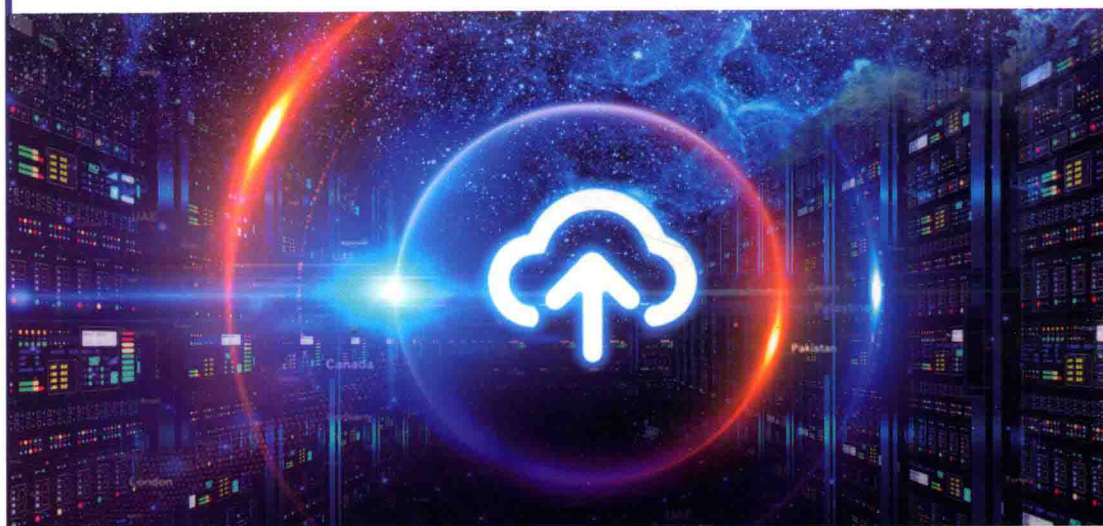


云计算数据中心 规划与设计



Cloud Computing Data Center
Planning and Design

李 劲◎编著



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

云计算数据中心 规划与设计

李 劲◎编著

Cloud Computing Data Center
Planning and Design

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

云计算数据中心规划与设计 / 李劲编著. — 北京 :
人民邮电出版社, 2018.3
ISBN 978-7-115-47452-0

I. ①云… II. ①李… III. ①云计算—研究 IV.
①TP393.027

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第032067号

内 容 提 要

本书力求具有理论性、实用性、系统性和导向性,内容密切结合数据中心现状,从理论上提出并论证了面向未来云计算数据中心的架构模型,梳理云计算数据中心项目建设流程和相关环节的注意事项。书中针对云计算数据中心重要组成子系统基础设施、电源系统、制冷系统、网络及综合布线系统、云计算系统、信息安全等方面提出了建设方案,并紧密结合工程实际,结合具体项目案例详细介绍了云计算数据中心的规划,为云计算数据中心的建设人员和管理人员提供了清晰的思路和可操作的方法。

本书内容丰富,实用性强,涉及云计算数据中心规划方法、案例等内容,可作为云计算数据中心项目建设工程技术人员、管理人员的参考书或培训教材。

◆ 编 著 李 劲

责任编辑 李 强

责任印制 彭志环

◆ 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>

三河市中晟雅豪印务有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 17.75

2018 年 3 月第 1 版

字数: 399 千字

2018 年 3 月河北第 1 次印刷

定价: 89.00 元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315



了相关建议。第 15 章对项目投资估算提供依据，并对效益与指标分析方法提出了建议，为项目建设提供了评判依据。第 16 章分析了云数据中心相关项目的风险和风险管理手段。

云数据中心的规划、设计、建设已不再是传统意义上数据中心的规划、设计、建设，而是基于全新云计算技术、基于 SDN 网络通信技术和全新能源技术的数据中心建设。本书基于国内外相关技术标准，对这些技术进行了系统的总结和梳理，为云计算数据中心的建设提供全面的建设规划设计方案，为从事相关工作的各类工程人员提供相应的支撑。

本书内容繁多，编者的时间和水平有限，难免有所疏漏，请各位读者批评指正。

作者



目 录

第 1 章 概述 //001

- 1.1 数据中心的定义和发展现状 //001
- 1.2 云计算发展趋势 //002
 - 1.2.1 云计算定义 //002
 - 1.2.2 云计算发展简史 //002
 - 1.2.3 云计算的特点 //003
 - 1.2.4 云计算演化 //004
 - 1.2.5 云计算发展方向 //004
- 1.3 云计算数据中心的演进和发展方向 //005
- 1.4 本书重点研究内容 //006

第 2 章 云计算数据中心项目建设流程和必要性、可行性论证 //007

- 2.1 云计算数据中心建设需求分析 //007
 - 2.1.1 需求的产生 //007
 - 2.1.2 需求识别 //007
 - 2.1.3 需求建议书 //008
- 2.2 云计算数据中心项目建设流程 //009
- 2.3 项目建设可行性论证 //010



- 2.3.1 可行性研究的依据 //010
- 2.3.2 可行性研究主要内容 //011

第3章 云计算数据中心总体建设方案 //013

- 3.1 数据中心建设相关标准 //013
- 3.2 云计算数据中心分类 //015
 - 3.2.1 GB 50174-2017 机房分级 //015
 - 3.2.2 TIA/EIA-942 机房分级 //015
- 3.3 能效模型评估 //018
 - 3.3.1 能效定义 //018
 - 3.3.2 数据中心能耗结构 //019
 - 3.3.3 能耗影响因素 //019
 - 3.3.4 数据中心能效评价标准 //020
 - 3.3.5 综合能效评估模型 //021
- 3.4 建设目标和原则 //021
 - 3.4.1 建设目标 //021
 - 3.4.2 建设原则 //022
- 3.5 云计算中心总体架构设计 //023
 - 3.5.1 设计理念 //023
 - 3.5.2 IT 和工程结合 //025
 - 3.5.3 云数据中心总体架构 //025

第4章 基础设施 //027

- 4.1 数据中心选址 //027
 - 4.1.1 GB 50174-2017 标准机房选址要求 //027
 - 4.1.2 TIA-942 标准机房选址要求 //029
 - 4.1.3 云数据中心选址 //030
- 4.2 数据中心功能布局及结构设计 //031
 - 4.2.1 GB 50174-2017 机房组成和结构设计要求 //031
 - 4.2.2 TIA/EIA-942 机房组成和结构设计要求 //032
- 4.3 给排水设计 //035

4.4 装饰装修 //035

4.5 照明设计 //040

4.6 综合布线系统 //042

4.6.1 系统概述 //042

4.6.2 数据机房及测试区布线系统设计案例 //044

4.6.3 数据机房智能化布线管理系统 //047

4.6.4 数据机房布线接地问题 //047

4.6.5 小结 //047

第5章 电源系统 //049

5.1 电源系统概述 //049

5.2 供配电系统 //052

5.2.1 N 系统 //053

5.2.2 $N(1+1)$ 系统 //053

5.2.3 $N+1$ 系统 //054

5.3 发电机组 //054

5.3.1 柴油发电机组原理、组成及分类 //055

5.3.2 发电机组容量的计算 //055

5.3.3 发电机电压等级的选择 //058

5.3.4 发电机系统控制策略 //060

5.3.5 其他需关注的问题 //061

5.4 UPS 系统 //061

5.4.1 UPS 分类及工作原理 //062

5.4.2 数据中心 UPS 供电方案 //065

5.5 防雷接地 //068

5.5.1 雷电及其危害 //068

5.5.2 防雷和接地系统设计依据、设计原则 //071

5.5.3 雷电防护措施 //072

5.5.4 防雷设计 //074

5.5.5 接地的基本概念 //077

5.5.6 防雷的等电位连接 //079

5.5.7 计算机机房对接地系统的要求 //086



第6章 制冷系统 //093

6.1 制冷系统概述 //093

6.2 数据中心对制冷系统的要求 //094

6.3 空调负荷计算原则 //095

6.4 数据中心气流组织 //096

6.4.1 传统数据中心制冷方式的选择 //096

6.4.2 数据中心封闭冷通道制冷方式的选择 //097

6.4.3 数据中心行级制冷方式的选择 //098

6.4.4 气流组织结论 //100

6.5 制冷技术介绍 //100

6.5.1 风冷直膨式系统及主要送风方式 //100

6.5.2 水冷系统 //102

6.5.3 水侧自然冷却和新型空调末端 //103

6.5.4 风侧自然冷却系统 //105

6.5.5 发展展望 //107

6.6 云计算数据中心制冷系统的规划设计案例 //108

6.6.1 制冷空调及通风系统设计 //108

6.6.2 方案小结 //113

第7章 网络系统 //115

7.1 网络设计原则 //115

7.2 网络整体设计思路 //116

7.2.1 快速部署 //116

7.2.2 网络虚拟化 //116

7.2.3 全网冗余可靠 //117

7.2.4 多网络平面 //117

7.2.5 内外网隔离 //117

7.3 总体网络架构 //117

7.3.1 网络总体规划 //117

7.3.2 总体逻辑架构 //119

7.3.3 总体物理拓扑设计 //121

7.4 详细网络设计 //121

7.4.1 网络功能分区设计 //121

7.4.2 网络平面设计 //128

7.5 网络架构技术特点 //129

7.5.1 SDN 网络集中控制架构 //129

7.5.2 VXLAN 大二层网络设计 //131

7.5.3 vSwitch 虚拟交换机接入架构 //131

第 8 章 云计算系统的规划设计 //133

8.1 云管理系统设计 //133

8.1.1 云计算系统总体架构 //133

8.1.2 物理资源管理 //135

8.1.3 虚拟资源管理 //136

8.1.4 服务门户 //137

8.1.5 多租户管理 //137

8.1.6 多级资源审批 //137

8.1.7 服务目录 //138

8.1.8 监控与报表 //138

8.2 虚拟化平台详细设计 //138

8.2.1 虚拟化管理中心设计 //139

8.2.2 虚拟化架构设计 //140

8.2.3 虚拟机资源调度设计 //140

8.2.4 虚拟机热迁移设计 //141

8.2.5 虚拟机高可用设计 //141

8.3 计算资源部署 //141

8.3.1 主机总体设计 //141

8.3.2 主机资源设计 //144

8.3.3 虚拟机规格设计 //145

8.3.4 应用场景设计 //146

8.4 存储资源部署 //147

8.4.1 存储总体设计 //147

8.4.2 本地双活方案设计 //151

8.4.3 复制方案设计 //164



8.4.4 存储容量设计 //167

8.5 备份系统设计 //167

8.5.1 备份总体设计 //167

8.5.2 备份场景设计 //168

8.5.3 备份策略设计 //171

8.5.4 备份容量设计 //173

8.6 基础软件详细设计 //174

8.6.1 操作系统软件 //174

8.6.2 数据库软件 //174

8.6.3 中间件软件 //175

第9章 信息安全 //177

9.1 安全体系总体架构 //177

9.2 安全管理组织 //178

9.3 安全管理制度 //178

9.4 安全等级保护需求对应项 //179

9.5 安全技术方案设计 //198

9.5.1 总体设计 //198

9.5.2 网络安全 //198

9.5.3 主机安全 //208

9.5.4 应用安全 //210

9.5.5 数据安全 //212

9.5.6 机房安全 //212

9.5.7 灾备安全 //212

9.5.8 设备级安全 //212

第10章 消防安全 //215

10.1 消防系统 //215

10.1.1 气体灭火系统 //215

10.1.2 细水雾系统 //216

10.2 火灾自动报警系统 //216

- 10.2.1 系统的组成 //217
- 10.2.2 火灾自动报警系统的基本形式 //218

第 11 章 运行维护管理 //219

11.1 运维服务体系 //219

- 11.1.1 运维服务体系建设原则 //220
- 11.1.2 运维服务体系架构 //220

11.2 运维服务组织架构 //221

- 11.2.1 运维服务团队架构 //222
- 11.2.2 运维服务团队职责 //222

11.3 运维服务流程管理 //223

- 11.3.1 用户服务管理 //223
- 11.3.2 事件管理 //224
- 11.3.3 问题管理 //225
- 11.3.4 变更管理 //225
- 11.3.5 配置管理 //226
- 11.3.6 服务水平管理 //226

11.4 数据中心运维管理 //227

- 11.4.1 日常运行运维管理的目标 //227
- 11.4.2 机房运行环境的管理 //227
- 11.4.3 配电系统巡检及维护 //228
- 11.4.4 温湿度定期检查 //228
- 11.4.5 消防系统巡检 //228
- 11.4.6 视频监控 //229
- 11.4.7 门禁系统检查和维护 //229
- 11.4.8 卫生清洁服务 //229
- 11.4.9 设备进场管理 //230
- 11.4.10 7×24 小时值班及巡检服务 //231

11.5 运维平台架构设计 //232

- 11.5.1 技术架构设计 //232
- 11.5.2 功能架构设计 //233
- 11.5.3 平台总体部署架构设计 //234
- 11.5.4 分布式系统部署架构设计 //235



- 11.5.5 双机热备部署设计 //235
- 11.5.6 分级部署架构设计 //237
- 11.6 运维平台功能设计 //238
 - 11.6.1 资源监控 //238
 - 11.6.2 配置管理数据库 (CMDB) //241
 - 11.6.3 IT 运维管理 //243
 - 11.6.4 报表基本功能 //245
 - 11.6.5 用户权限管理 //245
- 11.7 运维平台系统设计 //246
 - 11.7.1 系统安全性 //246
 - 11.7.2 系统可靠性 //247
 - 11.7.3 系统可用性 //247
 - 11.7.4 系统易维护性 //247
 - 11.7.5 系统扩展性 //247
 - 11.7.6 系统可操作性 //248
 - 11.7.7 系统数据库的存储与恢复 //248
 - 11.7.8 系统接入方式 //248

第 12 章 招标方案 //249

- 12.1 招标范围 //249
- 12.2 招标方式 //250
- 12.3 招标组织形式 //250
- 12.4 分标规划 //250
 - 12.4.1 分标原则 //250
 - 12.4.2 分标方案 //251

第 13 章 环保、职业安全、职业卫生 //253

- 13.1 环境影响及环保措施 //253
 - 13.1.1 项目建设期对环境的影响 //253
 - 13.1.2 运营期环境影响分析 //254
- 13.2 环保措施及方案 //254

13.3 职业安全和职业卫生 //255

13.3.1 主要职业危害 //255

13.3.2 卫生措施 //256

第 14 章 项目实施进度及人员培训 //257

14.1 项目实施进度 //257

14.1.1 项目建设期 //257

14.1.2 实施进度计划 //257

14.2 人员组织 //258

14.3 人员培训需求和建议 //258

14.3.1 培训对象 //258

14.3.2 培训内容 //259

第 15 章 项目投资估算及效益分析 //261

15.1 数据中心建设投资估算 //261

15.1.1 收入种类 //261

15.1.2 收入测算 //262

15.2 数据中心成本测算 //262

15.3 经济效益 //263

15.4 社会效益 //263

15.4.1 促进产业结构优化升级 //263

15.4.2 促进基础设施完善 //263

15.4.3 提高相关服务业务的发展水平 //263

第 16 章 项目风险和风险管理 //265

16.1 风险因素分析 //265

16.2 风险对策 //266

参考文献 //267



第1章 概述

1.1 数据中心的定义和发展现状

数据中心在维基百科里给出的定义是“数据中心是一整套复杂的设施。它不仅包括计算机系统和其他与之配套的设备（如通信和存储系统），还包含冗余的数据通信连接、环境控制设备、监控设备以及各种安全装置”。谷歌在其发布的 *The Datacenter as a Computer* 一书中，将数据中心解释为“多功能的建筑物，能容纳多个服务器以及通信设备。这些设备被放置在一起是因为它们具有相同的对环境的要求以及物理安全上的需求，并且这样放置便于维护，而并不仅仅是一些服务器的集合”。

过去 10 多年，数据中心无论是在技术上还是部署上都极速发展，变化也快，但粗略来说可划分为 3 个阶段：第一阶段是以数据中心大集中（Data Center Consolidation）为主的 DC 1.0；第二阶段以利用资源虚拟化（Virtualization）和服务动态管理（Dynamic Service Orchestration）为手段，以增加资源共享利用率和资源部署灵活度的 DC 2.0，上述两个阶段技术上最大的分野为云计算技术的日趋成熟和大批量部署；第三阶段的 DC 3.0 是为了适应目前特别是大型网站（OTT）数据处理急速增长的业务需求而产生的，而其中大部分技术业界还在预研阶段，有很大程度的不确定性。

近年来，随着云计算的兴起，数据中心的发展呈大型化发展趋势，我国每年建成的机房中面积超过 3 000m² 的机房数目逐渐增多，小于 3 000m² 的机房数目逐渐减少。我国在 2009 年以前建成的主流机房面积都小于 10 000m²，直到 2009 年开始有占地面积大于 10 000m² 的机房。在 2011 年后，每年建成的主流大型机房中约一半大于 10 000m²。

从目前已建数据中心情况来看，三大运营商占据了主流机房数量的 69%，第三方 IDC 运营商占据主流机房的 31%。3 000 万元～10 000 万元投资额的项目在主流项目中占比最



高,投资额小于3 000万元的项目占比24%,投资额大于10 000万元的项目占比31%。随着占地面积大于3 000m²的机房数目增多,投资额大于10 000万元的项目占比将越来越高。

1.2 云计算发展趋势

1.2.1 云计算定义

云计算的定义有多种说法。对于到底什么是云计算,至少有100种解释。现阶段被广为接受的定义是美国国家标准与技术研究院(NIST)提出的:云计算是一种按使用量付费的模式,这种模式提供可用的、便捷的、按需的网络访问,进入可配置的计算资源共享池(资源包括网络、服务器、存储、应用软件、服务),这些资源能够被快速提供,只需投入很少的管理工作,或服务供应商进行很少的交互。

1.2.2 云计算发展简史

1983年,太阳电脑(Sun Microsystems)提出了“网络是电脑”(The Network is the Computer),2006年3月,亚马逊(Amazon)推出了弹性计算云(Elastic Compute Cloud; EC2)服务。

2006年8月9日,谷歌首席执行官埃里克·施密特(Eric Schmidt)在搜索引擎大会(SES San Jose 2006)中首次提出了“云计算”(Cloud Computing)的概念。谷歌“云端计算”源于谷歌工程师克里斯托弗·比希利亚所做的“Google 101”项目。

2007年10月,谷歌与IBM开始在美国大学校园,包括卡内基梅隆大学、麻省理工学院、斯坦福大学、加州大学伯克利分校及马里兰大学等,推广云计算的计划,这项计划希望能降低分布式计算技术在学术研究方面的成本,并为这些大学提供相关的软硬件设备及技术支持(包括数百台个人电脑及BladeCenter与System x服务器,这些计算平台将提供1 600个处理器,支持包括Linux、Xen、Hadoop等开放源代码平台)。而学生则可以通过网络开发各项以大规模计算为基础的研究计划。

2008年1月30日,谷歌宣布在中国台湾启动“云计算学术计划”,与中国台湾的台湾大学、交通大学等学校合作,将这种先进的云计算技术大规模、快速地推广到校园。

2008年2月1日,IBM宣布在中国无锡太湖新城科教产业园为中国的软件公司建立全球第一个云计算中心(Cloud Computing Center)。

2008年7月29日,雅虎、惠普和英特尔宣布一项涵盖美国、德国和新加坡的联合研究计划,推出云计算研究测试床,推进云计算。该计划与合作伙伴创建6个数据中心作为研究试验平台,每个数据中心配置1 400~4 000个处理器。这些合作伙伴包括新加坡资讯通信发展管理局、德国卡尔斯鲁厄大学Steinbuch计算中心、美国伊利诺伊大学香槟分校、英特尔研究院、惠普实验室和雅虎。

2008年8月3日,美国专利商标局网站信息显示,戴尔正在申请“云计算”(Cloud

Computing) 商标, 此举旨在加强对这一未来可能重塑技术架构的术语的控制权。

2010年3月5日, Novell 与云安全联盟(CSA)共同宣布一项供应商中立计划, 名为“可信云计算计划”(Trusted Cloud Initiative)。

2010年7月, 美国国家航空航天局和包括 Rackspace、AMD、英特尔、戴尔等支持厂商共同宣布 OpenStack 开放源代码计划, 微软在 2010 年 10 月表示支持 OpenStack 与 Windows Server 2008 R2 的集成; 而 Ubuntu 已把 OpenStack 加至 11.04 版本中。

2011 年 2 月, 思科系统正式加入 OpenStack, 重点研制 OpenStack 的网络服务。

1.2.3 云计算的特点

云计算通过使计算分布在大量的分布式计算机上, 而非本地计算机或远程服务器中, 企业数据中心的运行将与互联网更相似, 使得企业能够将资源切换到需要的应用上, 根据需求访问计算机和存储系统。

好比是从古老的单台发电机模式转向了电厂集中供电的模式, 它意味着计算能力也可以作为一种商品进行流通, 就像煤气、水电一样, 取用方便, 费用低廉。最大的不同在于, 它是通过互联网进行传输的。

被普遍接受的云计算特点如下。

1. 超大规模

“云”具有相当的规模, 谷歌云计算已经拥有 100 多万台服务器, 亚马逊、IBM、微软、雅虎等企业的“云”均拥有几十万台服务器。企业私有云一般拥有数百上千台服务器。“云”能赋予用户前所未有的计算能力。

2. 虚拟化

云计算支持用户在任意位置、使用各种终端获取应用服务。所请求的资源来自“云”, 而不是固定的、有形的实体。应用在“云”中某处运行, 但实际上用户无须了解、也不用担心应用运行的具体位置, 只需要一台笔记本或者一个手机, 就可以通过网络服务来实现我们需要的一切, 甚至包括超级计算这样的任务。

3. 高可靠性

“云”采用了数据多副本容错、计算节点同构可互换等措施来保障服务的高可靠性, 使用云计算比使用本地计算机更可靠。

4. 通用性

云计算不针对特定的应用, 在“云”的支撑下可以构造出千变万化的应用, 同一个“云”可以同时支撑不同的应用运行。

5. 高可扩展性

“云”的规模可以动态伸缩, 满足应用和用户规模增长的需要。

6. 按需服务

“云”是一个庞大的资源池, 按需购买; 云可以像自来水、电、煤气那样计费。

7. 极其廉价

由于“云”的特殊容错措施, 可以采用极其廉价的节点来构成云, “云”的自动化