

绿色数据中心 空调设计

现代建筑空调设计丛书

彭殿贞 编著

中国建筑工业出版社

现代建筑空调设计丛书

绿色数据中心空调设计

彭殿贞 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

绿色数据中心空调设计/彭殿贞编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 5

(现代建筑空调设计丛书)

ISBN 978-7-112-18057-8

I. ①绿… II. ①彭… III. ①机房-空调设计-节能设计
IV. ①TP308②TB675. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 082742 号

随着数据中心高性能、低能耗、高密度等性能方面的不断创新和优化, 需要构建一个灵活的、模块化的和可扩展的数据中心。本书利用目前各类新技术、新思路、新产品, 并结合我国具体情况, 对数据中心基础设施规划和设计进行了详细介绍。从数据中心选址、规划、设计、IT、制冷、施工、运行维护及供电设备等方面展开, 以节约资源为着力点, 使数据中心的建设达到可持续发展的目标。

本书是作者 50 多年来数据中心设计经验的总结, 可供从事数据中心建设的设计、施工以及运营管理人员参考, 也可作为数据中心建设单位投资建设的参考资料。

责任编辑: 姚荣华 张文胜

责任设计: 张 虹

责任校对: 张 颖 陈晶晶

现代建筑空调设计丛书
绿色数据中心空调设计
彭殿贞 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 14¼ 字数: 278 千字
2015 年 6 月第一版 2015 年 6 月第一次印刷
定价: 45.00 元

ISBN 978-7-112-18057-8
(27257)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换
(邮政编码 100037)

序

原始人从觅食果腹、择穴而居，到耕种筑巢显现有了思想，会用工具的进化，于是成了人类，区别于动物的就是会脑力劳动和使用工具的体力劳动，所以总结为劳动创造了人类。

人类的进化和发展又因创造了脑力劳动的辅助工具——计算机，而大大加速。使生存变得容易，安全舒适并且生活丰富多采。也造就了计算机技术在应用中飞速发展。

计算机技术的发展和广泛应用更使近几十年人类的生活状态有了空前的改变，各种科学的发展也因之飞跃加速，人们的知识、信息、数据，成百万倍地增加，逻辑的推理和记录事件使用这脑力劳动辅助工具变得那么方便轻松、精细、快速。

建筑业也有了为计算机技术建造设备机房的新使命。回想建筑业已有万年光辉历史，但也可说遇到过两次危难：第一次危难是因国土广阔，气候区域宽广，已无法在各地建造适用的建筑，而且无法建造各种特殊用途和不断增加活动人数所需的建筑。是机电专业的适用的建筑出现并引入到建筑业，做到人工环境营造为其解惑。第二次危难是人工环境技术广泛应用，使建筑业因能源危机而蒙困，又是空调热能等专业在节能、减排、可再生能源等技术上为建筑业解难。空调热能等环境营造的专业只有百年历史，对建筑业这有万年史的“大哥哥”而言，是一位立过大功，并有光辉前景的可爱的“小弟弟”。

为新兴和发展迅速的计算机专用建筑营造必要的环境，是空调专业面临的新的挑战。因为日益发展的信息产业带来的信息设备的巨大需求导致这类建筑的规模和能耗密度急剧膨胀。在机房整体耗电中，排除信息设备散热的空调设备，已约占整个能耗的近一半，必需使用节能环保的技术手段，来降低其能耗，这对空调工程师们是挑战也是光荣的使命。

本书的编著者彭殿贞教授级高级工程师及其团队，就是在五十多年来一直战斗在该领域的探索者和学术带头团队，她随着计算机技术发展而对建筑不断提出的新要求，采用空调专业发展不断出现的新技术，创造性地进行工程设计。其中，如空调整能装置与计算机设备相结合的一体合理方式，打破了为工艺营造环境的传统思路，这项新技术的采用留下了精彩的业绩历史。她们获得过多项高等级优秀设计奖。本书的出版是几十年工作的总结，对行业又是一个重大新贡献。

我提出过对工程设计工作的本质就是要“把恰当的技术恰当的应用在恰当的部位，并且恰当地把它们综合好”，本书多处反映着这个本质。

书中还列举了多项工程实例，不是为同行们设计时照抄，而是要学习她们践行上述本质的经验，这也使本书更显精彩。

空调专业常作为建筑业技术支持者，自谦为配角。但因其“不可替代”的特性自然含有“同等重要”的哲理，本书的贡献还必含有此哲理的张显。

喜庆本书面世，写此心得愿读者们共析。

吴德绳

2015年春

前 言

随着IT技术日新月异的发展，信息化进程的深入，全球每年产生的数据量成倍的递增，极大地带动了数据中心的建设和发展。我国已逐步进入信息化社会，社会的生产、生活等各领域活动，广泛通过网络化的信息系统来实现。当前全球数据中心发展呈现的特点：互联网宽带、虚拟化、刀片服务器、云计算等。目前我国的数据中心建设向着大规模、集中化建设，大力推广节能环保措施，选址普遍在偏远、高寒地区趋势发展。

数据中心是一个庞大的系统工程，它承担着数据处理、数据存储和数据交换等职能。伴随着互联网、移动互联网的进一步发展，随着云计算、大数据等技术应用的兴起，数据中心的建设也正面临新的机遇和挑战，一方面是数据中心规模的不断扩大，另一方面却是能耗的不断上升。在此趋势下，本书主要内容是：利用发达国家目前各类新技术、新思路、新产品，并结合我国具体情况，对与数据中心相关的基础设施的规划和设计标准进行介绍，数据中心的建设从选址、规划、设计、IT、制冷、施工、运行维护及供电设备等方面降低能耗，达到可持续发展的目标，以节约资源为着力点，建设大中型的绿色数据中心。

随着数据中心高性能、低能耗、高密度等性能方面的不断创新和优化，需要构建一个灵活的、模块化的和可扩展的数据中心。通过模块化数据中心的设计理念来降低运营成本，充分利用空间，减少能源消耗，同时能快速扩展、结合环境情况，充分利用自然冷源，合理设定室内空气参数及冷却参数进行了详细叙述。

由于数据中心的IT设备发展和更新非常快，而空调设计涉及面广，内容需要满足它的需求，因编著者的时间和水平有限，难免出现一些疏漏和不妥之处，请读者批评指正，相关建议可发至Dzpeng2002@aliyun.com，以便于使本书不断补充和完善。

参与编著单位有：开利中国；南京佳力图空调机电有限公司；珠海铨高机电设备有限公司；北京创和世纪通讯技术股份有限公司；北京纳源丰科技发展有限公司等。

参与编著人员有：马德、杨斌、周航、娄小军、乐海林、李振、肖后强等人。

编著者

2014年12月于北京

目 录

第 1 章 数据中心空调的特点及标准	1
1.1 简述	1
1.2 数据中心空调设计特点	5
1.3 数据中心空调设计标准	6
第 2 章 数据中心的选址与规划设计	12
2.1 数据中心选址的技术规范	12
2.2 数据中心选址地理和地域分析	14
2.3 合理利用资源构建“绿色数据中心”	14
2.4 数据中心规划设计	16
2.5 仓储式微模块数据中心规划设计	18
第 3 章 数据中心设计参数及负荷计算	20
3.1 空调负荷的特点	20
3.2 室内空气设计参数	20
3.3 空调负荷计算	21
第 4 章 空调系统设计	27
4.1 空调系统设计原则	27
4.2 直接蒸发式空调系统	27
4.3 冷冻水型机房空调系统	35
4.4 双冷源机房空调系统	37
4.5 机房空调机系统主要部件	41
4.6 机房专用空调机系统加湿器选择	42
4.7 冷冻水式列间空调系统	43
4.8 新风空调系统	48
4.9 热管空调系统	53
4.10 水冷柜门空调系统	59
4.11 室内末端形式比较	62
第 5 章 数据中心气流组织设计	64
5.1 概述	64
5.2 机柜微循环换热气流组织	64

5.3	机房送回风气流组织分析	69
5.4	架空地板送回风方式设计	72
5.5	提高送风效率的几种措施	73
5.6	机柜遏制气流组织设计	74
5.7	数据中心气流组织设计趋势	77
5.8	送风模式的演变	79
5.9	某数据中心机房 CFD 模拟	79
第 6 章	数据中心空调水系统设计	91
6.1	数据中心空调水系统设计原则	91
6.2	数据中心空调水系统分类	91
6.3	数据中心恒温恒湿机组管路系统设计	98
第 7 章	制冷空调设备	101
7.1	空调冷源选用原则	101
7.2	风冷冷水机组	102
7.3	自然冷却风冷冷水机组	103
7.4	螺杆式水冷冷水机	108
7.5	离心式水冷冷水机组	112
7.6	高压离心式水冷冷水机组	117
7.7	磁悬浮变频离心式水冷冷水机组	119
7.8	冷源形式的类型及其比较	121
7.9	制冷剂的选择	122
7.10	循环水泵	124
7.11	冷却塔	126
7.12	换热器	128
第 8 章	数据中心空调系统监测与控制	130
8.1	监测与控制目的	130
8.2	室内温、湿度监测与控制	130
8.3	冷源和空调水系统的控制与监测	136
8.4	动态参数控制	139
8.5	冷水机组群控系统	145
8.6	漏水报警系统	147
第 9 章	空调系统调试与维护管理	148
9.1	机房空调系统(直接蒸发风冷)调试与维护管理	148
9.2	机房空调系统(冷冻水型机组)调试与维护管理	150
9.3	机房空调电极式加湿器对水质要求	152

9.4	空调系统运行管理	153
9.5	冷源系统运行管理	154
第 10 章	数据中心空调节能措施及评估	158
10.1	数据中心空调节能措施	158
10.2	PUE 概念及计算方法	163
10.3	数据中心能效指标	164
10.4	数据中心耗能测量目的	165
10.5	数据中心耗能测量方法	166
第 11 章	蓄冷	167
11.1	数据中心蓄冷简述	167
11.2	数据中心常用蓄冷方式	168
11.3	蓄冷模式的选择	170
11.4	纯冗灾运行模式水蓄冷系统在数据中心的运用	174
第 12 章	国外数据中心空调工程实例	176
12.1	思科公司-得克萨斯州艾伦市数据中心	176
12.2	Facebook-俄勒冈州普林维尔数据中心	177
12.3	雪城大学-纽约雪城大学数据中心	179
12.4	雅虎-纽约州洛克波特数据中心	180
第 13 章	国内数据中心空调工程实例	182
13.1	中国移动某数据中心的空调设计	182
13.2	中国移动南方某数据中心的空调设计	188
13.3	中金数据北方某数据中心空调设计	195
13.4	中国电信西部数据中心的空调系统设计	202
13.5	中金数据华东某数据中心一期空调设计	210
附录	规范及标准	218
参考文献	219

第 1 章 数据中心空调的特点及标准

1.1 简 述

1.1.1 数据中心的发展

从计算机发明至今，人类社会的计算方式经历了“集中 > 分散 > 再次集中”的过程。1945 年，由美国生产了第一台全自动电子数字计算机“埃尼阿克”（英文缩写词是 ENIAC，即 Electronic Numerical Integrator and Calculator，中文意思是电子数字积分器和计算器）。这个体积 3000 立方英尺，占地 170m²，重量 30t，耗电 140~150kW 是一个名副其实的庞然大物，自 1946 年 2 月正式交付使用以来，在革命性的开启了人类计算新时代的同时，也顺带开启了与之配套的数据机房的演进。互联网数据中心（Internet Data Center）简称 IDC，就是电信部门利用已有的互联网通信线路、带宽资源，建立标准化的电信专业级机房环境，为企业、政府提供服务器托管、租用以及相关增值等方面的全方位服务。

第一阶段：1945~1971 年是集中计算的时代。计算机主要元件以电子管、晶体管为主，体积大、耗电大，主要运用于国防、科学研究等军事机构。由于计算成本过高，消耗的资源过大，因此，必须选择各种资源集中整合。由此，也就诞生了早期与计算机配套的第一代的数据机房。就是在这个时代有了精密机房空调。

第二阶段：1971~1995 年随着大规模集成电路的迅速发展，计算机除了向巨型机方向发展外，更多地朝着小型机和微型机方向快速演进。1971 年末，世界上第一台 PC 机在美国旧金山南部的硅谷应运而生，它开创了微型计算机的新时代。计算机走出了国防和科研机构，小型机和微型机在民用领域迅速拓展，大规模集成电路技术的迅速发展推动了小型机和微型机的快速演进和发展。在这个时代，计算的形态总的来说是分散为主，分散与集中并存。因此，数据机房的形态也就必然是各种小型，中型，大型机房并存的态势，特别是中小型机房得到了爆炸式的发展。

第三阶段：1995~现今，互联网的兴起被视为计算行业从发明计算机之后的第二个里程碑。互联网的兴起本质上是对计算资源的优化与整合。而对人类社会

分散计算资源的整合是计算发展本身的内在的要求与趋势。这种整合现在也成了关键环节，因此也会不断地演进，现今的热点：互联网宽带、虚拟化、刀片服务器、云计算等。

当前全球数据中心发展呈现的特点：

- (1) 能源消耗是 IDC 领域的最大成本支出，占总运营成本的 50% 左右。
- (2) 云计算投资力度不断加强，政府、金融、运营商、能源、交通、教育、互联网和制造业等已经纷纷开始部署和推进各自的云计算中心的构想。

目前我国的数据中心建设向着以下趋势发展：

- (1) 大规模、集中化建设；
- (2) 大力推广节能环保措施；
- (3) 选址普遍在偏远、高寒地区。

1.1.2 数据中心空调现状

在中国数据中心行业结构方面，通信、金融行业数据中心的建设较早，投入较大，应用相对成熟，目前这两大行业数据中心建设投入占据了比较大的份额。在金融、通信、政府、企业等行业数据集中化管理的带动下，中国数据中心建设进一步加快，数据中心建设进入一个快速发展阶段。

目前如果空调设计采用传统的下送上回的制冷模式，PUE 需求带来巨大挑战。互联网公司也需要应对数据量的增长。数据中心的耗电量以及电费 E 值为 2.0 左右。空调系统设计比较好的 PUE 值也在 1.5~1.6，国际上一些数据中心 PUE 值已达到 1.05~1.15。

1.1.3 新一代数据中心空调设计基本理念

随着 IT 技术日新月异的发展，信息化进程的深入，全球每年产生的数据量成倍的递增，极大的带动了数据中心的建设和发展。我国已逐步进入信息化社会，社会的生产、生活等各领域的活动，广泛通过网络化的信息系统来实现。

数据中心是一个庞大的系统工程，它承担着数据处理、数据存储和数据交换等职能。伴随着互联网、移动互联网的进一步发展，随着云计算、大数据等技术和应用的兴起，数据中心的建设也正面临新的机遇和挑战。一方面是数据中心规模的不断扩大，另一方面却是能耗的不断上升。在此趋势下，数据中心相关的基础设施的规划和设计标准，已经被越来越多的业内人士所重视。数据中心的建设从选址、规划、设计、建筑材料、施工、运行维护及 IT、制冷、供电设备等方面来降低能耗，数据中心的建设应当以提升可持续发展为目标，以节约资源为着力点，提倡建设大中型的绿色数据中心。根据目前国内数据中心能耗统计分配可

看出，空调系统占数据中心总能耗的比例很大，因此要建设一个绿色节能型数据中心，空调系统的节能势在必行。

数据中心的建设随着高性能、低能耗、高密度等性能方面的不断创新和优化。对空调系统来说，可通过优化送、回风方式利用活动地板将冷风直接送入服务器机柜进风口，进行冷热通道封闭；行间空调；热管节能空调；冷水背门空调；转轮空调实现制冷量的精确供给和按需分配，从而降低制冷系统的能耗。采用高效率的制冷系统，室外空气的直接引入，充分利用自然冷源达到降低能耗的目的。

1.1.4 新一代数据中心空调设计及建设目标

目前世界各国全面展开了对新一代高密度云存储产品超高容量、超高性能、节能环保的绿色魅力的研究。数据中心的高能耗成为数据中心的成本控制难点，在节能降耗、绿色环保，采用的节能降耗技术情况下需满足下列要求：

数据中心的基础设施、网络、计算资源、管理系统的规划、设计与建设，必须充分重视其特征、发展趋势和性能要求，并符合下述原则：

(1) 高性能

数据中心的计算资源、网络资源、基础设施资源具有较高的信息处理与吞吐能力，网络应充分满足数据交换与传输速度，不应存在阻塞，具备对突发流量、突发计算量的承受能力。

(2) 扩展性

为便于实现数据中心规模的扩展，数据中心的各系统采用模块化设计，方便系统增加新的功能，并能有选择地对某个功能模块进行升级或扩展。

(3) 适用性

数据中心的设计，对不同用户应满足不同的服务质量的需求。系统的设计和实施能够满足国内、国际标准及业主所要求的可用性指标，不影响其他设备和系统的正常工作。

(4) 安全性

系统的规划、设计、建设实施、运行等应符合抗干扰标准，安全可靠。

(5) 稳定性

系统设计成熟，产品应用广泛。数据中心的稳定运行，力求做到方案和产品的无缝连接。

(6) 通用性

系统的设计和实施应符合国内、国际和行业设计标准。

(7) 可维护性

对系统采取模块化的设计，产品的冗余设计作为要求指标。

(8) 可管理性

所采用的设备均采用智能化设计，以便集成监控。

(9) 经济性

以较高的性价比规划、设计与建设数据中心，使资金的产出投入比达到最大值。

(10) 节能、减排、环保

数据中心的方案、设计、设备选型、建设及运行管理等要求采用切实有效的措施或技术来充分体现节能、减排、环保的要求，建设绿色的数据中心。

1.1.5 空调系统在数据中心建设的作用

2007 年绿色网格 (The Green Grid) 提出了电能利用效率 PUE，数据中心能源效率系数 PUE 是建设数据中心一个重要指标。如何降低 PUE 与空调方案关系非常密切。数据中心能耗比例参见图 1-1。从图可以看出空调系统占的比例还是很高的。

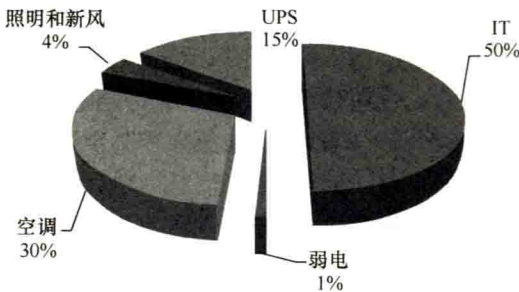


图 1-1 数据中心设备能耗比例图

目前，我国及世界多国的政府和组织积极推进绿色 IDC 的标准规范和认证评估，全面展现节能环保的绿色魅力。

如美国的 LEED 认证，从建筑场址、水资源利用、建筑材料、室外空气冷源利用、室内空气质量等方面对建筑进行“绿色”评估，分为白金、金、银、铜等级。

1.1.6 新一代数据中心空调发展趋势

目前在 IDC 发展的进程中也出现了一系列问题，比如运营成本不断攀升、管理复杂、信息安全面临严峻挑战、能源的压力沉重等。

新一代数据中心空调需要构建一个灵活的，模块化的和可扩展的数据中心。通过模块化数据中心的设计理念来降低运营成本，充分利用空间，减少能源消耗，同时能快速扩展。结合环境情况，充分利用自然冷源，合理设定室内空气参数及冷却参数。

1.2 数据中心空调设计特点

数据中心空调系统必须保证每天 24 小时、一年 365 天供冷。空调系统不仅要满足室内温、湿度及控制精度需求，在高密度环境中，以确保服务器不间断的散热，制冷系统的可靠性及持续、稳定运行是非常必要的。数据中心空调设计特点如下：

1. 显热量大

机房内安装的主机及辅助设备均以对流、辐射、传热方式向机房内散发热量，这些热量仅造成机房内温度的升高，属于显热。一个服务器机柜散热量在每小时几千瓦到十几千瓦，如果是安装刀片式服务器，散热量会更高一些。大中型计算机房设备散热量在 $400\text{W}/\text{m}^2$ 左右，装机密度较高的数据中心可能会到 $600\text{W}/\text{m}^2$ 以上。机房内的显热比可高达 95%。

2. 潜热量小

机房内没有散湿设备，潜热主要来自室外空气及维护人员，而大中型计算机机房一般采用人机分离的管理模式，新风一般是经过温、湿度处理后进入机房，如果机房围护结构密封较好，机房潜热量很小。

3. 大风量、小焓差

IT 设备密集的区域发热量集中，为使机房内各区域温湿度均匀，控制在允许的基准数及波动范围内，需要有较大的风量将发热量带走。所以送风量大会送风温差及焓差就小。

4. 洁净度要求高

数据机房有空气洁净度要求。空气中的尘埃、腐蚀性气体等会损坏电子元件的寿命，引起接触不良和短路等。因此要求对空调风系统空气进行除尘、过滤处理。根据《电子计算机机房设计规范》规定，主机房内的空气含尘浓度，在静态条件下测试，每升空气中大于或等于 $0.5\mu\text{m}$ 的尘粒数，应小于 18000 粒。为保持机房内的正压，需向机房内补充新风。

5. 不间断运行、常年供冷

数据中心是需要一个全年供冷的空调系统，机房内设备散热基本属于稳定热源，全年不间断运行。这就需要有一套不间断的空调系统来保障，系统及设备的冗余在保障通信业务中起着越来越重要的作用。冗余对于 IT 系统而言应该被认为是非常必要。对于大型的数据中心（A 级）不但要有冗余，还需要在冷冻水给水系统中串联或并蓄冷水罐，满足不间断供冷的要求。

1.3 数据中心空调设计标准

21 世纪第一个十年的发展，电力使用效率（PUE）越来越受到重视。电力使用效率（PUE）已成为衡量数据中心设计和运行效果的重要指标。全世界新一代的数据中心设计者向更低的电源使用效率 PUE 做出更大的努力，各种设计理念层出不穷。

空调系统是数据中心重要组成部分，其设计思想和理念也发生了显著的变化（如采用高效的设备，引入自然冷源等）。在这些变化的过程中，设计时要充分重视设计标准。

当前，我国没有专门的数据机房设计规范，空调设计师参照的设计标准也不一样。通常通信运营商（电信、移动、联通）数据机房设计依据是运营商自行编制的机房设计规范。政府、企业的数据机房设计依据《电子信息系统机房设计规范》GB 50174—2008。

数据机房的空调系统主要服务对象是服务器、网络设备及安装在机架中的设备，而不是人。数据通信设备具有全天候连续运行，对环境有特定的要求，在环境控制失控的情况下会产生硬件故障等。本章立足于数据通信设备特点，结合国内外设计规范和研究文献，从内部环境、外部环境、气密性等方面，介绍数据机房设计标准。

1.3.1 环境分级

不同的数据机房运营者，对数据机房的要求是不一致的。有些数据机房主导属性是安全性；有些数据机房的主导属性是在有限的安全性基础上的能耗。另外，网络设备形式或特殊的要求导致其对环境的要求是有差异的。

ASHRAE 出版的《2011 数据处理环境规范—数据中心扩容分级和使用指南》一书中将数据通信设备要求的环境工况等级分为 A、B、C 三级，其中 A 级适用于数据机房，分 A1、A2、A3、A4 四级。

通信运营部级标准和《电子信息系统机房设计规范》GB 50174—2008 标准根据机房的使用要求、管理要求及其在经济和社会中的重要性来分级。主要分为 A、B、C 三级，各级定义如下：

A 级：机房内数据设备运行中断将造成重大的经济损失或数据设备运行中断将造成公共场所秩序严重混乱。场地设备系统原则上为容错型。A 级机房空调系统具有容错性和应据备在线维护。

B 级：机房内数据设备运行中断将造成较大的经济损失或数据设备运行中断将造成公共场所秩序混乱。场地设备系统原则上为冗余型。B 级机房空调系统具

有冗余性和可在线维护。

C级：不属于A级或B级的数据机房为C级。C级为基本型，在场地设备正常运行情况时，应保证数据设备运行不中断。

另外，需要明确的数据机房的支撑区和辅助区等级，宜与主机房保持一致。

支撑区是保障支持数据机房的设备完成信息处理过程的房间。如：变配电室、柴油发电机房、UPS室、电池室、空调机房、动力站房、消防设施用房、消防和安防控制室等。

辅助区是数据机房的数据设备调试，运行监控和管理的房间。如：接待区、操作区、监控室、休息区、会议室等。

1.3.2 内部环境

数据机房的内部环境探讨的主要是温度、湿度、温度变化率及洁净度参数的要求。表1-1列出了ASHRAE的数据机房A1-A4对环境的推荐值和允许值。

2011年ASHRAE级数据机房温湿度设计工况

表1-1

级别	设备环境规格							
	开机时					停机时		
	干球温度 (°C)	相对湿度 范围不 结露	最高 露点温度 (°C)	最高海拔 (m)	温度变化率 (°C/h)	干球温度 (°C)	相对湿度 (%)	最高露点 温度(°C)
推荐值								
A1-A4	18~27	60%露点 温度 5.5~15°C						
允许值								
A1	15~32	20%~80%	17	3050	5/20	5~45	8~80	27
A2	10~35	20%~80%	21	3050	5/20	5~45	8~80	27
A3	5~40	露点温度 -12°C并 8%~85%	24	3050	5/20	5~45	8~85	27
A4	5~45	露点温度 -12°C并 8%~90%	24	3050	5/20	5~45	8~90	27

注：1. 本表与2008年ASHRAE规范相比，加入A3和A4等级以扩展数据设备的环境温湿度范围。

表中A1、A2、B、C级和GB 50174—2008标准版本的1、2、3、4是基本一致的。

2. 表中温度变化率的数值指的是采用磁带驱动数据设备，温度变化率是5°C/h，采用磁盘驱动则是20°C/h。

如图1-2所示为运营商级和GB 50174—2008标准中开机时的温度和湿度工况在焓湿图的表示。

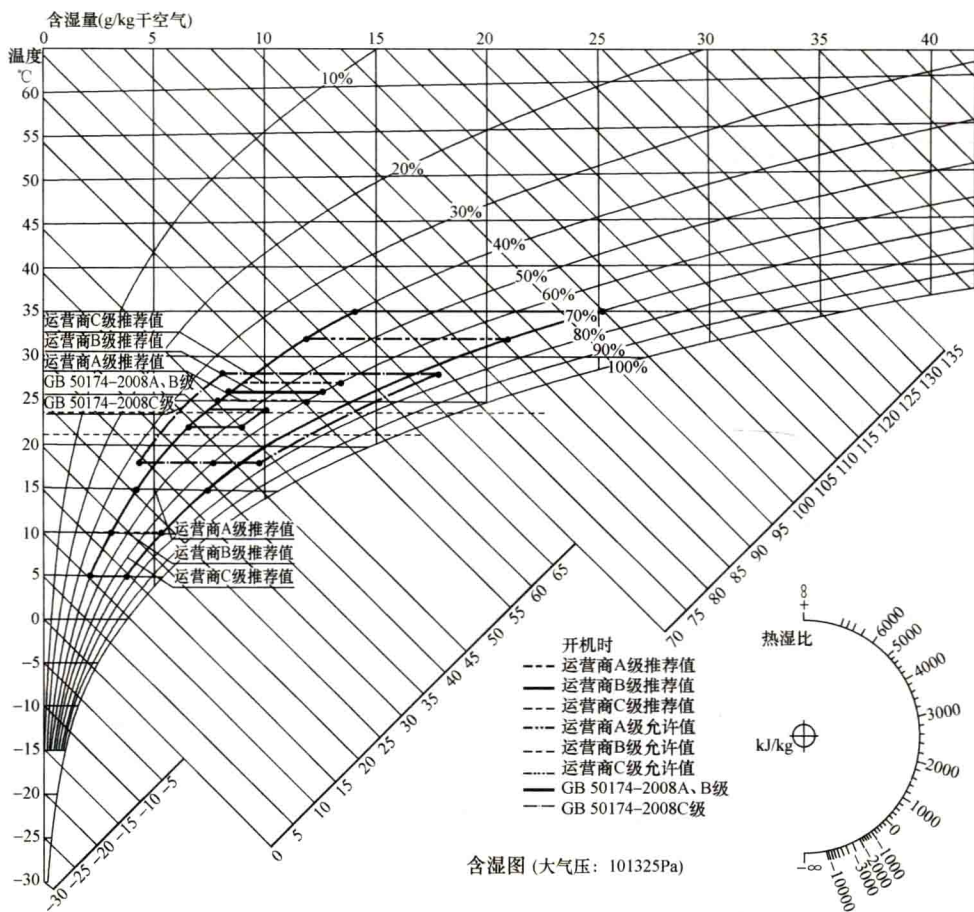


图 1-2 运营商级和 GB 50174—2008 标准中开机时的温度和湿度

如图 1-3 所示为运营商级和 GB 50174—2008 标准中停机时的温度和湿度工况在焓湿图的表示。

如图 1-4 所示为 ASHRAE 标准中的温度和湿度工况在焓湿图的表示。运营商级的参数是在国内各运营商数据机房的设计标准基础上，综合考虑国外设计参数和工程实践。设计时选取温、湿度应参照推荐值，而不是允许值。温、湿度推荐值是指在这种温湿度范围情况下数据机房将会以最可靠、最会被接受和最合理的节电方式运营。允许值是允许设备短时间在温度环境下运行。

1. 温度

温度与数据设备能耗、空调系统能耗和设备安全性有密切的关系。以上两种环境标准的主要区别在于对服务器进风温度的要求不同；《电子信息系统机房设计规范》GB 50174—2008 要求服务器进风温度为 13~15℃（考虑 8℃对服务器温升）；而 ASHRAE 对服务器要求的进风温度范围为 18~27℃。提高服务器进