

走向绿色IT

企业如何建立环保优势

The
Greening of IT
How Companies Can Make a
Difference for the Environment

【美】John Lamb 著
韩毅刚 王欢 李亚娜 等 译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



走向绿色IT

企业如何建立环保优势

【美】John Lamb 著
韩毅刚 王欢 李亚娜 等 译

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

走向绿色IT: 企业如何建立环保优势 / (美) 林柏
(John, L.) 著; 韩毅刚等译. — 北京: 人民邮电出版
社, 2010. 1
ISBN 978-7-115-21675-5

I. ①走… II. ①林… ②韩… III. ①信息技术—高
技术产业—企业管理: 环境管理—研究 IV. ①X322
②F49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第192982号

版 权 声 明

CHINESE SIMPLIFIED language edition Copyright © 2009 by PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and
Posts & Telecommunications Press

The Greening of IT: How Companies Can Make a Difference for the Environment

By John Lamb

ISBN 978-0-13-715083-0

Authorized translation from the English language edition, GREENING OF IT, THE: HOW COMPANIES
CAN MAKE A DIFFERENCE FOR THE ENVIRONMENT, 1E, 9780137150830 by LAMB, JOHN, published by
Pearson Education, Inc., publishing as IBM Press, Copyright © 2009 by International Business Machines
Corporation.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means,
electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without
permission from Pearson Education, Inc.

本书封面贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签, 无标签不得销售。
北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2009-4835 号

走向绿色 IT——企业如何建立环保优势

- ◆ 著 [美] John Lamb
- 译 韩毅刚 王 欢 李亚娜 等
- 责任编辑 韦 毅
- ◆ 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 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京画中画印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 13
字数: 303 千字 2010 年 1 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2010 年 1 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2009-4835 号

ISBN 978-7-115-21675-5

定价: 45.00 元

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

目 录

第 1 章 绿色 IT 的重要性	1
1.1 绿色 IT 和绿色数据中心的重要性日益增加	3
1.2 所有公司为实现绿色 IT 应采取的基本步骤	6
1.2.1 传达绿色 IT 计划, 指派一名能源大王	6
1.2.2 整合与虚拟化	7
1.2.3 安装节能冷却机组	7
1.2.4 测量和优化	7
1.2.5 实现高效应用程序和删除重复数据	7
1.2.6 利用补贴和激励措施	8
1.3 本书内容	8
第 2 章 绿色 IT 基础知识	10
2.1 在处理问题中的组织问题	11
2.2 未来的规章制度是转型的外部因素	12
2.3 公司高管走向绿色数据中心的整体动机	12
2.4 报废产品、资产处置、采购政策和供应链问题	12
2.5 实现绿色 IT 的重要步骤	13
2.6 绿色 IT 通常被忽视的领域——软件/应用程序/过程工作负荷	16
2.7 绿色 IT 不仅仅针对数据中心——你的便携式计算机也包括在内	16
2.7.1 你的便携式计算机系统消耗多少能源?	17
2.7.2 节能的台式计算机和便携式计算机计算	17
2.8 数据中心能源效率的考虑	19
2.9 无法测量就无法管理	20
2.10 数据中心其他节能方法	21
2.11 获取绿色 IT 最新信息的来源	22
2.12 本章概要和结论	24
第 3 章 协作是绿色 IT 的关键	25
3.1 IT 技术供应商	25
3.2 数据中心设计和建造行业	25

3.3	大楼能源管理和 IT 能源管理的协作	26
3.4	电力部门	27
3.5	政府	28
3.6	公司内部协作	29
3.7	大学协作	29
3.8	绿色网格联盟的协作协议	30
3.9	协作与碳交易	31
3.10	IT 厂商和协作	31
3.10.1	能源管理器软件	31
3.10.2	节能证书计划在全球的重要性	32
3.11	阿尔·戈尔和绿色协作	32
3.12	本章概要和结论	34
第 4 章	政府的调节作用和 EPA 行动	35
4.1	调节温室气体排放	35
4.2	EPA 的角色	36
4.2.1	EPA 对数据中心到 2011 年能源使用的估计	37
4.2.2	EPA 促进能源效率的激励措施和自愿项目	38
4.2.3	EPA 促进数据中心能效的建议	39
4.3	政府规章对 IT 公司的支持	41
4.4	教育机构和政府规章	41
4.5	本章概要和结论	42
第 5 章	电力部门激励机制的魅力	43
5.1	电力公司的重要作用及绿色 IT 中的 IT 能源费率措施	43
5.1.1	PG&E 领航公用事业能源效率联盟	44
5.1.2	PG&E 的能效计划	45
5.2	能源公司费率激励措施举例	45
5.3	利用电力公司退款减少数据中心能源成本	46
5.3.1	面向电力部门的奖励	46
5.3.2	可行的奖励计划	46
5.4	电力公司对绿色企业的奖励	47
5.5	IT 能源效率评估标准	48
5.5.1	电子产品环境影响评估工具 (EPEAT)	49
5.5.2	数据中心的能源等级	50
5.6	IT 供应商的带头行动	50
5.6.1	再利用、回收和休养	51
5.6.2	远程办公	51
5.7	展望	52
第 6 章	IT 系统的虚拟化	53
6.1	整合和虚拟化的概念	54

6.1.1	整合：节能的关键	54
6.1.2	虚拟化：最绿色的技术	55
6.2	服务器虚拟化	57
6.2.1	分区	57
6.2.2	其他的虚拟化技术	57
6.3	存储虚拟化	58
6.3.1	IBM 的存储区域网卷控制器	58
6.3.2	虚拟磁带机	59
6.4	客户机虚拟化	59
6.5	进一步看创建虚拟服务器的原因	60
6.5.1	服务器和数据存储虚拟化的终极形态	61
6.5.2	云计算——令人激动的未来	61
6.6	虚拟服务器的机群体系结构	61
6.7	刀片服务器和虚拟化	63
6.7.1	刀片服务器的优点	63
6.7.2	刀片服务器虚拟化的必要性	64
6.7.3	业务的连续性——灾难恢复	64
6.7.4	刀片服务器和虚拟化的结合	64
6.8	数据存储中服务器虚拟化的影响	65
6.8.1	基础设施选项和计划	65
6.8.2	存储管理问题	66
6.8.3	数据保护	66
6.8.4	灾难恢复	66
6.8.5	服务器和存储虚拟化	66
6.9	本章概要和结论	67
第 7 章	制定 IT 能耗度量标准的必要性	68
7.1	SPEC 标准协会	68
7.2	服务器功耗和性能的 SPEC 标准举例	69
7.3	EPA 度量指标	72
7.4	LEED 绿色建筑评估体系	72
7.4.1	LEED 绿色建筑评估体系的历史	72
7.4.2	LEED 绿色建筑评估体系的利弊	73
7.4.3	LEED 绿色建筑评估体系的认证	74
7.4.4	LEED 评判标准的各种版本	74
7.4.5	各国（和地区）绿色建筑协会评估体系具体举例	75
7.4.6	LEED 和碳交易	75
7.4.7	LEED 专业认证资格	76
7.5	绿色网络联盟数据中心节电指标：PUE 和 DCiE	76
7.5.1	绿色网络联盟的短期举措	76

7.5.2 绿色网格联盟的长期目标	78
7.5.3 数据中心生产率 (DCP)	78
7.5.4 PUE 指标的进一步发展	78
7.5.5 数据中心各组成部分的效率标准	79
7.6 绿色 IT 能耗度量指标的前景	79
第 8 章 IT 冷却设施的处理	80
8.1 数据中心冷却的基本节能方法	81
8.2 包括蓄冷在内的数据中心储能方法	81
8.3 水冷服务器	83
8.4 提高数据中心冷却效率的策略	84
8.4.1 恰当地密封数据中心	84
8.4.2 优化气流	85
8.4.3 利用节约装置达到免费冷却的目的	86
8.4.4 提高机房空调的效率	86
8.4.5 安装辅助冷却系统	87
8.5 利用燃料电池为数据中心供电	88
8.6 数据中心其他新兴冷却技术	88
8.7 本章概要和结论	89
第 9 章 电力部门绿色 IT 案例研究	90
9.1 绿色数据中心的环保特征	90
9.2 太平洋燃气与电力公司 (PG&E)	91
9.3 芝加哥地区的电力部门	91
9.3.1 电力公司数据中心其他节能措施	94
9.3.2 电力公司绿色数据中心的下一步工作	94
9.4 UPS 的能耗影响	95
9.5 本章概要和结论	95
第 10 章 大学和大型公司绿色 IT 案例研究	96
10.1 布赖恩特大学绿色数据中心的可扩展模块化方法	97
10.1.1 布赖恩特大学可扩展模块化数据中心概要	97
10.1.2 布赖恩特大学模块化数据中心的设计细节	98
10.1.3 Google、Sun、路克博的模块化和集装箱式数据中心设计	99
10.2 哥伦比亚大学绿色 IT 和纽约市绿色计划	100
10.2.1 哥伦比亚大学创建绿色数据中心的计划和分析	100
10.2.2 大型研究型大学的高性能计算	101
10.2.3 需要分析和证实的绿色 IT 技术	102
10.2.4 哥伦比亚大学的绿色 IT 测试计划	103
10.2.5 哥伦比亚大学绿色 IT 计划概要	103
10.3 肯塔基州列克星敦市 6.1 万平方英尺的大型数据中心	103
10.3.1 节能数据中心的 5 步方法	105

10.3.2	第 1 步: 诊断	105
10.3.3	第 2 步: 建造	106
10.3.4	第 3 步: 虚拟化	107
10.3.5	第 4 步: 管理和测量	108
10.3.6	第 5 步: 冷却	109
10.3.7	未来计划和政府参与	110
10.3.8	列克星敦绿色数据中心结论	110
10.4	本章概要和结论	111
第 11 章	世界各地绿色 IT 案例研究	112
11.1	世界公共网格——一个不错的绿色 IT 网格	112
11.1.1	弄清水稻的结构	114
11.1.2	清洁能源项目	114
11.2	法国蒙彼利埃的绿色数据中心	114
11.2.1	客户痛点	115
11.2.2	策略、最佳实例和解决方案	115
11.2.3	未来 PSSC 绿色数据中心的实现	115
11.2.4	绿色 IT 的创新——本地或远程访问监控室	116
11.3	土耳其伊斯坦布尔数据中心案例研究	119
11.4	印度的大项目 (超过 30 个数据中心)	120
11.4.1	解决方案——与专家合作	120
11.4.2	该组织的启动计划和创新	121
11.4.3	该组织的成果汇编	123
11.4.4	计划在 2009 年实施的项目	124
11.5	本章概要和结论	124
第 12 章	企业绿色 IT 展望	126
12.1	回顾帮助拯救世界的 IT 步骤	126
12.1.1	传达绿色 IT 计划, 指派一名能源大王	127
12.1.2	整合与虚拟化	127
12.1.3	安装节能冷却机组	127
12.1.4	测量和优化	127
12.1.5	实现高效应用程序和删除重复数据	128
12.1.6	利用补贴和激励措施	128
12.2	未来的绿色 IT	128
12.3	绿色 IT 的路线图	129
12.4	结论	131
附录 A	绿色 IT 一览表和建议	132
A.1	绿色 IT 一览表	132
A.2	建立绿色 IT 的工具和相关信息	137
A.2.1	DOE DC Pro 工具	137

A.2.2	碳排放量测量工具	138
A.2.3	美国采暖、制冷与空调工程师学会信息	138
A.2.4	服务器功耗计算工具	138
A.2.5	NYSERDA 的净功率估计软件	138
A.3	世界范围内数据中心的电力使用状况	138
A.4	使用 AEM 软件管理 IT 设备电源	140
A.4.1	概述	140
A.4.2	AEM 的工作方式及其优点	141
A.4.3	能源管理和系统管理的融合	141
A.5	计算机制造商和绿色计算	142
A.5.1	惠普公司的绿色计算	143
A.5.2	Sun 公司的绿色计算	143
A.6	芯片技术和绿色 IT	144
A.7	计算机网络的能效	144
附录 B	绿色 IT 和云计算	146
B.1	公共云计算和私有云计算	146
B.2	业务和技术对云计算的推动	148
B.3	云计算的应用类型	148
B.4	云计算的概念结构和基础设施	150
B.5	服务器和数据存储虚拟化的终极形态	151
B.6	本附录参考文献	152
附录 C	不同发电方法的比较	154
C.1	不同发电方法成本与废弃物排放量比较	154
C.1.1	传统发电方法	155
C.1.2	传统可再生发电方法	155
C.2	全球水电概况	156
C.2.1	小型水电站	156
C.2.2	水电优势	157
C.2.3	温室气体排放量	157
C.2.4	相关产业	157
C.2.5	不利之处	157
C.2.6	环境破坏	157
C.2.7	温室气体排放	158
C.2.8	人口迁移	158
C.2.9	与其余发电方法比较	158
C.2.10	水电发电量排名	159
C.3	全球风电概况	159
C.3.1	风速分布和电网管理	160
C.3.2	电网管理	160

C.3.3	间歇性和普及限制	161
C.3.4	近海风电站	162
C.3.5	风电的利用	162
C.3.6	风电装机容量最多的国家（和地区）排名	162
C.3.7	全美“风”州（北达科他州第一）	164
C.3.8	小型风力发电系统	165
C.4	全球太阳能发电概况	166
C.4.1	太阳能发电应用	166
C.4.2	太阳能	167
C.4.3	光伏技术	167
C.4.4	光伏装机容量国家（和地区）排名	168
C.4.5	集光太阳能发电	169
C.4.6	试验性太阳能发电技术和储能方法	170
C.4.7	太阳能存储方法	170
附录 D	全球 IT 电力成本及其预测	171
D.1	美国各州电价	171
D.2	世界各国（和地区）工业用电价格	173
D.3	世界清洁能源成本预测	176
术语		177
参考书目		184

第 1 章

绿色 IT 的重要性

“当越来越多的人意识到全球气候变化正处于危急关头时，他们就会参与解决，共同面对气候危机带来的挑战和机遇。”

——阿尔·戈尔关于全球变暖的言论

信息技术（IT）是每一个现代企业的立足之本。没有 IT，企业就不可能获得成功。然而，IT 的广泛应用已经带来了显著的、意想不到的副作用，那就是对于全球因依赖矿物燃料而无法持续的经济而言，IT 已经成为一个重要的祸源。尽管这些副作用在不久的将来才会看到，但是一些成功的公司显然已经认识到了这一点，转身投入到“让 IT 变绿”的可持续实践活动中。绿色 IT 就是更有效地使用 IT，以减少能源消耗，因此它考虑的是节能的解决办法。在本书中，你可以了解到 IT 对环境影响的详情，包括数据中心消耗基于矿物燃料的电能的情况。此外，我们还研究了许多案例，汲取了其中的经验教训，了解了实施绿色 IT 的最好方法。

IT 已经渗透到我们工作和学习生活的方方面面，目前许多公司都把通过实施绿色 IT 达到节能目标视为其追求环保的核心工作。本书详细叙述了实施绿色 IT 的重要性、IT 和数据中心在全球电能消耗和碳排放（也称为碳足迹）中的意义及其与日俱增的职责，特别是对“失败教训”的案例研究以及实施绿色 IT 的最佳途径做了详细说明。

正如本书前言所讲，大多数公司若想在减少碳排放量方面迈出重要的一步，那么绿色 IT 是理想的方法。实施绿色 IT 有多种原因。首先，从竞争角度考虑，大多数公司每 3~4 年就会更新计算机硬件，如便携式计算机、台式计算机、服务器和存储设备。更新设备的周期提供了再次购买节能技术的机会，而且节能技术日新月异，例如虚拟服务器、虚拟网络和虚拟数据存储。使用这种虚拟化技术很容易就能减少原有设备多达 50% 的 IT 电能消耗（请参考美国环保局 EPA 的“致国会关于服务器和数据中心能源效率的报告”，或参考文献中 Jonathan Koomey 的报告）。采用绿色 IT 的第二个有说服力的原因是，虚拟化技术能减少数据中心的设备和系统的管理成本。数据中心绿色技术基于一个真实的商业案例，甚至在我们考虑因节能而省下多少钱之前就已存在。实施绿色 IT 的第三个原因是所有大公司（在 IT 虚拟化、云计算等方面）正在实施改进措施。除了在 IT 虚拟化方面的内容外，本书还介绍支持 IT 的新节能冷却技术以及电利用率案例激励措施、政府激励措施和促进 IT 节能规定等对绿色 IT 的影响。

绿色 IT 有许多不同的方面。本书中我们使用了绿色 IT、绿色计算和绿色数据中心这样

的术语。绿色 IT 是使用最广泛的术语，正如我们在这里所用的那样，它涵盖了所有的计算，包括数据中心的内部和外部。我们讨论的重点是绿色 IT 的商业方面，所以本书的重点是做什么，而不是如何做。当然，本书有几章确实给出了如何实现绿色 IT 的细节，特别是在案例研究方面，通过研究全世界许多公司和组织最近的经验教训，给出了实现绿色 IT 的最佳实例。

在后面的几章中，我们会看到在通往绿色 IT 的道路上所获得的利益和遇到的障碍。具体内容如下：

- (1) 在处理问题过程中的组织行为（例如信息主管（CIO）不会支付电费账单）；
- (2) 因外界因素导致的规章制度的改变；
- (3) 公司高管实施绿色 IT 的整体动机；
- (4) 最终产品的评价和资产处置、采购政策和供应链问题（避免影响气候的方法等）。

本书没有涉及公司高管实施绿色 IT 的重要动机，因为那是企业社会职责方面的问题。越来越多的证据显示，公司做好事就会得到好报。事实上有关企业实施绿色 IT 动机的书籍已经出版（参见参考文献中的《Green to Gold》）。互联网的广泛应用已经在商业、客户、雇员和合作人之间创建了一种新型关系。现在人们可以在网上获取相关产品和公司活动的大量信息和意见。这样的信息在全球各地每时每刻都能看见。企业行为的透明度越来越大，顾客对公司的认识也在提高，随之而来的顾客的购买行为正发生着根本性的变化。在这期间企业开始寻求在互联网上展开合作。这样，除了标准商业实例以外，让你的公司也加入绿色浪潮（《Green to Gold》一书中的术语），应该是公司追求绿色 IT 的另一个动机。

本书强调的是绿色 IT 在商业方面的应用，而非技术层面的问题。尽管这样，本书还是利用了几个章节详细介绍了绿色 IT 技术方面的问题，包括案例研究章节（第 9 章、第 10 章和第 11 章）。我是一名经过培训的工程师，对绿色 IT 技术方面的问题有着浓厚的兴趣。绿色 IT 和绿色数据中心使用的能源是电，所以我非常愿意在这里简单介绍一下我们熟悉的电的概念以及伏特、安培和瓦特之间的关系，这是我们寻求减少电能消耗的基础知识。伏特、安培和瓦特之间的关系是这样：功率（瓦特）=电压（伏特）×电流（安培）。瓦特是测量电功率的单位。能量等于功率乘以时间。我们支付的电费是以千瓦时（kWh）为单位的，1kWh 的电能（1 度电）可以使 10 个 100 瓦的灯泡点亮 1 小时。在纽约城地区，用 1 度电要花 20 美分，而在西弗吉尼亚 1 度电只需花费 5 美分。由于用电成本高，在考虑修建新的数据中心时，选择地点便成了至关重要的因素。

要组建一个数据中心，除了要考虑每度电的成本外，还要考虑市电额定电压。在美国，家庭、办公室和数据中心使用的额定电压典型上有两种：110V 或 220V。实际上电压在一天当中会稍有变动（用一个简单的电压表就可测出来）。电气工程师通常为你提供两种电压：120V 和 208V。如果你家里有一个电炉、一个电加热衣物烘干机或一个较大的电力空调机，电气工程师会把它们连接到 208V 的线路上，因为这些电器需要更大的功率，高电压可以提供更大的功率，而且还省电。高压省电是因为电流通过电线传输时会造成电的损耗，电损耗公式是 I^2R ，这里的 I 代表电流，单位是安培， R 是电线的电阻，电阻是固定不变的。因为瓦特=伏特×安培，想获得成倍的功率（瓦特）时，我们可以使电压（伏特）或电流（安培）加倍。当然，电流加倍会使电损耗增加到 4 倍。因此，长距离输电时，就应该尽量提高电压。高压线塔的电压通常高达 12 万伏，我们房屋外面的电线的电压一般都有 4 000V，电压降至 110V 供室内使用是为了减少人员触电死亡的危险性。如前所述，虽然欧洲的额定电压是

220V, 但这仅限于电炉、电加热衣物烘干机等电器使用。在数据中心, 减少电传输损耗的一个最简单办法就是使用 220V 电压。高输入电压导致高效率运转。大多数服务器(就像便携式计算机或电吹风一样)既能使用 110V, 也能使用 220V 电压。以前数据中心的服务器都使用 110V 电源, 但转换到 220V (或 208V) 会节省大量开支。本书中有几处提到了数据中心改变电压以减少电能使用的情况。

1.1 绿色 IT 和绿色数据中心的重要性日益增加

后面几章的重点放在了数据中心上, 因为数据中心几乎一直是公司实施绿色 IT 行动的亮点。数据中心起初只包含用来处理数据、存储数据的电子设备和通信网络, 现在数据中心已经成为商业、通信、学院和政府体系所共同拥有且不可缺少的职能部门。随着经济不断地从纸张信息管理向数字化信息管理转变, 数据中心也在迅速地成长和扩大。美国环保局 2007 年在题为“致国会关于服务器和数据中心能源效率的报告”中指出, 2000—2006 年国家服务器和数据中心的用电量增加了一倍, 大概是 610 亿度电。如果按照现在的效率, 到 2011 年, 全国服务器和数据中心的电能消耗会再增加一倍, 超过 1 000 亿度电, 也就是说全年的电力成本将达到 74 亿美元。

经济体系的每个部门都建有数据中心, 包括金融服务、媒体、高科技、大学和政府机构。Google、亚马逊和易趣等知名网络服务的出现, 使得数据中心服务器剧增成为必然。据估计, Google 现有服务器超过了 45 万台, 它们以机群方式分布在世界各地城市的机架上。Google 主要的数据中心分布在美国加利福尼亚州、弗吉尼亚州、佐治亚州和爱尔兰, 新建的数据中心位于美国俄勒冈州和比利时。2009 年 Google 正计划开放其首批站点之一, 该站点位于美国中西部地区艾奥瓦州的康瑟尔布拉夫斯, 该地区附近有丰富的风能资源, 距离光纤通信链路最近, 有利于实现绿色能源目标。要选择在具有丰富的可再生能源附近修建新的数据中心, 请参见附录 C。亚马逊和易趣也都有成千上万的服务器。据估计, 2003 年发布的以互联网为依托的 Second Life (第二人生) 虚拟世界有 9 000 多台服务器。即便目前已有大量的服务器, 但 IBM 的顾问估计, 今后 10 年服务器出货量将增长为现在的 6 倍, 数据存储量将是现在的 69 倍。

绿色节能数据中心能帮助我们减少温室气体排放, 转而有助于减缓全球变暖程度。最近联合国和白宫的气候变化会议强调绿色项目的环境重要性。尽管对全球变暖的危险程度会持续公开地讨论下去, 但实现绿色数据中心为我们大家提供了一个大好机会, 这可帮助我们减少温室气体排放。

在许多实例中, 走向绿色一直没有获得经济实惠, 而且只能靠政府或公用电力公司发放的补贴维持, 例如, 太阳能和风能等可再生能源的实施。然而, 实现绿色数据中心就会得到财务上的回报——尤其是当你成为第一个吃螃蟹的人的时候。就像在整本书中所指出的那样, 发展绿色 IT 对于所有参与的公司来说都是双赢的。用于 IT 的能源经费在持续增加, 数字在不断地被重复提及。根据调研公司 IDC 的报告, 到 2010 年, 在硬件上每花费 1 美元, 就要在电耗和冷却方面花费 70 美分; 到 2012 年, 硬件花费 1 美元, 耗电和冷却就要花费 1 美元。绿色 IT 已经引起了全世界用户浓厚的兴趣, 大部分兴趣就来自于对绿色数据中心的投资回报。

绿色数据中心的一般定义是: 绿色数据中心是存储、管理和分发数据的知识库, 其所设

计的机械、照明、电气和计算机系统能够获得最大的能源效率，同时对环境影响最小。绿色数据中心的建设和运转涉及先进的技术和策略运用。这些策略和目标包括如下几点：

- (1) 使绿色数据中心建筑物的碳排放量最小；
- (2) 使用低污染建材、地毯和涂料；
- (3) 创造可持续性环境美化工程；
- (4) 倡导废品回收；
- (5) 在备用发电机上安装催化式排气净化器；
- (6) 使用可替代能源技术，如光伏发电（PV）和燃料电池；
- (7) 提高排热、变速风扇和自然冷却技术的效率。

尽管如此，在下面几章中，我们还是通过探索唾手可得的目標，把重点放在数据中心高效利用能源的方法上。我们应该先从现有数据中心的基础技术开始探索，从节能冷却塔的使用、变速送风机的使用直到节能 IT 系统（如虚拟服务器、刀片服务器和虚拟数据存储）的使用。服务器整合也是减少服务器能耗的最佳方法，尽管它最初目的是节省服务器硬件成本。服务器整合的下一步就是数据中心整合。数据中心的整合也是为了减少设备成本和人力资源成本，当然，也顺便降低了数据中心的能耗。大多数数据中心已经采用了更新的 IT 技术，如虚拟服务器或服务器整合，所以本书首先研究的是数据中心为了节约投资成本已经采纳的技术，并讨论同样的技术在显著降低能耗方面的方法。后面几章案例研究中所描述的经验为数据中心开辟了避开那些失败教训的道路。

许多顾问的报告指出，数据中心正处在“引爆点”。一些广为人知的问题是需要为数据中心提供足够的电力，这甚至包括伦敦的金丝雀码头和纽约城第 14 大街南部地区。2006 年金丝雀码头的财政机构被告知，供电基础设施无法为其数据中心新增的服务器提供电力。最近几年，一些金融机构的服务器功率一直在显著增加，这些功率常常是由刀片服务器机柜带来的。在数据中心，刀片服务器机柜大大增加了每平方英尺^①所需要的电力功率。一台刀片服务器的耗电量就与一台大型、老式的服务器相同，而且数据中心需要同等量级的电流来处理产生的热量。金丝雀码头的电力基础设施已经不能支撑日益增长的电力需求。2008 年曼哈顿第 14 大街南部的数据中心也发生了类似的电力设施负荷受限事件。由于因电力基础设施不足造成的数据中心供电受限仅仅是问题的一部分，数据中心的占地面积也成了数据中心非常值得关注的问题，这个问题在大城市尤为明显。经常发生的事是，公司用尽了数据中心的所有楼层面积，再也无法轻易扩展了。

本书后面几章介绍的绿色 IT 技术（如服务器和数据存储虚拟化、服务器整合）不仅能减少所需电量的 50%，还能减少数据中心的占地面积。使用一个大型的、装有 10 台虚拟服务器的实际机柜，来替代 10 台独立的物理服务器，利用这种虚拟服务器技术就能轻易地减少 80% 的数据中心占地面积。绿色 IT 的实践促使数据中心所有方面都能形成双赢的局面：耗电量的减少、服务器成本的降低、数据中心占地面积的减少以及实际机柜的方便管理。

尽管建造一个绿色数据中心或其他设施并证明其合格，前期要花很多钱，但在运营和维护中，我们能认识到建造绿色中心能长期节省大量成本。后面几章所描述的绿色数据中心技术均来自典型的商业案例，这些案例表明，在继续进行一个项目之前，投资回报率（ROI）

① 1 平方英尺=0.092 903 04m²。

是需要考虑的一个重要因素。当然，还需要考虑一些重要的、非财务性的回报，因为绿色设施（包括绿色数据中心）还应该为员工提供一个健康、舒适的工作环境。此外，不能忽视这样的事实，即绿色设施会增进与当地居民的关系。

所有人都意识到环保人士带来的压力在不断增加，同时，政府提供的一般公共绿色激励措施也在增加，这些措施是：为重大生态技术的创造和维护提供财政支持。服务器更新为数据中心走向绿色提供了便利机会，而绿色 IT 通常会创造出经济效益和环境效益。据 IBM 估计，一个具有代表性的、占地 25 000 平方英尺的数据中心，其用电成本为每度电 12 美分，这样的数据中心，在 IT 电能和冷却方面一年要花掉公司 250 万美元。IBM 还估计，在用电成本持续攀升的情况下，具有代表性的数据中心通过绿色 IT 能将每年的耗电成本减少 50%，安装节能 IT 设备并对数据中心的冷却技术进行优化也将为公司节省开支。

美国环保局最近的报告强调，由于受到不断增加的数据处理和数据存储需要的刺激，美国的数据中心工业正处在发展壮大阶段。数据处理和存储的需求受到诸多因素的驱使，其中包括：

- (1) 在金融服务业中电子交易大增，例如网上银行和电子贸易；
- (2) 利用因特网进行通信和娱乐；
- (3) 网络购物和相关业务有所增加；
- (4) 医药卫生行业越来越多地使用电子病历；
- (5) 全球商业和服务业在壮大；
- (6) 在运输过程中采用卫星导航技术和电子出货跟踪。

政府各部门中有助于数据中心成长的几个重要趋势包括：

- (1) 利用因特网公布政府信息；
- (2) 政府法规需要使用数字化记录来保存；
- (3) 对灾难恢复的需求大增；
- (4) 信息安全和国家安全；
- (5) 政府部门服务的数字化（例如，电子化的税单和美国邮政总局在线追踪）；
- (6) 高性能科学计算。

过去 5 年里，对计算机资源需求量的增加已经导致数字中心服务器数量大增。据估计，这些服务器所使用的能源以及支撑它们所用的电量和冷却基础设施将加倍。能源使用的增加有很多显著的暗示，这些暗示包括：

- (1) 商业和政府的能源成本增加了；
- (2) 来自电力生产过程中的排放物增多了，其中包括温室气体排放；
- (3) 为满足日益增长的用电需求，现有的电网负荷变紧张了；
- (4) 用于数据中心增容和新数据中心建造的资金成本增加了。

由于上述原因，数据中心一直在寻求节能的机会。值得赞扬的是，IT 行业正在积极地调查并推出解决方案，如采用具有电源管理功能的服务器以及自适应的冷却系统。

然而，IT 和基础设施的直接能源使用并不是数据中心影响能源使用的唯一途径。从广泛的经济角度来看，由数据公司提供的数据处理和通信服务也能间接地减少能源使用。在某些案例中，减少的这部分能源费用能超过数据中心增加了的能源费用。例如，电子商务和远程办公能够减少货运和客运的能源使用。当我们使用电子书店如 Amazon.com 时，电子商务的

使用可使我们不用开车去当地图书馆，从而节省了能源。我们可以利用一个网络会议服务，如 Webex 或 Microsoft® Live Meeting，来参加一个“虚拟”会议，这样能节省飞机飞抵会议地点的能源费用、租车的能源费用和其他所有的旅途要负担的能源费用。

由于预计数据中心的直接能源使用会持续增长，其结果将对电网和美国各行业造成冲击，在数据中心寻求节能的机会就显得特别重要。

在此重申主题：我们都意识到现在数据中心的能源成本在不断上涨，有关全球暖化和其他的环境问题日益引起关注。这些问题已经使得绿色 IT 成为 IT 领域中最热门的话题之一。但是，到底什么是绿色 IT 和绿色计算？绿色 IT 以何种方式影响 IT 基础设施？本书针对绿色计算的概念、好处和商业价值提供了一个概要，内容如下：

- (1) 绿色计算的定义或分析以及它的好处；
- (2) 绿色计算方案的概述；
- (3) 实现绿色 IT 的商业案例；
- (4) 能源管理方案的实施；
- (5) 节能的重要性。

1.2 所有公司为实现绿色 IT 应采取的基本步骤

Gartner 研究公司称，绿色浪潮方兴未艾。该研究公司预测，2009 年在所有 IT 组织中超过 1/3 的 IT 组织会把环境问题列入他们前 6 个采购准则中。Gartner 称，到 2010 年，3/4 的公司在制定硬件采购策略时将认真考虑产品的碳排放量，到 2011 年，大型企业将制定政策，要求企业供应商通过审计过程来证实他们的绿色信用度。

大多数公司针对自己公司如何进行节能环保而大谈特谈，但实际上这些公司并没有说到做到。Forrester Research 公司 2007 年 5 月对 124 家 IT 运营公司进行了调查，结果显示 85% 接受调查的公司认为，环境问题是规划 IT 运营的重要因素。但实际上被调查公司中只有 1/4 的公司将绿色标准写入其产品采购流程中。然而，那些已经踏上绿色旅程的企业发现，通过一些简单的改进就能实现减少能源总需求量的目标，而这些简单的改进不需要花费数年的时间去完成，也不用数年的时间便能得到回报。下面几节介绍的 6 项任务适用于所有绿色 IT 项目。第 2 章详细叙述了 IBM 为实现绿色数据中心所使用的 5 个步骤。实现绿色数据中心的 5 个步骤包括下面几节中提到的虚拟、冷却和测量任务。第 9 章和第 10 章也详细介绍了案例研究中这 5 个步骤的应用。

1.2.1 传达绿色 IT 计划，指派一名能源大王

首先要估量当前能源的现状，做一个能源消息灵通人士。在绿色 IT 领域中需要找到一个起点来测量一个组织的节能计划所产生的巨大影响。当然，也必须马上传达所提出的节能计划。通过绿色 IT 让所有员工了解节能的计划和目标。除了与员工交流思想之外，还要创建一个组织来推动绿色 IT 计划的实施。这可以让一个人来负责，给他一个头衔（如“能源大王”）。关于企业间交流和协作的重要性，详细内容请参见第 3 章。

1.2.2 整合与虚拟化

整合 IT 运营和利用虚拟化来减少服务器碳排放和能源使用,是过去几年里被多数公司认可并被广泛执行的能源效率策略。世界上一些最大的技术组织,包括 AMD、HP、Intel、IBM 和 Sun 公司最近(2008 年)已经完成了主要的数据中心整合项目,这些项目也包括了服务器整合和虚拟化。第 6 章主要介绍 IT 系统虚拟化在实现绿色数据中心过程中的重要性。

1.2.3 安装节能冷却机组

在多数案例中,传统数据中心设计提倡使用庞大的计算机机房空调装置(CRAC,简称机房空调),它们被放置在室内地板的边上,驱使数据中心周围的大量空气进行移动,形成冷风。然而,单排式或补偿性冷却机组已经显示出节能的本领。典型的单排式冷却机组将一排或两排服务器围起,所有服务器的背部都朝向单一的“热”通道,通道里的热量被屋顶和末排的门挡住,这样就可以在热源处直接进行冷却,而不必等到热量分散到整个数据中心地板后才进行冷却。第 8 章涉及的是实现绿色数据中心的冷却策略。

1.2.4 测量和优化

2009 年几个组织(包括绿色网格联盟)有望发布重要的可交付使用的度量指标,企业可利用这个度量指标来测量工作场所的基础设施设备的用电效率。多数企业已经能够确定基础设施的哪些地方可以进行优化,以便提高能源效率,这只需通过简单地监控和测量现有基础设施便能实现。美国环保局正在致力于创建度量指标。大约 100 家公司已经表明,他们将向美国环保局提供原始能源数据和其他信息,用于研发新的测试基准。美国环保局指出,2010 年可使用新的基准测试。

在广泛的可接受的度量体系形成之前,针对数据中心运营相关的公用事业开支,各企业应该确保其这方面的开支能够与公共场所其他成员的开支分开。另外,对特定设备机架的测量或对设备种类(如服务器)的测量可以提供有价值的见解,可以弄清哪些特定的整合、虚拟化和优化项目将会产生最好的投资回报率。第 7 章主要说明了能耗度量指标的状况。

1.2.5 实现高效应用程序和删除重复数据

软件 and 应用程序效率对绿色 IT 来说意义重大。最近我深深体会到了这一点,创建一份数据仓库报告的过程从 8 个小时缩短到了 8 分钟,做到这一点只需改变 Oracle 数据仓库的搜索过程(例如,当只需要搜索很少一部分数据时,不要每次都搜索全部数据库)。在创建数据库报告所需的 8 个小时中,大型服务器几乎是以峰值运算能力的速度运转的。当然,大量应用程序的低效率特性早已在编程过程中就被创建并固定下来了。但是,对应用程序的效率做一些小改进,使得应用程序的运行速度快 20%,这种情况又会怎样呢?可以这么说,应用程序效率提高 20%也会导致能耗降低 20%。判断应用程序的效率提高了多少个百分点,通常并不容易做到,然而,对节能的额外奖励却是个重要的有利因素,它能促使应用程序的运行速度加快。

数据存储效率也非常重要,如使用分层存储。重复数据删除技术(通常被称为智能压缩或单实例存储)是一种通过消除冗余数据来降低存储空间的方法。实际上这种方法在磁