

美国采暖制冷空调工程师学会数据中心系列丛书
ASHRAE Datacom Series

数据通信设备 功率趋势与冷却应用

Datacom Equipment Power Trends
and Cooling Applications

Compute Servers - 1U, Blade And Custom

Communication - High Density

Compute Servers - 2U And Greater

Storage Servers

Workstations (Standalone)

Tape Storage

[美] ASHRAE TC 9.9 主编
陈巍 沈添鸿 杨国荣 王振华 译
胡仰普 校

2004 2006 2008 2010 2012 2014



中国建筑工业出版社
CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

美国采暖制冷空调工程师学会数据中心系列丛书

ASHRAE Datacom Series

数据通信设备功率趋势与 冷却应用

**Datacom Equipment Power Trends and
Cooling Applications**

【美】ASHRAE TC 9.9 主编

陈巍 沈添鸿 杨国荣

胡仰耆 校



中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2009-6040 号

图书在版编目 (CIP) 数据

数据通信设备功率趋势与冷却应用/ [美] ASHRAE TC 9.9 主编; 陈巍等译; 胡仰耆校. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011.1
(美国采暖制冷空调工程师学会数据中心系列丛书)
ISBN 978-7-112-12606-4

I. ①数… II. ①A…②陈…③胡… III. ①电子计算机机房-空气调节设备-设计 IV. ①TP308②TU831.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第205614号

© 1995 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Translated by permission from **ASHRAE TC 9.9 Datacom Series**. All rights reserved. Translated by IBM Global Services China. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To obtain the English language edition, contact ASHRAE, 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA 30329-2305 USA, Telephone: 404-636-8400, Fax: 404-321-5478, or www.ashrae.org.

本书著作权归美国采暖制冷空调工程师学会所有, ASHRAE 数据中心技术委员会授权翻译, 保留所有权利。本书由 IBM 全球服务中心(中国)组织翻译。ASHRAE 声明对本书的翻译版本不负责任。若购买原版书, 与 ASHRAE 联系, 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA 30329-2305 USA, Telephone: 404-636-8400, Fax: 404-321-5478, or www.ashrae.org.

责任编辑: 张文胜 责任设计: 张 虹 责任校对: 马 赛 王金珠

美国采暖制冷空调工程师学会数据中心系列丛书

ASHRAE Datacom Series

数据通信设备功率趋势与冷却应用

Datacom Equipment Power Trends and Cooling Applications

【美】ASHRAE TC 9.9 主编
陈 巍 沈添鸿 杨国荣 王振华 译
 胡仰耆 校

*

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

北京千辰公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 5 $\frac{3}{4}$ 字数: 138 千字

2010 年 12 月第一版 2010 年 12 月第一次印刷

定价: 22.00 元

ISBN 978-7-112-12606-4

(19849)

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)

数据通信设备功率趋势与 冷却应用

**Datacom Equipment Power Trends and
Cooling Applications**

本书是与负责“重要设施、工艺房间与电子设备”的 ASHRAE TC 9.9
(技术委员会) 合作完成的。

原版书的任何更新或勘误将在 ASHRAE 网站 www.ashrae.org
或其出版物修订信息上告示。

ASHRAE 数据中心系列丛书中文版

翻译小组成员名单

杨国荣	华东建筑设计研究院有限公司
胡仰耆	华东建筑设计研究院有限公司
沈添鸿	美国国际商业机器(IBM)全球(中国)有限公司
任 兵	华东建筑设计研究院有限公司
陈 亮	美国国际商业机器(IBM)全球(中国)有限公司
陈 巍	美国国际商业机器(IBM)全球(中国)有限公司
王振华	美国国际商业机器(IBM)全球(中国)有限公司
盛安风	华东建筑设计研究院有限公司
曹雷鸣	上海市工业设备安装有限公司

译者的话

经过 30 多年改革开放，我国的国民经济得到了快速发展，涌现出大批国际级骨干企业。随着数据处理业务需求的爆炸式增长和计算机、网络技术的飞跃进步，银行、保险、证券等金融行业、交通运输、医疗卫生等大型企业及政府机构相继建立起许多数据中心。在数据处理业务需求和 IT 技术的共同推动下，我国的数据中心建设现已进入了高速发展时期。数据中心的熱密度每年呈上升趋势，且这种趋势还在继续。目前，数据中心内大量采用的新型服务器的熱密度已达 $20\sim 30\text{kW}/\text{机柜}$ ，常用的空调系统已难以满足这类高密度机房的冷却要求。进入 21 世纪后，我国政府提出了节能是国策的方针，在逐步加大节能减排的力度，这对耗能大户的数据中心的节能设计提出了挑战，建立一个新型数据中心的任务摆在数据通信设备制造商、数据中心设计者和运行管理者面前。新型数据中心应具有“高效、节能、可管理”的优势，在解决降低用户直接成本和管理问题的同时，有助于建设节约型社会。

美国采暖制冷与空调工程师学会 (ASHRAE) 在 2001 年成立了关于数据中心的技术小组，该小组早期名称为“TG9HDEC”。2003 年后小组改名为技术委员会 9.9 (简称 TC 9.9)。TC 9.9 是一个由数据通信设备生产商、数据设备终端用户的业主与管理人员与政府机构、咨询机构、研究机构和测试实验室专家组成的专业研究团队。该团队对数据中心的重要设施、技术要求、电子设备及系统进行了细致地研究和总结，其研究成果编入了 ASHRAE 手册，并出版了 ASHRAE TC 9.9 数据中心系列丛书。2009 年，ASHRAE 对其中三本书进行了修订，出了第 2 版。本翻译组有幸通过“国际商业机器 (IBM) 全球 (中国) 有限公司”从美国 ASHRAE 购买了该系列丛书中文版的版权，将这套丛书翻译出版，以期对我国数据中心设计和运行管理人员有所帮助。

《数据通信设备功率趋势与冷却应用》(Datacom Equipment Power Trends and Cooling Applications) 是该系列丛书的第 2 册。本书有 5 章，它

们分别为引言、背景、负荷发展趋势及其应用、风冷计算机设备、水冷计算机设备。书中提供了数据通信设备新的、扩展的功率趋势图，使数据通信设施的设计者能更精确地预示设施未来会期望到、且需适应的数据通信设备负荷和将趋势信息应用到当今数据通信设施设计中的方法。本书还介绍了可处理未来负荷的各种风冷与液冷系统方案；书中还含很有价值的附录，它收集了被数据通信设备制造商、设施运行行业和供冷设计与施工行业所用的术语和定义。该书内容全面且深入浅出，对从事数据中心设施空调设计及运行管理的人员具有较大的参考价值和指导作用。

译者对此系列丛书进行了精心的翻译，以期让该丛书尽快与广大读者见面。本书的翻译得到了美国“国际商业机器（IBM）全球（中国）有限公司”的大力赞助，在此表示诚挚的感谢。此外，我们还应对本书的责任编辑张文胜先生和姚荣华主任所作出的辛勤劳动表示敬意和感谢。同时也感谢华东建筑设计研究院有限公司的同仁，是他们的关心和期望使本书的翻译工作得以顺利地完成。

本书的译、校者虽已尽力，但是由于全书是在工程设计的业余时间内完成的，也由于译者的学识水平和英语能力有限，译文中难免会出现错误和不确切的地方，或者不能准确表达原著的学术内涵之处，热忱地欢迎广大读者、专家、同仁批评指正。

杨国荣 胡仰耆 陈 巍

2010年9月20日

致谢

感谢以下公司的代表，参与完成了本书的编写：

Alcatel	Hellmer & Medved
ANCIS	
	Hewlett Packard
	IBM
ATI Technologies	
Cisco System	Intel Corporation
Cray Inc.	Lawrence Berkeley National Labs
Data Aire, Inc.	Liebert Corporation
Dell Computers	Mallory & Evans, Inc.
Department of Defense NSA	Motorola, Inc.
DLB Associates Consulting Engineers	Nortel
EMC Corporation	Sun Microsystems
EYPMCF	Syska & Hennessy Group Inc.
Fannie Mae	Taylor Engineering
Freescale Semiconductor	The Uptime Institute
Fujitsu Laboratories of America	

ASHRAE TC 9.9 特别感谢以下人员：

- Christian Belady, David Copeland, Shlomo Novotny, Gamal Refai-Ahmed 与 Robin Steinbrecher，感谢他们积极参与，包括参加电话会议、进行撰写和审阅。
- IMB 的 Roger Schemidt 博士，感谢他在本书的创作、质量提高中热情的参与和做出的贡献。
- DLB 联合咨询工程公司，感谢 Neil Chauhan 先生制作了贯穿于本书中的许多图案以及与本书无关的一些支持性图表。
- DLB 联合咨询工程公司，感谢 Don Beaty 先生为本书初版所做的工

作，他以坚韧不拔的决心与努力完成了本书的初版编写。他的领导和支持继续明确了 TC 9.9 技术委员会正在获得成功。

• 此外，ASHRAE 技术委员会 TC 9.9 还应感谢以下人士：Dan Baer, Ken Baker, Dina Birrell, Mike Bishop, Alan Claassen, Howard Cooper, Tom Currie, Tom Davidson, Brian Durham, Bill French, Dennis Hellmer, Magnus Herrlin, Mark Hydeman, Charlie Johnson, Christopher Kurkjian, H. S. Liang Landsberg, Andy Morrison, David Moss, Greg Paustch, Dick Pressley, Terry Rodgers, Jeff Rutt, Melik Sahraoui, Grant Smith, Vali Sorell, Fred Stack, Ben Steinberg, Robin Steinbrecher, Jeff Trower, William Tschudi 与 David Wang。

目录

译者的话
致谢

第 1 章	引言	1
1.1	目的与任务	1
1.2	各章简介	1
第 2 章	背景	3
2.1	数据通信设施规划	3
2.2	数据通信设备扩容影响设施简单示例	6
2.3	功率密度定义概述	9
2.4	IT 行业与设施行业合作	10
2.5	IT 行业背景	11
第 3 章	负荷发展趋势及其应用	12
3.1	概述	12
3.2	以设备基底面积 ft^2 与功率 W 度量 (W/ft^2) 的定义	13
3.3	热管理联盟 (Thermal Management Consortium) 和 Uptime 协会趋势图	15
3.4	趋势图进展	16
3.5	磁带存储器/独立工作站	16
3.6	服务器和磁盘存储系统	17
3.7	通信设备	18
3.8	ASHRAE 更新与扩展功耗趋势图	20
3.9	产品周期与建筑物寿命周期	20

3.10	预测未来负荷	21
3.11	为未来负荷做准备	22
第 4 章	风冷计算机设备	23
4.1	引言	23
4.2	风冷系统概述	24
4.3	地板送风系统	24
4.4	头部上方空气分布系统	26
4.5	送风与回风气流控制	27
4.6	就地分布系统	29
4.7	风冷设备	31
4.8	可靠性	31
第 5 章	液冷计算机设备	32
5.1	引言	32
5.2	液冷概述	33
5.3	液冷计算机设备	33
5.4	计算机设备的冷液	34
5.5	数据通信设施冷水系统	36
5.6	可靠性	38
附录说明		39
附录 A	设施与 IT 行业术语汇总	40
附录 B	信息/数据通信设备热负荷趋势补充图	55
附录 C	电子元件、半导体元件、微处理器 与国际半导体技术进程图	61
C.1	国际半导体技术进程图 (International Technology Roadmap for Semiconductors, ITRS)	61
C.2	半导体	61
C.3	双极与 CMOS (互补型金属氧化物半导体器件) 概述	63

附录 D 数据通信设备总成微观与宏观概述 64

 D.1 引言 64

 D.2 处理器 (Processor) 64

 D.3 存储器 (Memory) 65

 D.4 主板 (Board) 65

 D.5 服务器 66

 D.6 机架 (Rack) 70

 D.7 机架排 (Rows) 72

 D.8 技术空间——架空地板
 (Technical Space——Raised Floor) 73

 D.9 数据通信设施 (Datacom Facility) 73

参考文献 75

第 1 章

引言

1.1 目的与任务

本书的目的是讨论数据通信（数据中心与通信）设备级的电力趋势，并介绍在对构架（例如冷却系统）需求和整个设施做出重要决策时如何应用这些趋势。

研究“趋势”的基本定义很重要，它在本书中被定义为“某一事物移动的总方向”。本书中定位或出现的“趋势”不应以字面来理解，而要以主题的方向和大小的总指向来考虑。本书的读者对象是：

（1）规划数据通信设施的规划师和管理员；

（2）规划与设计数据通信设施的团队；

（3）需要了解数据通信设备能量密度和装置规划趋势的数据通信设施建筑师和工程师。

在信息技术（IT）行业（本书中用的 IT 可与术语 IS-Information Service 互换）与设施的设计、施工、运行之间存在着需要沟通的信息间隙，今天的数据通信设施需要全盘考虑数据通信设备与设施冷却架构之间的关系。

两个行业之间的表面的和一般性了解是非常重要的，这虽非直接责任，但直接影响着预算、运行或性能。对于设备制造商、设计建筑师/工程师、工程承包商和服务技术员来说，有一般性了解同样是重要的。

1.2 各章简介

以下是本书各章内容简介：

第 1 章——引言 介绍本书的目的与任务和各章内容。

第 2 章——背景 讨论数据通信设施规划中 5 个方面的内容。此外，

还提供了—个简单的例子以说明如何在规划阶段利用该过程。最后讨论了公制电力密度。

第3章——负荷发展趋势及其应用 该章有最新的和延伸的数据通信设备功率趋势图，包括各类设备耗电历史趋势。它概述了各组数据通信设备从以前的功率趋势图至本书公布的趋势图的趋势估计。还讨论了新数据通信设施规划时负荷趋势图的应用和如何为此容量做准备。

第4章——风冷计算机设备 提供了各种计算机设备的配置。这些配置包括室外冷却设备、室内机架外的冷却设备和具体安装在机架上的冷却设备。

第5章——液冷计算机设备 该章介绍重新出现液冷的背后原因，潜在解决高密度负荷的方法以及为加强传热所用的各种液体。

附录 附录中收集了补充本书各章内容的信息，这些信息对数据通信设备冷却是有用的，获得或集中收集它们很不容易。例如，附录中有用于楼宇设计/施工行业和IT行业、与冷却有关的术语。它实现了集中、单源并强调集成与各行业合作的目标。

第 2 章

背景

2.1 数据通信设施规划

通常情况下，建筑师和工程师根据原有习惯、建筑规范和当地情况提供环境的基础架构，然而他们并没有经过未来信息技术发展的培训，不了解技术的易变性。而 IT 员工理应深远、无可置疑地为他们的特殊机构，至少从战术规划周期的角度洞察 IT 的需求。

尽管如此，IT 员工对未来会发生的情况还是可以提供一些见解的，例如在数据通信设施战略规划中，就所需空间的大小、未来系统对环境的影响提供一些指导。

由于目前的趋势表明了功率密度正在增加，因此有了这样的关心：负荷的增加如何来表征它，如何来规划这些负荷，如何选择最适合负荷要求的冷却系统。但最大的挑战性问题是：由谁来真正规划数据通信设施？

- (1) 由建筑师/工程师进行规划？
- (2) 由 IT 部门在预测未来数据通信应用增长的基础上进行规划？
- (3) 设施部门在得到 IT 部门提供的设备数量和类型后进行规划？
- (4) 由设施的业主/发展商根据资金情况进行规划？
- (5) 由以上所列各方联合确定？

遗憾的是，许多公司在数据通信设施扩展规划或新的数据通信设施建造过程中，都未很好地利用许多资料。本书的目的是将重点放在数据通信的功率趋势上，也简单介绍得出所需地板面积的过程，期待在此过程中剔除一些模糊概念。

每个数据通信设施都有自己的特点，每个公司都有不同的应用，因此有不同的硬件，导致数据通信设施个性化差异很大。表 2-1 是一个具体的数据通信设施硬件所占面积比例。

数据通信设施面积分解示例 表 2-1

存储服务器	19.0%	通道	20.0%
计算服务器	11.0%	预留面积（未来扩建）	16.0%
通信设备	5.0%	冷却设备	12.0%
控制区	4.0%	特殊设备间	3.5%
打印机	2.0%	配电房	3.0%
接插板	1.0%	房间供应物	2.0%
		柱子	1.0%
		门口/通路坡道	0.5%
IT 专用面积小计	42.0%	非 IT 专用面积小计	58.0%
总计			100.0%

（注：具体数值会有很大差异）

提出面积细分的关键是想说明数据通信设施所需空间是由许多组分构成的。多数情况下，人们更加关注服务器，但在扩展所需空间时必须有全盘观点，必须包括许多要素。

开始数据通信设施规划时，不应将重点放在组成数据通信设施的硬件上。虽然硬件确实是占用了数据通信设施的地板面积，但软件做了所有工作。因此，规划开始时应理解目前与未来需要完成业务运行的用途是什么。用途的容量驱动了硬件需要，进而又驱动了地板面积和能量的需要。

在目前数据通信设施空间布局，或在新的数据通信设施规划中，应考虑以下 5 个方面：

- (1) 现有地板应用面积；
- (2) 基于机架地脚面积的技术性能的提高；
- (3) 处理能力与存储能力之比较；
- (4) 应用情况随时间而变化；
- (5) 资产更新。

当然，本书将着重于设备的功率趋势与对容纳设备的环境的影响，导致对支持该设备的基础构架的影响。然而也需要了解纳入数据通信设施规划的其他要素之间的相互关系。在该规划中，随着规划的逐步进行，将越加显现设备功率趋势的重要性。

1. 现有地板应用面积

即使一个新的数据通信设施可能有过规划，有人会说规划过的新设施与仍在使用的既有设施之间肯定没有关系。但在目前的数据通信设施内制