,电费结构极不合理。

### 1.2 PUE值高

根据中原数据基地用电量监测系统的数据分析核算,作为数据中心能源使用效率的衡量指标PUE值,在2016年3月前已启用的6号楼和10号楼的PUE值为2.2,为较高的PUE值,电能利用率低,绿色化程度低,不符合低碳、节能的标准。

### 1.3 变压器负载率低,功率因数低

中原数据基地在2台110 kV/63 000 kVA主变压器同时运行的情况下,主变负载率为9%,属于较低负载,功率因数0.57,系统呈容性特征,因达不到供电部门要

求的0.9而承受着每月百万元以上的巨额罚款。

## 2 主要措施

以数据基地各类用电数据和报表为基础,摸清用电能耗高、结构不合理的原因,研究制定减少电费支出,降低PUE值、治理功率因数等管理方案,即通过采用无功反向补偿管理手段,将用电功率因数稳定到感性0.9至0.95,从而取消巨额力率罚款并获得供电部门的用电奖励,使供电系统利用率提高,大幅度减少电费支出;同时,在运行效率上,采取各种手段,对交流不间断供电UPS系统和高压直流电源系统效率进行全面提升;并从整体布局出发,科学优化,合理调控各区域机房装机位置和数量;在以上管控基础上,根据不同季节,对机房空调系统的各项参数重新设置。通过以上精细化管理,最终形成PUE值最佳、变电站运行容量最经济、电费支出最低的管理模式。

### 2.1 运用无功反向补偿控制手段,消除电费罚款

中原数据基地已建成一座110 kV中国联通专用变电站,该变电站为2路进线,从庆丰变电站引入1路110 kV市电,从庆丰变—昭成变线路“T”接1路110 kV市电。现有的6号和10号IDC机房楼已由110 kV变电站各引入4路10 kV市电(2主2备)。

其中,6号楼和10号楼各配置了17套10 kV变配电系统,将从变电站引入的10 kV电源变压到380 V低压供给楼内负荷使用。其中每个楼内的变压器功能分配为:1楼5台变压器,主要供空调系统和建筑照明等负荷使用,以及一部分UPS负荷提供给机房;2、3、4楼均配置4台变压器,2N配置,为机房UPS系统和空调末端机提供配电。表1示出的是6号楼2层变压器运行数据。

表1 6号楼2层变压器运行数据

变压器编号	补偿后功率因数	补偿后谐波含量/%			负荷/A	变压器负载率/%
		A	B	C		
B21	-0.761	36.1	36.7	32.7	285	7.5
B22	-0.926	29.0	19.0	22.0	443	11.7
B23	-0.943	16.6	18.7	18.1	622	16.4
B24	-0.890	19.7	18.9	18.7	470	12.4

将6号楼和10号楼的34个低压供电段运行参数调整到最佳值,提高基地用电功率因数,把容性补偿调整为感性补偿,减少力率罚款。

通过对变电站数据监测,庆通线线路上存在很大的对地电容,通过数据分析,基地原来是容性的0.99加

上联通变到庆丰变的对地电容后,收费侧的功率因数降为0.57。针对以上情况,将6号楼二配的全部负荷由原来的庆昭通支线切换到庆通线,配合更改6号楼二配的一号市电进线和二号市电进线的备自投装置接线,由原来一号市电优先改为二号市电优先。6号楼一期扩容的14套低压段SVG设备和一期20个低压段的APF设备采用与传统功率因数补偿方法完全不同的无功反向补偿方法,通过变压器穿透对上一级供电段功率因数进行反向补偿。具体为将6号楼负载率偏低的41、42、43、44号变压器的功率因数由原来的感性0.99过补偿至感性0.12,其他变压器根据负荷情况,都适当过补偿,通过以上补偿,联通变庆通线由原来的容性0.99变为感性0.85,对线路容性折合后,达到了0.97。同时,将6号楼二配的全部负荷由原来的庆昭通支线切换到庆通线,配合更改6号楼二配的一号市电进线和二号市电进线的备自投装置接线,由原来一号市电优先改为二号市电优先。6号楼一期扩容的SVG设备可以全部投入补偿。每天和变电站进行沟通,并根据负荷变化动态修正并调整SVG的参数,确保基地的功率因数在最佳状态。

补偿的同时,将未用电池充电周期由以前的1个月延长到2个月,变电站的电容加压由原来的1个月改为2个月,进一步提高了功率因数。

通过采用以上与传统功率因数补偿方法(低压个别补偿、低压集中补偿、高压集中补偿)完全不同的无功反向补偿控制策略,根据供电系统功率因数和34台10 kV/2 500 kVA变压器负荷变化情况,动态修正并调整380 V低压侧SVG及APF的无功参数,通过节能型变压器穿透对上一级供电段功率因数进行反向感性补偿,明显改善了中原数据基地供电系统中压和高压侧的容性特征,确保了供用电系统功率因数在最佳状态,提高了系统电压稳定性,消除了每月高达127.95万元的力调电费罚款。

### 2.2 提升UPS和高压直流电源系统运行效率

在确保UPS系统和高压直流电源系统安全运行的前提下,适度动态关闭并机冗余运行的UPS台数和开关电源模块数量,提高设备负荷率,降低电源系统能耗,从而提高UPS和开关电源利用率和效能。

#### 2.2.1 开关电源模块关断

对开关电源系统负荷率小于或等于40%的系统,实施开关电源模块关断。应保留模块数按以下原则确定:开关电源应保留整流模块数按 $n+1$ 冗余方式确定,



即其中  $n$  只为主用。 $n \leq 10$  时, 1 只为备用;  $n > 10$  时, 每 10 只备用 1 只。其  $n$  个主用整流模块的总容量应按近期负荷电流(实际显示负荷 $\times 1.1$ )和均充电流(一般按 10 h 率充电电流)之和确定。

电源系统主用整流模块数量  $n$  由下式计算:

$$n = \frac{I_1 + \text{IBAT}}{\text{IREC}} \quad (\text{向上取整数})$$

式中:

$I_1$ ——近期负荷电流(实际显示负荷电流 $\times 1.1$ )

IBAT——蓄电池组充电电流(电池组总容量 $\times 0.1$ )

IREC——单个整流模块的容量

应关断模块数=现有模块总数-应保留模块数

### 2.2.2 UPS 设备“退出”或关断

退出方案: 在网运行的 3 台及以上的多机并联或备份运行的 UPS 系统, 当负载率较低时, 关闭 1 台或多台 UPS 的逆变输出, 但是 UPS 的整流输出还保持对蓄电池充电进行管理, 使还在逆变输出的 UPS 的负载率提高, 从而提高系统的效率, 达到节电的目的。

关断方案: 在网运行的 3 台及以上的多机并联或备份运行的 UPS 系统, 当负载率较低时, 关闭 1 台或多台 UPS 设备, 使还在运行的 UPS 的负载率提高, 从而提高系统的效率, 达到节电的目的。

操作方法: 对于 3 台及以上并机工作的 UPS 系统, 应保证退出或关断后 UPS 系统仍至少有 1 台备机。且关断后剩余主机运行方式为 1+1(单母线)和双母线运行的系统, 每台主机的负荷率应不大于 40%; 关断后剩余主机运行方式为 2+1(单母线)和 1+1+1(三母线)的系统, 每台主机的负荷率应不大于 60%。

### 2.3 改变既定规划模式, 优化整合区域机房装机率

根据客户等级和业务发展及预测, 适时调整机房使用规划方案, 合理规划机房使用, 严格管控用户预占机架, 整合用户服务器装机位置。同时加强 IDC 业务营销力度, 并统筹各地(市)分公司特别是郑州分公司的业务需求, 尽快增加中原数据基地的装机量, 并尽量按机架设计负荷出租机柜。

### 2.4 科学合理优化空调运行模式

中原基地的机房内采用冷冻水中央空调制冷、制热及除湿, 高低压变配电室及电池室采用多联机空调, 走廊和部分办公值班区域使用双向普通风冷空调。冬季停用中央空调的冷冻水主机组, 仅运行泵、板式换热器和末端机负荷。

#### 2.4.1 调整循环冷冻水出水温度

根据中原数据基地机房实际需要, 在保证 IDC 机房环境安全的前提下, 适当调高空调循环冷冻水出水温度, 并根据实际效果、装机进度、季节变化研究最佳温度值。即: 将空调主机出水温度逐步由原来的 7℃ 提升至 9℃, 对 IDC 机房进行温度检测, 发现在空调主机制冷负荷减小的情况下, 机房温度没有显著提升, 末端回风温度由原来的 24℃ 升至 25℃, 待运行稳定后, 空调末端制冷量维持在 40%, 有足够的安全空间, 同时机房温度维持在 25℃, 满足了机房温度要求。有效减少了冷冻站主机的工作时长, 实现了空调系统节能。

#### 2.4.2 合理设置空调末端机电加热和加湿功能参数

按照季节不同设置机房湿度, 夏季需要除湿, 提高机房的湿度设置, 冬季需要加湿就降低机房的湿度设置, 适时关闭空调末端机的电加热, 空调加湿参数在潮湿季节设置到接近机房允许的上限值, 干燥季节设置到接近机房允许的下限值, 空调温度参数在高温季节设置到接近机房允许的上限值, 寒冷季节设置到接近机房允许的下限值, 通过以上调整, 在夏季减少了冷冻水使用量(除湿需要用冷冻水来冷凝), 部分空调末端制冷量由原来的 100% 降低至 50%, 风扇转速由原来的 100% 降低至 40%, 从而使空调末端更加节能。冬季降低湿度设置可减少加湿器的投用, 降低电能损耗。并在此基础上根据需求和实际运行情况将空调冷冻水机组 3+1 设置为 2+1 或 1+1, 今后按照装机进度、负荷变化适时调整。

#### 2.4.3 空调末端机群控自适应

经过机房温湿度精确采样, 将 187 台空调末端机通过联动合理开闭最合适的需求量, 从而实现空调节能。对机房专用空调进行“自适应控制”, 是将以往的空调“手动设定”改变为计算机“自动控制”。对机房内的“智能空调群”实行优化组合、精确管理、节约能源。自适应控制恒温、恒湿节能监控系统能自动跟踪机房温湿度的变化而自动控制空调合理的工作状态, 使空调做到按需工作。

### 2.5 实施 IDC 机房地板下冷通道分隔改造

由于装机周期较长, 部分机房使用面积很小, 而机房整个活动地板下又是相通的, 造成部分冷量送至其他没有发热的区域, 冷量不能进行精确输送, 造成了严重能源浪费。为了有效地将空调冷量输送到机柜设备区, 在机房活动地板下增加了隔断, 减少非设备区漏风实现精确送风, 避免冷量过度流失。

目前下送风机房的活动地板高度均为 900 mm, 地

板下安装的送风隔板通过采用模块化设计,既方便挡风隔板拆卸移动,同时又可重复使用。对于密闭冷通道中未装机柜及机柜内部空档的地方增加了挡风板,根据标准机柜内部空档的尺寸情况,匹配定制挡风隔板,减少了空调系统冷量的损失。

## 2.6 科学合理地核算、降低PUE值

以6号楼为优化模版:运营中心提供的6号楼现有机柜功率情况如表2所示。

表2 6号楼现有有机柜功率情况

单机柜功耗/kW	机柜数	总功耗/kW
3.28	2	6.56
2.71	13	35.23
2.20	30	66.00
2.12	674	1 428.88
1.40	127	177.80
总功耗	846	1 714.47

### 2.6.1 电源系统能效因子

a) UPS系统能效因子:IT设备总功耗为1 774 kW,单台UPS负荷率约为8%。根据效率曲线,此时高频UPS设备转换效率约为85%,则根据设备总功耗1 774 kW,单栋IDC机房楼UPS总损耗=1 774×15/85=313 kW,UPS系统能效因子=313/1 774=0.18。

b) 变压器能效因子:IT设备总功耗为1 774 kW,由于变压器为2N方式运行,不考虑电池充电情况,变压器正常运行时的负荷率为5%。经过调查SCB10型2 500 kVA变压器空载损耗 $P_0$ 约为4 kW,额定电流下负载损耗 $P_k$ 约为20 kW。变压器能效因子=17×(4+1.05×0.052×20)/1 774=0.04。

c) 线路损耗因子:根据核算,线路损耗大约为设备功耗的2%,线路损耗能效因子=0.02。

电源系统PUE能效因子=0.18+0.04+0.02=0.24。

### 2.6.2 空调系统能效因子

根据现有的负荷估算空调系统能效因子。

不用自由冷却系统时,设备总负荷为1 774+313+20=2 107 kW(显冷),单台主机可提供冷量为3 867 kW(全冷),设备总负荷约占单台主机可提供冷量的0.65(2 102×1.2/3 867=0.65)。故一套主机系统就可以满足,对应1台冷冻水泵,1台冷却水泵,1台冷却塔。

冷水主机能效比按6.0计算,此时主机耗电为455 kW。冷却塔耗电为60 kW,冷却水泵耗电为90 kW,冷冻水泵耗电为110 kW。

空调末端按单台显冷量130 kW,共计20台,单台

耗电按9.3 kW考虑(去除加热加湿),共计:9.3×20=186 kW。

冷冻水空调系统耗电为:455+60+90+110+186=901 kW。

空调能效因子为:901/1 774=0.508。

用自由冷却系统时,去掉1台主机,冷冻水系统耗电为:60+90+110+186=446 kW。

空调能效因子为:446/1 774=0.25。

全年按自由冷却开启2个月计,则空调能效因子为:(901×10+446×2)/12/1 774=0.465。

### 2.6.3 建筑能效因子

由于建筑占比较小,并且变化不大,建筑能效因子按照0.01计算。

### 2.6.4 PUE值

综上,6号楼综合PUE设计计算值为:

$$1+0.24+0.465+0.01=1.715$$

## 2.7 加强对非生产用电负荷管理及遗留问题整改

加强建筑用电负荷管理,如采用节能灯具,适时关闭办公区空调、照明和配套附属房的非生产用电等。

## 3 结束语

2017年,中原数据基地实施既定的能耗精细化管理与PUE优化实践工作方案,节能成效显著,与综合治理前相比每月节省电费稳定在210万元左右,每月继续获得供电部门用电力率奖励2.5万元左右,至2017年3月底,一季度已累计节省电费630余万元。

### 参考文献:

- [1] 吴向阳,赵广超,耿琳莹,等.浅析在通信机房打造高效节能UPS供电系统的措施[J].通信电源技术,2017(5):208-209.
- [2] 尚金成,张立庆.电力节能减排与资源优化配置技术的研究与应用[J].电网技术,2007,31(22):58-63.
- [3] 杨阳,张粒子,王沈征.考虑用电能效的负荷控制优化策略及模型[J].电力系统自动化,2012,36(18):103-108.
- [4] 苏智铭.基站能耗体系模型分析与节能实践[J].电信技术,2013,1(2):57-61.

### 作者简介:

徐华,毕业于郑州大学,工程师,学士,主要从事电源设计、电源技术研究等工作。

