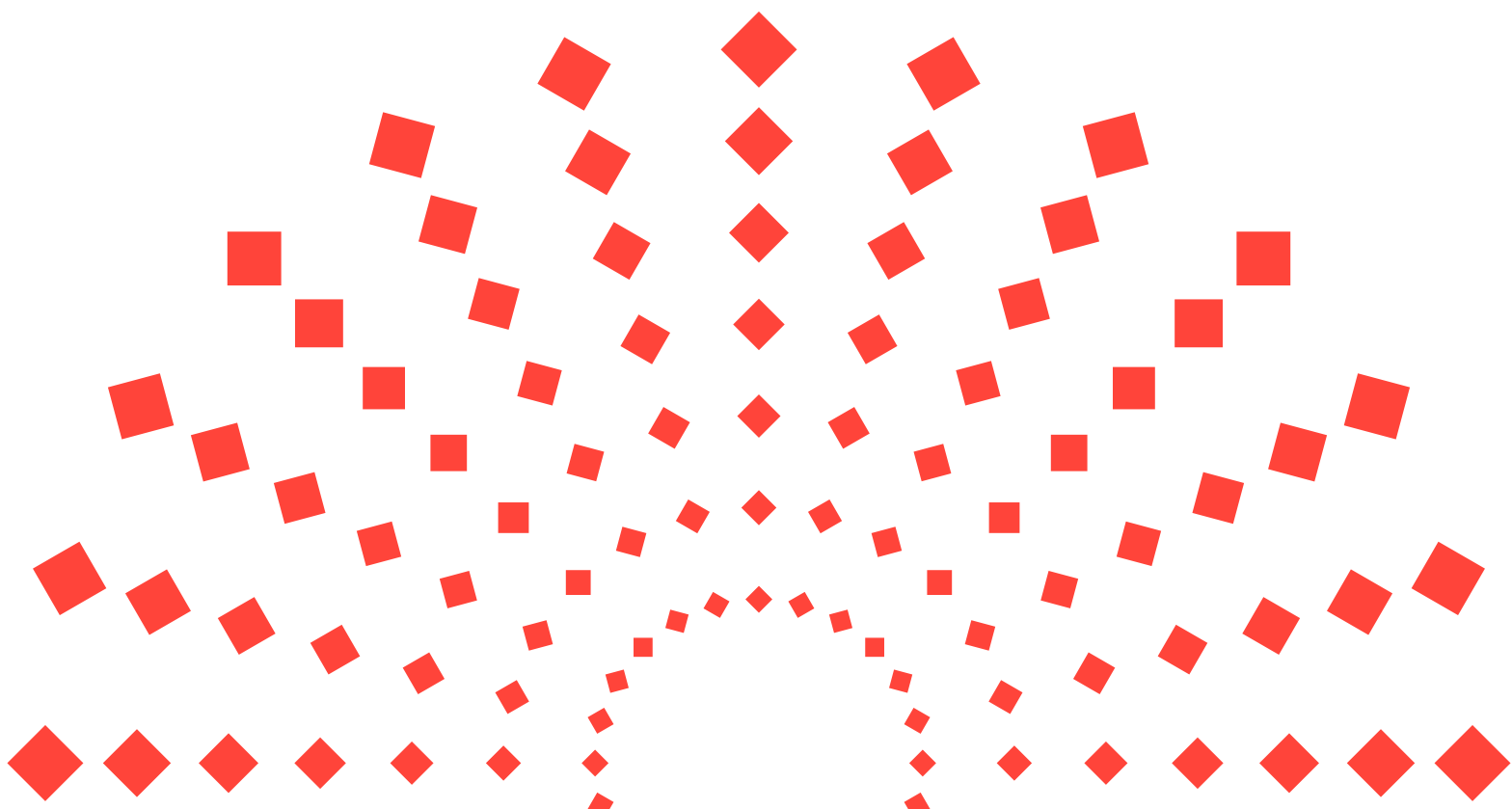


报告

# 机器人软件架构 基准研究报告

2026



|                        |             |
|------------------------|-------------|
| <b>前言</b> .....        | <b>p 2</b>  |
| <b>执行摘要</b> .....      | <b>p 3</b>  |
| <b>愿景与能力</b> .....     | <b>p 4</b>  |
| <b>障碍与风险</b> .....     | <b>p 7</b>  |
| <b>面向未来的战略布局</b> ..... | <b>p 12</b> |
| <b>区域洞察</b> .....      | <b>p 17</b> |
| <b>研究方法</b> .....      | <b>p 26</b> |

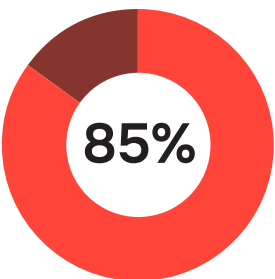
# 前言

## 软件在机器人技术中的角色演进

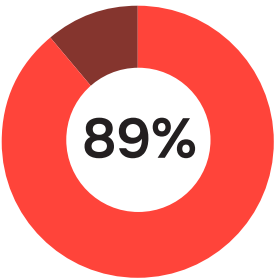
当下的机器人行业正经历着一场空前的变革与创新浪潮。过去20年间以惊人速度发展的各项技术，正因高效的AI创新崛起而得到进一步增强，其中包括功能强大且运行稳定的物理AI系统。

然而，从事机器人技术工作的软件开发者和工程师正面临着前所未有的压力，因为他们试图在系统中安全地利用确定性实时执行的潜力，以支持机器人在多种场景中与人协同工作。与此同时，他们须确保达到前所未有的精度和安全水平，以满足不断发展且日趋严格的行业标准和法规，并持续应对包括网络安全威胁在内的多重风险。

在此背景下，我们对1,000名从事商业机器人项目，来自北美、欧洲和亚洲的软件开发者和工程师开展了调研，以深入了解在软件架构与开发流程持续演进的过程中，他们所面临的挑战。



受访者预计，未来三到五年内，软件在机器人技术中的作用将会提升



受访者认为，在此期间，基于物理AI的机器人将对其企业的机器人技术战略至关重要

他们的回答证实了软件架构在机器人系统中的主导地位正日益增强，并突显出行业亟需投入于架构能力，以满足未来的机器人系统需求。在来自七个国家的所有受访者中，超过八成（85%）的开发者 and 工程师预计，未来三到五年内，软件在机器人技术中的作用将会提升。近九成（89%）认为，在此期间，基于物理AI的机器人将对其企业的机器人技术战略至关重要。

总体而言，我们的研究结果描绘了这样一幅行业图景：站在机器人技术新时代的交汇点上，创新者们正努力重塑各自的战略与流程。尽管充满着不确定性，但这无疑是振奋人心的时代。



**Jim Hirsch**  
QNX通用嵌入式市场全球销售副总裁

## 执行摘要

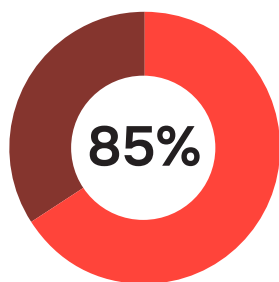
由安全控制器、视觉和主计算机以及微控制器组成的混合架构在机器人软件架构中占据主导地位：

### 64%

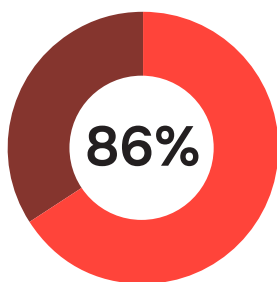
受访者采用混合架构

### 九成

企业使用通用操作系统来运行至少部分实时或安全关键型任务；随着未来规模扩展的需求增加，这一模式将难以持续。



所有受访者



使用通用操作系统的受访者

.....会考虑更换当前的操作系统，原因包括对性能、网络信息安全、可扩展性、集成性或成本的担忧。

### 带来最大合规挑战的监管/行业标准：



网络安全监管要求

51%



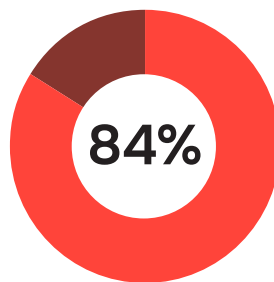
机器人与自主系统的功能安全标准

49%

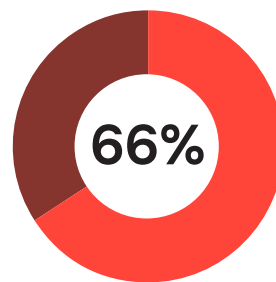


与机器人技术相关的AI/机器学习法规

44%



受访者认为，机器人开发者在按时、按预算交付层面受到的压力可能会导致其在功能安全等关键方面做出妥协



受访者曾因需要获取特定行业的认证而导致项目延期

### 未来展望：

### 89%

受访者认为，未来三到五年内，基于物理AI的机器人将对其企业的机器人技术战略至关重要

### 85%

受访者预计，未来三到五年内，软件在机器人技术中的作用将会提升

### 95%

全球受访者表示确定性实时执行对其业务很重要，其中.....

### 99%

美国

### 98%

中国

### 97%

英国

鉴于这些担忧在可预见的未来将会持续存在，有充分理由投入于一种可扩展的基础软件架构，以满足虚拟化和RTOS的需求，并确保遵循所有相关法规。

# 是否足以胜任？

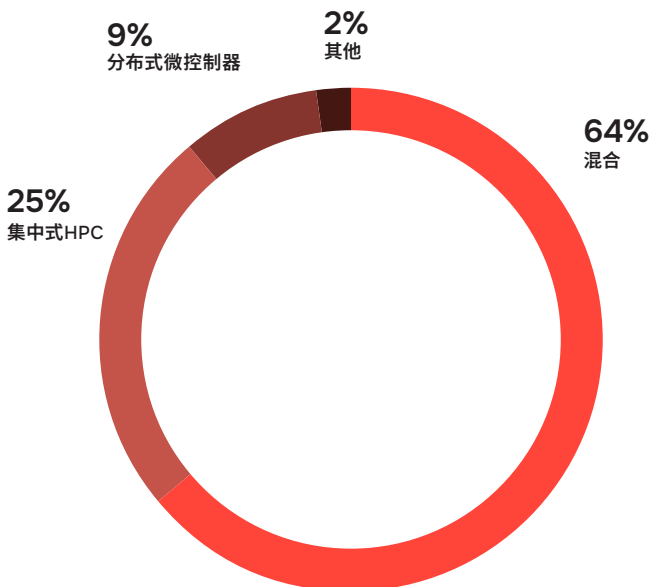
## 机器人系统的发展愿景与当前能力之间的差距

当前，机器人技术处于变革转型期，开发者和工程师们正致力于打造新的系统，以满足在精度、效率和安全性方面前所未有的需求。我们的研究揭示了目前北美、欧洲和亚太地区所使用的机器人系统的性质和能力。同时，该研究也凸显了软件开发者和工程师在开发新一代机器人系统时面临的困难——这些系统不仅需要具备实时确定性，还需要具备利用物理AI和其他新兴技术的能力。

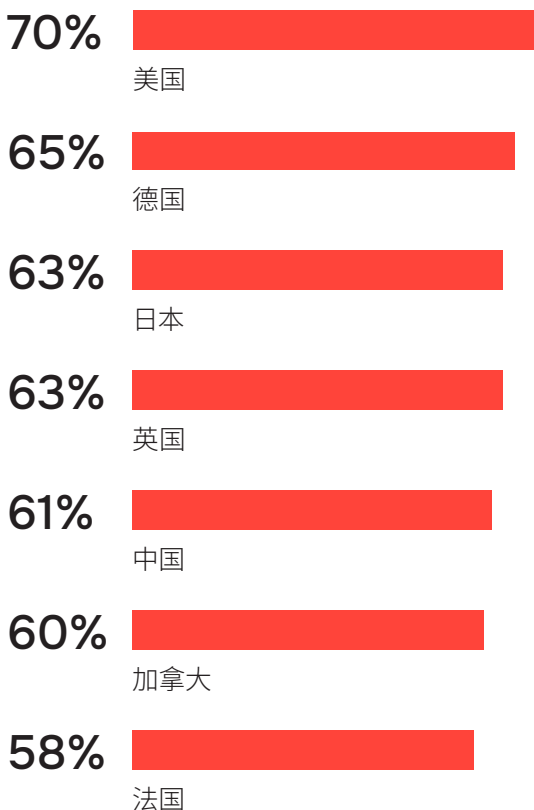
## 近三分之二的机器人系统基于混合架构

混合架构由安全控制器、视觉和主计算机以及微控制器组成，是当前机器人系统中最常见的架构底座，为64%的受访企业所采用。采用该架构的企业比例在美国最高，高达70%；在法国最低，但即便如此，仍达到了58%。在所有七个国家中，仅有25%的企业采用了集中式HPC架构，不过在中国，这一比例达到了35%。

## 当前被企业采用的系统架构



## 各国企业对混合架构的采用比例：



## 软件开发往往比硬件开发消耗更多资源

混合架构可以增强系统能力，但也可能引入额外的复杂性和风险。这正是企业相较于机器人硬件开发，往往倾向于将更多工程时间和资源投入到机器人软件开发上的原因。近四成（39%）受访者表示情况确实如此，而认为硬件占用了更多时间和资源的受访者仅占20%。另有29%的受访者表示，开发资源在软件和硬件之间的分配大致相当。

各国受访者的回答有所不同：美国企业最倾向以软件开发为主导；而在加拿大和德国，企业将开发资源在硬件和软件之间平均分配的可能性与优先考虑软件的可能性一样大。与其他地区相比，中国企业相对更倾向于在硬件开发上投入更多时间和资源，但即便如此，软件开发仍然更可能被优先考虑。



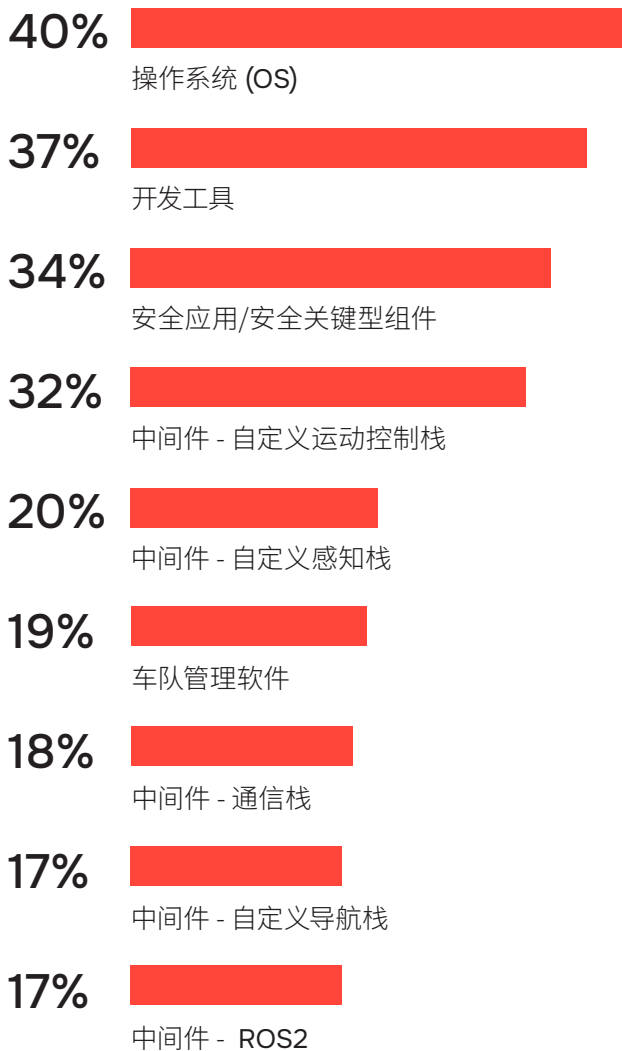
## 过去您在哪些方面投入了更多的工程时间和资源？

|         | 平均值 | 美国  | 英国  | 德国  | 法国  | 日本  | 中国  | 加拿大 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 软件开发    | 39% | 43% | 33% | 42% | 41% | 42% | 38% | 29% |
| 硬件开发    | 20% | 15% | 22% | 12% | 25% | 23% | 32% | 22% |
| 大致相同    | 29% | 26% | 32% | 42% | 27% | 29% | 20% | 29% |
| 视具体应用而定 | 11% | 16% | 13% | 4%  | 7%  | 6%  | 10% | 20% |

## 机器人软件架构涉及众多组件，带来重重开发挑战

当被问及“哪些软件组件对其企业的机器人系统最为关键”时，受访者最常提及的是操作系统 (OS) ——占40%，其次是开发工具 (37%)、安全应用 (34%) 以及用于控制运动功能的自定义中间件 (32%)。不同国家的受访者回答存在显著差异，这表明在机器人软件栈的多个组件上开展工作并管理相关风险，可能会给开发者带来挑战。

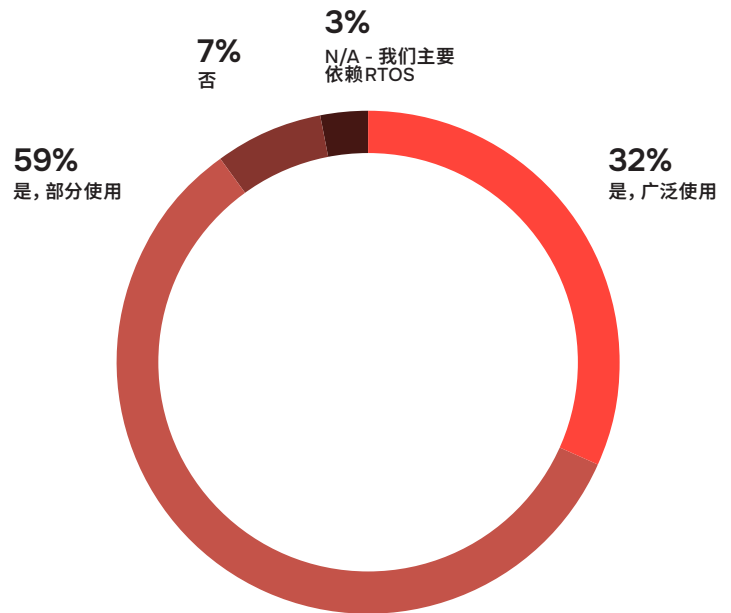
### 企业机器人系统中最关键的软件组件



## 机器人技术领域的愿景与现有系统能力之间的差距日益扩大

超过九成 (91%) 的受访者表示，其所在企业使用Linux等通用操作系统来运行至少部分实时或安全关键型任务。近三分之一 (32%) 的受访者表示，其所在企业“广泛”采取这种做法。

### 您目前是否使用通用操作系统 (如Linux) 来运行实时或安全关键型任务?

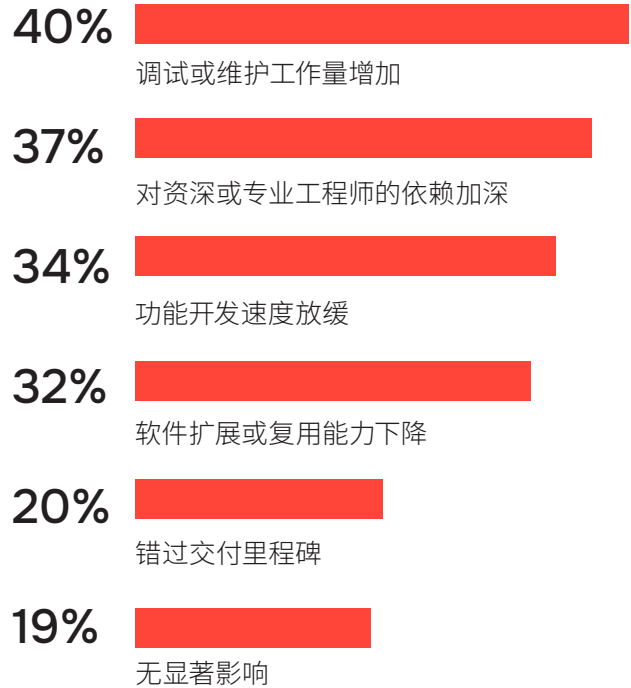


在机器人技术对安全、可靠的实时确定性性能要求迅速提升的今天，这种对通用操作系统的广泛依赖，凸显出企业对其机器人系统的愿景与这些系统所依赖的软件架构能力之间的差距正日益扩大。正如下一节将探讨的，这一鸿沟与其他制约因素共同作用，使得企业难以充分发挥物理AI等新兴机器人技术的潜力。



大量受访者表示，与架构相关的挑战经常会影响开发团队。这些挑战包括调试与维护工作量增加（51%的受访者提及，其中中国受访者占70%，美国占60%）、对资深或专业工程师的依赖加深（43%）以及功能开发速度放缓（43%）。

### 架构相关挑战对开发团队最常见的影响



受访者最常指出，“集成复杂性”是软件开发过程中面临的最大挑战：42%的受访者持此观点，其中日本和美国的这一比例均高达49%。“调试与测试”是第二大常见挑战，41%的受访者提及，其中中国受访者的提及率高达60%。

所有这些发现都表明，软件架构的现状与能力已成为影响机器人系统质量、部署速度和性能的关键战略因素。架构不再仅仅是后台、下游的技术问题。

## 架构、监管、能力缺口和预算压力：

### 阻碍机器人性能表现和开发工作的障碍与风险

#### 有缺陷的软件架构带来的后果

当被问及“当前哪些因素最限制机器人系统在实际应用中的性能表现”时，受访者最常提及的是“软件架构与集成”。超过四分之一（27%）的受访者认为这是关键因素，其中美国（35%）、中国（34%）和英国（33%）均有至少三分之一的受访者持此观点。

#### 当前最限制机器人系统实际性能的因素



## 监管要求制约了机器人系统的开发与性能表现

机器人系统性能表现和开发工作的第二大主要障碍是监管。正如前文所述，监管或部署方面的限制是影响机器人系统实际性能的第二大因素，并且在法国、德国和加拿大，这是被提及最多的限制因素。此外，监管合规也是机器人软件开发过程中排名第三的主要挑战。

各国都有大量受访者表示，其机器人团队在遵循一系列网络安全、功能安全、AI与机器学习以及数据方面的法规要求时面临挑战。其中，三分之二（67%）的中国受访者提到了针对“机器人与自主系统的功能安全标准”；而近六成英国受访者提及网络安全（59%）和AI与机器学习（58%）方面的法规。

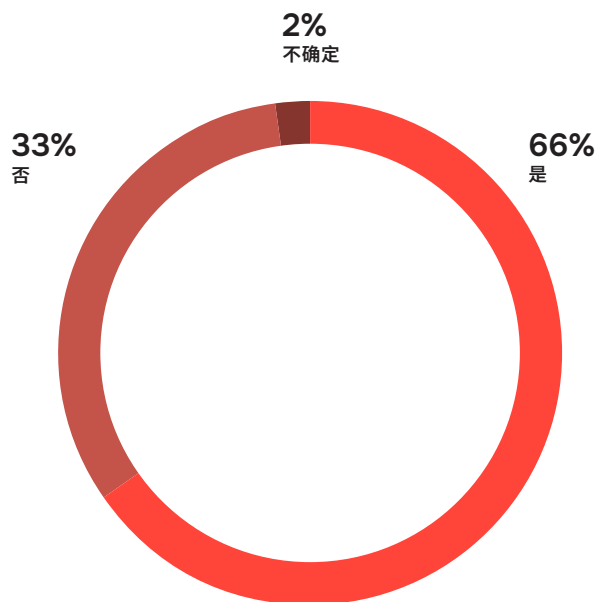
### 带来最大合规挑战的监管/行业标准：

|   |                    |     |
|---|--------------------|-----|
|  | 网络安全监管要求           | 51% |
|  | 机器人与自主系统的功能安全标准    | 49% |
|  | 与机器人技术相关的AI/机器学习法规 | 44% |
|  | 人机交互与协作机器人安全要求     | 38% |
|  | 数据隐私与数据处理法规        | 37% |

## 认证要求可能成为项目延期的重要原因

三分之二（66%）的受访者报告称，曾因需要获取特定行业的认证而直接导致项目延期，这一比例在德国（70%）和英国（69%）升至约七成。这表明认证并非只是次要问题，而是制约机器人开发进度的结构性因素。

### 您是否曾因需要获取特定行业的认证而导致项目延期？



对于许多组织而言，最有效的应对方式是从架构层面着手：复用专为安全关键型系统设计的预认证软件组件。这一方法不仅能缩短认证周期，更可以降低集成风险和持续维护成本。



### 几乎所有受访者都预计监管能跟上技术快速发展的步伐

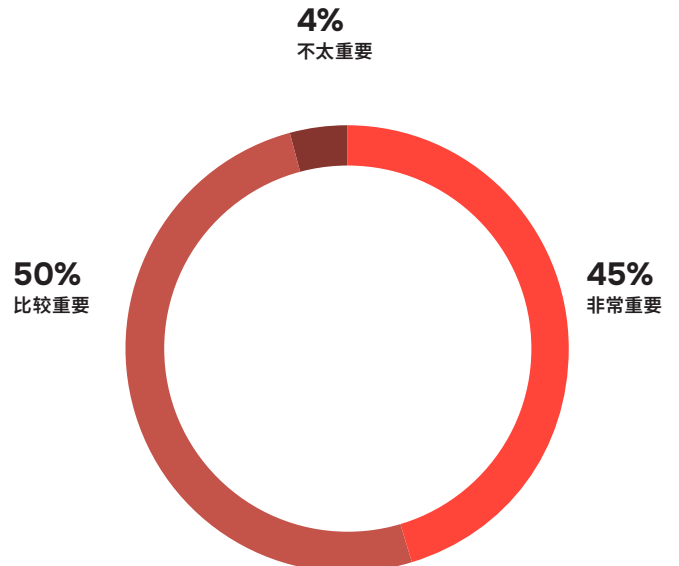
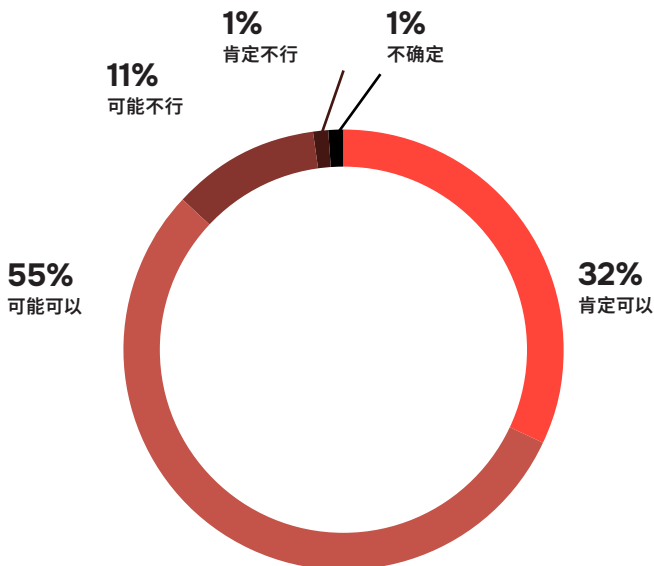
大多数受访者预计监管框架能够迅速演进，以跟上机器人技术的创新步伐及其日益增长的复杂性。近九成（87%）受访者认为这些框架“肯定”或“可能”具备这种能力，其中95%的美国受访者持这一观点。而在所有七个国家中，平均有32%的受访者认为，监管“肯定”能跟上这些变化。

### 对确定性实时性能的需求

在现实条件下，企业需要构建和部署满足日益复杂的使用场景需求（包括确定性实时执行）的机器人系统，这使得监管合规变得愈加困难。95%的受访者表示，确定性实时执行对其业务“非常”（45%）或“比较”（50%）重要。持这一观点的受访者比例在美国为99%，中国为98%，英国为97%。

您认为监管框架在现实中是否能够以足够快的速度演进，从而跟上机器人系统的创新步伐及其日益增长的复杂性？

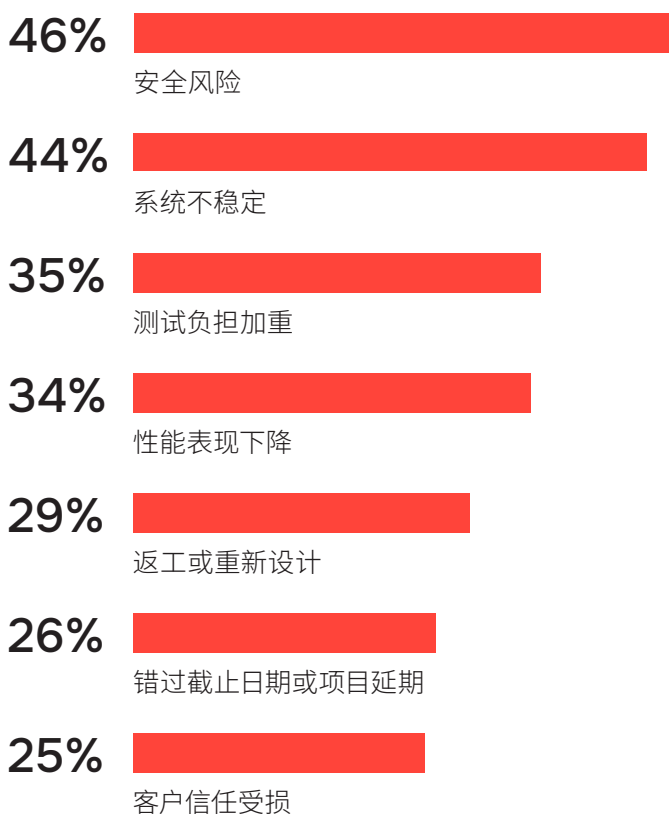
在您所在的组织开发的机器人系统中，确定性实时执行有多重要？



## 与非确定性系统行为相关的风险

我们向受访者询问了非确定性系统行为在其机器人项目中可能产生的影响。最普遍的担忧是安全风险增加和系统稳定性下降，近半数受访者提及了这两点。超过三分之一的受访者还提及了测试负担加重和性能表现下降。

### 在您的机器人项目中，非确定性系统行为可能带来的最大影响是什么？

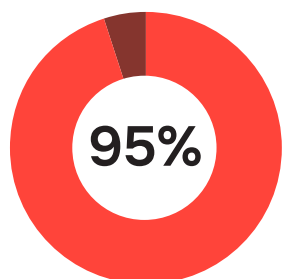


在认为实时确定性至关重要的受访者中，几乎所有人（95%）都确信，其系统架构在实际工作负载下能够持续提供确定性行为。然而，当被问及当前的软件架构能否扩展以应对未来三到五年内更严苛的实时工作负载时，这种信心便开始动摇。

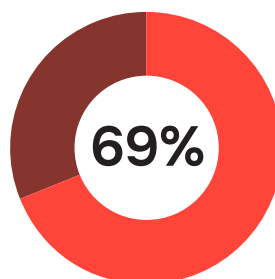
只有25%的受访者确信其现有架构能够“显著”扩展，而58%的受访者认为其架构仅能“适度”扩展。中国、英国和美国的受访者对扩展能力的信心较高，而日本受访者的信心最低。

这种差异表明，当前机器人系统中的确定性是通过精细的约束与优化来实现的，而非依赖于本身就具备长期可扩展能力的架构设计。

对系统能力、可扩展性和合规性的这些担忧，解释了为何近七成受访者对与机器人故障或失灵相关的潜在法律责任感到“比较”或“非常”担忧。受访者对此担忧程度最高的地区依次是英国（80%）、日本（78%）和美国（77%）。此外，当被问及“谁应为涉及机器人系统的故障或失灵承担主要责任”时，32%的受访者最常指出制造商应承担责任，其次是软件供应商（22%）和系统集成商（20%）。



受访者确信，其系统架构在当前的实际工作负载下能够持续提供确定性行为

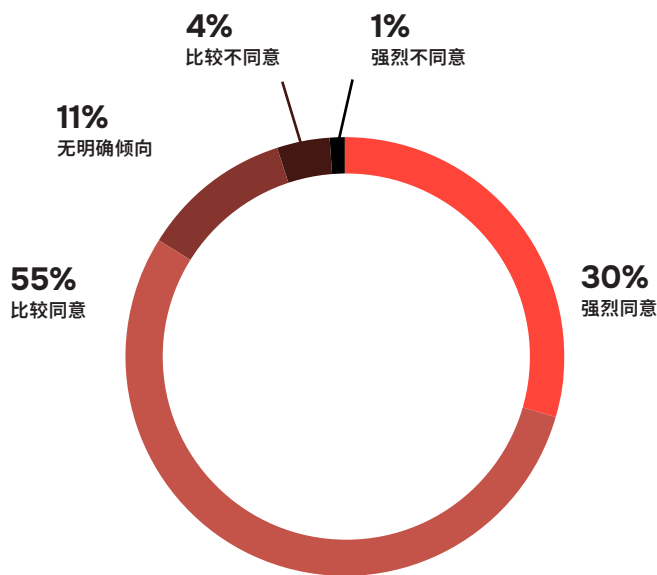


受访者对与机器人故障或失灵相关的潜在法律责任感到“比较”或“非常”担忧

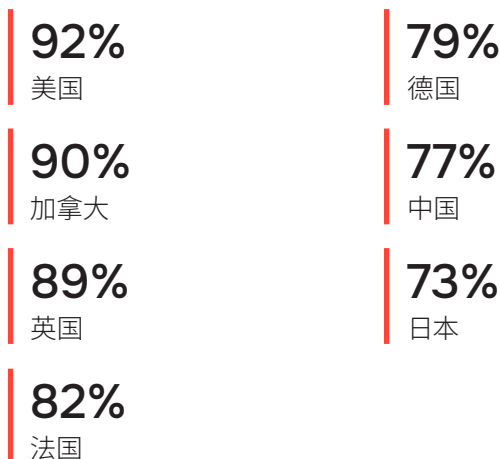
## 预算限制带来了额外压力

在当前技术创新日新月异的背景下，大多数受访者（84%）认为，交付期限或预算压力可能导致机器人开发者在安全性等关键环节做出妥协——这一结果并不令人意外。调查显示，30%的受访者“强烈认同”这一观点。在美国（92%）、加拿大（90%）和英国（89%），约九成的受访者对此表示认同。

### 机器人开发者在按时、按预算交付层面受到的压力是否可能导致其在安全等关键方面做出妥协？



### 各国家表示“同意”的受访者百分比



当被问及“机器人系统开发过程中最大的软件相关成本”时，受访者最常提及的是工程时间（28%），且显著高于其他选项的提及率。“测试和验证”是提及率第二高的成本（22%）。

### 在您的机器人系统中，最大的软件相关成本是什么？

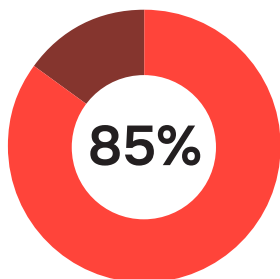


显然，除了技术挑战和监管要求之外，预算与商业层面的压力也进一步增加了机器人部署过程中开发者和工程师所面临的挑战与风险。在下一节中，我们将探讨在合理控制成本的同时，可以采取哪些措施来应对这些挑战和风险。

# 规划机器人技术的未来成功之道

机器人行业领导者可以采取行动，在开发与部署完全符合用途且合规的系统时，缩减所需的时间与资源投入。

首先，他们必须解决与软件架构相关的问题，因其如今对系统开发和性能表现都产生了重大影响。事实上，85%的受访者表示，预计未来三到五年内，软件在机器人技术中的作用将会提升。



受访者预计，未来三到五年内，软件在机器人技术中的作用将会提升

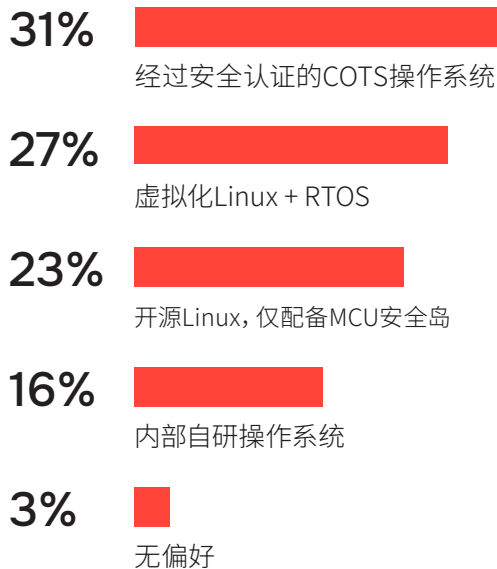


## 预算限制带来了额外压力

随着机器人系统日益向“软件定义”方向发展，操作系统策略已成为一项基础性的架构决策，它决定了系统能否实现安全扩展、满足监管要求，并长期支持混合关键性工作负载。我们的调查结果显示，目前已有多种策略可以满足开发者的需求。经过安全认证的商用现成（COTS）操作系统是最常见的选择，能满足31%的企业。值得注意的是，尽管目前全球高达91%的受访者仍依赖通用操作系统来运行安全关键型任务，在法国、德国、日本和美国，选择COTS已成为最普遍的战略共识。

与此同时，27%的受访者采用了将虚拟化Linux与实时操作系统（RTOS）结合使用的策略，这在加拿大、中国和英国最为常见。此外，23%的企业使用开源的Linux操作系统，结合微控制器的安全岛设计。

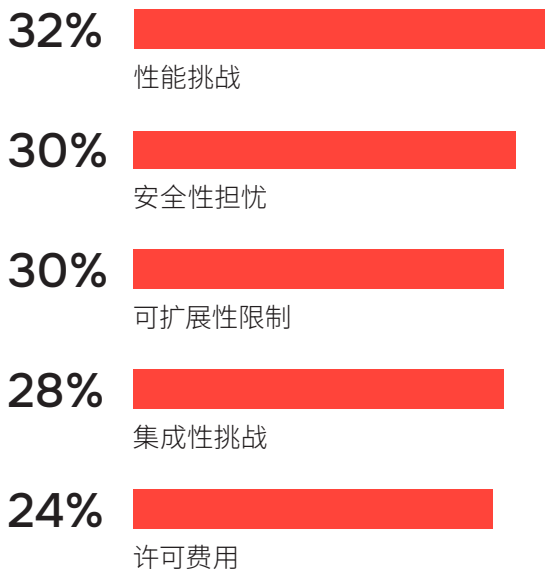
## 哪种操作系统策略最能满足您当前的需求？



超过八成的受访者 (85%) 表示会考虑更换当前的操作系统, 其中86%正在使用通用操作系统的受访者对更换持开放态度。促使他们考虑更换的原因, 可能包括对性能挑战、安全性、可扩展性、集成性和成本的担忧。

当被问及选择新操作系统最重要的考虑因素时, 受访者最常提及的是安全性。但也有相当一部分受访者指出, 系统需要支持实时确定性性能表现, 以及具备安全认证、可扩展性和易集成性。

### 受访者\*可能考虑更换现有操作系统的五大原因:

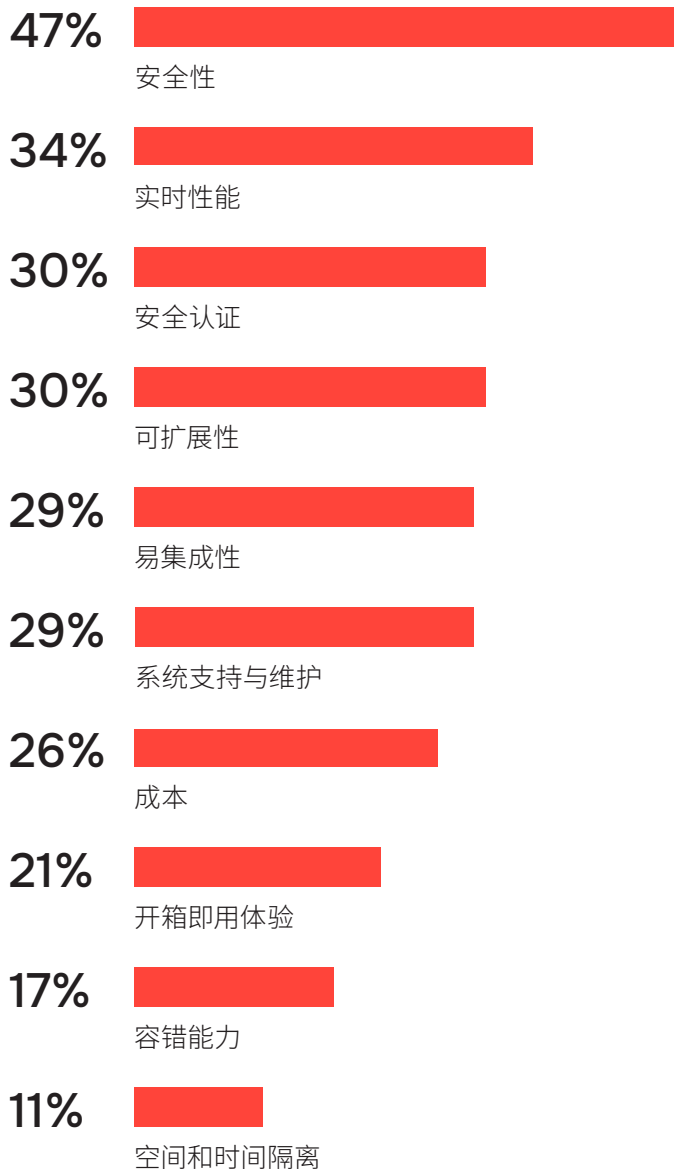


\*针对会更换或考虑更换现有操作系统的受访者

变更操作系统策略固然会引入额外的复杂性与风险, 但如果企业期望充分释放先进架构的全部潜力, 以支持不断演进且可扩展的机器人系统, 这一转变可能是必要的。

众多开发者与工程师对“实时确定性执行”重要性的高度共识也印证了一点: 如果企业尚未将RTOS纳入其软件架构, 那么引入RTOS很可能会使其获益。

### 选择新操作系统最重要的考虑因素

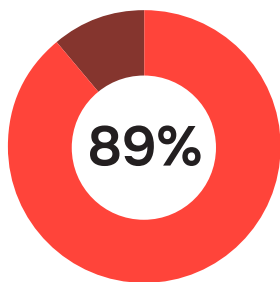
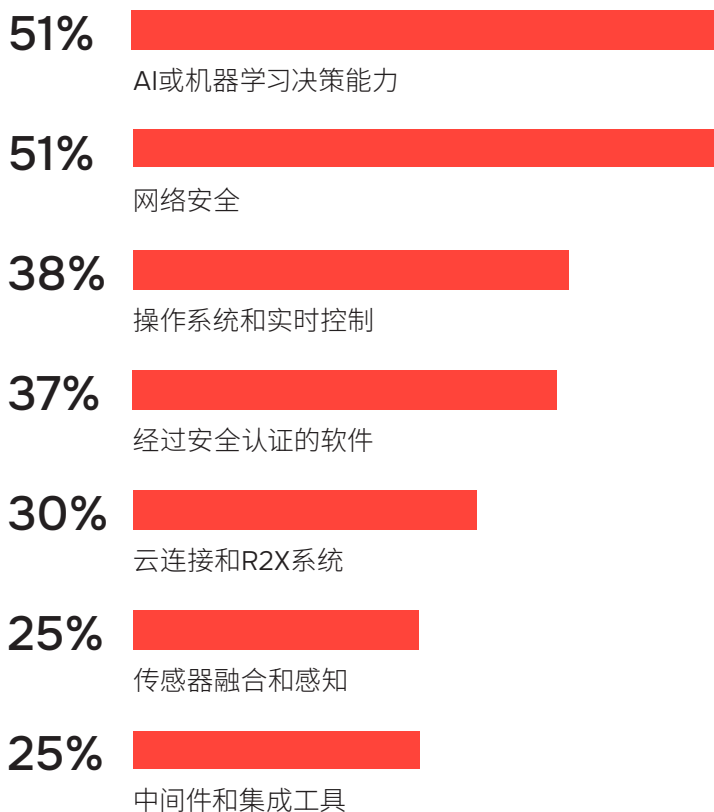


鉴于这些担忧在可预见的未来将会持续存在, 有充分理由投入于一种可扩展的基础软件架构, 以满足虚拟化和RTOS的需求, 并确保遵循所有相关法规。

## 未来的预算重点

高达85%的受访者预计，未来五年内软件将在机器人技术中扮演更重要的角色。在这一群体中，近四成（38%）认为“操作系统和实时控制”将成为预算决策中的优先事项。然而，AI/机器学习决策能力和网络安全功能被认为是最可能在预算中优先考虑的两个领域，两者均获得了超过半数受访者的选择。

### 您预计未来三到五年内，机器人软件的预算将转向何处？

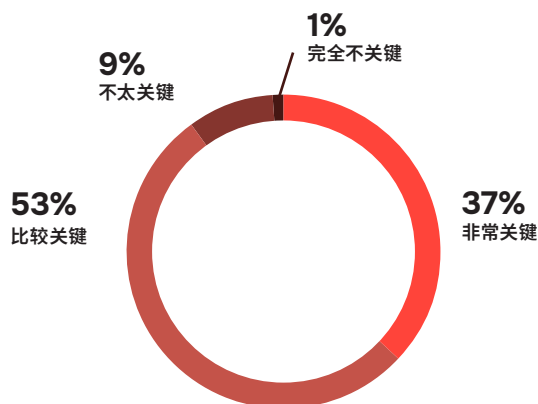


受访者认为，未来三到五年内，基于物理AI的机器人将对其企业的机器人技术战略至关重要

## 物理AI的重要性与日俱增

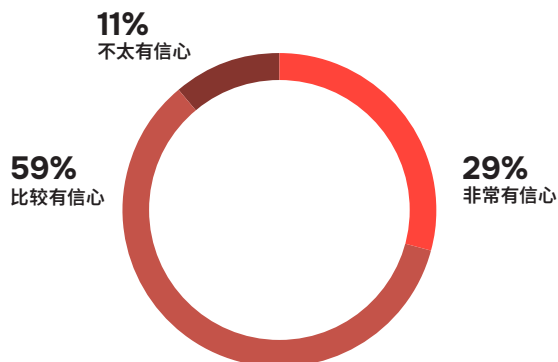
基于物理AI的机器人技术使机器人能够在物理环境中感知、推理并自主行动。九成的受访者（90%）认为，未来三到五年内，该技术将对其企业的机器人技术战略至关重要。在中国工作的受访者中，这一比例升至95%，其中近六成（58%）的受访者表示，物理AI对其“非常”关键。

### 未来三到五年内，物理AI对您的有多关键？



受访者的想法与其他研究人员的观点一致：PwC预计，至2030年，全球物理AI的市场规模可能高达4,300亿欧元。(5,000亿美元)<sup>11</sup> 我们的受访者普遍看好物理AI的长期潜力，但各方的实际准备度仍有差异。仅有29%的受访者对其能够在现实环境中做出安全、可预测的决策表示“非常有信心”。

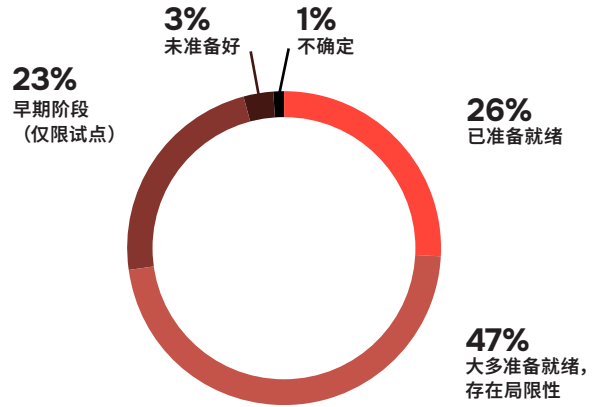
### 您对物理AI机器人系统在安全关键型场景中做出一致且可预测的决策有多大信心？



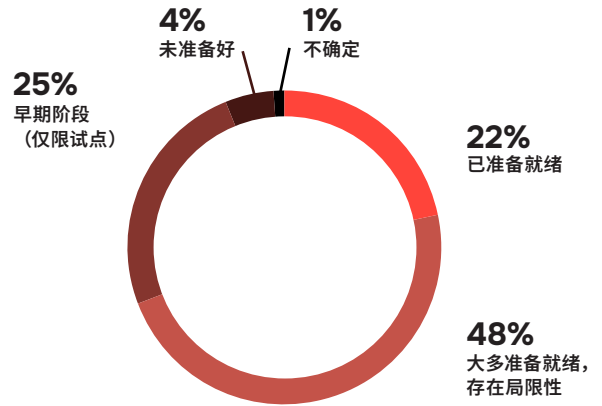


您认为当今机器人行业在多大程度上已做好准备，能够大规模支持以下技术？

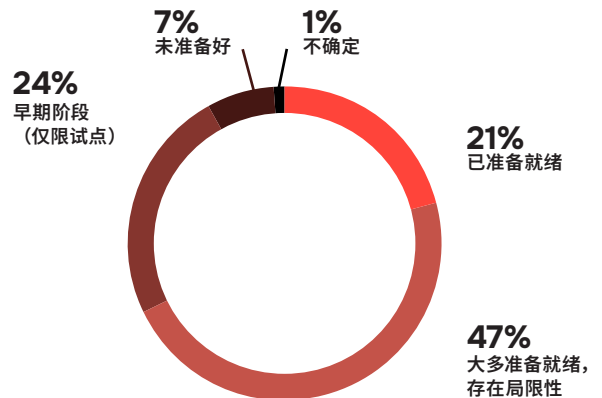
### 机器人即服务 (RaaS) 商业模式



### 机器人连接万物 (R2X)



### 人形机器人 (商用/工业用)



### 未来三到五年内机器人技术发展的优先事项

受访者最倾向于将“AI能力的提升”列为未来三到五年内机器人技术发展的首要任务之一。近半数 (48%) 受访者持此观点，这一比例远高于其他热门选项: 安全认证与监管合规 (36%)、运营效率 (32%) 以及成本降低 (29%)。

### 未来三到五年内机器人技术发展的优先事项



我们还邀请受访者评估了当前机器人行业在以下三个方面的准备就绪度: 机器人即服务 (RaaS) 商业模式、机器人连接万物 (R2X)，以及在商业或工业场景中的人形机器人应用。大多数受访者认为，上述三者如今均已具备落地部署的条件，或是已基本准备就绪但仍存在一定局限性。



## 担忧与期待

受访者对机器人技术的未来表达了一些担忧。

### 受访者提及的主要担忧包括：

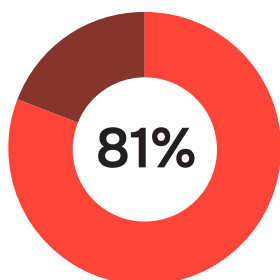
**45%** 安全威胁或漏洞

**39%** 监管或合规负担

**39%** 技能短缺

**32%** 消费者信任度或接受度

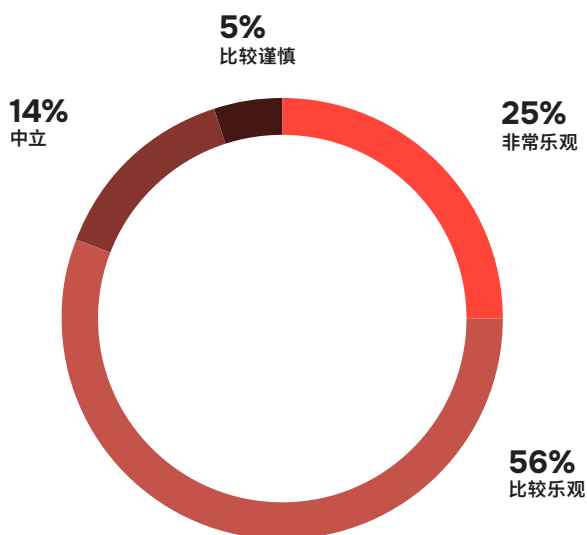
**30%** 创新步伐放缓



受访者表示对机器人行业的发展速度持乐观态度

然而，超过八成（81%）的受访者表示对机器人行业的发展速度持乐观态度，这一比例在英国为93%，在美国为88%。同时，在英国（38%）和美国（34%），均有超过三分之一的受访者表示“非常”乐观；而在中国，这一比例为33%。

### 受访者对机器人行业发展速度的看法：



## 区域洞察

### 北美地区

在美国工作的机器人软件开发者和工程师采用混合软件架构的比例最高，达到七成，这一比例在整体受访样本中为64%。同时，他们最常将“软件架构与集成”视为当前限制机器人系统实际性能表现的最大瓶颈：超过三分之一（35%）的美国受访者持此观点，高于所有受访七国27%的平均水平。此外，美国受访者也更倾向于将操作系统视为其机器人系统中最关键的组件之一：58%的受访者认同这一点，而七国平均比例仅为40%。

在加拿大，“监管与部署限制”是被提及最多的制约机器人实际性能表现的阻碍，其受关注程度超过了软件架构、系统集成以及数据可用性 or 数据质量。此外，加拿大受访者也更倾向于将“机器人和自主系统的功能安全标准”以及“AI与机器学习法规”视为企业面临的最大的合规挑战。

在美国，“网络安全要求”最常被提及为主要的合规挑战。紧随其后的是“功能安全标准”——在美国，提及该标准的受访者比例高于除中国外的任何其他国家。

几乎所有美国受访者（99%）都表示，“确定性实时执行”在其企业开发的机器人系统中占据重要地位，其中61%的受访者认为“非常”重要。这两项比例均为所有受访国家中的最高水平（全样本的平均值分别为95%和45%）。与此同时，加拿大受访者相比除中国外的其他任何国家的受访者都更倾向于认为，未来三到五年内，机器人软件预算将转向AI/机器学习决策领域。




美国和加拿大的受访者最倾向认同“交付期限或预算压力可能导致机器人开发者在安全性等关键环节做出妥协”这一观点。其中，美国92%、加拿大90%的受访者同意这一观点，而样本平均值为84%。

## 超过九成




北美受访者认同，交付时间与预算限制带来的压力，或将导致机器人开发者在安全性等系统关键环节上做出妥协。

### 带来最大合规挑战的监管/行业标准

#### 美国

|   |                  |     |
|---|------------------|-----|
|  | 网络安全要求           | 57% |
|  | 机器人和自主系统的功能安全标准  | 55% |
|  | 与机器人相关的AI和机器学习法规 | 48% |

#### 加拿大

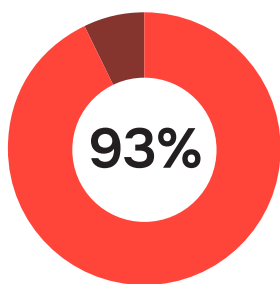
|   |                  |     |
|---|------------------|-----|
|  | 机器人和自主系统的功能安全标准  | 48% |
|  | 与机器人相关的AI和机器学习法规 | 47% |
|  | 网络安全要求           | 41% |

## 英国

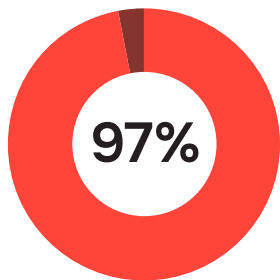
截至目前，三分之一的英国企业（33%）在软件开发上投入的工程时间和资源多于硬件开发——这一比例在受访的所有七个国家中排名倒数第二；另有32%的英国企业表示，开发资源在软硬件之间平分。

但近九成（89%）的受访者预计，未来三到五年内，软件在机器人技术中的作用将会提升。33%的受访者表示，“软件架构与集成”是当前限制机器人系统实际性能表现的最大瓶颈——这一比例略低于美国和中国。显然，英国受访者深知软件在决定机器人系统成败方面的重要性正逐步增加。

在评估“企业现有架构能否于实际工作负载下持续提供确定性行为”时，英国受访者是最有信心的群体之一：97%对此充满信心。然而，与其他地区的受访者相比，他们也更倾向于认为遵循“网络安全要求”以及“AI和机器学习法规”构成了重大挑战：近六成（59%和58%）受访者对这两类法规持此看法，高于所有受访国家的平均比例（51%和44%）。



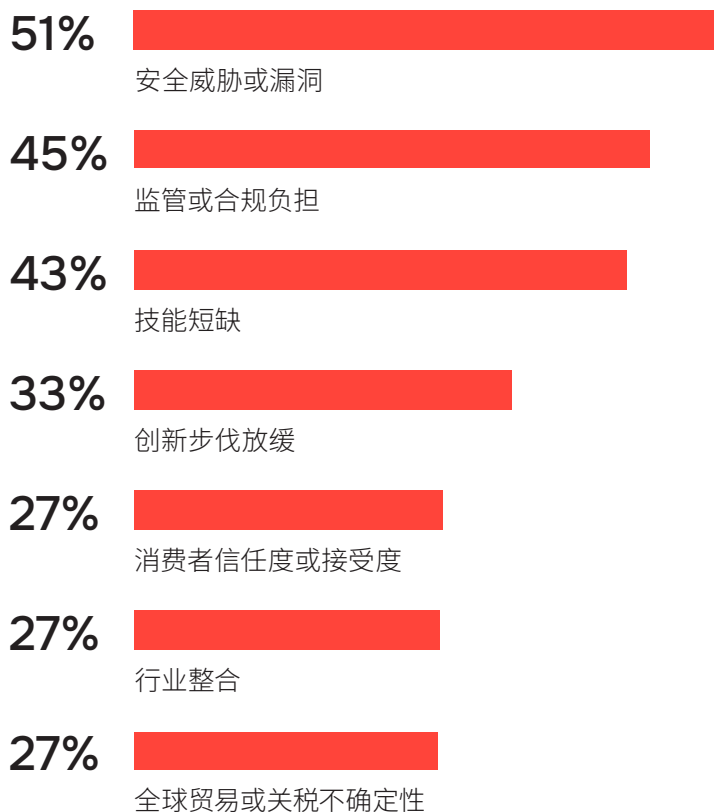
英国受访者对机器人行业的发展速度持乐观态度



英国受访者对其企业现有架构能于实际工作负载下持续提供确定性行为表示有信心

对这两项监管问题的关注反映了更广泛的担忧，英国受访者更常将合规问题视为机器人技术未来发展的挑战。此外，在将“安全威胁或漏洞”视为主要关注点的群体中，英国受访者的比例也位居前列，仅次于中国。

### 您最担心哪些因素可能会影响到机器人开发行业的未来发展？



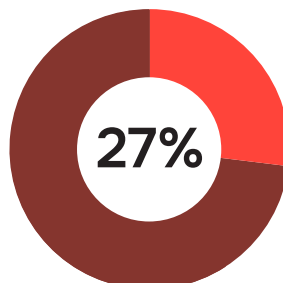
尽管面临这些挑战，英国受访者对机器人行业的发展速度最为乐观。总体而言，93%的受访者持乐观态度，而全样本比例为81%，其中38%的受访者表示“非常乐观”。

## 法国

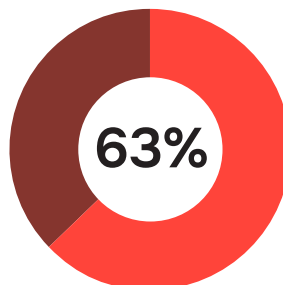
法国受访者最倾向于将“实现监管合规”视为软件开发过程中的一项重大挑战，43%的受访者持此观点，高于对其他挑战的关注（如38%的受访者提及“开发周期长”，31%提及“集成复杂性”）。

相较于其他地区的受访者，他们也更倾向于将“监管或部署限制”视为当前限制机器人系统实际性能表现的最大瓶颈：27%的人持此观点，而所有受访国家的平均比例为21%。

**相较于其他地区，法国的开发者和工程师更倾向于将“监管或部署限制”视为当前限制机器人系统实际性能表现的最大瓶颈**



法国受访者将“监管或部署限制”视为当前限制机器人系统实际性能表现的最大瓶颈



法国受访者预计，机器人软件预算将转向网络安全领域

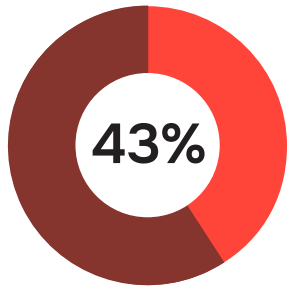


法国受访者认为网络安全相关的法规最具挑战性，且最常将“安全威胁或漏洞”视为机器人技术未来发展的隐忧。除日本外，法国受访者中预期“机器人软件预算将转向网络安全领域”的比例也高于其他所有国家：63%的受访者持此观点，而全样本比例为51%。

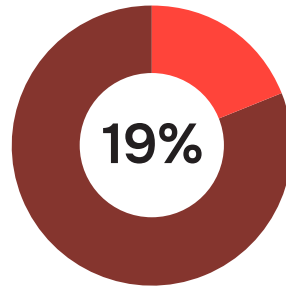
调查结果显示,与其他一些国家相比,法国受访者对其机器人系统的技术实力表现出更广泛的信心。在评估影响开发团队的架构相关挑战时,法国受访者提及“调试或维护工作量的增加”的比例低于其他受访地区;他们(与德国并列)也最不可能将“调试与测试”视为软件开发过程中的最大挑战之一。

这或许能部分解释,为什么在面对“与机器人系统故障或失灵相关的潜在法律责任”时,法国受访者的担忧程度低于除德国的其他所有受访国家。尽管仍有过半(55%)的法国受访者对此表示担忧,但这一比例已远低于英国、日本和美国的同行。

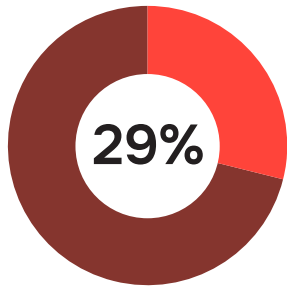
同样,在指出限制当前机器人系统实际性能表现的因素时,他们选择“软件架构与集成”的比例位居倒数第二。



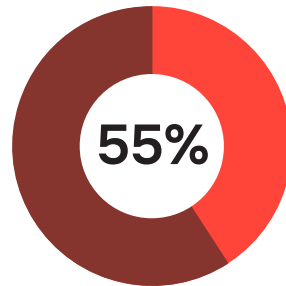
法国受访者表示,“调试或维护工作量的增加”是影响其开发团队的架构相关挑战(所有国家均值为51%)



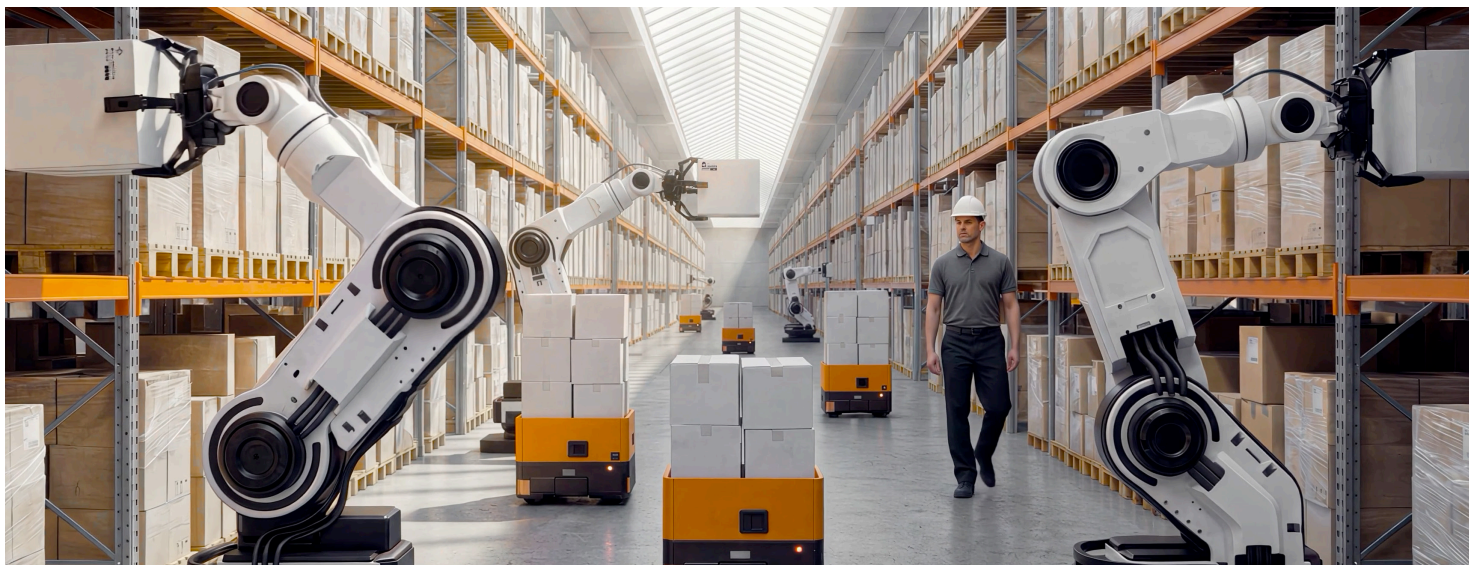
法国受访者认为,“软件架构与集成”限制了当前机器人系统的实际性能表现(所有国家均值为27%)



法国受访者将“调试与测试”视为软件开发过程中的最大挑战(所有国家均值为41%)



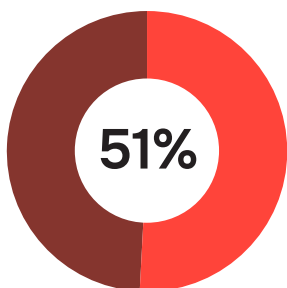
法国受访者担心“与机器人系故障或失灵相关的潜在法律责任”(所有国家均值为69%)



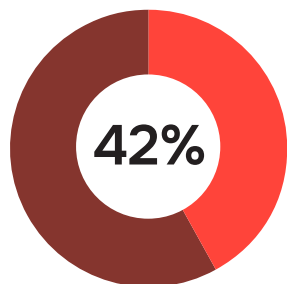
## 德国

德国的机器人软件开发者和工程师提供的调研反馈显示，在应对机器人开发中涉及的挑战与需求时，他们普遍采取了一种务实且侧重风险管控的策略。

在架构选择上，高达65%的德国企业采用了混合架构，这一比例在七个受访国中位居第二（七国平均水平为64%）。在研发投入上，虽然他们最有可能将更多的工程时间和资源投入到软件开发而非硬件开发上，但那些选择将资源等量分配的企业比例同样高居各国之首。



德国受访者表示，“安全应用和安全关键型组件”在机器人系统中为最关键

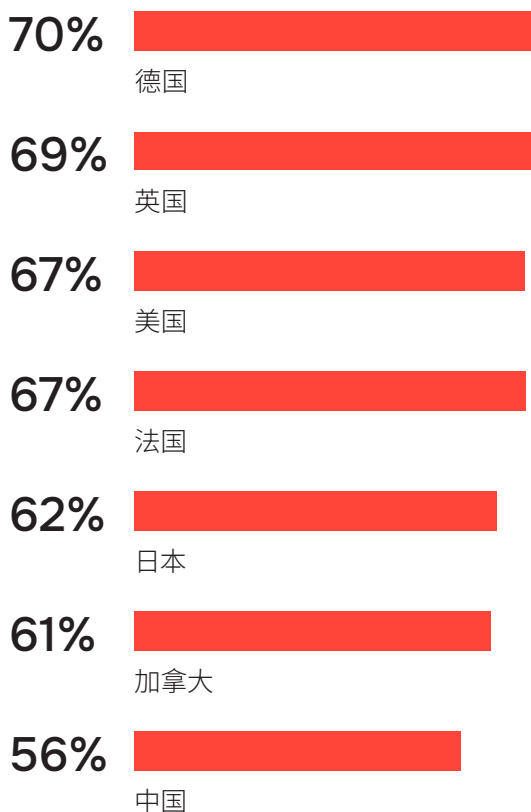


德国受访者在软件和硬件开发上分配了同等资源

与此同时，将操作系统视为“机器人系统中最关键的软件组件”的德国受访者比例在所有受访国家中垫底，仅为10%，而全样本均值高达40%。相反，51%的德国受访者将“安全应用和安全关键型组件”视为重中之重，该比例远超大多数其他受访国家。

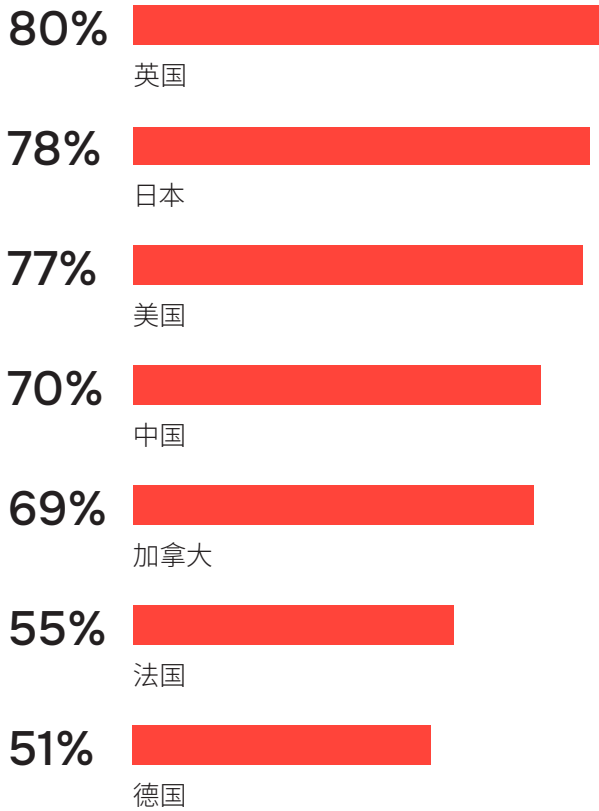
“网络安全与功能安全法规”被认为是企业面临的<sup>最大</sup>合规难题。而与其他国家相比，德国受访者因“需要获取特定行业的认证而导致项目延期”的情况更为普遍。

### 因需要获取特定行业的认证而经历项目延期的受访者比例：



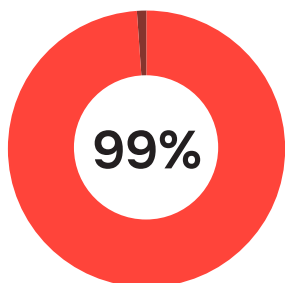
这种对规避监管与开发风险的高度专注，或许也为德国的机器人技术专家们灌输了这样的信念：在面对“交付期限或预算压力可能导致机器人开发者在安全性等关键环节做出妥协”这一观点时，他们的认同度在所有受访国中最低（仅有19%表示“强烈认同”，而全样本均值为30%）。同样，对于“与机器人系统故障或失灵相关的潜在法律责任”，他们的担忧程度也远低于其他地区。

**对“与机器人系统故障或失灵相关的潜在法律责任”感到非常担心或比较担心的受访者比例：**



## 中国

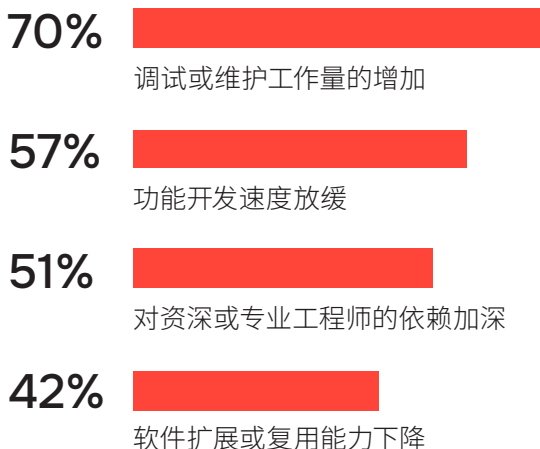
来自中国机器人软件开发者与工程师的调研反馈表明，在机器人系统开发与部署的至少某些特定方面，该国从业者普遍展现出了极强的技术自信。几乎所有人（99%）都相信，其团队能够跟上监管的发展步伐，遵循不断迭代的合规要求他地区。



中国受访者相信，其团队有能力跟上监管的发展步伐，遵循不断迭代的合规要求

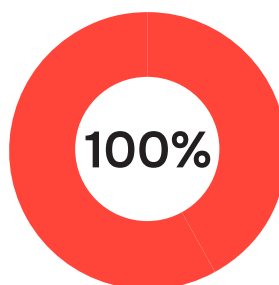
尽管如此，部分反馈表明，中国市场在开发过程中的特定环节上仍需投入更多关注。中国受访者最倾向于将“调试与测试”视为主要挑战：高达60%的受访者持这一观点，远超41%的所有受访国家平均水平。此外，当被问及影响开发团队的架构相关挑战时，他们最常提及的三大瓶颈是：“调试或维护工作量的增加”、“功能开发速度放缓”以及“因过度依赖资深或专业工程师而衍生的风险”。

### 对中国开发团队产生最大影响的架构相关挑战：



中国受访者将“安全应用或安全关键型组件”视为机器人系统关键要素的比例最低（仅为10%持此观点，而全样本均值为34%），但他们将“功能安全标准”视为主要合规挑战的比例却最高：67%的受访者持此观点，远超全样本均值49%。同时，中国受访者最倾向于表示，“安全威胁或漏洞”是他们对机器人技术未来发展的最大担忧：61%的受访者持此观点，而全样本均值为45%。

不过，中国机器人技术专家的信心也体现在这一点上：每位中国受访者都表示，其当前架构能够在实际工作负载下持续实现确定性运行。同时，近三分之一（32%）的受访者认为，其架构能够在未来三到五年内实现“显著”扩展，以应对更严苛的实时工作负载——这一比例高于其他任何国家。



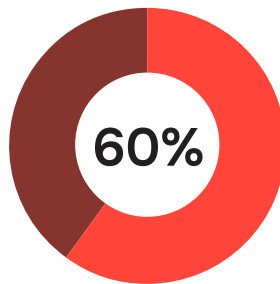
中国受访者相信，其当前架构能够在实际工作负载下持续实现确定性运行

在所有受访者中，他们也最为确信，“AI能力的提升”将成为未来三到五年机器人技术发展的首要任务之一，57%的受访者持此观点（全样本均值为48%）。他们对物理AI的进一步投入保持高度重视：58%的受访者表示，这对于机器人战略“至关重要”，而全样本均值仅为37%。此外，他们也最满怀信心地认为，其物理AI机器人系统能够在安全关键型场景中做出一致且可预测的决策：高达96%的受访者持此观点。

## 日本

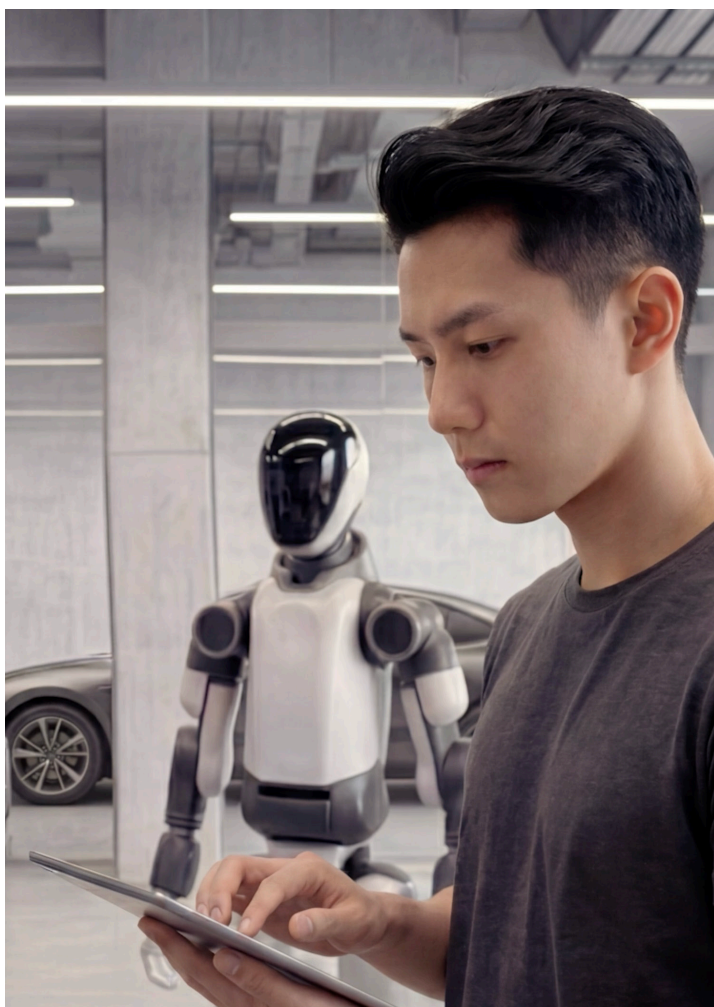
日本的机器人软件开发者与工程师极少将操作系统视为机器人系统中的关键软件组件：仅有14%的受访者持此观点，远低于40%的全样本均值。相反，他们最倾向于提及“构建系统与调试器等开发工具”：60%的受访者持此观点，而受访七国的平均水平仅为37%。此外，他们（与美国受访者并列）也最倾向于将“系统集成复杂性”视为软件开发过程中面临的最大挑战之一：49%的受访者表达了这一观点。

在承认机器人开发面临上述困难的同时，部分调研结果也表明，许多日本受访者对其团队、开发流程以及系统的当前和未来能力，相对缺乏信心。

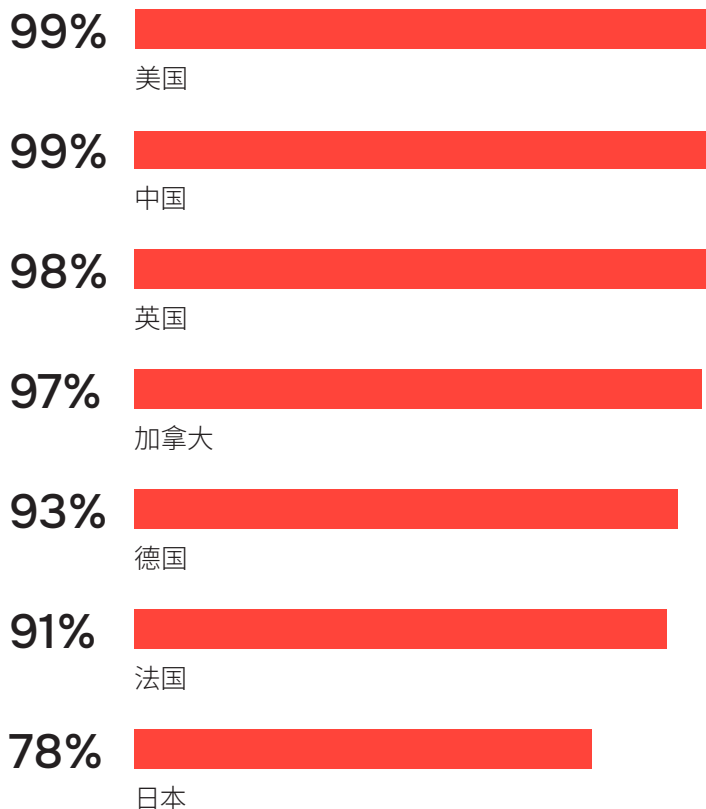


日本受访者认为，“构建系统和调试器等开发工具”是机器人系统中最关键的软件组件

在评估“其团队能否跟上不断演进的监管要求并保持合规”时，日本受访者表现得最为缺乏信心。尽管仍有近八成（78%）的受访者表示对此有信心，这一比例显著低于受访各国高达95%的平均水平。



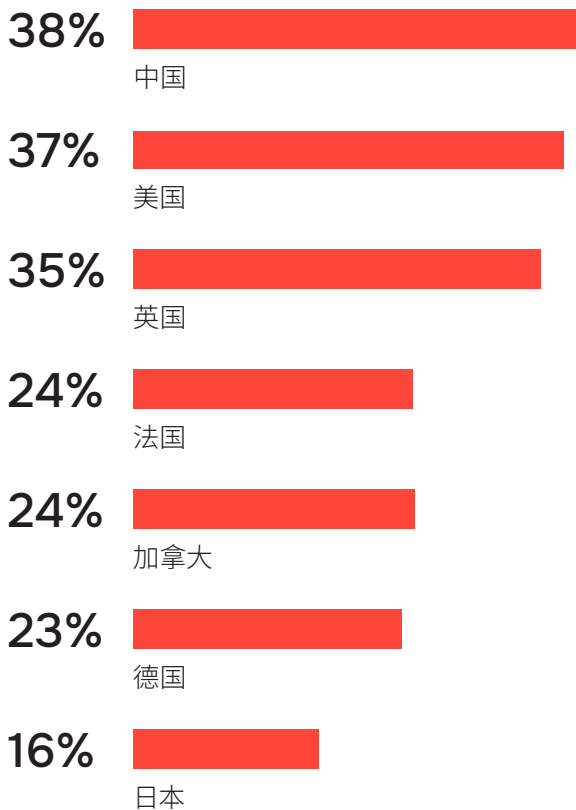
对“其团队能否跟上不断演进的监管要求并保持合规”表示有信心的受访者比例：



在评估“其当前系统架构能否在实际工作负载下持续提供确定性行为”时，日本受访者的信心同样低于其他地区（尽管仍有82%的受访者对此表示有信心）。他们也最不相信其架构能够“显著”扩展以处理更严苛的实时工作负载，仅有12%的受访者相信能够做到，该比例不及七国平均水平（25%）的一半。

他们对“物理AI机器人系统能够在安全关键型场景中做出一致且可预测的决策”的信心水平也在所有受访国中垫底，仅有16%的日本受访者表示“非常有信心”。

**受访者中，表示对“物理AI机器人系统能够在安全关键型场景中做出一致且可预测的决策”非常有信心的比例：**



最后，与其他国家的同行相比，日本受访者对机器人行业的发展速度持较不乐观的态度。尽管仍有过半（56%）的受访者表示乐观，但远低于其他所有受访国家超过75%的比例。同时，表示“强烈乐观”的日本受访者仅占8%，而在中国、英国和美国，这一比例均超过了三分之一。

**仅有8%**

日本受访者对机器人行业的发展速度表示“强烈”乐观

不过，我们或许有理由质疑：其他国家受访者表现出的更高乐观程度或是对其技术能力的信心，是否实际上反映了某种过度自信或对风险的低估，而并非意味着日本现有的机器人系统在技术上真的存在劣势。



## 研究方法

本报告基于OnePoll于2026年2月和3月受QNX委托开展的研究。调研对象包括1,000名从事机器人技术开发或相关软件工程工作的专业人士，覆盖中国、法国、德国、日本、北美（加拿大和美国）以及英国。

参考资料:

1. 《PwC物理AI研究》

参见 <https://www.strategyand.pwc.com/de/en/industries/telecommunication-media-and-technology/physical-ai.html>

## 了解更多

欲了解更多有关QNX技术如何帮助您  
加速机器人开发过程的信息, 请访问 →  
[qnx.software](https://qnx.software)

## 关于 QNX

QNX是BlackBerry有限公司（纽约证券交易所代码：BB；多伦多证券交易所代码：BB）旗下部门，致力于为软件定义系统和物理AI系统提供值得信赖的基础，确保其在现实世界中安全、稳定且可预期地运行。近五十年来，QNX®持续为不容失误的安全关键型应用提供核心技术支撑。QNX®在提供功能安全和网络信息安全的操作系统、虚拟化技术、中间件、解决方案和开发工具方面处于行业领先地位，并由值得信赖的嵌入式软件专家提供支持与服务。如今，QNX®技术已支撑全球道路上数亿辆汽车运行，并广泛应用于工业控制、机器人、医疗设备、商用运输、铁路、航空航天和国防等关键任务系统。QNX总部位于加拿大渥太华。

欲了解更多信息，请访问 [qnx.software](https://qnx.software) →

©2026 BlackBerry Limited. 商标，包括但不限于BLACKBERRY及其徽标设计、QNX及其徽标设计，均为BlackBerry Limited的商标或注册商标，相关商标的专有权利明确保留。所有其他商标均为其各自所有者的财产。BlackBerry不对任何第三方产品或服务负责。

