

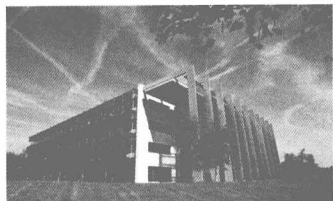


思科绿色数据中心 建设与管理

[美] Douglas Alger 著
陈宝国 曾少宁 苏宝龙 等 译
陈实 谭立勃 审校



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



思科绿色数据中心 建设与管理

[美] Douglas Alger 著

陈宝国 曾少宁 苏宝龙 等 译

陈实 谭立勃 审校

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

思科绿色数据中心建设与管理 / (美) 阿尔杰
(Alger, D.) 著 ; 陈宝国等译. — 北京 : 人民邮电出版
社, 2011. 6
ISBN 978-7-115-24991-3

I. ①思… II. ①阿… ②陈… III. ①数据库系统
IV. ①TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第057294号

思科绿色数据中心建设与管理

- ◆ 著 [美] Douglas Alger
- 译 陈宝国 曾少宁 苏宝龙 等
- 审 校 陈 实 谭立勃
- 责任编辑 李 际
- 执行编辑 赵 轩
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 16.75
字数: 328 千字 2011 年 6 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2011 年 6 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2010-6558 号

ISBN 978-7-115-24991-3

定价: 79.00 元

读者服务热线: (010)67132705 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

内容提要

当今，让数据中心变得更绿色、更环保无疑是所有公司的努力方向。本书正是从此方面入手，全面介绍了如何实现和测量数据中心的各个方面。全书共 10 章，首先介绍了如何实现和测量绿色数据中心，然后介绍数据中心的设计与建筑策略，以及数据中心内各主要组件的选用，最后介绍了整合、虚拟化和自动化等其他实现绿色数据中心的方法。

本书由思科公司经验丰富的架构师编写。全书图文并茂，并且提供了很多现有绿色数据中心的设计经验，可让您将各种概念融入到实际的应用场景中，是设计和建设绿色数据中心等相关人员的必备图书。

序

由于企业信息化的持续发展,承载信息系统运行的数据中心已经逐渐成为一个专门的工业建筑类别,而不是通过在某个办公楼层中改造实现。大型数据中心的建设,对信息技术和建筑技术而言,在全球各地都是一个崭新的课题。另一方面,数据中心又是一个耗能极大的单位,这一点不但企业已经意识到,也正引起各国政府、社会的关注。如何在确保信息系统建设满足企业发展需要的同时,不断降低单位能耗,这不仅仅是个经营成本问题,也体现了一个企业的社会责任。

思科公司做为全球信息技术发展的领导者,一直在持续地改进其自身使用的数据中心;思科高级服务部也成立了专门的数据中心服务团队,希望可以借助思科在数据中心建设、运营方面积累的技术、管理实践经验,帮助客户快速提高建设、运营水平。

本书是思科内部信息服务部门对数据中心绿色技术的全面系统总结,考虑到目前数据中心节能环保课题受到市场的密切关注,而相关书籍又比较缺乏,特别组织翻译出版,供相关企业、政府部门以及科研机构等参考。

徐维英

思科系统(中国) 高级服务部 总经理

2011年3月

数据中心技术架构规划（代序）

互联网进入 Web 2.0 时代，数据量的年增长率预期将达到 80%，其中一个主要的驱动力是视频流量。我认为未来十年，互联网上视频流量的占比会快速增加；就像 10 年前，大家预测 IP 语音会逐步取代传统语音服务一样。视频内容在网上的开展，数据中心是其最重要的核心和支撑平台，因此未来 10 年数据中心的业务量将会非线性增长，机会很多。

云计算因为其简单、无限扩展的处理能力和成本优势，一定会取得成功。云计算本质上是一种崭新的业务模式，它重新组织了 IT 和业务之间的交互关系。目前可以看到，消费者和 IT 建设者都开始使用云计算模式。

新一代数据中心建设中，绿色是主题，云计算是未来。在规划和建设中，一定要考虑如何支持云计算模式，如何从新的计算模式中获得更大的收益。

数据中心的建设是一个长期的过程，其建设周期一般为 5 至 10 年，其设计寿命一般可以达到 30 至 50 年。中国经济经过了过去 30 年的高速发展，目前正在进入一个转型期，经济增速的势头看来还不会降低。数据中心建设从资源的供给上来看，例如土地、电力和水等，资源是丰富的。经过未来 5 至 10 年的新一轮经济快速增长后，资源的供给可能会发生困难。

例如，现有数据中心建成后，5 至 10 年后，未来可能没有办法再扩大了，因为新建需要的各种物理资源，其成本可能已经变得非常昂贵了。因此利旧扩容，而不是择址新建可能成为一个必然的业务选择。如何利用科技和技术手段进行整合和扩容在未来将是一个 IT 部门最关心的问题。虚拟化是其中的一个关键技术；X86 服务器处理能力的每年快速增长，可能会带动越来越多的 IT 载荷从 UNIX 平台迁移到 X86 平台。未雨绸缪，现在我们可能就需要设计一个面向未来的数据中心。争取通过不断的升级改造，实现 10 至 15 年后数据中心不落伍的目标。

本书是一种可能的解答，它代表了思科公司对上述问题的一些思考和实践，思科公司希望和大家一起，携手建立绿色的数据中心。

冼超舜 博士

思科系统大中国区 数据中心、虚拟化与无边界网络事业部总经理

2011 年 3 月

数据中心技术架构规划（代序）

一、技术架构规划希望解决的问题

建设绿色数据中心过程中，首先需要有一个整体的绿色架构。整体架构需要涵盖方方面面，从场地、风火水电、IT 负载和数据中心的运维体系。没有一个绿色、整体的规划，希望在局部采用绿色技术，而实现数据中心的整体绿色目标是不现实的。

绿色数据中心的一个主要考量指标是其 PUE 值，提高的方向只有两个：降低整体的动力消耗，或者提高 IT 的有效载荷。提高数据中心整体 PUE 的第一要点是提高 IT 的有效负载。

无效或者低效的 IT 负载容量数据，以及连带产生的额外配套动力容量，是影响数据中心整体 PUE 的前两大原因。空调系统效率、UPS 电源效率、空间布局等是其他次要的原因。

数据中心技术架构规划是确定 IT 容量的主要手段，它主要解决以下几个问题：

- 数据中心的定级问题，TIA942 标准下的 II 级、III 级、III+或者 IV 级，决定机房建设的总体投资水平。
- 机房楼面布局，决定机房建筑设计中的一个关键需求。
- 单个机柜的电力载荷，3KVA、5KVA 或者更高，决定机房内的动力系统投资占比。
- 单个机柜的 I/O 要求，决定机房的布线投资。

二、技术架构规划的 5 步法

数据中心的技术架构规划，其侧重点随着数据中心建设的不同阶段是不同的，在数据中心的规划阶段，我们推荐关注五个最重要的架构视图，分别是架构模型、逻辑架构、安全架构、部署架构和物理架构。它们代表了 IT 负载对机房物理设施的需求，将协助建筑设计公司完成数据中心的机房设计和施工工作。

每个逻辑视图的开发按照顺序依次展开，其次序和关注点分别是：

- 架构模型：确定技术中心整体的技术目标、技术方向和选型原则。
- 逻辑架构：IT 基础设施的总体逻辑视图。
- 安全架构：IT 安全分区和物理机房分区。

- 部署架构：IT 基础设施各个组成模块的部署方式，涉及服务器、存储和网络等
- 物理架构：单个机柜的物理指标，包括电力载荷、I/O 要求、布线要求、安防和运维要求等

三、案例分析

客户背景：全年完成销售额 600 亿人民币，为支持未来的业务发展以及新业务模式的引入，在专业顾问的建议下，购买了一栋 5 层建筑，用于新数据中心的建设。全楼建筑面积超过 10000 平米，地下两层，地上五层。在建筑加固设计阶段，引入数据中心的技术架构规划。

技术架构规划的主要结论：

- 架构模型：思科公司倡导的 DC 3.0 概念，采用开放平台的技术组件，来组织 IT 资源。通过开发平台的技术组件来降低整体成本，又可以获得大机带来的在性能上的可预性。
- 逻辑架构：确定了建筑内各个机房模块的数量，单位面积和用途，以及机柜总数。
- 安全架构：确定了不同机房模块的安全防护级别，以及某个机房模块内不同区域的安全级别，以及安防系统的联动策略等等。
- 部署架构：确定了特定单个机房模块内，不同 IT 设备（小型机、X86、存储阵列、网络）的摆放原则，线缆材质（铜缆和光缆的混合部署模式）和走线原则（上走线、光纤到机柜）。
- 物理架构：针对单个机柜的物理指标，确定了多种配置方案和每个方案的部署数量。每个配置方案中确定：电力载荷为 5KVA，I/O 上（光口和电口数量）的不同要求、通风走向（前后、左右通风）上走线、双路 UPS、柜顶安装定位灯、每个机柜安装巡检扫描牌等。

上述五步分析，自顶向下，层层推导，抽丝剥茧，最终完成了 IT 需求到机房物理设施需求的转换工作，实现了 IT 专业和建筑专业之间的整合效应。特别是以下几个问题的讨论，进一步优化了机房的动力配置：

- 机房内是否需要准备 20KVA 的高密机柜？从 IT 规划的结构来看，IT 业务系统没有这个方面的要求；如果 5 年后临时有此类要求，计划通过“空间换电力”的方式来解决。
- 机房内是否需要采用封闭冷热通道？我们建议采用封闭冷通道的方式。

- 机房内是否可以安装左右进风的设备？按照 IT 规划，网络设备将可能采用左右进风的方式，服务器和存储阵列将主要采用前后进风的方式。
- 数据中心内如何实现人机分离？机房内如何隔离不同功能区？按照 IT 规划，分别从机房平面布局、单个机房模块内的不同设备分区，来减少人机之间的相互干扰。

四、需要规避的误区

在机房建筑规划阶段和机房建设完成后进行 IT 系统部署时的 IT 规划，两者的侧重点是不同的。机房建筑规划阶段关注的重点是如何平衡长生命周期（30 至 50 年）的建筑和动态生命周期（3 至 5 年）的 IT 设备之间的平衡。

考虑到建筑内工艺设计的寿命一般都长达 10 至 12 年，数据中心技术规划中建议定性分析为主，定量分析为辅，务必避免陷入“数据决定论”。

谭立勃

思科系统（中国）高级服务部 数据中心服务经理

2011 年 3 月

网络——绿色数据中心的技术基础（跋）

近两三年来，国内许多公司都致力于建设新的数据中心，并通过对数据中心设施的整合，来实现绿色数据中心的目标。尽管这是优化现有技术、消除应用系统孤井的正确做法，但这只是起点而已；而如何高效的运营和管理数据中心，并到底真正的绿色，及迅速适应企业业务发展将更具有挑战。

新一代绿色数据中心需要通过优化的选址、虚拟化资源整合、自动化远程管理、以及能源管理等新技术的采用，解决目前数据中心普遍存在的高耗能、资源浪费严重方面的问题。而这些问题的解决方案都离不开各种高速进步的网络技术的支持。

数据中心的最新发展是广泛采用虚拟化和云计算技术；虚拟化和云计算技术就是把物理资源转变为逻辑上可以管理的资源，以打破物理结构之间的壁垒。这种设想就是，通过由新的虚拟化和云计算技术构建的数据中心平台，实现减少对服务器资源、存储等物理资源的使用量，并进行优化系统效率以达到减低对资源的消耗，实现绿色数据中心。

虚拟化和云计算技术同时也是一种绿节能技术

根据相关的研究显示，采用虚拟化和云计算技术使各使用者节省高达 70% 的硬件。因为虚拟化和云计算技术可以帮助用户合并多种应用工作负荷，在单个系统上运行多种操作系统环境；优化应用。通过使用虚拟和云计算这样的技术，客户最多可将管理成本减少 40%，将 IT 利用率提高 25%。所以虚拟化在实现数据中心的绿色方面起到关键作用！

通过标准化、模块化，松耦合的模式构建虚拟化云计算数据中心，使得系统的扩展可以采用添加新的组件的水平扩展模式；使用户可以按业务需求优化配置基础设施的资源使用，实现节约资源、绿色环保。在这样的体系架构中，网络做为连接所有组件的系统，同时又是各个组件之间通信的系统总线是数据中心虚拟化实现的最为关键的核心。

思科数据中心 3.0：统一交换网络平台

全方位支持虚拟化和云计算技术的网络是实现数据中心虚拟化和云计算的基石。

近年来，由于以互联网技术为代表的计算机通信网络技术，及高效光纤通信技术的发展到了个超越计算机内部总线速度的程度，因此造成了对数据中心的体系结构造成了革命性的改变。一批新型的以高性能网络为核心的高效计算机体系新

技术不断影响数据中心的架构：他们包括支持统一的 IP/SAN 网络的 DCE（数据中心以太网）和 FCoE 技术；以高性能低延迟的数据中心万兆交换以太网技术，40G/100G 的以太网交换技术等等；以及对应的服务器通信接口：支持 CPU 卸载的高效 10GE 网络接口卡。这些都导致未来绿色数据中心的计算资源的由大量的高性能 Intel X86 架构的 CPU 和大量的内存及海量的存储系统构成，而他们之间通过高性能的交换网络构成一个统一的可虚拟化计算系统资源池。通过采用以网络为中心的方法，各企业能直接解决当前许多数据中心所存在的成本效率低下和缺乏服务灵活性的问题，通过将互联网所采用的成熟原理应用于数据中心，企业能自动配置虚拟化数据中心资源，使它们能随时提供给任何需要它们的用户。用户可通过网络来将他们分配给用户的应用系统来运行和管理；这也是云计算服务的一部分。

数据中心架构以网络为核心：

以高性能、可同时支持 IP 网络、存储网络、高性能计算网络的统一交换网络平台构建数据中心。这样的数据中心可以提供：

➤ 端到端虚拟化：

这种以网络为中心的方式也为在不断发展的虚拟 IT 世界中更高效地运营奠定了基础，在虚拟 IT 世界中，物理位置和设备的重要性降低，企业成为数字服务网络的一部分。统一网络交换平台使网络能出色连接信息资源和消费者，而无论消费者位于何处和使用什么设备。

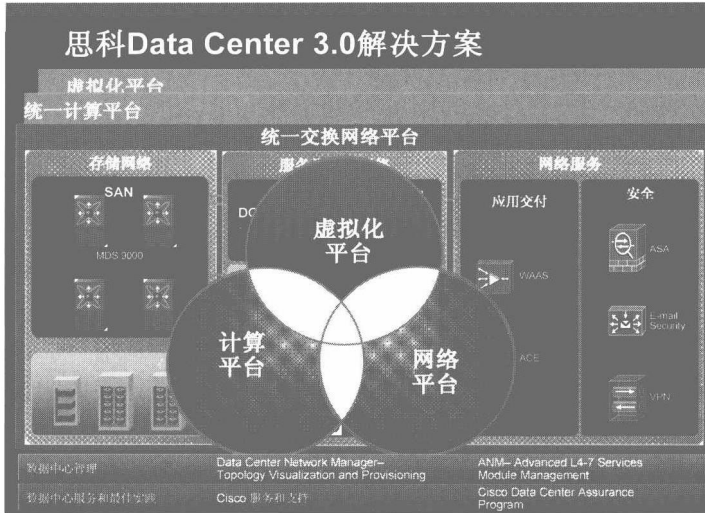
➤ 整合的单一架构和共享资源服务：

统一网络交换平台改变了目前的数据中心域环境—服务器、存储和网络作为独立孤井运行的情况，将它们统一到单一架构和一套共享网络服务中。这种方式能够支持数据中心优化，由于网络是：

无所不在的：网络的特征就是支持一切。只有网络能在异构环境中提供连接，统一行为。

中立的：网络通过开放标准构建，包括互操作性，因此与任何厂商、设备或内容无关。此特性使网络成为支持您当前和未来 IT 环境的安全投资选择。

可扩展的：互联网已证实了网络全球扩展的能力。同一原理也能确保您的数据中心随着需求提高，而安全地处理任何负载量或进行扩展。



思科数据中心 3.0：统一网络交换平台架构示意

统一交换网络平台技术特点

支持新一代数据中心以太网 DCE 协议

无丢包以太网（Loss-less Ethernet），端到端流控和拥塞管理标准

支持 FCoE 和 LLE，实现 IP/SAN/HPC 网络整合

2 层多路径（Layer 2 Multi-Path），无需 Spanning Tree，减少数据中心 70%网络故障

支持强健的数据中心级操作系统（NX-OS）

基于 Linux 内核的多线程模块化设计

优秀的内存管理和作业调度机制

同时支持 IP，SAN 和 HPC 等通信协议

虚拟化和对服务器 VM 感知的 VN-Link 特性

“自愈”式故障恢复和业务在线系统升级

数据中心级交换机

- 对网络融合的支持 => FCoE
- 带宽扩展能力的支持：GE->10GE->40G->100G 以太网

- 交换矩阵扩展能力的支持：3 级矩阵设计，最高可打 15T 交换容量
- 丰富的网络服务优化能力：L2->L4, QoS, security, ACL, Netflow, virtual switch, vPC, CMP, EEM...

绿色节能

- 网络交换延伸到虚拟机
- 通过 VN-Link 支持基于虚拟机的交换
- Nexus+VN-Link，实现服务器 VM 感知和策略控制

为什么选择思科？

目前世界正向分布式的服务导向计算方式迁移，这要以网络为中心的新架构和技术，而思科凭借思科数据中心 3.0 理念，在这一方面处于独特领先地位。思科设备和设计的可靠性已在全球部分挑战最严峻的环境中得到了证实，具备出色的网络可信性和可扩展性，能使网络成为一个应用。思科已对技术和工具进行了高额投资，实现数据中心 3.0 理念：这些以数千次实际部署为基础、经过全面测试的最佳实践设计，将大大降低实施风险，加速实现成效。思科数据中心 3.0 是一款能够满足数据中心实际需求的全面网络解决方案。

汪澍

思科系统（中国）高级服务部 资深架构师

2011 年 3 月

作者简介

Douglas Alger 是思科公司的物理基础结构 IT 架构师。他为思科公司数据中心的物理基础构架和世界各地的关键设备开发架构道路地图，和提供解决方案和策略。

Douglas Alger 拥有 20 多年的实际工作经验，其中包括从事了 12 年以上的数据中心物理设计、数据中心运行、IT 项目管理、架构项目管理和 IT 基础结构管理工作。他参与过 80 多个重大的数据中心项目，其中既包括全新的架构项目，也包括全面改造旧数据中心项目。此外，他还撰写了《为商务活动建造最佳数据中心设备》一书。

Douglas Alger 是一位非常受欢迎的演说家，他在 250 多场客户接洽会议和 10 多场数据中心行业大会上做过演讲。在加入思科公司之前，他在雪城大学的新闻和出版办公室任编辑和撰稿人，在此之前他是洛杉矶时报的特约记者。

特约作者简介

Koen Denecker (CCIE 14407) 是思科系统国际公司的 IT 解决方案架构师。他负责全球数据中心策略和端对端 IT 数据中心架构以及虚拟化。在思科公司工作的 8 年中，他还负责过存储架构、应用程序网络服务、安全和高级网络技术工作。他的主要工作是为大型客户解决各种 IT 架构问题，其中包括数据中心策略。

在加入思科公司之前，他在比利时的根特大学任助理研究员，并拥有计算机科学专业的博士学位和物理工程专业的硕士学位。他撰写或参与撰写了 50 多部在国际刊物和会议上发表的著作。他是本书第 9 章的特约作者。

技术评审简介

Robert Aldrich 是一位能源解决方案架构师，他至今拥有 10 年的设备设计、开发和管理经验。**Robert Aldrich** 为北美和亚太地区的 20 多个企业级数据中心设计过基于 IP 的电源和制冷系统。他目前在思科公司与思科 IT 和产品工程组一起工作，以在思科公司中推动环保议程为目标。**Robert Aldrich** 开发了思科效率保障计划，该计划是提供给思科公司客户选择使用高效 IT 运行方式的分步方法。

Andy Broer 是思科公司基础结构关键环境 (ICE) 团队的资深经理。他现在在思科公司中负责于限定条件下监管数据中心的能耗。最近他担任了思科公司在德克萨斯州第一个独立数据中心 Tier III 的 IT 物理设计和架构经理。在担任该职务前，在思科公司在

全球范围迅猛发展的势头下，他管理和领导着思科的数据中心基础架构团队，在世界各地搭建了 50 多个服务器环境。

Andy Broer 是数据中心管理人员专业协会 **AFCOM** 北加利福尼亚分会的委员和创始成员，还是高技术信托基金 **BFOCX** 的理事。同时他还是关键设施圆桌会议和正常运行时间协会的成员。他拥有圣何塞州立大学的两个学位：创作艺术专业学士学位和跨学科研究专业硕士学位。

Jack Holt 目前担任思科公司电缆管理办公室（**CMO**）的程序经理。他进入思科公司的全球客服&运行（**GCS&O**）单位已经有一年多了，最近发表了应用于第一层基础结构的新思科全球电缆线路标准。他在思科公司负责美国、欧洲和新兴市场中第一层基础结构方面的工作。**Jack Holt** 获得的职业认证非常多，而且最近忙于获取斯坦福大学的高级程序管理认证和 **LEED AP** 认证。**Jack Holt** 在数据和通信行业工作了 20 多年时间，在医院和研究环境方面具有丰富的经验。

Mike Lavazza 是思科工作区资源团队的运行和工程经理。在思科公司工作的 13 年中，他从事基础结构系统设计、自动控制系统和维护工程工作。他还负责关键环境设计以及运行和能源管理程序。

Mike Lavazza 在运行和工程行业中工作了 25 年，曾在 **3Com**、**IBM**、**Hughes Aircraft** 和 **John Deere** 公司中担任过运行和工程经理。他拥有工业/电气工程科学（着重建筑系统和运行）专业的学士学位。

Mike Matthews 当前在思科公司中负责网络和数据中心服务组中云计算服务的实施。他进入思科公司已经有 9 年多，主要负责虚拟化解决方案中面向基础架构和设计传输服务区域。**Mike Matthews** 从在美国空军时进入 IT 行业开始，迄今为止已经在该行业中工作了 12 年，最近他获得了技术管理专业的 **MBA** 学位。

致谢

感谢热心地为本书提供了帮助的人们，没有这些人的帮助，本书就无法取得成功。

感谢我在思科公司的同事 **Koen Denecker**、**Rob Aldrich**、**Andy Broer**、**Jack Holt**、**Mike Lavazza** 和 **Mike Matthews**。**Koen Denecker** 撰写了第 9 章，他在这方面具备的专业知识和深入的了解是我所不及的。**Rob Aldrich** 和 **Andy Broer** 对本书涉及的范围提供宝贵的意见，而 **Jack Holt**（数据电缆线路）、**Mike Lavazza**（电子和机械）和 **Mike Matthews**（虚拟化）提供了特定主题的专业知识。

在此还特别感谢 **Glenn Hasbrouck**、**Andy Broer**、**Scott Smith**、**Jerry Green** 和 **Daniel Cole**，他们也是我在思科公司的同事。**Glenn Hasbrouck** 像在我写作第一本书时那样继续帮助我，他为本书绘制了两幅数据中心线路插图。**Andy Broer**、**Scott Smith**、**Jerry Green** 为本书提供了由他们拍摄的各种数据中心项目和基础结构的照片。**Daniel Cole** 热心地在几年的电子邮件档案中寻找不拘一格的电缆线路照片，感谢他付出的努力，他找到的照片已经成为了本书的插图。

特别感谢思科出版社（Cisco Press）的 **Mary Beth Ray**、**Chris Cleveland** 和他们的同事，他们实现了本书的出版。当我遇到意料之外的情况影响到创作本书时，**Mary Beth Ray** 对我提供的指导和支持是无价的。同时 **Chris Cleveland** 不仅通过从技术评审获取的反馈意见使我保持正确的方向，还为我指出哪些内容应该介绍得更加详细或清晰。

许多数据中心行业的从业者为本书积极地提供了他们的知识，使得我们可以通过学习做到更好，这使我留下了深刻的印象。在此特别感谢下列人员和公司，感谢他们为本书提供专业意见和允许我参观他们的设备。

美国圣母大学计算机研究中心的 **Paul Brenner**，感谢他与我讨论他的服务器废气使印地安那州变暖的研究项目。

美国环境保护署的 **Art Diem**，他关注二氧化碳的排放以及基本载荷和非基本载荷能源。

艾默生网络能源有限公司的 **Anand Ekbote** 和 **Stephen Blakemore**，感谢他们与我讨论数据中心中能源的使用比例。

Opengate Data System 公司的 **Mark Germagian**，感谢他为本书提供数据中心热能失控计算机建模研究的数据。

Quebecor Media 公司的 **Timothy Happychuk**，感谢他与我讨论《温尼伯太阳报》使用数

据中心的余热为他们的编辑部供暖的情况。

Camera Corner/Connecting Point 公司的 Shawn Massey，感谢他与我讨论火灾损失和后来他们公司数据中心重建的情况。

富士通公司的 Richard McCormack 和 Ted Viviani，感谢他们为本书提供了在数据中心安装燃料电池的信息。Eastwick Communications 公司的 Brigit Valencia，感谢他为我提供亲临安装现场和拍摄照片的机会。

康明斯电力公司的 Aniruddha (Ani) Natekar，感谢他为本书提供发电机炭排放量和相关国家标准的信息。Roberts Communications 公司的 Richard Kiley，感谢他帮助我联系到了 Aniruddha Natekar 和确定了非常有价值的内容。

Datacenter Research Group 公司的 Nick Parfitt，感谢他为本书提供在数据中心动态大会上收集到的测量数据并耐心回答了我无数的相关问题。

英特尔公司的 Kristine Raabe，感谢他不仅为本书提供了英特尔数据中心的独立制冷仓的照片，而且这些照片还是他委托一位摄影师为本书拍摄的。

Netapp 公司的 Ralph Renne，感谢他为我详细介绍 Netapp 公司在加利福尼亚州桑尼维尔市建造绿色环保数据中心所获得的金融收益。

康宁光缆系统公司的 Sebastian Schreiber，感谢他与我讨论在光纤和铜轴电缆生产过程中对环境产生的影响。感谢同样属于康宁光缆系统公司的 Michele Carter、Doug Coleman 和 Andy Honeycutt 与我讨论光纤和铜轴介质每端口的能耗。

英国建筑研究院的 Martin Townsend，感谢他与我讨论建筑研究中心环境评估法（BREEAM）中专门应用于数据中心的评估标准的发展情况。