



开放性的全栈式
智能服务机器人生态

因我不同
成就不凡

始于1845

目录

前言	03
第一章 全球服务机器人市场概览	05
1.1.概念定义及研究范围	06
1.1.1.服务机器人概念定义	06
1.1.2.服务机器人分类及报告研究范围	06
1.2.全球服务机器人行业发展趋势分析	07
1.2.1.全球服务机器人市场增长强劲	07
1.2.2.技术变革推进行业创新发展	09
1.2.3.从专用迈向通用	10
1.2.4.商用服务机器人行业进入下半场阶段	10
1.3.服务机器人落地面临的机遇与挑战	11
1.3.1.行业生态的开放性挑战	11
1.3.2.服务机器人的通用性与泛化性壁垒	12
1.4.服务机器人行业的ESG实践指引	13
1.4.1.绿色供应链（E）	14
1.4.2.全球市场合规认证（S）	15
1.4.3.信息安全与隐私保护（G）	16

第二章 开放性的全栈式智能服务机器人生态	19
2.1.生态概念定义	21
2.2.行业下半场的生态发展路线	22
2.2.1.生态技术基础：基于模块化设计与AIoT的R2X	22
2.2.2.商业模式变革：多品类产品矩阵助力全栈式具身智能	29
2.2.3.通用的多元形态：专用+类人形+人形	30
2.2.4.多技术栈驱动的具身智能：移动+操作+交互	32
2.2.5.开放、协同、通用：可持续与普惠的创新	38
2.3.生态价值体现	39
第三章 全球细分产业综合实践	41
3.1.全球行业应用案例与实践经验	43
3.1.1.工业	43
3.1.2.酒店	44
3.1.3.餐饮	46
3.1.4.零售	47
3.1.5.医疗	49
3.1.6.养老	50
3.1.7.大型交通枢纽（机场）	52
3.2.服务机器人助力细分产业实现可持续发展	54
3.2.1 酒店楼宇场景：节能降碳与隐私保护	54
3.2.2 工业场景：清洁减排与劳动福祉	55
3.2.3 医疗场景：卫生治理	55
3.2.4 零售场景：节能降耗与绿色清洁	56
3.2.5 养老场景：助老关怀与人性化服务	56
3.2.6 大型交通枢纽（机场）场景：公共服务与安全治理	56
结语	60

前言

在全球产业智能化转型升级的浪潮中，服务机器人逐渐成为各个行业不可或缺的生产力工具，以及推动各领域创新和效率提升的重要力量。与此同时，随着人工智能等前沿技术的不断发展与进步，机器人行业正在稳步迈向具身智能的未来。但同时，实现服务机器人更大规模落地的道路上也面临着来自技术与商业模式等方面的多重机遇和挑战。

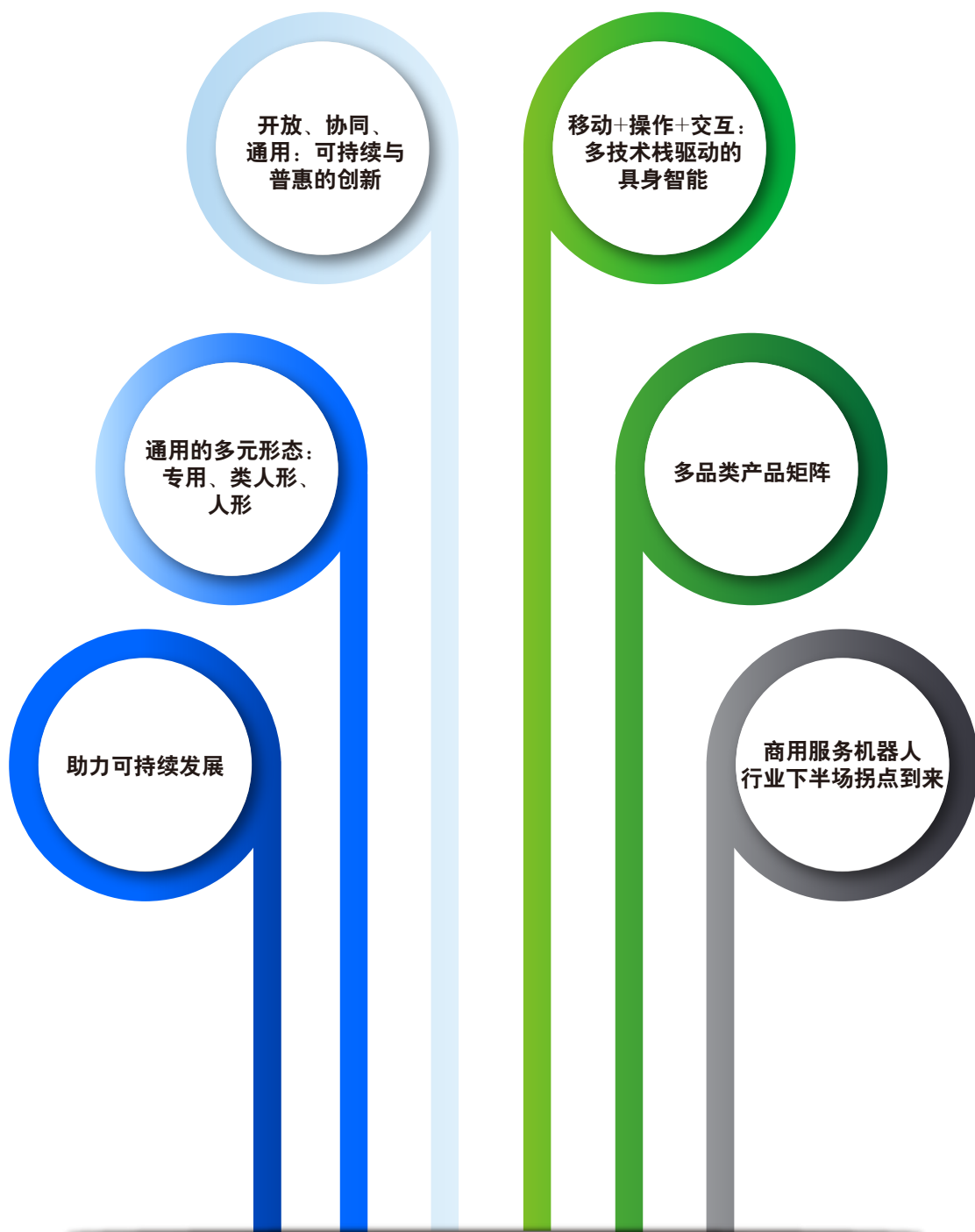
为了应对日益复杂的市场需求和多样化的应用场景，**同时伴随着商用服务机器人行业下半场拐点的到来，普渡机器人在全球范围内率先提出了开放性的全栈式智能服务机器人生态。**该生态的目标是构建一个开放性的通用服务机器人生态系统，通过创新的商业模式与技术，推动机器人的广泛应用与协作，进而实现无缝协同的、通用的服务机器人生态。

该生态不只是一个技术架构，更是一个融合了产品技术和商业模式的创新生态，旨在促进服务机器人在不同细分场景中的协作和整合。通过推动行业标准的建立和多技术栈的创新，该生态将为全球服务机器人行业带来深刻的变革，推动服务机器人迈向通用具身智能的新时代。

在这一生态系统中，机器人的学习和适应能力将不断增强，能够更灵活地应对各种复杂的任务和环境，实现跨场景任务的泛化性。此外，该生态还将助力全球各行各业向智能化、高效化迈进，创造出更大的经济价值和社会效益。通过跨行业的合作与资源共享，该生态将帮助细分场景实现全栈式的智能化解决方案，推动产业的整体智能转型。

同时，该生态的实现需要由产品、技术与商业模式的多重创新共同驱动，具体来看，需要通过包括发展多品类产品矩阵、移动+操作+交互多技术栈以及专用、类人形、人形的本体多元形态等战略来共同实现。

该生态将惠及整个机器人行业的创新发展，其潜力不仅体现在技术层面的不断突破，更在于对产业链的深刻影响，创造一个更智能、便捷和高效的未来世界。该生态将推动具身智能服务机器人的加速落地，进而推动全球千行百业的智能化进程。



第一章

全球服务机器人 市场概览

1.1. 概念定义及研究范围

1.1.1.服务机器人概念定义

机器人一般是自动执行工作的机器装置，国际标准化组织（ISO）将服务机器人定义为“个人使用或专业使用，为人类或设备执行有用任务的机器人”。个人使用和专业用途的任务包括搬运物品、检查、监视、人员运输、提供信息、烹饪和食品处理以及清洁等。

图表1-1：服务机器人的定义

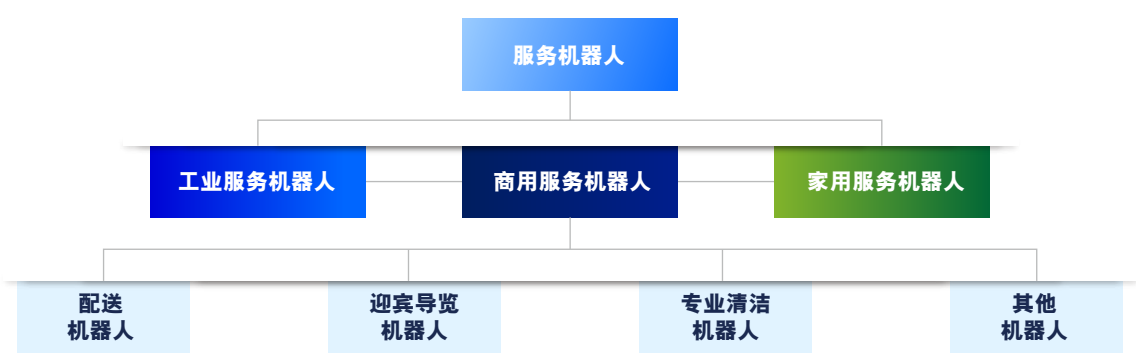
国际机构	标准条例	服务机器人概念
International Organization for Standardization (ISO)	8373:2021 Robotics Vocabulary	供个人使用或专业使用，为人类或设备执行有用任务的机器人

来源：国际标准化组织 (ISO)

1.1.2.服务机器人分类及报告研究范围

本报告综合国际权威机构及主流学界的分类方法，服务机器人二级分类参照Fraunhofer IPA标准，将服务机器人按不同的应用场景分为工业服务机器人、家用服务机器人和商用服务机器人；三级分类结合International Federation of Robotics的分类标准，将服务机器人按功能进行划分。

图表1-2：服务机器人的分类



来源：Fraunhofer IPA, International Federation of Robotics, 德勤研究

近年来，越来越多的服务机器人广泛应用于各种工商业及家用场景。服务机器人应用场景复杂多样、具体细分种类繁多，可应用在餐饮、零售、仓储物流、酒店、工业、医疗、教育、养老、公共服务等众多行业和场景，实现专业清洁、物流

配送、引导接待、陪伴教学、安防巡检等多样化复合型功能。同时，服务机器人可以在各种场景中优化流程效益、提升服务体验、提高效率与安全等。本报告主要包括但不限于服务机器人在商业、工业等场景中的研究。

1.2. 全球服务机器人行业发展趋势分析

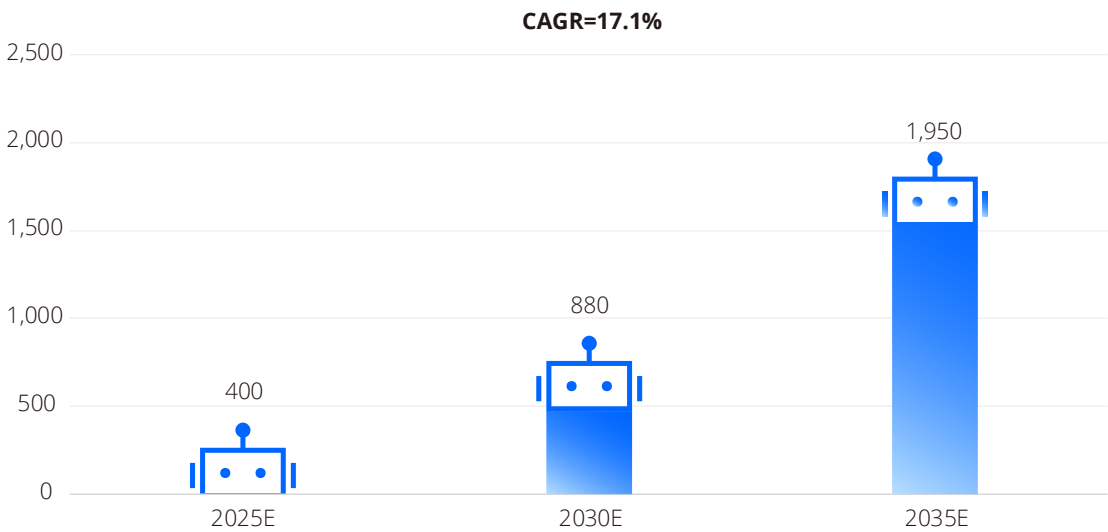
1.2.1. 全球服务机器人市场增长强劲

全球服务机器人行业迎来爆发期

研究表明，全球服务机器人产业蓬勃发展，产业规模持续增长。据研究数据显示，服务机器人行业已进入快速发展期，市场规模增长强劲。2025年，服务机器人（全产业链）市场规

模预计达到400亿美元。未来十年将以17.1%的复合年增长率增长，到2035年，全球服务机器人市场规模有望达到1,950亿美元，市场潜力巨大。

图1-3：全球服务机器人市场规模（亿美元）



来源：德勤研究，Global Market Insights, 2024

同时，在各国政策大力推动、产业转型升级、人口结构改变及关键技术支持的多重因素叠加推动下，服务机器人产业迎来了一个黄金发展期，市场潜力巨大。

- 从技术升级来看，随着人工智能技术的快速发展，机器人行业也迎来高速发展。随着大模型等人工智能技术在机器人领域的深入应用，机器人在移动、操作、交互等关键技术方面快速迭代，全球服务机器人产业迎来高速发展新机遇。
- 从政策层面来看，美国、欧盟和中国等纷纷提出发展先进制造业的战略，如美国发布《国家人工智能研发战略计划》，欧盟2020年发布的《欧洲工业新战略》，德国2023年发布《机器人技术研究行动计划》，中国2021年发布《“十四五”机器人产业发展规划》，机器人作为制造业智能化的重要推动力，成为了各国产业政策关注的焦点。

- 从人口结构来看，人口老龄化是全球服务机器人需求释放的长期驱动因素，也促使部分国家和地区通过服务机器人技术来应对劳动力的缺乏问题。以日本为例，日本老龄化严重，也存在严重的劳动力短缺问题，且劳动成本高昂，成为了商用服务机器人的热门应用市场之一。
- 从产业转型来看，各国助推制造业、服务业等行业抓住智能化转型升级的发展机遇，增强创新能力并提高生产效率，而服务机器人是数智化转型的重要生产设备。服务机器人的出现将逐步辅助人类从事的高强度、重复性、有害的工作，提高各行业的运营效率。

图表1-4：多重因素促进服务机器人需求释放

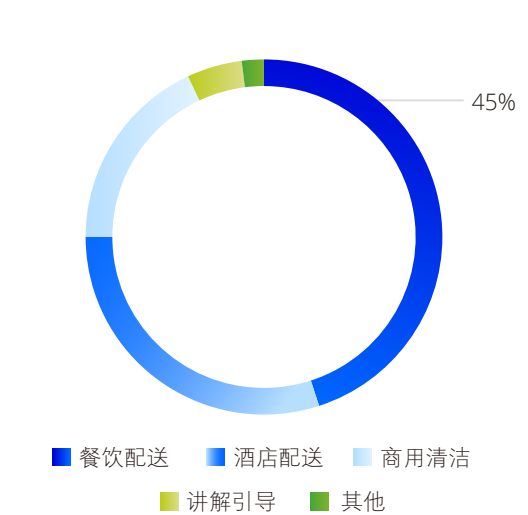


来源：World Economic Forum, 德勤研究整理

商用服务机器人成为重点细分市场

服务机器人市场中，以餐饮和酒店配送以及清洁为代表的商用服务机器人正迅速成为主力市场。目前商用服务机器人正广泛应用于餐饮、酒店、零售、工业、医疗、教育、养老等行业，提供配送、清洁、引导、陪伴等服务。在全球商用服务机器人市场中，餐饮领域以约45%的份额成为重要的下游应用领域，其中普渡机器人在中国及日本餐饮服务机器人的市场份额均占据第一的领先地位。¹ 随着人工智能、物联网等技术的进步，商用服务机器人在提高运营效率、优化服务体验方面的优势日益凸显，市场需求持续增长。

图1-5：2023全球商用服务机器人市场分布情况



数据来源：Frost & Sullivan

1. 来源：《全球商用服务机器人市场研究报告（2023）》，Frost & Sullivan

中国厂商领跑全球市场

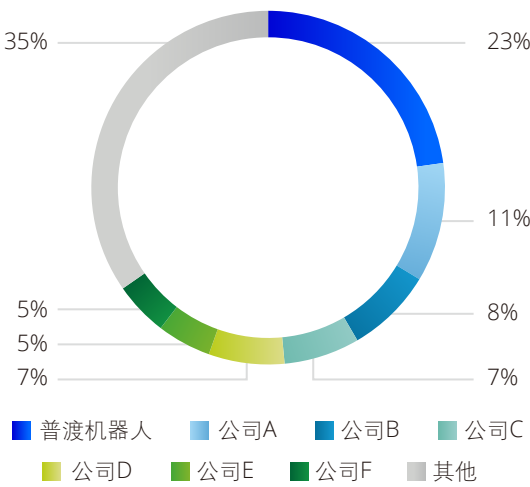
中国厂商凭借技术创新和产品优势，在全球市场中展现出强大的竞争力和影响力，并占据主导地位。根据国际研究咨询机构弗若斯特沙利文（Frost & Sullivan）发布的报告，2023年全球商用服务机器人市场份额排名前五的厂商均为中国企业，其中普渡机器人以23%的市场份额位列全球第一。中国作为全球最大的机器人市场之一，在政策支持和市场需求的双重驱动下，商用服务机器人行业迅猛发展。随着全球自动化和智能化进程的加快，企业出海势头强劲，中国商用服务机器人厂商迎来了前所未有的发展机遇，将在未来长时期领跑全球市场。

1.2.2.技术变革推进行业创新发展

伴随着人工智能（AI）和物联网（IoT）等技术的发展，推动了服务机器人行业的持续迭代与创新机器人在移动、操作、交互等核心技术栈方面迎来关键性突破并推动了整个行业的创新与发展。

从智能决策能力的提升来看，深度学习和自然语言处理使机器人能够处理复杂的数据，并基于实时数据进行自我学习和适应，从而提供个性化的交互与服务，极大地提升了用户体验。通过先进的传感器技术与AI算法结合，服务机器人可以实时感知周围环境，识别动态障碍物并做出智能反应，在保障安全的同时高效地完成各类服务任务。此外，IoT技术的应用使得服务机器人与周围设备形成一个全面互联的生态系统，使其在环境中协同作业，优化调度，而用

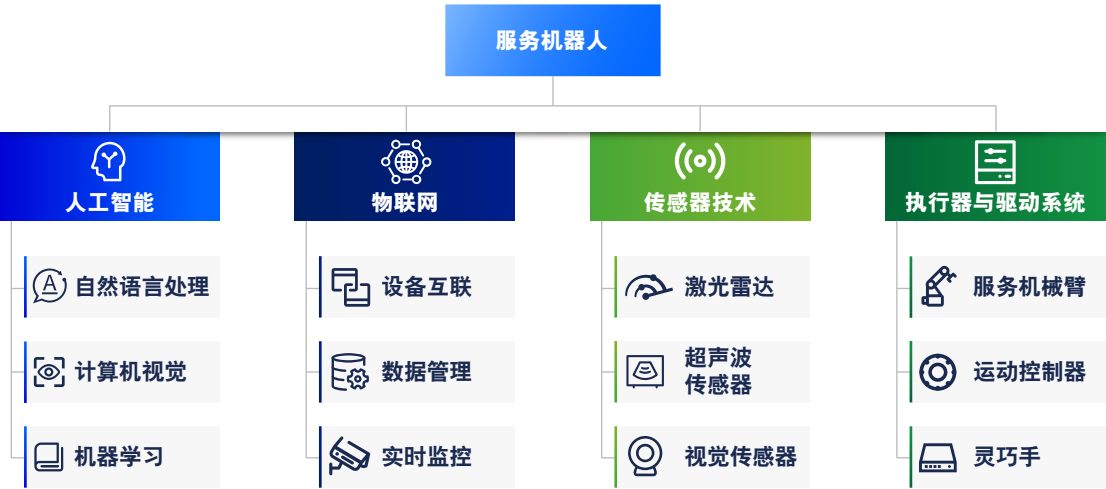
图1-6：2023全球商用服务机器人市场份额（按收入）



数据来源：Frost & Sullivan

户则能够通过云端的IoT解决方案进行远程监控与集中管理。此外，AI与IoT的结合还推动了多模态交互的实现，使机器人能够通过语音、手势和视觉等多种方式与用户进行自然交流。最终，这一系列技术的演变推动了行业标准化的进程，促使行业共享最佳实践与技术经验，推动整个行业的快速发展。人工智能和物联网等关键技术的驱动不仅极大程度上地提升了服务机器人性能与解决方案，也为行业的持续创新奠定了坚实基础。

图表1-7：服务机器人关键驱动技术



来源：International Federation of Robotics (IFR)，德勤研究整理

1.2.3.从专用迈向通用

伴随着技术的进步和市场需求的不断提升，服务机器人的应用边界正日益拓宽，从最初的单一行业扩展到多个领域，涉及餐饮、零售、酒店、医疗、养老、娱乐体育、工业、教育和公共服务等。服务机器人需要再跨场景中完成复合型任务，从专用迈向通用成为必然趋势。

然而，服务机器人在实际应用中面临的挑战是传统的产品设计往往基于单一行业的专业分工，未能充分考虑用户在各个场景中多样化的需求。例如，一个酒店同时需要具备跨楼层配送能力的客房机器人、能够完成餐饮配送的机器人、用于清洁的地面机器人以及用于迎宾和信息服务的机器人。同理，超市零售等B端场景同样面临类似的需求。超市使用商品促销机器人进行顾客导引，同时需要配备商用清洁机器人进行日常清洁，再加上重载配送机器人负责从仓库到前台的补货任务。服务机器人解决复合型任务的需求亟待提升，以提供更全面的服务。

用户的需求呈现出多元化、复合型的发展趋势，过去未被满足的场景需求亟待解决，这意味着企业需要提供**全栈式的通用机器人产品**以适应市场的不断变化与用户的多重需求。通过打造全面的产品矩阵为用户提供清洁、配送、迎宾引导等复合型的产品组合，确保在同一场景中多种机器人之间能够实现完美的调度与协作，从而提升用户体验的一致性。

图表1-8：用户需求呈现多元化、复合型发展趋势

应用行业	服务功能
 餐饮	餐饮配送 
 医疗	药物配送 
 养老	陪伴护理 
 零售	迎宾与促销 
 教育	教学与辅导 
 酒店	客房服务与清洁 
 工业	货物搬运 
 公共服务	人员监测与安保 
 娱乐与活动	信息询问与引导 

来源：德勤研究

综上所述，用户需要的不仅仅是“通用机器人”，更是“通用的”机器人产品体系。能够在多场景中灵活适配，具备更高的协作性和兼容性，在使用与维护上也会更加便利。

1.2.4.商用服务机器人行业进入下半场阶段

商用服务机器人作为服务机器人行业率先商业化起量的细分赛道，其发展历程对整个机器人行业具有示范和引领作用。过去十余年，商用服务机器人经历了行业上半场，其标志是单一产品、单一技术所带来的单一商业模式。从产品来看，主要以专用机器人为主，这些机器人通常针对特定任务或场景设计，如餐饮配送、清洁、迎宾等；从技术来看，在这个阶段，机器人的技术发展集中在自主移动技术上，而操作能力和交互能力相对较弱。机器人公司往往专注于单一技术或产品，缺乏跨领域的整合能力。多数机器人企业站在专业分工的角度，缺乏为客户提供一站式的产品服务和体验的能力和意愿。上述几点限制了服务机器人在全球的规模放量，导致行业内效率低下与同质化竞争加剧。

行业迎来关键拐点，商用服务机器人率先步入发展的下半场，并展现出以下几个显著特点：

- **多品类产品矩阵：**随着技术的进步和市场需求的多样化，单一品类的专用机器人已无法满足复杂多变的商业环境。头部厂商正着手打造多元化的产品矩阵，涵盖了送餐、清洁、工业配送等多个领域的机器人产品，以满足各种应用场景的具体需求，实现服务的全面覆盖和优化升级。
- **多技术栈融合：**行业开始注重移动、操作和交互等多技术栈的发展。基于终端用户的实际需求，服务机器人不仅要能够自主移动，还需要具备操作能力和自然的交互能力，以完成更复杂的任务。在这一背景下衍生出的类人形机器人和机械臂技术，正是对多技术栈发展趋势的精准把握和积极响应。
- **全球化与本地化结合（Glocal）：**随着商用服务机器人在全球范围内的大规模应用落地，服务机器人企业需要在不同国家和地区进行本地化布局，以适应当地的市场特点和文化差异。服务机器人企业想要在全球市场获得成功，很大程度上需要建立的全球化销售网络以及精准执行的本土化产品策略。
- **从专用迈向通用：**行业下半场更加注重机器人在跨场景、复杂环境中的泛化任务解决能力。这要求机器人具备更高的操作能力和环境适应性，以实现从专用向通用的转变。

商用服务机器人行业已进入下半场阶段，这一阶段内的特点是多品类产品矩阵、多技术栈和全球化与本地化的深度融合。企业需要从单一技术或产品转向提供一站式解决方案，以满足全球客户的需求。**行业领先企业通过构建多品类产品矩**

阵、发展多技术栈以及全球化与本地化深度融合的策略，以实现商用服务机器人在全球范围内的更大规模应用落地。随着技术的不断进步和市场需求的增长，商用服务机器人行业将迎来更加广阔的发展空间。

1.3. 服务机器人落地面临的机遇与挑战

当前全球服务机器人市场进入爆发期，综上所述，行业整体规模和需求增长强劲但服务机器人在全球主要国家和地区的市场渗透率虽然处于相对低位，市场潜力巨大。长期以来，由于服务机器人行业生态不开放使得不同技术、产品和系统之间的互联互通难以实现。此外，机器人的通用性和泛化性壁垒很大程度上阻碍了服务机器人的广泛应用。

图表1-9：服务机器人落地的机遇与挑战



来源：德勤研究

1.3.1. 行业生态的开放性挑战

长期以来，服务机器人行业缺乏统一的协议和标准规范，导致不同厂商之间的产品和服务难以实现互联互通。同时由于市场保护主义以及商业模式等多种因素的共同作用，导致行业生态趋于封闭，造成行业创新速度放缓和技术孤岛的出现。对于用户来说，生态的不开放限制了用户体验，造成了产品体验的割裂和碎片化。长期来看，封闭的行业生态会阻碍行业的整体发展和创新。然而随着技术成熟和市场的规模化，开放合作成为了促进行业健康发展和技术创新的必然趋势。因此，服务机器人行业内部亟待推动标准化的统一和建立，构建一个更加开放、包容、普惠的行业生态。

- **行业标准缺失：**行业的标准缺失在很大程度上阻碍了服务机器人行业的健康发展。统一的行业标准能够规范产品设计、安全性和性能要求，促进技术间的合作共享。然而，目前服务机器人行业的标准不一，这使得用户在选择和使用产品时面临不便，影响了用户体验和市场信任度。另外，标准缺失还可能导致产品间兼容性问题，从而影响不同机器人实现协同工作的可能性。
- **增加集成难度：**技术壁垒是行业生态不开放带来的最明显的问题。各个企业往往开发独立的技术和产品，依赖于各自的技术平台和标准，导致缺乏统一的技术规范。这种状况导致不同品牌和类型的服务机器人之间难以实现互联互通，限制了产品间的协作。例如，在智能建筑中，服务机器人需要与电梯、门禁和其他系统进行有效整合，但缺乏通用的接口标准使得这种连接变得复杂，增加了集成的难度。无法为用户带来全栈式的智能体验。

- **阻碍创新发展：**不开放的生态系统可能抑制行业内部以及跨行业的创新，限制市场的健康竞争和发展，此外可能导致技术孤岛的出现，各厂商的解决方案无法互联互通，从而降低了整体行业的效率和效益。
- **限制用户体验：**随着服务机器人种类的多样化，不同品类或不同厂商的机器人之间的协同调度难度，直接影响客户的服务体验与商家的运营效率。例如在餐饮、酒店等融合性场景下，终端用户同时存在配送+清洁+迎宾引导的复合型需求，然而由于缺乏统一的行业协议和接口，跨厂商、跨品类的机器人之间难以形成无缝协作。解决这一问题通常依赖于具有主导力的甲方或集成商统筹协调，然而这种做法涉及非标准化项目，导致高额的协调成本，难以实现规模化推广。因此，**产品线过于单一的制造商可能会提供给用户分散且割裂的体验**，这不仅提升了用户的决策成本，也限制了服务机器人大规模商业化落地的步伐。

1.3.2.服务机器人的通用性与泛化性壁垒

服务机器人的通用性与其执行任务的泛化性也是行业发展的关键挑战。从商业化角度来看，尽管当前服务机器人在餐饮、酒店、零售、工业、医疗等众多行业的不同场景中实现了应用覆盖，且在餐饮等场景中实现了规模化渗透，但是由于不同行业的细分场景对机器人的功能和操作均有不同的特定要求，对跨行业、跨场景的机器人的通用性提出了挑战。例如，酒店

餐饮场景下可能会同时使用配送、清洁、安防、咨询等多种类型的服务机器人，然而过去由于技术的局限性和形态的单一性，大多数机器人难以胜任复合型的工作任务，大大限制了服务机器人的应用范围并增加了部署成本。因此市场对于能自如应对复杂环境与多样化场景，具备更高通用性、灵活性，且更贴近具身智能水平的服务机器人的需求日益增长，推动通用型机器人的研发和应用将成为服务机器人行业进一步规模化落地的关键所在。

- **迁移成本高昂：**缺乏通用性意味着各个行业都需要根据应用场景定制化设计和生产服务机器人。这不仅会增加研发制造的定制化成本，还可能导致机器人受限于特定任务，降低其在不同场景的可迁移性和灵活性。
- **难以灵活部署：**厂商需要为每个细分场景或任务都重新设计和配置机器人，而用户无法通过快速部署和重新配置机器人来应对市场变化，造成成本和资源的消耗。而相比之下，通用型机器人能够快速适应新的任务和环境，从而提高整体效率和生产力。
- **提高集成难度：**各种机器人系统缺乏标准化和模块化设计，导致不同系统的集成难度增加。
- **影响服务体验：**终端用户需要管理和维护一系列的专用机器人产品，每种都有其独特的操作系统和维护要求，增加了操作和使用的复杂性，也增加了培训和技术支持的成本。

图表1-10：通用具身机器人的5个泛化性挑战



来源：德勤研究

与此同时，从技术角度来看，服务机器人的通用性受限于多个维度的泛化性壁垒，这些壁垒在商业化进程中制约了服务机器人的广泛落地，共同构成了服务机器人在实现高度通用性和泛化性过程中面临的复杂挑战。

- **单一操作对象的泛化性：**服务机器人往往需要抓取和操作各种形状、材质和重量的对象。在这一过程中，针对不同对象的操作能力具有很高的技术挑战。以餐饮场景为例，机器人的抓取技能需要适应如瓷杯、不锈钢杯和纸杯等各种不同的杯型和材质，增加了操作的复杂性。
- **操作工具的泛化性：**例如在工业场景中，机器人需要使用不同工具完成任务，例如，装配过程中需要不同类型的螺丝刀、焊枪等。实现操作工具的泛化性要求机器人具备适应多种工具并灵活使用的能力，这对于传统服务机器人来说依然是一个技术挑战。
- **环境的泛化性：**服务机器人在不同的环境中执行任务时，需要适应环境的多变性。干净的桌面与杂乱的工作区域对机器人的操作要求截然不同，而这些环境因素的变化会直接影响机器人任务的顺利进行，进而影响服务机器人赋能千行百业的能力。

- **任务的泛化性：**服务机器人通常被设计用于特定任务，但用户往往希望机器人能够执行多样化的操作。因此，实现更广泛的任务泛化性也是一个难题，从而影响机器人的实用性。例如，清洁、搬运、引导等每种任务都有其特定的操作流程和要求，机器人需要具备跨任务的学习和执行能力，这是实现任务泛化性的关键挑战。
- **不同构型的泛化性：**服务机器人的多样形态导致了很难通过一套通用的算法。但是，为满足各类形态的特殊需求而进行的个性化设计会造成极大的技术挑战和经济负担，这直接限制了通用机器人的实现潜力。机器人的形态变化越多，其所需的操作算法与策略就越多样化，维护统一性和灵活性变得极为复杂。

泛化性是实现通用具身服务机器人的重要挑战，这些挑战涉及到机器人的感知、认知、操作和学习等多个方面，需要通过人工智能、机器学习和机器人技术的不断进步逐步解决这些挑战，推动通用具身服务机器人向更广泛的应用场景迈进。

1.4. 服务机器人行业的 ESG 实践指引

全球服务机器人的产业发展正在拓展和深入到社会生产和人类生活的各个环节，在此背景下，保障该行业持续稳健的发展态势，通过采纳切实有效的措施推进环境、社会和治理（ESG）的建设，显得尤为关键。

- 从环境保护来看，服务机器人行业的可持续发展需要特别关注绿色供应链的构建。企业应优先选择可再生和环保材料，并优化生产工艺以降低废物排放。通过引入绿色供应链管理，服务机器人企业不仅可以降低制造过程对环境的损害，还能在市场中树立起负责的、环保的企业形象。随着社会对可持续发展的重视，消费者越来越倾向于选择具备环保特征的产品，这为服务机器人行业提供了巨大的市场机会。
- 从社会责任来看，服务机器人企业须确保产品符合全球各地法律法规，以保证合规性并顺利进入不同市场。随着服务机器人广泛应用于医疗、教育、安保等敏感领域，确保符合国际标准和当地法规如ISO、CE、UL等认证至关重要。这不仅有助于提升企业的市场准入能力和消费者信任度，同时也彰显出企业对社会责任的承诺。

全球市场合规认证不仅能提升产品力，还能提升品牌信誉，从而增强用户的忠诚度和满意度。

- 从公司治理来看，服务机器人企业应采取措施积极应对信息安全和用户隐私保护的挑战。随着技术的进步，针对机器人的数据收集，建立完善的信息安全管理体系显得极为重要。企业应制定透明的隐私政策，使用户充分了解其数据的收集与使用方式，增强用户信任。在遵循国际和地区性信息保护法规的过程中，企业应采取有效的制度和架构充分保障和尊重用户的隐私安全。良好的信息安全治理有助于提升公司在市场中的竞争力，树立负责任的企业形象。

ESG实践可以帮助全球化服务机器人企业更好地识别和减轻与环境、社会和治理因素相关的风险，从而更好地应对潜在的挑战。服务机器人企业应该在可持续发展方面的实践始终积极探索，引领全球服务机器人行业可持续发展的实践和发展。

本白皮书将深入探讨服务机器人行业在可持续发展方面的普适性解决方案，以绿色供应链（E）、全球合规认证（S）和信息安全与隐私保护（G）三个关键领域的措施为服务机器人行业建立领先的ESG实践指引。同时，服务机器人的ESG战略不仅仅局限于这些关键点，而是一个涵盖更广泛领域的多维度框架，还包含其他诸多环境和可持续发展的重要议题。

图1-11：服务机器人行业的ESG实践指引



来源：德勤研究

1.4.1.绿色供应链（E）

服务机器人行业有着技术创新驱动和多领域应用的特点，其生产和使用对环境的影响尤为重要。当前全球范围内环境保护法规和政策不断加强，对高科技行业的环境责任提出了更高要求。消费者和投资者越来越关注企业的环境责任，企业的环境表现直接影响服务机器人企业的品牌形象和市场竞争力。本白皮书经过充分调研，证明通过以下策略可有效构建服务机器人行业的绿色供应链：

1.选择环境友好的材料

企业应该秉承可持续发展的理念，在服务机器人生产过程中积极采用环境友好材料。首先，产品的设计策略应该确保机身外壳在最大的程度上使用免喷涂技术，选用可回收炼材，减少生产过程中的有害物质释放。其次，内部金属结构和外部支撑托盘均选用可完全回收再利用的材料，不仅降低了生产对环境的负担，也促进了资源的循环使用。

2.关注产品的安全与健康

在生产过程中企业应该特别关注所选材料的安全性和健康性。例如，其部分托盘硅胶材料具备抑菌特性，确保产品安全并符合生物相容性标准及在使用过程中对用户健康无害。这种以用户健康为重的材料选择，在提升产品安全性的同时，也符合日益严格的环保法规。

3.确保环保合规性

在环保合规性方面，企业应该严格遵循ROHS（限制使用某些有害物质指令）和REACH（化学品注册、评估、许可和限制法规）标准。除特定的电池电芯和硬件组件外，所有使用的结构件均满足以上法规，以保障消费者的健康和安全。通过合规性措施，企业不仅践行了自身的环境责任，亦在市场中树立了良好的信誉。

4.生产过程的节能降耗与可追溯

机器人生产过程中的节能降耗措施同样关键。服务机器人生产工厂应该通过实施能效管理系统，在生产过程中优化能源使用效率，减少能耗和排放。工厂采用物联网技术，通过供应商协同、IPD流程集成、生产质量溯源和仓库管理等，实现机器人产品全生命周期智能化管理，推动企业在生产过程中积极响应全球的可持续发展目标。

图表1-12：服务机器人绿色供应链架构图



来源：德勤研究

1.4.2.全球市场合规认证（S）

1.全球市场合规认证的重要性

在服务机器人广泛应用于医疗、家庭、教育和公共服务等领域的背景下，确保这些机器人设计和运营的安全合规，对提升人们的生活质量和社会福祉至关重要。合规认证不仅是企业进入国际市场的必要条件，也是加强消费者和用户信任的重要途径，是服务机器人企业建立全球社会责任的必经之路。

2.服务机器人企业的全球合规认证实践指引

企业应积极推动服务机器人在全球化商业实践中的合规认证，致力于满足各个市场的最高社会责任标准，包括但不限于：



来源：根据公开资料

通过这些认证意味着服务机器人产品在质量安全、电磁兼容性、无线射频等方面的严格要求和最高标准，不仅符合不同国家和地区的市场准入条件，还体现出公司对产品质量和用户安全的高度重视。

3. 合规认证背后的重要意义

- **保障用户健康与安全：**通过获得国际认可的合规认证，服务机器人向消费者保证其产品在设计与功能上的安全性，减少用户在使用过程中的潜在风险。例如：
 - **电磁兼容性（EMC）：**确保机器人在操作时不会干扰周围的电子设备，特别是对于佩戴心脏起搏器的用户而言，低电磁辐射的设计至关重要，这一认证为这些特殊人士保护了健康并降低了潜在危险。

- **安规认证：**产品符合特定安全标准的认证，确保其在设计、制造和使用过程中不会对用户或环境造成危害。
- **与化学物质相关的合规认证（如REACH）：**确保机器人部件在生产和使用过程中不释放有害物质，保护用户的长期健康，尤其是在餐饮和医疗环境中使用的机器人产品。

图表1-13：基于合规认证的客户健康与安全保障



来源：德勤研究

- **增强市场信任与品牌形象：**全球市场合规认证是服务机器人企业全球化的敲门砖。相关的合规认证不仅提升了消费者对品牌的信任感，同时能够增强企业的市场地位。一般而言，消费者更愿意选择那些经过严格认证能够保证质量和安全的产品。
- **促进国际业务拓展：**合规认证使企业的产品能够顺利进入不同国家和地区的市场，快速适应当地法规和标准。合规性将极大减小进入新市场的障碍，帮助企业在全球范围内拓展业务并提升市场份额。
- **支持环境保护与可持续发展：**许多国际认证同时考虑环保标准，包括原材料与生产工艺等方面。此类举措减少了对环境的影响，企业在追求商业成功的同时，也履行了企业的社会责任。

图1-14：服务机器人市场合规认证指引



来源：根据公开资料整理

构建全球市场合规认证是服务机器人行业可持续发展的基础，尤其是在服务机器人重点应用的在医疗、教育和公共服务等直接影响人们生活质量的领域。通过全球市场合规认证，不仅保障了用户的健康与安全，还增强了品牌形象、促进了市场扩展，并且有效支持了环境保护。服务机器人产品的合规建设，将引领行业走向更高的社会责任标准，助力全球服务机器人行业的创新与发展。

1.4.3.信息安全与隐私保护 (G)

在服务机器人行业中，信息安全与隐私保护 (G) 至关重要。作为一个与技术高度关联的产业，机器人企业面临着复杂的法律、伦理和数据隐私问题。良好的公司治理不仅有助于确保企业在这些领域的合规性，还能建立良好的企业声誉，增强投资者和消费者的信心。

1.隐私及数据管理

企业应充分认识到用户隐私和数据安全在维护客户信任与业务连续性中的关键作用。在机器人设计阶段，机器人企业应确保不会收集或存储终端用户的个人隐私数据。对于因技术支持和产品性能改进所必需存储的机器人运行状态数据，同时应该严格遵守合规要求，承担平台责任，确保这些数据的机密性、完整性和可用性。通过禁止数据的未经授权的使用和披露，从而建立起有效的隐私保护机制。此外，企业还应建立最高级别的安全治理架构和规则，通过严格的数据管理政策保护数据信息，确保其按照最高标准被妥善处理。有效的隐私管理方案不仅减少了法律风险，也在消费者心中树立了强大的信任感。

2.安全技术与政策

企业应在安全技术方面采取一系列有效措施，实施数据备份机制以确保数据的稳定性和安全性，从而有效防止数据丢失。通过采用先进的加密技术和安全协议，对终端和云端的数据进行保护，阻止未经授权的访问和数据泄露，提升整体安全水平。

同时，企业内部的信息安全治理还应实施端到端的保护流程，确保每个应用系统在需求分析、开发、测试、上线以及运营的各个阶段均符合安全开发生命周期 (SDLC) 流程。这种全面的IT安全防御体系能够确保终端、网络、应用和云平台的安全，企业应定期对机器人应用系统进行安全评估和渗透测试，遵循OWASP（开放Web应用程序安全项目）的安全要求。是否未发生任何S0/S1级别的网络安全事件与数据泄露事件将成为企业信息安全治理表现的重要考核指标。

3.合规与标准认证

在信息安全与隐私保护方面，服务机器人厂商应积极参与国际公认的信息安全与IT管控标准认证，并以这些认证为基础构建完善的信息安全管理体系。在中国，厂商参与中国信通院的卓信大数据计划和数工委的企业数据安全计划，将使其信息安全与数据隐私保护工作始终处于行业前沿。在全球，企业应积极参与通过DNV审核，以获得符合ISO/IEC 27001 (2022) 和ISO/IEC 27701 (2019) 标准的信息安全和隐私管理体系认证，这些国际标准的认证不仅为企业提供了明确的安全管理框架，还增强了客户对产品与服务的信任度。

通过全面、高效的信息安全与隐私保护措施，服务机器人厂商不仅确保了用户数据的安全，增强了消费者的信任，也提升了企业的社会责任感和综合治理能力。通过不断强化合规治理和技术能力，将推动服务机器人行业在信息安全和隐私保护方面的持续进步与发展。

图表1-15：服务机器人行业信息安全治理与隐私保护架构图



来源：德勤研究





第二章

开放性的全栈式 智能服务机器人生态

服务机器人正快速在餐饮、酒店、零售、医疗、教育、工业等全球众多领域渗透应用，通过在配送、清洁、引导等多个环节中提供智能化服务，为人们的生产生活带来便利，并深刻影响了全球产业发展。同时，伴随着人工智能技术的革命性突破，具身智能（Embodied Intelligence）通过机器人本体与AI的耦合，与外部环境实现万物互联，从而理解世界、智能决策、主动交互并完成任务，正成为机器人发展的终极目标之一。然而，相对封闭的行业生态、机器人通用性不足以及跨品牌、跨种类的机器人难以协同调度等问题，依然是服务机器人实现可落地的具身智能所面临的主要挑战。

针对上述行业桎梏，普渡机器人在全球范围内首次提出开放性的全栈式智能服务机器人生态架构。该生态旨在建立一个开放、协同、通用的具身智能机器人生态，运用人工智能等技术与专用、类人形、人形多元形态的融合，并通过移动、操作、交互等核心技术栈的创新迭代，为用户提供全栈式的多品类产品矩阵和全栈式的解决方案，为服务机器人行业创造可持续的增长曲线。

在当前的市场环境中，各行业对灵活且具备多种功能的服务机器人需求日趋迫切。然而，服务的碎片化与流程割裂等问题，仍然制约着整体服务的效率无法围绕用户需求构建起完整的服务闭环。为了在高度自动化和智能化的背景下，实现跨场景端到端的智能化服务，亟需提升通用机器人的泛化性。

开放性的全栈式智能服务机器人生态即是这样一幅蓝图。在该生态中，多元形态、多品类产品矩阵、多技术栈等共同构成了发展具身智能的坚实基础，在技术的创新、硬件的多元化、行业标准规范的建立等多重驱动下，具身智能赋予机器人适应不同环境、处理多样化任务的能力，使其能够在多种场景中自如运作，从而带来服务模式的全面革新。

因此，从更宏观的行业视角来看，发展开放性的全栈式智能服务机器人生态是服务机器人行业向更高层次发展的必然趋势。通过推进技术的整合与创新，建立行业标准，实现资源共享，这一生态的构建将加速新技术的开发与应用，促进全球市场的互动与合作，为服务机器人领域带来新的发展机遇。

该生态将有效促进生产力的提升和社会效率的优化。它不仅能够提高企业的竞争力，降低运营成本，更能够推动社会整体福祉的提升，为全球可持续发展目标的实现作出重要贡献，形成社会与企业共赢的商业模式，开启人类与机器人协作的新纪元。

开放性的全栈式智能服务机器人生态的构建代表了机器人行业的未来，更昭示了全球全行业向智能化、自动化转型的宏伟前景。该生态将重塑全球产业，突破现有的应用界限，促进行业内外的深度融合，为用户提供更高效、智能和人性化的服务体验。该生态将推动机器人迈向通用具身智能，为服务机器人行业的未来发展开辟新的可能性，助力构建一个智能互联、可持续发展的机器人行业未来。



2.1. 生态概念定义

开放性的全栈式智能服务机器人生态是一个技术框架和商业模式的创新综合体，旨在通过以AI为核心的多技术栈和创新的商业模式，建立开放普惠的行业生态，实现服务机器人与一切可能的交互对象（包括人、环境、其他机器人和软硬件系统）之间的智能交互与万物互联，形成一个通用

的全栈式智能机器人体系。该生态的核心理念在于开放性和通用性，通过构建一个全面互通、无缝衔接的智能服务机器人生态，来实现服务机器人在多样化应用场景中的深度融合和广泛应用。

该生态的构建基于以下几个关键要素：



技术整合

以整合人工智能、物联网等技术模块为基础，重点打造移动、操作、交互三大核心技术栈，来提高服务机器人的自主性、适应性和智能化水平。



生态开放

集成和协同各类服务机器人的硬件、软件、数据和接口，通过开放API、SDK和标准化协议，促进技术交流和产品兼容性提升，降低开发和集成的门槛。鼓励构建开放性行业生态，推动合作共享，打造一个标准统一、包容普惠的服务机器人行业生态。



交互拓展

通过运用人工智能技术，包括自然语言处理、情感识别等，以实现具身智能式的全栈交互体验。



形态多元化

发展多种机器人形态，以适应不同场景的特定需求，包括专用、类人形、人形等三种形态，促进三种形态的共同发展。



商业模式创新

通过建设多品类的产品矩阵提供全栈式场景解决方案，使服务机器人能够更好地满足终端用户的复合型需求。



可持续与普惠

促进服务机器人助力各行各业实现可持续发展，支持行业内外的创新和合作，推动服务机器人行业的可持续发展和普惠创新。

2.2. 行业下半场的生态发展路线

开放性的全栈式智能服务机器人生态的发展路线是一个多维度、跨领域的综合性战略，进入行业下半场，服务机器人正沿着一条创新的发展道路前进。这条道路的实现需要依靠多种战略的发展，其中包括了以模块化设计和AIoT技术为基础，构建起R2X（Robot-to-Everything），即机器人与万物互联，使得机器人能够灵活地与周围环境和设备进行交互。在这一生态中，专用、类人形和人形机器人三种形态相辅相成，不可替代，共同构成了机器人行业的未来生态，以适应各种场景和任务。而这背后，是多技术栈的驱动力，它们集成了自主移动、操作和交互等关键技术，赋予机器人

具身智能，使其在物理世界中的行为更加智能和贴近人类。此外，生态的发展并不局限于技术层面，它同样强调商业模式的可持续发展和普惠创新，发展多品类产品矩阵使得不同类型的机器人能够协同工作，为客户提供无缝的体验。该生态的发展路线图以可持续和普惠的创新为核心，推动行业的可持续发展，使得智能服务机器人技术更加普及，惠及更广泛的用户群体。这条发展路线不仅为智能服务机器人的更大规模商业化落地提供了可行的方案，也为行业内的各方参与者提供了一个共同成长和创新的平台。

图2-1：行业下半场的生态发展路线

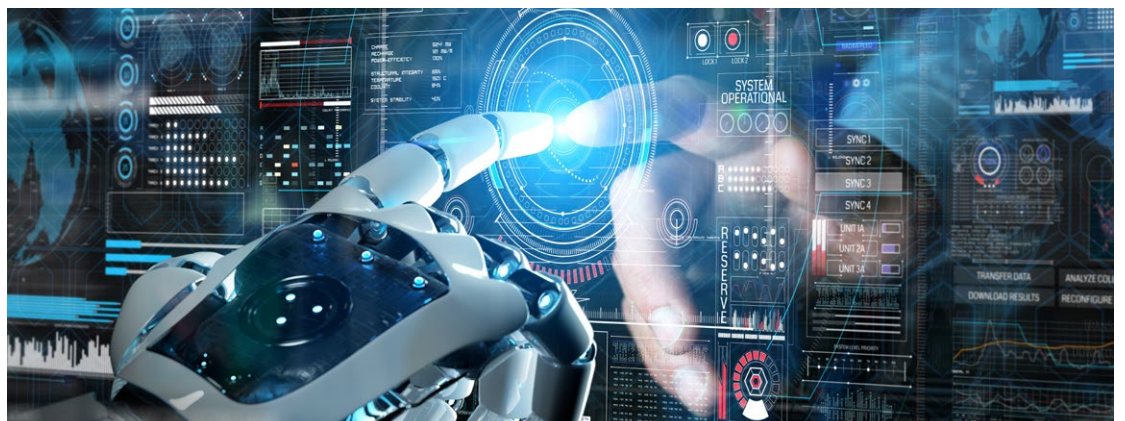


来源：德勤研究

2.2.1. 生态技术基础：基于模块化设计与AIoT的R2X

2024年1月，普渡机器人在全球范围内首次提出了R2X的技术架构，即Robot-to-Everything。R2X倡导开放性、标准化的行业生态，通过统一的技术规范和协议，不同品牌和类型的服务机器人能够实现更好的协同，实现机器人与生态之间各种设备

的万物互联。因此针对不开放、不协同的行业壁垒，基于模块化设计与人工智能物联网（AIoT）技术深度融合的R2X，是实现开放性全栈式智能服务机器人生态的关键技术基础。



模块化设计

当前机器人行业的开发框架差异化显著，基于封闭生态的机器人设计意味着机器人的软硬件通常是固定且专用的，导致了兼容拓展性差、维护迁移成本高等诸多问题。

模块化设计通过将机器人系统分解为多个软硬件模块，厂商和用户可以根据不同的应用需求进行灵活组合和定制。这一设计理念不仅提升了产品的适应性和可扩展性，还为技术的创新与产品的迭代提供了可能性，是开放性的全栈式智能服务机器人生态系统的基石。服务机器人模块化设计以多个软硬件模块——移动模块、操作模块、交互模块、传感模块和数据处理与通信模块为核心。通过这种灵活的设计，服务机器人能够大大提升在不同场景中能够灵活应对复杂任务的能力。

服务机器人的模块化设计主要包含以下要素：

1.移动模块

移动模块是服务机器人的基础部分，负责机器人的机动性和导航，主要由底盘、驱动系统和运动控制器组成。其主要功能包括：

- **自主导航与避障：**硬件配置的激光雷达、传感器和摄像头与运动控制系统的结合，使机器人能够实时构建环境地图，进行路径规划和避障。
- **多种移动模式：**服务机器人可以选择轮式、履带式或足式等不同的移动方式，以适应不同的环境和任务需求。例如，轮式底盘适合室内平坦地面，足式对于复杂多变的地形的适应性则更强。

2.操作模块

操作模块是实现具体任务操作的关键，包括机械臂、抓取装置和执行器，并结合专用和通用算法以提升机器人操作的灵活性与智能性。其主要功能如下：

- **精细操作能力：**机械臂通常配备多自由度的关节，使其能够完成多样的动作，如抓取、搬运、放置和清理等。结合通用算法，机器人能够根据不同的操作对象和环境条件实时调整其抓取策略与操作方式。
- **可选择工具配件：**操作模块可以根据应用需要，轻松更换不同的工具和附件，如抓取夹爪、灵巧手、吸盘或清洁刷，这不仅丰富了机器人的功能，也增强了其通用性，能够适应不同场景的需求。

- **复杂任务执行：**操作模块集成通用算法，使机器人能够根据环境变化智能地调整操作方式，实现高效任务执行。例如，在餐饮服务中，机器人可能需要同时进行食物配送、餐具清理等，这些任务的执行依赖于通用算法的指导。

3.交互模块

交互模块是服务机器人与用户进行沟通的接口，负责提供智能化的交互体验。其主要功能包括：

- **多模态交互：**借助自然语言处理（NLP）和计算机视觉技术，服务机器人能够通过语音、手势和图像与用户进行互动，提升交互的自然性和亲和力。
- **情感分析与响应：**结合AI算法，交互模块能够分析用户的情感，调整服务机器人在互动中的语气与内容，从而提供更具人性化和贴心的服务体验。

4.传感模块

传感模块是赋予服务机器人环境感知能力的重要部分，包含软硬件的综合应用。其功能包括：

- **环境监测：**结合现代传感器（如激光雷达、超声波传感器、红外传感器等）及实时处理软件，机器人能够准确识别周围的物体及环境条件，以支持智能决策与操作执行。
- **融合数据能力：**服务机器人通过数据处理算法，能够集成来自不同传感器的信息，为决策提供高质量的数据支持，确保其在复杂环境中的操作能力。

5.数据处理与通信模块

数据处理与通信模块负责收集、分析和管理服务机器人运行中的数据，相应的软件系统确保数据安全与有效利用。其主要功能包括：

- **协同调度：**通过设定开放的通信协议和高效的数据共享机制，确保不同类型机器人间可以实现多机器人协作的智能调度，优化任务的分配和执行效率。

图2-2：R2X模块化设计架构图



来源：德勤研究

模块化设计的应用带来以下诸多优势：

1. 灵活配置

模块化设计的核心优势在于灵活性。通过将服务机器人分解为多个可独立更换的功能模块（如配送、清洁、迎宾等），企业可以根据客户的具体需求快速调整产品配置。例如，**清洁机器人可以选装摄像头等多种外接模块，除执行清洁任务之外还能实现多种巡检功能。**这种灵活配置使得服务机器人可以轻松适应不同业务场景的要求，从而提升整体服务效率。

2. 降低研发和运营成本

模块化设计可以有效降低研发和运营成本。厂商在开发新产品时，可以复用已有模块，减少从零开始开发的时间和费用，提高了技术应用的效率。同时，由于每个模块可以独立测试和维护，有助于简化维护工作，进一步降低后续运营中的管理成本。

3. 促进技术创新集成

模块化设计为技术创新提供了良好的平台。在R2X技术架构中，各个模块可以不断根据最新的技术趋势进行优化。例如，随着人工智能和传感器技术的发展，机器人公司可以将新技术迅速整合到现有模块中，而无需重新设计整个机器系统。这种灵活的研发环境鼓励产业内的持续创新，使企业能够快速响应市场变化。

4. 实现R2X万物互联

模块化设计与物联网（IoT）的结合能够推动实现服务机器人和其他设备的智能互联。在这种模式下，每个模块都可以通过标准化的接口与各种设备进行轻松连接，例如，楼宇机器人可以通过软件或硬件模块连接到电梯、门禁、电话等多种系统，通过共同的API实现自动调度和操作。硬件生态的连接性不仅提升了工作效率，还有效减少人工干预，优化了用户体验，为实现全栈式智能生态建立了基础。

5. 确立行业标准与规范

模块化设计为统一行业标准和协议提供了条件。在开放性的全栈式智能服务机器人生态中，通过集成和协同各类服务机器人的硬件、软件、数据和接口，构建一个灵活、可扩展的服务体系。通过配置开放的API和软件开发工具包（SDK），不同的模块可以实现无缝集成。模块化设计与服务机器人的行业标准规范（如VDA 5050等）具有互补关系。**模块化设计为不同的功能单元提供了物理和软件层面的拆分，而行业标准规范则确保不同厂商和类型的机器人之间能够有效协同工作，实现无缝协同。**通过标准化接口和通信协议，各模块可以在不同的系统中互换使用，从而增强了整个服务机器人生态的灵活性。同时，模块化设计的广泛应用可以进一步促进行业标准的形成，在推动服务机器人相互协作的同时，还将激发行业的协同创新能力。

模块化设计的核心在于以下几个方面：

- **开放统一的接口：**开发一套标准化的硬件接口和软件API，使得不同厂商和不同功能的模块能够无缝联通和协同工作。这些接口必须足够灵活，以支持广泛的设备类型和技术规格，确保广泛的软硬件兼容性。
- **行业标准和协议：**制定和遵循行业内一致的标准和协议，确保模块化设计在整个服务机器人行业得到广泛认可和应用。这些标准应涵盖从物理层面的连接器规格到数据传输格式，从安全协议到错误处理机制等各个方面。
- **模块间通信：**确保模块间通信的一致性和高效性，采用标准化的数据交换格式和通信协议，如MQTT、DDS或ROS 2.0等，以实现不同模块间的数据共享和任务协调。

 AIoT

AIoT技术集成了人工智能和物联网技术的优势，为服务机器人赋予了智能感知、实时数据处理和互联互通的能力，实现机器人与生态之间各种设备的无缝协同，是全栈式智能服务机器人生态的另一核心技术。

AIoT技术对服务机器人的赋能主要体现在以下几个方面：

1. 实现设备间的实时连接

AIoT技术的核心在于通过物联网技术支持服务机器人与各类设备（如电梯、门禁系统、电话系统等）建立实时连接，从而使机器人从孤立的操作单元转变为全面互联的智能生态中的一环。例如，在智能楼宇中，服务机器人可以通过IoT技术与电梯系统联动，实现自主乘梯，为用户带来全栈式的智能服务体验。

2. 数据共享与智能调度

基于AIoT技术，服务机器人能够实时收集周围环境和设备的数据。**这些数据在云平台或本地进行集中处理与分析，为机器人提供智能决策支持，实现云端管理。**当服务机器人在执行任务（如配送或清洁）时，可以根据接收到的实时数据，优化任务执行的顺序和路径。例如，在零售环境中，清洁机器人可以根据商店流量数据自动调整清洁时间，避开高峰时段，从而有效提升工作流的效率。

3. 跨设备的任务协作

AIoT技术的应用使得不同品牌和类型的服务机器人与其他设备之间的协同工作成为可能。当服务机器人需要同时在多种设备和功能模块之间协调工作时，AIoT技术为其提供了强大的支撑。通过开放的API和标准化的通信协议，服务机器人能够共享信息与资源，实现真正的跨设备协作。例如，在医疗环境中，工作流程通常需要多种设备共同协作，药物配送机器人可以与导诊机器人、清洁消毒机器人以及警报系统和监控设备相互连接，以实现医院场景下的全栈式智能生态。

图2-3：AIoT万物互联



来源：德勤研究

普渡机器人的领先实践案例-基于R2X的硬件梯控与云梯控双方案

随着服务机器人技术的发展，越来越多的商业环境如酒店、写字楼、医院等开始引入机器人以提高效率和服务水平。而商业建筑环境通常复杂多变，机器人需要在这些环境中自由移动，包括与电梯系统交互，以完成跨楼层的任务。因此，服务机器人需要与现有的建筑管理系统（如电梯控制）集成，这要求机器人具备与多种电梯品牌和型号的兼容性。

而这带来了一系列的客户痛点，比如：不同品牌的电梯系统差异较大，机器人需要能够兼容多种电梯系统，以适应不同的商业环境；为了使机器人能够与电梯通信，客户可能需要对电梯进行硬件改造，这不仅成本高昂，而且可能影响电梯的美观和正常使用等等。

为了解决上述难题，给予客户更多选择，基于R2X技术架构，普渡机器人针对不同场景的客户需求，创新性的推出了硬件梯控和云梯控双方案，以两种基于R2X的技术原理和实现方式有效解决了服务机器人在复杂建筑环境中的电梯接入问题，为酒店、写字楼等不同场景的终端用户带来了丰富且多元的定制化解决方案。

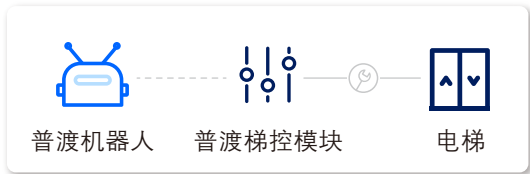
1.硬件梯控

硬件梯控主要通过为电梯加装硬件梯控模块和控制单元，以实现机器人与电梯之间的通信。其优势主要体现在以下方面：

- **高适配度：**
硬件梯控方案的一个显著优势是其广泛的适配性。它能够与市面上90%的电梯型号兼容，这意味着无论客户使用的是哪种品牌的电梯，硬件梯控方案都可能适用，极大地扩展了服务机器人的应用范围。
- **高稳定性：**
由于硬件梯控方案不依赖于外部网络，它可以在没有网络连接的情况下稳定运行。这对于网络不稳定或无网络覆盖的建筑环境尤为重要，确保了机器人在任何情况下都能可靠地使用电梯。

- **降低总体拥有成本（TCO）：**
相比于复杂的软件解决方案，硬件梯控方案的费用相对较低。一次性的硬件改造成本可以被多个机器人共享，使得长期的运营成本更加经济。这对于预算有限的企业尤其有吸引力。
- **可复用性强：**
一旦电梯安装了硬件梯控模块，它就可以供多种不同类型的机器人多次复用，这不仅提升了效率，还使得改造投资能够被多个机器人分摊，进一步降低了成本。
- **易于维护和升级：**
硬件梯控模块作为物理设备，其维护和升级相对简单直接。一旦出现问题，可以快速定位并进行修复或更换，减少了系统的停机时间。
- **安全防护强化：**
通过硬件级隔离技术构建独立通信信道，从源头规避网络攻击风险；结合加密算法对控制指令进行端到端加密传输，有效防止信号劫持与数据泄露；同时采用机器人ID与梯控模块的双向认证机制，严格管控设备接入权限，确保仅授权机器人可触发电梯操作，满足医疗、金融等高安全要求场景的合规性需求。

硬件改造 对电梯改造安装部署普渡梯控模块



2.云梯控

云梯控通过云端API接口与电梯控制系统进行数据交互。服务机器人可以通过网络访问电梯操作系统，而无需对电梯进行任何硬件改造。这一过程依赖于云计算平台的实时处理和分析能力。云梯控的优势在于不需要改造电梯，通过API接口实现机器人乘梯；兼容性高，可以供不同类型的服务机器人在同一个场景共同乘梯；功能实现灵活，可通过电梯接口去实现不同乘梯需求。

图：云梯控



该方案的优势主要体现在以下方面：

- **无需硬件改造：**
云梯控方案最大的优势之一是它不需要对电梯进行任何物理硬件改造。这意味着客户可以避免电梯硬件改造的人工作业和控梯设备维护，同时也降低了对电梯正常运行的干扰。
- **高兼容性：**
由于云梯控方案基于标准化的API接口，它能够与不同品牌和型号的电梯系统兼容。这种开放的接口设计允许来自不同制造商的机器人在同一环境中无缝协作，极大地扩展了服务机器人的应用场景。云梯控方案提供了高度的灵活性，可以根据不同的乘梯需求通过电梯接口实现定制化的功能。这种灵活性使得云梯控能够快速适应新的应用需求，无论是在新建筑中部署还是在现有建筑中升级服务。

- **云计算的强大能力：**
云梯控方案利用云计算平台的实时处理和分析能力，提供了强大的数据支持和决策支持。这不仅提高了服务机器人的响应速度和决策准确性，还为未来的智能化升级提供了基础。
- **远程管理和更新：**
由于云梯控方案基于网络，它允许远程管理和软件更新。这意味着可以快速部署新功能，修复问题，并在全球范围内统一管理服务机器人的电梯访问权限。
- **可靠性：**
云梯控方案可以通过网络监控和日志记录来提高电梯使用的安全性和可靠性。任何异常行为都可以被实时检测和响应，确保了服务机器人和乘客的安全。
- **深度定制能力：**
云梯控支持灵活的机器人乘梯行为配置：可自定义机器人进出方向、电梯开门等待时长及楼层停靠策略，适配不同建筑空间布局与业务需求；适配多场景模式（如医疗紧急通行、酒店高峰调度），并通过实时数据分析动态优化指令逻辑，在保障安全合规的前提下，实现跨楼层协作效率与场景适应性的双重提升。

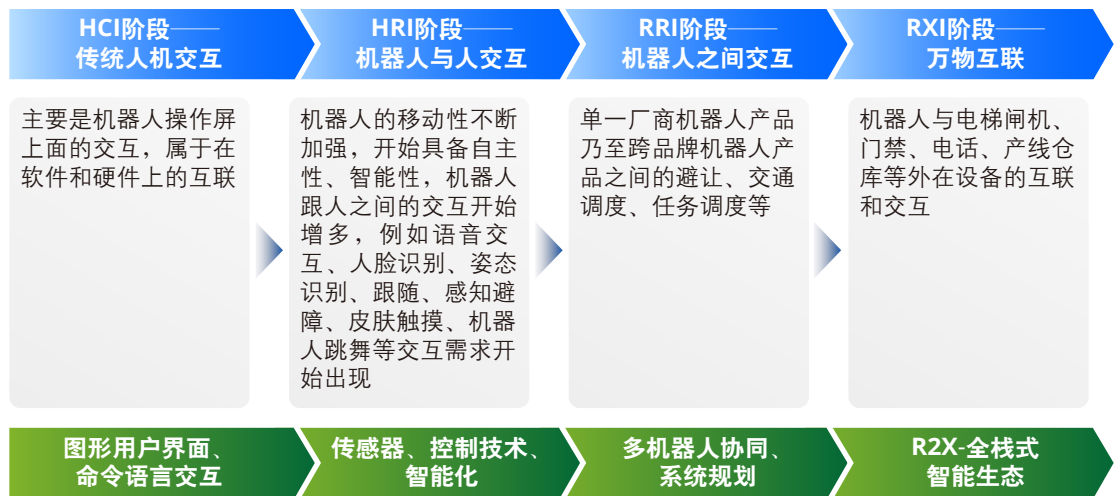
普渡机器人基于R2X的硬件梯控与云梯控为服务机器人在复杂环境中的电梯接入问题提供了有效的解决方案。硬件梯控通过硬件模块连接实现高适配度和稳定性，而云梯控则通过物联网技术实现灵活、便捷的互联互通，为实现全栈式智能服务机器人生态提供了多元化的方案选择，推动了服务机器人在酒店、餐饮、商超、医院、养老、工业等多种应用场景的更大程度应用。

R2X交互

未来，随着技术的持续发展，全栈式智能生态将逐步迈向高级别的R2X交互。按照机器人的交互发展史来看，机器人的交互可以分为四个层级，分别是HCI（传统人机交互）、HRI（机器人与人交互）、RRI（机器人之间交互）和RXI（万物互联）。当前大部分服务机器人产品的交互模式仍然停留在前三个阶段，即机器人可以根据预

设的语音、姿态等完成简单的回应，却无法针对差异化的应用场景和用户对象提供个性化的反馈。全栈式智能生态基于人工智能技术的加持，随着先进传感器技术、自然语言处理以及情感识别算法等迭代应用，人机交互将突破传统语音、视觉交互的范畴，实现无处不在的全栈式智能交互，给用户更具关怀性的服务体验。

图2-4：服务机器人交互模式的升级



来源：德勤研究

相较于传统机器人交互，R2X交互将实现交互场景、交互内容和交互模式多个维度的跃迁：

• 从单点交互到全栈交互：

传统的交互模式往往局限于特定场景和特定设备，相比之下，R2X生态下允许用户在生态场景中的任意地点，通过任意方式与机器人互动，例如语音、手势、触摸、情感表达等，形成开放性的全栈交互模式。这种全方位的交互体验增强了用户与服务机器人之间的互动深度，提升了用户的满意度和使用体验，使服务机器人不仅是任务执行者，更是用户日常生活中的伙伴。

• 从简易交互到人工智能交互：

在R2X生态中，交互技术的进步使得服务机器人能够利用人工智能大模型深度分析和学习用户的需求与偏好。与传统机器人依赖固定指令响应用户不同，该生态交互能够基于对用户情

境和情绪的理解，提供个性化、智能化的回应并在满足用户基本请求的基础之上，进一步主动识别和适应用户的变化需求。例如，在餐饮场景中，机器人能够根据用户的口味偏好和饮食习惯，推荐菜单或调整服务方式，提供量身定制的服务。

• 从被动交互到主动交互：

传统上机器人多采用被动交互模式，即用户主动发送指令，机器人则被动执行。在R2X生态中，主动交互的实现标志着机器人向更高层次的具身智能迈进。例如，在养老场景中，机器人能够利用跌倒动作识别技术主动监测老年人的健康状态。一旦发现异常，机器人能够立即发出警报，及时通知护理人员或家属，从而为老年人提供更为关怀和及时的服务。这一主动监测和响应能力不仅提升了服务的及时性，也为用户提供了更高的安全感。

2.2.2.商业模式变革：多品类产品矩阵助力全栈式具身智能

根据上一章节，基于模块化设计与AIoT的R2X是支撑全栈式智能生态的技术基础，也是未来技术革新的长期方向。然而，当前机器人行业面临的一大核心问题是尚未建立统一的技术标准与规范，导致不同品牌、不同类型的机器人在实际应用场景中难以实现高效协作与互联互通。这种割裂状态不仅增加了用户的使用成本，也严重影响了服务机器人在复杂场景中的应用价值，制约了行业的规模化发展。

服务机器人市场的客户需求正在发生深刻的变化，用户不再仅仅满足于单一功能的机器人设备，而是期望获得覆盖全场景的一站式解决方案。这就要求厂商具备跨品类、跨场景的产品整合能力，从而为用户提供无缝衔接的服务体验。而服务机器人厂商提供完整的产品矩阵不仅可以显著降低用户的认知与操作门槛，还能大幅提升服务效率，进而带动用户自发迁移和复购，实现用户与厂商之间的双赢局面。

随着服务机器人在餐饮、零售、仓储物流、酒店、工业、医疗、教育、养老、公共服务等各行业加速应用渗透，服务边界持续拓展深化，与此同时，在差异化的场景中仍然存在着搬运、清洁、迎宾交互等多种共性的复合需求。

以具体场景为例，在酒店场景下，需要迎宾机器人、清洁机器人和配送机器人协同工作；而在零售场景也是如此，用户既需要机器人提供商品导购服务，也需要提供地面清洁和具有工业级搬运能力的机器人。因此，从商业模式的维度来看，进入行业下半场，头部厂商需要通过多品类产品矩阵的有机组合，来适应客户在多样化场景中的深层需求，为其创造一致且高效的使用体验。

展望未来，服务机器人行业在迎接技术革新的同时，也将同步迎来一场以多品类产品矩阵建设为核心的商业模式变革。**尽管人形机器人自身具有高度通用性，但在一个包含多种形态机器人的未来生态中，只有多品类产品矩阵才能够实现全栈式具身智能。因此，发展多品类产品矩阵不仅仅是为了打造通用机器人，更是为了建立“通用的”机器人产品体系，这将成为打造全栈式智能生态的关键所在。**

图2-5：基于多品类产品矩阵的全场景解决方案



来源：德勤研究

2.2.3.通用的多元形态：专用+类人形+人形

随着技术的不断进步，服务机器人的通用性和泛化性得到了显著提升，为多样化应用场景的实现奠定了坚实基础。而在机器人本体形态的设计与功能实现方面，服务机器人也突破了传统意义上的单一化定位，向着更加通用化、多元化方向发展。这种转变既是技术进步的必然结果，也是日益复杂的市场需求驱动下的必然选择。

随着机器人应用的不断加深，行业逐渐意识到：人形机器人并非唯一的终极形态，机器人形态的演进并非线性进化，而是多种形态互补共生的过程。

在这一行业趋势下，专用机器人、类人形机器人与人形机器人将各自承载着不同的功能定位，共同构成服务机器人生态的核心支柱。通过利用三种形态各自的优势，不仅提升了机器人的适应性和任务执行能力，也为更大程度的通用机器人体系提供了支撑。多元形态将促进

各类机器人在不同场景中实现无缝协同，有效解决场景融合下的多样化需求与复杂挑战，从而进一步推进全栈式智能生态的发展。

在未来多元形态机器人的共生格局中，专用机器人、类人形机器人与人形机器人将各自发挥独特价值：

- **专用机器人Specialized Robots:**

专用机器人聚焦于某一类特定场景或任务，如清洁、配送或迎宾引导。其有效执行单一任务的效率最高。

- **类人形机器人Semi-humanoid Robots:**

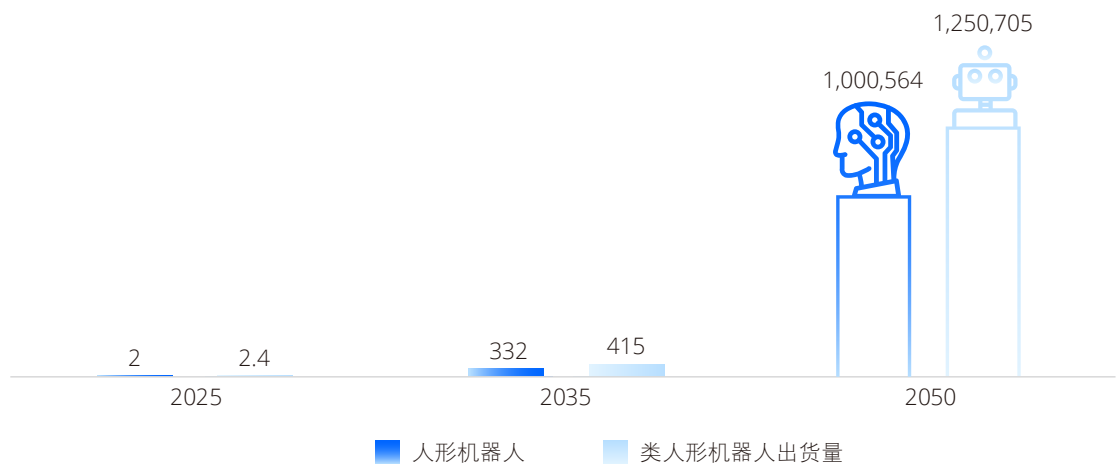
类人形机器人在底盘设计上采用轮式结构，结合机械臂实现多功能执行，具备较好的任务泛化能力，能够平衡执行效率和操作多样性。

- **人形机器人Humanoid Robots:**

作为最接近人类形态的机器人类型，人形机器人具有极高的自由度，能够执行复杂和精细的操作，在交互体验、空间适应性与操作灵活性方面具有独特优势。

图2-6：全球人形机器人及类人形机器人出货量预测

(万台)



来源：德勤研究

为了清晰划分三种形态各自适配的工作场景，本白皮书引述普渡机器人首创的“单位工作面积内的自由度”创新概念，这一概念以机器人总自由度与工作面积的比值为基准，来衡量三

种形态各自适配的场景，以打造最具商业化应用能力的具身智能为目标，推动全栈式智能生态的实现。

基于“单位工作面积自由度”这一指标，可以更好地理解专用、类人形、人形三种形态机器人各自的优势和适用场景，以及如何根据特定的应用需求选择合适的机器人形态，从而进一步推动生态的构建：

图2-7：三种形态单位工作面积内的自由度



来源：普渡机器人，德勤研究

从单位工作面积自由度的角度出发，不难理解三种形态之间相辅相成的关系。未来的机器人生态不是某种形态的一统天下，而是三种形态各司其职，共同构建完整的通用具身机器人应用体系。

构建全栈式智能生态，首要目标是打造一个通用的服务机器人体系，使其能够应对各类场景下的泛化任务挑战。在“通用的多元形态”概念下，专用机器人、类人形机器人和人形机器人三种形态共同构成了一个全面、灵活且能够适应多样化需求的服务生态。

1. 覆盖广泛的应用场景

全栈式智能服务机器人生态需要能够覆盖家庭、商业、工业等多个领域，涵盖餐饮、医疗、物流和教育等多个行业。每个行业对机器人的功能和适用场景都有特定要求，单一形态的机器人难以全面满足这一系列需求，不同类型机器人之间的组合能够带来更多场景的覆盖：

- **专用机器人：**专用机器人在特定任务的执行上具有极高的效率，能够在特定环境（如医院、餐厅等）中，以最佳方式完成其设计的功能。例如，配送机器人能够高效地将物品从一个地点运输到另一个地点，确保物流的迅速与准确。
- **类人形机器人：**类人形机器人具有泛化的操作能力，能够适应较为复杂的任务需求，例如在餐饮行业同时执行取餐、送餐、回盘、清洁等不同任务。通过这种多功能性，类人形机器人为用户提供了更为个性化的体验。
- **人形机器人：**人形机器人则以其高自由度和复杂的操作能力，能够在更广泛的场景中执行细致入微的任务，如教育、医疗和家庭护理等，从而满足高通用性的需求。

2. 提供一站式解决方案

全栈式生态不仅要求机器人能够完成单一任务，还要求它们能够提供端到端的一站式解决方案。在一个全栈式的智能服务机器人生态中，不同形态的机器人能够无缝衔接、协同作业，显著提升服务效率。

例如，在一个繁忙的酒店环境中，专用的客房配送机器人和人形服务机器人能够实现无缝对接，分别完成特定任务。专用机器人负责将物品迅速送达，人形机器人则提供客户服务、引导乃至客房内的清洁服务，形成端到端的工作流。

3. 打通跨场景端到端任务

传统服务机器人往往局限于单一环节，难以实现服务闭环。通用的多元形态有效解决了这一痛点，在多个典型场景中实现端到端服务贯通。

例如，在餐饮行业，类人形及人形机器人能够自动执行送餐、上菜及清理等环节，实现整个服务流程的自动化，从而减少人工干预，提升服务效率与客户满意度；同样，在酒店环境中，人形机器人可以担当迎宾、配送、清洁等角色，真正实现全方位的服务闭环。具体到清洁作业来说：当前市面上通用的解决方案是为清洁机器人配置工作站来完成添水和排污操作，然而现实中的大多数客户都不具备改造水路的条件及意愿，且改造影响美观。而通过多种形态类人形机器人能够自行加水、排污、倒垃圾、更换清洁组件，真正实现智能化无人值守。上述应用场景论证了三种形态在实现全栈式的智能服务机器人生态过程中的必要性与核心价值。

4. 突破技术局限，降低改造成本

单纯依赖于IoT技术的机器人系统在实现全栈式的智能服务机器人生态过程中面临诸多局限。

例如，大多数传统解决方案要求对电梯、门禁等设备进行硬件改造，这使得实施成本高企并且面临复杂的监管风险。这不仅带来高昂的改

造成本，更面临复杂的审批流程。而采用类人形机器人，则可通过机械臂对既有设施进行物理操作，无需对现有设施做任何改动，极大降低了部署门槛，提升了全球市场拓展效率。

发展专用机器人、类人形机器人和人形机器人的三种形态对于构建全栈式智能生态具有深远的意义。三种形态提升了任务执行的灵活性和效率，还通过有效应对市场的多样化需求和复杂挑战，实现了跨场景的端到端智能服务。此外，三种形态间的协同作用能够降低机器人部署成本，简化技术集成，从而推动行业标准的形成与技术进步。这种多元形态的结合为未来智能服务机器人在全球市场的广泛应用奠定了坚实基础，助力服务机器人在全球市场的更大规模商业化落地。

2.2.4.多技术栈驱动的具身智能：移动+操作+交互

上文提到，过往的服务机器人行业往往聚焦单一技术的迭代，例如专注于语音交互或者自主移动技术。这种单一技术导向限制了产品的功能，难以满足客户的复合型需求。

随着行业发展进入深水区，单一的技术路线已无法满足市场需求。进入行业下半场需要以更广阔的视角审视产业发展方向。在构建全栈式智能生态的过程中，多技术栈的协同发展已成为必然选择。从技术演进的角度来看，当前服务机器人行业正处于关键转型期——从单一的自主移动能力向集移动、操作、交互于一体的多技术栈迈进。可以预见，在多技术栈的驱动下，以多模态感知、自主决策、灵巧操作为核心特征的具身智能，将成为推动全栈式智能生态发展的核心驱动力。

图2-8：多技术栈驱动的具身智能：移动+操作+交互



来源：德勤研究

移动：轮/足双形态并进

移动技术是服务机器人的核心技术栈之一，直接决定了机器人的应用范围与效率表现。服务机器人需要具备高效自主导航和灵活避障的能力，以实现在复杂的环境中稳定运行。伴随着传感器技术、计算能力和算法优化的显著进步，服务机器人的移动技术经历了快速发展，其应用场景也从纯粹的室内导航扩展到了半室外环境等多种动态的复杂任务场景。进入行业下半场，移动技术作为核心技术栈之一，将发挥至关重要的作用。

当前，在三种形态机器人的发展进程中，轮式与足式两种移动方案逐渐显示出各自的优势，并在多样化应用场景中各展所长。因此对于未来的生态发展，这两种移动方案的布局显得尤为重要。

轮式移动方案

轮式机器人相较于于足式机器人，在室内平整地面的移动效率上有显著优势，因此也更适用于室内平整地面，而足式机器人则更适用于复杂地形。两种移动方案面向不同场景形成优势互补，使得机器人能够根据具体的应用环境选择合适的移动方式。

轮式机器人的优势在于其在2D空间内的移动效率。在大多数商业应用场景如商场、写字楼、医疗机构等环境相对标准化的地方，轮式方案能够很好地满足需求，并在跨场景、长序列任务中展现出优异的可靠性。

轮式移动技术的当前发展趋势集中在提升机器人的环境适应性和智能化水平，其中包括开发全向移动能力和零半径转弯技术以增强在狭小空间的操控性；集成先进的传感器和智能算法，如激光雷达（LIDAR）和SLAM技术，以实现更精准的自主导航和动态避障。

轮式移动技术作为机器人的主流移动方案，目前已经达到了相当成熟的水平。轮式技术在平坦表面具有高效率 and 稳定性，能够实现快速且高效的移动。随着精确操控和智能导航系统的不断进步，轮式机器人已经在多个行业中得到

广泛应用，如物流配送、清洁服务和室内巡检等。其设计和制造技术已经标准化，使得这些机器人能够进行大规模生产和部署。此外，轮式移动方案的维护成本相对较低，这也是其技术成熟度的一个重要标志。随着技术的不断发展，轮式机器人的智能化水平和环境适应性预计将继续提升，进一步扩展其在全栈式智能生态中的应用范围。

核心优势：

- 1. **高效移动：**轮式机器人在平坦的地面上移动迅速且能耗低，适合在室内环境或预设路径上进行长距离移动。
- 2. **成本效益：**轮式机器人的结构相对简单，制造和维护成本较低，适合大规模部署。
- 3. **操控性：**轮式机器人可以实现精确的方向控制和灵活的转向，包括全向移动和零半径转弯。
- 4. **技术成熟：**轮式技术相对成熟，易于实现标准化和规模化生产。

适用场景：

- 室内环境，如仓库、医院、商场、办公室等。
- 预设路径的物流运输和巡检任务。
- 需要快速、频繁移动的服务机器人，如清洁机器人和巡检机器人。

足式移动方案

目前，足式机器人技术的研发基于强化学习的方式，已经非常成熟，并能够达到令人满意的效果。足式机器人的优势在于其对复杂地形的适应性，能够自如应对楼梯、斜坡和崎岖路面等城市常见地形。通过算法创新，足式机器人能够实现超轻步态，确保了移动的灵活性，同时有效降低了在人居环境中的运行噪音。此外，足式机器人能够实现站立、行走、跑步等多种移动方式的无缝切换，并优化了能量消耗的运动控制，使其步态更自然轻盈。

足式机器人的另一大优势在于其与人体结构的相似性，这使得机器人能够更好地利用人类运动数据进行学习训练，并在人机交互场景中创造更自然、友好的体验。在感知导航方面，足式机器人通过高精度传感器获取环境信息，实时构建3D语义地图，实现精准定位和灵活通行。

核心优势：

- 1. **地形适应性：**足式机器人能够适应复杂多变的地形，包括楼梯、不平坦地面和户外环境。
- 2. **稳定性：**足式机器人通过多个接触点与地面接触，提供了更好的稳定性和抓地力。
- 3. **灵活性：**足式机器人可以模拟人类的行走方式，能够在狭窄或拥挤的空间中灵活移动。
- 4. **避障能力：**足式机器人能够更容易地避开障碍物，尤其是在动态变化的环境中。

适用场景：

- 需要跨越障碍物或在不平坦地面上移动的场景，如跨楼层服务机器人、客房服务机器人等。
- 户外环境，如广场等公共服务场所等。
- 需要与人类紧密互动并模拟人类行为的机器人，如人形服务机器人。

轮式和足式移动方案的选择取决于机器人的应用需求和环境条件。轮式方案因其高效、经济和成熟的特点，在结构化环境中具有明显优势。而足式方案则因其对复杂地形的适应性和稳定性，在非结构化或动态环境中更为适用。未来在多元形态机器人共存的生态中，**足式与轮式两种技术路线能够实现优势互补，展现出在不同场景下的应用价值。**

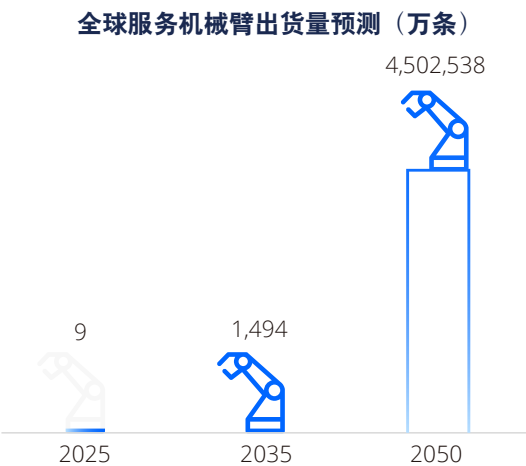
操作：服务机械臂提升泛化性

操作能力是机器人在执行任务时，能够进行物体抓取、移动、放置、清理等一系列精细操作的能力。机器人操作能力的实现需要依靠机械臂及灵巧手等模块，操作能力的加持意味着服务机器人不仅能够移动和导航，还能够完成复杂的操作任务，从而更好地适应多样化的现实应用场景。随着技术的不断进步和创新，服务机器人机械臂的应用趋势正朝着解决泛化性和实现通用性的方向快速发展。

机器人机械臂的使用可以追溯到20世纪60年代，自1966年第一台工业六轴机械臂问世以来，机械臂便开始大范围应用于工业生产制造。尽管工业机械臂使用了通用机器人的硬件结构，但碎片化的算法很大程度上限制了关于工业机械臂的销量。而如今，得益于AI 大模型和技术的进步，服务机械臂首次让操作的泛化性具备了可行性，这势必带来更加广阔的市场空间和应用潜力，成为通用服务机器人全球规模化落地的重要抓手。

操作能力是机器人实现通用性的关键技术栈，因而是实现全栈式智能生态的关键一环。服务机械臂作为这一生态的重要组成部分，通过解决泛化性问题，赋予机器人更高的适应性和灵活性，从而实现了跨场景的泛化任务解决能力。根据前文中的测算，到2050年全球人形及类人形机器人出货量将分别达到100.05亿和125.07亿台，若按照通常一台人形/类人形机器人搭载两台服务机械臂计算，则意味着届时服务机械臂的市场需求将突破450亿条。

图2-9：全球机器人服务机械臂出货量预测



来源：德勤研究

图2-10：通用具身服务机器人生态的5个泛化性



来源：德勤研究

1.操作对象的泛化性

根据本报告第一章所述，实现全栈式智能生态与通用机器人的第一个挑战是操作对象的泛化性。为了解决这一问题，服务机械臂采用了灵活的抓取技术，这些技术使机器人能够识别和适应不同类型的物体。针对多样化的物体形状、材质和重量，机械臂可以通过机器视觉与力反馈系统进行实时调整。例如，当抓取各种类型的杯子时，机械臂能够识别这些物体的不同特征，包括形状、材质及重心位置，进而选择合适的抓取方式和力度。这样的适应性显著提高了其在多样化环境中的表现，使其能够完成更广泛的任务。

2.操作工具的泛化性

在许多工业应用中，机械臂需要运用不同类型的工具，比如多种形状的螺丝刀、焊接设备等。在末端执行器方面，灵巧手的出现带来了更强的精细化操作能力。

3.操作环境的泛化性

服务机械臂通过配备先进的传感器和环境感知技术，使其能够实时识别周围环境并根据情况进行调整。例如，机械臂在光线条件较差的环境下依然能够利用红外传感器和深度摄像头有效进行操作。通过不断适应不同环境的条件，服务机械臂能有效减少因环境变化带来的执行障碍。

4. 任务的泛化性

服务机械臂通过集成复杂的控制算法和人工智能，能够理解和执行一系列不同的任务，从简单的物品搬运到复杂的组装和维修工作。这种多任务处理能力使得机械臂在多种应用场景中都具有价值，增强了任务泛化性。

5. 不同构型的泛化性

尽管机械臂的形态可能因应用的不同而变化，通用算法的适应性使得每个形态都能以最优方式执行任务。通过算法的不断迭代更新，服务机械臂可在不同的构型下迅速调整操作方案，确保其在各种物理结构中的有效性。

操作技术助力服务机器人全球商业化突破

服务机器人作为机器人行业率先商业化落地的细分领域，未来发展潜力巨大。然而要想实现更大规模的商业落地，则必须持续加强操作能力，以解决终端应用过程中的难点痛点。

以餐饮场景为例，配送机器人送餐后的上菜环节仍然需要人工介入；酒店场景中，机器人可以完成迎宾和客房配送，但房间内的清洁与客房服务仍需依赖人工。对于清洁机器人来说亦如是，为清洁机器人配置工作站来完成添水和排污是当前市场上的主流解决方案，但这一方面导致硬件SKU种类繁多，成本高昂；同时现实中的酒店、商场等多数客户都不具备足够的改造条件及意愿，且改造严重影响美观，大大限制了客户价值的实现，上述诸多痛点亟待通过操作能力的提升来解决。

此外，商用服务机器人在实际应用场景中往往需要通过IoT方式联通电梯、门禁等设备，对电梯做硬件改造受限于全球众多国家和地区的法规要求，企业不得不选择与电梯厂商进行云端对接。这种方式不仅导致平均部署成本巨大，还带来了高昂的重复改造成本和第三方设备厂商的溢价风险，极大地阻碍了服务机器人在全球范围内的大规模商业化落地。

基于上述原因，操作能力的加持将成为机器人出海全球化的重要抓手。类人形机器人**通过机械臂按电梯使得机器人能够实现从2D作业到3D作业的突破**，打破现有云梯控和硬件梯控的限制，将推动打开巨量海外市场。以云梯控平均每台电梯每年电梯厂商收取1-2万美元计算，**通过机械臂按电梯将平均每年在全球节省约18亿美元的梯控部署成本**，为服务机器人的全球化商业落地带来重大利好。

由此可见，仅仅依靠移动能力已无法满足服务机器人在复杂场景中的应用需求。要解决服务机器人跨场景任务的泛化性，必须加强操作能力。从类人形到人形机器人，通过服务机械臂提升机器人的泛化操作能力，叠加灵巧手的加持，机器人能够自主完成上菜回盘、按电梯刷门禁、开门敲门等泛化操作。也使得清洁机器人能够自行加水、排污、倒垃圾、更换清洁组件，真正实现智能化无人值守。通过操作能力的大幅度提升，服务机器人免去了物理环境的重复改造成本，同时提升了跨场景任务的泛化性，从而真正迈向实现全栈式的智能服务机器人生态。

AI驱动的多模态交互与具身学习

多技术栈中，人工智能（AI）技术扮演着至关重要的角色。大模型在提升和重塑机器人交互能力以及对操作和移动能力的改进方面都展现出了巨大的推动力。AI技术不仅为机器人提供了更深层次的具身学习进化能力，同样使其能够进行更复杂的任务和更自然的交互，也为实现全栈式智能生态提供了必要的基础。

图2-11：AI驱动多模态交互



来源：德勤研究

- **感知能力提升：**AI能够通过深度学习和计算机视觉技术，从多种传感器（如摄像头、激光雷达、声音传感器等）获取和分析数据。这使得机器人能够更准确地理解和识别周围环境，包括物体、障碍物和人类用户，进而进行更为复杂的交互。
- **自然语言处理：**AI技术中的自然语言处理（NLP）使得机器人能够理解和生成自然语言，这为人与机器之间的交互提供了便利。用户可以通过语音指令与机器人交流，机器人则能够理解并响应这些指令，从而实现更自然的人机交互。
- **多模态融合：**AI能够整合来自不同感官的数据（如视觉、听觉和触觉），通过模态间的互补和融合，提升对环境的理解。例如，机器人可以同时使用图像识别与声音识别来确定目标物体的方位和性质，实现更加智能的导航和操作。
- **实时决策能力：**AI的实时计算和决策能力使得机器人可以基于获取的多模态信息即时做出反应。这种快速反应能力在动态环境中尤为重要，如在人群中避让或在不确定条件下执行任务。
- **自适应学习：**AI通过机器学习算法，可以根据用户的反馈和环境的变化持续更新和优化交互策略，使得多模态交互更加顺畅和高效。

图2-12：AI驱动具身学习能力



来源：德勤研究

- **模仿学习**：AI能够通过观察人类操作或其他智能体的行为来学习任务。这种模仿学习可以快速让机器人掌握基本的操作技能，而无需手动编程每一个步骤。
- **强化学习**：AI算法可以利用强化学习在真实或仿真的环境中进行试错学习。机器人根据自身的动作结果获得奖励或惩罚，从而逐步调整行为以优化任务执行。
- **层次化学习**：通过设计多层次的学习架构，AI能够分阶段地学习任务。例如，首先学习简单的基本动作，然后逐渐学习复杂的操作或策略，这种分层学习策略可以提高学习效率。
- **环境感知与适应**：AI借助传感器不断获取环境数据，结合深度学习模型，使得机器人能够在不断变化的环境中调整自身的行为。此种自适应能力使其能在实际应用中克服不确定性。
- **知识迁移**：AI可以通过迁移学习将从一个任务中获得的知识应用于不同但相关的任务上，这有助于机器人在新环境或新任务中以更少的试错成本快速适应。
- **数据驱动的进化**：AI系统能够通过大量的数据训练改进自己的学习效率和效果。使用多样的训练数据（如模拟数据、实际操作数据），使得机器人能够更好地理解复杂场景和任务，并持续提升其具身学习的能力。

AI驱动的多模态交互与具身学习能力是未来机器人技术的核心组成。移动与操作能力同样离不开AI技术的加持。而在通用具身机器人的发展进程中，AI驱动的多模态交互和具身学习能力始终是重要的研究方向。

在全栈式智能生态下，通过融合感知、决策和执行系统，构建起完整的智能交互方案。这一技术方案立足于数据驱动，以分层模型架构为支撑，揭示了具身智能发展的创新方向。在架构设计上，采用“大脑大模型”与“小脑大模型”分离的双模型策略，能够使得系统能够更好地应对复杂多变的环境和任务。在这种架构下，大脑模型与AI大模型链接；小脑模型的目的是将大模型拆解出的任务序列（skill sequence）转化为实际控制机器人完成任务的指令。

这种架构选择是基于当前技术发展阶段的最优解。尽管随着神经网络和机器学习技术的进步，未来可能会出现更统一的模型，但在目前，这种分离策略在性能、风险管理和模型训练效率等方面展现出明显的优势。

具身智能学习进化能力的提升也在持续学习中显现，伴随着不断的学习迭代，能够实现更多跨场景的通用复杂任务。基于Scaling Law理论，模型的性能会随着模型大小、数据集大小和计算资源的增加而提高。通过将数据分为直接操作数据、半模拟数据和海量互联网数据，采用多层次的数据学习策略，从每种类型的数据中提取最有价值的部分，增强了数据的利用效率。

在训练过程中，采用动捕、遥操作、视频等多类复合数据作为训练输入，以确保训练数据数量大、质量高，从而提升训练效率。通过模仿学习与强化学习的结合，一方面快速掌握各种基础能力，另一方面进行运动控制，使其具备一定的适应泛化性。海量数据训练的模型也使机器人能够自主感知环境、理解任务和编排动作。

这种多层次的数据学习策略对于实现机器人的泛化能力至关重要。通过学习多样的数据，机器人能够更好地适应不同的环境和任务。即使面对全新的物体或环境，经过充分训练的机器人也能够快速适应并完成任务。这一学习策略将推动机器人的持续学习进化，提升任务的泛化性，并突破跨场景端到端任务的边界，助力全栈式智能服务机器人生态的实现。

2.2.5.开放、协同、通用：可持续与普惠的创新

通过构建开放性的全栈式智能服务机器人生态，服务机器人将成为推动全球可持续发展的重要引擎。开放性的技术体系将打破行业壁垒，基于统一协议标准实现R2X万物互联与资源共享，显著降低服务机器人的应用门槛，使更多用户能够便捷部署服务机器人。多机器人协同下的一站式解决方案能够有效优化各行各业的运营流程，大幅降低能源消耗与碳排放，提升资源利用效率。通过头部厂商创新的商业模式引领，集成了移动+操作+交互多技术栈的通用化产品矩阵覆盖专用、类人形、人形等多元形态，将服务延伸至传统自动化难以触达的场景——从医院内的药品配送到养老场景的陪伴照护，从工业场景的辅助流程搬运到小微企业的轻量化应用，服务机器人提供的智能化服务正突破场景与行业限制，推动技术的普惠化渗透。这种创新范式能够在环境维度减少碳足迹，在经济维度降低智能化转型成本，在社会维度提高人力资源福祉并提升服务可及性，形成技术赋能与可持续发展的良性循环，构建起一套可持续与普惠的服务机器人行业发展范式。

图2-13：以可持续与普惠的创新实现全栈式智能服务机器人生态



来源：德勤研究

2.3. 生态价值体现

全栈式智能生态带来的不仅是服务效率的提升和成本的优化，高度自动化、智能化的服务模式还将工作人员从单调重复的工作中解放，在服务中向用户传递情感关怀，甚至通过开放共享的环境反哺商业模式和技术创新，从而使该生态的价值从经济价值进一步向社会价值和创新价值延伸，全面惠及终端用户、机器人企业以及整个行业。

• **用户：提升使用体验**

对于用户而言，开放性的全栈式智能服务机器人生态意味着更加便捷和高效的用户体验。统一的操作系统减少了学习、使用、管理和维护的成本，大幅提升了客户体验；用户可以轻松地控制和管理多种服务机器人，无需为每个设备学习不同的操作方式。这种一站式的解决方案简化了用户的日常任务，提高了工作效率，同时也降低了维护和修理的复杂性，为客户带来更高的使用价值。

• **厂商：强化协同调度**

对于厂商来说，开放性的全栈式智能服务机器人生态提供了机器人之间的相互协同和调度的能力。这种协同能力使得不同厂商的、不同类型的机器人可以在同一个环境中协同工作，完成更复杂的任务。开放性的全栈式智能服务机器人生态提供了一个平台，多类型机器人可自主优化作业路径、规避冲突并形成任务闭环，显著提升复杂场景下的整体服务效率。使得机器人能够作为一个整体系统协同工作，提供更加灵活和高效的服务。对厂商而言，这种生态化协作将推动行业从单一产品竞争转向多品类产品矩阵的生态建设。

• **行业：推动标准统一**

开放性的全栈式智能服务机器人生态对于整个行业而言，是推动技术进步和市场发展的关键力量。通过建立统一的行业标准，能够降低技术壁垒，促进不同厂商和服务提供商之间的无缝集成。这种标准化不仅有助于确保机器人系统的兼容性和可靠性，还能加速服务机器人技术的推广和应用，从而提升服务机器人在各个领域的渗透率和普及度。随着标准的统一，更多的创新应用和服务模式得以涌现，推动整个行业的健康发展。

图2-14：开放性的全栈式智能服务机器人生态价值体现



来源：德勤研究



第三章

全球细分产业 综合实践



全栈式智能生态的实现将赋能全球千行百业，目前服务机器人正在餐饮、酒店、零售、教育、医疗、工业、公共服务等众多行业加速渗透。本章将介绍相关代表性细分市场的应用趋势和市场前景。同时，将以普渡机器人为例，介绍其基于多品类产品矩阵的细分场景解决方案，为服务机器人行业全球细分产业的全栈式智能生态建设的综合实践提供参考和借鉴。

图3-1：服务机器人重点应用行业及场景市场发展趋势



来源：Grand view research, verifiedmarketreports, marketresearchfuture, dataintel, fortunebusinessinsights, 德勤研究

3.1. 全球行业应用案例与实践经验

3.1.1. 工业

行业概述

伴随着技术的发展，机器人逐渐深入到工业生产的各个环节。工业场景作为典型的复合型需求场景，要求机器人能够适应不同的生产流程和环境，深度参与配送、清洁等多种任务。据测算，到2035年全球工业服务机器人市场规模有望达到140.6亿美元。

行业痛点

在现代工业环境中，自动化技术的应用已经相当广泛，尤其是在生产主流程中。然而，要真正迈向全流程自动化仍然面临以下挑战：

- 1. **辅助流程自动化不足：**工业企业的辅助搬运工作，如从原材料仓库到生产线的补料搬运、半成品在工序之间的流转搬运和样品抽检运送等，仍然依赖人工手推车作业，效率低下。
- 2. **缺乏专用产品：**市场上缺乏专门为辅助流程搬运设计的产品，使得工业企业难以找到合适的解决方案。
- 3. **人工搬运的局限性：**即使是国际顶级的制造业企业，其辅助流程的搬运也常常依靠人工和小推车，这种方式不仅效率低，而且存在安全隐患。
- 4. **缺乏自动化清洁方案：**高端装备及精密制造行业往往需要整套的自动化清洁解决方案，以实现无尘车间的卫生要求，而当前市面上缺少相关的产品及解决方案。

解决方案

针对上述工业场景中物流与清洁的痛点，基于多产品矩阵协同的配送+清洁解决方案提供了有效解法：工业级配送机器人具备自主组网能力与较高负载性能，可独立完成产线物料运输任务，无需与MES/WMS系统打通，实现柔性部署；智能清洁机器人包含了地面清扫与深度清洁等多款机型，能够实现24小时无人自动化清洁，满足无尘车间的卫生要求；同时，清洁机器人通过动态任务调度与工业配送机器人形成流程联动，例如在物料输送过程中识别垃圾并自动触发清洁作业指令，实现作业区域的无缝衔接，形成覆盖"配送+清洁"的全栈智能生态。

价值体现

该方案的优势主要体现在以下方面：

- 1. **提高效率与安全性：**通过自动化辅助流程搬运，减少了人工操作，提高了工作效率和安全性。
- 2. **降低成本：**减少了对人工搬运的依赖，降低了长期的人力成本。
- 3. **柔性部署：**高灵活性和可扩展性，能够快速部署，且单台或多台机器人都能独立使用或自组网协作，满足了不同规模工业企业的需求。
- 4. **人机混流：**各类机器人能够在工业环境中实现人机混流，无需单独划定区域，减轻了工厂使用机器人的负担，提高了空间利用效率。
- 5. **全面的解决方案：**基于多产品矩阵的多种类型机器人的联动作业，形成了从配送到清洁的完整解决方案，提升了工业场景下的作业自动化水平。

在工业场景，通过基于完整产品矩阵的全栈式智能生态，不仅解决了工业场景下的复合型需求，还通过跨机器人协同调度，填补了以往未被工业自动化触达的空白环节。

图3-2：服务机器人智慧工业解决方案



3.1.2.酒店

行业概述

随着电商和外卖服务的普及，酒店楼宇不仅需要满足住户对于送货上门的日益增长的期望，同时还需要提供高效、一致的服务体验，以及保持公共区域的清洁和安全。据测算，到2035年全球酒店业服务机器人的市场规模有望达到124.6亿美元。

行业痛点

酒店楼宇场景作为典型的服务场景，同样面临着复合型需求的挑战：

1. **楼宇配送服务：**住户希望享受便捷的送货上门服务，但最后30米的配送会耗费配送员大量时间，因此这部分运力往往不足。住户同时也注重物品购买及住宅区域的隐私保护，配送员作为陌生人，可能会打扰住户，引起隐私及安全风险。此外，物业管理和配送员之间也存在一定矛盾。

2. **酒店服务压力：**酒店前台需要处理大量咨询工作，存在多语言交流需求。尤其夜间人力短缺时，难以及时响应客房的送物请求，造成客诉。外卖、快递等高频客房配送也带来安全管理和隐私保护方面的隐患。
3. **清洁需求：**酒店和住宅的公共区域需时刻保持整洁（如过道吸尘），且住户每日产生的生活垃圾需及时清理。
4. **安全巡检需求：**酒店楼宇需要进行环境安全巡检和清洁状况巡检，以降低物业管理难度，优化住户体验。

解决方案

- 1. **智能配送：**楼宇配送机器人能够连通门禁、自动闸机、电梯，实现跨楼层配送，配送快递、外卖、文件等，减少住户打扰，实现无接触配送，充分保障住户的安全和隐私。云梯控和硬件梯控为物业管理者提供更多选择的同时，类人形服务机器人还能够通过机械臂自主操作电梯，让用户的选择更加多元。
- 2. **AI前台服务：**服务机器人通过接入多种AI大模型能够轻松应对不同语种的大量咨询，提供始终如一的服务体验。引导配送等多种类型的机器人还具备入住退房办理、房间引领、行李搬运等功能，提供24小时的随时呼叫服务。
- 3. **24小时自动清洁：**智能清洁机器人能够自主执行大面积区域清洁任务，针对重点脏污区域实施动态强化清理。数字化管理平台能够实时监控清洁覆盖率与作业质量，形成可视化运维闭环。

- 4. **安防巡检：**清洁机器人通过R2X模块化扩展支持丰富的外接选配设备，通过选配摄像头组件能够进行环境安全巡检和清洁状况巡检，构建"清洁-安防"双功能作业网络，优化住户体验，提升物业运维效率与应急响应能力。

价值体现
该方案的优势主要体现在以下方面：

- 1. **提升服务效率：**机器人配送和前台引导服务提升了酒店的运营效率，同时提高了服务响应速度。
- 2. **增强住客体验：**机器人服务减少了对住户的打扰，保护了住户隐私，提升了居住体验。
- 3. **保持环境清洁：**24小时无人自动化清洁确保了公共区域的持续清洁，提升了物业管理水平。
- 4. **保障安全：**安防巡检增强了住客的安全保障，及时发现和处理潜在的安全问题。
- 5. **数字化管理：**通过数字化平台，物业管理者能够更有效地管理清洁工作，实现资源的优化配置。

图3-3：服务机器人智能酒店楼宇解决方案



3.1.3. 餐饮



行业概述

餐饮场景是服务机器人最早商业落地的行业之一，也是商用服务机器人的核心应用场景。在物联网、大数据和人工智能技术快速发展的背景下，餐饮行业开启了新一轮的数智化转型升级，以满足日益增长的顾客需求，从而提升市场竞争力。随着服务机器人的功能性从配送向备菜、制作等环节延伸，到2035年市场规模有望爆发式增长至214.4亿美元。

行业痛点

为提升运营效能和优化顾客体验，餐饮业仍面临着以下难题：

1. **营销引流难度大：**差异化门头设计的普及，使得吸引顾客整体难度更高。负责门前揽客的服务员需要具备出色的口才，培训起来难度大。且影响顾客就餐选择的因素多样，不仅基于口味，还与话题、体验等有关。
2. **员工工作量大，服务体验难以提升：**就餐时段的清台、迎宾、领位等任务需要大量人手，导致翻台速度慢，顾客等待时间长，同时服务员情绪和压力过大，影响服务态度。
3. **餐饮清洁难度高，卫生问题突出：**油污等污渍需要及时清理但难以清理，清洁成本高，同时清洁工作的重复性也导致其员工流失率高。
4. **管理标准化存在困境：**连锁餐厅的工作难以量化，无法统一考核，导致管理难度增加。

解决方案

1. **营销引流：**服务机器人通过广告大屏动态展示菜品，主动迎宾揽客，提供互动交流，增加顾客进店转化率。
2. **辅助人工，降低工作强度：**服务机器人承担领位、传菜、回盘等重复性工作，使服务员能够专注于客户服务。
3. **提升清洁效率：**清洁机器人能够实现无人化自动清洁，减少了清洁的时间和成本，并提高了清洁效率。
4. **全链路智能化：**从取号等位、迎宾领位到点餐上菜、买单支付，服务机器人通过与餐饮门店管理系统的互联互通，构建起覆盖“排队-点餐-上菜-支付-清洁”的全流程智能服务闭环，助力全栈式智慧餐厅的打造。

价值体现

1. **提升顾客体验：**增加了就餐的趣味性和科技感，提升了顾客的就餐体验，有助于吸引更多消费者。
2. **提高运营效率：**服务机器人承担了大量重复性工作，减轻了员工的工作负担，提高了翻台速度和服务质量。
3. **提升清洁效率：**清洁机器人能够实现无人化自动清洁，减少了清洁的时间和成本，并提高了清洁效率。
4. **提升卫生标准：**服务机器人进行配送与清洁大幅减少人员接触环节，提升了餐饮服务的卫生标准。
5. **数字化管理：**使得餐厅的管理更加标准化，易于规模复制，提高了管理效率和运营效益。
6. **增强品牌形象：**机器人服务作为差异化营销的一部分，增强了品牌形象，提升了顾客对餐厅的认知度和忠诚度。

图3-4：服务机器人智能餐厅解决方案



3.1.4.零售

行业概述

零售商超行业作为典型的复合型需求场景，正寻求通过智能化升级来降低运营成本、提升顾客体验，并实现更高效的库存管理，以更好地应对来自运营效率和顾客体验的双重挑战。当前零售服务机器人的应用场景主要包括迎宾导购、库存管理、营销引流、店面清洁、补货搬运等。据测算，到2035年全球零售业服务机器人的市场规模有望达到573.1亿美元。

行业痛点

1. **运营成本高：**伴随着全球互联网电商的发展，线下零售门店的运营成本高企，从货架补货、收银结算到清洁维护均需投入大量成本。
2. **服务响应能力不足：**顾客咨询、商品查找、试穿引导等需求依赖人工响应，在客流量高峰时段易出现服务盲区，导致客户满意度下降。部分场景（如夜间营业）因人力限制无法提供全时段服务。
3. **营销方式单一：**商超陈列方式固定、促销点位有限，营销模式缺乏新意，难以满足多样化的陈列和促销需求，限制了营销效果。

解决方案

1. **智能导购：**服务机器人通过人工智能交互，实现智能化导购服务，提供个性化的导购服务，回答顾客问题，提供产品推荐和促销信息，并引导顾客浏览商超不同区域。
2. **智能化运营：**营销服务机器人及工业级配送机器人等多种类型机器人相互协作，并结合RFID与视觉识别等技术，实现货架库存实时监控，为零售场景提供自助支付结账、智能补货等多项服务，实现零售关键环节的智能化。
3. **动态数字化广告平台：**服务机器人提供动态数字化广告平台，实现动态广告内容的展示和管理，降低广告物料更新成本，提高广告投放的灵活性和吸引力。
4. **无人化自主清洁：**清洁机器人配合工作站自动加排水、自动充电，通过设置不同区域的自动定时清洁任务实现24小时自动地面保洁，为顾客提供洁净的购物环境。

价值体现

1. **营销创新：**配送服务机器人通过广告屏进行最新广告展示，吸引顾客注意，提供统一的内容管理平台，灵活更新营销内容，提升营销效果。
2. **提升顾客体验：**通过接入多种大模型，服务机器人能够实现AI智能导购，针对不同群体、不同语言的消费者提供准确、专业的导购建议，大大提升购物体验。
3. **优化库存管理：**机器人自动进行货架扫描，确认商品补货需求或临期商品更换需求，减少仓库搬运工作量，实现库存的自动化管理。
4. **提高清洁效率：**清洁机器人能够高效完成大片区域的清洁，通过主动识别对重点脏污地方重复清洁，提升清洁效率和商超环境的干净整洁程度。
5. **安全巡检：**通过选配外接巡检模块，服务机器人可以对环境进行安全巡检和清洁状况巡检，提升商超安全管理水平。

图3-5：服务机器人智慧零售解决方案



3.1.5.医疗



行业概述

医院作为公共卫生场所，其服务流程的规范化至关重要。随着人口老龄化和医疗需求的增加，医院的服务流程面临着越来越大的压力。医院环境复杂，流程繁多，患者体验亟待提升。在医疗场景下，服务机器人主要承担药物配送、清洁消毒等任务。到2035年服务机器人有望加速渗透，市场规模达到44亿美元。

行业痛点

随着人口老龄化和医疗需求增加，医院面临的压力日益扩大，以下问题也随之凸显：

1. 人流大，患者体验差

- 问诊咨询信息量大：患者对问诊咨询信息的需求量大，同时对信息的清晰、明确性也提出了更高要求。
- 医院环境复杂：医院环境庞大，专业术语复杂，就医流程长，患者需要在多个部门间奔波，增加了就诊难度和时间成本。

2. 配送物品种类多，容易出错

- 物品库房分散：医院药品及内部各种物品的种类繁多，且库房相对分散，存在大量的配送需求。
- 特殊病房隔离配送：部分特殊病房需要隔离配送，增加了配送的复杂性和难度。

3. 医院清洁卫生程度要求高

- 人流量大导致清洁难度高：医院人流量大，制造的灰尘和垃圾多，清洁工作量大。
- 医疗垃圾处理紧迫：医疗垃圾产生速度快，需要尽快清理，以保持医院环境的清洁和卫生。

解决方案

1. **示教导诊服务机器人通过接入多种AI大模型，能够实现AI智能导诊。**机器人配备语音识别和自然语言处理技术，可以与患者进行交流，帮助他们找到适当的科室和医生，并提供就诊流程的指引。
2. **智慧物流：**在医院的检验科等不同的部门，机器人可以用于实现智慧化的手术管理和检验品及药品的运输。机器人可以执行检验标本配送工作，提高整体效率。此外，机器人还可以执行送药任务，具备鉴权开门的功能，确保药物准确、及时地送到医生手中。这样的智慧物流解决方案能够提升医院的工作效率和流程管理。
3. **清洁与消毒：**清洁机器人和消毒机器人协同工作，能够实现全天候的清洁与消杀。特别是在院内手术室、ICU和感染科等对感染控制要求较高的区域，机器人能够满足不同材质地面的感控要求。这种清洁方案可以帮助医院提高卫生标准，并确保患者和医护人员的安全。

价值体现

该方案的优势主要体现在以下方面：

1. **提升医患沟通和服务效率：**可以为患者提供智能导诊、送药等服务，缩短患者的等待时间，提高就医体验。机器人可以协助医护人员的工作，如解答患者的常见问题、进行简单的检查等，从而减轻医护人员的工作负担，让他们可以将更多精力放在更重要的医疗服务上。
2. **优化医疗流程和提高效率：**机器人承担院内物流配送的任务，如运送药品、耗材、检验样本等，从而提高医疗流程的效率。
3. **推动医疗服务智能化：**可以推动医疗服务智能化发展，为患者提供更加便捷、高效、精准的医疗服务。

图3-6：服务机器人智慧医院解决方案



医疗场景生态示意图

3.1.6.养老

行业概述

随着全球老龄化现象的加剧，养老问题日益凸显。根据联合国发布的《2023年世界社会报告》，预计到本世纪中叶，全球每6人中将有1人年龄在65岁以上，80岁或以上人口将增长两倍。为实现可持续未来，必须优先考虑老年人的权利和福祉。全球人口的老龄化趋势对家庭护理和长期护理机构提出了更高的需求和挑战。据测算，随着全球智能化康养服务需求的急速扩大，到2035年康养服务机器人的市场规模有望达到220.5亿美元。

行业痛点

老龄化加速使护理、保健等需求日益复杂，家庭护理和长期护理机构都面临着不同形式的需求和挑战：

1. **服务精细化程度不高：**老年群体在身体状况、认知水平、居住环境等方面存在显著差异，单一机器人产品难以覆盖“护理照看-用药提醒-康复训练-情感陪护”等全需求谱系，因此在养老场景下，需要多种类型、多种功能的机器人以满足多种复合型需求。
2. **护工工作压力和培训问题：**护工在养老机构中承担着配餐、送餐等多项工作，工作压力大。此外，员工缺乏专业培训可能影响餐饮服务的质量。
3. **运营管理问题：**养老机构需要管理大量的护工、厨师、服务员等人员，管理难度大，人力投入成本高。
4. **安全环境问题：**养老机构中老年人的安全是关键问题。清洁过后的湿滑地面容易导致老人摔倒受伤。而传统的清洁方法需要时间让地面干燥，无法满足老年人对即时安全环境的需求。

解决方案

- 1. **全流程智慧康养：**为应对养老场景中服务碎片化、需求多元化的挑战，基于多品类、多形态机器人协同的智能服务机器人体系构建了覆盖“生活辅助-健康监测-康复支持-情感关怀”的全周期康养生态：配送机器人依托自主导航能力完成药品与物资的精准配送；搭载AI大模型和情感交互算法的陪伴机器人提供个性化对话与认知支持；柔性仿生设计的康复机器人可适配不同行动能力人群，提供定制化训练方案；巡检照护机器人搭载了防跌倒监测功能，针对老年群体频发的跌倒意外提供及时响应。各类服务机器人形成“感知-决策-执行”的协同化服务网络，为老年群体构建全天候、多维度的智能化照护体系。
- 2. **智能清洁：**清洁与消毒机器人协作可以为养老机构提供干净的环境，可以通过干雾或者紫外线等消毒方式，进行环境内消杀，以及进行洗扫吸拖标准化的清洁，为老年人提供安全卫生的生活环境。

价值体现

该方案的优势主要体现在以下方面：

- 1. **老有优养，智慧康养：**机器人承担送药、清洁等高频重复劳动，释放护工投入情感关怀等高质量服务。该方案不仅通过智能化手段系统性解决养老服务的效率、安全与成本难题，更以“技术向善”为内核，重塑老年人生活质量与尊严保障的平衡点，为老龄化社会提供可复制、可进化的智慧养老范式，助力实现“老有优养”的社会愿景。
- 2. **减轻养老服务压力：**服务机器人的应用可以减轻养老服务压力，弥补养老服务人力资源不足的缺口，提高养老服务效率，降低养老服务成本。
- 3. **促进养老服务智能化发展：**服务机器人全链路智慧康养的应用可以推动养老服务智能化发展，为老年人提供更加人性化、个性化的养老服务，引领养老服务行业迈向新的发展阶段。

图3-7：服务机器人智慧康养解决方案



3.1.7.大型交通枢纽（机场）



行业概述

机场作为现代社会大型交通枢纽的代表性场所承担着巨大的客流运输任务。它们不仅是城市的重要门户，也是国家和地区经济活力的重要指标。随着全球化不断发展，机场的客流量不断增加，对服务效率和质量提出了更高的要求。2035年应用于大型交通枢纽的服务机器人规模有望达到57.9亿美元。

行业痛点

客流量的增加为机场等交通枢纽服务带来了更大压力，也出现了以下问题需要得到改善：

1. **旅客服务需求个性化**：旅客来自不同地区，文化背景和出行需求差异较大，所有旅客的个性化需求难以全部满足。
2. **人工服务效率低下**：交通枢纽人流量大，人工服务效率低下，旅客排队等待时间可能过长，导致服务质量下降。
3. **安全隐患突出**：交通枢纽是人员密集场所，安全隐患突出，需要加强安全管理和应急处置能力。
4. **环境卫生难以保障**：交通枢纽人流量大，环境卫生难以保障，容易恶化旅客出行体验。

解决方案

1. **智能导引**：服务机器人接入多种AI大模型，可以为旅客提供智能导引服务，帮助旅客快速找到相应的登机口、检票口、换乘通道等，并提供路线指引和航班信息查询等服务。
2. **智能问询**：机器人可以为旅客提供智能问询服务，解答旅客关于航班信息、票务办理、交通路线等方面的疑问，并提供多语言翻译服务，方便不同语言的旅客交流。
3. **智能配餐**：顾客可以在登机口点餐，由机器人执行送餐任务，将餐食准确、及时地送到旅客手中，提高旅客用餐体验。
4. **智能清洁**：机器人可以为交通枢纽提供干净的环境，可以通过干雾或者紫外线等消毒方式，进行环境内消杀，以及进行洗扫吸拖标准化的清洁，为旅客提供安全卫生的出行环境。
5. **行李搬运**：工业配送级服务机器人能够提供搬运行李的服务，通过智能跟随模式跟随旅客前往值机区、安检区或购物区，为包括残障人士在内的机场旅客提供更加细致的增值服务。

价值体现

该方案的优势主要体现在以下方面：

1. **提升旅客体验**：通过智能导引和问询服务，服务机器人提升了旅客的出行体验，减少了等待时间，提高了服务效率。
2. **增强安全保障**：服务安防巡检机器人通过智能监控和应急响应，增强了交通枢纽的安全保障能力，提升了安全管理水平。
3. **改善环境卫生**：大场景AI智能清洁机器人能够有效改善交通枢纽的环境卫生，为旅客提供了更加舒适和卫生的出行环境。
4. **提高运营效率**：服务机器人的引入，减轻了人工服务的压力，提高了机场运营效率。

图3-8：服务机器人智能机场解决方案



3.2. 服务机器人助力细分产业实现可持续发展

服务机器人作为各行各业智能化转型的核心载体，将通过全栈式生态解决方案深度赋能各行业的ESG实践。本节结合普渡机器人的全球领先实践，以及德勤量化模型与行业调研，系统分析服务机器人在重点行业的环境（E）、社会（S）和治理（G）产生的综合效益。

3.2.1 酒店楼宇场景：节能降碳与隐私保护

3.2.1.1 智能配送与调度优化

应用实践

随着人工智能技术的不断发展，服务机器人在酒店行业的应用日益广泛。这些机器人能够通过AI路径规划算法，对跨楼层的配送任务进行智能集中调度。这不仅有效减少了电梯空载率，还大幅提升了单次配送的任务效率。在这样的背景下，酒店服务机器人成为了优化资源配置、提高服务质量、降低运营成本的重要工具，为酒店业带来了全新的智能化服务体验，同时也推动了整个行业向节能高效的方向发展。

量化效益

 **能耗降低：**电梯日均运行次数减少28%，年节电量达12,800 kWh（按10部电梯、日均运行200次计算）。

 **碳排放减少：**以2022年中国电力二氧化碳排放因子0.5366 kg CO₂/kWh计，年减碳约7.5吨，相当于种植410棵成年乔木。

 **经济效益：**酒店年均节省电费1.5万元。

3.2.1.2 隐私保护与数据安全

应用实践

迎宾机器人已成为酒店服务业中提升服务效率和客户满意度的创新解决方案。这些机器人采用了先进的端到端数据加密技术，确保了宾客在入住办理过程中的信息安全。在整个流程中，由于无需人工介入，极大地避免了住客身份信息的泄露风险。配送机器人在执行客房送物任务时，通过无接触配送方式和使用匿名化任务记录，这些机器人不仅提高了配送效率，而且确保了用户的隐私合规如符合国际标准ISO 27701等。



量化效益

 **隐私风险降低：**数据泄露问题减少90%。

 **合规成本节省：**酒店每年节省潜在合规成本80万元。

3.2.1.3 无人清洁与水资源节约

应用实践

在全栈式智能生态下，使用清洁机器人可实现24小时无人值守自动化清洁。根据国际环保机构The Water Conservancy测算，相比传统设备和人工清洁，清洁机器人每千平方米可节水42.5-142.5升，实现清洁作业节水95%。同时，机器人使用的清洁剂仅为人工的10%，减少化学物质的排放，为可持续发展和环境保护做出了积极贡献。此外，使用符合Smart Drop Certified认证标准的清洁机器人，能够帮助使用者或企业提升环保形象，推动其绿色发展目标的实现。



量化效益：

 **节水：**每千平方米清洁用水量从人工清洁的150升降至7.5升，年节水22.5万升（以5万平方米酒店为例）。

 **化学减排：**清洁剂用量减少90%，年减少有害化学物质排放1.2吨。

3.2.2 工业场景：清洁减排与劳动福祉



3.2.2.1 绿色物流与循环经济
应用实践

工业配送机器人在物料搬运和供应链管理中扮演着越来越重要的角色。这些机器人凭借其强大的单次负载能力，可以轻松处理300公斤以内的货物，显著提高了工厂内部物流的运输效率。为了进一步提升配送效能，工业配送机器人通过算法优化搬运路径，实现高效能配送。

量化效益

 **运输效率提升：**物流效率提高15%，相比传统叉车，年减少叉车燃油消耗8,000升（按日均搬运50吨计算）。

 **碳排放减少：**减碳21.8吨（柴油碳排放系数2.68 kg CO₂/L）。

 **职业健康保障：**降低重载搬运下的职业伤害风险，行业年均工伤率下降12%。

 **精准物料配送：**机器人协同MES系统，减少生产废料5%，年节约原材料成本120万元（以汽车制造厂为例）。

3.2.2.2. 无人清洁与化学减排
应用实践

在汽车工厂车间，保持环境的清洁对于保证产品质量和提高员工的工作效率至关重要。清洁机器人的应用，代表了自动化清洁技术在制造业中的一个重要进步。这类机器人能够提供24小时无人值守的自助清洁服务，并大幅减少化学清洁剂使用，从而优化了车间的运维管理。

量化效益

 **节水：**每千平方米最高节水142.5升，按10万平方米工厂计算，年节水14,250吨，相当于填满10个标准泳池；

 **碳排放减少：**清洁剂生产环节碳排放减少15吨（基于巴斯夫化学碳排放系数）。

 **化学减排：**清洁剂用量仅为人工10%，年减少有害物质排放8吨。

3.2.3 医疗场景：卫生治理



3.2.3.1 药品配送与感染控制
应用实践

在现代医疗体系中，为了提高病患的安全性和医院的运营效率，医疗配送机器人已经成为一种越来越受欢迎的选择。这些机器人通常配备了先进的技术模块，其中还包括紫外线消杀功能，并辅助人工配送，能够在配送过程中有效地杀灭病原体，降低院内感染率。

量化效益

 **感染率下降：**院内交叉感染风险降低30%。

 **医疗成本节省：**按500床位医院计算，年节省医疗成本200万元。

3.2.3.2 医疗废物处理
应用实践

随着医疗行业对环境保护和废物管理的重视程度不断提升，回收配送机器人成为了一种革命性的解决方案。这些机器人能够根据不同的废物类型进行分类回收，从而显著提高医疗废物的处理效率，并减少因不当处理而造成的环境污染。

量化效益

 **处理效率提升：**医疗废物处理效率提高40%。

3.2.4 零售场景：节能降耗与绿色清洁



3.2.4.1 智能清洁与能耗优化

应用实践

在零售业，尤其是大型商超的环境中，保持干净整洁的客户购物空间对于提升顾客体验和品牌形象至关重要。清洁机器人的引入，标志着清洁作业向智能化、节能化方向迈出了重要一步。机器人能够通过动态路径规划，实现24小时无人值守的清洁服务，每千平方米的用水量从人工清洁的150升降至7.5升，化学清洁剂的使用量减少了90%，大大提高了清洁效率，同时显著降低了资源消耗。

量化效益（以10万平方米中型超市为例）



节水：年节水14,250吨（相当于10个标准泳池容量）；



化学减排：年减少含磷清洁剂排放8吨，降低水体富营养化风险；



碳排放减少：清洁剂生产环节碳排放减少15吨（基于巴斯夫化学品碳排放系数）。



节电：机器人夜间利用非营业时间清洁，可在卖场照明系统关闭下运行，年节电18,000 kWh（减碳10.5吨）。

3.2.4.2 智能补货与节能冷柜

应用实践

补货配送机器人已经成为提升商店运营效率的重要组成部分。补货机器人能够与店内冷柜传感器紧密联动，实时监控存货情况，从而智能化地完成补货任务，确保冷柜商品的充足供应。有效避免冷柜的空转耗电。

量化效益



节电及减碳：年节电3,200 kWh（减碳1.87吨）。

3.2.4.3 无纸化运营

应用实践

营销配送机器人通过集成电子价签和自助结算系统，改变了传统的购物和支付方式，极大程度上减少了纸张的使用，推动了无纸化交易的进程。

量化效益



纸张减少：减少纸张使用量90%，按日均打印5,000张标签、单张纸重4g计算，平均单店年节约用纸1.2吨（相当于17棵树木）。

3.2.5 养老场景：助老关怀与人性化服务



3.2.5.1 陪伴与照护

应用实践

在养老和康复中心，康养配送服务机器人正在成为一种提升服务水平的重要工具。这些机器人通过集成先进的语音交互和行为感知技术，不仅能满足老人的日常需求，还能在情感交流和护理辅助方面发挥重要作用，展现了科技在人文关怀中的温暖力量。

量化效益



社交互动增多：服务机器人提高40%的社交互动频率，减少抑郁风险。



护理效率提升：机器人辅助护理人员日常任务，提升护理效率30%，减轻工作人员负担的同时，降低护工流动带来的交叉感染风险。



防跌倒检测：事故检测响应时间缩短至5秒内，处理效率提升80%。

3.2.6 大型交通枢纽（机场）场景：公共服务与安全治理



3.2.6.1 引导与服务

应用实践

在机场，引导查询服务机器人能够提供实时的乘客引导和信息查询服务，帮助旅客快速定位目的地，同时通过智能化技术减轻人工搬运行李的负担，优化客流管理。不仅提升了交通枢纽的服务水平，也为旅客创造了一个更加智能、便捷的出行环境，推动了交通运输行业的服务升级和技术革新。

量化效益



人流疏导效率提高：旅客平均等候时间减少20%，提高机场通行效率。



旅客满意度提升：乘客满意度提升15%。

3.2.6.2 公共安全巡检与隐私保护

应用实践

在公园、商场、车站等公共场所，服务机器人的应用正在改写传统的巡检模式。这些机器人能够配备多种外接配件，如高清摄像头、红外探测器等，结合人工智能算法，实时监测异常行为（如遗留物品、人群聚集），实现对场域安全的全方位监控和实时响应；同时通过加密数据传输至中控系统，避免监控画面泄露。

量化效益

- **安全响应时效提升：**异常事件发现速度提升至30秒内（传统平均需5分钟），年减少安全漏洞80%；
- **隐私合规：**数据加密存储符合ISO 27001标准，年节省隐私合规成本200万元。

3.2.6.3绿色清洁与节水降耗

应用实践

在现代化的机场环境中，清洁机器人作为清洁技术的代表，通过其先进的动态路径规划和循环水过滤系统，显著提升了清洁效率，同时大幅度降低了资源消耗。与传统的人工清洁相比，清洁机器人每千平方米的用水量从150升降至7.5升，实现了95%的节水效果，同时清洁剂用量仅为传统方式的10%。

量化效益（以50万平方米航站楼为例）：

- **节水：**年节水量26,006吨，相当于填满10个标准泳池；
- **化学减排：**年减少含磷清洁剂排放3.2吨，降低水体污染风险；
- **减碳：**清洁剂生产与运输环节碳排放减少12吨（基于巴斯夫化学品碳排放系数）。

测算模型框架

维度	指标	计算公式
环境 (E)	节电量 (kWh)	日均任务量×单次能耗×运行天数×节能率
	减碳量 (tCO ₂)	节电量×电网碳排放系数
社会 (S)	工伤率下降 (%)	(基线工伤率-机器人应用后工伤率) / 基线工伤率
治理 (G)	合规成本节省 (万元)	人工巡检成本-机器人巡检成本
	数据隐私保护效益 (万元)	生成的隐私保护措施带来的成本节约

来源：德勤研究

图3-9：服务机器人在重点应用行业的ESG实践



来源：德勤研究

服务机器人通过全栈式智能生态，在节能降碳、资源循环、劳动福祉等维度构建了可量化的ESG赋能体系。以普渡机器人为例，其解决方案已在全球10大重点行业的60多个细分场景落地，年均减碳超5万吨，相当于再造2.7千公顷森林。未来，随着技术迭代与生态开放，服务机器人将成为企业ESG战略的核心支点，推动全球可持续发展目标的实现。

数据来源

- 1. 国际能源署（IEA）：《2023全球能源与碳排放报告》
- 2. 《2024年联合国世界水发展报告》
- 3. 国际劳工组织（ILO）
- 4. 普渡机器人ESG数据库：2020-2024年终端客户案例实测数据
- 5. 德勤企业合规客户服务经验

注：实际效益需结合具体场景参数动态调整，建议终端企业接入物联网平台实现实时碳足迹追踪。

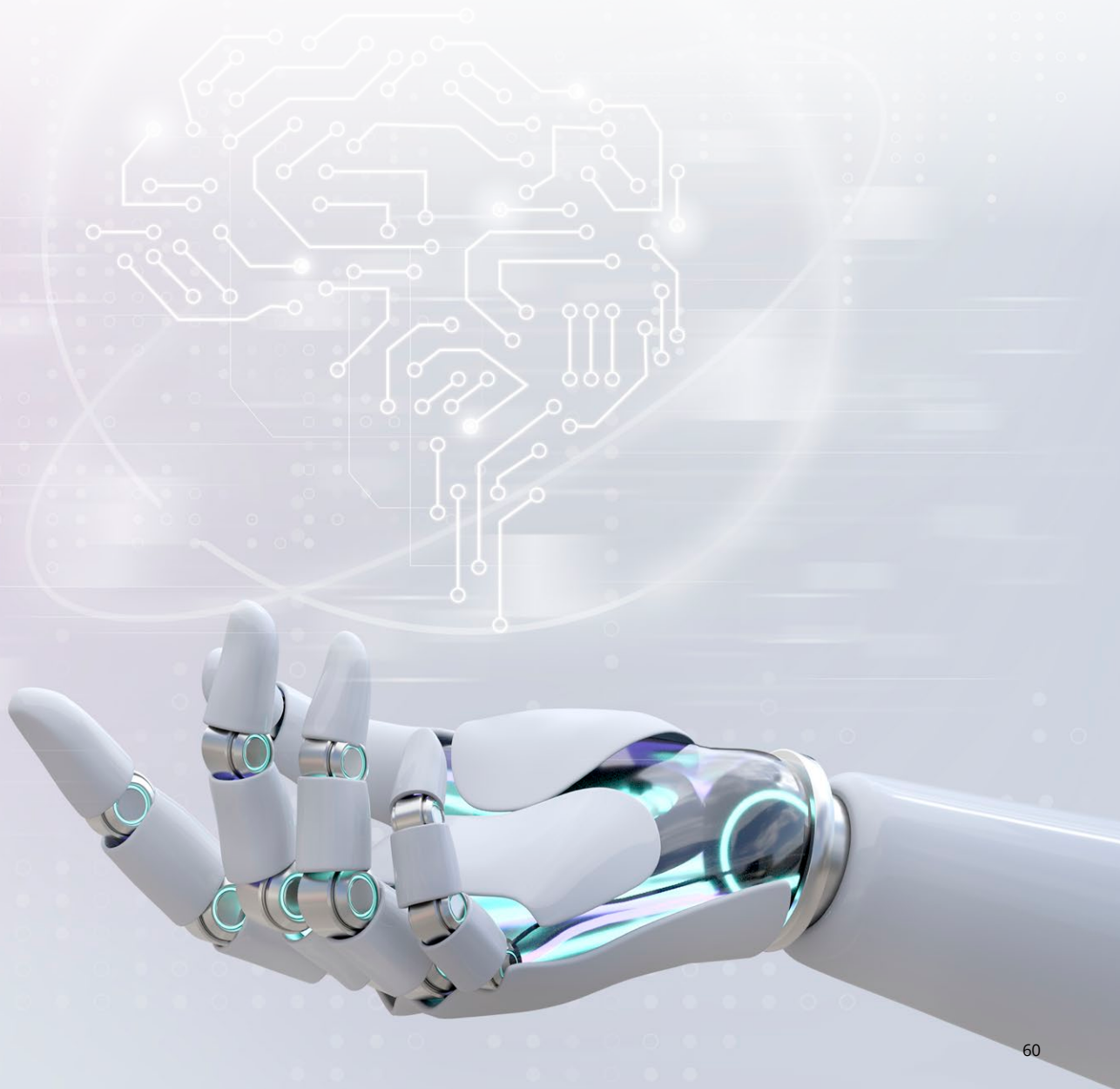


结语

当前，服务机器人行业正迎来前所未有的发展机遇。随着人工智能、物联网等技术的深度融合，服务机器人应用场景快速渗透至工业、零售、酒店、医疗等多个行业，不仅驱动了效率提升，同时推动了产业升级和社会可持续发展。

伴随着行业下半场的到来，未来头部厂商将通过移动+操作+交互的多技术栈，基于模块化设计与AIoT的R2X交互体系，商业模式层面多品类产品矩阵的构建，以及专用+类人形+人形多种形态的协同发展，共同构建起开放性的全栈式智能服务机器人生态。有效解决不开放、不协同、不通用的行业壁垒，推动服务机器人在全球范围的更大规模商业应用，更为行业铺设了协同创新的共赢之路。

展望未来，开放性的全栈式智能服务机器人生态将成为行业发展的重要方向。它不仅有助于优化用户体验，提升服务效率，更能促进跨领域协作与创新，为各行各业注入新的活力。在生产厂商、终端用户以及价值链相关的合力推动下，服务机器人将以更高效、更智能的方式赋能千行百业，构建起人类迈向智能化未来的桥梁。



因我不同
成就不凡

始于 1845

关于德勤

德勤中国是一家立足本土、连接全球的综合性专业服务机构，由德勤中国的合伙人共同拥有，始终服务于中国改革开放和经济建设的前沿。我们的办公室遍布中国31个城市，现有超过2万名专业人才，向客户提供审计、税务、咨询等全球领先的一站式专业服务。

我们诚信为本，坚守质量，勇于创新，以卓越的专业能力、丰富的行业洞察和智慧的技术解决方案，助力各行各业的客户与合作伙伴把握机遇，应对挑战，实现世界一流的高质量发展目标。

德勤品牌始于1845年，其中文名称“德勤”于1978年起用，寓意“敬德修业，业精于勤”。德勤全球专业网络的成员机构遍布150多个国家或地区，以“因我不同，成就不凡”为宗旨，为资本市场增强公众信任，为客户转型升级赋能，为人才激活迎接未来的能力，为更繁荣的经济、更公平的社会和可持续的世界开拓前行。

Deloitte（“德勤”）泛指一家或多家德勤有限公司，以及其全球成员所网络和它们的关联机构（统称为“德勤组织”）。德勤有限公司（又称“德勤全球”）及其每一家成员所和它们的关联机构均为具有独立法律地位的法律实体，相互之间不因第三方而承担任何责任或约束对方。德勤有限公司及其每一家成员所和它们的关联机构仅对自身行为承担责任，而对相互的行为不承担任何法律责任。德勤有限公司并不向客户提供服务。请参阅www.deloitte.com/cn/about了解更多信息。

德勤亚太有限公司（一家担保责任有限公司，是境外设立有限责任公司的其中一种形式，成员以其所担保的金额为限对公司承担责任）是德勤有限公司的成员所。德勤亚太有限公司的每一家成员及其关联机构均为具有独立法律地位的法律实体，在亚太地区超过100个城市提供专业服务，包括奥克兰、曼谷、北京、班加罗尔、河内、香港、雅加达、吉隆坡、马尼拉、墨尔本、孟买、新德里、大阪、首尔、上海、新加坡、悉尼、台北和东京。

本通讯中所含内容乃一般性信息，任何德勤有限公司、其全球成员所网络或它们的关联机构并不因此构成提供任何专业建议或服务。在作出任何可能影响您的财务或业务的决策或采取任何相关行动前，您应咨询合资格的专业顾问。

我们并未对本通讯所含信息的准确性或完整性作出任何（明示或暗示）陈述、保证或承诺。任何德勤有限公司、其成员所、关联机构、员工或代理方均不对任何方因使用本通讯而直接或间接导致的任何损失或损害承担责任。

© 2025。欲了解更多信息，请联系德勤中国。

Designed by CoRe Creative Services. RITM1979860



这是环保纸印刷品