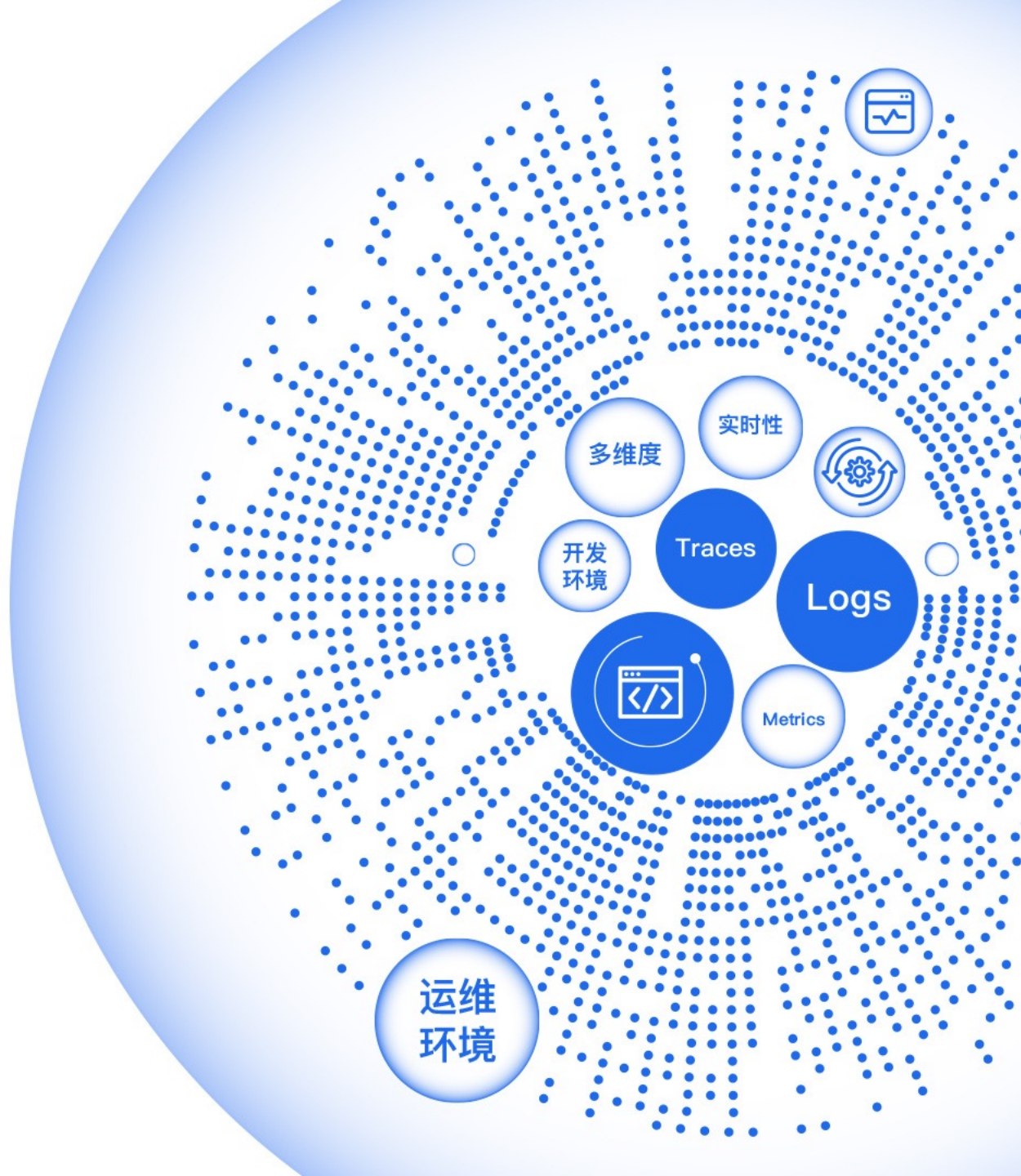


软件工程数智化 研究报告

—— 可观测应用篇 2023



研究背景

近年来，随着云原生技术的兴起，以及敏捷开发和 DevOps 理念的普及，企业正在经历着一场基础设施和开发方式的变革。云原生技术的出现使得应用程序可以更加高效地运行于云环境中，从而帮助企业更好地应对业务需求的快速变化。而敏捷开发和 DevOps 理念的提出则使得软件开发变得更加迅速和高效，从而更好地满足客户的需求。

伴随着业务的转型，客户体验也成为了企业关注的焦点。为了提供更好的客户体验，企业需要确保其系统的稳定性和可靠性。在这样的背景下，对于传统监控系统的需求和期望也发生了变化。人们开始关注如何构建具有可观测性的系统，以更加主动地保障系统的稳定性。

2018年，云原生计算基金会（CNCF）正式在其技术景观图（Landscape）中创建了「Observability」分组，将可观测性作为一个独立的技术领域。而在2023年，应用可观测性被Gartner列入「2023年十大战略技术趋势」之一，可观测性在 IT 领域逐渐引起广泛关注。

然而，目前市场对于可观测性在中国的发展阶段、相关市场参与者与产品都还没有达成一致的认知。因此，InfoQ 研究中心联合中国信通院铸基计划，希望通过《软件工程数智化研究报告—可观测应用篇 2023》的撰写，解读以上问题。本报告将对当前市场上的各类参与者和可观测性解决方案进行分析，以期为企业和开发者们提供关于可观测性的最新研究成果和实践经验。

——InfoQ研究中心

随着云计算、微服务、容器化等技术的广泛应用，企业所面临的 IT 运维环境越来越复杂，需要运维的系统不仅数量多，而且网络架构复杂、基础设施多样。在信息化建设日益普及的当下，快速提升企业 IT 资产管理能力开始成为企业迫切解决的问题。因此，可观测性技术得到了极大关注，并被 Gartner 列为 2023 年十大战略技术趋势之一。

需求端来看，目前国内企业对于可观测性的认知还不够深入，很多企业还停留在传统的监控阶段，没有形成对于可观测性的全面需求。

在供给端方面，国内外都有很多优秀的可观测性技术和工具供企业选择使用。其中有一些是开源项目或者标准协议，如 Prometheus、OpenTelemetry 等；有一些是商业产品或者服务平台，如 Datadog、New Relic 等。这些技术和工具都在不断地创新和进化，以适应不同场景下的可观测性需求。

目前全球可观测性技术演进主要聚焦在以下几个方面：OpenTelemetry 逐渐成为事实标准、eBPF 技术引领零侵入式可观测、SLO 告警成为新一代监控模式、AI/ML 技术赋能智能化可观测、运维支撑平台和数字资产。

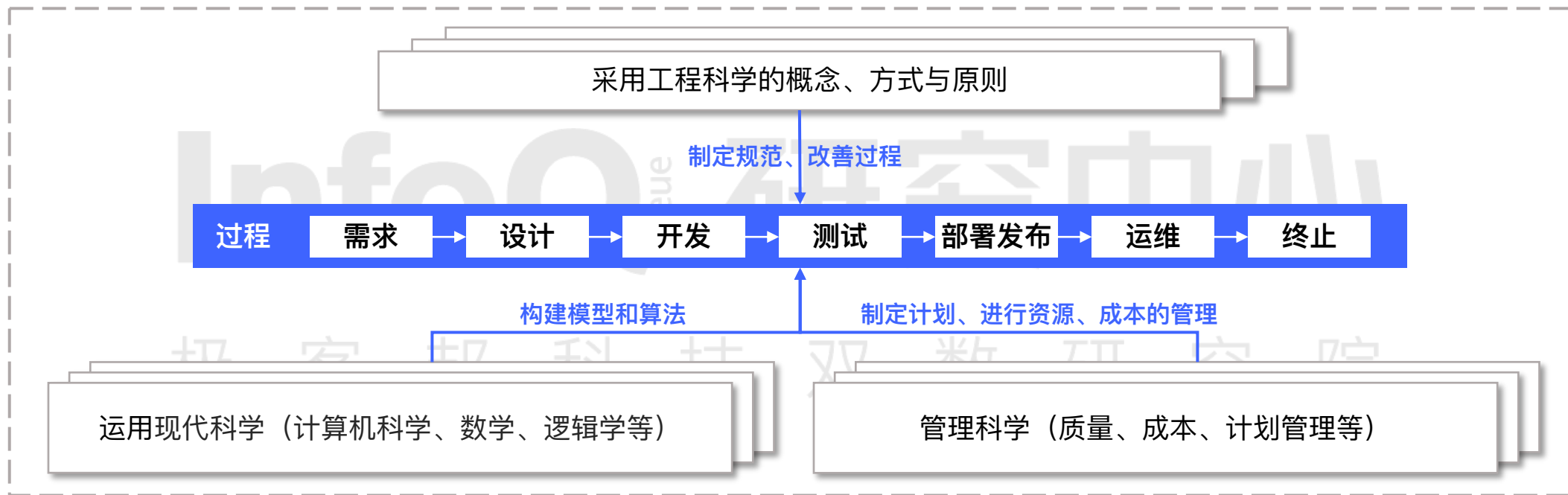
在中国，由于国内企业对于可观测性技术的认知和需求还不够成熟，因此国内供给端的技术和工具还有很大的发展空间。

——中国信通院铸基计划

软件工程是三大科学体系的交融，用于指导软件开发全生命周期

- 很多学者和机构都提出过软件工程的定义，在本报告中我们将Barry Boehm、IEEE、FritzBauer等专家学者和机构的定义进行了整合和总结，并由此得出软件工程的定义：软件工程是使用管理科学手段，运用现代科学技术知识，指导计算机软件开发、测试、运行维护到终止全过程的一门工程学科。

软件工程的定义



可观测性贯穿软件工程数智化全过程，并提供系统稳定性保障

- 软件工程数智化包括数字化和智能化两个层面，其中数字化通过数据收集和分析，帮助软件工程更高效地完成软件的开发和维护工作；智能化是利用人工智能、机器学习、自然语言处理等技术，通过对数据与历史经验的结合，实现软件工程过程中的辅助和自动化决策。
- 可观测性则贯穿始终，助力软件工程更全面和深入地了解整个过程，保障整个软件系统的可靠性、稳定性和可维护性。

软件工程数智化分为基础、保障和应用性三层，可观测性贯穿始终





研究方法说明

1

桌面研究

通过对行业公开信息进行桌面研究，资料包括但不限于专业机构研究报告、相关厂商产品介绍与成功案例、相关专家公开演讲内容等

2

专家访谈

InfoQ 研究中心针对本次研究定向邀请了覆盖不同种类厂商、开源项目的专家接受访谈

3

InfoQ 分析

结合桌面研究和专家访谈进行观点沉淀和交流，并经由报告形式对外展示

- 
- 01 | 中国可观测应用发展背景
 - 02 | 中国可观测应用发展特征
 - 03 | 中国可观测应用厂商案例解读
 - 04 | 中国可观测应用发展趋势研判

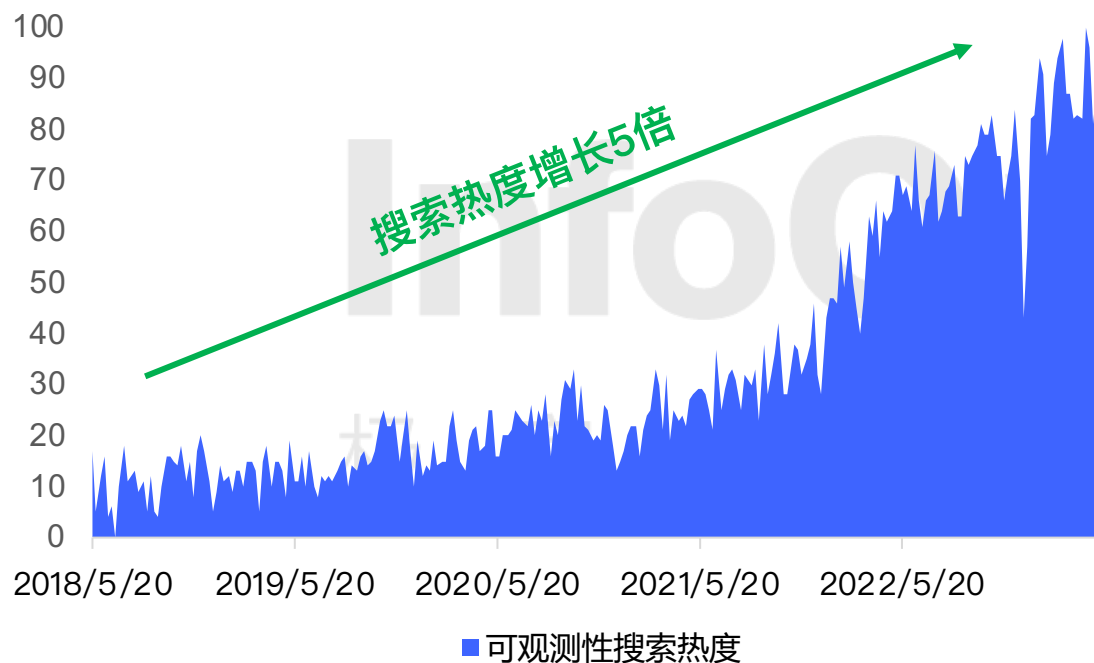
01

中国可观测应用发展背景

可观测性世界关注度迅速上升，背后是技术、文化和业务的转变

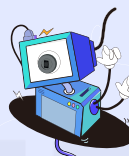
➤ 2018至今，可观测性在全世界的关注度都在稳步上升。经InfoQ研究中心分析，这背后包含着技术、文化和业务三方面的原因。

2018-2023年可观测性搜索热度



数据来源：Google Trends，时间维度2018/05/20-2023/05/07

技术背景——技术变化



- 容器、微服务、服务网格等迅速提升了系统的复杂性，对监控运维体系提出新挑战
- 观测对象演变与种类增多，对于观测能力的要求提升

文化背景——理念变化



- 敏捷开发、DevOps等理念，需要可观测性保障系统稳定性

业务背景——业务变化



- 客户体验直接影响业务表现，进一步提高对系统表现的要求

技术：系统复杂性提升，传统监控运维体系存在定位和解决难题

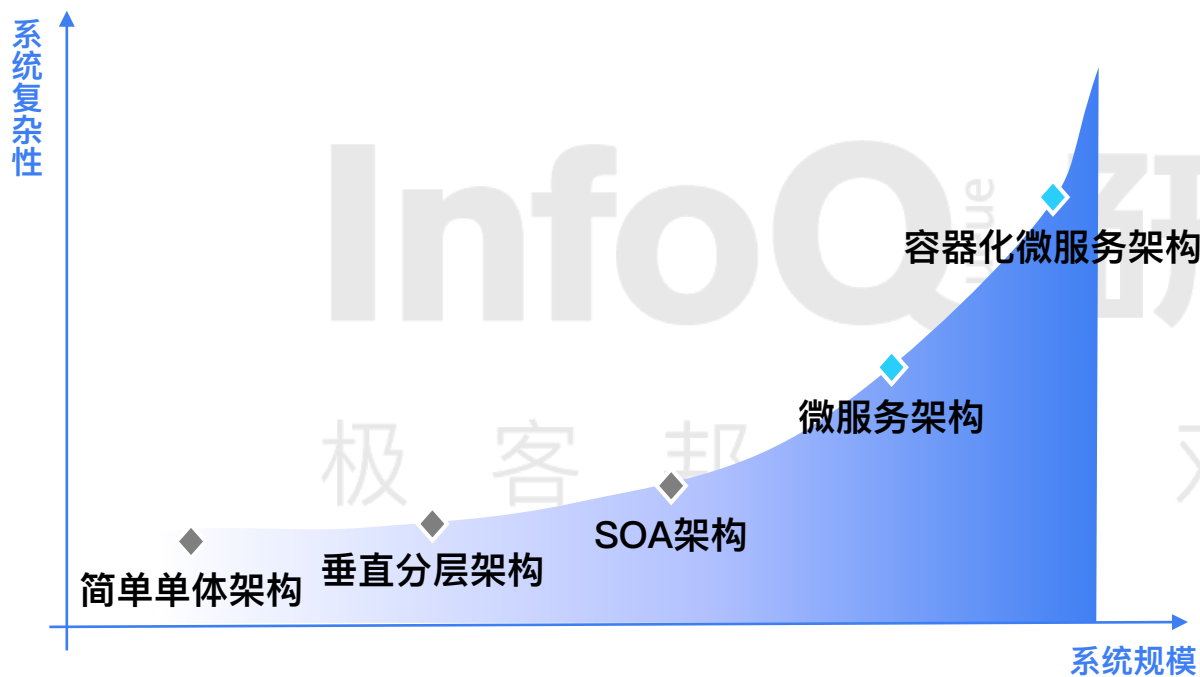


传统监控运维体系两大难题

- 定位难：一旦系统出现问题，更难定位；
- 解决难：问题更隐蔽，解决过程更复杂。

伴随着软件架构的变化，系统复杂性提升

带来更加黑盒的基础设施与更复杂的服务调用和依赖关系



01 基础设施层更加黑盒

容器、微服务、服务网格等技术的广泛应用，以及Serverless架构的出现，使得开发团队能够更加专注于业务逻辑，而无需过多关注基础设施的细节。然而，这种趋势也导致了开发团队对于基础设施的了解程度降低，基础设施变得更加难以理解和掌控。

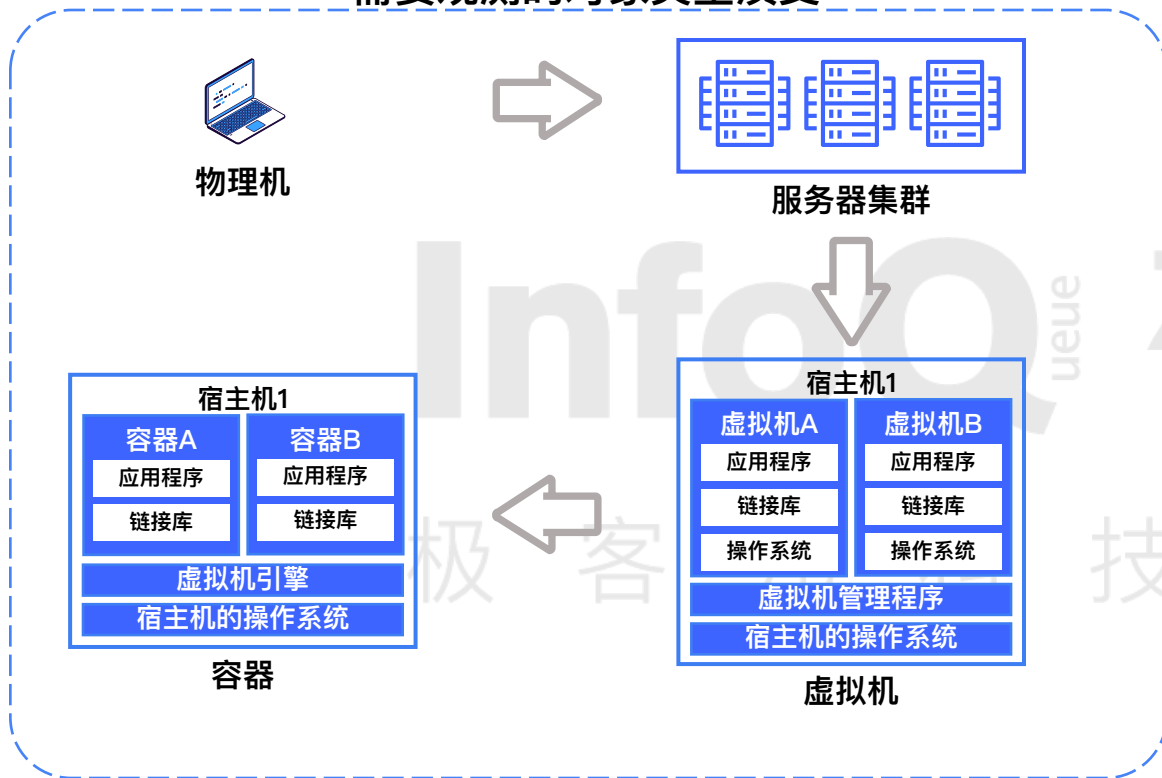
02 服务调用和依赖关系更加复杂

随着应用和服务数量的增加，应用之间的拓扑调用和依赖关系变得越来越复杂，链路也变得越来越长。这种趋势使得开发和运维人员难以全面把握系统的整体状况，阻碍了对系统的整体感知。

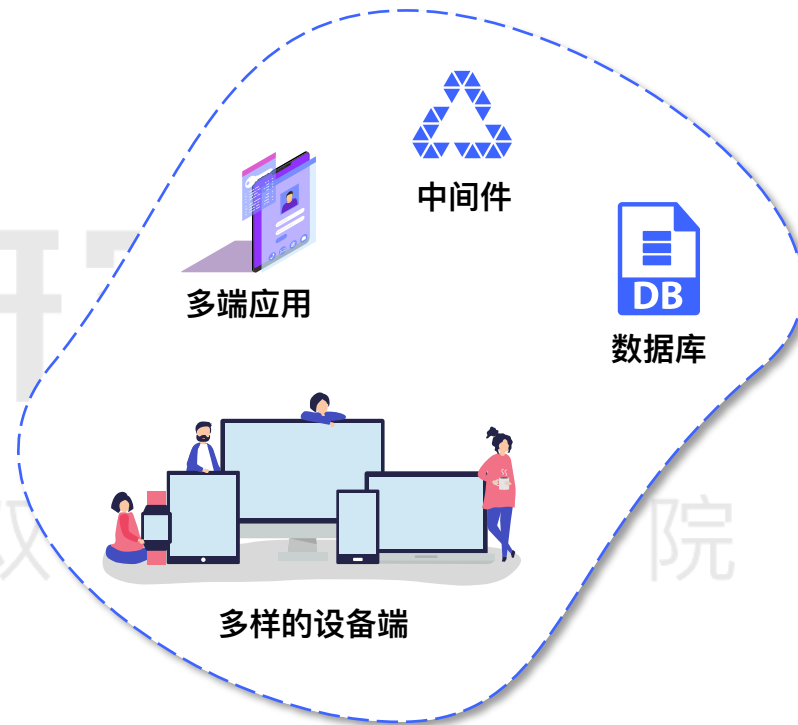
技术：观测对象演变与种类增多，对于观测能力的要求提升

- 伴随着软件架构的变化，观测对象经历了“物理机-服务器集群-虚拟机-容器”的变化过程。同时进入移动互联网和物联网时代后，手机端、智能穿戴设备、智能终端等多样的设备端也推动了观测对象种类的增多。这一系列变化代表着我们对于软件和系统的观测范围正在急速扩大，对观测能力的要求也在不断提高。

需要观测的对象类型演变



需要观测的对象种类增多



文化：敏捷开发、DevOps等理念，需要可观测性保障系统稳定性

- 近些年，敏捷开发、DevOps、BizDevOps、DevSecOps等理念的涌现和转变，叠加持续集成、持续部署等工作流和工具的组合，一起缩短了迭代周期。在这种情况下，通过梳理各类依赖关系和代码追踪，提高开发者对系统掌握度的可观测性，已经成为保障系统稳定性的重要因素。

迭代周期迅速缩短

在敏捷开发、DevOps等一系列技术理念的广泛应用下，软件迭代周期不断地缩短。这种趋势一方面提高了需求的灵活性，但另一方面也对系统的稳定性提出了新的挑战。



迭代前

- 强弱依赖动态梳理
- 应急预案与机制
-

迭代中

- 告警响应
- 代码可追踪
-

迭代后

- 定期复盘
- 经验沉淀
-

业务：客户体验直接影响业务表现，进一步提高系统稳定性要求

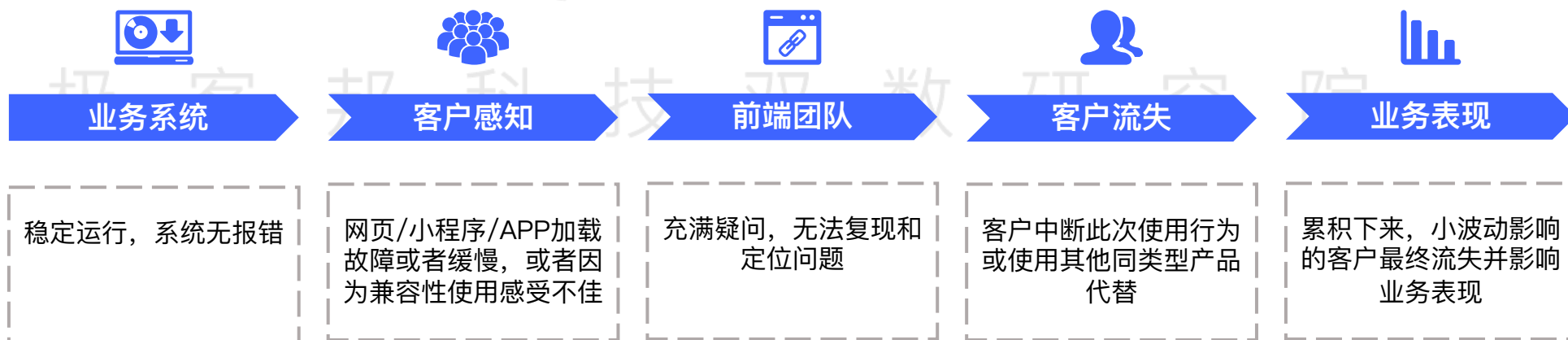
- 现代商业中，客户体验对业务表现的重要性已经被大多数人认可。但关联到系统中，加载卡顿或者显示错误的高频次发生，对业务表现的影响隐蔽但深远，因此也需要进一步保障系统的稳定性。

频繁故障对业务影响隐蔽但深远



- 在故障影响客户前提前监测，以维持良好的客户体验，从而最终提升业务表现

客户体验到业务表现的传播链路



技术发展阶段：与其他技术相比，可观测仍处于早期推广技术

➤ 在《中国软件技术发展洞察和趋势预测研究报告2023》发布的中国技术成熟度评估曲线中，可观测位于早期推广技术阶段。





产品发展阶段：可观测在中国已经进入产品竞争期

- 同时在产品层面，可观测在中国已经度过了概念导入期，进入了产品竞争期。目前已经有一定数量的厂商提供相应的产品以及产品配套。InfoQ研究中心预期在未来1-3年内，可观测应用相关的成功案例会继续累积，进入更多行业。

中国可观测产品发展阶段

2017

- Peter Bourgon在博客《Metrics, tracing, and logging》
- Honeycomb创始人Charity Majors提出可观测性是用来解释“未知-未知”问题的

2018

- CNCF正式在Landscape中创建了「Observability and Analysis」分组
- SkyWalking V6.0.0-alpha 提出并开始落地 OAP (Observability Analysis Platform)

2019

- OpenTracing 和 OpenCensus 宣布合并，并提出了一个更全面的可观测性解决方案—OpenTelemetry

2021

- 阿里ARMS3.0云原生可观测平台发布
- 观测云系统可观测平台发布
- 观察易可观测性解决方案发布
- 持续观测解决方案HyperInsight发布
- 云杉网络容器化微服务可观测性方案发布

2022

- DeepFlow开源可观测性平台社区版发布
- 博睿数据智能可观测平台ONE发布

2023

- 应用可观测性被Gartner列入「2023 年十大战略技术趋势」
- 腾讯云云监控CM更新为可观测平台TCOP
- 爱数AnyShare可观测解决方案发布

成功案例

- 成功案例逐渐累积，行业应用涉及多个行业

盈利模式

- 伴随着现有可观测性解决方案的商业探索，产品的盈利模式更加明晰，收费模式更加透明。

行业标准

- 在众多现有厂商的助力下，关于如何实现最佳的观测效果，和行业如何规范发展的讨论将抽象为具体的行业标准。

概念导入与市场教育期

2020

产品竞争期

2023

2025

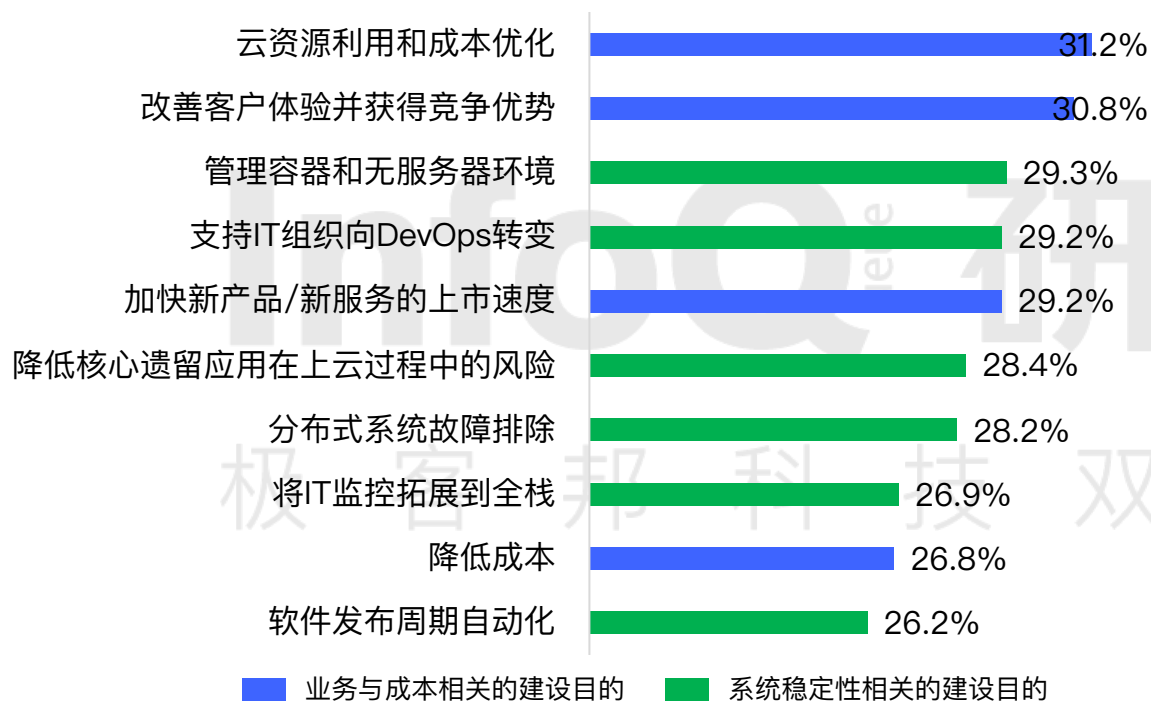
02

中国可观测应用发展特征

需求端：业务和成本相关目的驱动企业考虑构建可观测性

➤ 从需求端来看，企业构建可观测性的目的开始向业务和成本转变，同时企业构建可观测性的动力也大多与业务相关。

企业构建可观测性的目的多与业务和成本相关



数据来源：New Relic 《2022 Observability Forecast》，N = 1614

四大要素表明企业构建可观测性动力与意愿

业务

通常而言，企业业务覆盖用户越多，测更有动力考虑构建可观测性

同时在线用户数量

对于业务连续性要求越高的企业，越有意愿构建可观测性，例如金融、电商行业

业务安全和稳定性要求

对外7x24小时提供服务的企业构建可观测性的意愿更强

对外提供服务时长

技术

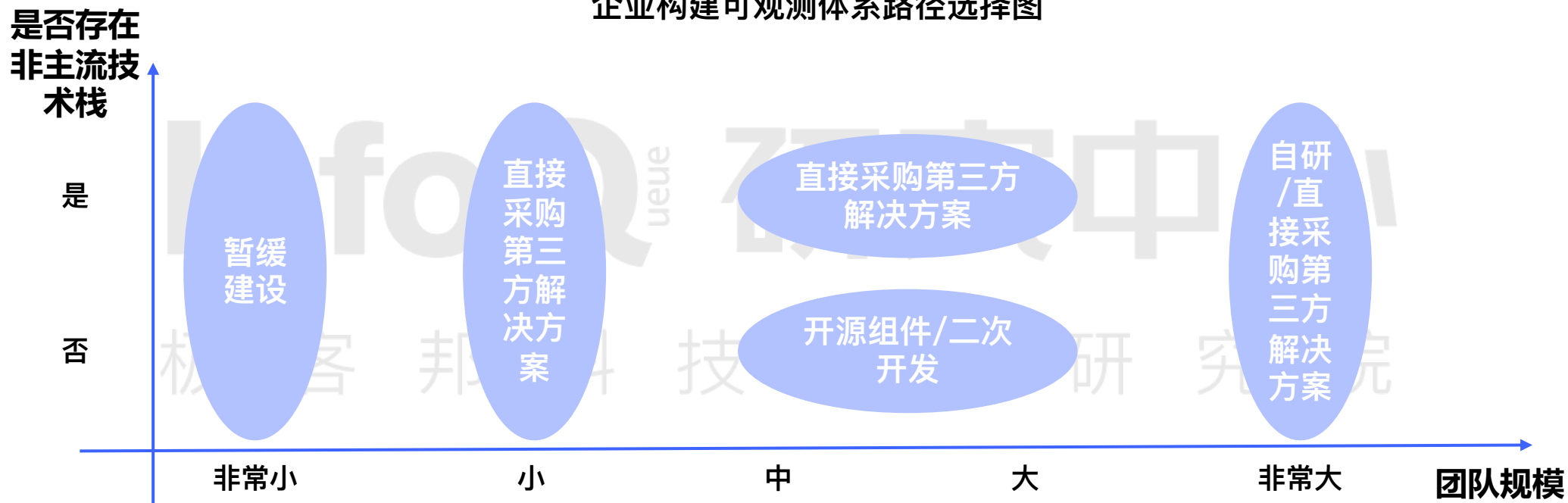
自有技术团队技术能力越强，对于可观测的接受度和意愿会越强。但这和本身技术团队的文化和实际需求也有关系。

团队本身技术能力

需求端：企业构建可观测体系的途径主要考虑团队规模和技术栈

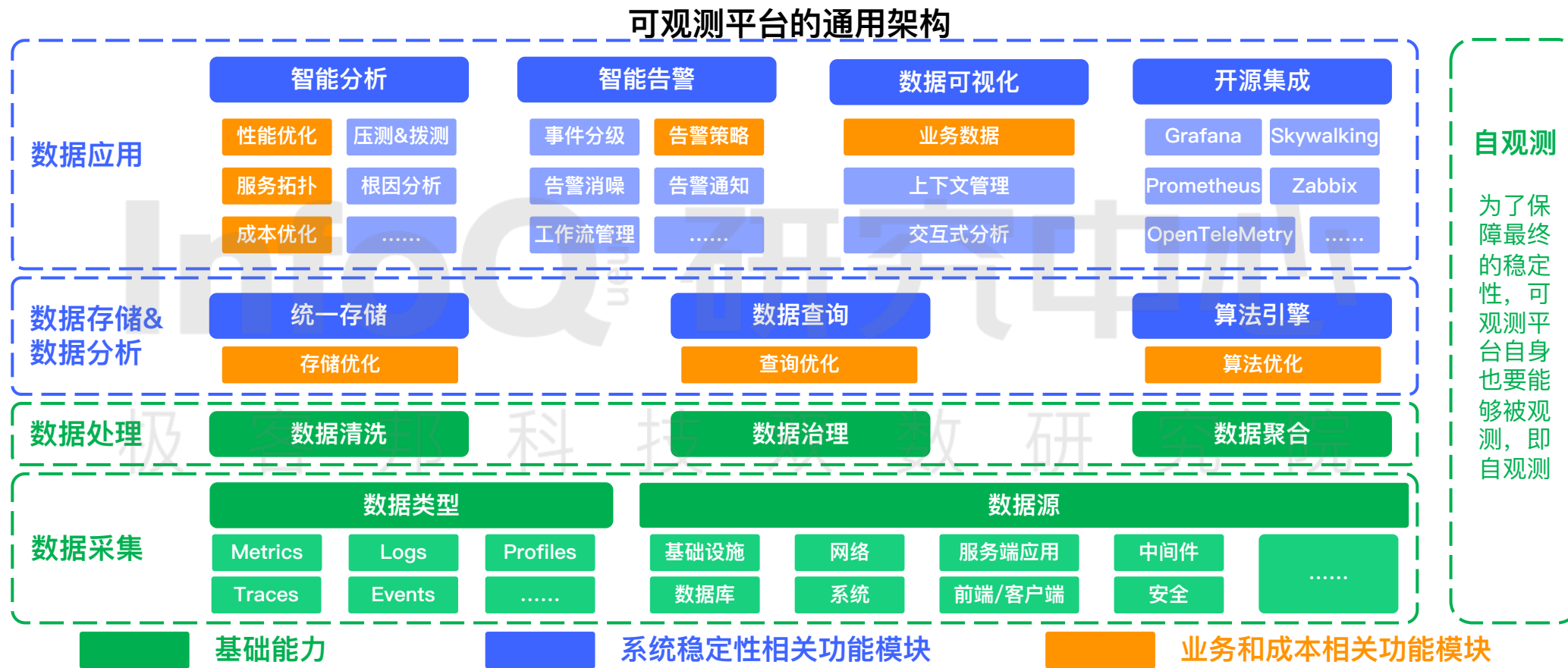
- 企业构建可观测体系主要需要考虑自身的团队规模和本身技术栈主流性两大因素。
- 其中团队规模大的企业，一般业务并发量大，对稳定性的要求也比较高，如果本身技术实力较强的情况下，优先选择自研方式；否则可以选择直接采购第三方解决方案。
- 此外，如果目前技术栈内都是主流编程语言或者框架，可以考虑基于开源组件直接或者二次开发构建；但如果技术栈内存在非主流编程语言或者框架，建议优先选择直接采购第三方解决方案。

企业构建可观测体系路径选择图



供给端：现阶段架构根据需求端，增添业务和成本相关视角

- 对应需求端，可观测平台的通用架构也增添了业务和成本相应功能模块。通过存储、查询、告警策略、性能等优化方式，在不影响系统稳定性的基础上，减少资源消耗率，最终实现成本优化。



供给端：现阶段产品多追求可观测的多维度和实时性



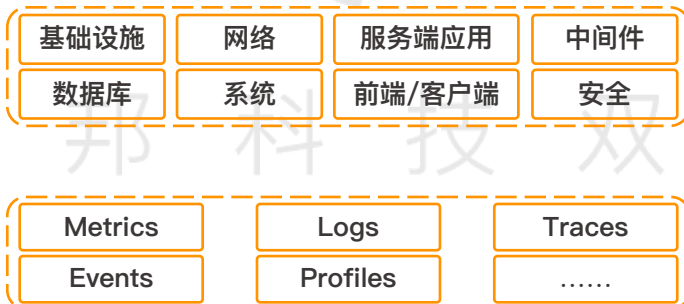
- **主动观测的实时性：**通过实时性的数据建立主动观测的准确性
- **根因定位的实时性：**问题发生后，通过关联的流量、连接、性能和快速精准的根本分析

实时性

Observability 可观测性

多维度

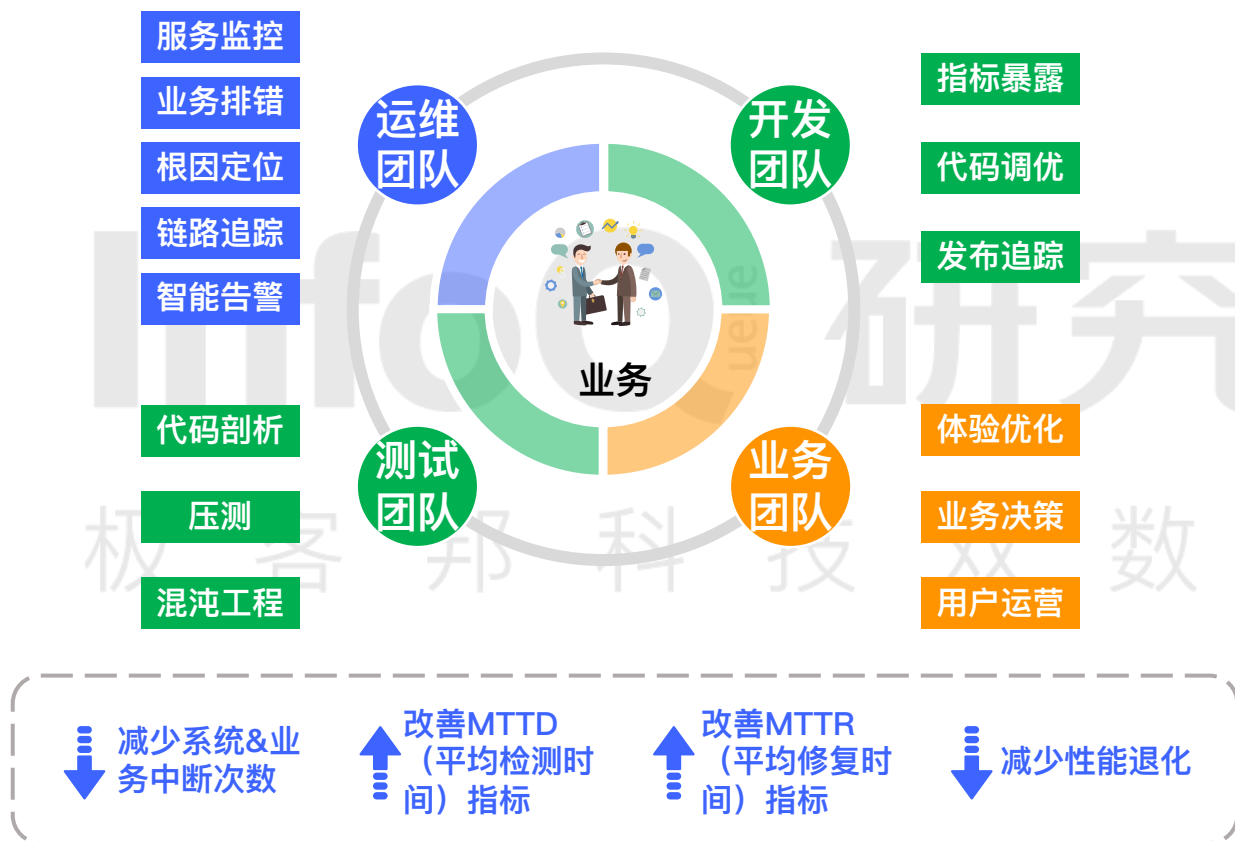
- **观测链路的多维度：**构建全面的可观测性
- **观测数据的多维度：**构建高关联的可观测性



可观测性超越运维领域，帮助各团队建立以业务为中心的思考体系

➤ 对应可观测体系建设目的，可观测性能够帮助开发、测试、运维团队的思考中心由代码向业务转变。

可观测性突破单一运维领域，适配不同团队需求



让各团队的关注重点向业务转变





中国目前可观测应用面临三大发展难点

➤ 在可观测性实际用中，主要在现有能力完善和具体实践思考中存在三大难点。

现有能力完善

多套系统和多源数据影响数据关联分析效果

- **多套系统**：多套系统并存的现状，令系统之间的数据联通成为避免数据孤岛的关键
- **多源数据**：Metrics、Logging、Tracing三大主要数据源，外加逐渐受到关注的Events和Profiles，这些数据之间如何通过统一数据格式和治理，也是影响数据关联分析效果的重要挑战

智能程度较低，阻碍预测和采样策略优化

智能化程度与可观测性最终要达成的预测能力以及实践过程中各种数据的存储策略优化有关

故障预测优化：类似工业在提倡的预测性维护，如果在软件系统中同样可以达到对故障的预测性维护，那业务连续性将得到更好的保障

采样策略优化：通过智能化判断数据的采样周期和策略

具体实践思考

数据存储成本

系统规模和复杂性带来了数据量的指数级增长。企业越来越关注实际效果的情况下，数据存储成本成为可观测具体实施中的一大难点

数据量指数级增长：导致数据存储成本的上升

企业更加关注投入产出：企业构建可观测性系统时，成本是不可忽视的考虑因素

03

中国可观测应用厂商案例解读

可观测应用参与方图谱

性能监控厂商



云厂商



平台厂商



开源项目



- **分类：**性能监控厂商包括APM（应用性能监控）、RUM（用户监控）、NPM（网络性能监控）、日志管理以及智能运维厂商五大类型厂商。
- **路径：**性能监控厂商通常以单一类型监控作为出发点，后因为客户需求和市场变化，向多维度监控，提供整体解决方案转变。
- **核心竞争力：**多年监控市场的深耕，形成大量成功经验和客户积累，对于客户需求的反应较为敏捷和灵活。



- **路径：**依托于云服务，通过可观测解决方案的输出，提高服务价值。
- **核心竞争力：**基于通过提供与自身云基础设施高度契合的、开箱即用的整体解决方案满足自身云客户的需求。



- **路径：**基于对可观测性的深入理解，提供平台/多维度的解决方案。
- **核心竞争力：**通常提供私有化部署和多种云环境的部署方式；对于可观测性整体的理解较为深入；对于客户需求的反馈较为敏捷和灵活。

Open Source

- **路径一：**先建设开源项目，后建立商业公司或通过合作提供商业化方案。
- **路径二：**前三类厂商先闭源后开源，通过开源项目提高认知度，同时吸引开发者共建。
- **核心竞争力：**开源自建满足用户对自身系统的掌握度。

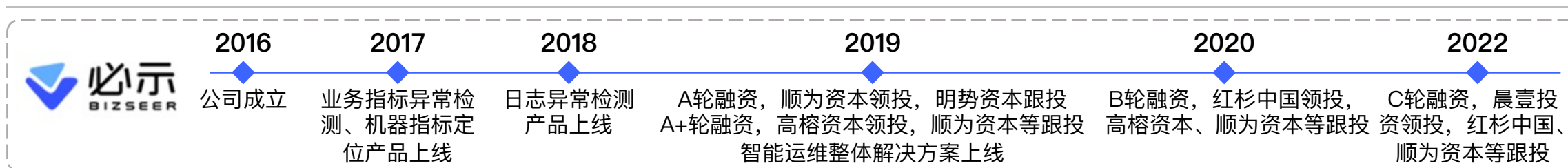
企业可以根据数据连通性和用云环境自行选择不同产品

➤ 通常而言，企业在选择以上四类参与方提供的可观测组件/解决方案时，可以从数据连通性和自身用云环境两方面进行选择。

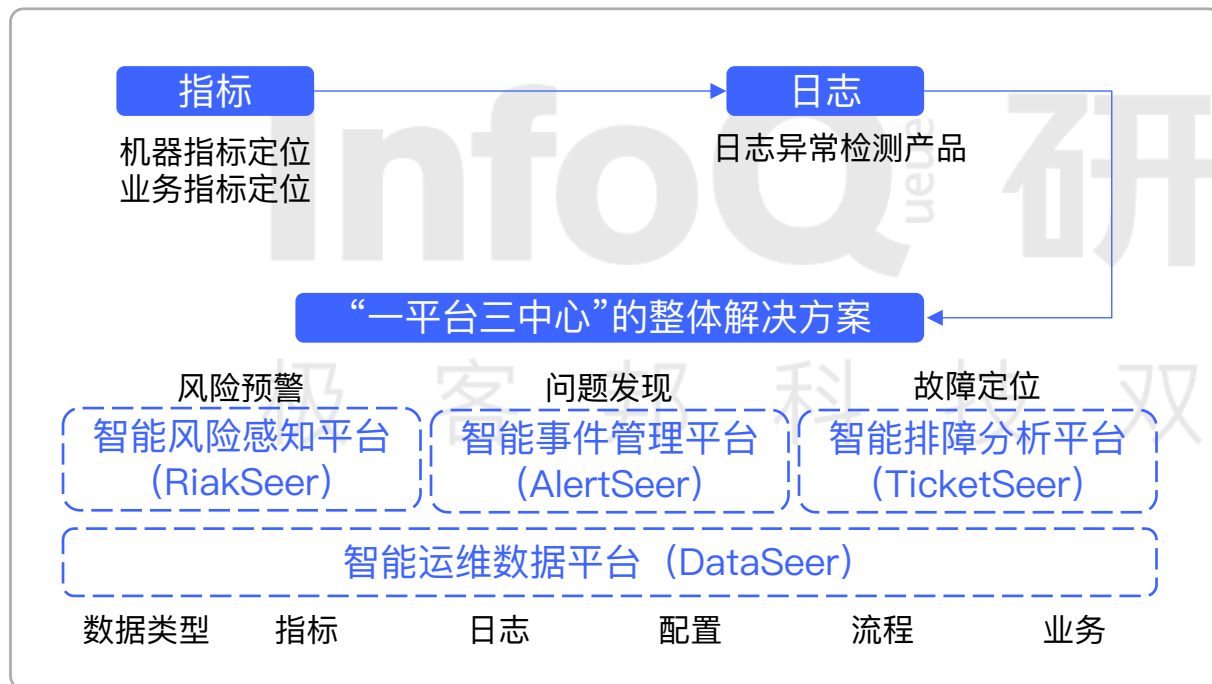


- 如果企业自身平时基本只使用**单一云环境**，那选择相应云厂商提供的解决方案，通常可以获得最契合的可观测效果和开箱即用的使用体验。
- 如果企业在使用**多云环境**的基础上，想要通过**高度的数据关联聚合分析**，获得完全的观测效果，可以选择平台厂商提供的解决方案。
- 如果企业本身对于**数据连通性没有特别高的要求**，甚至业务可以通过关注单一维度数据满足需求，那可以选择直接利用开源组件，或者采购性能监控厂商的解决方案。

必示科技：拓展观测范围与功能的同时，自动化提升观测效果



观测范围、功能逐渐扩展



自动化提升观测效果



检测自动化

- 指标检测算法
- 日志检测算法
- 调用链检测算法
- 业务多维分析算法
-20+算法



定位自动化

- 结合检测自动化进行异常快速定位，进行定位结果推荐，为进一步排障提供思路



告警自动化

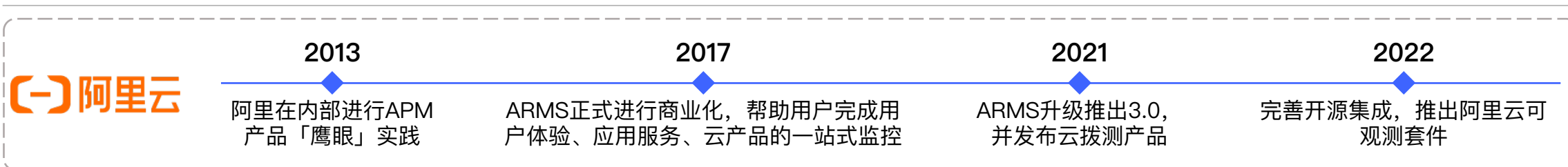
- 告警自动消噪
- 自动告警提示



预警自动化

- 自动基线算法，判断异常走势，动态阈值

阿里云ARMS：立足云服务，提供易用性和性价比兼具的解决方案



解决方案完整覆盖应用性能与用户体验



解决方案兼顾易用性与高性价比

云服务集成，实现开箱即用

可观测监控Prometheus版一键集成50+款云服务，可观测可视化Grafana版集成150+款可观测存储服务。可观测链路OpenTelemetry版与OpenTelemetry等主流链路协议互联互通。通过原生集成，实现多实例、多地域、多类型可观测数据统一查询、展示、告警。

性能与成本保持高性价比

相较于开源版本，可观测监控Prometheus版性能提升20倍以上，有效降低运维成本90%以上，可观测可视化Grafana版提供更多企业级能力，确保数据安全。针对不同产品，提供按量付费、包年包月不同收费形式供企业选择。



观测云：监控观测基础设施，释放数字平台生产力

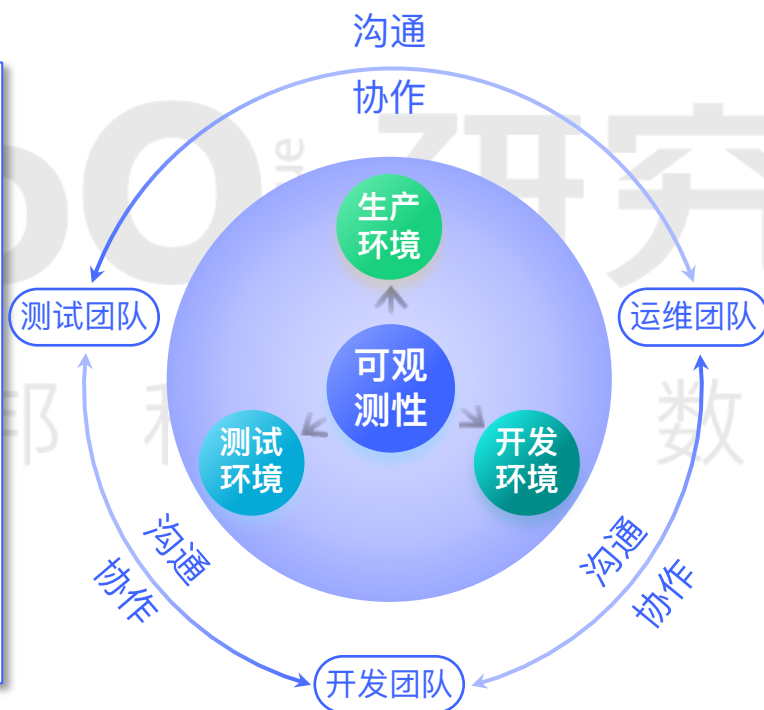


产研生产力工具



- 统一观测业务数据与系统数据，快速厘清因果关系，用数据定位业务热点和系统瓶颈，**用可观测性驱动开发**；
- 大幅降低消耗在问题复现和根因定位的时间，用数据还原现场，**用可观测性驱动测试**；
- 开发、测试、产品和运维团队可以同时使用的一套工具，**用可观测性提升系统稳定性**

统一监控观测平台



企业数字化必备一环

01 用户体验优化

了解每一个最终用户在使用过程遇到的问题，优化改善体验

02 产品持续优化

构建面向用户的仪表盘，了解需要优化的方向

03 保持技术先进性

放心升级老旧系统，持续提升平台效能，不被历史技术债绑架

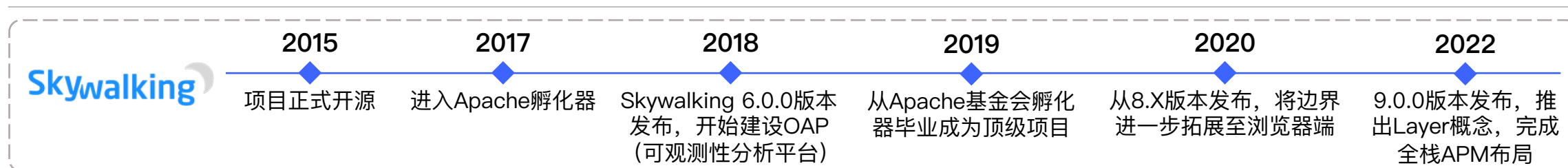
实时数仓

统一平台

面向工程师

面向业务

Apache Skywalking: 具备自观测、高扩展性的全栈APM开源项目



完善全栈APM理念

通过层 (Layer) 的划分, 更好地对各类服务进行分类观测



可扩展性

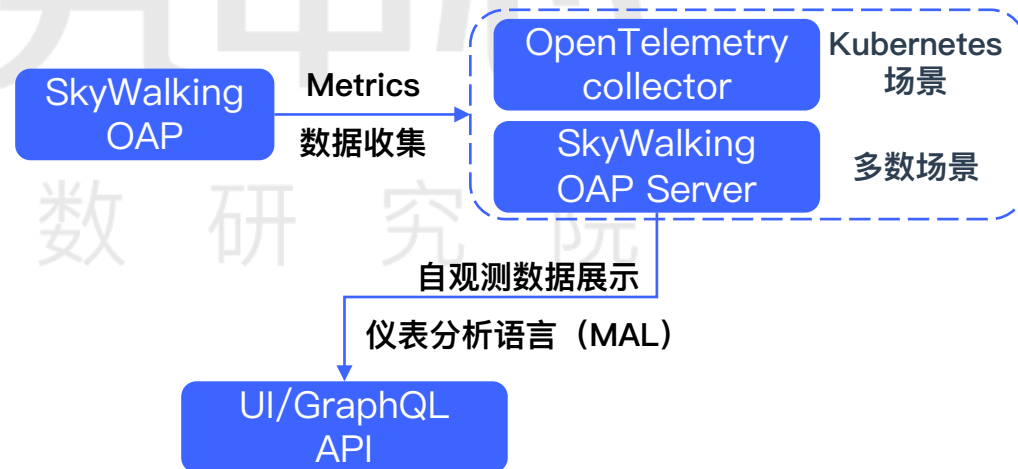
使用者可以自行增加观测的范围

原生支持扩展



通过自观测, 完善系统观测的全面性, 保证稳定性

通过Skywalking可观测性分析平台 (OAP) 自身指标数据的对外暴露, 实现对于Skywalking自身的观测



04

中国可观测应用发展趋势研判

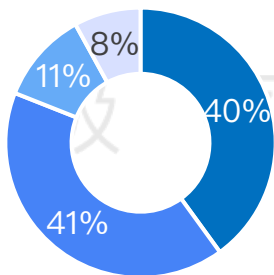


趋势：提升可观测性效果要追求数据间的多重统一

数据种类的增多



数据系统的增多



52%

的企业表示整个公司使用可观测性组件数量超过6个

■ 1-5 ■ 6-15 ■ 超过16 ■ 未知

数据来源：Grafana Labs 《Observability Survey 2023》，N > 100



数据采集统一

数据采集格式的统一是构建可观测性的基础。数据在采集时即实现格式统一，减少额外数据治理，也将提升数据间的关联分析效果。



数据处理统一

观测数据存储、查询的统一有利于提升问题追踪和定位的效率



数据使用统一

开发、测试、运维和业务团队使用一套数据沟通和协作，有利于提升跨组织协作的效率，减少模糊地带



趋势：企业开始探寻观测精度、效果与数据成本的平衡

- 在可观测性实际应用过程中，企业往往会面临观测精度、效果与数据存储成本之间的权衡。因此需要可观测产品在智能分析和降低数据存储成本两条路径上下功夫。



01 运用智能分析，优化采样策略

- 通过智能化能力的提升，对于各类数据的频率、周期和采样策略进行优化。



实时性要求



产生频率



访问热度



产生规模

02 降低数据存储成本



自建适配的数据库/湖或者存储引擎

海外市场，DataDog、New Relic、Splunk、Dynatrace等企业都有推出Husky、NRDB、Grail等，以追求数据存储成本的降低



冷热分离的数据存储方案



通过数据压缩，提高存储密度

趋势：可观测产品将进一步与安全场景融合

➤ 从供需两端来看，可观测产品都将存在与安全场景的融合。



需求侧

可观测性与安全的数据存在交叉，没必要进行重复采集，同时可以降低投入



供给侧

海外厂商推出新功能多在安全场景，用于分析系统有没有被入侵，区分黑客嗅探



经InfoQ 研究中心统计，超过90%的海外可观测厂商推出了适用于安全场景的新产品



其中，超过半数的海外可观测厂商在2022年前推出了适用于安全场景的新产品

极客邦科技双数研究院

InfoQ^{ueue} 研究中心

InfoQ 研究中心隶属于极客邦科技双数研究院，秉承客观、深度的内容原则，追求研究扎实、观点鲜明、生态互动的目标，聚焦创新技术与科技行业，围绕数字经济观察、数字人才发展进行研究。

InfoQ 研究中心主要聚焦在前沿科技领域、数字化产业应用和数字人才三方面，旨在加速创新技术的孵化、落地与传播，服务相关产业与更广阔的市场、投资机构，C-level 人士、架构师/高阶工程师等行业观察者，为全行业架设沟通与理解的桥梁，跨越从认知到决策的信息鸿沟。

InfoQ 研究中心将持续产出自主研发的多种行业研究内容，形势包括行业研究报告、人群洞察报告、行业发展白皮书、经典企业案例、行业生态图谱、行业发展历程模型、行业数据洞察等。



内容咨询：[researchcenter @geekbang.com](mailto:researchcenter@geekbang.com)



商务合作：hezuo@geekbang.com

- 极客邦科技，以“推动数字人才全面发展”为己任，致力于为技术从业者提供全面的、高质量的资讯、课程、会议、培训等服务。极客邦科技的核心是独特的专家网络和优质内容生产体系，为企业、个人提供其成功所必需的技能 and 思想。
- 极客邦科技自 2007 年开展业务至今，已建设线上全球软件开发知识与创新社区 InfoQ，发起并成立技术领导者社区 TGO 鲲鹏会，连续多年举办业界知名技术峰会（如 QCon、ArchSummit 等），自主研发数字人才在线学习产品极客时间 App，以及企业级一站式数字技术学习 SaaS 平台，在技术人群、科技驱动型企业、数字化产业当中具有广泛的影响力。
- 2022年成立双数研究院，专注于数字经济观察与数字人才发展研究，原创发布了数字人才粮仓模型，以此核心整合极客邦科技专业的优质资源，通过 KaaS模式助力数字人才系统化学习进阶，以及企业数字人才体系搭建。
- 公司业务遍布中国大陆主要城市、港澳台地区，以及美国硅谷等。十余年间已经为全球千万技术人，数万家企业提供服务。



促进数字技术领域知识与创新的传播



科技领导者同侪学习社区



数字人才的移动知识库



一站式数字技术学习 SaaS 平台



中国信息通信研究院（以下简称“中国信通院”）于2021年正式发起“铸基计划—高质量数字化转型行动”。

中国信通院“铸基计划”专注于企业数字化转型中面临的痛点、难点问题，利用中国信通院在数字技术领域的深入理解，通过链接数字化转型供给侧和需求侧，助推数字化转型高质量发展。

在供给侧，“铸基计划”专注于企业服务方案及产品领域，通过对上述产品及服务在功能、性能、安全、自研度等方面的标准制定及测试测评，打造高质量数字化转型产品服务名录及行业标杆。

在需求侧，“铸基计划”专注于金融、政务、体育等垂直领域的数字化转型成熟度评价、咨询及规划，依托中国信通院在架构数字化、服务数字化、业务数字化、商业数字化、生态数字化的深入积累和理解帮助垂直行业更好的数字化转型，打造高质量数字化转型案例。

专家致谢

感谢观测未来CEO，观测云品牌创始人 蒋烁淼、 Apache Skywalking 创始人 吴晟、阿里云 智能产品专家 山猎等各位专家接受访谈邀请，发表许多对于可观测应用的深入看法与观点，为报告撰写提供了宝贵的行业认知和观点支撑。

感谢中国信通院铸基计划在联合发布过程中给予的帮助，同样感谢中国信通院泰尔终端实验室数字生态发展部 主任 王景尧博士、中国信通院 高级工程师 吴荻博士，为分析中国可观测应用发展现状和趋势，提供了诸多想法和观点。

同时，InfoQ 研究中心还将继续持续关注可观测领域，也欢迎各位行业内的专家就本报告的内容进行交流和讨论，共同助力中国可观测应用的发展。

洞察技术创新



InfoQ 公众号



InfoQ 视频号

内容咨询：researchcenter@geekbang.com

商务合作：hezuo@geekbang.com
