

# 数据中心空调系统的设计、节能解决方案

中天道成(苏州)洁净技术有限公司 姜皓遐\*

**摘要** 从网络大数据时代数据中心的发展趋势以及节能减排的必要性、迫切性出发进行分析论证,就数据中心冷源改造和气流组织优化两个主要方面对机房空调系统节能减排的多种措施展开了研究和探讨,供同行们在空调系统节能减排工作中参考。

**关键词** 网络大数据时代;机房节能环保;冷源改造;气流组织优化

## The Energy Saving Solution based on Design of Air Conditioning System in Data Center

Jiang Haoxia

**Abstract** Several measurements on energy saving in air conditioning system were studied in terms of two major directions of cooling source modification in data center and optimization of air flow pattern, with reference to necessity and urgency of energy saving and emission reduction as well as development trend of data center in era of internet big data, for reference by people wording in the same field.

**Keywords** Big data era in internet; Energy Saving and environment friendly in computer room; Cooling source modification; Optimization of air flow pattern

### 0 序言

当前大数据时代开启,“互联网+”的浪潮势不可挡,云数据中心已成为国家战略性基础产业,国家“十三五计划”明确提出要实施“网络强国”战略,加快“互联网+”行动计划。作为其运行基础的数据中心在各地如雨后春笋般地不断涌现,据国家权威机构统计,国内数据中心最近5年来每年以20%左右的速率持续增长,与之而来的是数据中心的能源增长率也是遵循着摩尔定律稳步发展,早期如80年代的一个机房一般仅5KW负载,单位功率密度约 $100\text{W}/\text{m}^2$ ,这时靠空调弥漫性降温就能解决问题,而如今单个机柜的功率就已达5KW左右,单位功率密度在 $800\text{W}/\text{m}^2$ 以上,机房热负荷的爆发性增长已使得机房空调的热消耗跃居数据中心机房各类功耗的首位,在这种情况下不仅需要地板开口率的大幅增大,对机房气流也必须精打细算地规划利用,才能承担起大功率散热的重任,这不光是机房节能环保的需要也是提高制冷效率实现机房安全运行的必须措施。

此外日益增长的碳排放也给我们赖以生存的环境保护带来了巨大的负担,2013年底,北京市十部委联合发文,明令禁止 $\text{PUE} > 1.5$ 的数据中心在京的建设投产,2014年3月国家工业和信息化部发布了《关于进一步加强通信行业节能减排工作指导意见》,正式规定从2016年初开始,我国境内新建大型数据中心的PUE值必须在1.5以下的要求。据ICT.research预测,在2012年至2020年的8年中,中国上规模的数据中心将从一万多个增加到六万多个。随之电力消耗也越来越大,一般情况下数据中心40%以上的电力为机房的空调系统所消耗,日益增长的能源成本和有限的可用电力资源正推动数据中心行业采用更为高效节能的空调设备。

### 1 数据中心现状

据某些城市调查的数据,通信节点机房一台3P的空调平均每天耗电为 $36.1\text{KW}\cdot\text{h}$ ,一年耗电 $13176\text{KW}\cdot\text{h}$ 。一个地级市通信运营商建设的各类机房上千个,空调使用数量数千台,一个地级市的电信运营商机房空调一年耗电至少在 $13,170,000\text{KW}\cdot\text{h}$ ,并且随着时间的推移,能耗将逐渐增多。

\* 姜皓遐,男,1983年12月生,硕士研究生,工程师  
215000 苏州市相城区澄阳路116号  
13771880785  
E-mail:waynejhx@hotmail.com  
收稿日期:2016-11-25

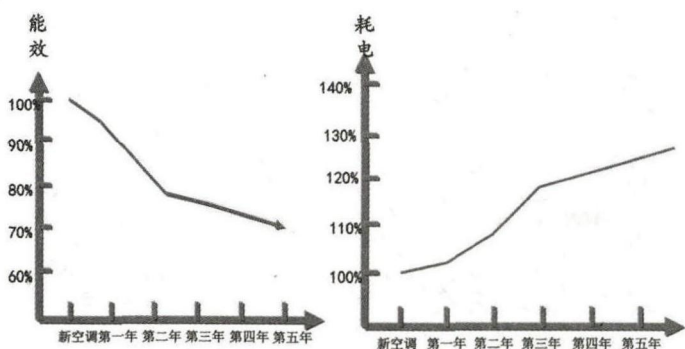


图 1. 空调能效和耗电随时间变化趋势

由于机房空调的使用频率高，工作负荷大，能效下降也非常快，随着使用年限的增加，在旧空调能效持续下降的同时电力消耗必然会持续增长，（如图 1）有些情况下每年电力消耗的费用甚至超过了空调机本身的价格，只是由于机房特殊环境下空调更换的麻烦性，因而一般情况下用户宁愿多花电费也会尽量避免风险难料的空调更换。在数据中心机房中，现在空调的电力消耗基本要占到 40% 以上，由于机房内计算机设备的电耗和 UPS 等电器设备的电耗一般都属于刚性消耗，因此空调就成了目前数据中心节能减排的首选目标。

表 1 目前数据中心空调节能方面存在的主要问题及对策

序号	问题	影响	对策
1	缺乏冷热通道封闭	冷热混风导致设定温度降低	冷热通道封闭
2	使用传统的气冷式空调	冷却效率偏低	采用高效率水冷系统
3	缺乏可变气流量及水流量的系统	即使低负载也用高速泵高速风扇	变频 HVAC
4	缺少自然冷却	冬季或春秋低温无法利用室外冷源	尽量使用室外冷源自然冷却
5	未与大楼空调同步	未获得整合的最佳能效	机房及大楼空调系统智能同步
6	机房及冷却水温度偏低	电力需求增加	适当提高温度

对表 1 的问题，在现实使用中，目前所大量使用的空调由于 EC 风机和变频压缩机及群控等新技术的介入，其能效比相比 10 年前的空调已有了长足的提高，随着数据中心的大力发展，空调节能必将有更大的空间得以开发出来，下面就笔者多年来从事数据中心空调节能工作的体验谈

谈机房空调节能增效的两大空间：冷源的优化和冷气流组织的优化。

## 2 冷源的优化

冷源的优化无疑是数据中心节能的一个重要手段。常见的办法是利用自然冷空气或冷水为冷源，对数据中心机房进行冷却，数据中心当前经常使用的冷源优化有以下几种。

### 2.1 洁净化新风自然冷却

随着数据中心业务的不断发展和扩大，机房热负荷也在不断的增加，随之而来的电费也必然不断的增加。通过对机房空调的能耗比重的统计，空调能耗一般占数据中心能耗的 40% 以上，近年来设备的功耗和发热量越来越大，空调的能耗随之迅速增加。而南方地区四季分明，冬季的年平均温度为 2.5℃ -4℃，数据中心机房要求为恒温恒湿，温度在 20℃ -25℃，湿度为 30%-65% 之间。从 11 月初到第二年的 4 月，室外温度一般都在 20℃ 以下，而就 10 月下旬和 5 月上旬在夜间的温度也在 22℃ 偏下，这样折合一下，能充分利用外界自然冷源的时间有 6 个月到 7 个月的时间。

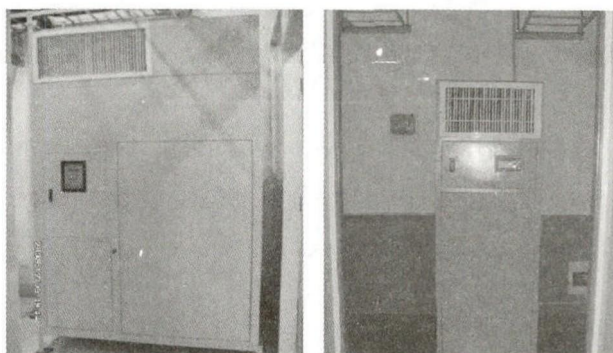


图 2. 室外新风冷却空调机组

把 6 个月到 7 个月低于 22℃ 的室外低温冷源引进机房，则至少可以为机房降温方面节约 40% 以上的用电量。机房智能控制节能通风系统在确保机房运行环境要求的前提下，根据机房室内外的温度、湿度检测和逻辑判别，在满足必备条件时，自动控制机房屋原有空调设备的启、停，引入室外洁净空气（经过静电除尘和中效

过滤后)对机房进行循环冷却。有效降低机房空调的运行时间,延长了空调使用寿命,从而达到机房利用自然冷却通风散热,降低机房空调电力消耗的目的。

当新风机设定条件满足时新风自然冷却机组(图2)工作并发出信号指令关闭机房空调,由新风机组为机房降温(室外冷空气经过脉冲过滤进入机柜对设备进行冷却然后将热空气排风室外)。

### 2.2 双循环氟泵空调(图3)

这种空调,在室外气温高于22℃时,采用常规的压缩机-蒸发器制冷,当室外气温低于22℃时则自动停止压缩机,自动切换到采用氟泵循环,利用氟利昂在室内外温差环境产生相变的作用进行制冷,此时同等制冷量的电功耗仅为压缩机制冷的一半不到,大大节约了能源。

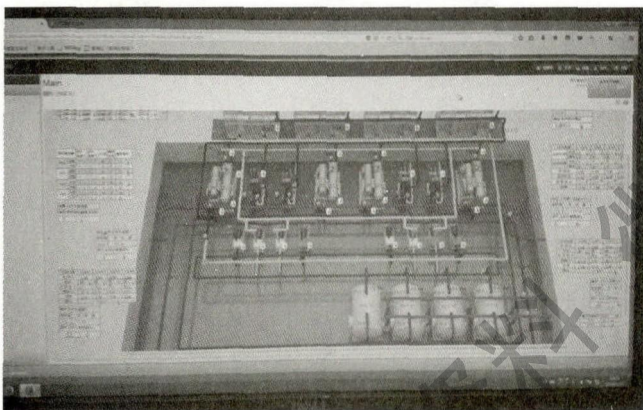


图3. 双循环氟泵空调系统图

### 2.3 热管制冷空调系统

热管是一种具有特高导热性能的新颖传热元件。热管起源于20世纪60年代的美国,1967年一根不锈钢——水热管首次被送入地球卫星轨道并运行成功,热管理论一经提出就得到了各国科学家的高度重视,并展开了大量的研究工作,使得热管技术得以很快发展。热管技术开始主要用于航天航空领域,我国自20世纪70年代开始对热管进行研究,自80年代以来相继开发了热管气-气换热器、热管气-水换热器、热管余热锅炉、热管蒸汽发生器、热管热风炉等各类热管产品,使得热管在建材工业、冶金工业、化工及石油化工、动力工程、纺织工业、玻璃工业、电子电器工程

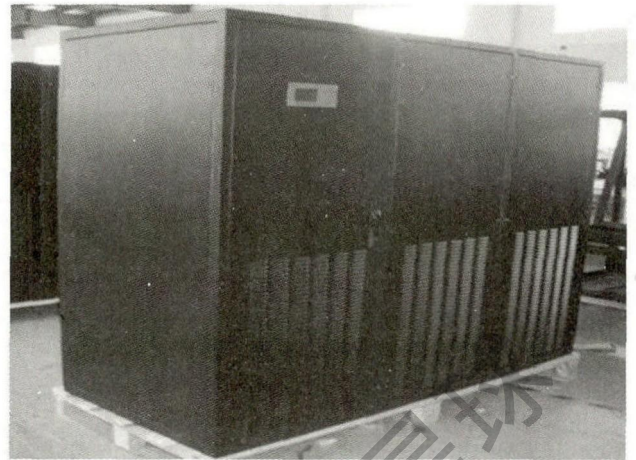


图4. 热管空调外形图

等领域内得到广泛的应用。

热管空调(见图4)的特点,安全可靠,内外空气隔离,不受室外污染空气的影响;不改变机房的洁净度;不改变机房的湿度;制冷规格齐全,5KW-40KW;产品多样化,基站一体分体热管,通讯机房分体热管;适用面广,通讯机房、基站;安装方便,壁挂式、立式、分体式。

### 2.4 双冷源空调系统(图5)

双冷源空调有传统氟利昂压缩机制冷和循环水室外冷却塔冷却两套制冷模式,在室外温度高于25℃时,启动压缩机进行制冷,在室外温度低于25℃时,由水系统对机房冷却后的热水循环到室外冷却塔进行冷却,再次冷却后的水又对机房进行冷却。这样由于只开启水泵而不开压缩机,因此节能效果也非常可观。

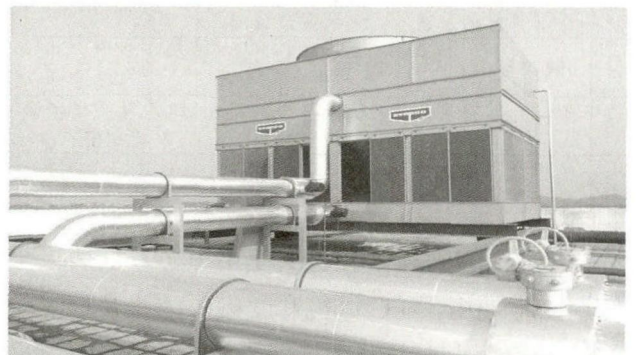


图5. 双冷源空调系统

## 3. 气流组织的优化

采用冷源优化,所遇到的现实挑战是能否使

用自然冷源主要取决于环境因素。而对于已投入运行的机房，对冷源的改造往往要进行复杂的施工，实施起来十分麻烦且风险难以预测。相应地，对于采用下送风（目前仍是主流）的数据中心，在室内的冷气流配送效率还有相当大的改进空间，同时也相对容易实施且基本可在不影响机房运行的情况下进行即可取得不错的效果。

冷源改造工程浩大在已投运的机房中实施风险非常大；改进冷气配送效率是相对容易实施的节能动作。机房气流的作用：保证设备合理的工作温度；送风量大于设备需风量，送风温度不超

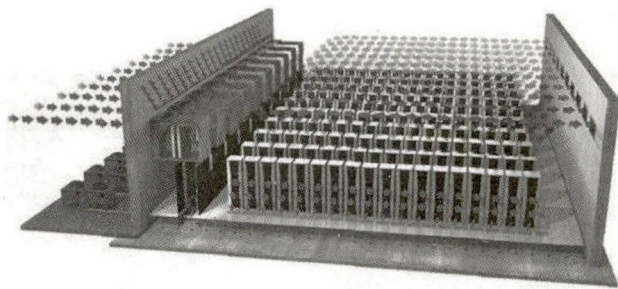


图 6. 数据机房气流组织图

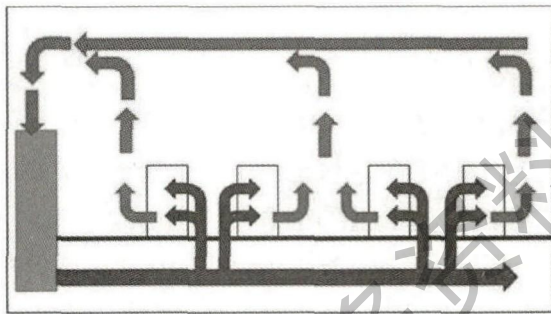


图 7. 封隔冷热气流组织示意图

限；防止冷热气流混合；封隔冷热气流，确保回风顺畅，气流组织见图 6。

机房中的气流一般路径（图 7）：从空调下送风对机房内设备进行冷却最后带走热量回入空调，在大循环当中可分为 6 个环节，分别是空调把冷气流压到地板下静压箱、冷气流根据通风地板的位置送出到冷通道、再被计算机设备吸入进行冷却、排出到热通道再回到空调、最后经过过滤网的过滤，带上蒸发器产生的大量冷量又一次被压到地板下静压箱，6 个环节是“与”逻辑的关系，其中任何一个环节出问题都会影响机房的制冷效

果。所以说机房中制造冷量的是空调，但是带走热量的是气流而不是空调本身。气流问题假如解决不好，就会造成冷热不均、出现热点，这个时候空调配得再多也是没有用的。

气流组织优化，通常的机房通风地板其孔道都是垂直往上的，会有相当数量的冷气进不了机柜而白白浪费（图 8）同时大量的线缆要进入机柜，有的过线口的空缺口很大、有的机柜缺口没有封上盲板造成冷气流失，单个机柜可能冷量损失不算大，但是因为机柜很多，一个机房里上百台甚至几百台机柜，加起来就不得了，对于这种情况解决方法是：1、把通风板拿下来，反面贴上无缝布，这样冷气就跑不掉了。2、用带毛刷的过线口，地下的冷气跑不出来，能够维持地板下的静压。即使采取这些措施，由于机柜顶上仍都是通的，所以冷热气流还是会相互混合相互干扰。

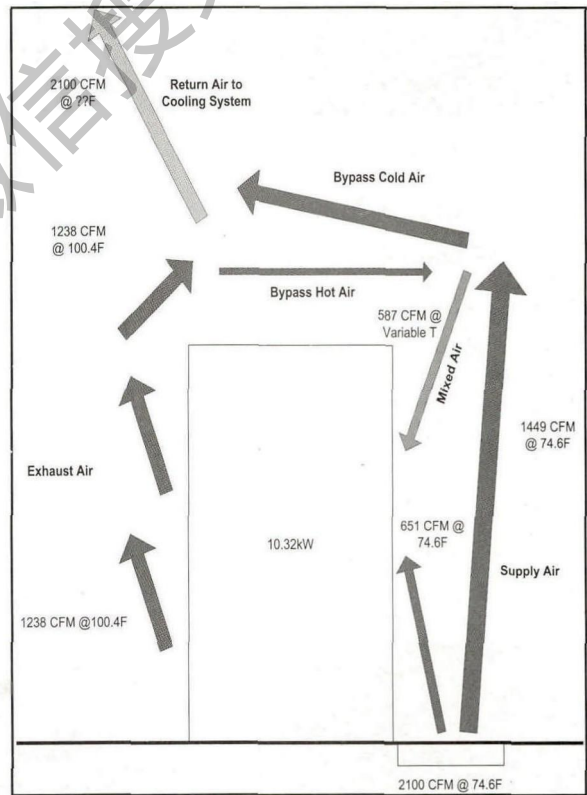


图 8. 气流冷热交换示意图

### 3.1 导向性通风板实现虚拟封闭

现在新建机房都是采用了冷通道封闭，目的是把冷气关在冷通道里面，不让他随意的跑出，

要跑可以，一定要把机柜内部的热量带走。但是很多老机房里面的设备是五花八门，要用统一的方法封闭起来太难了，且老机房都是运行中的机房，要对它们进行改造，风险很大，对于这个问题定向送风地板发挥了卓越的作用，由于定向送风可以将90%以上的冷量直接送到了机柜里面，与冷通道封闭相比有着异曲同工的效果，但其施工要简单得多，我们把这称为利用导向性通风板实现的虚拟封闭。（见图9）。

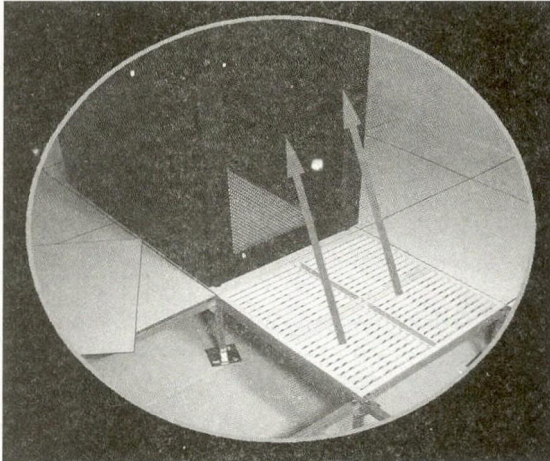


图 9. 导向型送风地板示意图

### 3.2 机柜空挡处加盲板以阻隔热气回流短路

未安装设备或者拆除了设备而留下了空缺，这样就给机房冷通道的冷气流留下了短路的通路，使一般情况下，机柜的前面是冷通道，后面是热通道，机柜中安装的设备以及空挡处的盲板将两个区域分隔开来，而现实中往往有些机柜的U位或者冷气流不经做功而直接跑到了热通道与热气流混合，造成了冷源的浪费。为了避免这种跑冒滴漏的浪费，就必须及时将机柜上的所有空

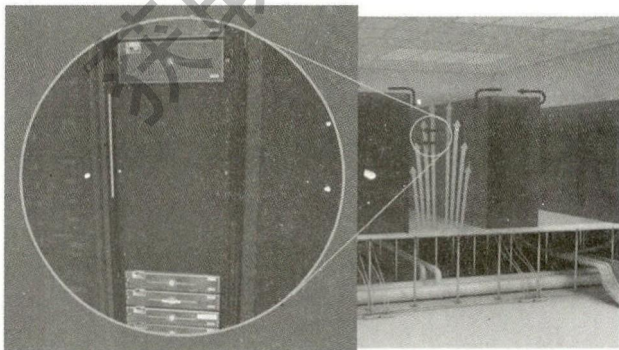


图 10. 机柜封闭避免气流短路

挡及时用封板将其封闭起来（见图10），使冷通道中的全部冷气流必须要经过对计算机设备的冷却后才能够进入热通道。

### 3.3 利用变风量送风，分时供冷实现机房节能

如银行系统上午09:00-11:00，下午15:00-17:00业务量最大，机房负荷也随之而大，夜间则负荷非常小，采用变风量风阀，根据机柜不同情况下的热负荷按需送冷以减少冷风浪费可大大提高节能效率（见图11）。

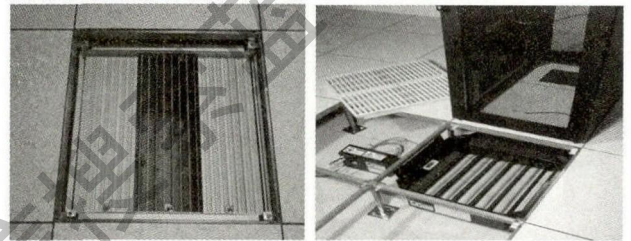
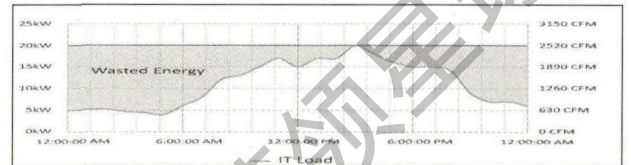


图 11. 机房能耗分时与变风量送风系统

## 4 结论

综上所述，在能耗巨大的数据中心机房中，精密空调的节能减排是举足轻重的，要做好这项工作除了选择合适的空调品牌型号外，对于空调系统的冷源配置以及气流组织的优化是两大重要手段，对于新建或改建机房，更应重点考虑空调系统的冷源配置，以实现在初期就实现最高的能效比的配置；而对于老旧机房的改造，因冷源优化都要动机房结构，是伤筋动骨的事情，因此风险难测，而气流优化无非就是倒腾几块板，地板、通风板，机柜的隔板等等，实施方便、费用低廉且几乎没什么风险，节能效果则也很可观，因此气流改造是老旧机房实现增效节能改造的最佳途径。如对广州市电信采用多种方式对机房空调系统进行了节能优化改造后，PUE从原来的2.3降到了1.7，不仅为企业节省了非常可观的电费，而且也降低了大量的碳排放，为国家环保事业做出了贡献。