

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

数据通信设备 中心设计研究 (原著第二版)

Design Considerations for Datacom
Equipment Centers

Second Edition

[美] ASHRAE TC 9.9 主编
杨国荣 胡仰耆 沈添鸿 陈亮 王振华 译



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

TP308/6

2010

美国采暖制冷与空调工程师学会数据中心系列丛书

ASHRAE Datacom Series

数据通信设备中心设计研究

(原著第二版)

Design Considerations for Datacom Equipment Centers
Second Edition

【美】ASHRAE TC 9.9 主编

杨国荣 胡仰耆 沈添鸿 陈 亮 王振华 译

中国建筑工程工业出版社

著作权合同登记图字：01-2009-6035号

图书在版编目(CIP)数据

数据通信设备中心设计研究(原著第二版)/[美] ASHRAE TC
9.9 主编; 杨国荣等译. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010
(美国采暖制冷与空调工程师学会数据中心系列丛书)
ISBN 978-7-112-11692-8

I. 数… II. ①A…②杨… III. 电子计算机-机房-空气调节
设备-设计 IV. TP308 TU831.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 237646 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与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 姚荣华 / 责任设计: 郑秋菊 / 责任校对: 刘钰

美国采暖制冷与空调工程师学会数据中心系列丛书

ASHRAE Datacom Series

数据通信设备中心设计研究(原著第二版)

Design Considerations for Datacom Equipment Centers Second Edition

【美】ASHRAE TC 9.9 主编

杨国荣 胡仰耆 沈添鸿 陈亮 王振华 译

*

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

北京天成排版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 12½ 字数: 305 千字

2010年2月第一版 2010年2月第一次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-11692-8

(18945)

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)

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。数据中心的热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机架式服务器和刀片式服务器的热密度已达 20~30kW/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,并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,该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,以期对我国暖通设计人员和数据中心运行管理人员有所帮助。

《数据通信设备中心设计研究》(Design Considerations for Datacom Equipment Centers)是该系列丛书的第3册。本书共14章,分别从设计标准、空调负荷考虑、计算机房概论、空气分布、液体冷却、辅助房间、污染、噪声、结构与抗震、火灾探测与灭火、调试、可利用性与冗余、节能等方面对数据中心设施空调系统设计方法及运行管理要求进行详细地叙述,内容全面且深入浅出,对从事数据通信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,以期让该著作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 沈添鸿

2009年11月10日

原著第二版前言

自从“数据通信设备中心设计研究”(Design Consideration for Datacom Equipment Centers)第一版出版以后,为了必要的更新,我们对此书又作了仔细的审视。正如 Standard 90.1 始终在维护一样,TC 9.9 的出版物也一直在进行修改,它包括最新的行业见解和意见。

本书第二版的更改内容主要有:更新环境参数的包络区;数据通信设施中运行设备入口处的推荐温度。这些更改在盐湖城 2008 年 ASHRAE 年会期间得到了 TC 9.9 的批准,是“数据处理环境热指南”(Thermal Guidelines for Data Processing Environment)一书第二版的基础。此外,委员会中的 17 个原设备制造商同意修改温度、改变速率的规定,这些更改也反映在此版中。

在“数据通信设备中心设计研究”(Design Consideration for Datacom Equipment Centers)中,增加了反映“热指南”更改的附录 A;表 2.1、图 2.1(a)、第 2.3 节和第 14 章的部分内容已经更新;参考信息中的有些排印错误与其他差错也已得到纠正。

致谢

本指南中信息的获取得了以下公司的帮助与支持：

A. G. . Edwards	IBM
ANCIS	Intel Corperation
American Power Conversion	Lawrence Berkeley National
Bell South	Laboratories
Citigroup	Liebert Corperation
Data Aire, Inc.	Mallory&Evans, Inc.
Dell Computers	Nelson Acoustical
Department of Defence NSA	Nortel
DLB Associates Consulting Engineers	Northwest Airline
EDS	Rice University
EYP Mission Critical Facilities	Stulz-ATS
Fannie Mae	Sun Microsystems
Fluent, Inc.	Syska&Hennessy Group, Inc.
Fujitsu Engineering	Tier 4 Consulting
Heapy Eneering	Wright Line, LLC
Hewlett Packrd	

ASHRAE TC 9.9 尤其要感谢以下人员：

• **David Copeland, Tom Davidson, Dennis Hellmer, Christopher Kurkjian, Budy Notohardjono, Dick Pressley, Joe Prisco, Terry Rodgers, Roger Schmidt, Vali Sorell, Fred Stack, BenJamin Steinberg, Jeff Trower**

感谢他们作为每章的领导所参与工作，包括召集许多会议、文章编写与审查等。

• **Dr. Roger Schmidt**—IBM 公司，感谢他非常热情地参与了本书的编写和最终编辑。

- **Mr. Tom Davidson**—DLB Associates Consulting Engineers, 感谢他编辑了本书的许多草稿。

- **Mr. Don Beaty**—DLB Associates Consulting Engineers, TC 9.9 的主席, 感谢他对本书的眼光, 并将眼光变为现实的推动与领导。

此外, ASHRAE TC 9.9 要感谢以下人员为本书的创作做出了巨大贡献: John Adelsberger, Paul Benanti, Mark Germagian, Jack Glass, Andrew Higgins, Magnus Herrlin, Matthew Nobile, Ron Shapiro Bella Treyger, Willian Tschudi, Jim VanGilder.

第二版

ASHRAE TC 9.9 衷心感谢以下人员为重要而新的环境要求包络区(见附录)以改善数据中心节能所做的工作。他们是: David Moss, Dell; David Copland, Sun Microsystems; Tim McCann, SGI; Bill Frence, EMC; Hermann Chu, Cisco Systems; Mike Bishop, Notel; Chris Malone, Glenn Simon, Hewlett-Packard; Jim Nicholson, AMD; Greg Pautsch, Cray; Wilian Ling, Unisys; Roger Schmidt, IBM; Leo Volpe, itachi Global Storige Technologies; Jonathan Kellen, Seagate Technology. 感谢他们积极地参与本版的工作, 包括召集许多会议、撰写或编辑以及审查。

此外, ASHRAE TC 9.9 还要感谢以下人员: Vali Sorell, Syska Hennessy Group; Bob Blough, Emerson Network Power; Nick Gangemi, Data Aire; Rhonda Johson, Panduit; Alan Claassen, Hussain Shaukatullah, IBM Cop.

目录

译者的话
原著第二版前言
致谢

第 1 章 概述 1

第 1 部分 数据通信设施基础

第 2 章 设计标准 7

2.1 概述 7

2.2 环境要求 8

2.3 温度..... 11

2.4 温度变化率 12

2.5 湿度..... 13

2.6 空气过滤与污染 13

2.7 通风..... 13

2.8 围护结构考虑 14

2.9 人员舒适 15

2.10 灵活性 15

2.11 其他考虑 15

第 3 章 暖通空调负荷考虑 17

3.1 数据通信设备 17

3.2 设备负荷，包括高密度负荷 18

3.3 配电设备 20

3.4 其他负荷 20

第 4 章 计算机房冷却概论	23
4.1 计算机房空调(CRAC)机组	23
4.2 集中式空调器	26
4.3 液体冷却	27
4.4 冷水输配系统	28
4.5 冷凝器系统	29
4.6 制冷	30
4.7 冷水机组	30
4.8 水泵	30
4.9 管路	31
4.10 加湿器	31
4.11 控制与监视	32
第 5 章 空气分布	35
5.1 概述	35
5.2 气流通过设备	35
5.3 经过设备房间的风量	37
5.4 CFD(计算流体动力学)模拟	39
5.5 房间冷却分类(方案)	39
第 6 章 液体冷却	47
6.1 液冷概述	47
6.2 数据通信设施冷水系统	48
6.3 液冷计算机设备	49
6.4 冷却液体	52
6.5 可靠性	54

第 2 部分 其 他 考 虑

第 7 章 辅助房间	57
7.1 配电设备	57
7.2 电池站房	59
7.3 发动机/发电机间	62
7.4 开机间与试验室	62
7.5 数据通信设备备件	63
7.6 储藏室	63

第 8 章 污染	65
8.1 引言	65
8.2 污染类别	66
8.3 数据通信设备间内行业确定的污染物限值与测试方法	69
8.4 设施设计——数据处理中心总体考虑	72
8.5 总结	79
第 9 章 噪声散发	81
9.1 声学	81
9.2 ASHRAE 资源	82
9.3 噪声问题的三个方面：噪声源、途径和接收者	83
9.4 噪声对人的影响	84
9.5 噪声源的声功率级	85
9.6 数据通信设备声功率级限值	86
9.7 房间内的声压级	86
9.8 数据通信设施内声压级限值	88
第 10 章 结构与抗震	91
10.1 建筑物楼板结构	91
10.2 检视用地板块及其结构	94
10.3 地震区内数据通信设备安装	96
第 11 章 火灾探测与灭火	101
11.1 火灾报警系统	101
11.2 灭火系统	107
11.3 火灾屏障(阻火)应用	112
11.4 机械通风系统	113
第 12 章 调试	117
12.1 引言	117
12.2 初始文件	118
12.3 调试级别	119
12.4 重要设施调试	120
12.5 调试费用	121

12.6	结论	122
第 13 章	可利用性与冗余性	123
13.1	可利用性的定义	123
13.2	冗余性	125
13.3	分散性	126
13.4	人为失误与可利用性	126
13.5	实际做法示例	127
第 14 章	节能	129
14.1	引言	129
14.2	环境标准	130
14.3	冷水站房	131
14.4	计算机房空调机组(CRAC units): 产出	133
14.5	风机、水泵及变速装置	134
14.6	湿度控制	135
14.7	水侧经济器	137
14.8	风侧经济器	139
14.9	室外空气通风	140
14.10	部分负荷运行——产出	141
14.11	室内气流分布	141
14.12	计算机房空调器——输配	142
14.13	部分负荷运行——输配	143
14.14	数据通信设备用能	143
14.15	不间断电源(UPS)节能	144
14.16	应急技术	145
14.17	控制和能量管理	145
14.18	系统能量模拟	146
附录 A	2008 ASHRAE 数据通信设备环境指南——扩大热环境 参数推荐的包络区	149
参考文献		159
术语总汇		173

第 1 章

概述

伴随着计算机、网络设备、电子设备与外围设备的普及，数据通信(数据处理与电信)设施也正在突出地显现其普及化。数据通信设备中心内暖通空调最明显的特点是具有异常大的热负荷的潜在性——热负荷的量级大于典型的办公楼。此外，安装在这些设施内的设备一般是：

- 被赋予重要的任务(即 7 天×24h 连续运行)。在工程设计的早期阶段，各利益方必须全面审视停机对企业带来的潜在后果。从设计的观点看，必须处理好单点故障，这样它们才能被识别与消除。

- 有特殊的环境要求(空气温度、湿度与洁净度)。需提供高可靠性意味着必须注意维护适当的温度、湿度与洁净度标准。此标准将在整本书中进行详细讨论，但在第 2 章“设计标准”中将特别而具体地涉及它，而且还定义和讨论了 1 级~4 级和 NEBS 标准工况的分类。

- 若突然失去冷却，会潜在地产生过热和导致设备故障。计算设备与硬件热故障唯一表明的是与高温与环境控制缺失有关。电子设备寿命缩短和数据通信设备间歇故障对企业的损害、不能维护好服务级合同(service level agreements-SLA)及后续费用问题将另作研究。

任何数据通信设施的设计，还需处理好大多数数据通信设备在设施寿命期为具有时行的技术而进行一次或多次更换的问题。正如 ASHRAE 在“Datacom Equipment Power Trends and Applications(数据通信设备电力趋势与应用)(ASHRAE 2005i)”一书中所述，典型数据通信设备的产品周期为 1~5 年，而在任何地方，容纳这类设备、暖通空调设备与基础构架的数据通信设施的寿命周期可达 10~25 年。历史表明，更换设备需要更大的电力，更大的供冷需求。

除了数据通信设备在设施的寿命期内更换外，个别计算机装置还有不断升级的需求，这将导致热负荷的变化和空气分布需求的变化。对于这种变化，在一定程度上可以进行规划，或在电子设备房间的寿命期内接纳这

种变化。因此，所有潜在受影响的利益相关者必须仔细考虑设备的增加和更改将会怎样发生。

对于电功率密度在未来有局部与整体性的具体扩展与增加，或许也有必要进行规划，它可能包括集管、电缆管和其他基本架构，以便在设施的可用期内能适应设备插入和更新。

理解上述重要特征对设施的环境设计非常重要。本书的读者是：

- 数据通信设施的规划者与管理者。
- 规划与设计数据通信设施的设计团队。
- 需了解数据通信设备能量密度与安装规划趋势的数据通信设施建筑师和工程师。

各章内容概要

第1章 概述 介绍本书的目的与任务，并概述后续各章的内容。

第1部分 数据通信设施基础

本书第1部分的内容提供了数据通信设施设计所需的基本信息要素，涵盖的专题有设计标准、HVAC 负荷、冷却系统概述、空气分布与液体冷却。

第2章 设计标准 本章介绍制造商对数据通信设备分类的标准，然后依据这些分类标准提供了设备的环境设计标准；广义地介绍了温度、温度变化率、湿度、空气过滤/污染、通风、围护结构考虑、人员舒适性与灵活性，其中许多专题将在本书的其他章节中予以更详细的扩展。

第3章 暖通空调负荷考虑 电子设备房间的热负荷计算方法有很多，与需要供冷的其他区域相似，但在融合了房间中典型的高发热量设备后，房间的重要特性使负荷考虑更加困难。像电力调节和电力输配装置这样的基础设备，具有高密度负荷的潜在性以及需要良好的空气分布，这些都成为难以对付而又十分重要的设计挑战。

第4章 计算机房冷却概论 在本章的第一部分，介绍了计算机房空调(CRAC)机组的供冷方法与供冷位置。作为另一种供冷方案，也介绍了集中式空调器与冷水输配。该章还介绍了直接膨胀排热与冷水系统排热的各种排热方法之间的关系；制冷循环、冷凝器、冷水机组、水泵、管路与加湿器等性能特点与它们之间的关系；最后介绍控制参数与监视方法。

第5章 空气分布 本章定义了设备中空气流动协议的标准化和热通道、冷通道配置。对冷风从地板下或头部以上送入房间方式的优、缺点及其应用也作了介绍和讨论。此外，还有回风有效管理方面的内容。

第6章 液体冷却 在定义了风冷与液冷后，对液冷作了介绍。本章

中专门涉及的液体有水、非导电液体与制冷剂。在讨论了冷水系统后，有一节讨论了可靠性。

第2部分 其他考虑

本书第2部分是为数据中心基本设计提供辅助资料，这对在此领域内已有设计与/或运行经验的人员也许价值更大。它包括的内容有：辅助房间、污染、声学、结构与抗震设计、灭火、调试、可利用性与冗余度以及节能。

第7章 辅助房间 支持性、基础性与辅助性设备可置于数据通信设备房间之内或之外。有些情况下，这些设备自身会有热负荷，与数据通信设备相比，它们也许有也许无环境要求。电池间、引擎发电机房与存储设施都有自己的要求，而且在所有房间中，其性质或许是重要的。

第8章 污染 本章介绍了几种污染类别、污染的原因、影响、测定与防止。污染的类别有固体、液体和气体。对由灭火设备、空调设备、打印机、地板块、吊平顶块和电子设备硬件自身带来的污染物都进行了介绍与讨论。此外，还介绍了挥发性有机物(VOCs)、锌须、锡须与铁须的潜在由来和导致的危害性。读者在本章中还可找到过滤器与散热装置堵塞、发弧光、帽盖爆裂和连接器故障的参考资料。本章最后还有参考了ASHRAE、OSHA、military、Belcore/Telcordia、NIOSH和其他标准、测定方法与准则所得的一些表格。

第9章 噪声散发 风量增加、数据通信房间内实有人员增加与工作所形成的综合趋势使该区域的噪声级受到关注。本章详细介绍了ASHRAE的参考资料、噪声源、噪声传播途径与噪声接收者、噪声对人的影响以及声功率、声压等内容。本章也深入讨论了管理机构的作用和过大噪声所引起的潜在问题。

第10章 结构与抗震 在结构与地震考虑方面，本章讨论了地板结构、重量分布、隔振与地板荷载等，还提供了地板荷载计算公式和图解示例。也介绍了检修用地板块的考虑，集中在自位轮上的重荷载影响，并提供了在地震区需考虑的参考内容。

第11章 火灾探测与灭火 本章讨论了电子设备房间内防烟、防火的方法，也讨论了排烟系统、防烟阀、烟感器以及与规范有关的预防性设计和反应性设计，与运行有关的细节，此外也介绍了湿式、干式灭火剂及其应用与设计考虑。

第12章 调试 作为业主验收过程中的一部分，大多数设施应进行一定程度的调试。本章详细讨论了正式调试活动的五个步骤，即它起始于设

施意图和性能要求(由项目小组确定),然后是业主的计划文件,设计文件基础,以及项目调试计划。这些活动包括:工厂验收试验、现场部件验收、系统施工验收、现场验收测试和系统集成测试。此外,还讨论了楼宇自动化系统的作用以及各种调试级别的调试费用。

第 13 章 可利用性与冗余性 在一个全年不间断运行的设施中,可利用性与冗余性应深加考虑。本章讨论了可利用性的各个方面,如五个“9”的概念、故障预测、平均无故障时间与平均维修时间。对于冗余性的概念,介绍、定义和讨论了“ $N+1$ ”,“ $N+2$ ”和“ $2N$ ”,还介绍了用计算机流体动力学确定各种情况下的气流分布、分散性、人为误差,以及增加可利用性与冗余性方法的一些实例。

第 14 章 节能 本章中有关节能的讨论总体上有四个方面:环境标准、生产、输配与“其他措施”。具体内容有:冷水站房、计算机房空调机组、风机、水泵、变频装置、湿度控制、空气与水侧经济器、部分负荷运行、室内气流分布和数据通信设备节能。

本书最后还有参考资料与术语。