

工业机器人离线编程——自动防碰撞路径规划

点击即走

截至目前，机器人运动编程一直是一项繁琐的手工任务，需要使用高级技能。ABB 新推出的 RobotStudio® 自动路径规划将从根本上改变这一模式。该工具将离线机器人运动编程简化为几次点击，且在几个领域内产生的运动甚至优于机器人专家所开发的运动。简言之，机器人现在接受到运动命令后，可以自由将命令转化为与其能力和环境要求最契合的运动。



—
Nima Enayati
Arne Wahrburg
 ABB 集团研究中心
 德国拉登堡

nima.enayati@
 de.abb.com
 arne.wahrburg@
 de.abb.com

Mikael Norrlof
Mattias Björkman
Morten Akerblad
 ABB 机器人与离散自动化
 事业部
 瑞典韦斯特罗斯

mikael.norrlof@
 se.abb.com
 mattias.bjorkman@
 se.abb.com
 morten.akerblad@
 se.abb.com

Magnus Seger
 ABB 机器人与离散自动化
 事业部
 瑞典歌德堡

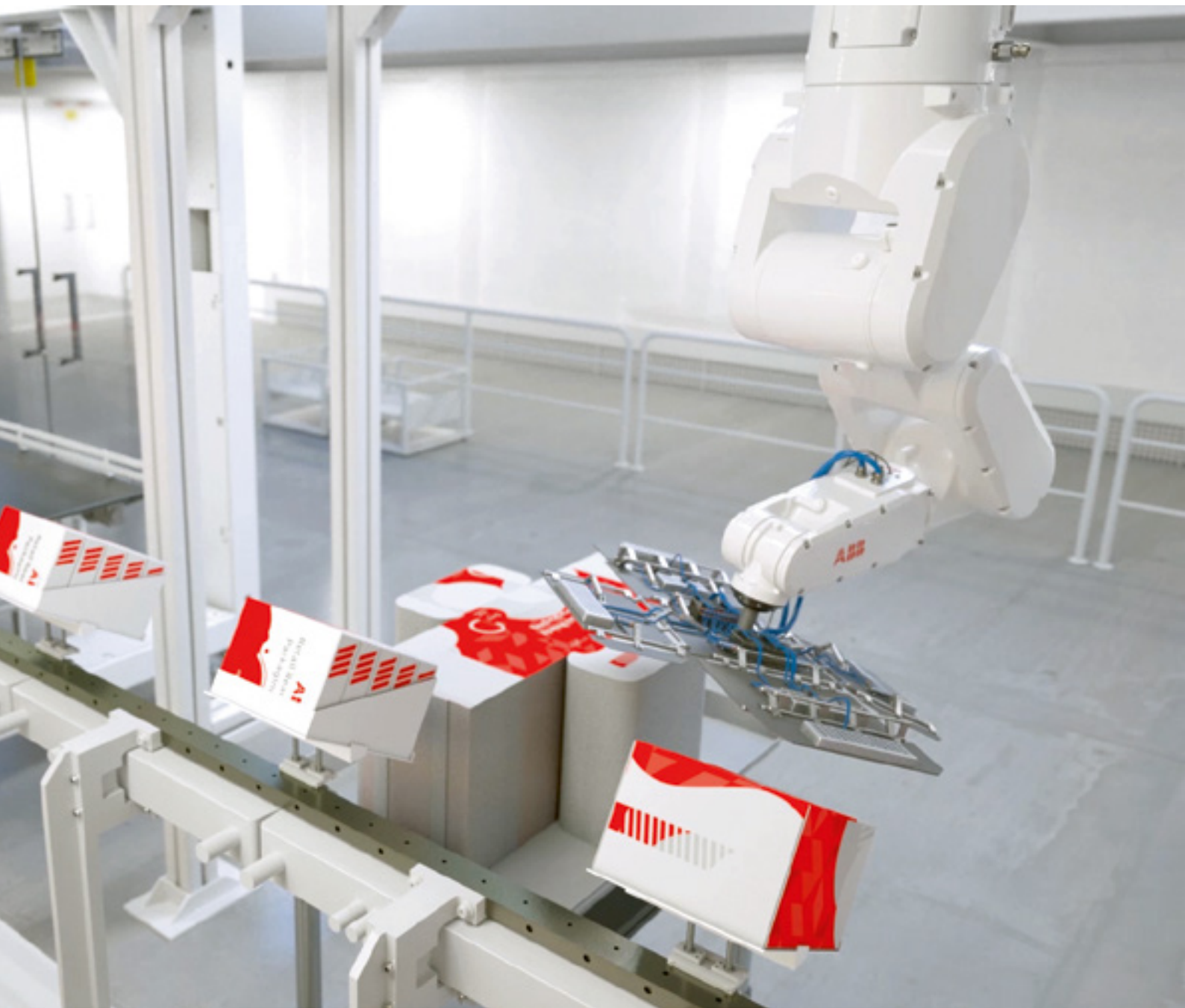
magnus.seger@
 se.abb.com

几十年前，当人们开始在模仿机器人的动作跳舞时，他们僵硬而突然的动作被认为是对机器人运动规划技术现状的讽刺。但直到今天，这种运动仍远远不能准确地反映最新技术。然而，由于机器人编程困难且耗时，低效机器人程序仍然普遍存在。即使是专业的机器人程序员也可能生成并不理想的程序。原因在于，关节机器人生活在不同的数学空间（由六个维度控制的所谓关节空间），而非我们所在的 3D 空间。

实际上，这意味着人类认为两点之间的最短路径在转化为机器人关节活动器的等效路径

—
 关节机器人生活在一个由六个维度控制的所谓关节空间，而非我们所在的 3D 空间。

时截然不同。此外，手动优化机器人一举一动的想法可能并不能确保企业资源得到最佳利用——这一因素对于可能缺乏先进机器人知识的小公司的影响尤为突出。考虑到上述趋势，现在是时候让机器人自行编程，打开新世界的大门了。简而言之，用户只需向机器人下达命令，而不必操心机器人如何将这些命令转化为特定的单个动作。



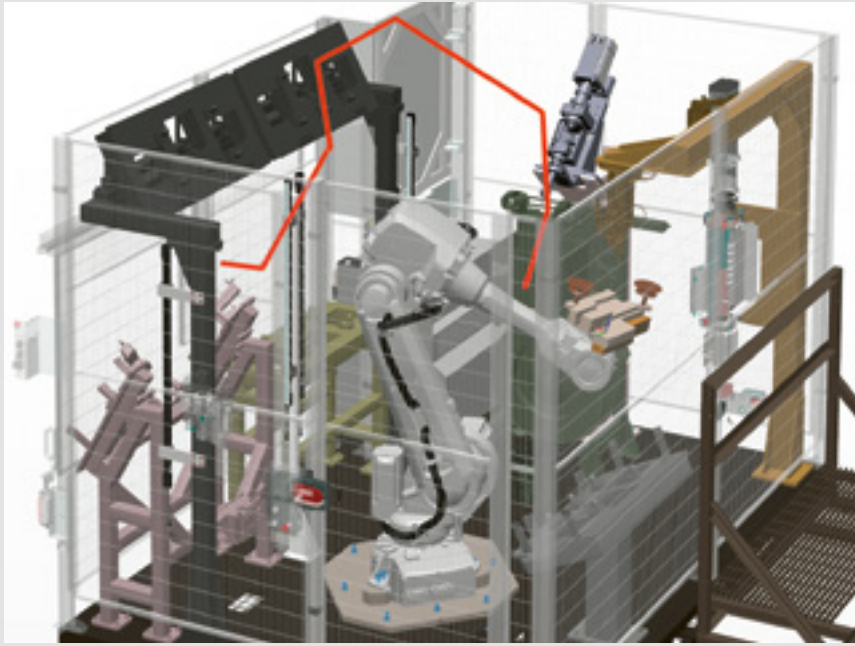
任务运动和迁移运动

典型的工业机器人程序可以分为任务相关运动和迁移运动。前者包括焊接、胶合、打磨和拧紧螺钉等任务，其中机器人路径很大程度上由任务决定。在大多数迁移运动和一些任务相关运动（如材料处理）中，机器人路径通常无需遵循预定义的几何路径，而用户只关注机器人是否能以及时有效的方式从工作间的一个部位行进到另一个部位。要对起点和目标之间迁移运动进行编程，机器人程序员要以迭代的方式添加途径点，并检查机器人及其附件在路径途中不会与环境和其他机器人发生碰撞。同时，程序员往往会试图在合理范

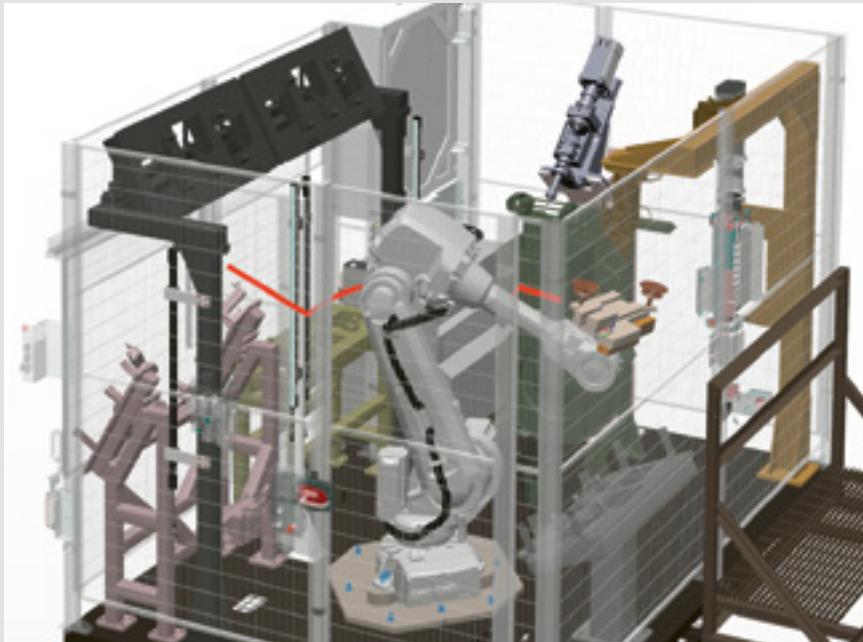
围内缩短路径距离，进而缩短运动持续时间。最后，机器人必须能够到达途径点。尽管这乍一听显得微不足道，但任何曾花

——
给机器人自行编程让路，打开新世界的大门，现在正当其时。

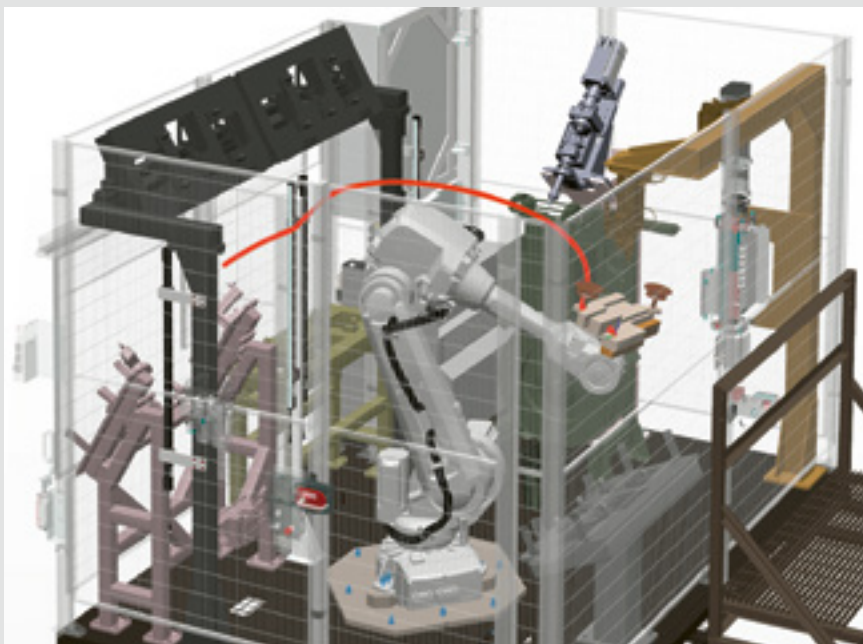
费精力给机器人编程的人都可能面临以下情况，即由于关节限制或相关的所谓运动学奇异点，导致机器人无法遵循期望路径。



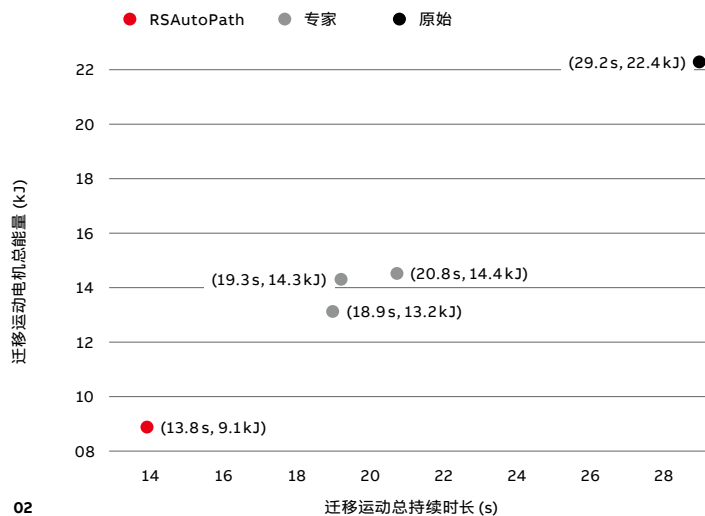
01a



01b



01c



—
01 机器人迁移路径对比。运动持续时长分别为：5.95s、3.48s 和 2.99s。

01a 原始程序。

01b 专家编程。

01c RobotStudio 自动路径规划。

—
02 - 程序、专家和 RobotStudio 自动路径规划器实现的总迁移运动的持续时间和消耗的电机能量方面的运动性能对比。每个点代表一个参与者。

随着成本节约措施的实施，机器人单元尺寸不断缩小，编程无碰撞、可到达和高效的迁移运动变得更加具有挑战性且耗时。有鉴于此，凭借 ABB RobotStudio 最近推出的无碰撞路径规划功能，程序员只需简单地选择开始和目标以及机器人速度，并单击“创建”按钮，几秒即可生成高效路径。除了将编程时间从数分钟缩短至几秒钟之外，生成的路径还具有以下优点：

- 由 ABB RAPID Move 命令生成，可轻松集成到 ABB RAPID 程序中。
- 无论障碍物或机器人附件的尺寸或形状如何，标称路径都可保证不发生碰撞。
- 得益于其针对机器人的关节空间进行了优化，因此路径非常短。
- 路径很短，可有效节能。
- 保证可以到达，没有奇异点。
- 就机器人的关节空间而言，路径非常平滑，有助于改善运动持续时间，降低能耗，减少机器人机械的应力。

上述最后一个优点依靠无碰撞路径规划器的自动区域参数化功能而实现。换言之，如果机器人不用被迫在每个途径点停歇，而是抄近路，那就可以更快地穿过其运动路径。近路由给定目标的区域参数定义，例如，可指定机器人的工具中心点 (TCP) 可偏离目标的最大距离。区域参数越大，路径就越短越平滑。

然而，用户往往需要反复试验，才能找到足够大但不会导致碰撞的区域参数。此

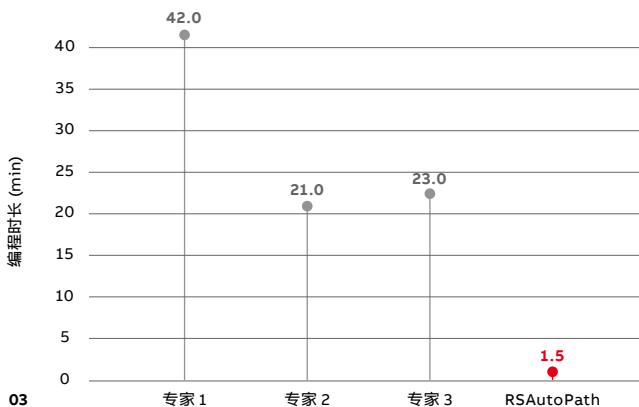
外，必须针对所有途径点执行此操作。这一过程极为繁琐，通常会导致用户为路径中的所有途径点选择一个较小区的域，从而给预期运动的性能和平滑度带来了不必要的限制。RobotStudio 的自动路径规划完全实现了自动化，在生成路径时可最大限

—
ABB RobotStudio 的路径规划功能将编程时间从数分钟缩短至几秒钟。

度地保障防碰撞区域的数量和空间大小。此外，通过为任何给定的起始目标选择多个目标，可以进一步简化编程。在这种情况下，在 RobotStudio 中单击一次将导致多个无冲突路径。

专家对比机器人

尽管毫无疑问，自动路径规划降低了许多小型公司的准入门槛，节省了编程时间，但潜在用户可能会想，自动生成的运动的性能是否能与专家编程的运动的性能相媲美。有鉴于此，ABB 最近进行了一项用户研究[1]，将 RobotStudio 路径规划器生成的迁移运动的性能与机器人程序员在实际机器人站开发的运动的性能进行了比较。



03 专家编程时长与 RobotStudio 自动路径规划时长对比 (单位: 分钟)。

用户研究侧重于来自汽车行业的机器人涂胶工作间。该工作间布局紧凑，导致机器人零碰撞动作编程变得十分复杂。机器人的任务分为五个与任务相关的动作（拾取、放置、清洁和胶合）和六个迁移动作。在删除了原始程序后，我们选出用

在 ABB 的一项研究中，RobotStudio 在运动持续时间和消耗的电机能量方面均优于专家编程的表现。

于研究的 RobotStudio 工作站，将其发送给了三名 RobotStudio 程序员，他们在机器人仿真方面拥有长达 23 年的经验。

结果

我们向专家提供了书面指导，便于其对目标对的迁移运动进行编程，同时努力优化程序，延长整体运动持续时间，最大限度降低能耗。此外，还要求他们记录从打开工作站到完成编程耗费的时间。

→01 分别显示了原始程序、专家编程、以及 RobotStudio 的路径规划运动。红线表示机器人的 TCP 路径。不出所料，专家路径和自动路径明显比原始程序路径短，原始路径、专家路径和 RobotStudio 路径的运动持续时长分别为 5.95s、3.48s 和



04

2.99s。但有意思的是，尽管专家路径在长度方面似乎略胜一筹，但 RobotStudio 路径的运动速度更快。RobotStudio 路径的平滑度在图中也十分明显。

→02 结合全部六个迁移动作中的表现，综合考虑到了运动持续时间以及预估消耗的能量，描述了每个用户的总体性能。如图所示，RobotStudio 自动路径规划在上述两个类别中都优于包括三位专家在内的所有用户，且优势极为明显。请注意，所有路径都使用相同的速度参数进行编程。

尽管运动持续时间通常是机器人应用的主要性能指标，但能效的重要性正与日俱增。然而，当涉及手动编程时，无法应用系统方法来优化运动产生的能耗，速度固定时更是如此。这就是 RobotStudio 类似的运动规划算法的独特价值之所在。



—
4 RobotStudio 的自动路径规划让新手用户也能生成高效的机器人运动程序。

当然，如果专家花更多的精力来优化程序，那有可能获得更出色的性能。但，如→03所示，这些努力的结果却被 RobotStudio 自动路径规划系统的光芒所掩盖，用户使用该系统后能在几乎不值一提的 1.5 分钟内完成任务，而专家最快也需要 21 分钟。

RobotStudio 自动编程所需的 1.5 分钟包括将路径转换为 RAPID 并使其与控制器实

一个机器人运动性能无与伦比、简单易用且自主能力迈上新台阶的全新时代已悄然开启。

—
参考文献

[1]ABB 内部研究。如需更多信息，请联系我们。

现同步所需的时间（每条路径的路径生成计算耗时不到一秒）。因此，可以说，专

家通常能够依赖 RobotStudio 自动路径规划来进行迁移运动规则，腾出精力来优化特殊情况，例如自动路径规划无法找到解决方案的情况。

尽管本文只研究了一个机器人站和少数用户，但研究结果表明，ABB RobotStudio 的自动路径规划这款独特的产品具有巨大的潜力，其可让新手用户生成高效的机器人运动程序，为专家节省大量编程工作量，并减少机器人工作间运行时产生的 CO₂ 排放量→04。这只是机器人运动性能无与伦比、简单易用且自主能力迈上新台阶的全新时代的开端。•