



- ▷ 云计算是大数据和人工智能的载体
- ▷ 本书全面论述企业数字化转型背景下云计算的业界趋势、产品架构及应用实践
- ▷ 业界知名专家、企业家联袂推荐!



开发者书库

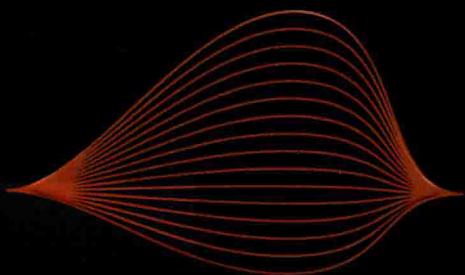
# 企业云计算

## 原理、架构与实践指南

方国伟 等◎著

Enterprise  
Cloud Computing

Principle, Architecture and Practical Guide



清华大学出版社

在容器领域，Rancher Labs是将容器技术真正商业化，并提供了能够落地的解决方案的公司，很荣幸像平安这样著名的企业也是Rancher的用户，和平安云一起助力企业提升IT资源使用效率，支撑企业业务敏捷化和快速迭代创新。在数字化转型背景下构建云计算平台，阅读本书就是很好的开始。

——**梁胜 博士 Rancher Labs联合创始人及首席执行官，CloudStack之父**

平安云已经通过了业内权威的可信金融云（银行类）服务认证。本书详细阐述了平安云如何保障金融业在上云过程中端到端的稳定、高效，对于构建金融行业云具有很强的借鉴意义。

——**何宝宏 博士 中国信息通信研究院云计算与大数据研究所所长**

渣打银行作为外资银行在中国开展业务，面临着更严格的监管合规与风控要求，故而要求银行的科技部门能够灵活响应业务需求，快速交付IT资源，充分满足监管要求，切实保障IT安全；与平安云的合作，让我们感受到了这家源自金融、发力科技的企业在云产品、云服务、云安全、云合规各方面的独特竞争力。秉持科技驱动业务、技术改变金融的理念，本书给广大的金融科技从业人士带来了有益的参考和启发。

——**乔建新 渣打银行（中国）有限公司首席信息官**

平安壹账通和平安科技共同打造的金融云在保证金融“高可用”“强监管”的前提下，支撑超过3400家金融机构的业务流畅运作，以科技赋能金融企业，实现数字化转型。本书从原理、架构、应用场景等维度对平安云做了深入讲解，揭示了平安金融云背后的秘密。

——**黄宇翔 金融壹账通首席技术官兼首席运营官**

云计算是 DevOps 落地的必要条件，使得 DevOps 度过“七年之痒”，从理想照进现实，助力企业数字化转型之路。本书从企业数字化转型讲起，包括了高可用、可扩展以及敏捷开发与高效运维等企业非常关注的内容，是一本具有较高参考价值的图书。

——**萧田国 高效运维社区发起人，开放运维联盟主席，GOPS全球运维大会发起人**

目前开源技术在整个云计算市场的应用非常广泛，包括AWS、平安云等很多云厂商都是开源技术的有力支持者。当我们的客户要求提供基于各种开源技术的服务时，我们就不断地增加这些服务以满足客户的需求，如何源于开源，并强于开源，从本书中可以得到很好的启发。

——**费良宏 亚马逊AWS Principle Evangelist**

平安云依托平安集团在金融服务领域的领导性地位，不断加速发展，在Forrester 2018年中国公有云开发平台厂商评测中，不仅跨越式进入实力竞争者阵营，而且是在相关企业客户访谈中获得全部客户正面评价的少数厂商。本书融合了方国伟先生深厚广博的实践经验与继往开来的技术视野，为技术管理者与实践者提供了非常宝贵的决策参考。

——**Charlie Dai Forrester首席分析师**

图书查询·扩展阅读



书圈

清华社官方微信号



扫我有惊喜

上架指导：计算机 / 云计算

ISBN 978-7-302-54106-6



9 787302 541066 >

定价：89.00元

清华

开发者书库

# 企业云计算

## 原理、架构与实践指南

方国伟 等◎著

清华大学出版社  
北京

此为试读,需要完整PDF请访问: [www.cnitp.com](http://www.cnitp.com)

## 内 容 简 介

本书以通俗易懂的语言介绍云计算的最新发展趋势、技术原理与架构设计,同时从平安云的视角探讨了云计算的落地实践。

全书共 13 章。第 1、2 章从云计算演进引出企业数字化转型的上云实践,再从云计算参考架构及标准引出对业界主流云平台架构的思考;第 3~7 章分别介绍云计算基础架构层的网络、计算、存储、数据库等服务,以及如何实现高可用与高扩展;第 8~10 章主要对近期业界广为关注的平台层服务进行探讨,包括应用中间件、物联网与边缘计算、微服务及 DevOps 工具链等;第 11 章介绍了混合云的发展趋势与架构实践;第 12、13 章分别对云架构下的运维管理和三位一体的云安全管理体系进行了阐述。

本书对于云计算技术的爱好者以及希望深入探索云计算架构技术的专业人士均具有一定的参考价值。

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

企业云计算:原理、架构与实践指南/方国伟等著. —北京:清华大学出版社,2020.1  
(清华开发者书库)

ISBN 978-7-302-54106-6

I. ①企… II. ①方… III. ①云计算—应用—企业管理—指南 IV. ①F270.7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 237564 号

责任编辑:刘 星

封面设计:刘 键

责任校对:李建庄

责任印制:宋 林

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载:<http://www.tup.com.cn>,010-83470236

印 装 者:三河市龙大印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:186mm×240mm 印 张:23.5 插 页:8 字 数:553 千字

版 次:2020 年 1 月第 1 版

印 次:2020 年 1 月第 1 次印刷

定 价:89.00 元

产品编号:085316-01

# FOREWORD

## 序

2019年1月1日,平安集团启用了新的 Logo,用“金融·科技”替代使用了10年的“保险·银行·投资”。这是一个里程碑式的事件,它正式宣告平安集团进入了新的发展阶段。科技已经不再是支撑业务的辅助角色,而是走向前端,与业务深度融合,进而成为平安集团的核心业务。

平安集团一直以来对科技高度重视,马明哲董事长提出的“赢科技者赢未来,得云者得天下”更是为平安集团的数字化转型进一步指明了方向,为金融核心业务插上了科技的翅膀。新技术创新与应用的成效彰显在平安每一个业务板块——对市场趋势的洞察能力、对需求的响应能力、对客户体验的满足能力,以及产品与服务的研发能力——多点能力的提升助力平安集团实现了业务高速发展的新旧动能转换。



陈心颖

2019年平安不仅新入选《麻省理工科技评论》“全球50家聪明公司”榜单,而且《福布斯》2019年全球上市公司2000强排行榜中平安跻身全球第7位,较去年提升3位。

在科技转型的背后,是传统IT基础架构向云的转型。作为平安集团科技转型的基础,云计算是集团业务创新的技术支撑,一方面为大数据、人工智能等前沿技术提供分布、弹性、触手可及的基础资源;另一方面通过提供安全可靠的海量数据载体、灵活敏捷的开发部署环境,在大幅降低开发运维成本的同时实现应用迭代的加速。

自2013年诞生以来,平安云迅速发展为驱动业务发展的强大引擎,有力推动集团数字化转型,通过融合大数据、人工智能、区块链等技术,承载了集团业务“以用户为中心的观念转变”“端到端AI技术变革”两大变革主题,助力集团完成向全渠道商业模式的转型。目前,平安云已覆盖平安集团95%以上的专业公司,支撑80%的业务系统,早已成为金融行业规模最大、应用最广的云平台。平安云并没有止步于服务集团,近两年,通过向外输出自身能力与成熟的上云经验,平安云正以公有云、行业云及私有云等服务模式逐步向外部市场拓展,服务目标涵盖金融、医疗健康、智慧城市、车、房等领域。

经过多年的不懈努力与发展,平安云在平安集团主要集中的五大生态行业赛道上已经积累了傲人的成绩:在金融生态圈,平安云赋能金融壹账通搭建起全球最大的金融科技

SaaS 云平台,已形成银行云、投资云、保险云,服务近 3000 家金融机构客户;在医疗健康生态圈,平安云支撑构建起 PPP 开放平台,整合医疗健康数据、技术和服务资源驱动智能医疗服务,健康档案覆盖 6 亿多人;在汽车生态圈,以云平台、AI 为核心,赋能主机厂商、经销商、二手车商打造闭环;在房产服务生态圈,基于平安云打造了建管云、租房云、地产云,其中建管云已同全国近 50 个地市级城市签约;在智慧城市生态圈,平安云助力打造了一套完整、科学的解决实际问题的智慧城市管理体系,承载着“1+N”个智慧城市模块。

在支撑万亿级集团核心业务和服务大量外部客户的过程中,平安云积累了丰富而宝贵的经验,并形成了自己的体系和特色。本书由平安科技 CTO 兼总架构师方国伟及其团队共同撰写,对平安集团多年来在云计算方面的实践和思考做了一个小结。本书从云计算和企业数字化转型入手,从原理、架构、应用场景等维度对云计算做了深入的讲解,内容不仅涵盖常见的云计算服务,还包括了高可用、可扩展以及敏捷开发与高效运维等企业非常关注的内容,既有通用性的技术,也有平安云个性化的实践与思考。

在席卷全球的数字化浪潮下,众多企业如平安集团一样,纷纷拥抱数字化转型,期望通过数字化转型洞察趋势、提升效率、降低成本,为客户提供更高价值的产品和服务。云计算之路是数字化转型的必由之路,但企业云计算之路充满挑战,也没有标准的路径可循。希望本书能给在数字化转型及云计算之路上跋涉的企业提供一些借鉴,同时也期待平安云能与更多企业携手共进,共同践行数字化转型之路。

陈心颖 平安集团联席首席执行官

2019 年 7 月

---

# PREFACE

---

## 前言

### 1. 缘起平安

我与平安的缘分始于 2013 年 10 月,时任平安集团 CIO 的陈心颖女士带领平安集团各专业技术管理层到美国考察金融科技和云计算市场。我当时在亚马逊 AWS 公司工作,和同事们一起在西雅图接待了平安考察团队。平安集团此行一方面是了解亚马逊是如何构建云计算业务的,另一方面也想与亚马逊 AWS 探讨合作构建云平台的可行性。虽然双方最终没能达成战略合作,但此次美国的会面却让我的职业生涯开启了新的篇章。

作为一个热衷并一直坚持运动的人,北京的雾霾让我非常难受和压抑,2013 年末北京的几场大雾霾就像压倒骆驼的最后一根稻草,彻底动摇了我继续在北京生活的信心。经过长时间思考和纠结,我最终决定离开北京。深圳无论从空气质量还是就业环境都是一个理想的选择,恰逢 2014 年上半年平安科技邀请我加入构建云平台,我欣然接受邀请,携家人南下深圳。

### 2. 雄关漫道

在我加入平安科技之前,云计算已经作为创新项目成立,当时有一个 10 人左右的创新小组在为开发测试环境搭建一个云平台。创新小组成员是从平安科技基础架构部门抽调而来,都非常聪明能干。虽然之前大家都没有太多构建和使用云计算的经验,但大家对云计算的前景都抱有坚定的信心。在其他人还对云计算保持怀疑和观望的时候,大家坚定地加入这个刚成立不久的创新小组,一起开拓未来。

在这样的背景下,我接管了云平台的工作,当时面临了诸多挑战。

**首先是资源问题。**尽管平安是一个大型集团,有很雄厚的财力,但由于当时云计算还只是一个创新项目,连同我加入后申请到的人力资源不足 20 人,底层硬件更是以使用 5 年以上的过保服务器为主,依靠这些资源来构建和运维云平台几乎是一个不可能完成的任务。我先向公司申请不再使用过保服务器,这样可以避免团队花费过多精力在处理硬件故障问题上,尤其是在初期我们系统冗余能力还没有构建起来的情况下。同时,我提出“搭台唱戏”的构建模式,即我们云创新小组作为云平台建设的底层团队构建一个基础平台(搭台),然后

欢迎公司内其他团队一起参与构建云平台服务(唱戏)。我们不希望让其他团队认为云平台只属于我们创新小组,云平台是属于公司的,我们只是牵头建设团队。这种构建模式极大地调动了其他团队参与云平台建设的积极性,缓解了我们人力资源上的窘境。开放的思想始终贯穿着平安云的发展历程,就像现在我们一直认为平安云是整合平安集团整体资源的云平台,而不是仅仅属于平安科技。

**第二是定位问题。**云平台应该作为一个项目还是作为一个产品来对待?大部分企业在构建私有云的时候都把这项工作当成一个项目来建设,平安最初也是这么操作的。但这种做法会大大降低云平台成功的概率。因为项目通常都受到交付目标、交付时间和资源投入的种种约束,一般项目结束后,项目团队也就解散了,是否还有二期项目就成为一个未知数。我认为这种交付式的关系很难做出好的产品。但如果把云平台当成一个产品,从规划设计到建设运营就一定是一件长期的事情,只要这个产品能够满足客户需求,就有存在的价值,后续就是根据用户反馈不断地迭代升级,而且关键的一点是团队对产品的感情,也远非项目方式所能比拟。所以,从我加入平安云团队开始,我们就一直努力将云平台作为一个产品进行长期建设。我们将云平台正式命名为“平安云”,我还为平安云主导设计了第一版 Logo(现在平安云的 Logo 是我们 2018 年找专业公司重新设计的)。我一直要求团队成员对待自己的产品就要像对待自己的孩子一样,要有责任感和主人翁精神。家长发现孩子成长过程中出现问题,肯定是想方设法帮助孩子改正,而不会弃之不顾。与此同时,平安云也开始作为一个独立产品在公司内部考核投入和产出指标,承担产品应有的业务责任。

**第三是平安云架构问题。**在云平台搭建之初,选择一个合理的架构非常重要,架构一旦确定之后,想再做调整是很困难的。在平安云的架构设计上,我们做了一个非常明智的决定——用公有云的服务设计和架构方式来做平安私有云。一开始我们就做了多租户设计,平安集团内部有很多的专业公司,专业公司下面还有不同部门和项目组,他们在我们的云上就是一个一个租户。我们同时引入“按使用量计费”的模式。平安科技多年前就已经开始以服务定价的模式为其他专业公司提供服务,所以云计算中明码标价并按量计费可以为我们用户提供更加透明的成本核算方式。我们还引入 VPC(虚拟私有云/专有网络)技术,可以把租户和租户之间的资源通过网络很好地隔离开。这些架构决策使得我们后续向公有云、行业云方向发展的时候,技术和架构上的调整变得相对简单,没有遇到太大的阻碍。

**第四是平安云的技术发展路线问题。**我们决定要自己把控云平台的技术发展路线并自主设计平安云的整体架构。云平台是一个复杂的系统,由许多不同的功能模块组成,其中每个功能模块都可以根据需求和自身条件来决定使用什么技术。有些是完全自主研发,有些是基于开源技术定制,有些则是选用商业产品来实现。整体技术发展方向和路线对产品建设非常关键,有些公司在搭建私有云的过程中,采用与某个供应商整体合作的方式,这种做法不仅让内部团队对技术把控不足,也欠缺灵活性。因为供应商产品往往是一个整体,定制化开发难度高。相反,如果整个架构都自己设计,每个模块采用的具体技术实现方式自主选择,则整体方案的灵活性很强,可以达到整体自主可控的效果。云的发展越来越快,规模越

来越大,业务越来越多,打造一个自身能力很强的技术团队,对以后的高速发展也非常有利。当然这种做法对资源投入有较高的要求,如果资源不足,那么选择某个有类似行业背景的厂商合作会是一个更优的选择。合作方的选择也很重要,所谓南橘北枳,无数例子证明,传统公司直接照搬互联网公司的做法往往达不到预期的效果。

我了解到业内有些公司在选择云计算发展路线时摇摆不定,例如有家知名金融公司采用了几乎市面能找到的所有云平台商业产品,但直到今天,结果依然差强人意。我认为这种情况下能做好云平台的可能性很小,因为自身缺乏在技术发展上的主线。很多人认为建设云平台关键在于选择某一个框架,例如 CloudStack、OpenStack 等,但是经过几年的实际建设和运维之后,我认为选哪一个框架并不是最关键的,云平台的关键在于底层的网络、存储以及自动化的编排设计。这也是为什么新闻中看到的云平台故障大都是与存储和网络服务相关的。我们很幸运一开始就决定走一条自主可控的技术发展路线。

**第五是如何迁移应用上云。**2014 年我们开始构建云平台生产环境的时候,传统基础架构已经在平安发展很多年,云计算作为新事物在认知度和接受度上都有不少挑战,业务团队会担心云平台是否足够稳定可靠,还有一些技术团队不自觉地会担心云平台是不是会影响他们原来的工作等。所以我们当时提出采用“Bi-Modal”(双模)的方式,也就是新应用采用新(云)模式,而老应用采用老模式。对于旧的应用我们保持充分的耐心,等待应用、系统和硬件平台升级变更的机会来推动它们迁移上云。我们还在网络连通、自动化部署等方面做了许多微创新来吸引和方便用户使用云服务。另外,对于应用上云而言,管理层对云的决心非常关键,幸运的是,平安集团领导对云高度重视,从而为平安云推动应用上云工作扫除了很多障碍。

解决了前面五个问题之后,我们接下来要解决**团队文化建设问题**。平安云作为一个产品,要服务好我们的客户才能长远发展,并逐步建立起自己的口碑。我们团队的大部分成员之前都习惯于传统的交付型工作,这也是平安科技一直非常擅长的,但如果我们要构建产品、要从服务客户中获得收入,我们就要建立适合构建互联网产品的团队文化。我在亚马逊的工作经历让我深刻理解到企业文化对公司管理的重要性。亚马逊之所以能够持续成长为一个年收入超过 2000 亿美金、员工人数超过 60 万并且依然保持高速发展的公司,我认为与亚马逊强势的“十四条领导力原则”企业文化密切相关。所以,我在 2014 年为平安云团队创建了一个“COBIT”文化,其中 C 代表 Customer Obsession(客户至上),O 代表 Ownership(主人翁精神),B 代表 Bias for Action(说干就干),I 代表 Insist on the Highest Standards(坚持最高标准),T 代表 Think Big(敢想)。在日常管理工作中,我始终坚信管理者要以身作则,要身先士卒,所以我也始终按照 COBIT 来要求自己,并带领管理团队一起维护和实践这个团队文化。

在梳理好上面这些问题后,平安云团队的工作重点就是构建一个个具体产品服务。我们从最基本的云主机、块存储、对象存储、ELB 等服务开始逐步建设,然后随着更多技术专家加入平安云,我们构建的产品也逐渐丰富起来,到目前为止已经对外提供超过 80 种不同的产品服务。

### 3. “2+1”模式

刚到平安的时候,我的任务是给平安构建一个私有云平台。到2016年底,这个任务基本完成,平安私有云的产品、架构都是比较完备的,云平台上的应用也越来越多。在金融行业,平安云的应用、技术和规模都处于领先地位。我们从2016年开始构想,既然平安云在平安内部能够成功地推广和应用,为什么我们不能将这个平台对外开放,服务更多的金融客户呢?因此从2016年开始,我们和平安金融壹账通一起从只对内服务转变为同时对内对外服务,我们选择专注在金融行业,这是平安的巨大优势,我们当时的目标就是要做最专业的金融云。这个定位现在来看应该说是比较精准的。平安云在《互联网周刊》的金融云排名中最近两年连续排名第一,同时平安云还是中国信息通信研究院评估认证的可信金融云服务商(银行类)。

2017年底平安集团进行了新的业务战略调整,进一步加大对科技的投入,在金融生态、医疗、智慧城市、车和房五个方向共同发力,平安云也顺势从2018年开始为这五大行业做技术支撑。金融、医疗和智慧城市这三个行业都属于强监管行业,因此我们面临了很大的挑战。我们在云平台建设中采用多种不同的隔离技术,使得整个平安云可以支撑不同行业的业务。为了应对政府和监管机构对数据安全性的要求,我们使用了不同的管理方式,有托管也有专区,以此来满足不同行业对数据安全性上的各种特殊要求。目前平安云按照“2+1”模式对外提供云计算服务,也就是公有云和专有云(金融云、医疗云和政务云等)+私有云解决方案来满足客户的需求。

### 4. 云计算的本质

云计算之所以被认为是对传统IT服务的重大变革,我认为主要基于以下三个原因:

- (1) 规模效应;
- (2) 自动化提升效率;
- (3) 专业分工。

这三个原因从经济学上决定了云计算一定会替代传统IT服务方式。所以,我认为云计算的本质就是规模化和自动化在IT领域的服务化体现。最近几年,我们可以清楚地感受到大家对云计算的态度发生了很大的变化,不管是技术领域还是业务领域,越来越多的人开始关注云计算。企业对云计算的态度也从为什么要使用云计算逐渐转向如何用好云计算。

那企业想做好云计算平台需要哪些条件呢?

首先需要在战略上重视。只有在战略层面先确定方向和重要性,执行层面才能高效地解决在推进过程中遇到的各种问题。一个最典型的例子就是2010年中国IT领袖峰会上,BAT三家公司的创始人对云计算的态度基本上就决定了这三家公司目前在云计算市场上的地位。

其次,云平台的构建是一个长期的过程,最高决策层要有一定的战略耐心和决心。一方

面云平台属于底层技术,它的业务效果不会像应用层面那么立竿见影。另一方面云计算技术还在快速发展中,我们不能指望一步到位地构建一个静态不变的云平台。云平台是一个与时俱进的、有生命力的、动态发展的平台。

第三,要营造 DevOps 的文化。在构建云平台之前,应用的开发、运维和基础架构一般是几个相互独立的团队,各自团队目标差异比较大,几个团队之间尽管互相依赖程度很高,但合作却往往没有那么顺畅。云平台建设从根本上解决了基础架构资源的快速部署并提供服务的问题,改变了开发团队一直需要向管理员申请准备底层资源这个烦琐的流程,也减少了冗长的等待。应用的测试环境和生产运行环境资源创建可以通过云平台的门户自助完成。当基础架构变成服务的时候,应用的运维就会变得简单,为开发和运维一体化管理提供了可能。也正因为有了云平台,DevOps 可以把 CI/CD(持续集成与持续交付/部署)整合在一个流水线中,从而极大地提升研发效率,缩短应用的上线时间。

近年来,企业的数字化转型工作被各大公司重点关注。由于和企业发展方向及业务密切相关,数字化转型已经超越传统 CIO 的职责范畴,常常成为 CEO 的关注焦点。我们认为企业数字化转型不是引入一两个时髦技术能解决的,而是需要由点到面全面推进。不仅要有公司战略层面的部署,也需要充分发挥员工的创造性。所以,云计算是企业数字化转型中的重要基础。云计算不仅可以快速支撑业务的上线和运行,还可以有效降低企业员工的创新门槛,提升创新速度。平安集团在过去几年里大力推动数字化转型,推出“金融+科技”“金融+生态”的战略部署并取得显著效果。平安云在这个转型中承担了底层支撑平台的任务,有力支持了集团内不同专业公司的业务创新和发展。以平安集团孵化的独角兽公司金融壹账通为例,它从 2015 年成立到估值超过 80 亿美金仅仅用了不到 4 年的时间。从 2015 年金融壹账通获取第一家银行客户开始,就是由平安云提供底层基础架构支持,并快速发展为平安云的典型客户之一。IDC 在 2018 年颁发给平安云的数字化转型奖项,也印证了我们在推动平安集团数字化转型过程中发挥的重要作用。除了对内支持集团业务之外,平安云还是平安集团服务的总输出平台,集团内各专业公司都可以把自身对外提供的服务放到平安云上面,作为平安云平台上的产品统一对外服务。作为平安数字化转型的底层平台,平安云的使命就是赋能生态圈,成就我们的客户。

## 5. 致谢

这里,我要代表团队感谢帮助平安云产品建设和参与本书写作的领导、同事和朋友们。

首先要感谢平安集团联席 CEO 陈心颖女士,正是在她的亲自推动下,平安云在 2013 年作为一个创新项目正式立项,从此开启了这个精彩的云端之旅。平安集团的科技业务线也正是在她的领导下发生了根本性变化,极大地推动了平安集团的科技转型。我还要感谢平安科技 CEO 陈立明先生对我的信任和日常工作中的大力支持,他开放的心态和工作中的充分授权让平安云团队拥有灵活和自由的成长环境。同时,我也要感谢平安智慧城市的联席总经理胡玮先生,他不仅在 2014 年带我走入了平安科技,还一直管理着平安云的整体业务直到他履新智慧城市。我更要感谢我的团队,感谢大家一路的信任和支持,我们一起从零

开始构建平安云,这是我们大家的孩子。当然,这个旅程远未结束,更精彩的一定还在后面。最后,我要衷心感谢平安云所有的客户,你们的信任是我们前进路上最大的动力。

本书最初写作的想法始于2016年,但由于日常工作的繁忙一直延迟到2018年才正式立项开始。本书由平安云专家联袂奉献,特别感谢以下列出的平安云同事在工作之余为此书编写付出的额外努力。本书由王艳负责整体项目管理,各章执笔者如下:田海荣、刘畅(第1章);丁宁、王艳(第2章);李爽久、孙骥千、罗颖、刘友瑜(第3章);樊磊、方伟、王鹏、邓鸿斌、杨家明(第4章);陈学伟、兰东平、刘子锐、王欣(第5章);汪洋、王瑾玲、梁海安、刘欣(第6章);刘怿平、祝超(第7章);吴静(第8章);周华、宋永亮、陈记伟、龚书(第9章);李启飞、熊星、毛皓、宋小金(第10章);朱胜强(第11章);康晓宁、李渊(第12章);沈勇、倪春娟、吴海川(第13章)。另外,感谢胥耀、张伟新、杨定朝、管清政、梁思、王婷婷、王泓晔为本书提供素材,感谢戚文婷、马爽、刘慧、陈小乐、郑梦琴的文字编辑工作,感谢丘子隼、陈建、彭磊、李振宇、琚汝强给予技术指导。此外,清华大学出版社的盛东亮及其同仁在本书出版过程中也给予了大力支持,在此一并表示感谢。

## 6. 长风破浪会有时,直挂云帆济沧海

从2013年立项,到2014年开始有三个生产试点应用使用云平台,然后逐步支持大部分平安业务,再到开始以专有云和公有云方式对外提供云服务,平安云的构建过程应该可以为很多希望构建和应用云服务的企业和个人提供一些参考,这也是我们写作本书的最主要目的。希望我们走过的路、跨过的坑可以给其他人一些启发和帮助。

“专业让生活更简单”,平安云后续将更加聚焦在金融、医疗、智慧城市、车和房这五大生态,和平安集团五大生态领域中的专业公司及外部合作伙伴紧密合作,联手打造真正能够解决客户“痛点”业务问题的全栈式解决方案。为帮助更多企业充分利用好已有的IT基础设施投资,平安云将通过混合云管CMP产品(平安壹云管)和PAStack私有云产品,让用户可以发挥两种不同IT模式的各自优势,并实现多云管理而不绑定某一家云服务商的服务,从而达到控制风险的要求。另外,随着5G商用的开始,5G三大应用场景eMBB(增强型移动宽带)、uRLLC(超可靠低延时通信)和mMTC(海量机器类型通信)加速推动万物互联时代的到来,这对云计算提出更高的要求,边缘计算、无服务器计算、异构计算、新型存储介质和架构、智能网卡等都是在这个浪潮中涌现出来的新技术。

从最初提出云计算概念到今天,已经超过十年,但是我们认为云计算的大潮才刚刚开始,目前国内大部分的IT系统还没有采用云计算的服务方式。这里以我的微信签名与大家共勉:云路漫漫其修远,WE将上下而求索!

凡是过往,皆为序章。

方国伟 平安科技首席技术官

2019年7月

---

# CONTENTS

---

## 目录

<b>第 1 章 云计算与企业数字化转型</b>	<b>1</b>
1.1 什么是云计算	1
1.1.1 云计算的定义	1
1.1.2 云计算的特征	2
1.1.3 云计算的影响	3
1.1.4 云计算服务模式	5
1.1.5 云计算部署模式	6
1.1.6 云计算关键技术	8
1.2 云计算演进历程	9
1.2.1 云计算发展里程碑	9
1.2.2 云计算发展趋势	11
1.3 云计算赋能企业数字化转型	12
1.3.1 企业数字化转型的驱动力	12
1.3.2 数字化转型对企业 IT 架构的要求	13
1.3.3 云计算：企业数字化转型的基石	14
1.3.4 企业上云路径与步骤	15
<b>第 2 章 云计算参考架构、标准及平台实践</b>	<b>17</b>
2.1 云计算参考架构	17
2.1.1 NIST 云计算参考架构	17
2.1.2 国标云计算参考架构	21
2.2 云计算标准概述	24
2.2.1 国际云计算标准	24
2.2.2 国内云计算标准	25
2.3 云计算平台实践	27
2.3.1 AWS 云平台	27
2.3.2 OpenStack 平台	29
2.3.3 平安云平台	31
<b>第 3 章 网络服务</b>	<b>35</b>
3.1 数据中心网络	35
3.2 数据中心互联网络	37

3.3	互联网交换中心网络	38
3.4	虚拟专有网络	38
3.4.1	网络虚拟化的演进	38
3.4.2	软件定义网络与网络虚拟化	42
3.4.3	虚拟网络的安全隔离技术	43
3.4.4	平安云的虚拟专有网络	44
3.5	NAT 网关	46
3.5.1	NAT 网关技术原理	46
3.5.2	NAT 网关应用场景	47
3.5.3	平安云的 NAT 网关	48
3.6	负载均衡技术	49
3.6.1	负载均衡技术原理	50
3.6.2	负载均衡应用场景	56
3.6.3	平安云的负载均衡	57
<b>第 4 章</b>	<b>计算服务</b>	<b>60</b>
4.1	软件定义计算设计要素	61
4.1.1	虚拟化引擎	61
4.1.2	分布式计算资源调度	64
4.1.3	高可用设计	68
4.2	计算服务总体架构	69
4.2.1	计算能力分层管理	69
4.2.2	辅助服务套件	70
4.2.3	扩展能力	70
4.3	云服务器 ECS	71
4.3.1	云服务器技术原理	71
4.3.2	云服务器设计理念	73
4.3.3	云服务器产品形态及特点	74
4.3.4	平安云服务器 ECS	76
4.4	专属服务器 DH	83
4.4.1	专属服务器技术原理	83
4.4.2	专属服务器设计理念	84
4.4.3	平安云专属服务器 DH	85
4.5	异构云服务器	87
4.5.1	异构云服务器技术原理	88
4.5.2	异构云服务器设计理念	92
4.5.3	异构云服务器产品形态	92
4.5.4	异构云服务器应用场景	95
4.6	裸金属服务器	96
4.6.1	裸金属服务器技术原理	96

4.6.2	裸金属服务器设计理念	100
4.6.3	裸金属服务器产品形态及功能对比	102
4.6.4	裸金属服务器应用场景及优势	103
4.6.5	平安云物理服务器 BMS	104
<b>第 5 章</b>	<b>存储服务</b>	<b>107</b>
5.1	分布式软件定义存储	107
5.1.1	分布式软件定义存储的驱动力	107
5.1.2	分布式软件定义存储简介	108
5.1.3	分布式软件定义存储现状	109
5.2	分布式存储平台架构	109
5.2.1	存储单机系统	109
5.2.2	集群数据分布	110
5.2.3	数据高可用	111
5.2.4	性能	115
5.2.5	平安云分布式存储管理平台	116
5.3	分布式块存储	117
5.3.1	块存储简介	117
5.3.2	块存储核心技术	118
5.3.3	平安云分布式块存储	119
5.4	分布式文件存储	122
5.4.1	分布式文件系统设计要点	122
5.4.2	主流开源分布式文件系统	125
5.4.3	平安云分布式文件系统 EFS 设计架构	128
5.5	高性能 NAS	129
5.5.1	高性能 NAS 简介	129
5.5.2	高性能 NAS 架构	130
5.5.3	高性能 NAS 特点	132
5.5.4	高性能 NAS 应用场景	133
5.6	分布式对象存储	134
5.6.1	分布式对象存储简介	134
5.6.2	对象存储的数据存储与管理	136
5.6.3	对象存储实践	141
5.7	备份服务	146
5.7.1	云备份典型场景及发展趋势	146
5.7.2	数据库备份	148
5.7.3	CloudNAS 备份	150
5.7.4	主机文件备份 CBS	152
<b>第 6 章</b>	<b>数据库服务</b>	<b>157</b>
6.1	云数据库发展历程与趋势	157

6.2	数据库服务总览	160
6.2.1	数据库服务分类	160
6.2.2	云数据库生态圈	161
6.2.3	安全性设计	162
6.2.4	监控设计	162
6.3	关系型数据库服务	163
6.3.1	RDS 数据库概述	163
6.3.2	RDS 架构实现	165
6.4	NewSQL 数据库服务	168
6.4.1	NewSQL 数据库概述	168
6.4.2	TiDB 数据库	169
6.4.3	分布式关系型数据库	172
6.5	文档型数据库服务	180
6.5.1	文档型数据库概述	180
6.5.2	DDS 架构实现	181
6.6	弹性缓存数据库服务	184
6.6.1	弹性缓存数据库概述	184
6.6.2	Redis 服务架构实现	185
6.7	时序数据库服务	187
6.7.1	时序数据库概述	187
6.7.2	InfluxDB 服务架构实现	188
6.8	图数据库服务	189
6.8.1	图数据库概述	189
6.8.2	Neo4j 服务架构实现	190
<b>第 7 章</b>	<b>构建高可用与高扩展的基础架构</b>	<b>192</b>
7.1	高可用性设计	192
7.1.1	应用层高可用性设计	193
7.1.2	访问层高可用性设计	195
7.1.3	数据层高可用性设计	196
7.2	高扩展性设计	200
7.2.1	应用层高扩展性设计	201
7.2.2	数据层高扩展性设计	204
<b>第 8 章</b>	<b>应用中间件</b>	<b>208</b>
8.1	应用中间件概述	208
8.1.1	应用中间件发展趋势	208
8.1.2	应用中间件关键技术架构	208
8.2	消息中间件	209
8.2.1	消息中间件概述	209
8.2.2	面向金融领域的消息中间件	212

8.2.3	面向大数据领域的消息中间件	213
8.2.4	面向物联网领域的消息中间件	216
8.3	工作流引擎	217
8.3.1	工作流概述	217
8.3.2	工作流设计	220
8.3.3	工作流应用场景	221
8.4	规则引擎	223
8.4.1	规则引擎概述	223
8.4.2	规则引擎设计	224
8.4.3	规则引擎应用场景	226
8.5	分布式调度引擎	227
8.5.1	分布式调度引擎概述	227
8.5.2	分布式调度引擎设计	228
8.5.3	分布式调度引擎应用场景	229
8.6	函数计算服务	230
8.6.1	无服务器化概述	230
8.6.2	函数计算功能与架构解析	231
8.6.3	函数计算应用场景	233
8.7	API 网关	236
8.7.1	API 网关技术架构	236
8.7.2	API 网关功能特性	237
8.7.3	API 网关应用场景	241
<b>第 9 章</b>	<b>物联网与边缘计算</b>	<b>242</b>
9.1	物联网	242
9.1.1	物联网发展历史和各领域技术进展	242
9.1.2	物联网行业应用与产品架构	246
9.1.3	设备接入服务	250
9.1.4	设备描述服务	253
9.1.5	数据分析与可视化	254
9.1.6	解决方案集成开发环境	255
9.1.7	物联网成功实践法则	258
9.2	5G 网络与边缘计算	259
9.2.1	5G 网络引发的技术挑战	259
9.2.2	边缘计算的应用场景	261
9.2.3	边缘计算的技术方案	263
<b>第 10 章</b>	<b>云微服务敏捷开发与高效运维</b>	<b>266</b>
10.1	什么是 DevOps	267
10.2	企业 DevOps 实践	268
10.2.1	DevOps 体系实践框架	268