

PEARSON

思科公司资深IT构架师  
带你领略全球最美丽、最环保、最具创新性的  
18个数据中心

大数据云计算时代  
数据中心  
经典案例赏析

[美] Douglas Alger 著 曾少宁 于佳 译

大数据云计算时代  
**数据中心**  
经典案例赏析

[美] Douglas Alger 著 曾少宁 于佳 译

人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

大数据云计算时代数据中心经典案例赏析 / (美) 阿尔杰 (Alger, D.) 著 ; 曾少宁, 于佳译. — 北京 : 人民邮电出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-115-33218-9

I. ①大… II. ①阿… ②曾… ③于… III. ①数据库系统—研究 IV. ①TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第251614号

## 版 权 声 明

Authorized translation from the English language edition, entitled *The Art of the Data Center: A Look Inside the World's Most Innovative and Compelling Computing Environments*, 9781587142963, Douglas Alger, published by Pearson Education, Copyright © 2012 Pearson Education, Inc.

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.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and POSTS & TELECOM PRESS Copyright © 2013.



本书封面贴有 **Pearson Education** (培生教育出版集团) 激光防伪标签。无标签者不得销售。

- 
- ◆ 著 [美] Douglas Alger  
译 曾少宁 于佳  
责任编辑 赵轩  
责任印制 王玮
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京精彩雅恒印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 800×1000 1/16  
印张: 18.25  
字数: 358千字 2014年1月第1版  
印数: 1-3000册 2014年1月北京第1次印刷
- 著作权合同登记号 图字: 01-2012-9272号

---

定价: 89.00元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

献给 *Andy Broer* 和 *Melynda*

# 前言

欢迎来到互联网的动力中心。

数据中心拥有许多复杂的计算设备、大型空调和复杂的电力系统，它们是互联网的动力所在，能够提高生产力并驱动全球经济发展。它们总是处于技术最前沿——采用超现代技术的机房支持千万亿次处理和百万瓦特的电力容量。

15年前我开始从事数据中心的工作，先是负责采购设备和盘点硬件，最后是为思科设计和管理各种专业的计算环境。这些年来，我还造访过上百个其他的数据中心，在条件允许的情况下拜访它们的设计者和管理者，并与他们交流。数据中心的人员都尽可能地将相同的物理设备放在地面上，而我总是很好奇，希望了解人们所实现的高明（或可能并不高明）的解决方案。

编写本书的想法源于我在2009年编写的另一本书《思科绿色数据中心建设与管理》。我当时写到了地热制冷技术，并且希望提供一些建造地下数据中心的示例，最后发现了Bahnhof公司在斯德哥尔摩的主机托管设备。该设备以前放置在一个核试验坑中，许多技术网站将其称为“James Bond似的数据中心”，这是因为它有一些独特的特性，如人造瀑布和耸立在其数据大厅的玻璃幕墙会议室。我很喜欢这种类似电影中的建筑，比如引人注目的灯光和人造烟雾，我希望能更加了解此建筑。

为什么他们要将数据中心建得像电影大片里的总部大楼一样宏伟呢？这些建筑需要耗费多少资金？他们又如何将备用发电机安装在地下？等一下，数据中心里是不是还有一个鱼缸？

所有这些方面都与本书所介绍的绿色数据中心设计无关，因此在本书中并没有介绍它们。但是，这个概念已经深深印在我的脑海里。寻找最引人注目的数据中心，探讨它们的创新之处，然后请教建设这些数据中心的人，分享他们的见解和学到的经验教训。

几年之后我实现了这一目标。本书的第3章介绍Bahnhof公司的数据中心，另外还介绍了17个具有独特特性和采用开创性技术的服务器机房。

## 本书的目标读者

虽然IT、设备和数据中心的专业人员非常熟悉本书所介绍的内容，但是本书并不要求读者具有这些领域的从业背景。您不需要是旧金山金门大桥的土木工程师，也不需要是向

往这些先进设备的数据中心人员；只要您喜爱架构、可持续设计和计算环境或技术，本书就适合您阅读。

## 致谢

多位数据中心专家无私地为本书的撰写提供了内容和帮助。感谢英特尔的Don Atwood、巴塞罗那超级计算中心的Sergi Girona、Bahnhof的Jon Karlung、花旗集团的John Killey和Jerry Walsh、思科公司的John Manville、Green House Data的Shawn Mills、IBM公司的Chris Molloy、AISO公司的Phil Nail、eBay公司的Dean Nelson、雅虎公司的Christina Page、Nick Holt、Paul Bonaro和Bob Lyte、IO公司的George Slessman、数字房地产信托公司的Jim Smith、Terremark公司的Ben Stewart，以及ACT公司的Tom Struve和Lon Andersen。

同样要感谢他们的同事和助理，他们帮忙安排访谈日程、提供图片和介绍各个数据中心配置的详细基础架构信息，以及非常耐心地回复我的提问邮件。这些人员包括Terremark公司的Xavier Gonzales、ACT公司的Scott Gomer、Nancy Owen和Steve Kayser、巴塞罗那超级计算中心的Sara Ibanez Lecinena和Renata Gimenez Binder、The OutCast Agency的Alex Kirschner、IO的Elizabeth Kubycheck、Lourdes Pagan和Lisa Krueger、eBay公司的Mike Lewis和Monica Penrose、IBM公司的Bruce McConnel和Todd Traver、雪城大学的Tina O' Mara和June Szymanski、数字房地产信托公司的Rich Miller和Lauren Williams、英特尔公司的Kristine Raabe、Neumann Monson Architects的Denise Schmitz、花旗集团的Janis Tarter、KJWW工程咨询公司的Amy Thon、Bahnhof公司的Kristian Thorin和Voce Communications的Dyani Vanderhorst。



图1-1 位于爱荷华市的ACT数据中心是美国第一个通过LEED白金级认证的数据中心（图片由Neumann Monson Architects提供）

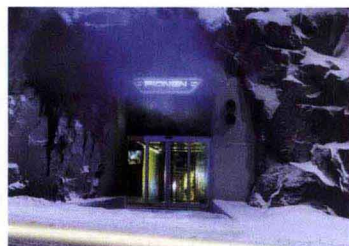
# 目 录



第1章  
ACT公司



第2章  
AISO公司



第3章  
Bahnhof公司



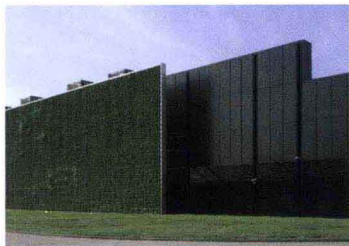
第4章  
巴塞罗那超级计算机中心



第5章  
魁北克计算机中心



第6章  
思科公司



第7章  
花旗集团



第8章  
数字房地产信托公司



第9章  
eBay公司

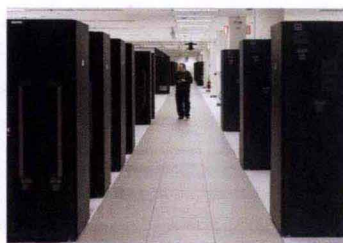




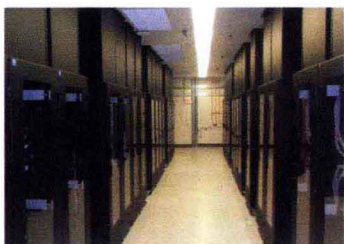
第10章  
Facebook公司



第11章  
Green House Data



第12章  
IBM公司



第13章  
英特尔公司



第14章  
IO数据中心



第15章  
NetApp数据中心



第16章  
雪城大学



第17章  
Terremark公司



第18章  
雅虎公司



雇用测试机构来实现最高级别的数据中心。

ACT公司是一家非盈利机构，它最引以为荣的是以其公司名称命名的大学入学考试。另外，ACT公司位于美国爱荷华市总部的数据中心赢得了美国绿色建筑委员会绿色建筑评估体系的第一名。这是美国第一个获得LEED白金级认证的数据中心，也是爱荷华

市第一个荣获此殊荣的建筑。

该公司之所以取得如此高的成绩，是因为其数据中心使用了大量可再生或可回收的材料，包括山杨纤维天花板、软木地板、棉绝缘墙，甚至二手的高架地板系统。

额外的得分来自服务器环境的冷却方式。该中心采用的地热场由垂直钻孔和装有冷却剂的闭环地下管道系统组成，系统利用地下较低的温度进行热交换。同时，还使用地上干式冷却器，作为地热解决方案的冗余措施。这样，当外部温度足够低时，就可以用外部空气协助冷却数据中心。

除了绿色特性之外，ACT数据中心的设计还可以抵御时速高达250mph（402.3km/h）的龙卷风以及大风吹来的冲击物，并能够与5英里（8km）之外的第二个数据中心协同运作。

Central Services的副总裁助理Tom Struve和信息技术的副总裁Lon Andersen一起探讨如何优化他们的工具，并研究了项目的一些细节，以让他们的数据中心超越预期效果。

## 访谈

### 此数据中心在ACT中发挥什么作用？

Tom：我们认识到，需要建立第二个数据中心，确保为ACT公司和客户提供不间断的技术服务。这在系统冗余和弹性方面发挥了重要作用。与所有机构一样，技术是ACT的一个巨大且不可分割的组成部分。与其他现代机构一样，我们必须拥有扎实稳定的基础设施，才能够不间断地对内部和外部提供这些服务。

Lon：最初的思考过程是，由于通过技术进行交付对ACT至关重要，因此ACT及其

# 第1章

## ACT公司

### 基本信息

公司：ACT公司
位置：爱荷华州爱荷华市
上线时间：2008年3月
显著特征：闭环地热制冷、HVAC干式冷却器、抗龙卷风结构、冷热通道；与5英里（8km）外第二个数据中心进行主动/主动配置，连接ACT公司自己已铺设的光纤；通过LEED（能源与环境设计先锋，Leadership in Energy and Environmental Design）白金级认证
从设计到建成用时：13个月
规模：共计6700平方英尺（622.5m <sup>2</sup> ），其中4000平方英尺（371.6m <sup>2</sup> ）为主机空间
电力：9MW双供电；可供IT使用的容量为270kW
TIER等级：三级
机柜数量：150个
功率密度：平均每个机柜6 kW，最大11 kW
基础设施交付：机柜上的结构化布线；电缆管道和冷却系统都在36英寸（91.4cm）深的高架地板下交付
结构负载：每平方英尺300磅（1464.7kg/m <sup>2</sup> ）
灭火系统：双套预防湿式喷水灭火系统，FM200气体灭火剂。VESDA检测系统

董事会真正认识到我们在灾难恢复的设备与方法需要有重大举措。因此，我认为沿着这一主题进行下去，您会看到行业趋势已偏离传统的灾难恢复，我们现在的计划是从“我已经将数据放在某处，如何构建其他服务器，如何恢复”转移到主动/主动场景。根据Tom的观点，即使一个领先的数据中心可能会出现性能下降问题，但服务不会终止。

因此，从它们在哪里的概念到我们在哪里概念上讲，跨越两个数据中心的建设工作就是如何让主动/主动模式变成在不同的地点之间共享工作负载。

## 虽然您知道这应该是主动/主动方式下运营的数据中心组合的一部分，但这对设计有何影响？

Tom：当我们将对这一工作的愿景和计划汇集在一起时，早期的决策之一在于我们是否要利用传统的灾难恢复方法确定地点位置？从灾难恢复的角度讲，我们要采用哪种做法？在整个过程中，我们考察了传统做法的替代方案，考虑了成本方面的因素。简单地说，考虑到各方面因素，我们认为对我们来说最佳的整体模型是建立一个主动/主动模式，并且让两个数据中心相距5英里（8km）。一些从事灾难恢复的人对此不以为然：“伙计，两个数据中心之间的距离应该是25英里（40.2km），并且应该位于不同区域，以避免地震和电网问题等。”问题是您愿意分开多远？

### LEED认证

能源与环境设计先锋（Leadership in Energy and Environmental Design, LEED）是绿色建筑的设计、建造和运营的一套评级系统。根据六类评价指标：可持续场地、节水、能源和大气、材料和资源、室内环境质量、创新和设计，建筑可以获得认证级、白银级、黄金级和白金级四个级别认证。

我们的选择是，在同一城市的两个独立建筑中建设数据中心。其中一个驱动因素是我们能与爱荷华市政府协商，在两个地点之间安装我们自己的光纤。然后开始进入实际运作，一切从了解全局开始，从运营和灾难恢复的角度综合考虑，通过暗光纤进行传输。

另外，很明显的是，要实现主动/主动配置，不一定必须要去外地、中断工作、随身携带数据，然后将通信重新路由到它。所有操作都是无缝的。如果从灾难恢复的角度考虑，让员工在不同的地点之间来回折腾是相当繁重的任务，这是一个方面。从日常运营角度来看，我们确实可以在距离爱荷华市25英里（40.2km）的位置建立数据中心。但是，仅仅日常运营就会给Lon的人员带来巨大影响。我们不是一家大型全球性企业，没有成百上千的IT

人员可用。综合考虑所有这些因素，并且从IT和成本的角度来看，直接光纤连接的成本非常高。即使带宽成本正在下降，但需要的带宽通信成本仍然非常高。

Lon: 从技术角度看，突破了暗光纤的限制之后，就会出现大量的可能性。实际上，当我浏览不同高管对未来技术的报告（IBM正好有这样一份报告，报告围绕其存储技术展开，并开始讨论复制技术）时，发现他们总是要备份、停止、重新梳理他们的思维过程，因为他们还不适应拥有此类暗光纤和带宽的公司。

实际上，对我们来说，它看起来就像一个数据中心，机器都放置在同一层。对工程师来说，从开始构想到设计出具体方案，并将各方面因素整合在一起，将变得更简单。

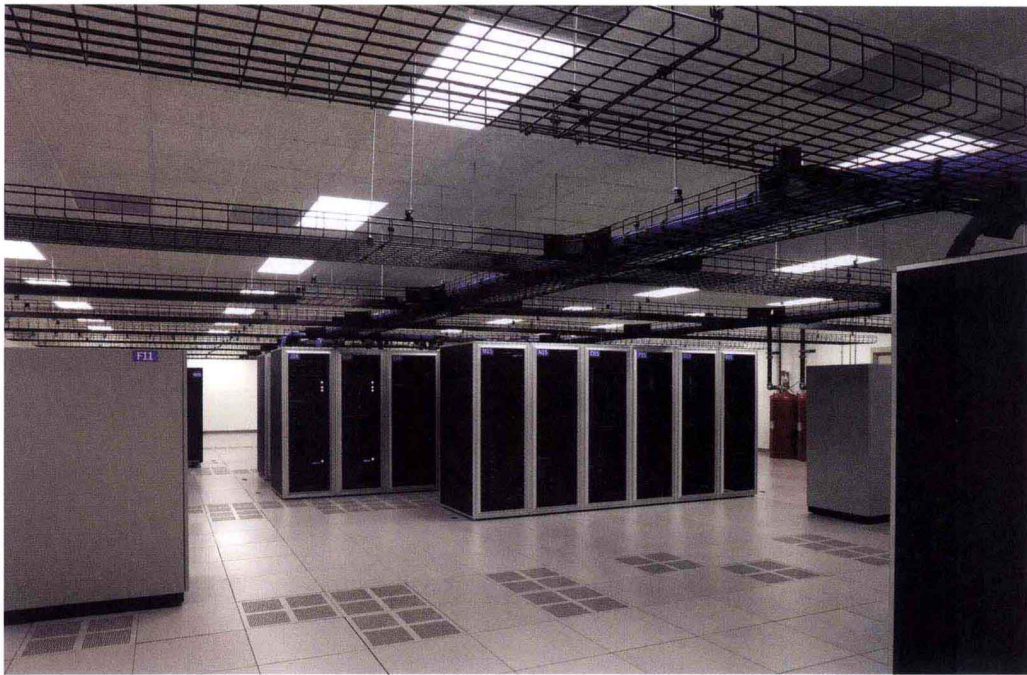


图1-2 位于爱荷华市的ACT数据中心具有Tier III基础设施，并且它连接到5英里（8km）之外的另一个ACT数据中心(图片由Neumann Monson Architects提供)

## 在项目开始时你们有哪些设计参数？

Tom: 在设定项目目标时，我们决定要达到Tier III标准。但是，我们还提到这里会刮龙卷风，因此还要接受龙卷风考验。工程师迅速指出FEMA使用的术语是“近乎绝对的保护”。

在我们这里，地震带不是问题。从地理位置和隔离的角度看，在发电区之外，龙卷风真的可能是我们最大的风险或最大的风险之一。因此，我们要设计成“近乎绝对的龙卷风保护”，以降低此风险。

## 此数据中心达到哪一级，又与哪一级的数据中心配对？

Tom：此数据中心的等级是Tier III，另一个数据中心的等级是Tier I。

## 假设在此数据中心上线之前，Tier I 站点是您的主要数据中心。从冗余角度看，这在数据中心方面取得了很大进步。

Tom：是的。从历史发展的角度来看，ACT已经从外包发展到可以极为迅速地处理自己的大量数据。从整体上看，我们的技术基础设施有一个大型项目，一切都要升级，而这个项目只不过是其中的一个要素而已。

## 看起来你们进行了大规模操作。你们是美国首个获得LEED白金级认证的数据中心，也是爱荷华州首个获得LEED白金级认证的建筑物。在设计房间时，你们显然没有遵循常规。你们从外包发展到Tier I、Tier III，最后到LEED白金级认证。是什么让你们决定要建设符合这些标准的数据中心呢？

Tom：我毫不犹豫地选择了Tier III。说起来简单，但考虑到我们的总体构想、我们所处的位置以及我们对未来的看法，我们必须拥有灵活的基础架构，而这个项目只是其中的一部分。

在做前期设计之类的初始工作时，LEED方面的内容就体现出来了。我们的流程是：我们有一个董事会。我们需要确保董事会批准此类性质的项目，因此我必须至少整理出一个基本大纲，估算出一个预算数字，并在我们认真对待这个项目之前获得董事会的批准。组建团队之后，我们决定进行项目设计/构建，如果项目被批准，就采用这一模型。

我们当然知道LEED。项目的架构师/工程师有LEED背景，我们一起讨论过它。坦白地讲，在初始阶段我们说过：“数据中心和LEED无因果关系，不一定要按照LEED来做。”我们确实认识到并思考过我们应该遵循此类设计框架，但当时我们并没有建立这样高等级的LEED目标。

我们有一个非常积极进取的董事会，将方案提交给董事会之后，他们说：“LEED，太好了！如果我们必须这样做，则应该设定一个远大的目标，让此项目获得高等级的LEED认证。”得到董事会的认可是件大好事，方便我们开始此项目。另一方面，我们和团队一起坐下来：“兄弟们……他们已经为我们设定了目标。”

您谈到了项目的一个挑战。首先，让董事会感到震惊，实现他们以为不可能实现的目标。回到董事会批准此项目的时候，我们发现了四个获得LEED白银级认证的数据中心，但实际上大多数都位于更大的建筑内，与一个数据中心项目相比，这样可以更轻松地获得LEED认证，至少当时我们是这样想的。

这个目标让我们真正行动起来。我们很快就超越了这一目标，这给我们带来了巨大的激励。幸运的是，团队中的每个人都认为“这还没完，这是一个挑战”。这个项目从此就这样开始了。

## 对建筑行业（超出了数据中心行业）的一般看法是，构建绿色建筑比构建常规建筑更贵。此项目的情况是否如此？

Tom：实际上我们的情况不是这样。谈到这点，我们的想法是创建一个非常实用的数据中心项目。我们制定了一个节俭的预算，并将此预算作为设计要素的整体指导基础。

实例增加了LEED框架中项目的成本，每个实例都为项目增加了价值。这是否增加了成本呢？是的，确实增加了成本，但并不明显。此外，这些成本还让我们获得了白金级认证。

## 此建筑的哪些功能帮助你们获得了LEED白金级认证？

Tom：实际上主要归功于我们对细节的关注。一方面，当您走进建筑时，会看到许多意想不到的东西，您会认为“这是一些特殊的建筑”。而在某些方面，它的美就在于它是个数据中心。首先，也是最重要的一点，我们必须达到Tier III标准，它必须是稳固的。我们采用的思路是：从IT运营角度看，它是一个可持续设计。但是，我们还在LEED的环境可持续设计和构建过程中进行了设计。

回答您的问题，真正让我们脱疑而出的一件事是，在数据中心内采用了地热。以前不仅没在数据中心项目中采用过地热，甚至没人考虑过地热是否可以在数据中心项目中使用。因为我们都知道，数据中心要不断地排热，地热场很快就会饱和，从而无法发挥作用。因此地热通常不在考虑范围之内。

我必须赞扬我们的团队成员和KJWW工程公司，他们提出了很多有关地热和其他创新技术的想法。在接受董事会审查之前，我们已经确定地热是我们有兴趣尝试的东西，而KJWW也一直在寻找在数据中心内应用地热的机会。关于如何让地热发挥作用，他们有一些想法。这可能是我们的特色之一。

其他特点可以列出一个很长的清单。例如，在新数据中心项目中采用可再生材料。这个要求有点像“你们到底要怎么做呢？”，并且你们还想实现Tier III级别。

对我来说，浏览此清单时的感觉就像是“哦，原来是这样的”，因此，我们回收利用了前一个项目的地板系统。将使用可再生材料作为要求时，接下来就是如何才能在数据中心项目中使用它们了？我们使用了山杨纤维天花板，并用软木地板和保温棉代替了玻璃纤维。还有其他类似的情况。但是，当您走进建筑时，您并不会看到这些东西，因为您不会注意到它

们。“嗯，这是天花板；那是高架地板系统，看起来和别的数据中心完全一样。”没错，确实如此。但是，如果您深挖细节，就会询问“这些材料是从哪里弄来的啊”！

我们面临的其他一些挑战或机遇有：LEED框架要求用日光提供员工办公区的照明。而我们这里是一个数据中心项目，需要能够抵抗龙卷风，并要求考虑所有常规安全问题以及所有此类事情。因此，这是一个很有意思的挑战。结果还是一样，走进建筑时，您不会注意到在建筑物的外壳上有一个幕墙，但是我们确实建立了一个独立的内部容器，这实际上是此建筑物抵御龙卷风的部位。

在我们设计采用抗龙卷风玻璃时，至少在当时还是没有的——我确信可能有防弹材料，但我们的预算有限，因此采用了这一设计，这并不是妥协，而是一种设计解决方案。

关于这点我要说，如果您建的不是LEED建筑，那么用水泥外墙就足够了。为了这个幕墙，我们为项目额外投入了一些资金，不是很多。但是，这点投入确实增加了价值。当您走进建筑、员工的实验室和会议区域时，有阳光从窗户照进来，并且能够从窗户看到外面的风景。这些元素都是设计的一部分。

在场地等方面，我们修复了不可灌溉的天然覆盖草皮等。您会觉得它们看起来很怪、非常特殊吗？真的不会。

细节决定一切，但同时也不能忽略总体构想。对我们来说，必须实现这一双重目标。



图1-3 抗龙卷风玻璃允许阳光照到建筑物中人员正常活动的区域（图片由Neumann Monson Architects提供）



## 地热系统的哪些设计使其能够在数据中心中高效地使用？

Tom：这可能取决于两件事。一是我们使用了干式冷却器，二是冬季的免费制冷让大量冷空气循环起来抗热。我们采取了一定比例，并通过地热场的循环实现更新。这是最重要的。

然后，钻孔之间的距离不同，可以容纳更多热量，持续的时间更长，从而可以避免我们在运营时热量的饱和。

同其他许多情况一样，看到答案后，事情就显得非常简单。许多时候，简单而优雅的解决方案通常是最好的，而且确实有效。

## 一些数据中心运营人员喜欢将他们数据中心保持得非常冷。另外一些人则使用空气节能技术，采用更暖和的设置，以取得最大收益。使用地热制冷和干式冷却器时，你们的数据中心硬件保持在什么温度？

Tom：我们的温度在72华氏度（22.2℃），湿度在50%。

我们目前没这样做（采用更高温度）。我们认识到，有一些类似的额外优化和措施，可以轻松地将它们落实到位，我们还没有到需要它们的时候。我们会对温度进行抽查，但我们并没有必不可少的机架传感器及此类设备。

## 你们显然希望这个数据中心在LEED评级中得到好分数，也希望这套系统的设计元素对于LEED的得分点有针对性。虽然数据中心行业对LEED的接纳要超过其他任何环保建筑评价系统，但在一些得分点上，比如日光照明、提供沐浴设备和提供自行车存储柜等，并不能真正反映绿色数据中心的实际情况。您认为必须在赢得更高LEED分数和良好的数据中心设计之间的哪些方面做出取舍？

Tom：在数据中心或Tier III之间进行取舍或权衡？不，我们不需要。当然我们面临大量的选择和决定，必须关注其中的平衡。我们希望保留绿色框架，同时又不能忽略Tier III。

例如，LEED建筑通常会有一个绿色的屋顶。我们讨论过这个屋顶，而且本来也应该这样做。要真正实现一个出色的可持续的绿色屋顶，我们认为需要在屋顶和一些不同的建筑结构之间取得平衡。我们考察了各种选项，发现不必采用能源之星的屋顶系统，也能保持在LEED的精神和框架之内。就抗龙卷风结构而言，我们有一个常规的屋顶，在屋顶上覆盖