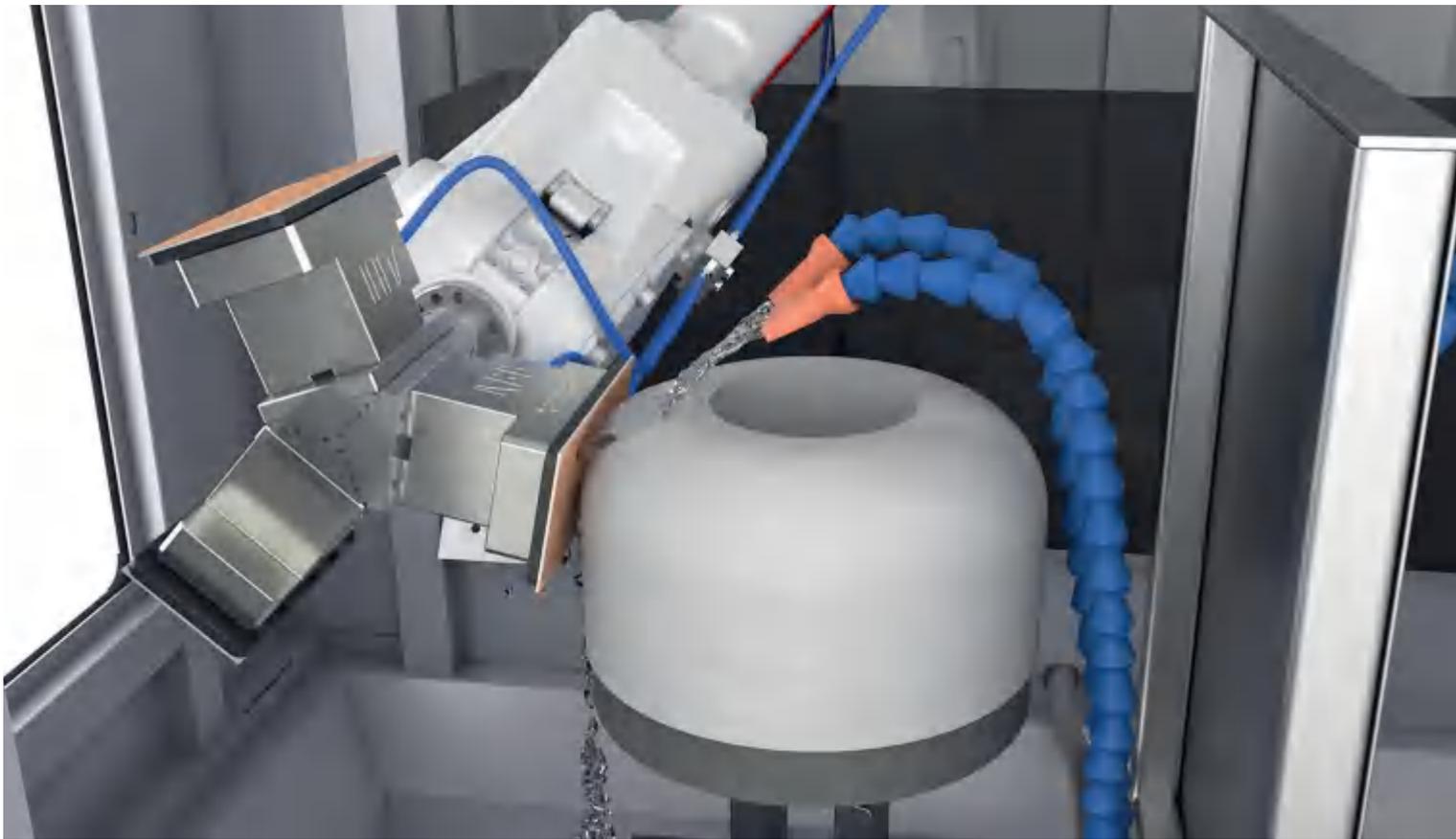


白皮书 | 电子制造

机器人智能解决方案赋能表面精加工



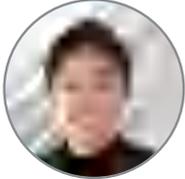
关于作者



ABB

Steven Chen

全球电子销售和产品组合主管
steven-difan.chen@cn.abb.com

**Hiroki Oshikawa**

全球产品组合经理-电子
hiroki.oshikawa@jp.abb.com

**Louis Liu**

全球产品组合副经理-消费电子
louis-hao.liu@cn.abb.com

**Leon Yan**

全球产品组合副经理-系统应用
leon-jiaxin.yan@cn.abb.com

**Peter Xie**

战略合作伙伴负责人
peter-yipeng.xie@cn.abb.com

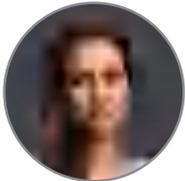
保时捷管理咨询

**Tobias Helberg**

合伙人
tobias.helberg@porsche-consulting.com

**Juntian Dong**

合伙人
juntian.dong@porsche-consulting.cn

**Sharon Archetti**

初级合伙人
sharon.archetti@porsche-consulting.com

**Florian Schaefer**

高级经理
florian.schaefer@porsche-consulting.com

引言

随着全球消费电子市场稳步增长，2023年达到9560亿美元，预计每年平均增长3%，多达80%的全球电子制造服务（EMS）公司预计利润率将停滞不前或下降。为了降低消费电子产品零部件的制造成本，国际市场的发展趋势表明，成本效益高的制造能力尤为重要。

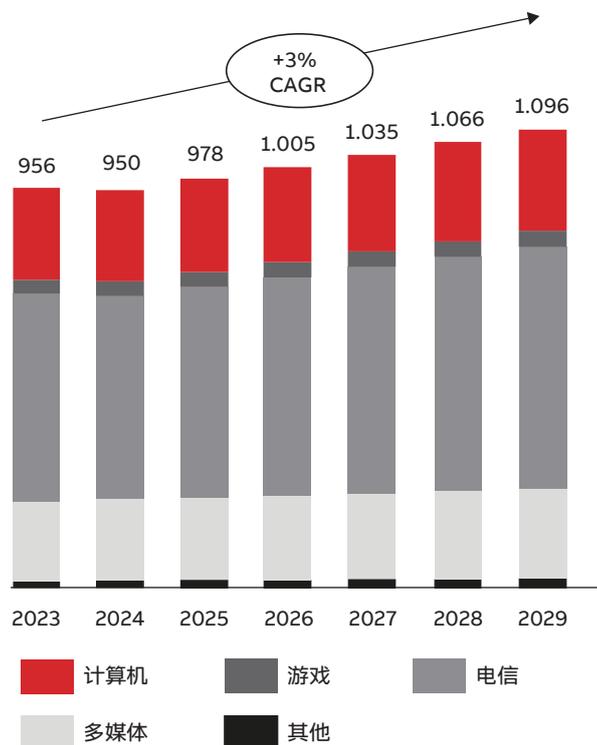
几十年来，运营流程一直采用传统的精益方法进行优化。如今，很多公司正在经历下一个巨大的快速发展阶段 - 迈向人机智能协作。保时捷管理咨询公司对包括首席执行官（CEO）和首席运营官（COO）在内的48位高层管理人员进行的全球跨行业调查显示，96%的公

司已经开始进行智能工厂转型，不仅要提高生产力，还要提高生产的可靠性、灵活性、可持续性和吸引力。

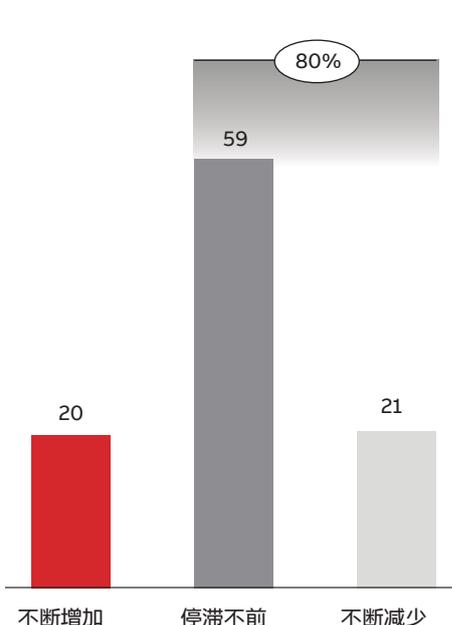
然而，只有8%的公司完全达到了预期目标。这不仅是由于只关注物理流程的自动化，也因为对转型的理解和管理不足。

保时捷管理咨询公司的高层管理人员调查显示，96%的受访公司已开始进行智能工厂转型。但只有8%的公司表示他们的期望得到了充分满足。

全球消费电子市场发展¹
以十亿美元计



全球EMS预期利润率²
%



来源: 保时捷管理咨询公司。摘自白皮书《智能工厂: 高科技, 还是更高的挑战?》| 保时捷管理咨询公司 (porsche-consulting.com)

1: 参考自Statista 市场洞察: 全球消费电子产品, 2024年6月。

2: 参考自IPC: 当前对全球电子制造供应链的观点, 2024年6月。

目前，所有行业都面临着一些挑战：

- 去全球化趋势要求在成本较高的国家提升效率。
- 产品更新迭代频繁，需要流程具有灵活性和可调整性。
- 在人才争夺战中，熟练劳动力的短缺迫使企业必须营造有吸引力的工作环境以确保成功。
- 最后，社会、政治和客户要求公司按照环境、社会和治理（ESG）标准，通过高效地循环利用资源，实现可持续生产。

面对供应链中断和熟练劳动力短缺等各种挑战，所有公司都必须愿意跨部门合作，一起努力实现共同的愿景。智能工厂是运营部门为确保企业长期竞争力所作出的贡献。优化企业自身的生产网络，可影响多项绩效指标。总之，调查显示了智能工厂转型的五个战略目标，按重要性排序，前三名分别是：

1. **生产效率**：提高生产效率仍然是工厂运营的首要目标。企业通过把握数字化和自动化带来的机遇，努力提高效率，从而显著降低工厂成本。转型为智能工厂之后，预计每年的成本降低幅度因行业而异，平均降幅为14%。其中，消费品行业的成本预计下降

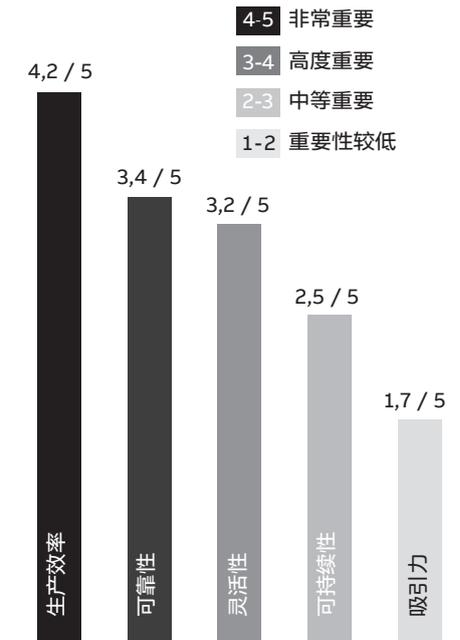
9%，而工业品行业的成本则预计下降18%。

2. **可靠性**：对于制造企业而言，可靠性是指生产和物流过程在速度、质量和时间可用性方面的稳定性。随着自动化和数字化水平的提升，自动化系统及车间IT/OT的可用性和稳健性成为可靠性的关键成功因素，因为这三个方面都会受到停机时间和中断的影响。
3. **灵活性**：灵活的生产系统能够轻松应对产品变体和生产量的变化。所需的灵活性不仅限于预先规划的范围，通常也被称为多功能性，能够以低成本将新产品变体集成到现有生产线中，实现快速布局调整、价值流优化或系统快速修改。

调研结果显示，受访谈的领导层高度重视传统的生产相关目标，其关注点集中在生产
力、可靠性与灵活性上。

智能工厂的首要目标

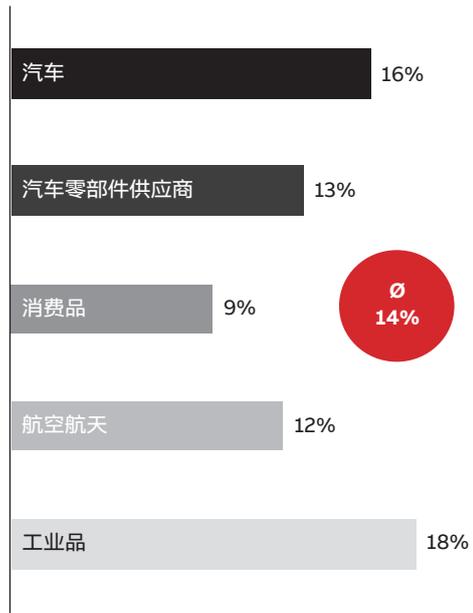
按重要性排序（从5=高到1=低）



@ 保时捷管理咨询公司

生产力：通过智能工厂降低工厂成本

预计每年减少%



@ 保时捷管理咨询公司

来源：保时捷管理咨询公司。摘自白皮书《智能工厂：高科技，还是更高的挑战？》 | 保时捷管理咨询公司 (porsche-consulting.com)

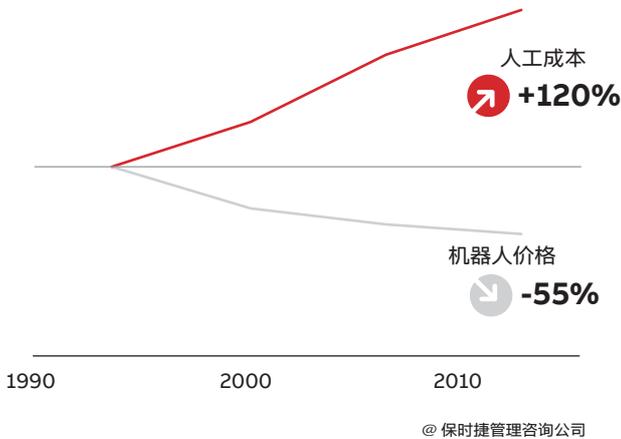
为智能工厂的愿景设定宏伟目标很容易，但大多数组织在实现其目标状态时却步履维艰。在过去的三十年里，劳动力成本增加了120%，而机器人价格下降了55%，这使得自动化转型不仅成为必要，也成为一种战略优势。这一经济变革在过去十年中，已经推动全球工业机器人安装量的增长达到160%。尽管取得了这些进展，但受访的管理人员表示，在所有涉及的目标中，智能工厂转型的预期成果与实际完成情况之间存在差距。未能达到总体预期的原因，很大程度上可归结为以下八个常见误区：

1. 理论概念转化为实际解决方案的能力不足。
2. Brownfield IT/OT环境正在减缓智能工厂的转型步伐。
3. 业务部门和IT之间的协作不足。
4. 能力不足。
5. 采取机会主义的起步方式，没有明确的目标和愿景。
6. 缺乏专门的部署团队。
7. 解决方案的可扩展性有限。
8. 缺乏组织内部的认可和重视。

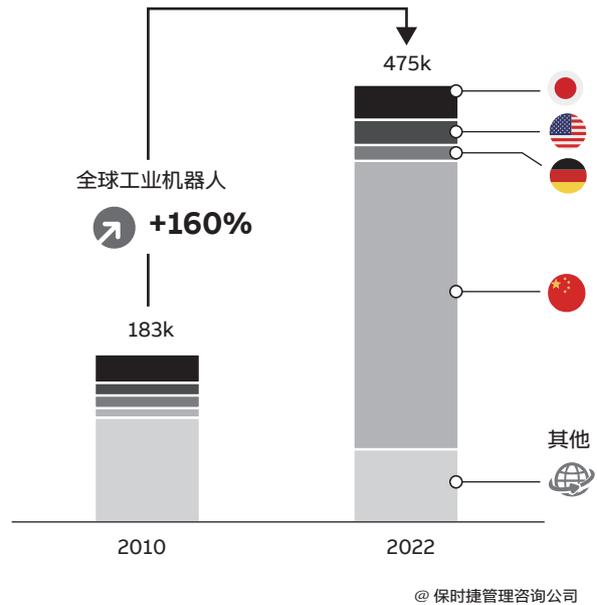
如果在智能工厂转型中忽略了这些陷阱中的一个或多个，那么预期的效果可能只能部分实现。即使只涉及一个行动领域，实施起来仍然很困难，因此往往难以全面达成多维目标。一个令人惊讶的调查结果，人们往往低估了组织接受度和变革管理的重要性。不同公司规模和行业的各种项目都证实了这一点：智能工厂的成功转型往往因为缺乏有效的转型和变革策略而受挫。

总之，智能工厂转型不仅是一种战略优势，也是一种必然趋势，必须将其视为一个整体的过程，而不是孤立的项目。特别是对电子制造服务（EMS）公司来说，他们努力在当今充满活力的市场中保持竞争力。随着未来几年制造成本预期上涨，要实现成本效益，部署先进技术变得至关重要。此外，这些技术的整合增强了企业的灵活性，使其能够缩短上市时间并迅速适应不断变化的客户需求。质量改进同样重要，因为智能技术有助于降低缺陷率。因此，推动智能工厂的创新不仅对于应对这些主要挑战至关重要，而且对于确保在不断发展的EMS环境中实现可持续和繁荣的未来也至关重要。

自动化和劳动力成本演变³
%



全球已安装的工业机器人
每年新安装的机器人数量



来源：保时捷管理咨询公司。摘自白皮书《智能工厂：高科技，还是更高的挑战？》| 保时捷管理咨询公司 (porsche-consulting.com)
 3: 根据经济学家智库、德国劳动市场与职业研究所、国际机器人联合会的数据。
 劳动力成本=美国制造业相关的劳动力报酬折算指数（1990年=100%）。
 机器人价格=美国制造业机器人平均价格折算指数（1990年=100%）。

利用机器人自动化提高生产效率

在电子制造中使用机器人进行表面精加工，可以帮助实现前所未有的一致性和质量水平。机器人能够精确地执行重复性任务，确保每个部件都符合高性能电子产品的严格标准。

机器人自动化的精度可扩展到最复杂、最精细的表面精加工任务。配备了先进的传感器和视觉系统，机械臂能够准确地捕捉到复杂细节，并以手工方式难以实现的精度进行表面处理。这不仅提高了成品质，还拓宽了电子元件设计和创新的可能性。

作为一种在保持最高精度的同时实现更快、更灵活生产的方式，机器人为电子制造商带来了巨大收益。

随着消费者和监管需求的不断增长，促使制造商采用更可持续的生产方式，机器人所带来的性能提升，可在确保材料的高效使用、减少浪费和降低整个加工过程对环境的影响方面做出重大贡献。

在确保电子元件生产过程中的质量方面，机器人自动化发挥着关键作用

机器人自动化也为提高生产力和盈利能力提供了途径。虽然自动化技术的初始投资可能较大，但通过提高生产量和降低运营成本，这些投资最终可以得到回报。此外，自动化可以帮助企业缓解在竞争激烈的就业市场中找到熟练劳动力的挑战，同时可以让工人从繁琐的低级任务中解放出来，从而实现更有效的人力资源利用。

随着市场需求的波动，制造商可以扩展他们的机器人系统，以满足增加的生产需求，而无需雇佣额外的员工。这种灵活性对于快速变化的电子行业至关重要，因为快速响应市场变化本身就是一种竞争优势。

机器人自动化在打磨中的应用

打磨是电子元件制造中的一个重要过程，有助于提高最终产品的质量和性能。实现光滑、无污染的表面处理至关重要，这对于涂层、油漆和焊料的正确附着以及防止电短路和确保专业美观的外观至关

重要。它在确保尺寸精度方面也起着重要作用，允许对零件尺寸进行微调，以满足严格的公差要求，并有助于确保在后续处理（如阳极氧化或涂漆）之前去除加工或铸造过程中可能产生的锋利边缘和毛刺。

接下来，本文将介绍应用机器人自动化处理电子元件制造中所涉及的打磨任务所带来的优势，以及如何使用ABB的Machining PowerPac解决方案提升性能。

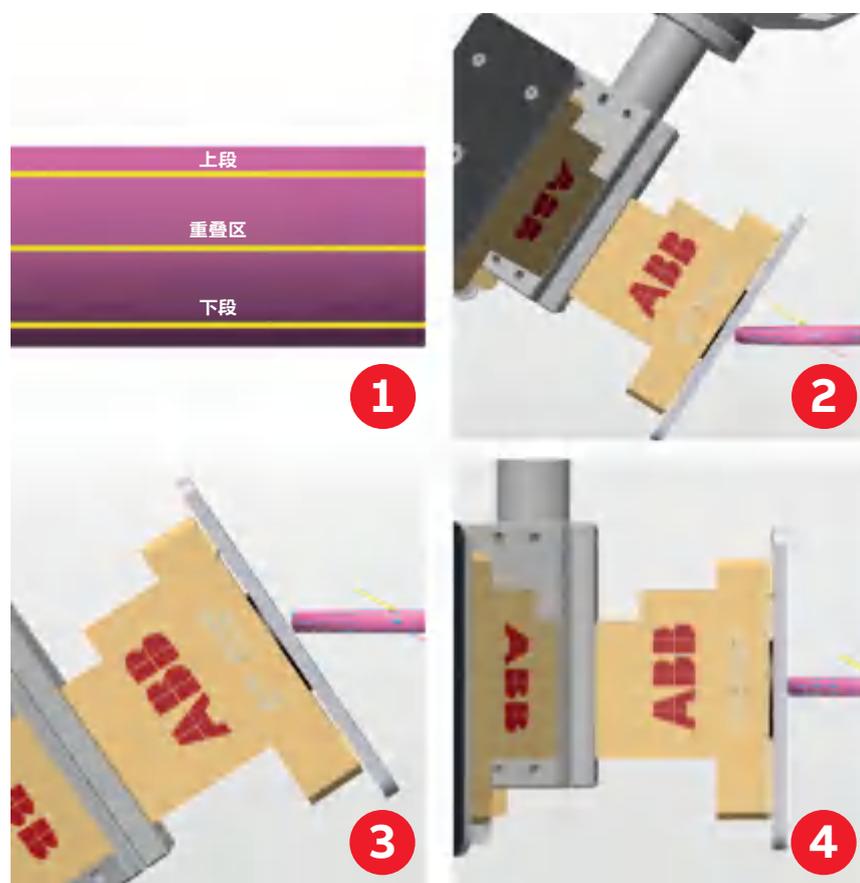


来源: AdobeStock

现状

随着机器人打磨技术在电子制造中的广泛应用，处理3D几何图形的方法通常是将区域划分为不同角度的绕圈路径。同时，机械臂以不同的角度放置，并使用砂磨泡沫或较软的抛光轮以适应产品细节。

然而，该过程的设计需要的时间比平均周期时间更长。在下图中，机器人完成每个周期的总周期时间为30秒。因此，尽管表面上看，整个过程似乎可以在两轮（步骤2-3）内完成，但由于前两轮不可避免地会产生重叠区域，需要第三轮来完成（步骤4）。因此，完成该过程的最佳周期时间为90秒。



步骤1: 根据所需的路径数量定义和创建点



步骤2: 生成2条机器人运动线



步骤3: 实际上，它需要绕三圈，因为黄色区域和中间黄线标记的区域重叠



处理周期时间	当前流程
1个周期所需时间	30秒
轮数	3轮
总周期时间	90秒

挑战：由于机器人编程困难导致的外观缺陷和产品质量问题

在过去十年里，电子制造厂频繁遭遇中断。快速变化的客户偏好以及需求的不确定性和中断正在以前所未有的程度考验着制造业的生产能力。除此之外，地缘政治的不确定性和工资成本的上涨，正促使工厂向越南和印度等新兴的低成本国家转移。

然而，随着工厂引入机器人打磨解决方案，路径规划仍是一个公认的难题。传统做法是，工程师们会在机器人顺时针旋转时，将零件分为顶部、中部和底部进行切割，然后使用额外的砂纸泡沫或软抛光轮来适应3D几何曲线。

然而，这会产生许多外观缺陷风险，不仅造成经济损失，使得可供后续工艺测试的零件数量减少，而且由于边角不均、变色和过渡不顺等问题，产品质量也很差。

工厂采用机器人打磨解决方案时，传统的机器人打磨方法使用逐点调试。机器人工程师必须将每个点手动输入机器人程序，同时将路径投影到3D形状中。然而，这种方法会产生许多外观缺陷风险，不仅会造成经济损失，而且为了获得准确的3D投影就需要更多的测试部件。此外，由于去除速率不均匀，还会导致产品质量参差不齐。

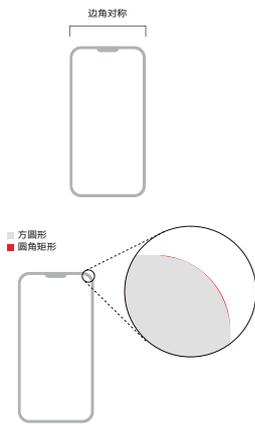
收益率主要受到以下因素的影响：

- 机器人工程师在特定区域的编程CAD与生产CAD不同。
- 外观症状：边角不均，过渡不顺。
- 使用较软的砂纸或抛光轮会导致去除率不均匀。
- 外观症状：抛光痕迹、数控刀具痕迹、分割线或阶梯线、压痕或变色、激光文字颜色不均匀、有光泽的痕迹、锐边、过度抛光。

输入的原型零件有外观缺陷的风险

输入的原型零件总数		10,000
×各部件的单位成本	人民币/美元	¥ 50 / \$ 7
×边角不均的风险（4个边角移动时速度/压力不均匀）	20%	
×过渡不顺的风险（无法与复杂几何形状平滑过渡）	14%	
×3D表面抛光痕迹的风险（点分布不均匀）	17%	
×3D表面上刀具痕迹的风险（机器人路径方向=CNC标记方向）	13%	
×3D表面上出现分割线的风险（区域重叠导致过度抛光/抛光不足）	14%	
×3D表面压痕的风险（变色和激光蚀刻文字颜色不均匀）	10%	
=材料浪费 美元	人民币/美元	¥ 307,737 / \$ 43,651
=浪费的零件数量		6,155

外观缺陷症状 - 简要说明



边角不均

设想一部手机。在四端，有四个角。不正确的编程会导致理想的3D零件投影中的一个角比另一个角大或小。

过渡不顺

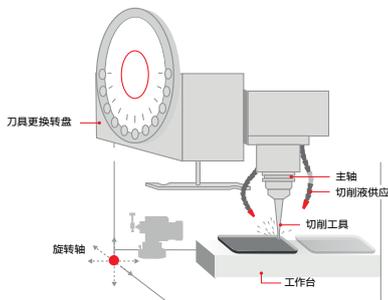
曲线意味着有一个平滑和相同的入口和出口，以完成一个完美的产品设计。然而，这说明运动速度/压力需要在进入时减慢，在退出时加快。进入/退出速度不平衡将导致边角形状与原始预期产品设计不同。



来源: iStock

抛光痕迹

特定区域的过度加工会导致砂轮侵蚀产品表面，从而在金属合金上形成闪亮的反光带。可以想象成飞机轮在跑道上留下的深色轮胎痕迹，其中飞机机轮是抛光耗材，跑道是产品。



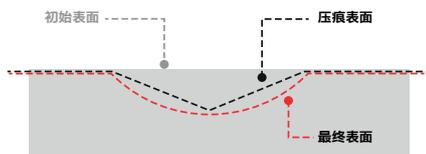
刀具痕迹*

在表面精加工之前，最广泛使用的是CNC加工工具，在表面留下刀具痕迹（与塑料注塑成型的逻辑相同，因为模具自然会产生线条）。为了有效地去除痕迹，理想情况下，打磨运动需要与刀痕成90°角，以模糊表面（想象一下如何给汽车打蜡），但这一次，机器人的移动方向与切割机相同。



分割线

处理3D表面时，在打磨过程中通常会使用较软的泡沫或砂轮。但是，有些区域存在重叠，导致创建重叠线，也称为“分割线或阶梯线”。原因是去除率高于平均水平，这可能会损害整体的外观效果。



变色、压痕或激光文本颜色不均匀

所有电子产品均由灰色金属合金制成，经过喷砂和阳极氧化处理，才能获得最终的产品颜色。如果表面处理不均匀，则会出现颜色不匹配，因为光波会以不同的方式反射，从而破坏整体色彩质量的一致性。

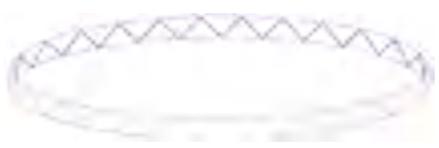
挑战：标准离线编程无法扩展

为了解决这些外观问题，许多工艺工程师知道采用V形或U形运动才是正确的选择，几十年来，手工抛光一直是这样做的。这种方法能够完全覆盖表面积，同时节省周期时间。

步骤1: 根据所需的路径数量定义和创建点



步骤2: 已连接V形线



步骤3: 通过进一步的现场微调，规划3D格式的路径



但是，对于一般工程师来说，编写此类运动轨迹几乎是不可能的任务。尽管许多机器人和软件公司已经推出了离线编程工具，但这些软件仍然面临着两个日益严峻的挑战。

第一个挑战是编程过程仍然高度依赖于零件设计师和机器人程序员的专业输入。处理更复杂零件所需的精度需要专家级的编程技能和对零件的深入了解，这是未经专业培训的人员难以胜任的。此外，精确地表示零件特征可能是一项繁琐的编程任务，需要长时间的沟通和手动编程。即使零件之间有微小差异，也必须重复这项任务。

第二个挑战是，即使在代码设计阶段之后，将虚拟机器人代码转换为物理代码也会产生较大的运动偏差，还需要数小时的连续微调，使整个过程更加枯燥。

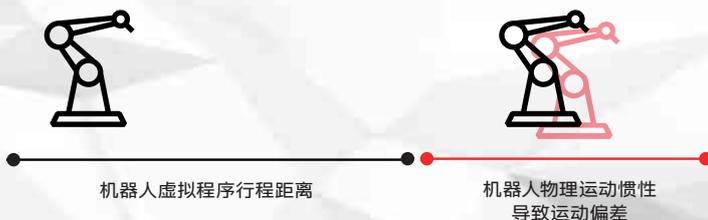
	依赖专家的线下调试
调试时间	240分钟/1次
×需要进一步完善路径的典型程序的时间	20次修改
路径生成所花费的总时间	4800分钟
×2人费用（机械设计师+机器人工程师）	¥ 40,000 / \$ 5,674
=机器人路径编程的成本	¥ 20,000 / \$ 2,837

这会导致工程成本增加，过度依赖专家而削弱组织韧性，同时由于虚拟到实体机器人运动的不一致性，导致更多零件损耗。

市场上机器人离线编程工具的泛滥

挑战1

虚拟机器人和实体机器人的偏差：由于软件缺乏对特定机器人品牌实际运动控制的精确模拟



挑战2

手动示教：通过手动操作，机器人围绕固定部件进行矢量控制，需要将动作和运动序列表示为几何坐标，然后手动输入和记录，由此会产生因手动操作而产生的额外偏差。

示教位置偏移不能在控制器中自动校正



更好的表面覆盖路径

为什么在V形或U形路径上移动更好?

V形或U形的运动轨迹可使整个产品表面的材料去除率均匀分布。历史上,大多数机器人打磨过程中出现的外观缺陷都是由于去除不均匀造成的,这将导致多种外观问题,包括变色(特定区域表面去除不均匀,在阳极氧化过程后尤为明显)、3D几何上的过度抛光或切割痕迹、分割线(砂纸或抛光轮重叠留下的痕迹)、角部不均匀(一个角比另一个角打磨过度)以及角部过渡不平滑导致的切线断裂。

此外,机器人从CNC刀具的初始切割方向移动90°时,可能会增加之前CNC加工部分的公差。

除了改善外观效果外,这种运动方式还有助于缩短周期时间;传统流程需要90秒,而新流程只需要60秒。



	循环工艺	V形工艺
一个周期所需时间	30秒	60秒
轮数	3轮	1轮
总周期时间	90秒	60秒

输入的原型零件有外观缺陷的风险

输入的原型零件总数	10,000	10,000
×各部件的单位成本	¥ 50 / \$ 7	¥ 50 / \$ 7
×边角不均的风险(4个边角移动时速度/压力不均匀)	20%	5% ▼
×过渡不顺的风险(无法与复杂几何形状平滑过渡)	14%	4% ▼
×3D表面抛光痕迹的风险(点分布不均匀)	17%	6% ▼
×3D表面上刀具痕迹的风险(机器人路径方向=CNC标记方向)	13%	3% ▼
×3D表面上出现分割线的风险(区域重叠导致过度抛光/抛光不足)	14%	0% ▼
×3D表面压痕的风险(变色和激光蚀刻文字颜色不均匀)	10%	5% ▼
=材料浪费 美元	¥ 307,737 / \$ 43,651	¥ 105,008 / \$ 14,895
=浪费的零件数量	6,155	2,100

表面覆盖视频



观看视频

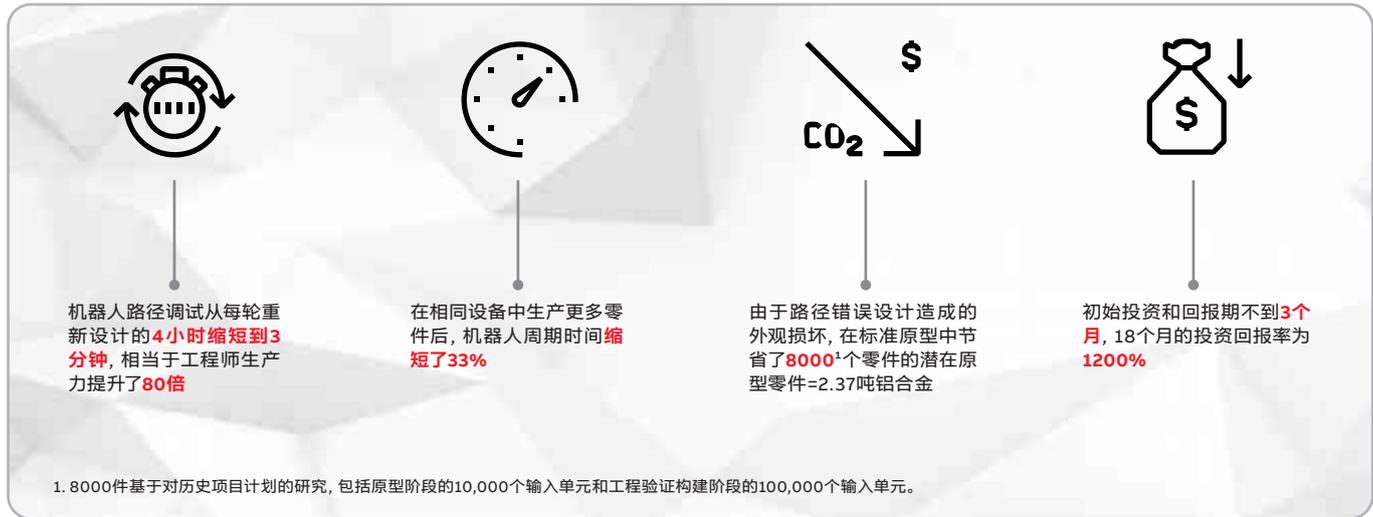
基于CAD自动生成路径

引入 **ABB Machining PowerPac** 使得能够自动生成CAD路径代码，同时精确地模拟实际零件表面。只需按下按钮即可自动完成操作，同时生成精确的3D路径代码，避免了繁琐的打点调试步骤。

CAD 自动生成路径

概览

以下发现来自ABB机器人进行的一项实验，该实验涉及对历史项目计划的研究，包括原型阶段的10,000个输入单元和工程验证构建期间的100,000个输入单元。这些展示了将ABB的Machining PowerPac应用于机器人表面处理的潜在优势。



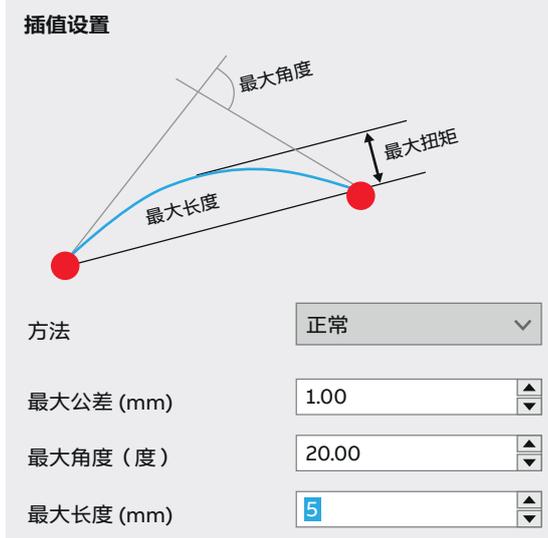
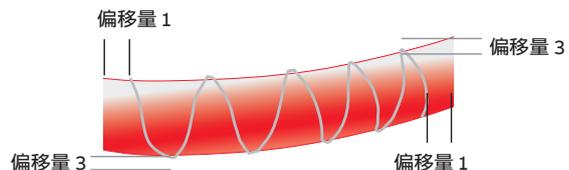
借助Machining PowerPac，机器人工程师现在可以轻松地在现场输入参数、计算路径并进行刀具设置，同时适应产品的独特功能，以提供高质量和一致的表面处理效果。

简化的编程流程不再需要专业知识。只需一键操作，路径就会自动生成并进行模拟。整个调试过程从6小时缩短至3分钟。所需人员数量也减少了。由于不需要机械工程师的参与，现在仅需一名机器人工程师即可完成调试工作。

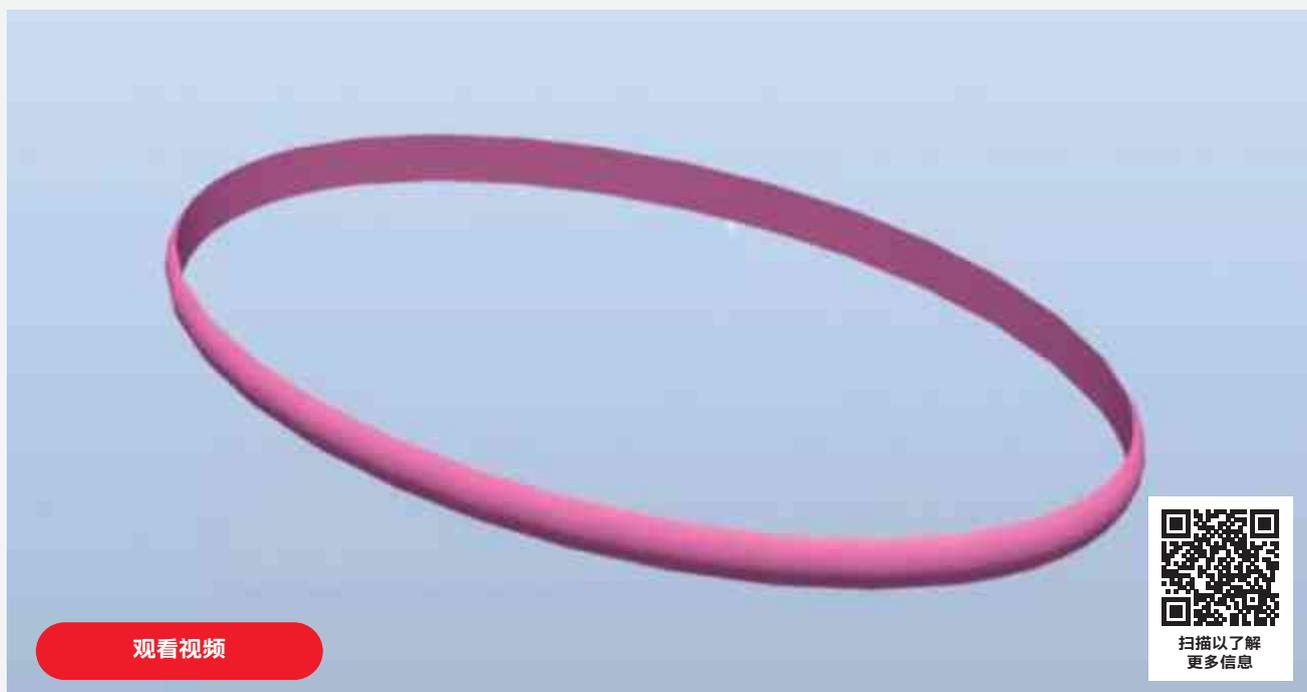
	CAD 路径自动生产
创建新路径所需的时间 (分钟)	3分钟
×进一步完善路径通常需要的次数	10次
路径生成所花费的总时间	30分钟
×1人成本 (机器人工程师)	¥ 20,000 / \$ 2,837
=初始设计成本	¥ 62.50 / \$ 8.9

生成路径的三个步骤

- 1 在Machining PowerPac (MPP)中选择项目表面
- 2 输入偏移量1、偏移量2、偏移量3、偏移量4以定义项目区域
- 3 输入曲线类型 (V、U···)
输入波的数量
输入最大长度以调整点密度



几秒钟内自动生成



数字化赋能的编程

Machining PowerPac

虚拟现实到物理世界的运动精度



运动

优势

该模拟再现了机器人在3D空间中的全范围运动

价值

捕捉机器人系统的典型运动



动态模式

优势

该模拟使用系统上所有作用力的物理模型，再现了机器人在3D空间中的全部运动范围

价值

确保捕捉到机器人系统的所有可能运动，包括边缘情况



99%

ABB机器人的数字到物理运动和逻辑精度水平

8个月内的技术回报

调试时间更短, 参与人员更少

根据产品需求设计所需路径时, 工程团队的周转更快, 降低了整体工程成本。

费用包括:

1年的Machining PowerPac
由ABB或ABB授权服务提供商提供三次系统故障支持服务。

提高良率, 减少零件浪费

通过数字化编程, 原型制作所需的零部件数量减少, 运动精度达到99%。

	ABB MPP技术	现状	净节省
生成机器人路径的总成本	3分钟	6小时	
×标准产品构建中的程序细化轮次	10次	20次	
机器人路径生成所花费的总时间	30	4800	
涉及的工程人员数量	1名机器人工程师	1台机器人+1台机械	
×人员成本 (机械设计工程师+机器人工程师)	¥ 20,000 / \$ 2,837	¥ 40,000 / \$ 5,674	
=初始设计成本	¥ 62.50 / \$ 8.9	¥ 20,000 / \$ 2,837	¥ 19,937 / \$ 2,828
输入的原型零件有外观缺陷的风险			
产品原型投入生产线	1万个零件	1万个零件	
×各部件的单位成本	¥ 50 / \$ 7	¥ 50 / \$ 7	
×边角不均的风险 (4个边角移动时速度/压力不均匀)	5%	20%	
×过渡不顺的风险 (无法与复杂几何形状平滑过渡)	4%	14%	
×3D表面抛光痕迹的风险 (点分布不均匀)	6%	17%	
×3D表面上刀具痕迹的风险 (机器人路径方向=CNC标记方向)	3%	13%	
×3D表面上出现分割线的风险 (区域重叠导致过度抛光/抛光不足)	0%	14%	
×3D表面压痕的风险 (变色和激光蚀刻文字颜色不均匀)	5%	10%	
=材料浪费 美元	¥ 105,008 / \$ 14,895	¥ 307,737 / \$ 43,651	¥ 202,728 / \$ 28,756
=浪费的零件数量	2,100个零件	6,155个零件	4,055
输入的工程验证测试零件	10万个零件	10万个零件	
×各部件的单位成本	¥ 50 / \$ 7	¥ 50 / \$ 7	
×边角不均的风险 (3D路径投影偏移错位)	1%	3%	
×过渡不顺的风险 (无法处理复杂的几何形状)	1%	8%	
×3D表面抛光痕迹的风险 (机器人路径=与CNC标记相同)	1%	4%	
×3D表面切割痕迹的风险 (去除不均匀)	1%	3%	
×3D表面压痕的风险 (变色和激光蚀刻文字颜色不均匀)	1%	3%	
=材料浪费 美元	¥ 245,050 / \$ 34,759	¥ 969,636 / \$ 137,537	¥ 724,586 / \$ 102,778
=浪费的零件数量	4,901	19,393	14,492
总回报			
总费用			¥ 70,000 / \$ 9,929
总节省			¥ 947,252 / \$ 134,362
净节省			¥ 877,252 / \$ 124,433
投资回报			1253%

根据对历史项目计划进行的一项研究计算得出包括原型阶段的10,000个输入单元和工程验证构建阶段的100,000个输入单元。

自动化实现表面精加工的全新方法

下表对不同技术的解决方案进行了比较, 旨在帮助您在开展下一个项目计划时选择最适合的方案:

	示教点位	离线编程	ABB Machining PowerPac
所需工程技能	中	高	低
适应新部件所需的时间	小时	小时	分钟
能否遵循工业设计偏好	是	否	是
质量一致性	否	否	是
处理零件可变性的能力	无	无	是
处理大型或复杂零件的能力	手动	手动	自动
持续扩大生产规模的能力	无	无	自动

摘要

正如白皮书所述，机器人自动化为提升组件打磨工艺的效率和成本效益提供了巨大的潜力。从提高质量和精度到提高生产性能和运营效率，机器人自动化为推动电子制造业的竞争力和成功提供了一种已经验证的解决方案。

尤其是机器人所提供的灵活性，可以帮助实现适应性强、响应迅速的生产线，能够快速应对从新产品到订单模式转变方面不断变化的客户需求。

此外，通过确保产品首次制造即准确无误，机器人在减少浪费方面发挥着至关重要的作用。通过最大限度地减少产品不合格或返工的需要，机器人能够显著提升生产性能，从而提高可持续性和优化能源使用开辟了新机会。

迈向下一步

正如本文导言中强调的那样，在选择和实施机器人解决方案时，需要综合考虑许多因素。因此，我们不仅需要明确目标，还需要了解机器人如何协助提升现有的配置，包括生产设备和劳动力。

ABB在为各种工业应用设计、制造和提供机器人方面拥有50多年的经验，能够帮助您为打磨应用选择最佳机器人解决方案。

如需了解更多信息，请联系您当地的ABB代表

[在这里查询](#)



了解更多关于表面精加工解决方案的信息

[了解更多信息](#)



了解更多关于我们的电子制造产品和解决方案

[访问网站](#)





—
ABB机器人

如需获取您当地的ABB联系人信息, 请访问:

www.abb.com/contacts

如需获取更多产品信息, 请访问:

www.abb.com/robotics