



太阳机器人状态

2025年版

目录

引言 3

一封来自我们的创始人信札 4

关键发现 5

结果按调查类别7分类

结论与启示 15

调查方法16

关于Raptor Maps 17

调查分类结果

今日机器人应用 7

机器人价值驱动因素 8

软件 10

投资壁垒 11

分析按受访者类别.....12

未来趋势 13

我们为什么要进行这项调查？

欢迎参加首届 **太阳机器人状态** 报告。本报告中我们分享的数据来源于一项调查，我们在这项调查中询问了太阳能开发商、建筑师、业主和运营商关于他们在太阳能农场中技术使用和感知的多种问题，重点在于机器人技术。

我们承担这个项目主要有两个原因。首先，我们想了解人们今天是如何与现有技术互动的。随着人工智能的商业化、更广泛可用的机器人解决方案和更智能的电网技术，太阳能技术的前景与几年前相比已经大不相同，因此我们想收集这方面的数据。人们在使用什么解决方案？他们得到了什么价值？如果是业主或运营商，这种价值是否有所不同？软件堆栈有多复杂？

其次，我们希望能够了解太阳能行业如何预计将回应一系列有趣的经济因素——一些因素趋势各异——这些因素正在积极地重塑当前太阳能行业。

尽管美国联邦税收激励措施已被取消，预计到2030年，美国太阳能生产将投资2350亿美元——比所有天然气和风能的预期资本支出总和翻一番以上[1]。与此同时，在过去5年里，太阳能行业内的劳动力供应（就业岗位增加91%）并未跟上太阳能产能增长（能源输出增加182%）的步伐，这对业主和运营商都造成了压力[2]。随着平均太阳能资产规模的持续增长——2025年完成的太阳能农场平均规模是之前建设的3倍[3]——太阳能公司是如何理解这些趋势和力量的？他们对未来的哪些技术感到兴奋？可能阻碍他们投资这些解决方案的障碍有哪些？他们如何看待未来3到5年内业务的演变？

如果您想与我们讨论任何发现，我们将很乐意交谈。请发送电子邮件。 mark@raptormaps.com 对于任何查询。

电力行业到2030年可能需要超过75万新员工。 高盛，2025
[2] “2025年全球太阳能报告” 捕食者地图，2025
[3] “重大项目清单。” 太阳能行业协会 (SEIA)，2025



一封来自我们创始人的信

当我们创立Raptor Maps时，我们想象了一个世界，在这个世界里太阳能农场能够自主运营。在这里，数据不会孤立存在，而是在设计、建造和接入电网过程中无缝共享。我们预见了一个始终在顶峰功率运行的行业，以满足我们社会日益增长的能源需求，并创建世界上最具弹性的电网。虽然我们还在完全自主太阳能产业的早期阶段，但我们相信，通过拥抱可扩展的技术——特别是机器人技术——我们能够实现这一愿景，使许多在太阳能农场进行的危险且耗时的工作自动化。

特别是，过去几年我们所看到的情况让我们备受鼓舞，各种形式的机器人技术得到了大规模的应用，从能够向千里之外的操控者实时直播活动的自主飞行无人机，到积极降低火灾风险的植被机器人，再到在高电压区域进行常规巡逻的“机器人狗”。

本次调查的目的是将我们所观察到的轶事数据化。感谢所有参与者在我们的问题中给出了诚实而详细的回答。我们希望您能从这份报告中获得有价值的见解，并期待明年的研究成果。

真诚地，Nikhil
和 Eddie



关键发现#1

受访者今天从他们的机器人部署中获得了各种不同的价值。



36%的人选择增加能源生产作为他们今天最重要的单一价值驱动力。



32%的人将降低劳动力成本视为他们当前单一的最重要价值驱动因素。



14%的人将减轻重大故障风险视为他们今天唯一的主要价值驱动因素。

阅读更多内容，请见第8页

#2 关键发现

大约一半受访者表示，机器人技术目前已经对商业利润产生了积极影响。



51%的人认为机器人技术正在或非常积极地影响他们今天的利润率。



47%的人不确定机器人目前对他们的利润有何影响



48%的人认为，他们的机器人部署是他们的业务在今天的竞争优势。

阅读第9页更多内容

关键发现 #3

太阳能农场上的技术堆栈正变得越来越复杂



Respondents use an average of 5 不同
软件工具每周一次



60%的人表示，他们的公司有一个专注于数据集成的
内部专家团队



23%的人表示他们目前没有在地空间界面上组
织资产绩效数据。

阅读第10页的更多内容

关键发现#4

在接下来3-5年内，机器人应用将会增加这一点获得
了广泛的共识。



77%的人认为他们公司在未来3-5年内对机器人的应
用将增加。



未来3-5年内将对商业产生积极影响的技术，五个类别
获得了投票。



79%的人表示人工智能/机器学习是他们最兴奋的技术之一

阅读第13页了解更多信息

机器人应用现状

受访者正在使用各种机器人解决方案。

在过去5年中，太阳能农场的业绩下滑增长了214%，平均每个太阳能资产的年收入损失达到了5270美元每兆瓦直流（MWdc）的2024年，原因是业绩不佳[4]。此外，在过去的5年中，劳动力供应（增长+91%）并未跟上太阳能容量的增长（增长+182%）。为了应对这些趋势，我们知道太阳能运营商正在投资于技术解决方案——但是是哪些呢？我们在这里展示了这些数据。特别是，我们注意到人们今天正在使用的机器人解决方案的多样性，这涵盖了某些技术已经商业化了很长时间（手动操作无人机）以及全新的解决方案（植被机器人、自主操作无人机）。

今天，您在您的太阳能站点上使用了哪些类型的机器人？（选择所有适用的）



50%

of respondents are working with **至少2** 在左图中的机器人分类

25%

of respondents are working with **至少3** 在左图中的机器人分类

这些数据有助于说明第三个关键发现——太阳能农场上的技术栈正变得越来越复杂。随着更多机器人解决方案的采用，数据量不断增加，如何组织这些数据以使其可执行变得越来越重要。

什么是自主操作的无人机？

自主无人机技术利用预先编程的飞行路径和人工智能驱动的分析，无需人工操控即可检查太阳能农场。这些无人机在太阳能农场中捕获高分辨率图像和热数据，识别热点、植被侵占或风暴损害等问题。

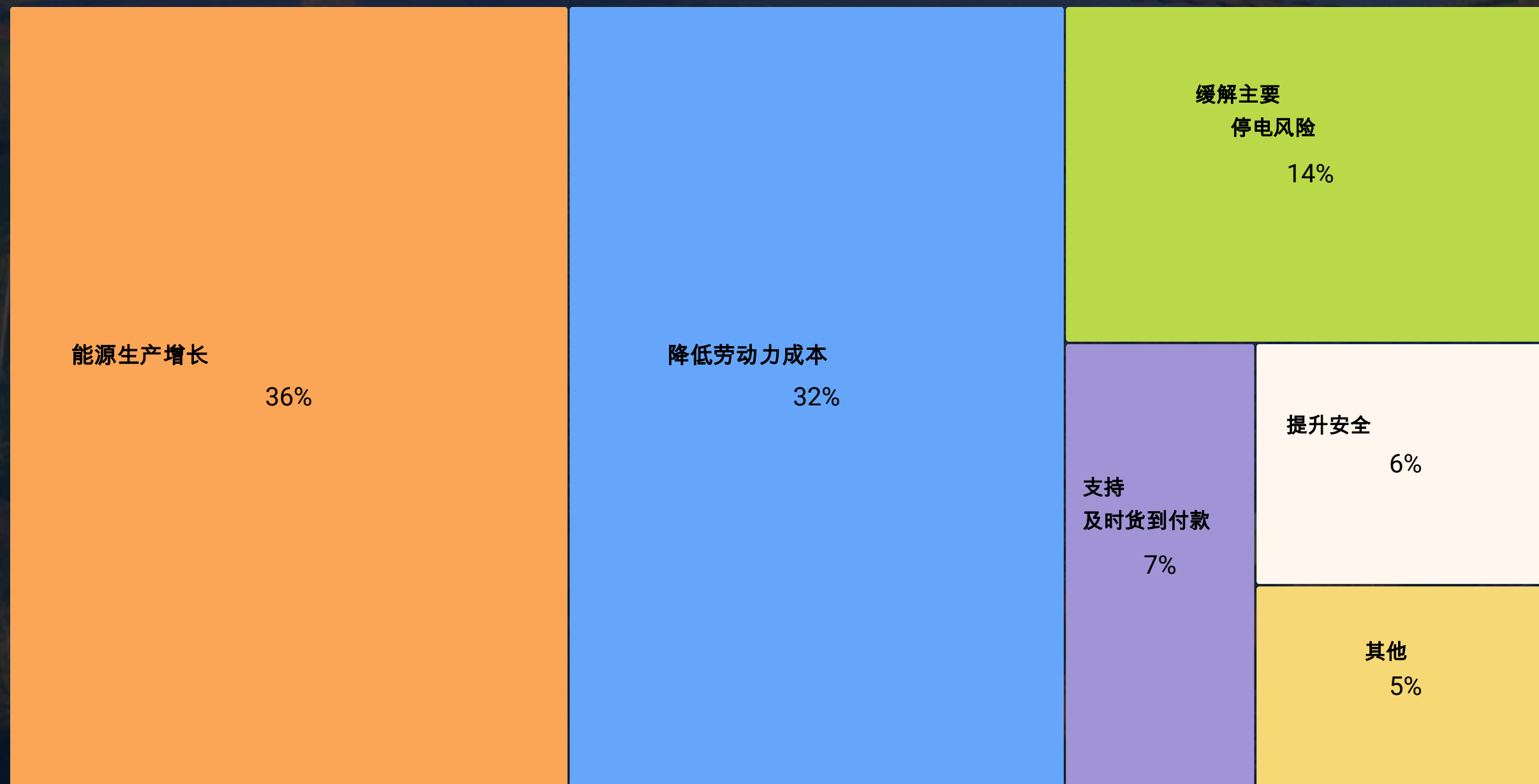
[4] 《2025全球太阳能报告》。Raptor Maps, 2025

机器人价值驱动因素

受访者对目前机器人最大的价值驱动因素意见不一。

上一节的数据表明，我们的调查受访者目前正在积极使用各种机器人解决方案。在本节中，我们将深入探讨他们从这些机器人中获得的价值。我们要求受访者确定他们获得的最大价值驱动因素（如下所示），机器人是否提高了他们的业务利润率，以及他们是否认为自己的机器人部署具有竞争优势（下一页）。

今天，您认为您的机器人技术在哪里最具价值？（请选择1个选项）



自动化可以为太阳能资产所有者和运营商带来一系列好处。机器人解决方案带来的数据传输速度提升有助于现场团队更快地发现问题、诊断和修复。这使得数据采集成本降低，因为机器人可以以比人类更快的速度和更高的精度检查大型太阳能农场。机器人每年对太阳能农场的检查也越来越深入。例如，Raptor Maps的哨兵解决方案——我们的机器人和人工智能产品——可以对太阳能场地的各种民用、环境和物理条件进行检查。

机器人价值驱动因素

51%

Of respondents believe that robotics is increasing the margins of their business.

调查受访者中，认为机器人技术正在扩大其商业利润边界的占比。

48%

68.4%的受访者认为机器人技术使他们企业在竞争中占据了优势。

软件

软件堆栈在太阳能农场中正变得越来越复杂

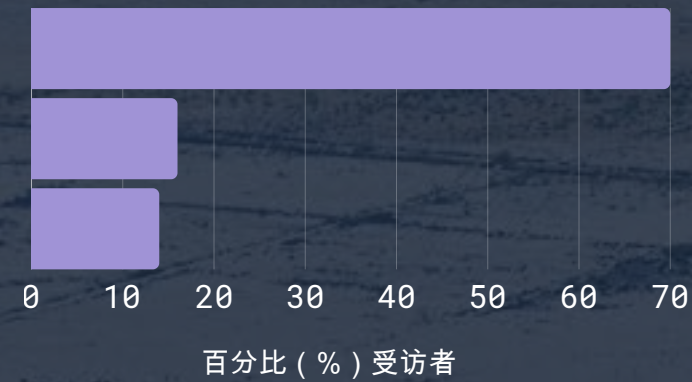
除了机器人应用之外，我们还想更深入地了解受访者的基础软件栈。特别是，我们想了解他们如何组织和管理数据，随着机器人应用和越来越复杂的SCADA/DAS系统在太阳能农场中得到广泛应用，数据量也在不断增加。

您目前是如何整合应用程序，以确保在无缝的工作流程中数据可以从多个来源获取的？

我们有一支内部集成专家团队

我们支付供应商进行集成配置

我们目前不做这件事



79%

Of respondents indicated that they were excited about **人工智能与机器学习在数据集成中的应用** 关于他们认为将对他们企业产生积极影响的未来技术，他们如是说

70%的受访者表示他们为那些雇佣内部数据集成专家团队的公司工作，这清楚地表明，太阳能农场背后数据的日益复杂性正在成为行业中的一个新兴重要领域。鉴于这种复杂性，看到人们对AI作为帮助理解日益增长的数据量的工具表现出的极大热情，也就不足为奇了。

5.07

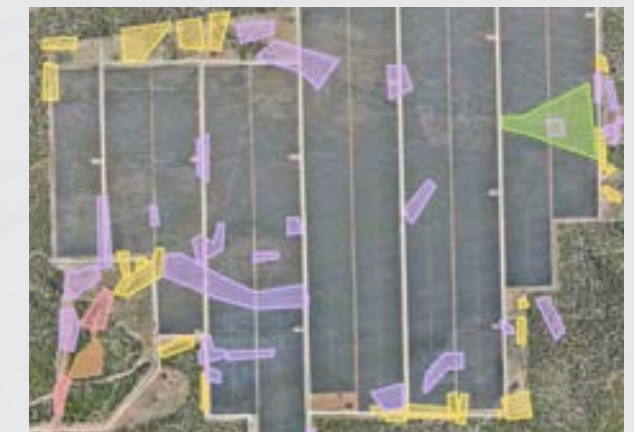
平均数量为 *不同* 软件工具，在太阳能农场每周使用

23%

其中受访者表示，他们目前没有在地空间界面上组织资产表现数据

? 什么是地理空间接口？

地理空间界面，有时被称为“数字孪生”，是一个基于交互式地图的平台，详细展示太阳能场地的数据。该界面通常使用太阳能农场的“竣工图”构建，并且可以随着时间的推移添加更多数据层。



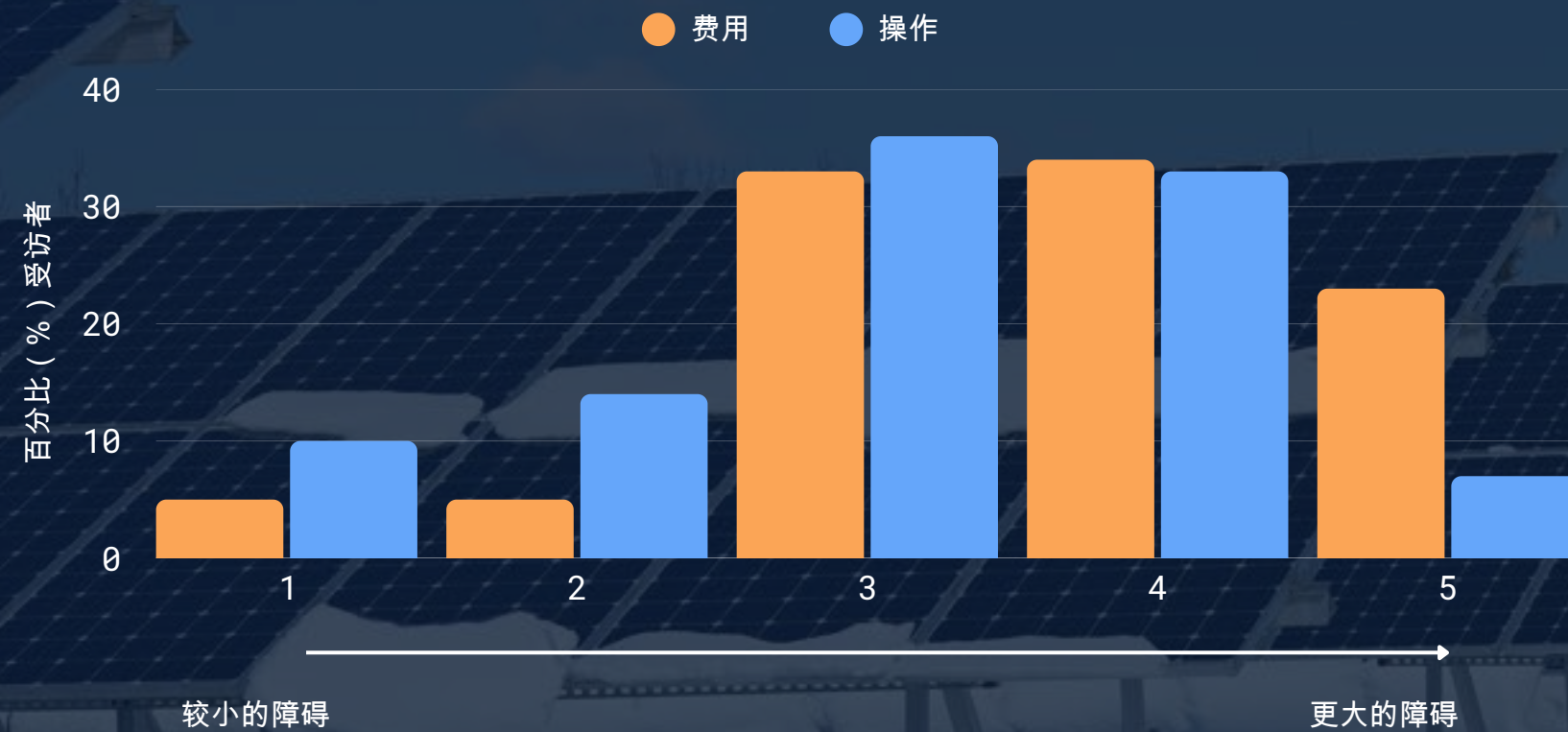
地理空间界面，显示太阳能农场上的不同侵蚀形式

投资障碍

仍有有意义的障碍阻碍着对机器人解决方案的大规模投资

我们同样认为了解可能阻碍更多规模投资于机器人技术的因素很重要。我们决定将问题集中在两个具体主题上：财务障碍和运营障碍。有趣的是，即使在已经使用机器人技术的受访者群体中，正如我们将在后面展示的，预测他们在近期内将进行更多投资的情况下，他们也指出这两个障碍至今仍然相对重要。

在1到5的尺度上，成本/运营对于您在考虑采用新技术时的投资决策构成了多大的障碍？

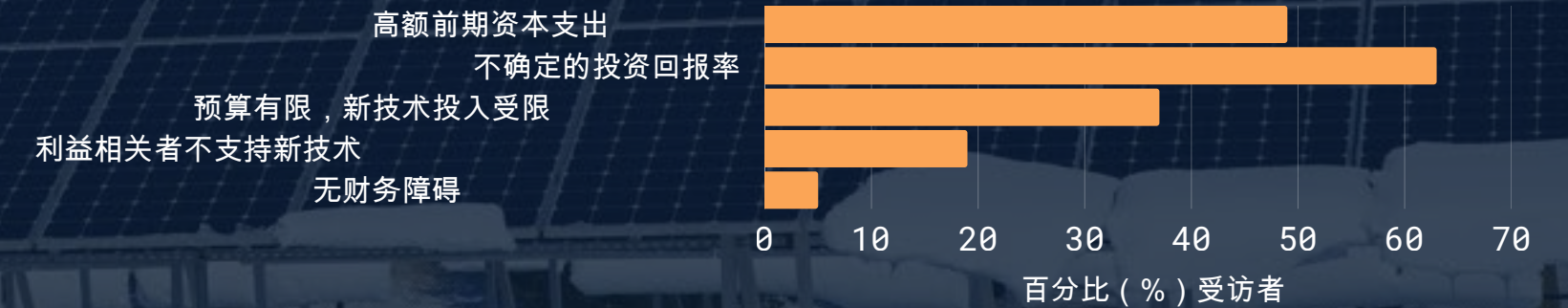


当受访者考虑是否投资新技术时，无论是在运营上还是在财务上，仍存在有意义的障碍。成本似乎比运营成为一个更大的障碍，大约四分之一的受访者将其评为5。

什么是阻止您公司投资于新型机器人解决方案的最显著的运营障碍？（以下所有适用的选项都请选择）



哪些最重要的财务障碍阻止了贵公司投资于新的机器人解决方案？（请选择所有适用的选项）



我们惊讶地看到，受访者们频繁地提到“高额的前期资本支出”，而与其他太阳能农场资本支出相比，大多数机器人硬件相对便宜。目前用于太阳能农场运营或维护活动的机器人硬件的平均成本不到每瓦一分钱（对于超过15兆瓦的场地）。

运营与资产管理方

机器人投资障碍和价值驱动因素在不同公司类型中存在差异，但大多数受访者认为在未来三到五年内将增加对机器人的投资。

在分析不同类型公司的回应时，我们注意到资产所有者和运营维护（O&M）提供商的受访者之间存在显著的差异。虽然双方都预计在未来3-5年内增加对机器人的投资，但在原因上存在显著差异。56%的O&M受访者将降低劳动力成本作为最主要的增值驱动因素，而60%的资产所有者受访者选择增加电力生产。

成本降低和能源生产改进是两项最受欢迎的“主要价值驱动因素”为机器人：

运营与维护受访者 分配了更高的显著性得分给采用机器人的障碍因素。与资产所有者相比：

双方都认为他们将 在未来3-5年内加大机器人领域的投资，无受访者指出显著减少：



投资障碍的重要性 (1-5级)



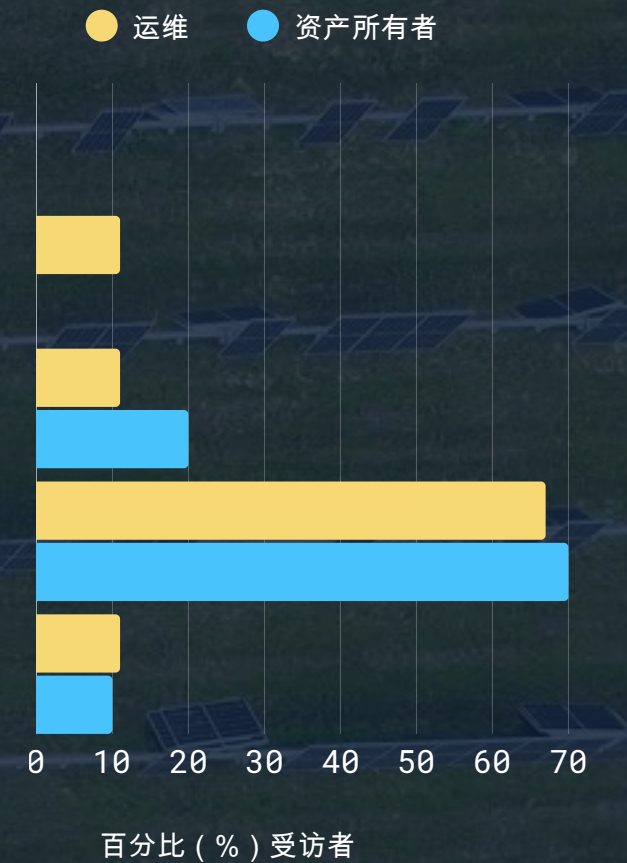
显著下降

适度减少

不确定

适度增加

显著增加



未来趋势

受访者对机器人未来的前景持乐观态度

尽管政治和宏观经济逆风使得发展太阳能项目的金融前景变得暗淡，但仍然预测到至少到2030年太阳能将实现显著的同比增长。为了理解受访者对这种增长的想法，我们询问了他们认为自己的业务在未来3到5年将如何变化。具体来说，我们想知道他们最兴奋的是哪些即将出现的技术，以及在它们想要自动化的行动中哪项最让他们放在心上。我们对这个类别中多样化的回应感到非常着迷。当询问哪些技术未来3到5年内最具有潜在的积极影响时，有5种不同类型的技术至少获得了10票（约占受访者的20%）。这对我们来说意味着我们可能正站在真正范式转变的边缘，因为新技术实现商业化并成熟。

根据您公司目前将机器人解决方案部署在组合中占的百分比，您预计这个数字在未来3-5年内将如何变化？



展望未来3-5年，您对哪些技术最感兴趣，因为它们有可能对您的业务产生积极影响？（请选择所有适用的选项）



未来自动化

人工智能和耗时任务是未来自动化领域的重中之重。

我们也向参与者提出一个开放式问题，询问他们目前没有自动化，但最期待在未来自动化的内容。这里我们得到了各种不同的回答，但有两个主题特别突出：(1)利用人工智能进行数据整合；(2)自动化一系列耗时且非技术性的任务。以下是我们从调查回答者中精选的一些引语。

关于人工智能与数据整合

“一个自动的、由人工智能驱动故障检测系统，能帮助识别问题、制定准确的诊断并提供逐步解决指南，将是一场革命。

我们正在探索利用人工智能来更快、更自主地指导工作负载和事件管理的方法。

“我希望利用人工智能技术，将我们的竣工图纸转换成一个数据库，这样我就可以轻松地查看现场的布局 and 结构，并将检查数据以数字化的方式整合到其中，就像一个数字孪生模型。

关于自动化耗时任务

“在我们整个产品组合中，如果有一个真正可靠的产品可以用于蔬菜机器人管理，那就将是非常有价值的。这对我们公司目前来说是一个巨大的负担。

评估民政状况是我们积极寻求自动化的事情。

“在容量测试期间，进行质量保证/质量控制工作，以发现可能导致重大停机或COD延迟的系统问题将有所帮助。

结论

首次调查的结果显示 **报告：太阳能机器人状态** 指向一个处于十字路口的行业。受访者意识到并开始采用先进的机器人技术，坚信它们将在未来的太阳能运营中得到越来越多地整合，但仍然没有完全确信机器人技术对他们的企业今天具有积极的回报率。

从宏观角度来看，即将到来的挑战和机遇规模巨大。到2030年，美国将需要额外30万个与太阳能制造、建设和运营相关的岗位。已有数据显示劳动力短缺是太阳能项目延迟最大的原因——87%的能源雇主表示，找到合格的劳动力多少有些或非常困难——因此，高盛可持续性实践部门研究负责人表示，毫不奇怪—— **企业如何应对这些劳动力短缺可能定义太阳能行业的新竞争优势** [5].

这份报告中的数据显示，许多行业人士已经开始适应这些趋势，而不仅仅是填补劳动力缺口，还为了提升业绩和利润率。尽管受访者对于机器人技术最大的价值是降低劳动力成本还是提高能源产量存在分歧， **我们相信背后的信息是一致的：自动化在提高运营效率方面变得越来越必不可少。**

然而，障碍仍然存在。未证实的投资回报率是最常提及的进一步投资的障碍，即使在今天已部署机器人的公司也不例外。这表明我们需要更明确的成绩指标、案例研究和以数据驱动的投资回报率模型。

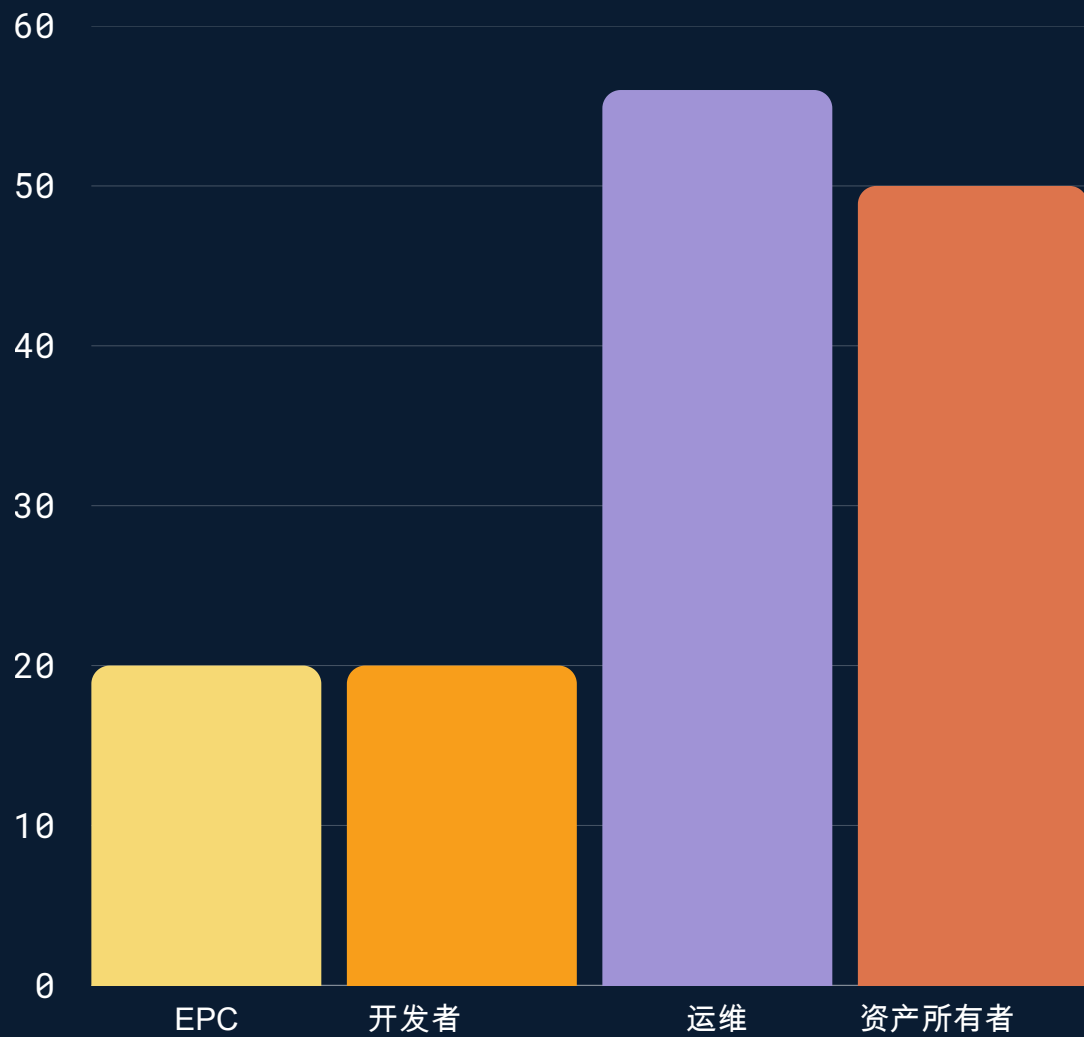
展望未来，行业对将机器人技术融入未来的乐观态度毋庸置疑，但要想实现这一目标，投资回报率（ROI）需要更加明确。在Raptor Maps，我们相信，在未来几年里取得成功的人将是那些不仅战略性地运用机器人和智能自动化来解决当前的瓶颈问题，而且能够在未来几年内创造出持久的竞争优势的人。

[5] “到2030年，电力行业可能需要超过75万名新工人。”高盛，2025年

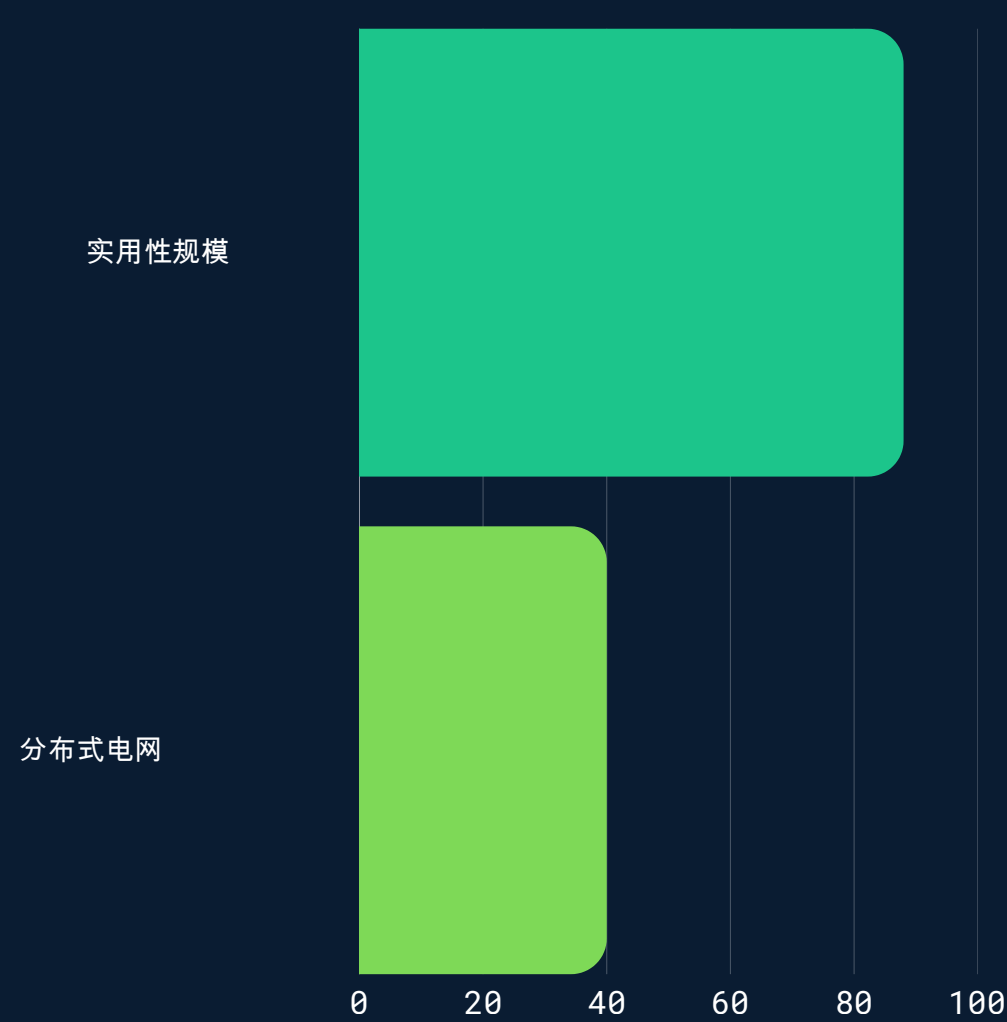
方法论

本报告中的数据由我们对各类太阳能利益相关者（代表超过200GW的产能）进行的调查中的55份回复组成，这些利益相关者包括开发商、原始设备制造商（OEM）、工程、采购和施工（EPC）公司、资产所有者和运维（O&M）提供商，涵盖了太阳能项目的整个生命周期。所有受访者的数据均完全匿名处理，每个问题均为可选。该调查于2025年6月至8月进行。

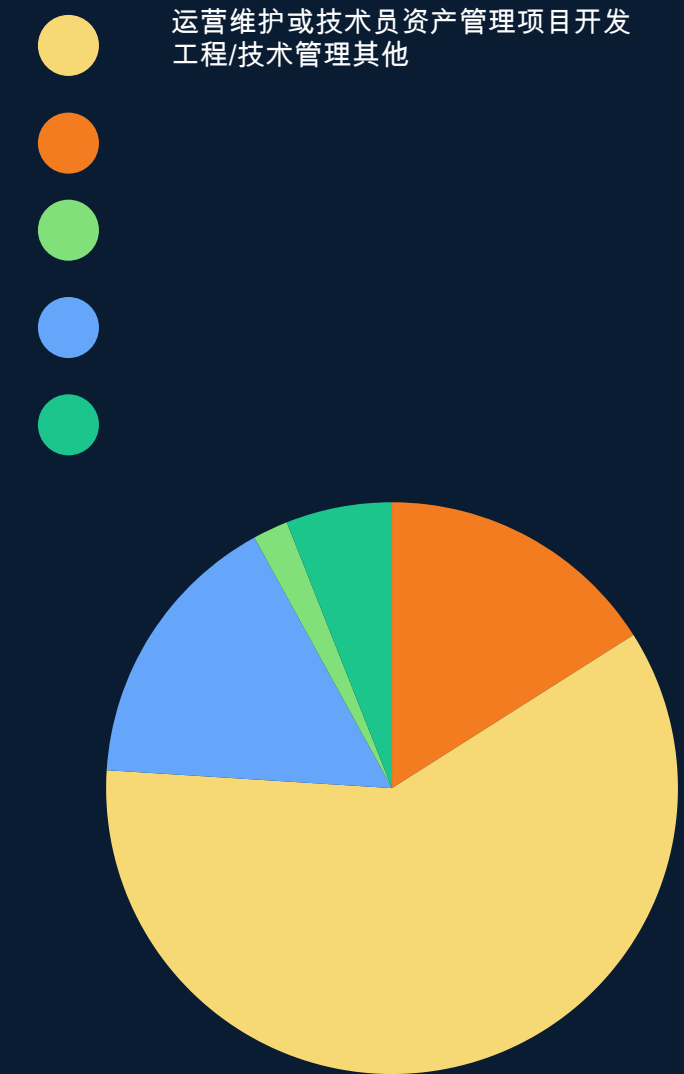
你为哪种类型的组织工作？（以下所有适用的选项）



您从事哪种资产类别的工作？（以下全部适用）



什么是最能描述你在组织中的主要角色的？





关于捕食者图鉴

Raptor Maps是太阳能运营商自动化解决方案的最先进提供商。致力于降低太阳能资产所有者和运营商的风险、成本和能源损失，Raptor Maps提供了一个尖端平台，让我们的合作伙伴能够持续、精确地了解其全部资产的状况，利用最先进的机器人和人工智能技术。

随着Raptor Maps致力于解决太阳能行业特有的详细挑战，我们设计了优雅的技术解决方案，以提升合作伙伴在整个太阳能生命周期中的利润空间。如果您想了解更多关于本报告中的数据或更广泛的Raptor Maps信息，请发送电子邮件。mark@raptormaps.com .