

云计算解决方案 架构设计

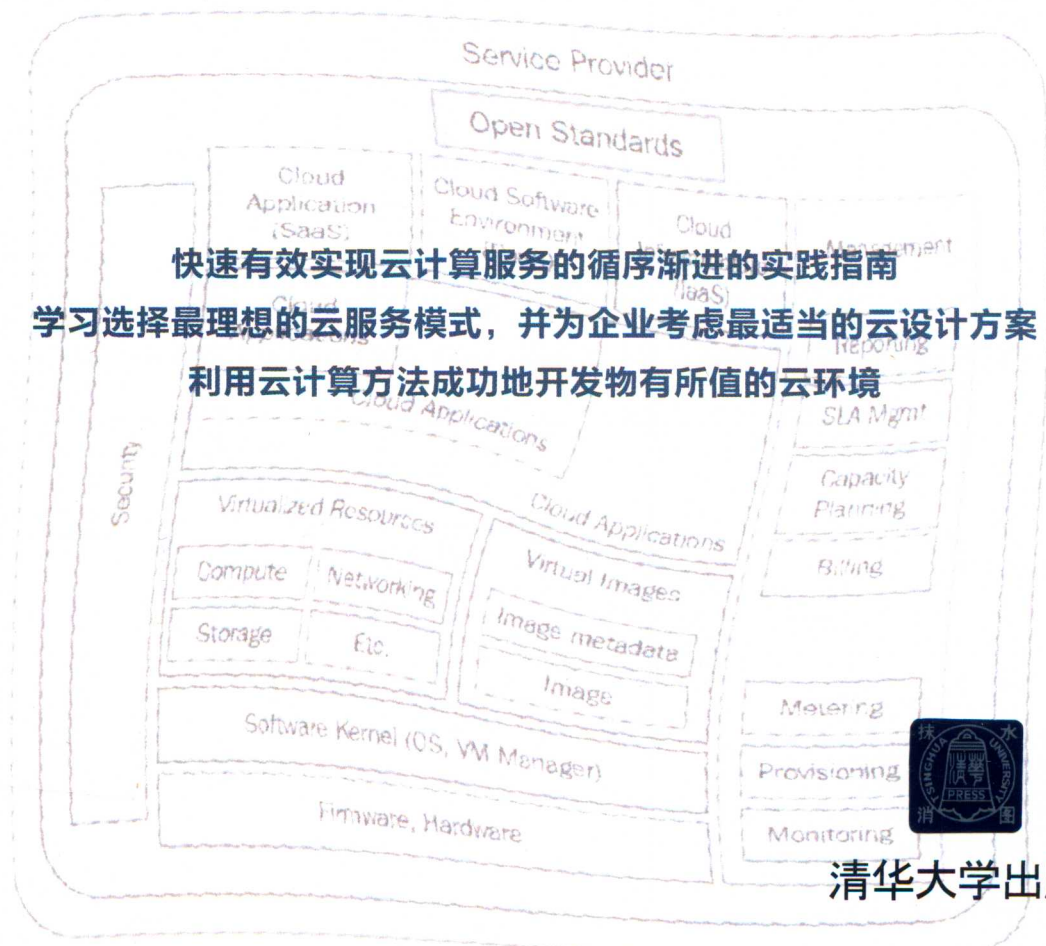
构建高效并有效管理风险的云策略

[美] 凯文·L. 杰克逊(Kevin L. Jackson) 著
斯科特·戈斯林(Scott Goessling)
陆欣彤 译

快速有效实现云计算服务的循序渐进的实践指南

学习选择最理想的云服务模式，并为企业考虑最适当的云设计方案

利用云计算方法成功地开发物有所值的云环境



清华大学出版社

云计算解决方案 架构设计

[美] 凯文·L. 杰克逊(Kevin L. Jackson) 著
斯科特·戈斯林(Scott Goessling) 译
陆欣彤

清华大学出版社

北 京

Copyright Packt Publishing 2018. First published in the English language under the title
Architecting Cloud Computing Solutions – (9781788472425).

北京市版权局著作权合同登记号 图字：01-2019-1824

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

云计算解决方案架构设计 / (美)凯文·L.杰克逊(Kevin L. Jackson), (美)斯科特·戈斯林
(Scott Goessling) 著; 陆欣彤 译. —北京: 清华大学出版社, 2020.1

书名原文: Architecting Cloud Computing Solutions

ISBN 978-7-302-54269-8

I. ①云… II. ①凯… ②斯… ③陆… III. ①云计算—架构 IV. ①TP393.027

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 258812 号

责任编辑: 王 军

封面设计: 孔祥峰

版式设计: 思创景点

责任校对: 牛艳敏

责任印制: 丛怀宇

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 170mm×240mm 印 张: 16 字 数: 287 千字

版 次: 2020 年 1 月第 1 版 印 次: 2020 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 68.00 元

产品编号: 083299-01

译者序

云计算是近年来十分热门的话题。从概念到大规模实践，云计算在短短几年间迅猛发展。云计算与诸多行业深度融合，带来颠覆性的创新，突显出巨大的应用价值和前景。

什么是云计算？美国国家标准与技术协会(NIST)对此给出十分权威和经典的定义：“所谓云计算，就是这样一种模式，该模式允许用户通过无所不在的、便捷的、按需获得的网络接入可动态配置的共享计算资源池(其中包括网络设备、服务器、存储、应用以及业务)，并且以最小的管理代价或业务交互复杂度即可实现这些可配置计算资源的快速发放与发布。”云计算不是一项技术，而是一种经济上的创新。从各类云服务的创建、部署以及消费角度描述云计算的实质，也意味着云计算天然需要支持面向服务的能力。

采用云是数字化转型的核心组成部分，可以帮助组织扩展 IT 环境，在具有弹性的同时降低成本。因此，领导想要它，首席财务官(CFO)支持它，战略家推荐它，技术团队需要它，用户需要它。

如今市面上介绍云计算的书籍数量繁多、层出不穷。同许多其他书籍相比，本书不需要读者对云计算具备先验知识，但需要读者对当前的 IT 运维和实践具备基本的了解，尤其适合云解决方案架构师和企业高管阅读。本书作者 Kevin L. Jackson 是全球知名的云计算专家、技术思想领袖，出版了多本云计算教程和书籍；Scott Goessling 是 Burstorm 的首席运营官兼首席技术官，他帮助创建了世界上第一个自动化的云解决方案设计平台。他们具有丰富的理论和实践经验，能帮助你步入云计算的殿堂。本书通过介绍云计算的基础知识及架构概念、云架构考虑因素、云技术服务选择和云计算安全控制，教你如何有效地构建符合组织需求的云计算解决方案。本书提出并讲解许多关键的云解决方案设计的考虑事项和技术决策，帮助你根据战略、经济因素和技术的要求使用正确的云服务模式和部署模型。

在内容安排上，本书具有大量的技术原理分析以保证足够详实深入，但也穿插着一些行业最佳实践以便易于理解。除此之外，本书还给出了很多外部参考资料，让富有探险精神的读者可以向专家级进发。

“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行。”本书的作者深谙此理，因此还安排了详细的设计练习，分别提供了小型、中小型和大型的云计算解决方案的设计示例供读者参阅学习，以进一步掌握云计算解决方案设计的经验教训。

在这里要感谢清华大学出版社的编辑们，在整个翻译过程中，他们给了我许多专

业的指导和帮助。本书得以成功出版，他们的经验和把关居功甚伟。

本书由陆欣彤翻译，对于这部领域佳作，译者本着“诚惶诚恐”的态度，在翻译过程中力求准确且易于理解，但是由于译者水平有限，同时本书涉及许多课题，因此现有译文中难免存在纰漏之处。希望读者能够不吝指正，我们将感激不尽。

希望本书的所有读者，在了解到云计算技术的同时，都能够积极地投身到云计算产业实践中来。只有更多的人认识到云计算的价值，才能挖掘出云计算的更多潜在价值，云计算产业才会有源源不断的动力来蓬勃发展，相信读者中的很多人都将成为云计算产业的中坚力量。

作者简介

Kevin L. Jackson 是全球知名的云计算专家、技术思想领袖、GovCloud Network 公司的首席执行官(CEO)/创始人。**Jackson** 的商业经历包括担任摩根大通(J. P. Morgan Chase)副总裁和 IBM 全球销售总监。他已将任务应用程序部署到美国智能社区云计算环境(IC ITE),并撰写和出版了多本云计算书籍。他还是注册信息系统安全专家(CISSP)和注册云安全专家(CCSP)。

感谢我的合著者 **Scott Goessling**, 他丰富的知识和洞察力极大地提高了我的专业技术和个人能力。我要向我的孩子 **Lauren**、**Lance** 和 **Karl** 表达我的爱意和真诚的赞美,能陪伴他们走过人生旅途,每天都让我充满自豪。最后,我的妻子 **Lisa** 给了我生命中最美好的时光,你是我的一切!

Scott Goessling 是 Burstorm 的首席运营官兼首席技术官,他帮助创建了世界上第一个自动化的云解决方案设计平台。他曾在菲律宾、日本、印度、墨西哥、法国、美国生活和工作。**Scott** 还作为许多技术方面的专家参与了几家成功的初创企业,其中包括一家网络硬件创新公司,该公司最后以 80 多亿美元的价格被收购。

Scott 的观点结合了许多现实世界中的经验。他对营养疗法、家庭装修、改装汽车、烹饪、摄影、雕塑等多个领域有浓厚的兴趣,最重要的是,他还对养育子女备感兴趣。

感谢我的合著者 **Kevin Jackson**, 他的知识、经验和耐心不断提高我的专业技术和个人水平。如果没有我的劳拉 **Laura** 和年幼的儿子 **Grayson** 无尽的爱、理解和支持,那么这一切都不会成为可能。感谢你们无条件的爱。

审校者简介

Sivagurunathan 在建立和管理成功的技术公司方面拥有超过 10 年的经验，这些公司在云计算、虚拟化、网络和安全方面非常专业。他在 21 岁时与他人合办了自己的第一家初创企业，并在 3 年内将其发展成一家价值数百万美元的企业。**Sivagurunathan** 毕业于印度管理学院班加罗尔分校，同时拥有位于皮拉尼的印度理工学院的工程学双学位。他目前专注于桥接公有云和本地部署数据中心的混合云计划。

Travis Truman 在技术行业拥有 20 多年的经验。他之前的工作领域包括软件工程、软件产品架构、SaaS 平台架构，他还是费城地区多家初创企业的工程副总裁。**Travis** 是开源软件的定期撰稿人，他为 **OpenStack**、**Ansible**、**GopherCloud**、**Terraform**、**Packer**、**Consul** 以及许多其他支持现代云计算的项目贡献代码。

前 言

采用云是数字化转型的核心组成部分。组织必须使现代技术和当前的经济模型与商业战略保持一致。转型需要一种新方法，该方法要能够平衡成本和技术的选择与公司方向和客户消费模型之间的关系。本书提出并讲解了许多关键的云解决方案设计的考虑事项和技术决策，这些需要根据战略、经济因素和技术的要求使用正确的云服务和部署模型。

本书首先介绍云计算的基础知识及其架构概念，然后介绍了云服务模型(IaaS、PaaS 和 SaaS)、部署模型(公有云、私有云、社区云和混合云)和实施办法(企业、MSP 和 CSP)。每个部分都公开并讨论了组织在云迁移过程中面临的主要考虑因素和挑战。在后面的章节中，本书将深入探讨如何在云环境中利用 DevOps、云原生和无服务器架构，内容包括扩展云环境的行业最佳实践，以及管理基本云技术服务组件(如数据存储、安全控制和灾难恢复)的详细信息。读完本书后，无论你选择哪个云服务供应商，都将非常熟悉采用云服务所需的所有设计考虑因素和运营方面的交易。

本书读者对象

本书通过介绍云计算基础、云架构考虑因素、云技术服务选择和云计算安全控制，教你如何构建有效且符合组织的云计算解决方案。本书是以下人士的理想之选：

- IT 管理员、云架构师或希望通过采用云来领导组织的解决方案架构师。
- 希望开发和执行面向目标的云计算战略的小企业主、经理或顾问。
- 参与 DevOps 或 DevSecOps 流程的软件开发人员。

本书不需要读者对云计算具备先验知识，但需要读者对当前 IT 运维和实践有基本的了解。

本书主要内容

全书共 20 章，分为 5 大部分。

第 I 部分：你听说过的有关云计算的内容

第 1 章，什么是云计算？该章对云计算进行了基本定义和解释。

第 2 章，治理和变更管理。该章解释了组织治理和变更管理对云计算的迁移带来的影响。

第 II 部分：云架构师如何看待云计算

第 3 章，设计的考虑因素。该章提供了如何通过设计、经济模型、风险概况、战略和技术来决策思考的方向。

第 4 章，业务驱动因素、衡量指标和用例。该章提供了在探究云解决方案的经济影响时需要考虑的关键因素。

第 5 章，构建行政决策。该章解释了组织管理人员如何对转变思维的方式、流程和方法进行引导，以促进组织发展、激励团队并加强对云计算战略、经济因素和风险控制。

第 6 章，迁移的架构。该章讨论了在云迁移过程中如何解释当前环境和保持态势感知。

第 7 章，基础的云架构。该章解释了如何将基础的云架构作为基础构建块，使之成为构建设计方法的基础。

第 8 章，解决方案的参考架构。该章讨论了如何混合不同的部署和服务模型以实现组织目标。

第 III 部分：技术服务——这与技术无关

第 9 章，云环境的关键原则和虚拟化。该章解释了用于修改现有架构、应用程序布局 and 解决方案依赖关系的基本元素，以降低现代化部署的风险。

第 10 章，云客户端和关键的云服务。该章讨论了重要的云服务和访问方法。

第 11 章，运维要求。该章解释了用于创造商机和替代方案的云运维杠杆，讨论了与云计算应用程序、生态系统和应用程序相关的互操作性和可移植性标准。

第 12 章，CSP 的性能。该章讨论了如何衡量、评估和比较服务供应商。

第 13 章，云应用程序开发。该章讨论了在开发基于云的应用程序时要解决的关键概念。

第 IV 部分：云安全——完全与数据有关

第 14 章，数据的安全性。该章从以数据为中心的角度解释了安全规划。

第 15 章，应用程序的安全性。该章讨论了在开发与云相关的应用程序时需要面临的挑战。

第 16 章，风险管理和业务连续性。该章解释了在对未来的状态进行选择时如何同时管理风险和缓解风险。

第V部分：“顶点课程”（实践）——端到端设计练习

第17章，动手实验1——单服务器的基本云设计。该章提供了一个小型云解决方案设计示例。

第18章，动手实验2——高级云设计的洞察。该章提供了一个中小型解决方案设计示例。

第19章，动手实验3——(12个月后)优化当前状态。该章提供了一个大型解决方案设计示例。

第20章，云架构的经验教训。该章讨论了重要的解决方案设计的经验教训。

如何充分利用本书

本书旨在指导组织进行数字化转型和云迁移。要充分利用本书，主要目标应该是设计和构建支持特定业务或任务用例的架构，次要目标应该是使用和聚合云架构来部署并安全地使用业务和/或任务软件应用程序。

本书约定

粗体：表示新的术语、重要单词。



表示警告或重要说明。



表示提示和技巧。

如何联系我们

尽管我们已经尽了各种努力来保证文章或代码中不出现错误，但错误总是难免的。如果在本书中找到错误，请告诉我们，我们将非常感激。通过勘误，可以让其他读者避免受挫，当然，这还有助于提供更高质量的信息。

请给 wkservice@vip.163.com 发电子邮件，我们会检查你提供的信息，如果是正确的，我们将在本书的后续版本中采用。

目 录

第 1 章 什么是云计算	1
1.1 云计算的历史	2
1.2 云计算的定义	4
1.3 云计算的基本特征	5
1.4 云计算的运维模式	7
1.5 云服务模式	8
1.5.1 IaaS	8
1.5.2 SaaS	10
1.5.3 PaaS	11
1.5.4 其他云服务模式	13
1.6 云洗白	18
1.7 云计算的分类	18
1.8 本章小结	20
第 2 章 治理和变更管理	21
2.1 IT 治理	22
2.2 实现战略	23
2.3 变更管理	24
2.4 IT 服务管理	26
2.5 构建云计算解决方案目录	30
2.6 本章小结	32
第 3 章 设计的考虑因素	33
3.1 设计基础——思考流程	33
3.2 设计基础——云计算不是一项技术，而是一种经济上的创新	34
3.3 设计基础——计划	36

3.4 了解商业战略和目标	40
3.5 本章小结	44
第 4 章 业务驱动因素、衡量指标和用例	45
4.1 投资回报率	45
4.2 投资回报率指标	50
4.3 关键性能指标	51
4.3.1 业务目标 KPI	52
4.3.2 经济目标指标	52
4.4 一般用例	53
4.5 本章小结	53
第 5 章 构建行政决策	55
5.1 颠倒流程，寻获洞察	57
5.2 实时协作	57
5.3 表达挑战而不是需求	57
5.4 自动化和使能化	57
5.5 停止讨论技术——战略	58
5.6 经济，不是定价——经济因素	58
5.7 解决方案，而不是服务器——技术	59
5.8 成本较低可能对业务不利——风险	59
5.9 采用是可选的	60
5.10 面向高管的技术	61
5.10.1 面向高管的云服务模式	61

- 5.10.2 高管的部署模型.....62
- 5.10.3 高管的实施模型和
IT 治理62
- 5.11 本章小结 63
- 第 6 章 迁移的架构65**
 - 6.1 用户特征 65
 - 6.2 应用程序设计 69
 - 6.3 应用程序迁移 70
 - 6.4 应用程序的工作负载 70
 - 6.4.1 静态的工作负载.....71
 - 6.4.2 千载难逢的工作负载.....71
 - 6.4.3 不可预测和随机的
工作负载71
 - 6.5 应用程序类别 72
 - 6.6 应用程序依赖关系 74
 - 6.7 API 的使用 74
 - 6.7.1 SOAP.....75
 - 6.7.2 REST.....75
 - 6.8 对技术架构的要求 76
 - 6.9 法律/法规/安全性要求 76
 - 6.10 业务连续性和灾难恢复——
BCDR 76
 - 6.11 经济因素 77
 - 6.12 组织评估 77
 - 6.13 本章小结 78
- 第 7 章 基础的云架构.....81**
 - 7.1 基础的架构类型 82
 - 7.1.1 单服务器82
 - 7.1.2 单站点82
 - 7.2 OSI 模型和层描述 84
 - 7.2.1 逻辑和物理设计.....86
 - 7.2.2 自动伸缩架构86
 - 7.3 复杂的架构类型 86
 - 7.3.1 多数据中心的架构.....86

- 7.3.2 全局服务器负载均衡.....87
- 7.3.3 数据库弹性87
- 7.3.4 缓存和数据库88
- 7.3.5 基于警报和队列的
可伸缩设置88
- 7.3.6 混合云站点架构90
- 7.3.7 可伸缩的多云架构90
- 7.3.8 故障转移多云架构90
- 7.3.9 云和专用主机架构91
- 7.4 为混合云设计架构.....92**
 - 7.4.1 混合用户接口92
 - 7.4.2 混合处理92
 - 7.4.3 混合数据92
 - 7.4.4 混合备份93
 - 7.4.5 混合后端93
 - 7.4.6 混合应用程序功能93
 - 7.4.7 混合多媒体 Web
应用程序.....93
 - 7.4.8 混合开发环境94
- 7.5 本章小结95
- 第 8 章 解决方案的参考架构..... 97**
 - 8.1 应用程序的安全性.....97
 - 8.2 Web 应用程序托管.....99
 - 8.3 公共网络100
 - 8.3.1 云供应商网络组件100
 - 8.3.2 企业网络组件100
 - 8.3.3 安全组件.....100
 - 8.4 API 管理101
 - 8.5 电子商务101
 - 8.5.1 公共网络组件102
 - 8.5.2 云供应商组件102
 - 8.5.3 企业网络组件104
 - 8.6 移动化105
 - 8.6.1 移动架构组件106

8.6.2 移动设备组件	106	10.2 IaaS	141
8.6.3 公共网络组件	107	10.2.1 计算服务	141
8.6.4 云供应商组件	107	10.2.2 存储服务	141
8.6.5 企业网络组件	108	10.2.3 通信服务	144
8.7 企业社会协作	109	10.2.4 计量/监控	146
8.8 大数据分析	113	10.2.5 审计服务	147
8.8.1 公共网络组件	114	10.3 PaaS	149
8.8.2 云供应商组件	115	10.4 数据库	149
8.8.3 企业网络组件	116	10.5 集成开发环境	151
8.8.4 安全组件	117	10.6 SaaS	151
8.9 区块链	118	10.7 本章小结	152
8.10 物联网架构	120	第 11 章 运维要求	153
8.11 混合集成架构	124	11.1 应用程序编程接口	154
8.11.1 公共网络组件	125	11.1.1 API 级别和类别	155
8.11.2 云供应商网络组件	125	11.1.2 用于云存储的通用 API	155
8.11.3 企业网络组件	126	11.1.3 通用云中间件 API	155
8.12 本章小结	127	11.2 公共基础设施文件格式 ——VM	155
第 9 章 云环境的关键原则和 虚拟化	129	11.3 数据和应用程序联合	156
9.1 弹性基础设施	129	11.4 部署	156
9.2 弹性平台	130	11.5 联合身份	156
9.3 基于节点的可用性	131	11.6 身份管理	156
9.4 基于环境的可用性	131	11.7 可移植性和互操作性	156
9.5 技术服务消费模型	132	11.8 生命周期管理	157
9.6 设计平衡	132	11.9 位置识别	157
9.7 虚拟化	133	11.10 计量和监控	158
9.7.1 计算虚拟化	133	11.11 开放式客户端	158
9.7.2 网络虚拟化	134	11.12 可用性	158
9.7.3 数据虚拟化	135	11.13 隐私	158
9.7.4 应用程序虚拟化	137	11.14 弹性	158
9.8 本章小结	137	11.15 可审计性	159
第 10 章 云客户端和关键的 云服务	139	11.16 性能	159
10.1 云计算客户端	139		

11.17	管理和治理	159	15.2	应用程序安全性的 风险	188
11.18	跨云的事务和并发性	159	15.3	云计算的威胁	188
11.19	SLA 和基准	159	15.4	本章小结	188
11.20	供应商退出	160	第 16 章	风险管理和业务连续性	189
11.21	安全性	160	16.1	框架的风险	189
11.22	安全控制	160	16.2	风险评估	190
11.23	分布式计算参考模型	162	16.3	监控风险	192
11.24	本章小结	162	16.4	业务连续性和灾难恢复	192
第 12 章	CSP 的性能	163	16.5	本章小结	193
12.1	CSP 性能指标	163	第 17 章	动手实验 1——单服务器的 基本云设计	195
12.2	CSP 基准	164	17.1	动手实验和练习	195
12.3	本章小结	169	17.1.1	复杂性	196
第 13 章	云应用程序开发	171	17.1.2	消除噪声	196
13.1	核心应用程序的特征	172	17.1.3	Burstorm 实验 1——背景 (NeBu Systems)	197
13.1.1	松散耦合	172	17.1.4	Burstorm 实验 1—— 开始	198
13.1.2	面向服务	172	17.2	本章小结	208
13.2	云应用程序组件	173	第 18 章	动手实验 2——高级云设计的 洞察	209
13.2.1	服务器端	174	18.1	数据驱动的设计	209
13.2.2	客户端	175	18.2	并非所有数据都有用	210
13.3	DevOps	175	18.3	Burstorm 实验 2——高级洞察 (NeBu Systems)	211
13.4	微服务和无服务器架构	176	18.4	Burstorm 实验 2——访问 附加的详细信息	211
13.5	应用程序迁移计划	176	18.5	Burstorm 实验 2——选择直接 比较	212
13.6	本章小结	177	18.5.1	按价格进行比较	213
第 14 章	数据的安全性	179	18.5.2	按性能进行比较	215
14.1	数据安全生命周期	180	18.5.3	按性价比进行比较	216
14.2	数据分类	182			
14.3	数据隐私	182			
14.4	个人识别信息——PII	183			
14.5	本章小结	184			
第 15 章	应用程序的安全性	185			
15.1	应用程序安全性的 管理流程	185			

18.6 本章小结	218	19.1.2 更新 NeBu Systems 的迁移进度	221
第 19 章 动手实验 3——优化当前状态 (12 个月后)	219	19.1.3 当前账单文件	222
19.1 使当前状态数据可视化	219	19.2 本章小结	238
19.1.1 可视化数据	220	第 20 章 云架构的经验教训	239

第 1 章

什么是云计算

我们听说云让事情变简单了，但它起初却使事情变得更复杂。云可以为我们节省金钱，然而异常高昂的账单却令许多 IT 行业的领导和高管感到惊讶。云灵活而敏捷，但是许多云的架构不够理想，它们被限定在单一的供应商那里，变更时需要大量的迁移成本。我们还听说云不如数据中心安全，尽管事实一再证明这个观念是错误的。

云计算在很多方面反映了人性——每个人都相信自己的想法是最好的。人们有时会盲目追随自己的信念，而不顾数据。没有哪个云供应商、云服务或云架构是完美的，它们都有我们希望的不同的东西。它们都有自己要遵守的规矩，都希望自己成为唯一通往真理和乐土的路。

云不是万能的，它是工具箱中的一个工具。如果使用得当，云将成为一个令人难以置信的帮手。如果使用不当，则可能会带来痛苦和高昂的代价，甚至改变你的职业。因此，我们需要弄清楚云到底是什么。

稍后我们将介绍正式的云定义。本质上，云计算是一种新的关于消费和提供 IT 软件、基础设施和相关服务的商业模式。此外，本章还包括以下内容：

- 云计算的历史
- 云计算的定义
- 云计算的基本特征
- 云服务模式
- 云部署模型
- 类似的技术模型
- 云洗白

1.1 云计算的历史

计算的第一个时代是 20 世纪 70 年代，当时的重点是大型基础设施。当时流行的绿屏终端最终演变成个人电脑。网络从集中式、层次化的设计发展成分散式设计。分散式的处理意味着应用程序从瘦客户端(服务器上的处理)转移到胖客户端(用户/客户端上的处理)，这样更贴近用户。绿色屏幕是与承载数据的后端紧密耦合的接口。分散式使开发人员能够跟踪服务器端的流程步骤和状态信息，同时允许客户端计算机进行更多处理。这段时期是客户端/服务器(C/S)架构的诞生时期，客户端/服务器架构仍然是当今现代技术驱动的业务的核心。

随着许多处理流程越来越贴近用户，割裂性成为主要的限制，这促成计算的第二个时代的到来。20 世纪 80 年代预示着互联网的崛起。很快，分布式计算系统间连接性的发展带来了易于使用、具有视觉吸引力的计算设备的开发和普及。随着局域网扩展到全球互联的广域网，企业在利用这种新的基于互联网协议(IP)的连接方面进展迅速。但是，用户对应用程序性能差、网络延迟和应用程序超时等问题感到失望。开发人员不得不将更多计算负载放在离用户更近的地方。紧密耦合的集中式应用程序不像分散式应用程序那样设计和构建良好，在功能、灵活性和响应上也不如分散式应用程序。

此外，20 世纪 80 年代末电信行业发生了重大的变革。当时处于垄断地位的地方交易所被授权分成独立的竞争公司。竞争使创新加快、成本降低，并带来可靠性与服务水平的提高。

图 1.1 描绘了云计算的各个阶段。

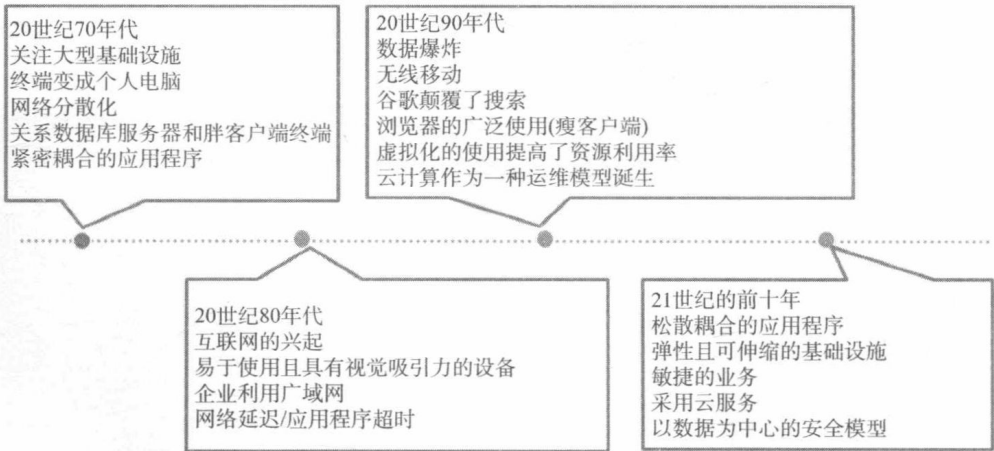


图 1.1 云计算的各个阶段

随着连接和服务的改善，以及竞争的加剧，计算的可靠性不断提高，成本在不断下降，第三个计算时代开始了。期间产生的数据量激增，无线技术开始腾飞，导致手