

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

数据通信设备中心 结构与抗震指南

Structural and Vibration Guidelines for
Datacom Equipment Centers

[美] ASHRAE TC 9.9 主编

陈亮 沈添鸿 杨国荣 王振华 译校
胡仰耆

5



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通信系列丛书

ASHRAE Datacom Series

数据通信设备中心结构与 抗震指南

Structural and Vibration Guidelines for
Datacom Equipment Centers

·【美】ASHRAE TC 9.9 主编

陈 亮 沈添鸿 杨国荣 王振华 译

胡仰耆 校

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2009-6038 号

图书在版编目 (CIP) 数据

数据通信设备中心结构与抗震指南/[美]ASHRAE
TC 9.9主编;陈亮等译. —北京:中国建筑工业出版社,
2011.5

(美国采暖制冷空调工程师学会数据中心系列丛书)

ISBN 978-7-112-13062-7

I. ①数… II. ①A… ②陈… III. ①数据通信设备-
邮电通信建筑-建筑结构-指南②数据通信设备-邮电通信
建筑-抗震-指南 IV. ①TP308-62②TU248-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 050154 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协会所有, 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.

美国采暖制冷空调工程师学会数据中心系列丛书

ASHRAE Datacom Series

数据通信设备中心结构与抗震指南

Structural and Vibration Guidelines for Datacom Equipment Centers

【美】ASHRAE TC 9.9 主编

陈 亮 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

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 9¼ 字数: 159 千字

2011 年 6 月第一版 2011 年 6 月第一次印刷

定价: **30.00 元**

ISBN 978-7-112-13062-7

(20439)

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)

本书是该系列丛书的第5册，共分为4个部分：第1部分为引论，它概括了数据通信设备中心设计的最佳实践，包括新的和改建的建筑结构的推荐内容；第2部分为建筑结构，介绍新结构与既有结构设计；第3部分为建筑基础设施，详细讨论了建筑基础设施，建筑基础设施结构与考虑因素、架空可检视地板系统和振动源及其控制；第4部分为数据通信设备，该部分介绍了冲击与振动测试，地震锚固系统和数据通信设备分析。本书内容全面且深入浅出，对从事数据中心设施设计及运行管理的人员具有较大的参考价值和指导作用。

* * *

责任编辑：张文胜

责任设计：张虹

责任校对：陈晶晶

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、网络技术的飞跃发展,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减排是基本国策,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及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”的帮助,向 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。

《数据通信设备中心结构与抗震指南》(Structural and Vibration Guidelines for Datacom Centers) 是该系列丛书的第 5 册。该书分为 4 个部分:第

1 部分为引论，它概括了数据通信设备中心设计的最佳实践，包括新的和改建的建筑结构的推荐内容；第 2 部分为建筑结构，介绍新结构与既有结构设计；第 3 部分为建筑设施，详细讨论了建筑基础设施，建筑基础设施结构考虑，架空可检视地板系统和振动源及其控制；第 4 部分为数据通信设备，该部分介绍了冲击与振动测试，地震锚固系统和数据通信设备分析。本书内容全面且深入浅出，对从事数据中心设施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，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 亮

2011 年 2 月 13 日

致谢

本指南中提供的信息得到了以下公司的帮助和支持：

AT&T Service, Inc.

Intel Corporatoion

Citigroup

JG Pieson

Corgan Associates

Starzer Brady Fagan Associates

Data Aire, Inc.

Tate Access Floors Inc.

DLB Associates

VMC Group

IBM Corporatoion

ASHRAE TC9.9 特别感谢以下人员：

- IBM 的 **Dr. Roger Schmit**, **Dr. Buty Notohardjono**, **John Quick** 和 **Shawn**; DLB Associates Consulting Engineering 的 **Don Beaty** 与 **Dan Dyer**; Data Aire Inc. 的 **Jeff Trower**; Intel 的 **Jeffrey Soulages**; VMC Group 的 **Richard C. Berger**; AT&T Service, Inc. 的 **Larry Wong**; 以及 Tate Access Floors, Inc. 的 **Bill Perry**; 感谢他们作为各章的主要参与者, 包括许多拜访、编写与审查。

- **Dr. Budy Notohardjono**, 感谢他协调和领导本书的整个编写工作。

- DLB Associates Consulting Engineerings 的 **Don Beaty** 与 TC 9.9 的前任和现任主席, IBM 的 **Dr. Roger Schmidt**, 感谢他领导、检视并促进本书的编写。

- DLB Associates 的 **Don Beaty**, 感谢他领导本书中“建筑结构与基础设施”的编写工作。

- DLB Associates 的 Steve Felton 与 Tom Davison; Starzer Brady Fagan Associates 的 Hubert Starzer 与 gan; Corgan Associates 的 Bob Morris; JG Pieson 的 Jerry Estoup; VMC Group 的 Elizabeth O'Neil 和 Citigroup 的 Jack Class, 感谢他们的参与及对本书最终稿的改进。

目录

译者的话
致谢

第 1 部分 引言与最佳实践

第 1 章 引言 3

 1.1 本书概述 3

 1.2 数据通信行业概述 5

 1.3 ASHRAE TC 9.9 简介 5

 1.4 ASHRAE 数据中心系列丛书简介 6

 1.5 本书内容 7

 1.6 本书主要读者 7

第 2 章 最佳实践经验 9

 2.1 建筑结构——新建与扩建 9

 2.2 建筑物结构——改造、重新配置与变更 9

 2.3 建筑基础设施 10

 2.4 数据通信设备 10

第 2 部分 建筑结构

第 3 章 建筑结构概述 15

 3.1 引言 15

3.2	基本知识	15
3.3	文件提交机构	18
3.4	基本定义	18
第4章	新结构	20
4.1	初步调查	20
4.2	协调	21
4.3	建立设计标准	21
第5章	既有结构与新增结构	27
5.1	初步调查	27
5.2	新结构与既有结构协调	28
5.3	新组件	30
5.4	既有结构加固	32

第3部分 建筑基础设施

第6章	建筑结构形式	37
6.1	概述	37
6.2	预制金属结构建筑物	37
6.3	支撑框架或剪力墙结构	38
6.4	抗力矩框架系统	40
6.5	组合框架系统	40
第7章	建筑基础设施概述	41
7.1	概述	41
7.2	内部建筑基础设施	43
7.3	外部建筑基础设施	45
第8章	基础设施结构考虑因素	49
8.1	概述	49
8.2	支撑	49
8.3	锚固	51

8.4	基础设施膨胀与收缩	52
第9章	架空可检视地板系统	55
9.1	概述	55
9.2	架空可检视地板组件	55
9.3	架空可检视地板结构设计指南	57
9.4	架空可检视地板抗震性能	60
第10章	振源与控制	63
10.1	振源概述	63
10.2	隔振概述	63
10.3	隔振器选择	65
10.4	数据通信设备间内隔振	65
10.5	邻近数据通信设备间隔振	66

第4部分 数据通信设备

第11章	数据通信设备冲击与振动测试	71
11.1	基本定义	71
11.2	振源概述	72
11.3	数据通信设备冲击与振动测试	75
11.4	数据通信基础设施和供冷设备冲击与振动测试指南	80
第12章	数据通信设备抗震锚固	84
12.1	概述	84
12.2	建筑规范中的非结构性抗震条款	84
12.3	美国的地震活动	85
12.4	抗震设计分类	86
12.5	正确应用锚固力	86
12.6	架空可检视地板上的服务器机柜保护	87
第13章	数据通信设备及抗震锚固系统分析	94
13.1	概述	94

13.2	基本定义	94
13.3	数据设备框架	95
13.4	有限元模型建立与验证	95
13.5	地震加固系统评估	96
13.6	结构添加支撑评估	98
参考文献		102
附录 A 建筑结构及结构组件规范		107
附录 B 材料重量		110
附录 C 架空可检视地板计算		117
附录 D 数据中心振动检测		124
附录 E 组件锚固力		131

第 1 部分

引言与最佳实践

第 1 章

引言

1.1 本书概述

当今的数据通信（数据与通信）设施管理者与运行者已理解保护其业务中关键的数据及信息技术（IT）设备（或数据通信设备），包括服务器、存储器、通信及网络设备的重要性。因此，数据中心运行者必须执行标准和按照经验做法，以确保数据通信环境中设备的完善性与功能性。

高性能数据中心设施接纳了应对内外冲击和振动源很脆弱的各种复杂而敏感的数据通信设备。冲击与振动源是大多数数据通信设施中一定程度存在的一种不希望有的力，若此力施加的时间过长，会损害设施与设备。数据通信设备和基础设施设备本身是数据中心内的振动源。数据通信设备制造商通过减小传递到周围环境中的内部振动，从而控制这些振动源。外部振动源如机场、火车、附近采矿作业（采石场爆破）、施工活动、地震及气候事件等均是有效应的外部冲击与振动源。这些冲击与振动源通过建筑物结构传递到数据中心并最终传递到所有运行着的服务器及支撑性基础设施。这些对 IT 及电信设备产生的干扰取决于设备自身的设计或坚固性。减小和防止这些冲击与振动源潜在性破坏的最好方法是避免冲击与振动，或减小与控制冲击与振动的程度。

本书可为服务器、存储器、通信与网络设备的用户、制造商和安装者提供设计资料与准则，使数据中心设备在发生振动或地震时能持续运行。

数据通信设备中心需要将重点放在设施的结构与振动性质、建筑物的基础设施和内容（如数据通信设备）上。由于数据通信设备的密度（紧凑性）在继续增加，故设施的要求也在逐渐形成，因为：

- （1）电功率与供冷基础设施成为对结构更大、更强烈、更本质的挑战。
- （2）数据通信设备自身在变得更重。

(3) 设施能容纳更多数据通信设备, 因此对于业主来说重要性在日益增加。它可能导致结构抗御强风、雪、地震和大自然袭击的潜在威胁。

为了保持高度的回弹性和可利用性, 从整体上审视这些问题至关重要, 其重点是基本的建筑围护结构和数据通信设备自身。然而, 对于典型的数据中心建设项目, 设备的致密性正在使问题范围受项目中的机械与电气部分支配。此外, 保持冷却系统不间断运行已经与保持电力系统不间断运行同样重要。因此, 数据设备中心必须考虑以下几项构造与抗震性能:

- (1) 建筑物结构;
- (2) 建筑物基础设施(电力、冷却、地板与吊平顶系统等);
- (3) 数据通信设备(服务器、存储器、磁带驱动器、网络设备等)。

目前的建筑规范基本上是将重点放在生命安全问题。虽然它们应对的如气候事件问题, 但这些事件尤其属于在合理期望条件下与生命安全关系的范围内。数据通信设施必须包括所有典型的生命安全问题, 但也必须考虑在极端自然条件或人为条件下, 发生重大气候事件(例如飓风或龙卷风)或爆炸时需要什么来保持设施运行。

结构及抗震措施(承受外部振动且不引起任何损坏的设计特征)非常重要, 它们被设计与集成到设施与设备中, 能使 IT 设备的电源系统、冷却系统的运行与性能获得成功。例如, 业内一些人士正在将数据中心说成是“计算机”, 这是因为 IT 设备与电力、冷却系统耦合得非常完整与紧密。

数据通信设备的典型更新率通常为 3~5 年, 这为以合理的容量提供电力、冷却系统和以合理的结构来支持数据通信设备增加了挑战性。因为这些系统的寿命至少是数据通信设备寿命的 5 倍。ASHRAE 的《数据通信设备功率趋势与冷却应用》(Datacom Equipment Power Trends and Cooling Application——ASHRAE 2005a)一书提供了预示未来功率与冷却容量的方法。对于结构来说, 尚无类似方法来预示其以后的情景。

为了满足当前数据中心设备的需要, 如今结构系统的集成化与专业化要求更高, 所以一般了解结构与震动基础不但对设计者, 而且对业主、运行人员都极为重要。例如, 运行人员不了解楼宇系统内结构与抗震系统的重要性, 会使结构与抗震系统严重受损。

本书之目的是为处理建筑结构、基础设施及数据通信设备中的高度集成问题提供一些基本信息。为了有效地应对这一全盘性问题, 本书的执笔者有数据通信设备制造商、机械/电气工程师、建筑师与建筑结构工程师。

1.2 数据通信行业概述

数据中心及电信行业依赖于一个具体的基础设施，它包括大小、容量、回弹性等级、配置、使用、员工配备策略等变化范围很大的数据通信设备中心，故不过度普遍化或采用刻板/食谱式的方法非常重要。表 1-1 说明了各种内容的典型应用范围，但它并非表明绝对的极端情况。

数据通信行业广泛应用范围 表 1-1

主 题	范 围
空间尺寸	小房间至整幢建筑物
建筑物规模	500~500000ft ² 以上 (46.45~46451.52m ² 以上)
建筑物配置	单体建筑物至整个园区
功率与冷却密度	5~500W/ft ² (54~5382W/m ²)
设备重量	30~3600 磅 (13.6~1634.4kg)
基础设施性能/可利用性	1~4 级
范围	小规模改造—新建筑物或园区
运行员工配备	匆匆离开 (无人), 7d×24h 有人
使用	混合使用—专用
主要功能	电信、呼叫中心、数据中心
备用站点	无备用站点—故障自动转移备用站点
寿命变化	最低限度—极端情况
使用	业主使用—承租人使用
规范	勉强满足标准—远超出规范
楼层	单层—高层
气候	低于 0°F (-18℃)、高于 100°F (38℃), 干/湿 易起飓风、龙卷风
土壤类型	沙土、黏土、有机性、高地下水位

1.3 ASHRAE TC 9.9 简介

20 世纪 80 年代后期，主要 IT 设备制造商的重要专家认识到，功率与冷却容量的增加正成为行业的挑战。随后，他们注意到这是一个全盘处理数据中心行业内技术内容、无销售商的中立专业社团。此外，他们也逐渐明白了 IT 行业与设施行业之间合作和协调的需要。