

2017年协作机器人行业发展蓝皮书 2017 The Blue Paper of Cobots Industry

优傲机器人和高工产研联合发布
Co-edited by Universal Robots & GGII

人机协作机器人
全球领导企业
丹麦优傲机器人
全球装机量超过16,000台



关注 Universalrobots公司
官方服务号，助您了解UR的完整资讯



版权声明

本蓝皮书版权为高工产研咨询（GGII）和优傲机器人公司共同所有，由优傲机器人中国区市场部负责发送，相关咨询服务由高工产研咨询（GGII）提供。

高工产研咨询和优傲机器人公司对本报告拥有共同著作权。报告有偿提供给限定客户，应限于客户内部使用，仅供客户在分析研究过程中参考。如客户引用报告内容进行对外使用，所产生的误解和诉讼由客户自行负责，本公司不承担责任。

如将来用作商业或其他用途，未经本公司同意，不得以任何异于本报告原样之装订或包装形式将本报告出借、转售、出租、或在网上发布。凡使用本报告者均受本条款及本报告一切有关版权之条款约束。

概述

协作机器人自问世以来，就受到全球的关注，因具备安全、柔性的功能而成为人类工作的伙伴。

自 2008 年优傲机器人推出全球第一款实现商业应用的协作机器人 UR5 以来，目前涉足协作机器人的厂商已超过 50 家，“协作机器人”已经开始深入人心，并获得各行业人士的高度认可，这正是协作机器人取得高速发展的原因所在。

根据高工产研机器人研究所（GGII）数据显示，自 2015 年以来，全球协作机器人市场规模年均增速在 50% 以上，大大高于传统工业机器人行业的增速。

本蓝皮书根据协作机器人行业的发展轨迹及多年的实践经验，对协作机器人行业的发展态势、市场规模、技术趋势、应用前景及面临挑战进行分析，帮助协作机器人产业链中相关企业了解协作机器人产业当前最新发展动态，把握市场机会，做出正确经营决策。

特别说明：本报告中的大量市场及技术资料，仅供企业经营参考用，望客户不要用于其他商业用途。否则，由此产生的一切后果高工产研咨询（GGII）和优傲机器人公司将不予承担！

高工产研咨询（GGII）和优傲机器人公司真诚地祝福每一家志向远大的企业都能制定出高质量经营决策，不断获得成功！

目录

第一章 认识协作机器人.....	6
第一节 协作机器人的定义.....	6
第二节 协作机器人的发展历程.....	7
第三节 协作机器人产业链概述.....	8
第二章 全球协作机器人发展概况分析.....	9
第一节 全球协作机器人市场概况分析.....	10
第二节 全球协作机器人技术发展分析.....	12
第三节 全球主要协作机器人代表.....	15
一、 协作机器人先驱：Universal Robots 优傲.....	15
二、 人机协作的倡导者：Rethink Robotics.....	17
三、 国产协作机器人的探路者：新松机器人.....	18
四、 协作机器人新势力：遨博智能.....	19
第四节 全球协助机器人竞争格局.....	20
第三章 中国协作机器人发展概况分析.....	21
第一节 协作机器人在中国.....	21
第二节 协作机器人市场规模分析.....	22
第三节 协作机器人竞争格局分析.....	24
第四节 协作机器人应用场景分析.....	25
第五节 各行业应用案例分析.....	25
第六节 协作机器人的机会与挑战.....	31
一、 汽车行业.....	31
二、 3C 行业.....	34
三、 食品行业.....	37
四、 家电行业.....	39

五、 塑料行业.....	41
六、 航空航天行业.....	43
七、 医疗行业.....	44
八、 科研教育.....	46
第七节 协作机器人的机会与挑战.....	47
第四章 协作机器人发展趋势展望.....	50
第一节 技术趋势展望.....	50
第二节 应用前景展望.....	51
第三节 协作机器人在工业 4.0 的作用.....	52
第五章 总结.....	54
附录.....	55

图表目录

图表 1 协作机器人与传统工业机器人应用对比 6

图表 2 协作机器人发展历程..... 7

图表 3 协作机器人产业链..... 8

图表 4 全球协作机器人主要企业名单目录 9

图表 5 2014-2020 年全球协作机器人销量及保有量预测（单位：万台，%） 11

图表 6 2014-2020 年全球协作机器人市场规模及预测（单位：亿元，%） 11

图表 7 相关协作机器人产品技术参数 13

图表 8 协作机器人安全规范 14

图表 9 全球协作机器人市场格局 20

图表 10 2014-2020 年中国协作机器人销量及保有量预测(单位:台，%) 22

图表 11 2014-2020 年中国协作机器人市场规模及预测(单位:亿元，%) 23

图表 12 2016 年中国协作机器人市场参与企业分布 24

图表 13 部分国内汽车行业应用案例 32

图表 14 部分国内 3C 行业应用案例 35

第一章 认识协作机器人

第一节 协作机器人的定义

协作机器人（collaborative robot），是一种被设计成能与人类在共同工作空间中进行近距离互动的机器人。

传统工业机器人的工作场景往往是在保护围栏或其他保护措施之后，完成诸如焊接、喷涂、搬运码垛、抛光打磨等高精度、高速度操作。为确保人身安全，在使用机器人时需要一系列的安全措施，如使用安全连锁将其行动限制在安全围栏内，工作人员进入安全围栏内须停止或限制机器人工作等安全操作。

然而，协作机器人的工作方式与之完全不同。它能够直接和操作人员在同一条生产线上工作，却不需要使用安全围栏与人隔离。因此，这种打破传统的新型工作模式为全手动和全自动的生产模式之间搭建了桥梁。

协作机器人与传统工业机器人基于不同设计理念、产品定位，拥有各自的目标市场、制造模式与应用领域。对能够提供兼容性高和切换迅速的解决方案的协作机器人而言，可解决如下难痛点：

- （1） 适应空间狭小和行程多变的的不同工作平台；
- （2） 适应柔性化生产，产线切换时可短时间内快速作业；
- （3） 保证生产安全性。

图表 1 协作机器人与传统工业机器人应用对比

	协作机器人	传统工业机器人
目标市场	中小企业(SME)、适应柔性化生产要求的企业	大规模生产企业
生产模式	个性化、中小批量、任务切换频繁的小型生产线或人机混线的半自动场合	单一品种、大批量、周期性 强、高节拍的全自动生产线
工业环境	可移动并可与人协作	固定安装且与人隔离
操作环境	编程简单直观、可拖动示教	专业人员编程、机器示教再现
常用领域	精密装配、检测、产品包装、机床上下料、抛光打磨等	焊接、喷涂、搬运码垛等

资料来源：高工产研机器人研究所（GGII）

第二节 协作机器人的发展历程

图表 2 协作机器人发展历程



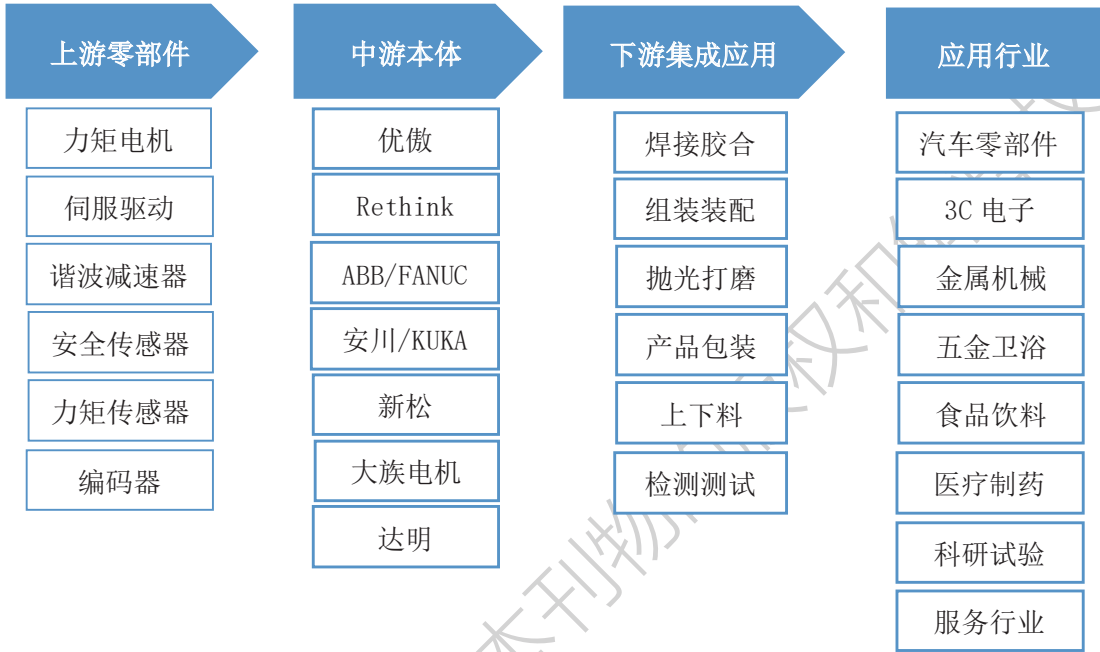
资料来源：高工产研机器人研究所（GGII）

2016 年，国际标准化组织针对协作机器人发布了最新的工业标准——ISO / TS 15066：Robots and robotic devices— Collaborative robots，所有协作机器人产品必须通过此标准认证才能在市场上发售。

至此，协作机器人在标准化生产的道路上步入正轨，开启了协作机器人发展的元年。

第三节 协作机器人产业链概述

图表 3 协作机器人产业链



资料来源：高工产研机器人研究所（GGII）

上游零部件：协作机器人核心零部件市场情况与传统工业机器人类似，都主要掌握在外资厂商手中，尤其是在中空力矩电机、高精度传感器，减速器等方面。

中游本体：新兴的协作机器人厂商与传统四大家族展开竞争；国产协作机器人刚刚兴起。

下游应用：

- 汽车零部件和 3C 电子组装装配、金属及五金卫浴抛光打磨是协作机器人应用较多的领域，也是应用空间较大的领域；
- 商业、医疗和服务行业应用，未来亦会是协作机器人产业发展的另一个增长点。

第二章 全球协作机器人发展概况分析

GGII 数据显示，大多机器人厂商是在近 3 年推出协作机器人相关产品，而优傲机器人作为最先推出协作机器人产品的企业于 2008 年推出了首款协作机器人产品 UR5。

截至 2017 年 10 月，全球有超 50 家厂商积极推广协作机器人，这些企业主要分布在工业基础发达的国家，如美国、德国、意大利、日本等，随着中国工业综合实力的提升，进入协作机器人这一高端技术领域的中国企业数量与国外相差无几。

图表 4 全球协作机器人主要企业名单目录

企业	所属国家	主要产品	首款协作机器人发布时间（年）	自由度
UR	丹麦	UR3/UR5/UR10	2008	6
Rethink	美国	Baxter/Sawyer	2012	14/7
KUKA	德国	LBR iiwa7/14	2013	7
FANUC	日本	CR-35iA、CR-4iA、CR-7iA/L	2014	6
Bosch	德国	APAS 系统	2014	/
ABB	瑞士	Roberta/YuMi	2015	7/14
YASKAWA	日本	Moto MINI、MotoMan HC10	2015	6
川崎重工	日本	duAro	2015	4
遨博	中国	AUBO-i5	2015	6
新松	中国	柔性多关节/双臂协作机器人	2015	7/14
达明	中国台湾	TM5	2015	6
MABI Robotic	瑞士	Speedy10	2016	6
Nachi	日本	MZ04/07	2016	6
Carbon Robotics	美国	Katia	2016	6
Kinova Robotics	加拿大	Jaco、Mico	2016	6
Comau	意大利	AURA	2016	6
Bionic robotics	德国	BioRob	2016	6
Pi4 Robotics	德国	workerbot	2016	6
Modbot	美国	6 DOF-C	2016	6
Miso Robotics	美国	Flippy	2016	6
技美科技	中国	Buddy 6F	2016	6
珞石	中国	Titanite 控制系统	2016	/
大族电机	中国	Elfin	2016	6

山思跃立	中国	WEE	2016	14
敬科机器人	中国	JK7	2016	7
越疆科技	中国	Dobot M1	2016	4
Franka EMNKA	德国	Franka	2017	6
F&P Robotic	瑞士	P-rob2	2017	6
Grabit	美国	Stackit	2017	4
海默机器人	中国	ER6-03	2017	6
库伯特	中国	协作机器人系统	2017	/
扬天科技	中国	R-Sv5/10/20	2017	6
同川	中国	T7	2017	7
镁伽	中国	MRX-T4/E4/S6	2017	6

资料来源：高工产研机器人研究所（GGII）

第一节 全球协作机器人市场概况分析

GGII 数据显示，2016 年全球协作机器人销量 1.05 万台，同比增长 95.35%；市场规模达 19.62 亿元，同比增长 91.44%；2014-2016 年，其协作机器人销量及市场规模年复合增长率分别为 74.71%和 71.23%。全球协作机器人市场超高速增长主要原因如下：

- (1) 传统工业生产模式遭遇瓶颈，协作机器人的人机协作特性助力于打破传统、迈向人机共融。一方面，全球范围内企业依赖于劳动密集型的成本劳动红利逐渐消失，企业急求机器人替代人工方案；另一方面，产品规模化、定制化生产，需要机器人供应商提供更灵活、周期更短、量产更快的生产和设计方案。
- (2) 机器人智能系统技术的提升，为其协作机器人推广应用打下“安全基石”。协作机器人的智能软件系统使其在人机协作的环境下，人身安全得到有效保证；同时，赋予了协作机器人感知、运动及交互能力，使其能够适应复杂的工作环境并具有拖动示教功能，便于操作。
- (3) 中小企业低成本迈向工业 4.0 的有效途径。协作机器人产品可直接对接产线且无需系统集成，其售价通常在 10-30 万元之间，部署成本远低于近 60 万元的传统工业机器人系统集成价格，这对以小批量、定制化、短周期、且无法投入过多资金对生产线进行大规模改造的中小企业有着较大吸引力。

因协作机器人部署成本低、灵活性强、安全性好等特性，可满足新兴行业的需求，人机

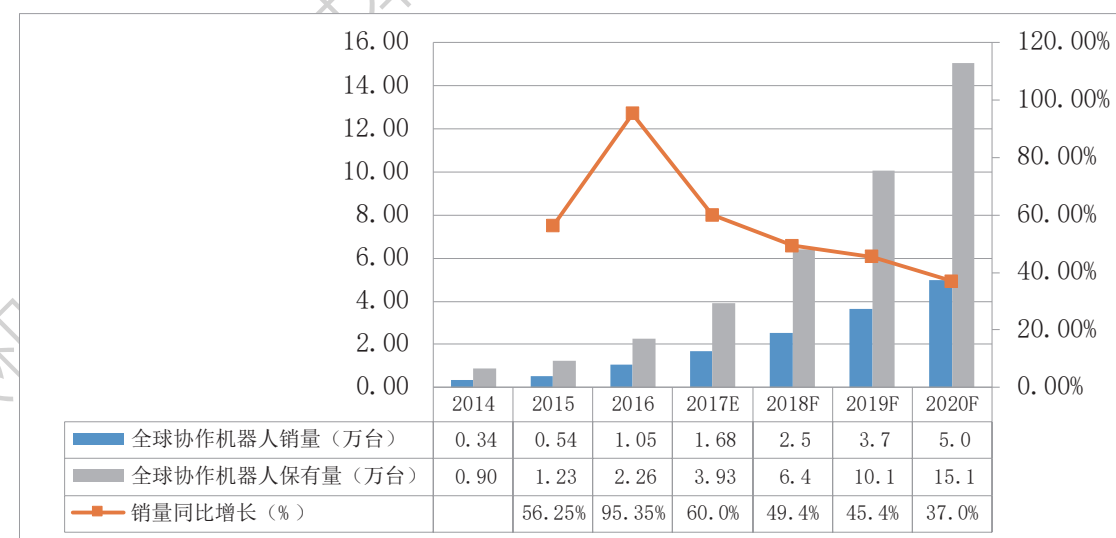
协作在制造领域的重要性不断提升。

目前，全球范围内，无论是传统工业机器人巨头，还是新兴的机器人创业公司都在加紧布局协作机器人。以中国为例，“中国制造 2025”规划的出台为协作机器人提供了广阔的市场前景。

GGII 认为，全球协作机器人销量及市场规模会仍将保持高速增长。预计到 2020 年，全球协作机器人销量将达 5.0 万台，市场规模将突破 79 亿元。

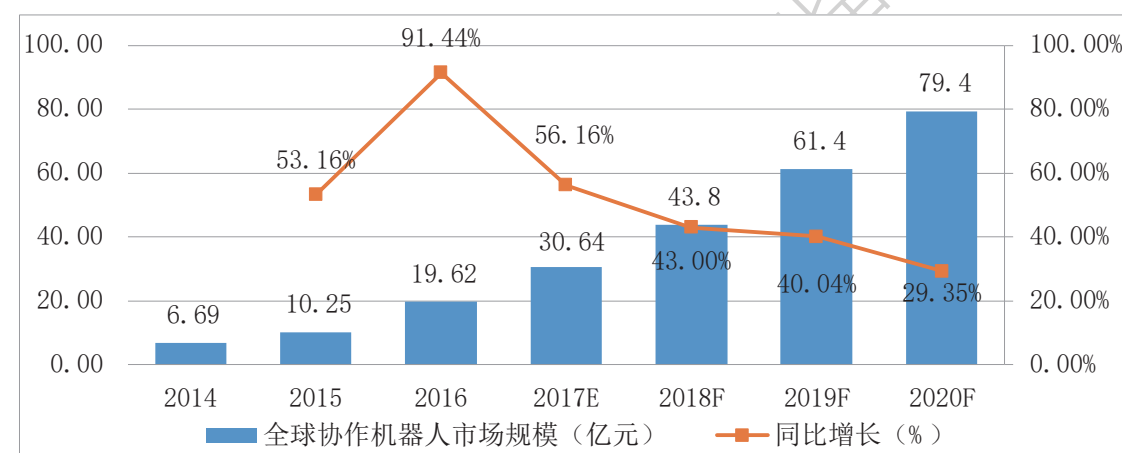
届时，协作机器人保有量占工业机器人保有量的比值将从2016年的1.19%上升至5.0%。

图表 5 2014–2020 年全球协作机器人销量及保有量预测（单位：万台，%）



数据来源：高工产研机器人研究所（GGII）

图表 6 2014–2020 年全球协作机器人市场规模及预测（单位：亿元，%）



数据来源：高工产研机器人研究所（GGII）

第二节 全球协作机器人技术发展分析

协作机器人技术发展特点主要体现在易用性、灵活性、安全性三个方面。

(1) 易用性方面

易用性是机器人控制器设计的重中之重，其中涉及具体技术包含各类图形化编程、工艺包、示教方式、指令丰富程度、二次开发平台、系统扩展性（硬接口，软协议），离线编程软件等。

虽然，协作机器人的拖动示教功能特性免去了传统工业机器人复杂的编程和配置，使其操作简单、易上手；但是，目前市场的一些协作机器人产品，它们提供的图形界面只能完成一些简单的拣选/取放任务，仍存在易用性不强的问题。

为提升协作机器人的易用性，行业内企业对机器人编程语言进行开发优化，使机器人能适应复杂工作环境。如 UR 机器人采用一种专利技术的图形化编程方式，把复杂的指令简化为组合按钮形式，配合拖动示教完成机器人的编程；日本 Mujin 提供一种简单快速的 3D 环境重建方法及针对复杂环境进行自动轨迹规划的技术，可大幅降低机器人部署时间和工作量；Franka 推出图形化编程系统，通过组合不同的基本元素，使用户可在不具备任何专业知识的情况下编写复杂的机器人程序。

随着协作机器人应用领域的不断扩展，要提升协作机器人简单易用性，提供更简单直观，功能更强大的编程方法仍将协作机器人企业长期努力的方向。

(2) 灵活性方面

从软件层面来看，协作机器人系统多数具有学习和演化的能力，使其产品具有适应性、灵活性，它们主要采用增强型学习方法和遗传规划，可实现多机协同作业；

然而，目前的多机器人学习和演化还停留在比较低的行为层次，其学习和演化的任务和环境也非常简单，当其面对更为复杂的任务和环境时，存在时滞评价和组合爆炸问题；同时，对多智能体的分布式学习与演化，也与传统的集中式的学习与演化方法有明显区别，还有待寻找更为有效的行为优化方法。

从硬件层面来看，目前，协作机器人技术产品多数为 6 自由度及以上的多关节机器人，自重及负载都较小，产品安装方式及其移动部署相对灵活。适用于柔性、灵活度和精准度要求较高的行业如电子、医药、精密仪器等行业，满足更多工业生产及服务行业的操作需要。

图表 7 相关协作机器人产品技术参数

企业	主要产品	负载 (kg)	自重 (kg)	工作半径 (mm)	重复定位精度 (mm)
UR	UR3/5/10	3/5/10	11/18.4/28.9	500/850/1300	±0.03
Rethink	Sawyer/Baxter	4/2.2	19/74	1260/1210	±0.1
ABB	YuMI/Roberta	0.5	38	1600	±0.02
KUKA	LBR iiwa7/14	7/14	23.9/29.9	800/820	±0.1/0.15
FANUC	CR-4iA/7iA/35iA	4/7/35	/	1813	±0.08
YASKAWA	Moto MINI	0.5	4.3	246	±0.02
遨博	AUBO-i5	3/5/10	10/15/24	370/650/922	±0.05
达明	TM5	4/6	21	700/900	±0.1

资料来源：高工产研机器人研究所（GGII）

(3) 安全性方面

安全问题作为实现人机协作一个前提条件，只有保障了操作人员的人身安全，才能更好的协同工作，提高企业效率。

为有效规范协作机器人设计及安全，国际标准化组织于 2016 年 3 月发布了《ISO/TS 15066 Robots and robotic devices—Collaborative robots》标准，该标准作为支持 ISO 10218 “工业机器人安全标准”的补充，进一步明确了协作机器人的设计细节及系统安全技术规范，主要要求如下：

图表 8 协作机器人安全规范



资料来源：高工产研机器人研究所（GGII）

各协作机器人企业都通过开发硬件或者软件，抑或两者兼备的方式确保其能实现人机协同作业，但不同企业实现途径不一。

如优傲利用其专利传感器和软件技术，实现协作机器人的功率和力的限制功能；Rethink 协作机器人产品通过搭载串联弹性驱动器 (SEA)，将力矩控制转化为弹簧形变量控制，实现精确的力矩控制；博世协作机器人配备机器人保护皮衣 APAS（触觉检测装置），检测受力情况并可向控制器提供即时反馈，确保人员安全。

第三节 全球主要协作机器人代表

目前研发协作型机器人的企业分成三类：一是拥有核心技术的创新型企业，例如丹麦优傲 Universal Robots 的 UR 系列机器人和美国 Rethink Robotics 的 Baxter 和 Sawyer 协作机器人；二是传统工业机器人巨头，比如 ABB 的 YuMi 协作机器人 KUKA 的 LBR iiwa 智能工业工作助理等；三是互联网企业，比如谷歌、亚马逊等，这些类型企业大都具备核心技术、大量业内资源、以及雄厚资本等优势。

一、协作机器人先驱：Universal Robots 优傲

基本信息

- 总部：丹麦欧登塞
- 主营业务：协作机器人
- 主要合作伙伴：大陆汽车电子、中兴、富士康、法雷奥、建霖、博世、北航、宝洁、乐高
- 业务范围：欧洲、美洲、亚洲

经营情况

- 在全球 13 个国家拥有办事处，300 多名员工，超过 300 家 UR+软硬件合作伙伴，获得 17 项国际奖项；截至 2017 年 10 月，已在全球安装了超过 17000 台机器人；
- 2014 年以后开始加大在中国市场的布局，截至目前，在中国地区拥有近百家合作伙伴。

企业发展

- 2005 年，UR 正式成立，获得了 Syddansk Innovation 投资；
- 2009 年，丹麦和德国的经销商售出首台产品 UR5；
- 2010 年，UR 将业务扩展至包括整个欧洲；
- 2011 年，UR 进入亚洲市场，并在中国建立办事处；
- 2012 年，UR 发布 UR10，在美国纽约建立美国子公司；

- 2013 年，UR 在上海建立全资子公司；
- 2014 年，公司迁新总部于欧登塞 Energivej，并在西班牙巴塞罗那成立子公司；
- 2015 年，亚太区子公司在新加坡成立，Teradyne 以 2.85 亿美元的价格收购 UR。

核心优势

- “安全灵便”：PolyScope 操作系统，可视化操作，易于学习；优傲采用独创的力感应和力控技术，独创保护性停止功能，遇到撞击或阻力后，机器暂停，可快速恢复工作，无需复杂重置；
- “生态系统”：UR+开发者平台，汇集来自全球 400 家合作伙伴。提供各类即插即用的软硬件商品，降低集成商技术风险，大大缩短开发周期；
- “案例经验”：作为最早发明和应用协作机器人的厂商，优傲在各行各业、各类应用场景中积累了大量成功案例，体现了 UR 将协作机器人概念及技术在各领域落实应用的能力；

二、人机协作的倡导者：Rethink Robotics

基本信息

- 总部：美国波士顿；
- 主营业务：协作机器人；
- 主要投资方：Bezos Expeditions、CRV、Highland Capital Partners、Sigma Partners、DFJ、Two Sigma Ventures、GE Ventures 和高盛集团；
- 主要合作伙伴：上海电气、湖南瑞森可、日本住友重工、德国Freise Automation 和HAHN Robotics、法国Humarobotics、墨西哥Interlatin以及美国得克萨斯州 Innovative-IDM；
- 业务范围：欧洲、美洲、亚洲。

经营情况

- 截至2016年底，Rethink Baxter累计出货量在2500 台左右，后续推出的单臂 Sawyer 硬件配置有很大的提升，但在中国地区的售价偏高；
- 全球化的战略布局，并寻找有实力的大客户作为战略合作伙伴；
- 受益于雄厚的资本实力，Rethink Robotics 全球化进程将会加快。

企业发展

- 2008年，Rodney Brooks创立Rethink Robotics公司；
- 2012年，Rethink Robotics推出第一款协作机器人Baxter；
- 2015年，Rethink Robotics推出第二款协作机器人Sawyer；
- 2016年2月，Rethink与湖南瑞森可机器人成为合作伙伴关系，并授予湖南瑞森可在中国区域的分销权。瑞森可提供Baxter和Sawyer系列产品，产品定价25万左右，重点布局华北及华南市场，客户包括海尔、富士康、威胜集团等

核心优势

- 顺应性和先进的传感技术结合在一起，能够主动适应环境；
- 嵌入式视觉、受力传感器，固有安全设计，自主研发的Intera软件平台（可升级）；
- 人工智能，能像人类一样在生产线上工作的智能机器人；
- 快速的投资回报，集成方便快捷。

三、国产协作机器人的探路者：新松机器人

基本信息

- 总部：中国沈阳
- 主营业务：工业机器人、智能仓储物流、自动化成套设备、智能服务机器人；
- 主要合作伙伴：施耐德、京东、双环传动、创维、海信、宇通、广州风神、西门子、欧姆龙；
- 业务范围：欧洲、美洲、亚洲。

经营情况

- 新松作为中国机器人第一股，自上市以来，一直保持稳健的增长速度，2017 年上半年营收10.27亿元，同比增长15.47%；
- 在北京、上海、杭州、青岛及沈阳设立5家控股子公司，在广州和山东设有机器人国家工程中心分中心，是目前国内规模最大、品牌产品线最全的机器人上市公司；
- 工业机器人业务营收占比稳步提升，目前占比40%左右，未来有望继续提升。

企业发展

- 2000 年，新松机器人自动化股份有限公司正式注册成立；
- 2009 年10 月，新松公司股票在深交所创业板正式挂牌交易，成为中国“机器人”第一股，标志着公司以资本为杠杆的国际化运营序幕正式开启；
- 2015 年11 月，新松发布首款7自由协作性机器人，也是国内首台7自由度的协作机器人；
- 2016 年11 月，新松发布国内首款14 自由度的双臂协作机器人。

核心优势

- 具有快速配置、牵引示教、视觉引导、碰撞检测等功能，具备高负载及低成本的有力优势；
- 基于可动仿生双眼视觉系统，让机器人能够实时深度信息和三维重构；
- 为用户提供自由、开放的开发环境，同时集成化与柔性化地实现快速、安全、灵活、精准、高效的旋拧、定位等全套装配解决方案。

四、协作机器人新势力：遨博智能

基本信息

- 总部：中国北京
- 主营业务：轻型协作机器人
- 主要合作伙伴：盾安环境、汉王科技、格力电器
- 业务范围：欧洲、美洲、亚洲
- 核心产品：AUBO-i5

经营情况

- 设中国北京为公司总部及研发中心，常州生产基地，并分别在美国、德国设立子公司；
- GGII 数据显示，截至2017 年10月，累计获得订单达900 台，产品价格13 万左右。凭借其扎实技术基础及良好的市场前景，遨博受到资本机构的青睐，于2016 年5 月和2017 年3 月分别完成Pre-A 轮、A 轮融资，累计融资金额达1.2 亿元。

企业发展

- 2014 年，遨博前身Smokie Robotics 成立，推出第一代协作机器人OUR-1；
- 2015 年1 月，遨博（北京）智能科技有限公司成立；
- 2015 年6 月，天使轮融资成功 6000 万；
- 2015 年9 月，新品AUBO-i5 德国汉堡 IROS 首次亮相；
- 2015 年11 月，第二代AUBO-i5 全球上市；
- 2016 年5 月，遨博（常州）技术自动化有限公司成立，AUBO-i5 亦正式投产。

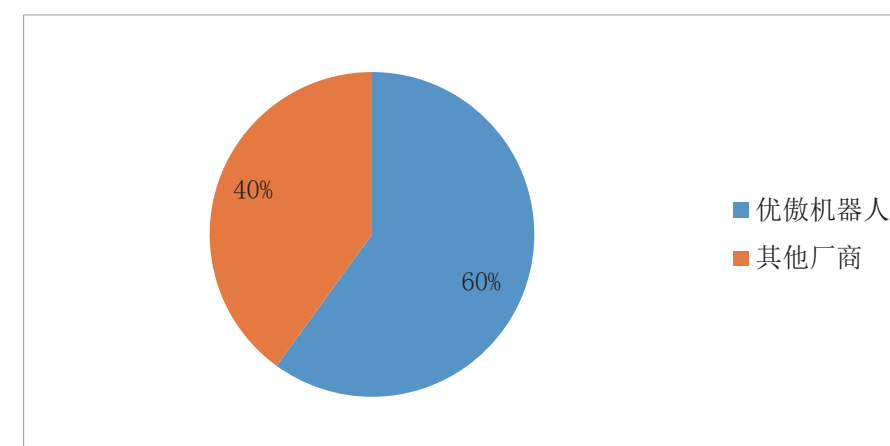
核心优势

- 采用开放型软件架构，方便用户和开发人员集成现有的软件和算法。全部核心技术均为自主研发，突破中空伺服电机等技术瓶颈，实现关键核心部件完全中国制造，大幅降低了成本。
- 自主研发的机器人操作系统平台，在国际上首次创新性地提出“多核异构”的实时ROS 构架，将系统的控制周期从ROS 原有的10ms 提高到1ms。
- 重复定位精度可达 $\pm 0.05\text{mm}$ ，安全等级 IP54，通过CE 认证。

第四节 全球协助机器人竞争格局

根据 GGII 数据显示，截至 2017 年 7 月，全球协作机器人保有量接近 3 万台，优傲机器人全球市场份额接近 60%，继续领跑全球协作机器人市场。

图表 9 全球协作机器人市场格局



数据来源：高工产研机器人研究所（GGII）

第三章 中国协作机器人发展概况分析

第一节 协作机器人在中国

相比成熟的国外市场，协作机器人在国内尚处于起步阶段，但发展速度十分迅猛。

自 2013 年中国各地区（长三角、珠三角、环渤海、中西部）相继发布“机器换人”战略规划以来，并在国家专项资金的补贴激励下，各地区实体制造业企业向工业机器人智能装备转型的氛围日渐浓厚。

协作机器人在中国兴起于 2014 年，主要是以外资厂商 UR、Rethink 为主，国产协作机器人新松、达明、遨博、达明等企业亦正积极布局协作机器人市场。通过 GGII 全国巡回实地调研数据显示，众多下游企业有通过协作机器人取代现有的人工流水线以达到降本增效的意愿，主要推动因素如下：

制造业的人工成本。人工成本逐年提高，而机器人的采购成本呈逐年下降的趋势，因此它会达到一个临界点，甚至比人工成本更低，未来机器人市场前景广阔。

企业转型趋势。以中小企业为主的企业属性，占据了国内制造业中庞大的体量，这些批量化、人员密集型企业面临着以向智能工业化转型的客观发展需求。

国家政策红利。随着工业 4.0 的提出和国家智能制造 2025 发展规划的颁布，中国要实现从制造大国向制造强国的转变。而工业机器人在实现智能制造、柔性制造过程中的角色，将变得愈发重要，这也给国内工业机器人领域的协作机器人带来发展机遇。

GGII 认为，协作型机器人发展已成为不可阻挡的浪潮，它可以实现人类劳动力和机器人劳动力的历史性“握手”，让人类与机器人真正意义上共同工作，提高生产力从而满足居民日益增长的物质需求。

第二节 协作机器人市场规模分析

GGII 数据显示，2016 年，中国协作机器人销量 2300 台，同比增长 109.09%；市场规模达 3.60 亿元，同比增长 83.89%；2014-2016 年，其协作机器人销量及市场规模年复合增长率分别为 95.79%和 68.94%。

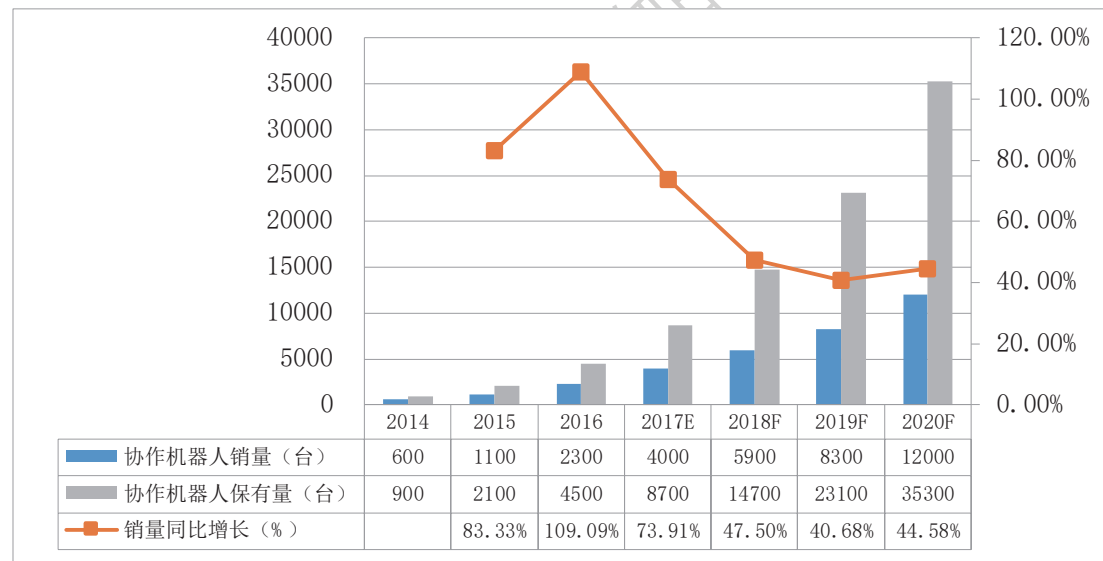
在我国社会人口结构老龄化、企业柔性化生产需求的背景下，发展协作型机器人是促进社会生产力提升的行之有效的手段。

一方面，协作机器人作为一个新兴机器人产品，在研发技术方面，本土协作机器人与国外同类协作机器人差距不大，但因有本土各类资源优势，其协作机器人产品价格要低近 20%；

另一方面，现有的人机隔离生产模式已适应不了新兴应用市场如 3C、医疗等行业的高精细化、高灵活度的要求，协作机器人的人机协作特性成为行业内企业的最优选择，同时，采用协作机器人符合中小企业以低成本实现自动化转型升级的需要。

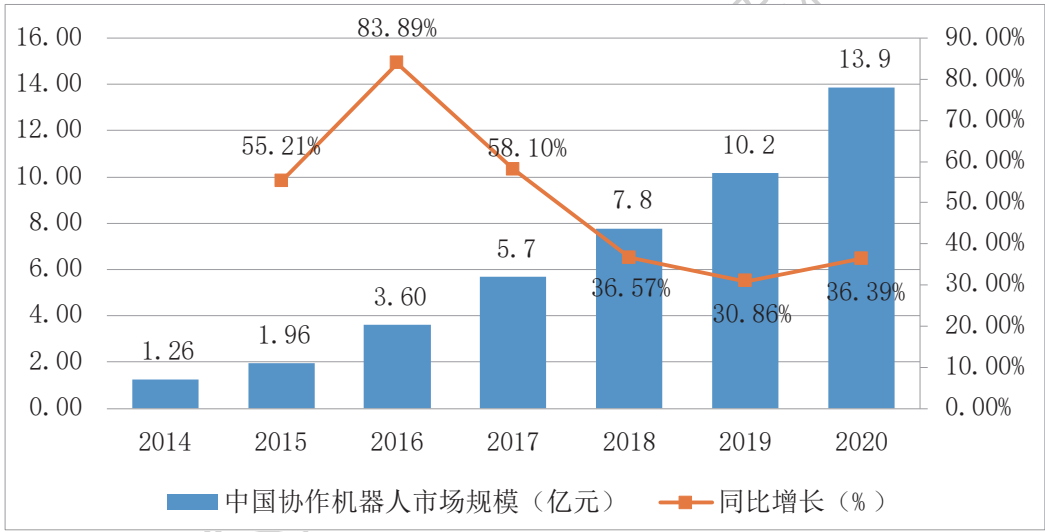
综合上述，GGII 认为，协作机器人销量及市场规模会进一步扩大。预计到 2020 年，销量将达 12000 台，市场规模将突破 13 亿元。

图表 10 2014-2020 年中国协作机器人销量及保有量预测(单位:台, %)



数据来源：高工产研机器人研究所（GGII）

图表 11 2014–2020 年中国协作机器人市场规模及预测(单位:亿元, %)



数据来源: 高工产研机器人研究所 (GGII)

第三节 协作机器人竞争格局分析

从市场参与者来看, 目前, 国内协作机器人市场处于市场导入期, 除 UR、Rethink, 遨博、达明等企业外, 多数企业出货量较小, 尚未形成一个明晰的竞争格局。

从产品价格来看, 国产协作机器人价格因其本土化优势, 价格要较国外便宜近 20%。

图表 12 2016 年中国协作机器人市场参与企业分布

企业	所属国家	主要产品	产品价格 (万元)
UR	丹麦	UR3/5/10	16/20/25
Rethink	美国	Sawyer	19
ABB	瑞士	Roberta/YuMi	18/45
KUKA	德国	LBR iiwa7/14	45/67
FANUC	日本	CR-35iA、CR-4iA 及 CR-7iA/L	20-50
YASKAWA		MotoMan HC10	18
Kawasaki		duAro	15
遨博	中国	AUBO-i5 (3 款产品)	11/13/15
新松		柔性多关节机器人	25
达明		TM5	13
技美科技		Buddy 6F	15
大族电机		Elfin	14
山思跃立		WEE	30
海默机器人		ER6-03	15
敬科机器人		JK7	15
越疆科技		Dobot M1	2
扬天科技		R-S5/10/20	16/20/38

数据来源: 高工产研机器人研究所 (GGII)

从企业营销渠道来看, 协作机器人在一般国内销售模式是直销与分销并行。

直销主要针对一些重点行业内的大客户、标杆企业, 作为重点合作对象。但由于国内机器人市场行业覆盖多且地域分布广, 仅仅依靠直销并不能更好地满足用户需求;

分销商通常是具有工程技术背景的系统集成商, 它们面对不同行业的客户, 提供搭配有机器人的自动化解决方案。分销模式可以快速构建销售网络以占领市场, 但同时也有其弊端, 机器人厂商会过分依赖分销商的销售和技术支持能力, 对下游客户的实际需求缺乏了解。

以 UR 拓展市场营销渠道为例, 其采用分销模式, 这也是传统工业机器人厂商常用的销售体系。目前, UR 在国内有近百家系统集成商成为了其合作伙伴, 面向的客户涵盖 3C、汽车、包装、高教等不同行业。

第四节 协作机器人应用场景分析

目前，协作机器人的应用模式正逐步由执行层面向交互性服务转变。协作机器人开始走出实验室，从部分企业切入，进行试点应用，渐渐推广到中小企业以及服务领域应用，最后普及到具体细分场景领域的应用。

工业中的生产和制造领域，基于高精度传感、机器视觉、安全控制的应用，协作机器人能够实现真正的柔性生产与人机交互，进而代替人工；

服务领域，随着机器学习的不断深入，机器人的智能化程度不断提高，不仅可以替代体力劳动，也可替代部分脑力劳动，真正实现智能化，应用于教育、医疗、物流、餐饮等服务业，辅助人类的生活。

协作机器人可以应用在工业生产领域，随着其准确性、灵活性及安全性上能够满足一些细致工作的需求，其应用领域也不断向医疗、物流、教育等其他领域扩展。

第五节 机器人是如何帮助用户实现自动化的

作为用户，如果您正在考虑实施自动化，但又不确定从何处着手，下述的快速指南可帮助您了解实施生产流程自动化的基本事项。

1、确定要实施自动化的流程

查看您的生产设施，确定想要实现自动化的流程。从最简单、最具成本效益、生产线改动最小的项目开始。寻找不需要现场决策、复杂思维或人类灵巧性的重复性手动流程。例如，让机器人来进行取放作业就是一个不错的开始。



选择最简单和最具成本效益的项目可以提高项目成功的概率，而且投资额也相对更低，对员工的培训也会更容易。因此，这一类的项目可以作为实现生产自动化的切入点。

2、确定是否需要改动流程中的机械部件

实施流程自动化时，并不一定需要部署带复杂工具端的机器人（例如机器人本体不必一定加上夹爪才能实现上下料）。作为用户通常需要对机器人周围的机械部件进行改动，以便机械部件可以持续向机器人供料。因此，确定是否需要对此类调整很重要，还是说用更简单的方法就可以实现用户想要的动作或功能。如果确实需要，应当仔细考虑如何调整；如果决定实施自动化，想想是否愿意投入更多成本。如果您愿意在初始投资后投入更多成本，您或许也可以收获更多的长期效益。这些都取决于用户的战略和决策。

3、确定工厂车里的可用空间

查看您想要实施自动化的流程，并确定工厂车间是否有足够的空间来部署机器人。要同时考虑目前和将来发展的需求。如果空间紧张，就要寻求小巧、灵活、易于实施、不占用很多空间的解决方案。使用协作机器人，即使可用空间非常小，用户也能找到适合的、可以高效安全运转的紧凑轻巧型解决方案。也就是说不必等到搬迁至更大的工厂才能实施自动化。

有了像协作机器人这样的解决方案，厂商现在就可以开始加速实现自动化的脚步，无需投入更多的设施成本就可以提高产量、拓展业务，提高企业的竞争力。



4、选择灵活的自动化解决方案

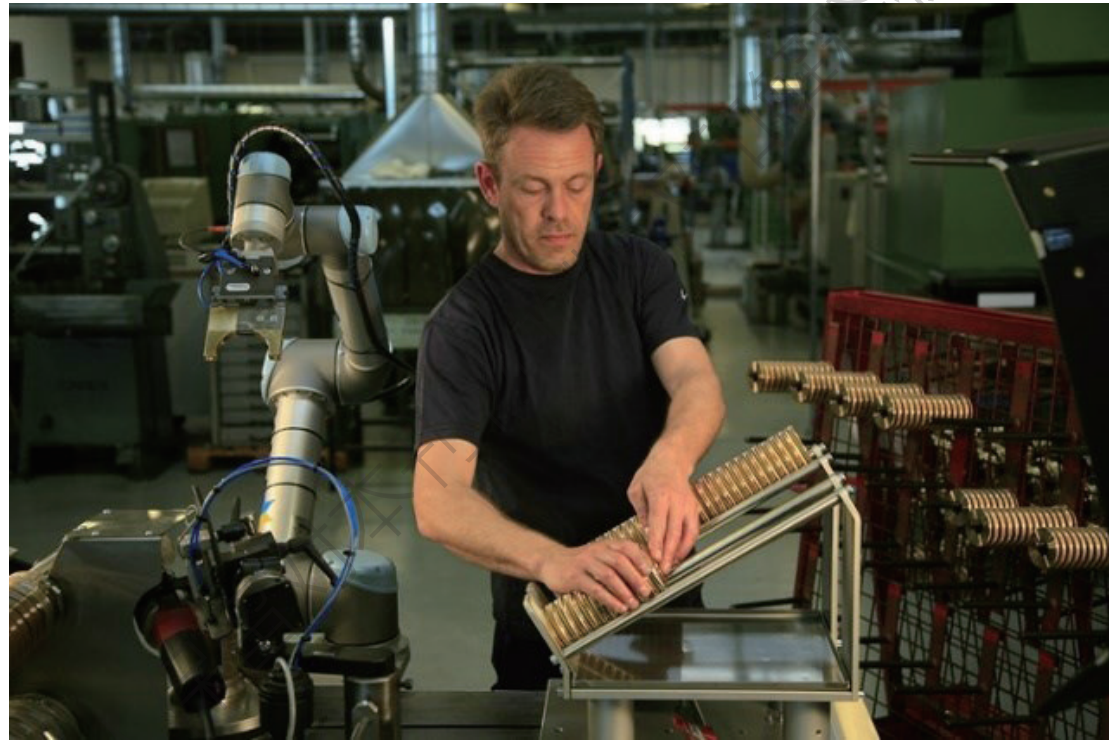
如果您的生产特点是品类少、大批量，那么是时候寻求更加灵活的自动化解决方案了。虽然现在生产的产品种类可能很少，但必须考虑到未来产品线可能会拓展，因此寻求可以适应未来业务增长需求的解决方案非常重要。如果您能够未雨绸缪，采用那些可以在业务不同领域使用的灵活解决方案，您对自动化的投资将带来长期价值。如果能不仅仅着眼于短期，也兼顾长期业务目标，您将获得更高的投资回报率。



如果您的生产特点是多品种小批量，那么就更有理由采用灵活的解决方案了，因为这样才能满足客户不断变化的需求并实现柔性化生产，方便快捷地为不同的产品和流程重新布置工作区。

5、保证工人的安全

将机器人整合到生产中时，工人的安全至关重要。大多数自动化解决方案需要安全围栏，以使机器人在远离工人的封闭区域内作业，确保工人的安全。但是围栏会增加成本，要占用大量空间，还会降低生产流程的灵活性。您可以考虑不需要安全围栏（需经风险评估确定）的解决方案，比如协作机器人，它配置有通过认证的安全措施，工人可以安全地与其协同工作。无围栏解决方案具有多项优势，比如，工人可以在需要时随时代替机器人，减少停工。



6. 考虑自动化的价值

考虑采用何种方案时，要结合未来的需求。要寻求既可以在当下提高效率，又能适应未来业务增长需求的解决方案。自动化并不是裁减员工，而是整合新技术来支持员工，让其与员工协同工作。

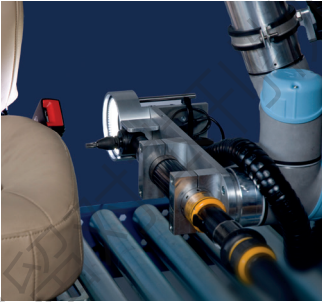
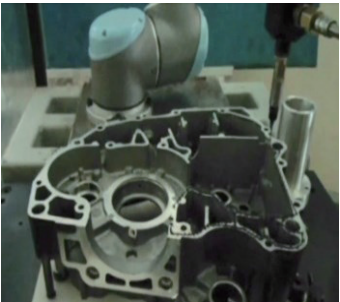
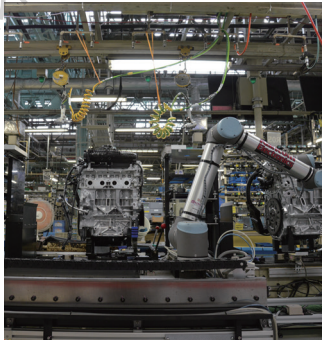


自动化让用户可以有持续性地拓展业务、提高市场竞争力、降低生产成本、始终如一地生产出高质量的产品。自动化投资回报率颇高，无论是从短期还是长期角度而言，都可以为企业带来巨大的价值。

第六节 各行业应用案例分析

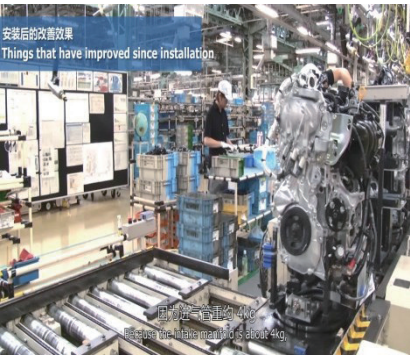
一、汽车行业

协作机器人能为汽车应用中的诸多生产阶段增加价值,其应用场景包括:发动机铸造厂、激光切割装备、成形压力机、制模机和包装及堆垛流水线等,可用于螺钉固定、装配组装、贴标签、机床上下料、物料检测、抛光打磨等环节。

特殊角度 螺丝拧紧		打磨去毛刺	
搬运		测试	
涂胶			

项目档案

- 名称: 日本XX 汽车XX 工厂生产线
- 公司规模: 3200 人
- 产品: 发动机、轴、电动汽车和混合动力汽车的电机
- 行业: 汽车和零部件制造
- 应用: 搬运和上下料、拧螺栓
- 目的: 解决产线节拍超时问题, 提高生产效率
- 关键价值驱动: 满足负载要求、灵活和安全



案例背景

- XX汽车XX工厂生产线是一家生产发动机、轴、电动汽车和混合动力汽车的电机的工厂, 生产范围覆盖原材料加工到装配。
- 为了提高生产效率, XX汽车对于生产线节拍超时问题进行分析, 希望通过使用协作机器人消除这一瓶颈。

挑战

- 在发动机装配流程的进气管安装阶段, 工厂遇到如下问题: 工人的配置会根据产量变化进行调整, 但每次调整的时长不同, 导致有的工位间隔时间超出额定的时间界限, 成为生产线上的瓶颈。因此, XX汽车决定尝试引入机器人, 希望通过新的生产方式解决节拍时间超时的问题。

解决方案

- 由于工人所在的位置在传送带的对面, XX工厂希望与之配合的机器人不需要安全围栏。
- 机器人需要运送进气管自重约为4kg进气管, 加上进气管手柄总重量约为6kg, 因此要求机器人必须能够承受这样的负载。在比较了其他机器人品牌之后, XX汽车选择使用UR10。

效果

- 最终, 优傲UR10 人机协作机器人分别应用于2条生产线, 使得工厂的整体生产效率得到提高, 节约了因额外人工而产生的成本。

图表 13 部分国内汽车行业应用案例

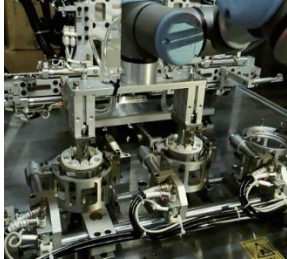
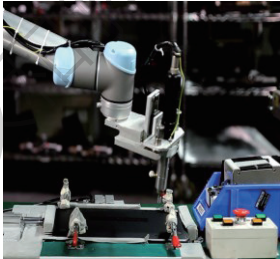
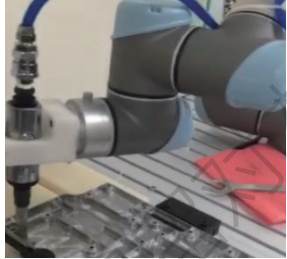
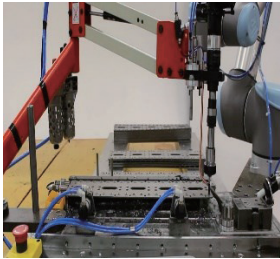
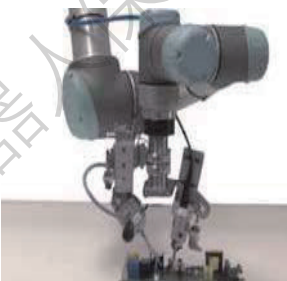
项目名称	项目难点	
发动机拧紧	该项目是汽车发动机组装线中的一个环节，对发动机外壳进行螺丝锁缚操作。在现有的生产线上，由于空间狭小，前后道工序的设置要求人和机器协同作业，因此安装安全护栏的传统工业机器人无法满足产线部署要求。 使用 UR5 机器人完成螺丝锁缚作业。用机器人进行该项工序比起人工操作效率更高，无论是在节拍还是完成度方面机器人的应用提高了产线的自动化程度。此外，协作型机器人无需安装安全围栏，非常适用于紧凑空间的安装部署，实现机器与人并肩工作。	
刹车盘搬运和装配应用	首先设备对刹车盘进行拍照 确定孔位，夹爪定位后抓取刹车盘并搬运到下一个工位。该工位的设备将橡胶圈压入刹车盘内，机械手臂取出完成压住的料件移动到下一个工位，与预先放置在那里的刹车盘下半部分进行组装。 在这个项目中协作机器人结构紧凑占地面积小的优势非常明显，一台机器人可以对应多个工位，灵活部署。此外 UR5 的编程十分简便几个小时之内就能完成预设动作的编程和调试，为用户节约了大量的时间和人力成本。	
挡风玻璃涂胶	汽车挡风玻璃涂胶对精度和一致性有较高的要求，同时对于许多汽车企业来说涂胶工位的生产效率如何提升始终是一大难题，特别当一些现有工站在引进机器人替代人工时，有限的安装空间又为项目提出了挑战。 在涂胶工位上可以嵌入现有结构进行涂胶操作。六关节的 UR 协作机器人，每个关节都可以正负 360 度旋转，能够适应涂胶这一特殊工种的操作需求，编程简便。协作机器人的使用比起人工涂胶精度更高，因此效率也大幅提升。	
螺钉质量检测	日本客户在抽检过程中发现整车存在铆钉漏铆或铆不合格。前期有人工检测， UR3 搭配视觉对整车 20 多颗铆钉的缺失检测，准确率达到 100%。使用协作机器人执	

	存在一定的误判。整车人工检测时间 30S，用户希望提高生产效率。	行改工序的流程，使得整车检测时间缩短到 25s，提高了产线工作节拍的同时也增加了准确率。
---	----------------------------------	--

数据来源：高工产研机器人研究所（GGII）

二、3C 行业

3C 行业具有元件精密和生产线更换频繁两大特点，一直以来都面临着自动化效率方面的挑战，而协作机器人擅长在上述环境中工作，可用于金属锻造、检测、组装以及研磨工站中，实现许多电子部件制造 (ECM) 任务的自动化处理所需要的软接触和高灵活性。

上下料		特殊角度螺丝拧紧	
打磨去毛刺		攻丝	
测试			

项目档案

- 名称：FPCB板测试自动上下料
- 公司规模：200 人
- 产品：手机电路板
- 行业：手机零部件制造
- 应用：搬运、贴标
- 目的：解决产线节拍超时问题，提高生产效率
- 关键价值驱动：编程简单、安装快捷、灵活和安全



案例背景

- XX工厂生产线是一家生产手机类电子元器件的工厂，生产范围覆盖原材料加工到装配。
- 需求：为了提高生产效率，XX对于生产线节拍超时问题进行分析，希望通过使用协作机器人消除这一瓶颈。

挑战

- 手机内部软电路板测试，目前市场需求较多，手机更新换代快，其PCB板测试种类较多，需要频繁更换写程序，对设备柔性化要求较强，项目调试周期紧张。

解决方案

- 采用UR 协作式机器人解决方案，即一台UR5对应3个ICT工作站完成移动、伸入取料动作，一个UR5 机器人安装2个真空吸盘，一次完成 2 块 PCB板的取放动作。

效果

- 使用了UR 机器人，可以快速编写程序，容易学习操作。
- 后期更换产品，用户可轻松上手，自主编写程序，从而节省了一定的成本。

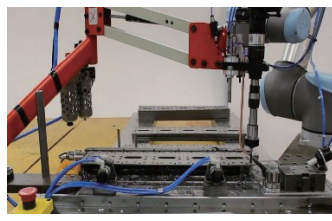
图表 14 部分国内 3C 行业应用案例

项目名称	项目难点	解决方案
手机屏检测自动上下料	在这个项目中使用 UR3 机械臂抓取手机屏幕，并将屏幕放置到检测设备中进行检测。检测后机器人将手机屏幕放回。这个工位安装的位置极为有限，因此要求小型化、轻量化设备。	UR3作为最轻的可台面安装的 6 轴关节机器人，在紧凑环境中应用，提供了无与伦比的灵活性和定位精度。它非常适合于自动化精密工作，在这样的工作场景下，UR3 非常适合实现这类工位的自动化需求。
手机屏清洗	在这个项目中用户需要将手机屏放置到料盘中，然后对手机屏幕进行清洗。一个料盘里需要放置几十片手机屏，传统的解决方案是人工取放，节奏慢而且动作机械枯燥。因此用户希望用机器替代人工，提高改工位效率。	UR3 机器人配合吸盘和视觉识别系统完成这个工位的动作要求。机器人先对料盘拍照定位，确定放件位置，再用吸盘抓取手机屏幕，二次拍照校准角度后将手机屏幕逐一放入料盘的卡槽中。协作机器人的使用提升了该工位的生产节拍，从而提高了产线的整体效率。

数据来源：高工产研机器人研究所（GGII）

三、食品行业

食品行业尤其容易受到季节性活动的影响，高峰期间劳动力频繁增减十分常见，而这段时间内往往很难雇到合适的人手，得益于按需使用的灵活性，协作机器人有助于满足三班倒和季节性劳动力供应的需求，并可用于多条不同的生产线，例如包装箱体、装卸生产线、协助检查等。

拣选	拾取	包装
		

项目档案

- 名称：瑞士XX食品企业
- 公司规模：30人
- 行业：食品包装行业
- 应用：包装、拣选、贴标签
- 目的：降低生产过程的大量体力劳动，提高生产效率
- 关键价值驱动：编程简单、安装快捷、协作性与安全性



案例背景

- 瑞士XX食品企业是北欧一家的日用杂货市场和零售连锁店提供素食和美食产品的生产商。
- 需求：降低生产过程的大量体力劳动，提高生产效率。

挑战

- 方案设计不仅需要考虑到能够完成操作任务的机器人，同时也必须考虑到成本效益。即将所有（直接和间接）成本都纳入此项目，来考核项目回收。

解决方案

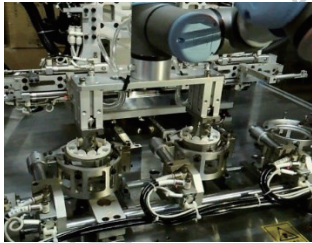
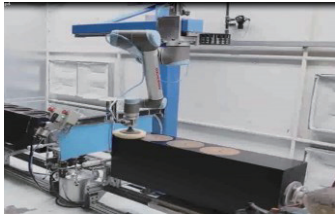
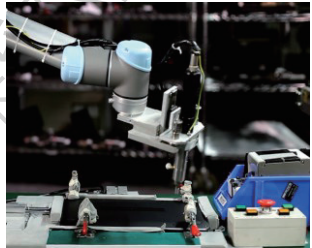
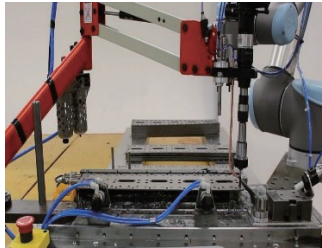
- Universal Robots的UR系列产品带有力控检测功能，它能提供灵活的解决方案，自动调整位置，以实现预期的力度。
- 最终瑞士XX食品企业采购了3台UR5 协作机器人，实现了让机器人和人在同一工作环境中工作。

效果

- 优化了包装部门的材料使用，纸箱浪费减少了25%，切换时间从6小时缩短到仅20分钟。

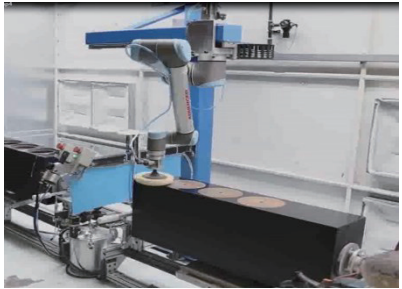
四、家电行业

在冰箱、空调、等家电生产厂商使用协作机器人给压缩机铜管刷防护漆，手臂的夹具通过专用的泵自动输送定量的防护漆，能够按照规划的路径对压缩机铜管表面进行精准的刷防护漆工作，且能适应一定的位置偏差。这样可将人力从繁复的劳动以及有毒有害的工作环境中解放出来，充分展示出协作机器人的灵活性。

上下料		抛光打磨	
特殊角度螺丝 拧紧		攻丝	

项目档案

- 名称：加拿大制造商XX
- 产品：扬声器和超低音音箱
- 行业：扬声器行业
- 应用：抛光
- 目的：解决生产环节中反复抛光产生的大量体力劳动
- 关键价值驱动：机器人必须像人一样准确且灵活



案例背景

- 加拿大音箱制造商XX在机箱上设计了签名，在实际生产过程中，其制造出工艺十分复杂，每层漆之间必须涂上多层漆，且需反复抛光，此环节中需要大量体力劳动，而且要找到能够完成该操作的人员较为困难。
- 需要使用能像人类一样灵活、准确的机器人代替人工解决生产环节中的抛光问题。

挑战

- 不仅需要考虑能够完成操作任务的机器人，同时也必须考虑到成本效益，即将所有（直接和间接）成本都纳入此项目，作为项目考核标准。

解决方案

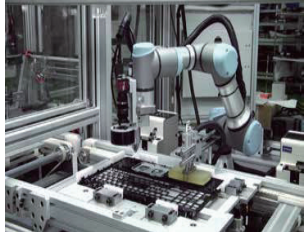
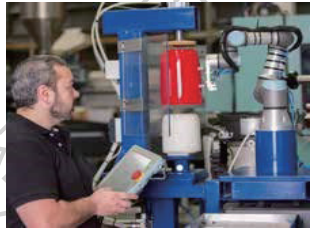
- 音箱制造商XX使用了UR10 协作机器人，Universal Robots 的UR系列产品带有力控检测功能，它能提供灵活的解决方案，自动调整位置，以实现预期的力度，可实现机器人和人在同一工作环境中工作。

效果

- 生产效率提升了50%

五、塑料行业

塑料设备的部件和材料普遍较轻，此行业非常适合使用协作机器人。在塑料行业，协作机器人可以装卸注塑机，配套塑料家具组件，将成品部件包装到吸塑包装或密封容器装运。

上下料		封装	
测试		喷涂	

项目档案

- 名称：丹麦XX
- 产品：塑料零部件
- 行业：塑料制品及聚合物制品行业
- 应用：拾取、码垛
- 目的：降低员工重复工作量
- 关键价值驱动：协作性与安全性、投资回报期短、编程简单、安装快捷



案例背景

- 企业XX为各行各业生产塑料零件。零件的铣削和修整是重复工作，生产时长的波动较大，受员工自身素质影响明显。
- 需求：降低员工重复劳动强度，提升生产效率。

挑战

- 为了满足企业XX的特定需求，机器人必须足够小可在有限空间内作业、经济实惠（投资回报期短），并且能够在人身边工作，无需庞大的屏蔽或围栏。

解决方案

- 企业XX采用了唯一符合其要求的Universal Robots所提供的解决方案。
- 使用了UR10 协作机器人，并在3天时间内完成安装并正式投入使用，实现了让机器人和人在同一工作环境中工作。

效果

- 生产效率提升了35

六、航空航天行业



项目档案

- 名称：美国国家航空航天局XX研究中心
- 规模：XX人
- 行业：航空航天
- 应用：无损检测（NDE）
- 目的：自动检测飞机各部件，确保飞机出厂的安全性
- 关键价值驱动：编程简单、部署灵活、协作性与安全性

案例背景

- 测试系XX研究中心先进复合材料项目的一部分，其目的在于出厂前对飞机机身进行全面检查，以确保其不存在任何生产缺陷，以免对飞机造成任何影响。XX的工作人员需要使用相关的技术手段快速地识别飞机各零部件缺陷，并且在这些缺陷造成重大影响之前，确保通过全面的技术支持进行弥补，从而消除缺陷隐患。
- 需求：能满足检测需求，并提高检测速度。

挑战

- 完成检测任务需要人工3-4人，且用手推动红外线系统并使要确保其均匀覆盖整个部件，难度较大。

解决方案

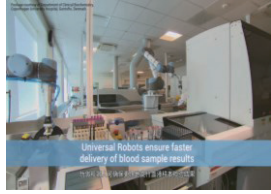
- XX研究中心配备了1台UR10，因其有内置的安全性能，促进人机协作，提升检测效率，并配合能对机身内部进行检查的红外线检测系统，工作人员可以在飞机上同时开展多项工作。

效果

- 节省人力成本，只需1位人员即可
- 凭借机器人系统，可对产品生命周期管理
- 机器人系统功能多样性，可支持红外线层析成像或其他检测项目

七、医疗行业

随着全球人口数量上升速度加快及年龄结构的变化，医院、诊所等医疗场所面临着大量的物资搬运及分拣工作。其中，一家中等规模的医院每日即需完成数千次药品、样品的运输和分拣。协作机器人的出现，可完全胜任医疗场所中药品、样品等物品的输送与分拣，帮助医护人员摆脱这项重复繁琐工作的同时，大量提高了医院运作速度，减少病患等待时间。

分拣	抓取	样品识别	送样
			

项目档案

- 名称：丹麦哥本哈根XX医院
- 行业：医疗
- 应用：血样识别、抓取、分拣
- 目的：确保更快地交付血液样本检验结果
- 关键价值驱动：机器人本体配合视觉识别，提高效率

案例背景

- 丹麦哥本哈根XX医院的血样分拣与送检任务，需要对每个样品进行识别，并置于相应模块中，将样本送往离心分析和后续分析环节。
- 需求：需要机器人具备视觉识别功能与样品快速抓取能力，提高样本分拣速度。

挑战

- 医院面临着每日数千次样本分拣和抓取任务，对人工分拣而言重复性高且十分繁琐。
- 血样种类识别需要识别样本种类及待分析的环节，送至正确的模块当中。

解决方案

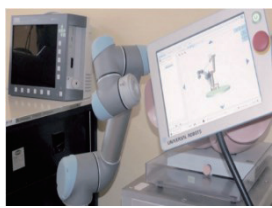
- 丹麦哥本哈根XX医院采用了两台UR5 机器人，第一个机器人使用小型气动吸盘，拾取输送机上经由管道系统送达的样本，视觉系统引导机器人将样本放置在条形码读取器中，条形码读取器还将拍摄螺旋帽的颜色，将样本转移到正确颜色的支架上。第二个UR5 机器人从机架上拾取样本，并将其放入入口模块，将样本送往离心分析和后续分析环节。

效果

- 机器人每天处理3000个血样，每分钟7至8个。
- 机器人使实验室能够保持一个在1小时内交付90% 以上样品的工作目标，使送达后续分析环节的样本数量增加20% 。增加的样本在不增加额外工作人员的情况下便可得到处理，同时病人可在会诊过程中即可收到样本检测结果，节省了等待时间或者额外来访医院的时间成本。

八、科研教育

目前，许多研究版的协作机器人已在全球各大高校得到广泛应用，学校的率先引进，为研究和教育活动提供了多项基础性技术，为支持未来创新和员工队伍培养提供了经过行业测试的强大平台，通过“产学研用”相结合可以为全球制造业培养出更多人工智能专业的未来新星。

测试	拖动示教	上下料	抓取
			

项目档案

- 名称：波兰XX科技大学
- 规模：4150 人
- 行业：医疗
- 应用：实验室测试，抓取
- 目的：组合危险细胞毒性药物站，以及针对更精确的女性泌尿系统的程序测试
- 关键价值驱动：编程简单、安装快捷、部署灵活、协作性与安全性



案例背景

- 波兰XX科技大学致力于为女性泌尿系统介入治疗设计一个专门的机器人站。机器人的工作是采用比人手更精确的方式将干细胞植入体内。
- 需求：高精确度的机器人解决方案。

挑战

- 由于所生产的药物材料具有高毒性，工作人员只能在这样的环境中工作几个小时。因此，波兰XX科技大学希望引入协作机器人。

解决方案

- 波兰XX科技大学最终选用 UR5 设备，因其易于操作，精确度高；同时，看重其具有重力补偿功能包括防止机器人在关掉后移动位置的重力补偿功能。

效果

- 在对精确度、准确性和安全性有要求的介入治疗中，使用机器人测试手部运动的轨迹。
 - 利用协作机器人UR5建设呈女性泌尿系统介入治疗站，同时，UR5机器人用于教学用途。
- 上述这些领域工艺复杂，用传统自动化手段很难经济、快速地升级既有产线，而协作机

机器人可以局部替换一些工种，小规模改造既有产线，进而快速适应新产品，实现短周期、少投入、低风险、高灵活性地改造整个“自动化”格局。

第七节 协作机器人的机会与挑战

随着工业升级，工业制造业逐渐转向精益化生产，这意味着不仅要求企业要控制运营成本，而且要满足个性化、柔性化生产需求，最终达到降本增效的目的。目前，传统工业机器无法满足这一新兴市场需求，能够负担通用可编程设备的协作机器人就此应运而生。

协作机器人核心特点是人机互动与合作，与传统工业机器人相比，其主要优势表现如下：

安全性

- 传统机器人运行需限定机器人在固定且有防护栏的区域；
- 协作机器人具有敏感的力反馈与角转速检测特性，达到预设值，机器即刻停止，防止伤害。

学习曲线

- 传统机器人不易使用，需专业人员才能完成设定、配置、编程、以及维护的工作；
- 协作机器人可拖动示教，机器动作只需人手拖拽本体来转化机器语言，记住运动轨迹，对专业技能要求不高。

高度灵活

- 传统机器人主要在固定点位重复性的工作，而对于复杂的流水线作业，为产线上每个机器人生产管理而“圈定”的操作环境需要耗费大量的时间和资源；
- 协作机器人具有轻便的本体结构，打破工作空间限制，可执行多元任务，增强工厂的柔性制造能力。

部署成本低

- 传统机器人售价10-40万，且要保证产线顺利运作还需专精设备的系统集成商，另需收费30-100万；
- 协作机器人本体售价约在10-30万元，免去了系统集成环节，有效降低部署成本。

(1) 协作机器人的机会

人机协作特性满足精细化、柔性化、个性化生产的行业需求。

3C 电子、医疗制药等新兴行业中产品种类很多、体积普遍不大、对操作人员的灵活度、柔性要求高。现有传统工业机器人很难在成本可控的情况下给出性能满意的解决方案，而协作机器人的柔性、灵活度和精准度正好符合了 3C 产品配件安装等工作的要求，这种人机协作的生产方式可以满足新兴行业的市场需求。

即由机器人利用其快速、准确的特点负责重复性的工作，而人类负责对柔性、触觉、灵活性要求较高的工序。如组装 3C 产品配件，机器人负责把主要零配件、螺丝放到合适的位置，人工负责排线安装、卡扣、拧螺丝的工作。

低成本自动化的生产模式，符合中小企业利益要求。

一方面，工业机器人的成本一般包括机器人本身的价格和部署两方面。传统工业机器人的价格在 10-40 万元，但其无法直接用于工厂的生产线上，还需要诸多外围设备的系统集成支持，最终部署成本将是传统工业机器人本体价格的 2-3 倍，这对中小企业而言面临着极大的成本压力；而协作机器人的价格 10-30 万元，因省去了部署的过程，总体部署成本要低；

另一方面，我国拥有超过 5000 万家企业，其中，中小企业就占比近 99%。其产品一般以小批量、定制化、短周期为特征，没有太多的资金对生产线进行大规模改造，并且对产品的 ROI 更为敏感，在自动化转型升级过程中，对具有较低的综合成本、快速部署、简单上手协作机器人更符合中小企业利益要求。

(2) 协作机器人面临的挑战

协作机器人作为工业机器人产业链中一个非常重要的细分类别，有其独特的优势，但也有其缺点，主要表现为：

速度慢：为了控制力和碰撞能力，协作机器人的运行速度相对传统机器人慢，通常只有传统机器人的三分之一到二分之一；

精度低：为减少机器人运动时的动能，协作机器人一般重量比较轻，结构相对简单，这就造成整个机器人的刚性不足，定位精度相比传统机器人差 1 个数量级；

负载轻：低自重、低能量的要求，导致协作机器人体型都较小，负载一般在 10kg 以下，

工作范围臂展少于 1000mm。

协作机器人作为一个新兴的领域，在发展的过程中面临着诸多的挑战。

人才资源极其缺乏。机器人产品的开发涉及多个专业的交叉学科，其在产品研制的价值链中涉及到产品的定义、硬件/软件系统的研发、安全功能的开发、产品的装配、质量控制等多个方面；且与传统工业机器人相比，协作机器人在设计理念、制造过程等方面存在较大差别。当前，企业及高校均未（或刚刚起步）建立相关技术应用人才的有效培养体系，致使协作机器人方面的优秀人才极其缺乏。

核心零部件稀缺。因协作机器人在设计上都要遵循轻量化安全设计准则，这对关节集成度要求很高，所需核心零部件也与传统工业机器人有很大区别，如中空伺服电机、模块化编码器、伺服驱动器、安全控制器等，正是这些核心零部件决定了机器人的结构及性能。当前很多关键零部件还没有实现大规模生产，不仅选择受限，价格也十分昂贵。

易用性不够。尽管协作机器人提供如拖动示教、图形交互界面等，但一些协作机器人产品所能提供的图形界面也只能完成一些简单的拣选/取放的任务，尚不能完全满足涉及到需使用机器人语言进行编程的稍微复杂的工作，因此易用性方面还有待提高。

市场认可度不高。目前协作机器人还处于市场导入阶段。以中国市场为例，部分企业尤其是中小企业较为关注产品的价格，这关乎投资回报期，理想的投资回报期应该在 6-12 个月。而协作机器人仍存在价格优势还不明显，工作效率较低等问题，对其性能、工作效率、投资回报比等多方面还需要接受市场的检验。

除此之外，目前对协作机器人系统的理论研究仍处于发展阶段，尚没有一套成熟的理论作指导；协作机器人的生产成本普遍较高，部分核心零部件需要专门订做；关于协作机器人的应用尚没有明确定位等，都是协作机器人产业面临的挑战。

第四章 协作机器人发展趋势展望

第一节 技术趋势展望

除了协作机器人在机体的设计上变得更轻巧易用之外，协作机器人的发展已呈现出如下趋势：

（1）可扩展模块化架构

现阶段，机器人主要在结构化或半结构化环境下替代人工进行自动化生产，对机器人的性能要求也主要体现在运动控制精度、承载能力、可靠性和对环境的适应性等方面。

目前，基于可扩展的软硬件平台的可重构机器人（Reconfigurable Robot）成为研究热点之一，GGII 认为，随着制造业的生产模式从大批量生产转向用户定制，未来机器人市场将会向以功能模块为单位，并且针对各个不同的作业要求个性化定制的方向发展。

（2）以自动化为目的的人工智能化

对于协作机器人来说，以往作业时需要根据具体的需求，由专业人员设定好机器人的行动轨迹进行作业，如果更换作业任务时，则需再次调整机械臂的作业线路。

若协作型机器人被成功赋予高级人工智能，机器人将获得与真人一般的“常识”，从而能人机协同作业更易被整合，同时也减少了用户参与决断的机率，使得机器人变得更“聪明”。

目前协作机器人还是以拖动示教为主，这里真正的人机协作还远远不够。一些企业已经开始在利用机器学习的方法，采集不同任务情况下产生的人、环境与机器的交互数据并分析，目的是打造一个更加智能化生产的闭环；同时，为了降低使用门槛，一些厂商也使用了自然语言识别类人工智能公司的开放技术，让协作机器人具备基本的语音控制和交互能力。

（3）机械结构的仿生化

目前，市场主流的六轴、七轴机械臂已经足够满足机械臂的位移和基本操作，但门槛在于机械臂抓取端的机械手仿生化技术，是否可以令协作机器人更自如地抓起更小巧的物体。

协作机器人主要应用于工业生产领域，如在生产流水线上的辅助工人分拣、装配等操作，其机械臂越接近于人手臂的结构，其灵活度就越高，就更适合处理相对更精细的任务。

三指变胞手，以及柔性仿生机械手，都属于提高协作机器人抓取能力的前沿技术。

(4) 机器人系统生态化

不管是工业或者民用客户使用机器人，仅仅协作机器人本体并不能满足他们的使用要求，机器人应用往往需要复杂的工具端设计，配置和机器人的接口等相对复杂设置，机器人的应用才能完成。

机器人系统开放生态环境，可以吸引第三方开发围绕机器人的成熟工具和软件，有助于进一步降低机器人应用的配置困难，提升使用效率。

(5) 与其它前沿技术融合

从安全防护网走出来的协作机器人在克服了自身安全隐患，证明自己可以与工人并肩作战后，未来等待它们的是更加多样化的工作任务和工作环境。

协作机器人要适应未来复杂工作环境，则需要搭载先进技术，提升其软硬件性能。在 2017 世界机器人大会上，新松机器人展示“协作机器人+AR 眼镜”的解决方案，使用协作机器人整合 AR 技术，用于产品生产环节的原材料加工监测，这一案例将为协作机器人搭载一些前沿技术提供发展方向。

第二节 应用前景展望

未来在很大程度上，智能协作机器人的应用舞台仍立足于 B 端行业市场。

随着工业 4.0 时代的来临，全世界的制造企业也即将面对各种新的挑战。有些挑战已经通过日益成熟的自动化及自动化解决方案中机器人的使用得到了应对。

在过去的生产线和组装线等工作流程中，人和机器人是隔离的，这一格局将有所改变。协作型机器人将会变得越来越重要。虽然有些领域和生产线还是需要人力操作，但有些仍可以使用机器人实现局部自动化，以优化生产线。引进协作型机器人会为生产线和组装线应对挑战开拓新的机遇，找到更好的解决方案，把人和机器人各自的优势发挥到极致。

协作机器人向行业市场渗透之时，市场上轻量化低成本的协作机器人产品有望进入到 C 端市场，为家庭和个人提供服务。

协作机器人产品在技术操作难度和轻巧度方面，已经有能力和机会在消费级市场得到使用。如越疆科技推出机械臂协作机器人 Dobot，其具有计算机视觉和语音交互功能，已在海外市场推广，用户一部分来自于轻工业市场，很大一部分则来自于个人消费者。

在美国等发达国家，机械臂型的协作机器人已成为家庭生活中的创造工具，针对激光雕刻、3D 打印、绘画等艺术创作需求，甚至是作为家庭烹饪的协力助手，以及为机器人编程提供支持，开发面向更多生活中需要的自动化服务，都提供了有效的帮助。

因而协作机器人之于消费级市场，和工业市场同样具有良好的应用前景。

第三节 协作机器人在工业 4.0 的作用

(1) 工业 4.0 的定义

工业 4.0：自动化设备与 CPS 信息物理系统、物联网和云计算的结合，工业 4.0 主要是将互联网作用于制造业。在这样的大趋势下，协作机器人将在工业 4.0 中扮演重要的角色。

(2) 协作机器人与工业 4.0 兼容

协作机器人作为一种设备完全符合工业 4.0 设计原则，它们配备兼容性高的工业用计算机接口，可轻松接入物联网（IoT）、大数据等，实现在任何工厂环境中互通互联。

协作机器人通过收集数据并将其传递给其他系统进行分析、建模等方法，提高信息透明度。它们能够通过“为人类同事执行一系列对于人类操作者而言令人不快、过于疲劳或不安全的任务的方式，从而为人类操作者提供技术支持”。

尽管，协作机器人通常更多的是作为操作人员的工具使用，而不是作为自我主动的设备，但是它们仍然能够促进分散化决策。

另外，协作机器人是经典的工业 4.0 产品，因为它们就是通过软件升级及其自身可编程性来实现不断进化的数字产品。它们甚至支持类似于 XaaS（云服务）的数字化商业模式。

(3) 协作机器人助力中小企业加速实现自动化

由于协作机器人具有多功能性、易于编程、体积小、重量轻且价格合理，目前正在广泛应用于中小型企业以及发展中国家的不同规模的公司，以改造那些可能无法建立交钥匙工业 4.0 设施的旧工厂。在这形势下，协作机器人可促进中小企业实现自动化。

(4) 协作机器人使工厂能够将生产流程所有权和知识保留在工厂内部

工业 4.0 涉及生产流程的所有权和管理知识，其自动化系统通常由外部顾问公司进行设计、监控和管理。然而，今天，当公司选择生产基地时，生产工艺知识的可用性以及市场的邻近性正在取代低成本劳动力而成为主要标准。

当一家公司将自动化系统的管理外包给外部公司时，这不仅需要花费时间和金钱，而且更重要的是切断了现在工厂所需要的人员知识和市场信息。

由于协作机器人的编程、配置和控制工厂内部经由本地化完成，所以选择协作机器人方案的公司可以保留完整自动化生产流程的所有权以及管理机器人所需的宝贵知识。这将为用户带来更大的运营灵活性和机动性，并在世界市场上具有更大的竞争力。

第五章 总结

狄更斯小说《双城记》的开篇提及“这是一个最好的时代！这是一个最坏的的时代！”，对协作机器人产业发展而言也同样如此。

自 2008 年优傲机器人推出全球第一款实现商业应用的协作机器人 UR5 以来，因其具备安全、柔性的人机协作特性在制造领域的重要性不断提升，致使全球范围内，无论是传统工业机器人巨头，还是新兴的机器人创业公司都在积极布局协作机器人领域。

全球协作机器人市场正超高速增长。GGII 数据显示，2016 年全球协作机器人销量达 1.05 万台，同比增长 95.35%。2014-2016 年，协作机器人销量 CAGR 为 74.71%，远超传统工业机器人 12.45% 的 CAGR。

协作机器人的主要目标客户是中小企业（SMEs），目前全球共拥有超过 600 万家中小企业，提供了全世界接近 70% 的制造能力，基于如此庞大的潜在用户基数，协作机器人在工业市场的增长预期良好。

虽然目前协作机器人产业发展仍面临如核心零部件稀缺、产品应用性不足、市场认可度不高、产能不足和供应链体系建设迟缓等诸多问题，但是协作机器人作为一种生产力工具，它可以实现人类劳动力和机器人的历史性“握手”，让人类与机器人真正意义上协同工作，提高生产力从而满足居民日益增长的物质需求，其快速发展已成为不可阻挡的趋势。

附录 机器人仍然遥不可及吗—5 个问题告诉您答案

如果您是小型或中型制造商，或者必须面对低产量和高混合生产的挑战，您可能会想知道机器人是否适合您。

但是，如果您因为自有的制造企业规模不大而选择人工操作，那么也许您还没有发现问题所在。以下的几个问题将引导您了解对于中小型制造企业而言，采用机器人技术时最重要的考虑因素。

首先，请您思考以下这些问题：

问题 1：我是否需要自动化？

首先抛开您脑海中任何关于机器人成本或复杂性的想法。现在，以客观的眼光来看看您所面临的业务挑战是否可以通过自动化制造流程得以解决。

如果你对这些问题中，有一个或多个回答了“是”，那么自动化是绝对值得考虑的。

潜在的业务挑战：

- 1) 竞争陷入僵局，我需要新的方式来削减成本（是□ 否□ ）
- 2) 我需要提高产品质量（是□ 否□ ）
- 3) 我需要减少浪费 - 时间、材料或两者兼有（是□ 否□ ）
- 4) 我需要更多的灵活性，以适应不断变化的产品需求（是□ 否□ ）
- 5) 我正在努力填补重复人工作业的岗位缺口（是□ 否□ ）
- 6) 临时工的稳定性和可靠性差，或者需要花费大量时间来学习生产流程（是□ 否□ ）
- 7) 机械重复或有危险性的操作过程正在影响员工的健康和安全（是□ 否□ ）
- 8) 我需要在不过度扩张的情况下增长业务量（是□ 否□ ）

问题 2：我需要选择什么样的机器人？

制造机器人通常分为两类：工业机器人和协作机器人。了解哪一类性的机器人最符合你的需求？

工业机器人	协作机器人
我拥有能够容纳大型固定设备的空间	我的生产车间空间有限
我需要高产量、高速且极其精准的生产	根据我的流程和产量，自动化的节拍需要与人工操作的节拍大致相同
我需要危险或高速的自动化流程，这些流程需要采用一个安全笼来保护工人	我需要在流程中同时使用自动化与人工操作
我不需要灵活性来改变流程或产品线自动化	我需要在各种流程中实现自动化的灵活性，同时减少停机时间的变化
我拥有内部编程和集成的相关专业技术	机器人必须易于操作学习，无需太多专业经验

结论：对于许多中小型制造商来说，协作机器人是一个理想的选择。

问题 3：我能否承担自动化的费用？

这两种类型机器人的前期成本是相似的，但整个自动化解决方案的系统成本实际上并不相同，包括各类直接和间接成本。以下列出了统计项目，通过比较年度总成本，计算您能够实现投资回报的最快速度。（您可以填写下表的项目，来粗略计算总费用）

机器人	预估成本	协作机器人	预估成本	人工	预估成本
硬件成本	¥	硬件成本	¥	工人薪资	¥
三相供电基础设施	¥	插入 110V 插座	¥0	福利	¥
集成/编程	¥	免费在线培训	¥0	培训	¥
末端工具	¥	末端工具	¥	停工	¥
防护	¥			加班	¥
光幕	¥			物料浪费	¥

安全扫描仪	¥			产品报废	¥
软件许可证	¥				
维护/维修服务	¥	现场维护	¥		

结论：自动化应当考虑系统成本。

问题 4：我能够实现哪些流程的自动化？

协作机器人能够实现许多不同应用程序的自动化。它们体积小巧轻便，可以轻松地在车间内移动到不同的流程操作。它们易于编程，您可以保存程序，以便重复使用。

选择您需要实现自动化的流程：

- ☐ 选择和放置
- ☐ 包装和码垛
- ☐ 抛光打磨
- ☐ 分析和测试
- ☐ 重复性的手动流程
- ☐ 注塑成型
- ☐ 质检
- ☐ 机器维护保养
- ☐ 组装
- ☐ 不需要人类灵巧性、复杂思维或现场决策的工作
- ☐ 上下料
- ☐ 组装
- ☐ 螺丝锁缚
- ☐ 涂胶
- ☐ 有危险或易受伤害的工作

协作机器人是一种非常灵活的工具，可以像人类手臂一样执行相似的动作。但是，协作机器人具有更广泛的移动范围，它们不会感到疲劳，可以执行危险的任务而不会受到伤害。

问题5：协作机器人是否适合我的需求？

您需要了解的是机器人：

- ☐ 是否价格合理，附加费用最低
- ☐ 是否适合我的车间，无需笨重的安全围栏
- ☐ 是否便于现有员工轻松设置和指导
- ☐ 能否快速移动到新的流程或产品线
- ☐ 能否替代要求高效率且难以填补的人工职位
- ☐ 能否在当今劳动力市场紧张的情况下完成一些人类不愿意从事的工作
- ☐ 能否让我将员工从低价值岗位转到高价值岗位
- ☐ 能否在几个月内自行承担费用 – 而不是几年
- ☐ 能否节省资金，使我可以重新投入新的产品和渠道
- ☐ 能否在将来会支持新流程和更高级的应用程序

最终，找出协作机器人是否适合您的需求。