

文章编号: 1671-6612 (2011) 02-208-04

上海某数据中心能效调研分析

黄 森 潘毅群

(同济大学机械工程学院 上海 201804)

【摘 要】 目前数据中心能耗问题在节能的大背景下受到人们的关注, 而矛盾的是数据中心能耗的实测数据却相对比较匮乏, 这给其节能研究的开展带来了阻碍。在此背景下, 通过对上海某数据中心机房的现场调研获得了其能耗的相关数据, 并在实测数据的基础上深入分析了该数据中心的能效性能。

【关键词】 数据中心; 能效; 实测

中图分类号 G424 文献标识码 A

Energy Performance Investigation of a Data Center in Shanghai

Huang Sen Pan Yiqun

(School of Mechanical Engineering, Tongji University, Shanghai, 201804)

【Abstract】 In the context of building energy efficiency trends, Data center (DC) becomes the focus of public attention due to its huge energy consumption. Nevertheless, site measurement energy use data of DC is scarce, which hinders the progress of DC energy saving. To solve this problem, on-site investigation is conducted in a DC located in Shanghai and the energy performance of this DC is studied based on the measured data.

【Keywords】 Data center; energy efficiency; case study

0 引言

数据中心由于其巨大的能耗越来越成为人们关注的焦点, 但就数据中心本身能耗到底有多少这个问题, 学者们存在较大的分歧。如 Jonathan^[1]等人认为 2006 年美国数据中心能耗占到了该国总能耗的 1.2%, 且其增长速度大约为 5 年翻一番, 然而文献[2]却质疑 Jonathan 等人所采用的估算方法的准确性, 认为其有高估的可能; William^[3]等人估算的数据中心能耗密度范围为 1076~2150W/m², 而 Mitchell-Jackso^[4]等人实测的结果则为 355W/m²。事实上, 目前对于究竟数据中心能耗问题严重性的描述, 国内外均没有令人满意的答案, 特别值得一提的是我国到目前为止还没有公开的有关数据中心能耗的数据。

针对这个问题, 本文作者在运行管理人员的充分配合下对上海某数据中心的能耗情况进行了现

场实测, 并在这些数据的基础上对该数据中心的能效相关问题进行了讨论。

1 数据中心能效参数

在对数据中心进行能效讨论之前, 首先需要明确数据中心的能效参数。对于一般建筑来说, 常用的能效参数是 EUI (Energy use intensity), 也就是单位建筑面积的能耗, 但这个参数具体应用到数据中心当中却存在一定问题。

由于数据中心中的 IT 设备种类可能不单一, 另外不同的数据中心设备放置的密度也可能存在差异, 而这些非能效因素都会导致不同数据中心单位面积的 IT 设备的散热量存在较大差别。在此背景下, EUI (Energy Using Intensity) 这个参数失去了应有的评判意义, 因此需要一个新的指标来评价数据中心的能耗效率。

作者简介: 黄森 (1987-), 男, 在读硕士研究生。

收稿日期: 2010-09-15

美国 GreenGrid 提出了 PUE (Power Usage Effectiveness) [5] 参数作为数据中心的能耗效率指标, 如式 (1) 所示:

$$PUE = \frac{\text{TotalFacilityPower}}{\text{ITEquipmentPower}} \quad (1)$$

其中, TotalFacilityPower 作为数据中心的总能耗, W; ITEquipmentPower 为 IT 设备能耗, W。

Belady [6] 认为很多数据中心能耗的 PUE 值可能会达到 3.0 或更高, 而经过良好的设计, PUE 值有可能会降到 1.6 左右, 而 Patterson [7] 则认为 PUE 的下限值应为 2.0。劳伦斯伯克利实验室 [8] 对美国数据中心开展的测量显示 PUE 变化范围为 1.3 到 3.0。需要指出的是目前尚无研究给出标定数据中心是否节能的 PUE 值。

该参数是数据中心业内比较通行的能效评价参数, 因此在本文中主要利用它来描述测试数据中心的能效性能。

2 测试概述

2.1 测试对象描述

测试数据中心主要为某期货公司提供电子数据业务, 全年 24 小时不间断运行。其面积为 300m² (20×15m) (包括 CRAC 所在的空调机房面积), 平面布置图及气流组织如图 1 和 2 所示。

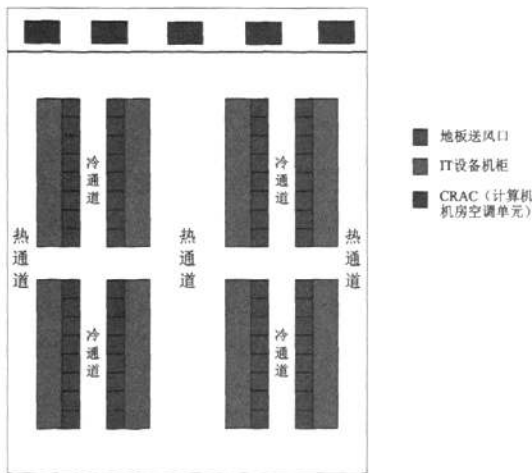


图 1 调研数据中心平面布置图

Fig.1 The Data center's plan layout

从图 1 和 2 我们可以看出该机房是一典型的冷热通道、地板下送风的数据中心, 相对来说比较有代表性。

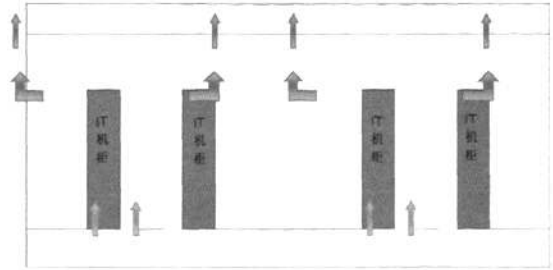


图 2 调研数据中心气流组织示意图

Fig.2 The Data center's air distribution pattern

该机房的冷量由 5 台精密空调机组提供 (4 用 1 备), 其性能参数如表 1 所示。

表 1 调研数据中心精密空调相关参数

Table 1 Parameters of CRAC(Computer room air conditioning unit)

设备组置	数量	主要技术参数
压缩机	2	制冷量 30kW; 额定功率 6.5kW
送风机	1	风量 17300m ³ /h; 额定功率 7.5kW
室外	1	额定功率 4kW
冷凝风机		

2.2 测试过程

经现场调研了解到该数据中心精密空调、照明及 IT 设备均有相对独立的 UPS 系统。本次研究中选取连续的两个典型工作日 (2011 年 12 月 23 及 24 日) 来对数据中心能耗情况进行研究, 分别于 23 日的上午 9 时与 24 日的上午 9 时记录各 UPS 电表读数, 取每个 UPS 两次读数的差值为该数据中心典型工作日的相应能耗。

3 测试结果与分析

现场实测的数据如表 2 所示。

表 2 数据中心能耗调研数据

Table 2 Measured Energy use data

类别	读数差值 (kWh)	
IT 设备	线路 1	1308
	线路 2	1080
精密空调机组	机组 1	580
	机组 2	260
	机组 3	560
	机组 4	520
照明	151	

由表 2 我们可以计算出数据中心总能耗为 4459kWh/天, 结合机房面积可得该机房 EUI 为

619.3W/m²。而其分项能耗则如图 3 所示。

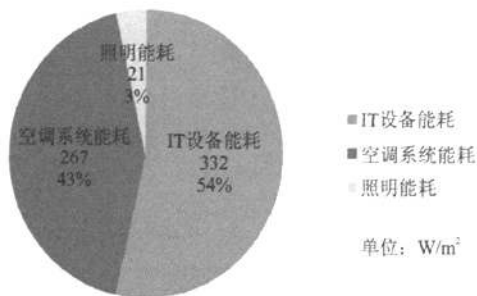


图 3 测试数据中心分项能耗饼图

Fig.3 Energy end-use breakdown of the Data center

由图 3 我们依据式 (1) 可以得到该数据中心的 PUE 为 1.86 (由于无法测量供电系统的能耗, 因此这里得到的 PUE 是有可能偏大的)。由于业内目前仍无关于 PUE 的节能标准值, 因此在讨论 PUE 值时只能与其他数据中心 PUE 来作相对比较研究。将测试数据中心 PUE 与美国劳伦斯伯克利实验室所作的 Benchmark 调研测试中得到的数据中心 PUE 比较如图 4。从图中我们可以看出测试数据中心的 PUE 值处于中等偏高的位置, 因此其辅助系统 (主要为空调) 有相当的节能空间 (最少为 50%)。

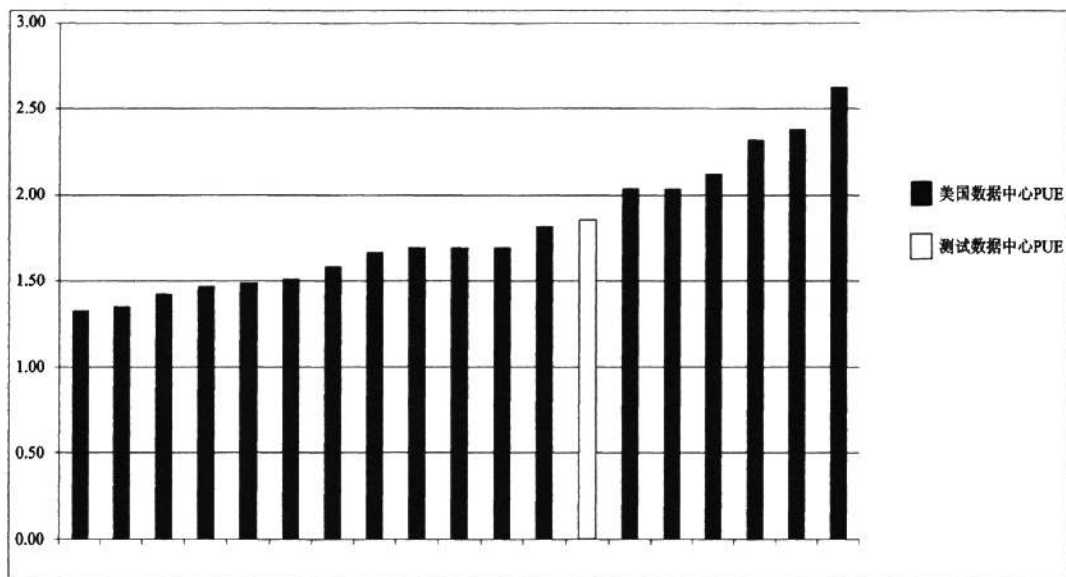


图 4 测试数据中心 PUE 与美国测试数据中心比较

Fig.4 The comparison of different Data centers' PUE value

其中美国测试数据中心 PUE 值来源为文献 [8]。

另外根据表 2 可知精密空调机组额定功率为 24.5kW, 定义如下变量部分功率比 PPR:

$$PPR = \frac{\text{Power}}{\text{PowerRated}} \quad (2)$$

其中, Power 为精密空调实测功率, W; 而 PowerRated 为额定功率, W。

PPR 参数反映的是精密空调实时功率与额定功率之间的比值, 是从供给侧反映各机组运行状态的参数, 然而供给侧的状态实际上也可侧面反映出

需求侧的情况。因此考察机组的 PPR 实际可大致了解机组实际负荷的情况, 当然考虑到机组的性能参数随负荷率下降而降低, PPR 可能会略大于机组的负荷率。

由 PPR 参数定义结合图 5 可得各精密空调的 PPR 参数如图 5 所示。

由图 5 可知各精密空调机组的 PPR 参数差异较大, 最低的机组 2 的 PPR 参数仅为 0.4 左右, 由前面的分析我们可以知道该机组实际的负荷率可能会更低, 也就是说该数据中心存在部分空调机组在非常低的负荷率下运行。通过查阅该数据中心的空

调设计说明我们可以知道该中心设计的冷负荷为 $500\text{W}/\text{m}^2$, 而实际配备的空调系统其容量为 $800\text{W}/\text{m}^2$, 由此可得其安全系数为 1.6, 远远大于一般空调系统设计中所取的 1.2。考虑到该数据中心已配备了一台备用机组, 笔者认为这样安全系数选择是没有必要且有悖于节能原则的。

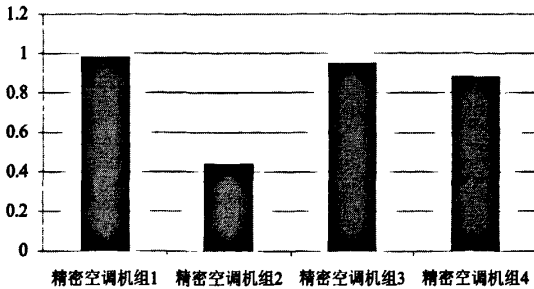


图5 实测数据中心各精密空调机组 PPR 参数

Fig.5 PPR value of each CRAC in the Data center

4 结论

综合以上的分析, 对于数据中心的现场调研我们可以得到如下的结论:

(1) 所调研的数据中心其能耗密度 EUI 为 $619.3\text{W}/\text{m}^2$;

(2) 所调研的数据中心能效参数 PUE 为 1.86, 与国外数据中心能效参数相比有进一步提升的实际空间(空调系统至少有一半的节能空间)。

(3) 所调研的数据中心部分空调机组在较低的负荷率下运行, 存在因效率低而导致的能源浪费现象。

参考文献:

- [1] Jonathan Koomey. Estimating total power consumption by servers in the u.s. and the world[R]. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2007.
- [2] 黄森. 数据中心空调系统节能研究[D]. 上海: 同济大学, 2011.
- [3] William Tschudi, Tengfang Xu, Dale Sartor, et al. Energy efficient data centers. Final Draft Rep[R]. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2003.
- [4] Mitchell-Jackson, Jennifer, Jonathan Koomey, et al. Data Center Power Requirements: Measurements From Silicon Valley[J]. Energy, 2003,28(8):255-269.
- [5] Green grid metrics: Describing Datacenter Power Efficiency. Green Grid[EB/OL]. http://www.thegreengrid.org/gg_content/TGG_Data_Center_Power_Efficiency_Metrics_PUE_and_DCiE.pdf, 2011-02-13.
- [6] Christian Belady. How to Minimize Data Center Utility Bills [EB/OL]. <https://www.line56.com/articles/default.asp?ArticleID=7881>, 2006-01-15.
- [7] Patterson, Costello, Grimm, et al. A Comparison of High-density and Low-density Spaces[R]. Santafe: THERMES, 2007.
- [8] Steve Greenberg, Evan Mills, Bill Tschudi, et al. Best Practices for Data Centers: Results from Benchmarking 22 Data Centers[C]. ACEEE.Proceedings of the 2006 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings. Washington, DC, 2006.

上海某数据中心能效调研分析

作者: [黄森, 潘毅群, Huang Sen, Pan Yiqun](#)
作者单位: [同济大学机械工程学院, 上海, 201804](#)
刊名: [制冷与空调 \(四川\)](#)
英文刊名: [REFRIGERATION & AIR CONDITIONING](#)
年, 卷(期): 2011, 25 (2)

参考文献(8条)

1. [黄森](#) [数据中心空调系统节能研究](#) 2011
2. [Jonathan Koomey](#) [Estimating total power consumption by servers in the u.s.and the world](#) 2007
3. [Steve Greenberg;Evan Mills;Bill Tschudi](#) [Best Practices for Data Centers:Results from Benchmarking 22 Data Centers](#) 2006
4. [Patterson;Costello;Grimm](#) [A Comparison of High-density and Low-density Spaces](#) 2007
5. [Christian Belady](#) [How to Minimize Data Center Utility Bills](#) 2006
6. [Green grid metrics:Describing Datacenter Power Efficiency.Green Grid](#) 2011
7. [Mitchell-Jackson;Jennifer;Jonathan Koomey](#) [Data Center Power Requirements:Measurements From Silicon Valley](#)[外文期刊] 2003(08)
8. [William Tschudi;Tengfang Xu;Dale Sartor](#) [Energy efficient data centers.Final Draft Rep](#) 2003

本文读者也读过(10条)

1. [龙岐山](#). [Long Qishan](#) [柴油发电机组在数据中心的应用](#)[期刊论文]-[智能建筑电气技术](#)2007, 1(1)
2. [陆靓燕](#). [蔡永生](#). [Lu Liangyan](#). [Cai Yongsheng](#) [工业制冷系统中热气旁通回收液体的方法研究](#)[期刊论文]-[制冷与空调](#)2011, 11(2)
3. [张光鹏](#). [田明力](#). [雷波](#). [Zhang Guangpeng](#). [Tian Mingli](#). [Lei Bo](#) [屋顶式空调机的特点及能效发展状况](#)[期刊论文]-[制冷与空调 \(四川\)](#) 2011, 25(2)
4. [林宇航](#). [LIN Yuhang](#) [广州电信大厦中央空调系统冷水机组运行负荷率分析](#)[期刊论文]-[制冷](#)2011, 30(1)
5. [张继英](#). [ZHANG Jiyong](#) [高热密度水冷机柜制冷系统的方案设计与运用](#)[期刊论文]-[制冷](#)2011, 30(1)
6. [世界的冷水机组和巨大的空调市场\(二\)](#)[期刊论文]-[制冷技术](#)2010, 30(3)
7. [黄威](#). [HUANG Wei](#) [论述数据中心电力系统的可用性](#)[期刊论文]-[制冷空调与电力机械](#)2010, 31(2)
8. [尼尔·莱斯姆森](#). [Neil Rasmussen](#) [制定数据中心功率密度规范的指导原则](#)[期刊论文]-[智能建筑电气技术](#) 2007, 1(1)
9. [姜尔宁](#) [世界的冷水机组和巨大的空调市场\(三\)](#)[期刊论文]-[制冷技术](#)2011, 31(1)
10. [贾京花](#). [Jia Jinghua](#) [数据中心安防系统设计要点](#)[期刊论文]-[智能建筑电气技术](#)2007, 1(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zlykt201102025.aspx