

---

# 装上它，机器人仅凭“手感”就能判断番茄成熟度

作者：writer 来源：科学网

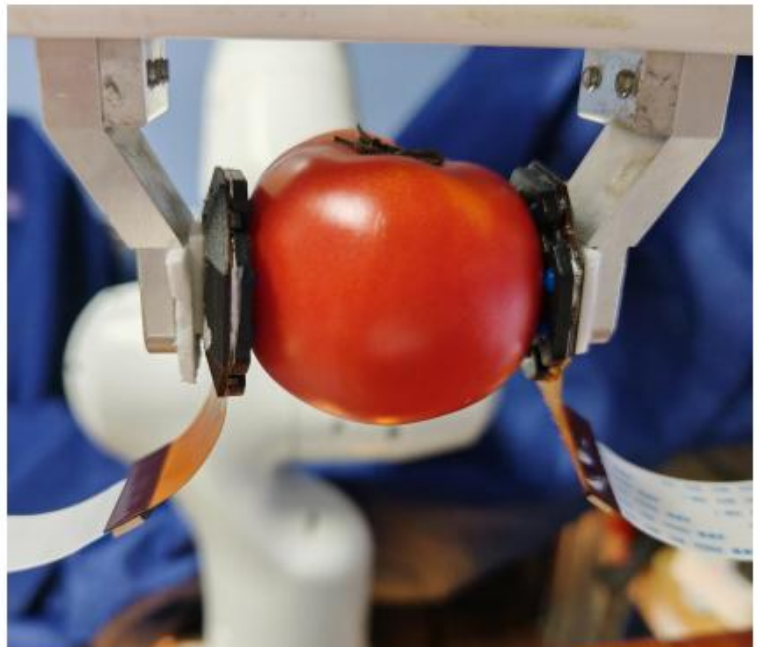
本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/37538.html>

*本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！*

## 装上它，机器人仅凭“手感”就能判断番茄成熟度

。不用看、只用摸，仅凭“手感”，就能判断一颗番茄的成熟度。现在，机械手正在习得这种人类经验。它所依赖的，是一款特制的“电子皮肤”。近日，中国科学院自动化研究所（以下简称自动化所）研究员程龙团队研发了一款“触觉—接近觉”双模光电传感器，并提出一套通用的“接近—触觉伺服控制框架”，为下一代机器人提供了这种“皮肤感知”能力。

近日，相关工作以“一种触觉—接近双模光电传感器的实现及应用”（A Tactile-Proximity Dual-Mode Photoelectric Sensor: Implementation and Applications）为题，在线发表于IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS期刊。



触觉-接近觉双模光电传感器展示。自动化所供图

在人机交互和智能操作任务中，触觉与接近觉（非接触式感知）至关重要。机器人不仅需要“能看”，更需要“可摸”和“可感”。然而，目前大部分机器人传感器只能实现“碰到才知”（纯触觉），或者只能“远远看着”（纯接近觉）。有些双模传感器虽然试图兼顾两者，却常常面临

---

体积庞大、易受环境干扰、不同感知模式互相串扰等问题。更进一步地，很多设计无法在同一个器件内独立、稳定地运行两种感知模式，导致机器人在复杂任务中“手忙脚乱”。

为解决这些难题，自动化所团队另辟蹊径，全部采用光电原理研发了该款触觉—接近觉双模光电传感器，通过两种不同结构实现双模感知。其中，触觉靠“可变光路”，即外力使柔性盖板下压，遮挡红外光路，光强变化转化为压力信号；接近觉靠“表面反光”，发射红外光并接收物体反射光，通过光强判断距离和表面属性（如颜色、光滑度）。两种感知模式互不干扰，可以同时有序运行。

并且，这款光电传感器灵敏度高（最高达1.12 V/N），稳定性好（8000次按压漂移小于1%），结构轻薄（厚度仅4 mm），可轻松安装在机械臂末端或夹爪上。

为了让机器人用好该传感器，研究团队还基于多种触觉特征与接近特征，首次提出“接近—触觉伺服控制框架”，让机器人能灵活切换纯触觉、纯接近觉、双觉混合三种模式。

有了这款传感器以及伺服控制框架，团队开展了机器人仅凭“手感”对番茄成熟度判断的实验。实验中，研究人员将两个双模传感器分别嵌入Franka机械臂夹爪的两侧。当机械臂缓缓闭合抓取番茄时，整个过程被划分为两个阶段。

一是接近阶段（非接触），在夹爪尚未触碰到番茄时，传感器通过红外光的表面反射强度，实时感知果皮的颜色深浅、光滑度与曲率。反射信号越强，表示番茄表皮更红、更亮，反射信号弱，则表示番茄偏绿或偏硬。此外，它还能根据中心与边缘传感器的反射差异，判断果形的圆润度。

第二阶段为接触阶段（轻触抓取）。当夹爪与番茄接触时，柔性盖板受压变形，触觉单元立即记录压力分布图。熟透的番茄质地柔软，受压后接触面积大、压力分散均匀；而生番茄则坚硬紧实，压力集中在少数几个点上，分布更集中、峰值更高。

基于两阶段采集的时序多模态数据，团队设计了一个名为TPNet的深度学习模型，输出四类成熟度判断：未熟、半熟、成熟、过熟。实验结果显示，该模型的成功率达到94.4%。此外，系统还能捕捉番茄两侧成熟度不一致的罕见情况（即“阴阳果”），进一步提升了判断的鲁棒性。

相关论文信息：

DOI: 10.1109/TRO.2025.362978

<https://ieeexplore.ieee.org/document/11230867>

作者：赵广立 来源：中国科学报

---

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发