

Enterprise DC

Modern Technology and Practice

迎接数据中心的奇点

企业级数据中心现代化技术与实践

窦文清 雷万云 姜永凯 主编

清华大学出版社



Enterprise
DC

Model
Technology
and Practice

迎接数据中心的奇点

企业级数据中心现代化技术与实践

窦文清 雷万云 姜永凯 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

科技进步,尤其是信息科技的进步,正在以前所未有的速度改变着人们的生活方式,也在颠覆人们对自然世界的认知。数据中心作为信息科技发展的重要载体平台,也正经历着自身的巨大变革。

本书旨在总结数据中心经历的发展之路,探寻其发展规律与趋势,结合新技术在各个领域的应用,以轻松应对其变革和带来的挑战;通过对数据中心发展认知的升级,面向未来更好地掌控数据中心建设与运营全局。

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

迎接数据中心的奇点:企业级数据中心现代化技术与实践/窦文清,雷万云,姜永凯主编.
—北京:清华大学出版社,2017

ISBN 978-7-302-47609-2

I. ①迎… II. ①窦… ②雷… ③姜… III. ①企业管理—数据管理 IV. ①F272.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 129194 号

责任编辑:梁 颖
封面设计:傅瑞学
责任校对:梁 毅
责任印制:杨 艳

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

课件下载:<http://www.tup.com.cn>,010-62795954

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:190mm×245mm 印 张:22.5

字 数:414千字

版 次:2017年8月第1版

印 次:2017年8月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:69.00元

产品编号:075188-01

序

PREFACE

“知行合一”是王阳明的哲学思想,代表着曾经传统的整齐划一的学习实践方法向个体多样化求知求真的进步,很值得推崇。在数据中心的发展建设中,需要每一个参与者充分发挥个体的价值,当然更需要在各个领域内具有奉献精神的人。很高兴行业内的一些朋友和知名的专家们,能够在一次次交流中,深入探讨当今最热的话题——“现代化数据中心转型”,一起梳理现代化数据中心建设涉及的关键技术,以及如何去实现。探讨过后,能够静下心来,花费大量的业余时间,去把这些内容整理出来,深入剖析相关技术的起源、发展脉络、最新技术趋势和如何落地,最终集成一本书,展现给读者。他们能够坚守初心,有所作为让我感动。

IT 行业中有很多的专业书籍,涉及了 IT 行业相关技术的各个领域,有应用开发的各种语言如何使用;有 IT 基础架构相关技术和系统的使用、管理和最佳实践;有安全领域各个相关技术的细节和管理;有运维体系和管理的相关丛书;也有大量最新的云计算领域的相关丛书,等等。大量的 IT 丛书,对于进入 IT 行业的初学者、设计者、建设者、运维者和高级管理者等来说,真的无从下手,难以一一学习。他们真的需要从全局去了解现代化数据中心建设的整体脉络、技术的发展和趋势,需要去掌握如何在自己的行业里去更好地实践,或者更好地认清自己将来在这一领域技术发展所选择的职业道路。这本书很好地梳理了企业级现代化数据中心的技术发展趋势,同时书中也介绍了一些行业的知名专家多年的最佳实践,使得本书并非纸上谈兵,而是贴近实战富有实践意义。推荐本书作为大家 IT 技术的基础参考书籍,希望对大家在业务工作和将来选择从业发展方向有所帮助。

最后借用我在第三届世界互联网大会互联网青年论坛中的讲话结尾:这是一个伟大的时代,在这个伟大的时代,我们不应该辜负这个时代,希望大家勇立潮头,努力学习,改革拓新,崇德向善,为我们伟大的中国梦做出应有的贡献。谢谢!

周西柱

立思辰集团副董事长

立思辰信息安全科技集团 CEO

周西柱先生于2017年3月加入立思辰集团。集团北京立思辰科技股份有限公司创立于1999年1月8日，总部位于北京，并在上海、广州、成都、沈阳、南京等20余个城市设立分公司和子公司。2009年10月，立思辰成为中国创业板首批上市企业之一，于深交所发行上市，股票代码(SZ300010)。秉承“厚德载物、自强不息”的发展理念，立思辰把握历史机遇，持续创新，历经十几年稳健增长，旗下业务现已发展形成两大领先产业集团：教育集团与信息安全科技集团。



在加入立思辰集团之前的十四年中，周西柱先生服务于EMC公司，曾任EMC公司全球副总裁。EMC公司在全球拥有员工约53500人，2013年名列美国《财富》杂志500强企业第133位，财年收入达232亿美元，创公司成立35年历史新高。EMC是一家全球领导厂商，助力企业和服务提供商转变运营方式，以服务的形式提供IT支持。EMC通过创新的产品和服务，加速云计算之旅，帮助IT部门以更敏捷、更可信、更高效的方式来存储、管理、保护、分析他们最重要的资产——信息。

在周西柱先生的杰出领导和不懈努力下，EMC公司在政府、能源、交通、媒体、制造业等众多业务领域均取得了战略性的突破和突飞猛进的发展；并相继促成了EMC公司与清华大学、北京市政府、中国铁路总公司、中国民用航空局等长期战略合作伙伴关系的确立；通过周西柱先生的积极推动，EMC公司成功地与中央政府建立了有效的沟通和高层互访机制，并在中国市场持续、有效地履行EMC公司的企业社会责任。同时，周西柱先生的卓越领导力和突出贡献，也极大地推动了EMC公司总部对中国市场的高度重视，并为中国本土市场赢得了公司持续、大量的投资。

1994年5月至2003年11月，周西柱先生服务于美国Oracle(甲骨文公司)，担任行业总监、销售总监、大客户部总经理等职务。在周西柱先生的带领下，Oracle成功赢得金盾工程、金保工程、金关工程、金税工程、金宏工程、金质工程等“十二金”国家级工程，为甲骨文公司在中国政府领域的大发展奠定了坚实的基础；另外，周西柱先生带领团队拓展并牢牢固守了国家电力行业、烟草行业、军工行业、媒体行业、交通行业、石油行业等国民经济的支柱领域。在周西柱先生的协调和帮助下，Oracle中国研发中心在北京成功设立，为中国的关键客户提供了周到细致的本地化支持与服务。经过多年努力，周西柱先生帮助甲骨文公司与中国中央政府和

地方政府建立了友好互信的合作关系,为甲骨文在中国的大发展营造了良好的大环境。

周西柱先生于1990年7月至1994年4月任职于电子工业部。

周西柱先生系全国青联委员、中国民盟盟员、中美商会成员,并兼任全国新闻技术工作者联合会副理事长、徽商联合会副会长、中国物联网应用与推进联盟常务理事。

周西柱先生于1985年至1990年就读于清华大学化学工程系,获得学士学位。

主编致谢

与变革共存的是机遇,很幸运我们处在一个飞速变革的时代,更加幸运的是我们选择了处在变革的最前沿——IT行业。在这个行业很流行的一句话是“永远不变的是变化!”很多行业,从业者靠自己年轻时代艰辛的技术积累,能够坚持到退休。而IT行业的从业者,则需要不断地去学习,去突破自己,升华自己。“活到老,学到老”是这个行业鲜明的特点。从业者要永远保持年轻人的心态,在紧张的工作中不断地学习和充电。很多时候无法去体味时间的快速飞逝,无法去感悟更多的生活细节,只能像个学生一样不断地在求学之路上前行。在这些前行者中,有一些知名的行业专家和身在前线的资深顾问,对于如何把握技术的发展趋势、如何把解决方案在行业应用中落地,有更加敏锐的视角和更加深厚的积累。与研发机构和科研院所的人员不同,他们从一线走来,对技术有更高的敏感性和辨别能力,同时还有更多的实践经验。

这些经验丰富的业内专家能够聚在一起,利用大量的业余时间,从公平公正的技术与实践角度,去深入梳理和分析现代化数据中心建设的不同组成部分,并提出自己的观点,分享实践中如何去更好地把握。希望这些对于最新技术的分析、行业发展的思考和实践经验的沉淀,对读者在现代化数据中心转型建设中能提供一些借鉴和帮助。

特别感谢这些行业中的资深专家与顾问,感谢大家的辛苦付出,感谢大家能够坦诚分享对技术发展的理解和行业应用的心得。当然,每个行业都有各自不同的特点,也有各自不同发展阶段特定的烙印,希望大家在阅读的同时也能多多理解。

本书的出版,也得力于清华大学出版社的大力支持,在出版过程中诸多方面给出的参考建议,让本书可以以更好的形态、更广泛的渠道呈现给读者,这里一并感谢!本书的编著者很多,在封面上难以一一列出,具体的章节和相应作者信息,后边会有详细介绍,谢谢大家的支持理解!

编著者们共同建立了本书的微信公众号,打造了一个大家可以共同参与

分享交流的平台,编著者和读者可以通过公众号的线上线下活动继续深入探讨技术热点和实践心得;由于篇幅的原因,本书的章节不能做到非常细致,大家可以继续扩展和详细论述。下面是微信公众号的二维码,欢迎大家扫码,或者直接搜索“你好奇点”,添加关注。

窦文清 雷万云 姜永凯

2017年5月



本书架构说明及编著者介绍

本书的行文结构是比较扁平化的,从总体发展到涉及数据中心每个不同层面的建设,都概要地加以说明,下面是具体的架构,后附每一位编著者的简介。

开篇的“企业级数据中心现代化概论”由姜永凯主笔完成,主要明确了本书介绍的技术与实践的适用范围,简述了企业级数据中心的总体发展历程,开宗明义地指出了当前企业级数据中心的发展阶段、面临的挑战以及被大多数从业者认可的演进方向;

第二章“现代数据中心之机房篇”由沈强、杜宇与贾学龙共同完成,本章主要关注数据中心的最基础层的建设,同时又兼顾到实践中我们需要通盘考虑的关联事项,为企业级客户数据中心物理建设拓宽思路;

第三章“现代数据中心之基础架构篇”从计算资源、网络资源、存储资源以及融合架构几个方面共同构成,其中计算资源部分由赖能和与周友辉共同完成,网络资源部分由陆春阳、杜广源、娄宏骏、刘可欣、宋林峰、刘斌与龙凯共同完成,存储资源部分由王小奇与栾威共同完成,融合架构部分由赵现纲、刘广峰、徐珂与郭占先共同完成。本章内容也是数据中心的基石,很多具体的内容不但在数据中心的总体发展中具有极强的代表性,同时也是企业级现代化数据中心发展总体方向的具体体现,有很多新的技术理念与实践将在这一章展开;

第四章“现代数据中心之应用与数据篇”由王彤、罗春水与邹俊共同完成,本章涉及的内容是数据中心基础架构层以上的核心资产,随着组织内部业务需求与IT关系的不断变化,尤其是大数据与万物互联等新兴业务模式的诞生,传统的数据与应用管理面临巨大挑战,直接催生了企业数据中心现代化的需求,本章将围绕这一层面的发展演进展开论述;

第五章“现代数据中心之安全篇”由孙建勋、窦文清与许国志共同完成,本章与第六章同属于贯穿数据中心各个层面的垂直管理领域,是保障数据中心

健康运行的重中之重。在业务驱动下,数据中心与外部资源的连接与信息交互越来越复杂,当前的大环境又增加了安全管理的挑战,这一部分内容里,我们将重点阐述如何建立企业级现代数据中心由内向外的安全机制;

第六章“现代数据中心之运维篇”由王明哲与王超共同完成,本章内容与第五章有很强的关联性,由于篇幅的原因单列出来,从另一个垂直维度详细介绍了企业级现代数据中心的运维管理要求以及可以参考的标准等内容;

第七章“数据中心向云演进”由雷万云与邹俊共同完成,之所以把本章内容从数据中心建设的各个层面独立出来加以详述,完全因为企业级客户的数据中心在选择登云之路时往往面临多种选择,皆因从数据中心建设的各个角度都有云化运营的需求,而在总体上选择更适合的演进策略将使我们的投入产生最大的回报;

第八章“迈向现代化数据中心”由孙建勋与姜永凯完成,在了解了企业现代数据中心建设的各个层面内容,以及几个垂直维度需要我们持续建设的管理体系后,我们已经清楚地知道自己的数据中心建设所处的阶段,本章将从信息技术与服务的总体生态环境入手,全面总结企业级现代数据中心建设、运营与管理的思路与流程保障;

最后的结束语部分,凝聚了本书的所有参与者对企业级数据中心建设的期望,也希望我们的书能够成为一个小小的起点,从这里出发的一些思路未来将转化为更大的动力服务于企业级数据中心建设。

另外,邵雯等人在全书的文字、图稿校对以及沟通联络方面做出了巨大贡献,在此一并感谢!

本书中大部分缩写在第一次出现时都给予了详细说明,另外有一些大家非常熟悉且不太好翻译的公司名(如 eBay 公司),以及提及的外文人名没有给出具体的翻译,大家也可以方便地利用搜索引擎等工具查询到,这可是在数据中心解决问题过程中必备的技能之一。

编著者简介(按内容顺序):

窦文清 EMC 中国区政府及公共事业部技术总监

20 多年 IT 行业从业经验,从软件开发、数据结构设计、系统运维和优化到数据中心整体设计和实施,与中国信息产业共同成长;始终关注 IT 行业的最新科技,在云计算和大数据引领现代化数据中心转型的时点,不断探索和把握最新技术的发展趋势。

2004年4月加入EMC公司,参与和见证了EMC公司在政府、能源、交通、媒体、央企和制造业等众多业务领域战略性的突破和迅猛发展,参与和主导了众多行业数据中心的规划与建设,亲身经历了IT行业和技术领域的风云变幻,对行业发展和数据中心建设有深刻的理解和经验。

加入EMC公司前,先后工作于中国航天、中国电子口岸和Oracle公司,因为工作成绩突出,曾受到过原国务院副总理吴仪的接见和海关总署的嘉奖。

1997年毕业于大连理工大学。

拥有Microsoft的MCSE、MSDBA、Oracle的VCP、ITIL、VMware、EMC、Pivotal等IT专业认证。

雷万云 中国医药集团信息化专家组组长,信息部主任

雷博士有20余年信息化方面的研究开发、实施和管理经验,国家认证的高级企业信息管理师,对集团企业和医药行业的信息化建设有深刻理解和最佳实践。现为工信部中国首席信息官联盟专家委员会委员、国务院国资委信息化专家组成员、国家发改委云计算专家、人民大学CIO研究中心研究员、中国医药健康产业信息化联盟理事长。近年来致力于企业云计算研究,并著有《云计算——企业信息化建设策略与实践》《云计算——技术、平台与应用案例》《信息化与信息管理实践之道》《信息安全保卫战》等四部企业IT畅销书。

姜永凯 EMC公司行业首席架构师

于2007年加入EMC公司,现任职EMC中国公司全球服务部,负责政府与公共事业部门行业客户技术支持工作。姜永凯在加入EMC公司之前就职于长虹科技,具有20多年IT从业经验,一直从事大型组织数据中心构建的各方面相关工作,并在众多行业领域内帮助客户应对挑战。

沈强 中国民航信息网络股份有限公司公共信息服务部总经理

IT服务专家,从事大型关键信息系统及数据中心建设、运维、咨询20多年,具有丰富的超大型数据中心建设和管理实践经验,为国内多家部委、中央企业信息系统和数据中心咨询专家。

杜宇 EMC公司资深技术顾问

于2007年加入EMC公司,现任职EMC中国公司全球服务部,负责政府与公众事业部门行业客户技术支持工作。杜宇在加入EMC公司之前就职于HDS,具

有近 20 年 IT 从业经验,专注数据存储、保护和灾备方面超过 15 年。一直为部委、大型国企客户提供数据中心设计等方面的专业服务,帮助客户不断提升数据中心服务水平。

贾学龙 EMC 公司高级技术经理

于 2002 年加入 EMC 公司,曾经在专业服务部、解决方案中心、系统工程部等多个部门工作,现担任 EMC 中国公司全球服务部政府与公共事业部高级技术经理。贾学龙具有 20 年以上的 IT 行业工作经历,多年来致力于帮助企业级客户设计 IT 系统架构以应对行业挑战,在数据保护和保护领域和大型数据中心的规划、设计、技术支撑、运行维护等方面具有丰富的知识和经验。

赖能和 中国石油集团东方地球物理公司研究院副总工程师、教授级高级工程师

从事高性能计算系统架构研究、并行存储技术研究、大型地震应用系统研发、软硬件系统集成研究、数据中心建设与企业信息化建设 30 多年,具有丰富的实践经验;完成超过 2 万节点高性能集群并行系统、超过 30PB 存储的优化配置和 20 多个地震数据处理模块开发,在高性能计算技术研究、系统优化、软件开发、海量数据处理等方面发表论文和技术报告数十篇,完成 8 项行业和企业标准的起草编制;已连续任公司计算机系统专家 17 年。

周友辉 EMC 公司资深技术顾问

于 2010 年 11 月加入 EMC 公司,现任 EMC 中国公司全球服务部,负责过媒体以及能源等行业客户技术支持工作;具备 13 年的 IT 从业经验,从事企业级客户大型数据中心的建设和规划工作,熟悉大型高并发系统架构和规划设计,应用解决方案帮助客户应对性能、可用性、伸缩性、扩展性、安全等各方面的挑战。

陆春阳 北京中油瑞飞公司副总经理

能源行业资深从业者,中国石油昌平数据中心负责人,中油瑞飞公司云计算业务主管领导。

杜广源 北京中油瑞飞公司技术总监

能源行业资深从业者,云计算架构师,中油瑞飞公司云计算技术负责人。

娄宏骏 北京中油瑞飞公司部门经理

能源行业资深从业者,云计算架构师,中油瑞飞公司云计算运维负责人。

刘可欣 北京中油瑞飞公司

能源行业资深从业者,云网络架构师,中油瑞飞公司云网络负责人。

宋林峰 北京中油瑞飞公司项目经理

能源行业资深从业者,云存储架构师,中油瑞飞公司云存储负责人。

刘斌 EMC 公司资深技术顾问

北京理工大学研究生毕业后一直从事 IT 行业 20 余年,2008 年从惠普公司加入 EMC 公司,服务过政府、国企、私企及外企,从事过编程开发、项目管理以及售前咨询等工作,致力通过自己的努力工作提升所服务的客户的 IT 体验。

龙凯 EMC 公司资深技术顾问

于 2007 年加入 EMC 公司,现任职 EMC 中国公司全球服务部,负责政府与公共事业部门行业客户技术支持工作。龙凯在加入 EMC 公司之前就职于惠普公司,具有 22 年 IT 从业经验,一直从事政府以及企业大型数据中心构建的各方面相关技术支持工作,并在众多行业领域内帮助和引领客户应对 IT 变革。

王小奇 全国海关信息中心副处长

15 年的 IT 系统运维经验,擅长服务器、存储管理、云计算、容灾备份、大数据等领域。参与了海关金关工程一期、H2010 工程、金关工程二期建设,在基础设施云、桌面云、云杀毒、主机存储建设等项目中承担了主要角色。

栾威 EMC 公司资深技术顾问

于 2004 年加入 EMC 公司,现任职 EMC 中国公司全球服务部,负责政府与公众事业部门行业客户技术支持工作。栾威先后就职于多家集成商和厂商,具有 17 年 IT 行业经验,先后负责电信、媒体、政府等多个行业的技术支持工作,一直从事行业数据中心系统建设工作,帮助客户构建现代化数据中心。

赵现纲 中国气象局国家卫星气象中心主任设计师

从事高性能计算系统架构技术研究、大型信息系统及数据中心建设及运维多年,具有丰富的系统建设与运维实践经验。

刘广峰 EMC 公司技术顾问

于 2012 年加入 EMC 公司,现任职 EMC 中国公司全球服务部,负责政府与公众事业部门行业客户技术支持工作。刘广峰在加入 EMC 公司之前就职于 DELL

公司,具有 13 年 IT 从业经验,在金融、政府及公共事业客户行业耕耘多年,对于企业信息化基础架构建设,有着丰富的理论和实践经验。

徐珂 EMC 公司资深技术顾问

2008 年加入 EMC 公司,现任职 EMC 中国公司全球服务部,负责政府与公众事业部门行业客户技术支持工作。加入 EMC 公司之前就职于 Veritas 及 CA 公司,具有 20 年 IT 从业经验,一直从事大型客户的数据中心构建相关工作,并在各行业领域内帮助客户应对挑战。

郭占先 EMC 公司技术顾问

于 2012 年加入 EMC 公司,现任职 EMC 中国公司全球服务部,负责政府与公众事业部门行业客户技术支持工作。加入 EMC 公司以来,一直从事国防行业信息化建设及大型组织的数据中心构建的各方面相关工作,并在国家重点项目中帮助客户应对挑战。

王彤 中体彩科技发展有限公司副总裁

体育彩票销售系统规划、设计、部署实施与后期运维专家。从事彩票行业整体销售系统规划建设,数据中心设计与建设及后期运营维护工作 15 年。

罗春水 中体彩研发中心副总经理

20 年行业工作经验,从事开发、运维、技术支持与研发管理工作,获得系统分析师、信息系统的管理师、Prince 2、ISO 20000 主任审核员与 ITIL V3 等专业认证。

邹俊 EMC 公司资深技术顾问

于 2014 年加入 EMC 公司,现任职 EMC 中国公司全球服务部,负责政府与公众事业部门行业客户技术支持工作。在加入 EMC 公司之前就职于 CA 公司,一直聚焦于应用软件开发、云计算、大数据等领域,并在众多行业领域内帮助客户应对挑战。

孙建勋 中国航天科工集团第三研究院信息化总师

军工企业信息化规划建设与实施,涉及军工企业网络信息系统与安全防护体系、管理信息化、工程信息化规划与建设 20 多年,在军工企业数据中心、ERP、PDM、虚拟样机等方面有深入研究和丰富的实践经验,国防科技工业信息化专家。

许国志 EMC 公司资深技术顾问

于 2010 年加入 EMC 公司,现任职 EMC 中国政府行业,在大型数据中心建设和云计算领域工作 10 余年,担任多个千万级项目的总体架构师和项目经理。将技术需求与实际相结合,在多个项目中取得了重大的突破和成功。

王明哲 中国铁道科学研究院副研究员

铁路信息化专家,从事铁路客运相关信息系统设计、研发、建设和运维管理工作 15 年,具有超大规模互联网实时交易处理系统建设和运维管理实践经验。

王超 EMC 公司资深技术顾问

于 2010 年加入 EMC 公司,现任职 EMC 中国公司全球服务部,负责多个国家部委级政府客户的售前技术顾问工作。IT 从业经验 15 年,曾就职于惠普公司等多家跨国 IT 外企,参与过数百个政府行业、电信行业国家级信息化项目的 IT 建设,擅长用自己积累的实战经验来帮助客户进行 IT 架构规划和产品选型。

邵雯 EMC 公司行政助理

于 2016 年初加入 EMC 公司,具有丰富的行政与文书处理经验,她的平面设计基础在本书的美工、排版等方面创造了很大价值。

目 录

CONTENTS

第一章 企业级数据中心现代化概论	1
数据中心的发展历程	1
数据中心雏形阶段	2
数据中心概念清晰化阶段	2
技术与需求推动数据中心发展	4
企业级数据中心的演进	7
现代数据中心的由来与特性	8
本章小结	12
第二章 现代数据中心之机房篇	14
数据中心机房建设概述	14
数据中心机房的发展	14
数据中心机房的趋势	16
现代数据中心机房技术	17
数据中心机房的“绿色”指标	18
数据中心机房选址	22
数据中心机房供电	26
数据中心机房冷却	29
数据中心机房模块化	37
数据中心机房的现代化管理	41
现代数据中心机房规划	44
新建数据中心机房	45
改造数据中心机房	48
租用数据中心机房	49