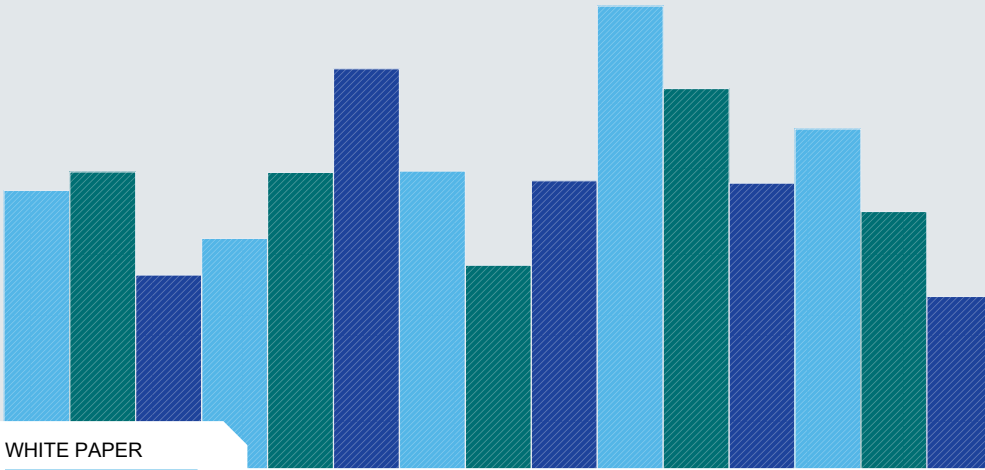




**Harvard
Business
Review**

ANALYTIC SERVICES



WHITE PAPER

拥抱人工智能时代现代软件开发实践。



由...赞助



在当今快节奏的商业环境中，企业快速开发软件应用的能力不仅是一种竞争优势，更是一项必需品。以更快的速度交付更多软件的压力达到了前所未有的高度，对于未能跟上步伐的公司而言，潜在的财务和声誉风险也显著增加。

技术革新正支撑着对快速软件开发的需求。低代码/无代码平台的承诺正在实现，让企业内部的新用户无需编码技能即可创建任何所需的技术解决方案。过去需要数月才能完成的项目如今几天内即可完成，这一切得益于能在几分钟内构建的解决方案和应用。

这种软件开发的速度和效率对于企业在现代数字领域中进行创新、适应和发展至关重要。然而，这种便捷性和速度也带来了新的挑战。曾经是提高生产力的途径，如今却为一种新的运营混乱打开了大门。企业必须能够并自信地快速开发、部署具有先进治理控制的定制人工智能（AI）解决方案，以确保业务不会因安全问题而受阻。

在以前所未有的速度进行创新的过程中，企业面临关键问题：速度与控制能否共存？能否在混合多云基础设施上实施有效且全面的监控？鉴于应用程序编程接口的激增、不断发展的生成式人工智能工具以及团队规模的预算压力下降，能否确保质量？能否大规模部署治理措施以确保满足包括软件供应链在内的安全标准和合规法规？

那些采用由《哈佛商业评论分析服务》研究的、本白皮书详述的方法的人员，对这些问题的每一个问题的答案是肯定的。本报告在软件开发领导者、来自500强公司、全球咨询公司和技术研究机构的专家的指导下，重点介绍了现代软件开发相互关联的四大支柱。

当该方案得到正确部署时，它可以持续地实现高质量、优化、安全且合规的软件的快速创新和交付。更加令人鼓舞的是，现有的AI驱动解决方案能够支持、管理和确保每个支柱的成功。

与AWS、LogicMonitor、Quickbase、SmartBear和Sonatype共同支持本次研究和白皮书，旨在为团队提供装备和力量，使其在变化的环境中充满信心地前行。我们鼓励您继续阅读，以了解这四个相互关联的支柱，并思考您如何在您的业务中部署和支持它们。



梅根·吕德尔斯，Sonatype
首席营销官



Eric Olson, 首席营销官, Q
uickbase



Cynthia Gumbert, 营销总
监, SmartBear



布罗克·坎宁安，逻辑监控
公司首席营销官


拥抱人工智能时代现代软件开发实践。

在人工智能（AI）和快速变化的业务需求的时代，企业必须加速其软件交付，同时确保其开发流程能够适应不可避免的更多代码、基础设施和测试的需求。

正在发展的数字环境要求现代软件开发实践包含四个相互关联的支柱：速度和敏捷性、通过测试和可观察性提高的可见性、人工智能驱动的自动化以及嵌入式安全和治理。

如果操作得当，这种方法可以使公司具备创新、适应和在速度至上的时代蓬勃发展的能力。根据总部位于马萨诸塞州坎布里奇的研究机构Forrester Research Inc.的数据，到2028年，软件开发将经历一场彻底的变革，使团队能够以前所未有的速度构建新应用程序。

迪耶戈·洛·吉迪切，福雷斯特公司的副总裁兼首席分析师解释道：“软件是企业的一种表达形式，因为它是组织所有流程、政策和服务的基石。创建一个持续、迭代的软件交付模型取决于拥有一个从里到外精心设计的基础设施，以加速开发过程。”

将生成式人工智能（gen AI）融入这些流程可以对IT人员产生深远影响。麦肯锡公司的一项研究发现，87%使用gen AI的开发者表示他们能够专注于有意义和令人满意的工作，而未使用该技术的开发者中只有50%表示如此。 

这种对IT人员的影响再次强调，正如任何深刻的技术变革一样，现代软件开发远不止于技术层面。这四个支柱需要更高水平的协作。高技能工作者必须被赋予创新权力，同时也要建立保护企业资产的约束机制。高管必须重新思考IT预算等实践方式，以确保软件开发不被拖累

重点内容

现代软件开发正在经历深刻变革，组织正经历着这一过程。采用新实践以提供速度、敏捷性和创新，那就是不断变化的商业世界所要求的。

The transformation requires a shift in 组织对持续学习和适应的承诺，并谨慎平衡速度和品质、创新与安全。

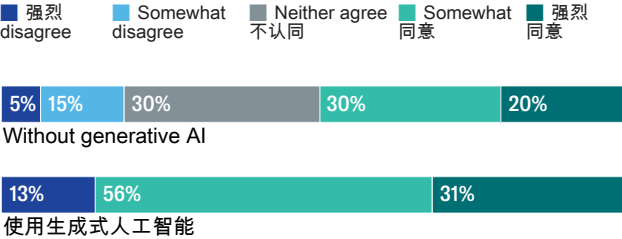
很明显，那些将取得成功的组织是那些能够有效利用这些现代软件工程实践，以快速、一致和安全的方式提供价值。

图

对人工智能高度满意

技术改善了开发者的生活。

我能够专注于令人满意和有意义的工作。



来源：麦肯锡公司调查，2023年6月

通过为过时的技术和较不动态的时期而设计的流程。

最重要的是，组织必须构建一个灵活的基础设施和流程，以适应变化将成为常态的时代。"软件和应用程序的未来很可能会与我们现在所见大不相同，"来自都柏林总部、全球专业服务公司埃森哲（Accenture plc）的全球创新负责人亚当·伯登（Adam Burden）表示。"我能预见一个世界，数据驱动型开发开始取代，取而代之的是像知识图谱这样的东西，而不是大量的代码和长篇软件程序。如果你今天不投资于正确的架构并实施适当的治理，你会发现自己越来越落后。"

本文探讨了软件工程的转型，研究企业如何采用现代软件开发的关键支柱来创新、适应并在速度至上的环境中取得成功。本报告将深入探讨企业在从传统实践和工具过渡到根本不同的软件交付方式时所必须应对的变革管理、人员和技术问题。

通过人工智能提升效率

人工智能和机器学习（ML）正在从代码生成到测试和部署的各个方面，为软件开发革命增添动力。

：AI驱动的工具可以根据自然语言描述建议代码补全，甚至生成整个函数。AI可以帮助生成测试用例，预测代码中哪些区域最有可能包含错误，甚至修复其中的一些缺陷。AI可以分析历史项目

数据以预期软件开发过程中可能出现的问题或延迟。

在波士顿咨询集团股份有限公司（BCG），一家总部位于波士顿的管理咨询公司，人工智能驱动的自动化已被扩展到软件测试这一关键任务中。"软件未完成测试和缺陷修复及重新测试之前，它就不算完成"，BCG全球IT软件工程师、总监和卓越中心负责人Ryan Bolt表示。"你可以拥有世界上最优秀的软件应用，但如果它加载需要10分钟，你的用户接受度就会受到严重影响。"

在咨询公司中，程序员们已开始运用生成式人工智能编写代码。如今，该组织正探索为软件质量工程师测试生成式人工智能工具的使用案例，以提升他们的效率。"我收到的最大反馈是软件测试人员需要更多时间和[质量保证]能力，但我们没有无限的资源，"Bolt表示。

使用生成式人工智能有助于弥补这一差距。BCG的软件质量工程师正在使用ChatGPT和GitHub Copilot等工具，以更快地编写自动化代码框架，并测试不同测试场景下的业务需求。此步骤已嵌入测试流程中，允许工程师一键获取建议的测试用例列表。

AI 可以承担我们人类工作中一些较为繁琐的部分，这样我们就能专注于那些 AI 无法做到的更具创造性的解决方案，Bolt 说。"我们正在评估这种方法的指标，包括采用率和完成的代码行数。我们看到，由于上市时间缩短、sprint [一个固定长度的时期，在此期间完成特定工作并准备好供审阅] 速度提升以及缺陷减少，业务价值 KPI 正在增加。"

根据Capital Group Companies Inc.（一家总部位于洛杉矶的百年金融服务公司）的网络和网络可靠性工程副总裁肖恩·兰德里（Shawn Landreth）的说法，人工智能必须在测试和可观察性等任务中处于核心地位。

"一年前，我们每天有超过13,000次警报。我们将这个数字削减到不到1,000次每天，但这对于一个团队来说，仍然是一次要处理的警报量，"他说。"随着我们监控平台的演进，我们需要将人工智能置于其中，添加背景信息并填补空白，以便我们能确定哪些问题真正需要我们立即关注。"

嵌入安全与治理

随着开发速度的提高和系统的日益复杂，安全和治理必须融入开发过程的每个阶段。在开发使用人工智能和机器学习模型的应用时，稳健的数据治理措施尤为重要。

"随着应用程序的构建变得越来越容易，人们会稍微松懈一点，"电信巨头AT&T（总部位于Bedminster）的商业管理首席顾问布萊恩·hinshaw表示。

N.J. “你必须回来检查他们的工作。内部审计非常重要，而且我们还有第三方审计正在进行。开发过程永远不会缺少这一环节。”

低代码和无代码平台——这些允许用户无需广泛编程知识即可创建应用程序或自动化流程的工具——正在使软件开发民主化，让“公民开发者”（即用户本人）能够快速创建应用程序而无需广泛的编码知识。“我见过一些公民开发者几天内就构建了他们的解决方案，现在他们负责维护这些方案，”Hinshaw表示。“如果你观察传统的开发实践，除了需求之外，几乎没有有什么能在几天内完成。”

根据2024年6月由位于马里兰州贝塞斯达的非营利网络安全机构SANS研究所进行的一项调查，在这个复杂的环境中，公司发现自己面临挑战，需要在不断扩大的漏洞或“攻击面”上监控安全、抽出时间改进流程，并及时响应安全问题。图2

这些挑战要求公司在开发过程的早期就整合安全实践，而不是将其视为事后补救。他们必须使用工具自动检查并强制执行相关法规和标准。

“大多数现代软件工程开始更加强调代码重用、开源代码以及其他内部源代码库，”美国钢铁公司（一家总部位于匹兹堡的钢铁制造商）网络安全经理亚当·艾哈特（Adam Airhart）表示。“所以，如果你在一个领域中发现安全漏洞，这些漏洞会被大量复制到其他地方。”

当Airhart于2019年被任命为其现任职位时，他继承了一个使用过时软件系统的环境，其中一些系统已有十多年历史。该公司的风险状况不明确，众多网站容易受到未知的威胁。

Airhart 以一个简单而强大的步骤开始——通过一个由人工智能驱动的发展平台引入版本控制。这一看似微小的改变为更稳健的开发流程奠定了基础。他的团队随后引入了构建和发布管道，这些是自动化软件开发过程中涉及步骤的过程，消除了许多以前曾让开发人员头疼的手动任务。

此外，美国钢铁公司已采纳第四支柱，将安全嵌入开发实践。“我们在人工智能飞速发展的过程中，已经很大程度上超出了我们的舒适区，我们需要像新人工智能技术出现的速度一样快速学习，”艾哈特表示。该公司设立了“审批关卡”，这些是在构建和发布过程中需要明确批准的检查点

图

安全挑战

日益增长的网络攻击面和不足的时间是主要问题

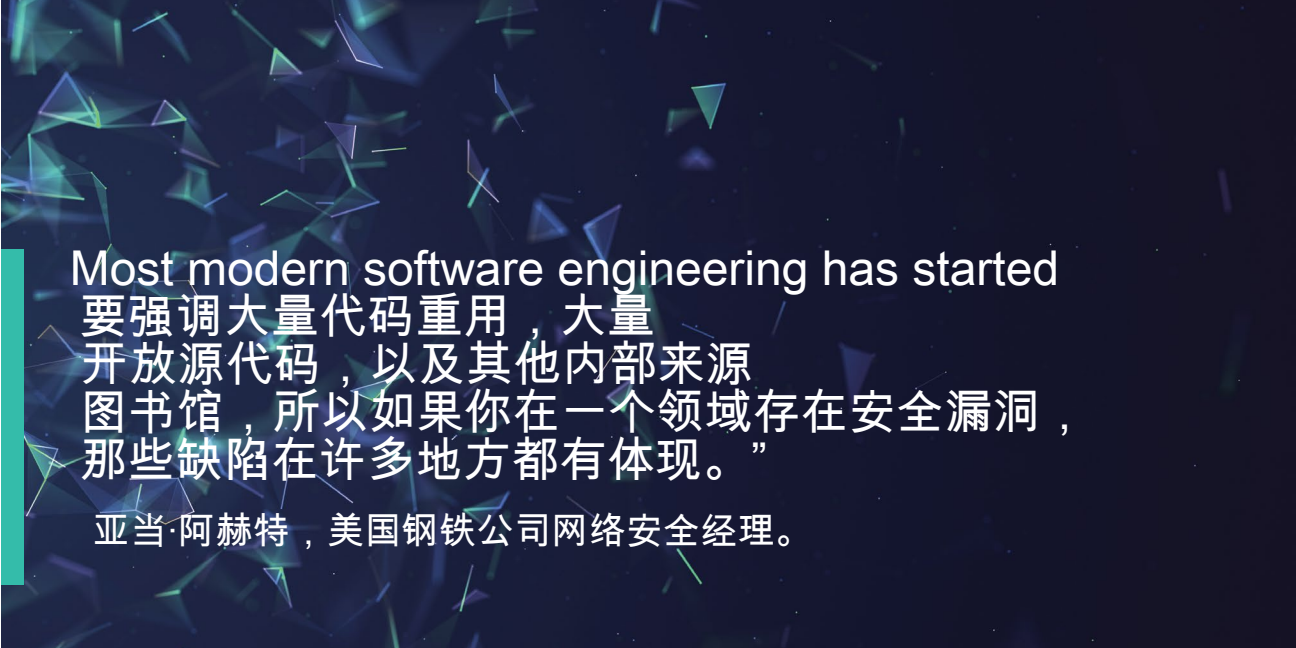
以下哪项您认为是最显著的安全运营挑战？选择最多三个，不按任何特定顺序。



来源：SANS研究所调查，2024年6月

在进行下一阶段之前。“开发者能立即获得反馈，因此他们可以立即纠正任何问题，”Airhart说。“虽然大多数中间步骤的批准环节是自动化的，但当开发者希望从流程中的一个关键阶段过渡到另一个关键阶段时，仍需获得人工批准。”

正如Accenture的Burden所指出的，“没有比拥有一套真正强大的标准和治理体系来指导你做事更好的选择了。最成功的公司都有一个强大的中央治理机构和一些精明的架构师。”



Most modern software engineering has started
要强调大量代码重用，大量
开放源代码，以及其他内部来源
图书馆，所以如果你在一个领域存在安全漏洞，
那些缺陷在许多地方都有体现。”

亚当·阿赫特，美国钢铁公司网络安全经理。

那些正在帮助引导他们庞大的程序员团队走向正确方向的人。要处理好这一点很棘手——过于严格会扼杀创新，过于宽松则会积累大量未来的遗留债务。找到适合你企业需求的平衡点。”

他说：“我们曾有一套危机应对方案，只有在有人投诉后才会采取行动。我们擅长处理突发状况，但在预防问题发生方面却非常糟糕。我们的声誉因此受到质疑，因为看起来我们似乎不了解自己的基础设施。如果你的客户必须告诉你问题所在，那你至少已经落后数小时，甚至更久。”

提升可见度

随着系统日益复杂化和分布式化，有效监控和排错的能力变得至关重要。现代软件工程要求企业超越仅仅是收集数据并生成关于系统健康的指标。企业需要可观测性，这是一种现代的探究方法，用于调查问题的根本原因，它考察分布式系统的数据和组件交互。

十年前，系统的主要组件通常被构建为单体，其复杂度不过比客户端层、服务器层和Web层更高，伯登说。“如今，随着微服务等技术的出现，诊断问题何时何地发生变得极为困难，而确保问题从一开始就不发生则更为艰巨。如果你想在高度分布式系统中应用这些现代软件开发实践，就需要可观测性来确保其在生产环境中成功运行。”

当 Capital Group 的 Landreth 于 2018 年加入该公司时，他的职责是引入一种现代化的可观测性方法，该方法能够预见问题，而不仅仅是做出反应。

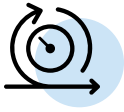
兰德里斯表示，Capital Group 需要后退一步，不要近视地聚焦于网络环境的某一部分，而应该审视所有影响下游应用程序和服务的因素。“为了提高我们的整体响应时间，我们必须找出在流程的哪个环节加入自动化，以及在哪里加入人类智能，”他说。

Capital Group 实施了一个新的监控平台和流程。改进可见性的关键方面包括使用预测分析来分析历史数据，识别模式以在问题发生之前预测潜在问题，确定问题的根本原因，并减少来自不太关键问题的噪音。

此外，公司雇佣了专注于自动化和运营的网络可靠性工程师。该组织实施了定期的运营会议，其中桌面支持等多样化的职能以及帮助台团队可以解释他们遇到的问题。通过建立联系，兰德里特的团队可以预见问题，而不是仅仅对问题做出反应。

他说：“我们方法上的一切都是各自为政的，”“我们彼此沟通得并不好。那是”

在一个IT世界里，任何事物都相互关联，这是不可接受的。我们不再生活在分门别类的世界中，每个人都有自己的领域。现在它就像一锅意大利面。当我们遇到问题时，各种团队会一起行动起来，共同应对。



应对新需求

首席信息官（CIO）表示，根据英国剑桥的一家咨询公司HFS Research的一项调查，在未来12个月内，为他们的运营团队配备对现代软件开发至关重要的技能“非常重要”。这些技能包括基础设施运营（引用率为59%）、云迁移（54%）、网络安全（52%）和业务应用开发（48%）。图3

对如此多样化的人才需求，再次印证了传统软件开发生命周期，通常跨越数月甚至数年，在今天快节奏的商业环境中已不再可行。

如果我们不能让我们的新软件上市，以支持一项新的互联网服务，那么我们就不能销售该产品，AT&T的Hinshaw说。“我们已经投入了大量资金让该产品上市，我们希望尽快收回收入。”

在新冠肺炎疫情期间，AT&T能够利用现代开发实践，在一个周末部署了一个低代码解决方案，使呼叫中心员工能够居家办公。“我们不必花费六个月来编写这个

“你可以没有敏捷方法地做DevOps，但敏捷方法离不开DevOps。但是，如果你想采用现代软件实践，你都需要两者，因为它们相互支持，”Accenture plc的全球创新负责人亚当·伯登（Adam Burden）说。

：“解决方案，”他说。“灯泡亮起来了。”随着AT&T采用更现代的开发实践，生产力爆发式增长。“我们每季度生产大约60到70个应用程序，”Hinshaw说。“以前，我们一年可能只能得到一两个应用程序。”

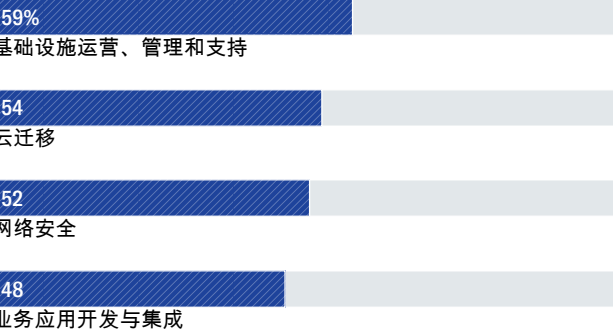
提升速度和敏捷性取决于技术和流程的组合。应用程序的构建、测试和部署流程必须自动化，以实现频繁可靠的发布。组织必须利用微服务架构等技术，将应用程序构建为一系列小型独立服务，从而加快单个组件的开发和部署。

图

发展，基础设施技能需要

首席信息官希望扩大运营团队。

以下哪些技术技能对您的团队在未来12个月内建设至关重要？（对“非常重要”的回应）



来源：HFS Research 调查，2024年6月

同样地，现代软件工程的核心也是敏捷开发，这是一种强调灵活应对用户需求、以及DevOps（旨在提升软件开发（Dev）与IT运营（Ops）之间协作的一套实践和文化理念）的方法论。这些互补的方法论强调协作、灵活性和持续交付，使组织能够快速应对不断变化的需求和市场环境。

Burden说：“DevOps是一个总称，涵盖了所有用于软件开发生命周期、系统运行以及开发和运营的工具，”“你可以没有敏捷实现DevOps，但敏捷离不开DevOps。但如果你想采用现代软件实践，你需要两者兼备，因为它们相辅相成。”

根据由旧金山Linux基金会部分组成的持续交付基金会发布的《2024年持续集成/持续交付报告》，超过四分之三（83%）的开发人员参与了与DevOps相关的一系列软件开发活动。这些任务范围涵盖了监控软件和/或基础设施性能

图

跟踪记录

监控软件和/或基础设施是DevOps的主要用途。

您参与以下哪些开发活动？（2024年Q1）



来源：持续交付基金会调查，2024年2月

批准代码部署用于生产。 **FIGURE 4** 调查发现，使用广泛的DevOps技术与应用在代码变更所需时间或系统故障后恢复服务所需时间等领域的更好交付性能相关。

“DevOps是使现代软件工程得以运作的关键因素之一，”Burden说道。“这些工具能够帮助你将应用程序从检查其源代码并存入仓库，通过测试，直至部署脚本，最终投入生产。如果没有能够加速流程的基础设施和架构，你就无法引入像敏捷（Agile）这样的新实践。这就像一个没有内部机件的钟。”

采用策略

要成功采纳现代软件工程实践，专家和实践者建议关注以下几个领域。

获得管理层支持。

“最大的障碍是改变文化和行为，”Forrester的Lo Giudice表示。“在团队层面，一线人员确实非常兴奋。然而，我观察到管理层存在许多误解和阻力，因为高管们不理解需要进行的变更管理投资。”他说高管们需要理解敏捷开发的原则和价值观，并补充说成功的企业经常使用敏捷原则来指导其商业战略。

获得IT人员对法院的认可。

尽管在较低层级存在兴奋情绪，但IT部门内部的变革阻力也是采用现代软件工程实践的一大挑战。克服这种阻力需要采用多方面的方法，包括沟通策略、培训计划和逐步实施。

业务需求与网络安全要求之间的竞争优先级可能造成紧张关系。在美国钢铁公司，艾哈特团队不得不成为销售人员，向持怀疑态度的开发人员展示新实践的优势。他们展示了如何使用其新基础设施将更新网站所需停机时间从45分钟缩短至仅30秒。

一个关键的启示是Airhart意识到了开发者认可的重要性。与其自上而下地强加工具，他的团队让开发者参与选择过程。他们测试了各种产品，确保所选工具既满足安全需求，又兼顾开发者的易用性需求。

：AT&T实施了“一个漏洞悬赏”计划，该计划奖励开发者为软件问题提供修复方案。Hinshaw解释说，“我们将结果展示在所有人都能看到的公告板上，人们开始说，‘我也想要一些关注。’”


平衡创新与安全。

随着组织拥抱人工智能（AI）和自动化以提高效率，他们还必须确保维护安全性和合规性。这项任务需要在创新和风险管理之间保持微妙的平衡。同时，员工必须得到保证，新技术（如AI）将增强他们的工作，而不是取代他们。

BCG的Bolt表示：“我们正在为人们创造安全的空间，让他们进行创新和尝试新事物。”“我们不只是试图强加指标给你们，迫使你们更快地工作，以便我们能裁掉一半这些工作。我们并没有试图裁掉任何职位。我们只是希望用我们现在拥有的人数完成更多工作。”

经常与客户联系。

为确保现代软件工程实践能够创造价值，组织需要关注开发等关键绩效指标。



最大的障碍是改变文化和行为。在团队层面，基层人员确实非常兴奋。然而，我看到管理层存在许多误解和抵触，因为高管们不理解需要进行的变革管理投资。

Diego Lo Giudice , Forrester Research Inc.
的副总裁兼首席分析师。

我们正在为人们创造安全的创新空间，让他们尝试新事物。我们并非试图消除任何职位。我们正试图用我们目前拥有相同数量的人做更多的事情。

Ryan Bolt，波士顿咨询集团公司的全球IT软件工程师、总监和卓越中心负责人

速度和市场上市时间、质量指标和缺陷率、客户满意度和用户体验、安全合规性以及事件率。

持续改进应成为任何现代软件工程实践的核心。这项使命涉及定期评估、反馈循环，以及适应新技术和方法学的心态。“我们以客户为导向，非常积极，所以我们经常对客户进行民意调查，以确保我们的解决方案满足他们的需求，”Bolt说。

面向未来的价值观和原则。

“适应未来并不意味着在今天构建一个能持续20年的东西，”洛·朱迪切说。“它意味着在变革中高效且有效。我们不知道拐角处会发生什么。”

他引用敏捷开发的基础作为一个有益的变革模式。“敏捷转型是一个永无止境的过程，”洛·朱迪塞说。“你不必严格遵循敏捷宣言中的所有内容。但公司通过让敏捷开发的价值和原则影响其业务战略而取得成功——如果你雇佣的员工队伍是由问题解决者而非流程大师组成的话。”

“改变的能力应当是所有经理人和高管的首要优先事项，”洛·吉迪切说。“但要快速地改变、调整并使业务适应外部商业环境的变化，仅靠敏捷性是不足够的。你需要非常有效地建立可靠的工程化平台，以便数字团队能够根据业务所需的时间来构建、管理和交付所需的软件。”

这一转型需要组织在持续学习和适应方面转变承诺，并精心平衡速度与质量、创新与安全。

“没有现代软件实践，你根本无法在保持所需质量的同时跟上变化的速度和复杂性，”Burden说。“如果刨根问底，这关乎通过开发功能丰富、可靠且定期改进的商务软件来提供更好的用户体验，这就像人们期待的消费软件一样。我认为人们期待他们的商务软件能像最喜欢的流媒体服务一样功能丰富、可靠且定期改进，这并不算是不合理的期望。”

展望未来，很明显，那些能够有效利用这些现代软件工程实践以快速、一致且安全地创造价值的企业将取得成功。

结论

现代软件开发正在经历深刻变革，随着组织采用新的实践来满足不断变化的商业世界对速度、敏捷性和创新的要求。

三年前无人知晓通用人工智能（gen AI）和ChatGPT将指数级改变世界，”Lo Giudice表示，“而且 никто не знает 下一场变革将是什么。但您的软件开发实践需要为任何情况做好准备，因为变革是必然的。”



**Harvard
Business
Review**

ANALYTIC SERVICES

关于我们

哈佛商业评论分析服务是哈佛商业评论集团内一个独立的商业研究部门，对重要管理挑战和新兴商业机遇进行研究和比较分析。旨在提供商业智能和同行组洞察，每份报告均基于原创的定量和/或定性研究与分析结果出版。定量调查通过HBR咨询委员会、HBR全球研究小组进行，定性研究则与来自集团内部及外部的资深商业高管和领域专家展开。 *哈佛商业评论* 作者社区。请将邮件发送至hbranalyticservices@hbr.org。

hbr.org/hbr-analytic-services