

# 打造软件质量保证体系， 护航新一代智慧银行系统建设

中国工商银行软件开发中心总经理助理 杨一军



中国工商银行软件开发中心总经理助理 杨一军

工商银行在新一代智慧银行系统（ECOS）建设过程中，在应用架构和研发模式深度变革的背景下，通过对标业界先进实践、践行精益敏捷思想、夯实质量内建基础，建立了一套贯穿软件研发与运维生命周期的质量保证体系，旨在满足灵活研发机制下的软件质量保证需求，向用户交付可信赖的产品。

## 一、顺应转型，打造质量保证新体系

近年来，全球经济和商业模式发生了巨大变化，驱动着银行的管理方式、产品形态和服务模式向产品、

场景、平台等多位一体服务转型。工商银行全面实施 e-ICBC 3.0 互联网金融发展战略，启动 ECOS 建设，着力推进银行与生态深度融合，以新生态重塑业务结构，以新技术推动新 IT 架构转型，推进智慧化、普惠化、开放化金融服务建设，实现信息系统在支撑金融服务新业态、极致客户体验、敏捷灵活创新等方面的变革。

在 ECOS 建设过程中，工商银行在应用架构、研发模式等方面实施深度变革，提升科技创新对业务服务的供给能力。首先是全面实施企业级架构转型，从业务视角将架构分层解耦，通过业务建模指导 IT 组件研发，通过领域级共享服务进一步提升复用能力，从而达到业务价值快速落地的效果。其次是践行精益研发理念，建立以敏捷研发为主，以快速原型创新和瀑布研发为辅的灵活研发模式。重点推进创新活跃、需求变化快的产品研发由基于项目的瀑布研发模型向基于“小而美”需求项目的敏捷研发模式转型，同时采用 DevOps 承载产品研发及交付流程，聚焦价值、减少浪费，持续、快速、高质量地交付有价值的产品。

回顾 IT 领域的技术迭代过程，质量管控模式的演进往往与应用架构和研发模式的变革相辅相成。在早期以微软为代表的瀑布软件研发阶段，测试由专职人员实施，测试流程耗时长，追求绝对质量守护；在以谷歌为代表的敏捷软件研发阶段，少而精的测试人员为开发提供测试专业支撑，强调质量内建、快速迭代测试；近年来，我国互联网金融科技公司在谷歌的基础上，进一步优化了测试组织模式，追求效率与质量的平衡。为顺应上述转型趋势，工商银行的质量管控模式也随之转型，

从传统的以专职测试人员开展功能自动化测试为主的模式，演进为测试向开发赋能，双方共同实施全链路全方位的分层自动化测试模式。强化“质量源于设计”的理念，注重研发过程的质量内建，拓展测试的广度与深度，将缺陷预防与检测进行统一，从需求设计到产品上线全程关注软件质量。建立包含测试左移、过程管控、测试右移、非功能性测试，贯穿软件开发与运维生命周期的质量保证体系，护航新一代智慧银行系统建设，确保工商银行信息系统在新时期的领先优势。

## 二、关注全程，丰富质量体系新内涵

目前，以寻找缺陷为目的的测试工作已经不能满足复杂金融 IT 系统的质量守护需求，质量保证需要从工程的角度对软件产品全生命周期的每个环节进行质量把关。经过近几年的探索，工商银行逐步构建了由测试驱动开发、质量内建、质量门禁、生产监控等措施组成的全程质量保证体系（如图 1 所示）。

### 1. 夯实测试左移，提前预防质量缺陷

测试左移是提前发现软件缺陷、降低缺陷修复成本的有效方式，强调在软件产品中构建高质量的需求和设

计，以及采取措施在项目早期将软件缺陷消灭在萌芽状态，从而缩短研发周期，降低开发成本。为此，工商银行引入测试驱动开发、质量内建管控、测试赋能开发等措施有效控制软件在提测前的质量。

工商银行在需求分析阶段即开始关注质量。通过实施验收测试驱动开发（ATDD），一方面从用户角度审视需求的完整性、可行性、可验证性；另一方面统一产品经理、开发人员、测试人员三方对需求的理解，以验收测试标准指导程序设计和测试案例设计。在案例设计中，工商银行充分利用企业级架构转型成果，统筹考虑业务架构与 IT 架构的关联关系，根据业务架构开展业务场景测试设计，依据 IT 架构开展功能和非功能性测试设计，实现测试设计与业务需求及系统架构的对接（如图 2 所示），利用案例设计标准化系统全面实施测试案例设计标准化管控，落实“全量资产→可复用资产→已自动化资产”的标准化分层管理。

在设计编码阶段，工商银行从研发、测试等方面持续夯实质量内建基础。在研发方面，强化全员从“质量是测试出来的”到“质量是设计开发出来的”理念的转变，建立从需求到投产各阶段“标准化、自动化、可度

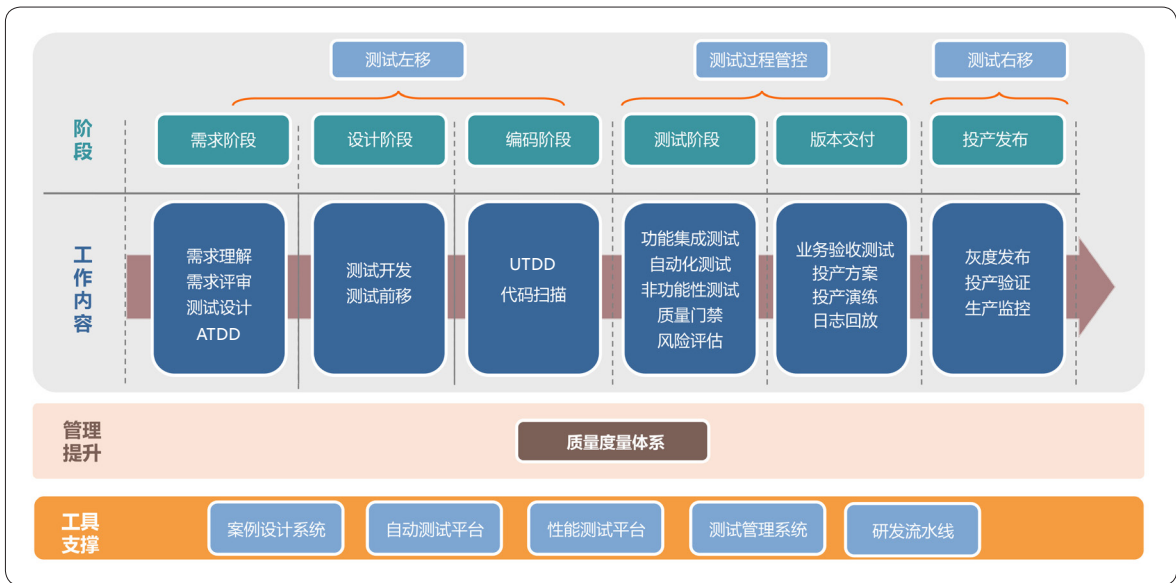


图 1 工商银行全程质量保证体系

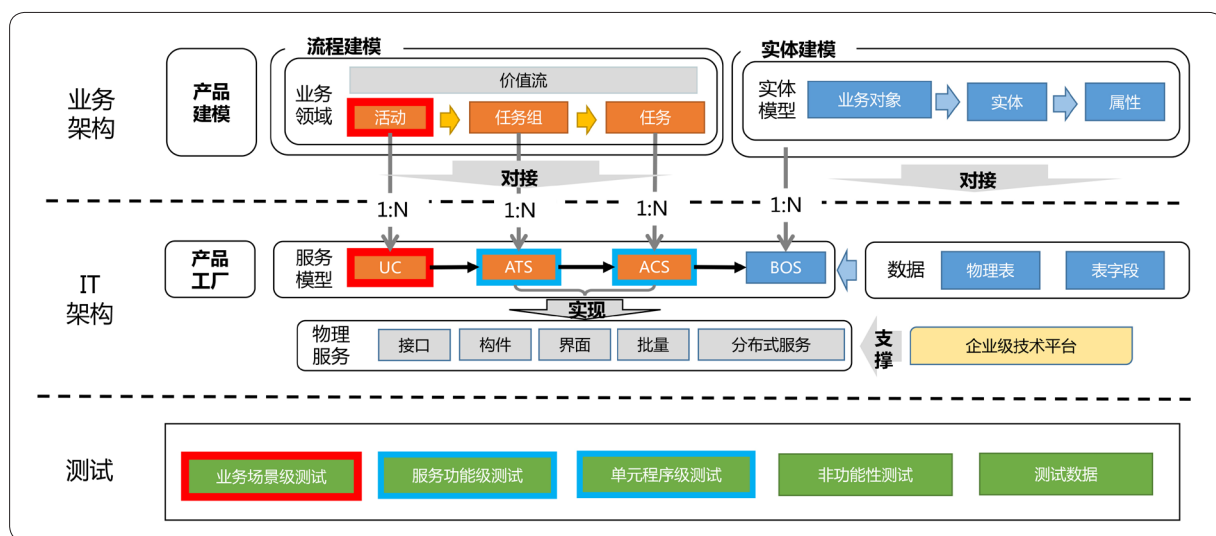


图2 基于业务架构的测试设计

量”的质量内建标准体系。从设计、开发层面对优秀经验成果进行总结沉淀，提供普适性的做法，建立量化机制，增强过程支撑的自动化管控能力，从质量内建措施标准化、技术方案标准化、代码实现标准化、过程管控标准化四大维度实施管控，全面提高技术管控水平，促进研发质量、生产质量持续提升。在质量内建措施标准化方面，建立质量内建措施最佳实践和规约，推动安全可靠、程序设计、代码质量、数据架构、单元测试驱动开发（UTDD）、代码复核等措施的标准化，打造普适性能力。以 ATDD 成果指导 UTDD 实施，将测试方法和流程嵌入编码过程中，实现单元测试与编码无缝衔接，促进开发人员思考功能实现的完备性，将质量控制前移到软件内部，提升代码的有效性和可测试性，推动代码和设计的重构，提升软件的内建质量。

在功能测试方面，一是测试赋能开发，测试人员依托测试服务云平台为开发提供测试案例设计、测试数据构造、测试环境隔离、测试案例执行等测试能力，提升开发人员的案例设计水平，降低自测门槛，让质量管控向开发回归；二是开展测试前移，利用分布式架构下接口定义清晰明确的特点，根据接口文档编写自动化测试案例，将自动化开发提前到设计阶段。

## 2. 加强流程管控，规范测试执行过程

合理的流程化约束和完善的风控模型是提升测试工作效率、准确发现项目研发风险的有效措施。在测试执行阶段，测试人员针对执行周期中的关键节点进行过程管理，监控测试进度、揭示项目潜在风险，保障版本质量，守护投产安全。目前，工商银行已形成基于入口、出口、交付、投产节点的大门禁和研发流水线小门禁的测试流程管理和风险控制模型。一是建立测试准入机制，基于本期新增或者主干流程核心案例开展准入测试执行并形成入口报告。根据入口规模、准入案例通过率、缺陷数、单元测试情况等信息揭示项目风险，设置入口门禁。二是在过程版本阶段将自动化测试执行与研发流水线对接，在版本部署测试环境后按需求执行对应的测试案例，对当期版本修改内容进行自动化守护。三是在出口阶段通过封版验证、适应性准入案例执行保障项目出口质量。根据需求子条目案例覆盖率、测试案例执行率及通过率、研发问题解决率、高级别问题数形成出口报告，综合评估交付风险。四是在适应性测试阶段，依据业务需求开展业务验收测试，制定投产方案，实施投产演练等工作。此外，还在投产前开展生产日志回放测试（执行流程如图3所示），充分利用生产实际业务场景和数据的多样



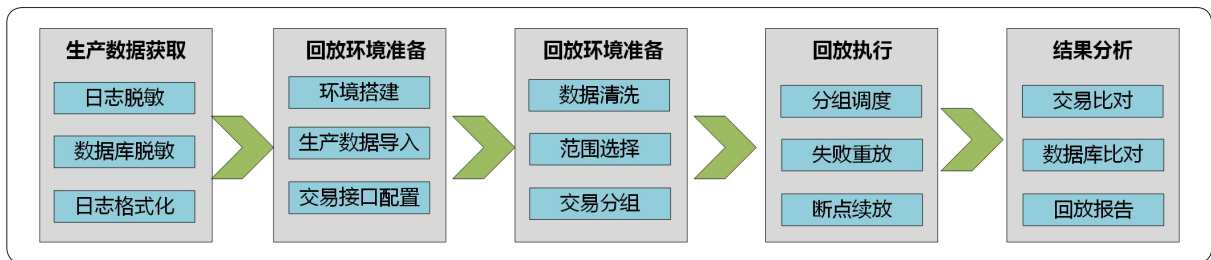


图3 生产日志回放测试执行流程

性对投产前的产品质量进行兜底。生产日志回放将生产数据库和交易报文脱敏后恢复至测试环境，全量执行生产交易后，对报文、数据库进行全方位的数据比对，守护版本质量。在整个测试执行阶段，通过程序覆盖率工具实时监控变更代码测试覆盖情况，利用代码覆盖客观揭示测试执行覆盖情况，替代传统的人工反馈，保障测试执行完备性。

### 3. 深入测试右移，关注产品线上质量

测试团队以确保产品上线后的正常运行为核心，从系统可用性、性能、业务运行情况等方面对生产质量进行监控，持续跟踪生产运行情况，让软件缺陷尽可能早于被用户发现并及时得到处理，降低线上问题的影响程度。一是开展投产后的技术验证，检验版本部署以后系统的运行情况（投产验证流程如图4所示）。在项目研发过程中，开发和测试人员共同梳理出投产后的验证点，利用投产验证平台，将验证内容串联到版本部署中，优化容器滚动升级策略，先升级单台容器并进行功能验证，出现问题时自动回滚，有效控制问题影响范围。版本升级完成后，验证平台再次对系统进行全面的自动验证，及时发现投产问题。二是建立灰度发布与线上验证机制，在系统设计阶段即考虑功能的灰度方案，包含灰度时间、

灰度范围等。测试同步设计灰度发布的验证方案。在灰度期间利用生产监控体系对灰度交易进行重点观察。在灰度期结束后，从业务和技术两个方面对灰度期间的交易数据、业务日志等进行验证，形成灰度评估报告，为灰度转正决策提供数据支撑。三是在系统运行过程中利用日志中心对交易成功率、交易错误信息、交易波动进行监控预警，实现对线上业务运行情况的实时监控与在线诊断。

### 4. 实施非功能性测试，保证系统运行稳定

非功能性测试是一种用于检查软件应用程序的非功能性方面（包括性能、安全、可靠性及稳定性等）的测试。工商银行互联网金融战略的实施使得系统面向互联网的开放程度越来越高，承载的流量越来越大，应用架

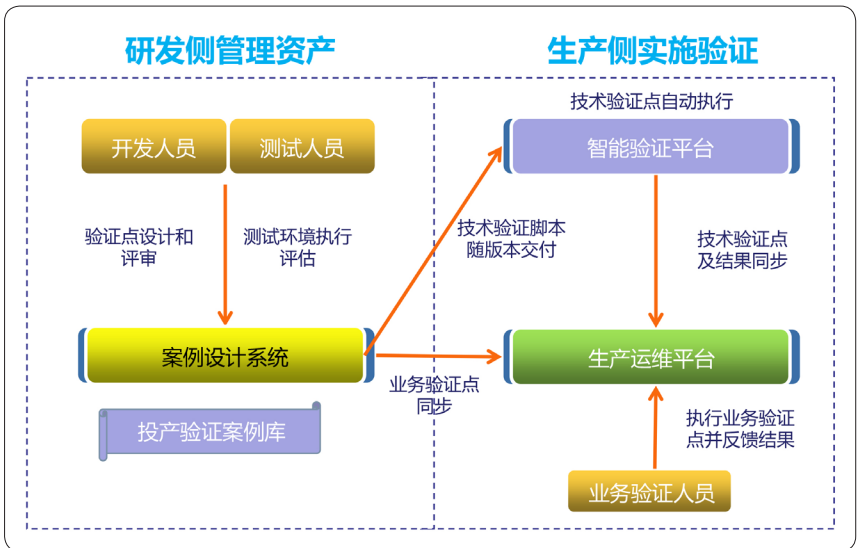


图4 投产验证流程

构从单体向分布式转型后系统间的交互链路变得更加复杂，这些因素导致系统在非功能性测试方面的需求日益增多。工商银行非功能性测试历经了三个阶段（如图5所示）：在第一阶段，以完成需求为目标，被动接收开发团队评估的非功能性测试需求，主要使用商业工具；在第二阶段，测试团队依据业务场景主动评估非功能性测试需求，开始使用自研工具降低测试门槛；在第三阶

段，在评估的基础上，通过对接测试及生产监控，建立应用系统非功能性能力的完整视图，主动监控测试和生产环境的非功能性指标，当数据出现波动时能够及时感知并优化处理。

在非功能性测试的实施方面，通过建立包含测试左移与右移的非功能性测试体系（如图6所示）保障质量。在设计阶段，通过性能要素表评估、业务安全需求设计

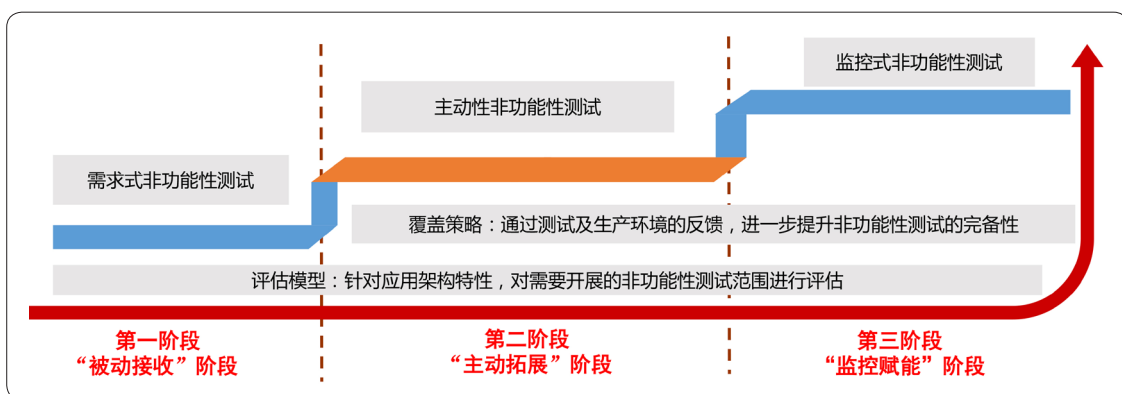


图5 非功能性测试发展的三个阶段

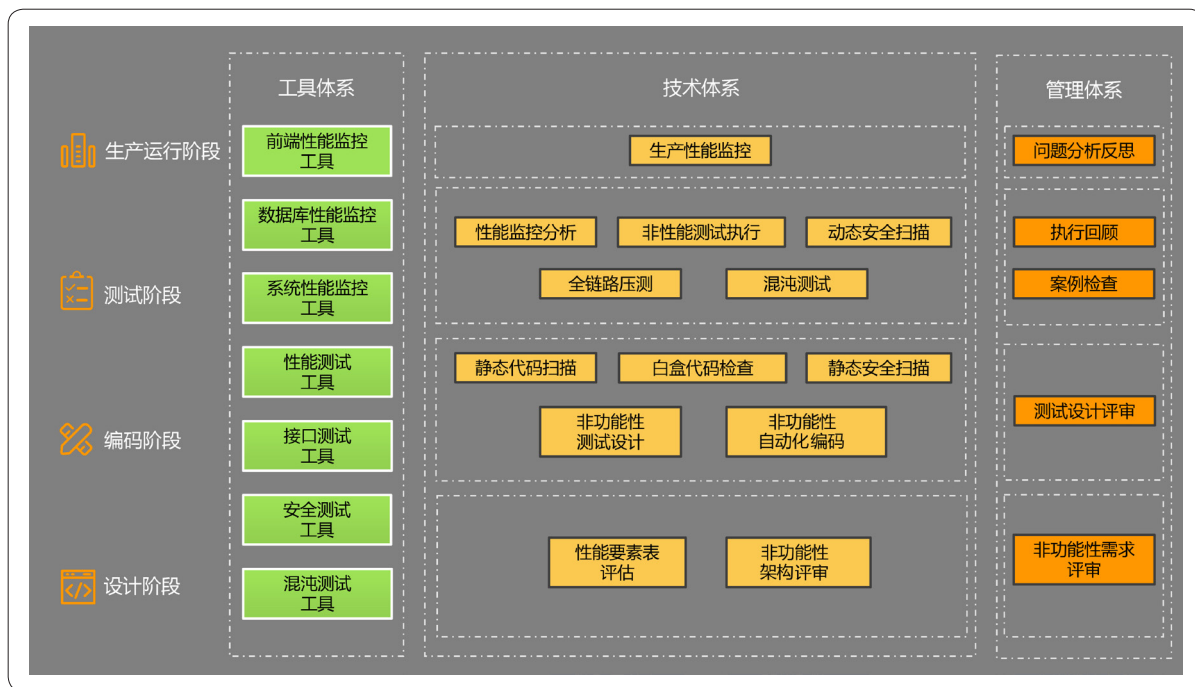


图6 非功能性测试体系

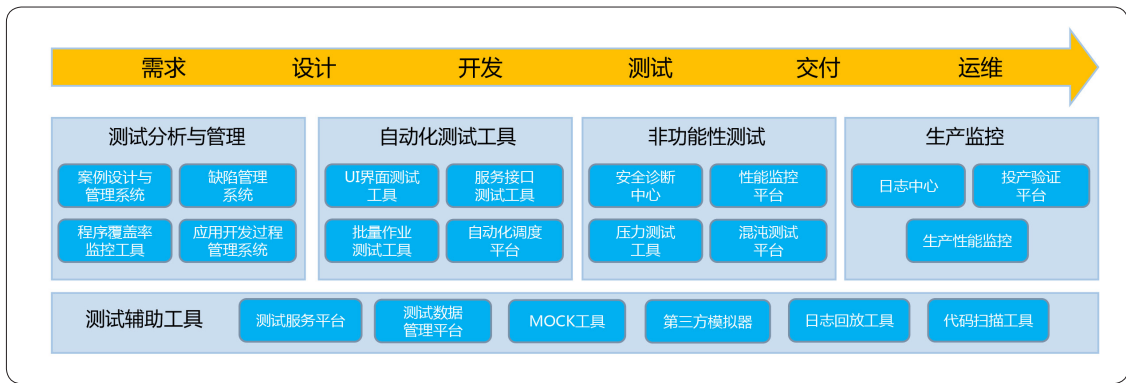


图7 质量保证工具体系

和非功能性架构评审，保障设计层面的质量，并挖掘测试需求；在编码阶段，通过静态扫描和白盒代码检查的方式对代码中存在的非功能性隐患进行提前排查，并前移开展测试设计及自动化编码；在测试阶段，通过性能监控分析、动态安全扫描、全链路压测和混沌测试等方式全面开展非功能性测试，并对测试过程中的数据进行采集和分析精准定位问题；在生产运行阶段，通过监控手段赋能运维，提前挖掘生产性能隐患，回溯测试执行，保障生产的稳定运行。

#### 5. 建设全流程支撑工具链，提升质量保证效能

工商银行以 DevOps 为基础建设了覆盖研发、测试、运维的全流程工具链，其中的质量保证工具体系（如图7所示）覆盖软件产品的全生命周期和应用系统的各个层面。从产品全生命周期来看，包括在研发阶段使用代码扫描工具检测代码缺陷，在测试设计阶段使用案例设计标准化系统开展案例设计，在测试执行阶段使用自动化测试平台、性能测试平台、安全诊断中心、混沌测试平台开展自动化测试与非功能性测试，投产后使用日志中心、投产验证平台等工具验证和监控投产后质量。从工具覆盖软件系统的层面来看，自动化测试工具支持对单元、接口、UI、批量等系统各层对象开展测试。非功能性测试工具支持操作系统、数据库、中间件、应用程序的性能、安全等测试。各工具实现了对测试价

值中各项活动的全方位支撑，提升了整体的质量保证工作效能。

### 三、展望未来，探索质量保证新方向

近年来，工商银行版本质量逐年提升，版本整体缺陷密度连续3年呈下降趋势，测试周期进一步缩短。工商银行工银e生活和智能投顾项目成功通过了《研发运营一体化（DevOps）能力成熟度模型 第3部分：持续交付》三级成熟度认证，其中智能投顾项目在质量保证领域相关的能力项认证结果为3.8分，处于国内领先水平，达到同业最高水平。

未来，工商银行将继续探索质量保证的方法和技术。一方面，持续推进对新兴技术的研究，拓展大数据技术在质量保证工作中的应用场景，利用生产日志绘制业务场景热力图，以业务热点指导测试分析，提升精准测试能力，实现测试价值的最大化；探索利用人工智能技术进行缺陷预测的方法，结合规模、缺陷情况、人员情况等信息提前预测版本缺陷与风险。另一方面，不断丰富测试方法，研究线上全链路压测、生产流量回放等线上测试方法，提升对生产质量的感知能力；引入变异测试方法，通过自动模拟红蓝军对抗的方式发现测试用例的缺陷，提升质量守护的完备性。FCC

栏目编辑：彭惠新 penghuixin@fcc.com.cn