

从颠乒乓球到攻克行业难题

上理工学子用智能平衡系统验证无限可能

在上海理工大学，一台以毫秒级速度颠动乒乓球的机器人，正在为医疗设备、船舶平台等复杂动态环境中的稳定性挑战提供全新解法。这个看似“玩球”的作品，其实是面向多应用场景的高动态低延时智能平衡系统，由一个本科生团队自主研发，并在第十九届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛中获评特等奖。

团队以跨学科协作攻克算法优化与感知融合难题，让智能设备在高速运动中依旧能稳得住、接得准，展现出青年科创力量为解决实际问题而来的初心与担当。

青年报记者 陈泳均

一场科创实验

验证平衡控制的最佳场景

“颠球机器人”带来的惊艳背后，是对动态环境下设备稳定性难题的直接回应。医疗手术中设备稍有颤动即可影响精度，船舶平台在风浪干扰下难以稳定作业，为此，一项具备强抗干扰能力的平衡控制技术尤为关键。让设备仿佛拥有“人手般”的稳定，是团队从一开始就确立的目标。项目灵感源自一场前沿技术峰会。“会上提到机器人步行、手术机器人等平衡控制领域的前沿方向”，让团队学生负责人王瀚深受启发，在和导师的讨论中，他们决定做一个能验证算法的项目。

真正让“平衡控制”与“乒乓球”产生联结的，是团队指导老师的特殊经历，这位前专业乒乓球运动员，他提出的动作节奏和状态控制经验启发了学生，“老师说‘打球讲究眼快、手快、判断准’，于是我们想到，能不能让机器人完成这种既需要节奏，又考验高动态平衡的动作？”

研发团队中成员多半不会打球，反而能跳出惯性思维，用纯算法与工控逻辑优化动作。250帧高精度相机捕捉轨迹、12位压感测片感知触点，多传感器融合算法实现毫秒级响应——机械臂看到球、伸出手，比人类更快。当视频发布网络时，评论区有人惊叹“比我还稳”，这让团队首次意识到项目背后潜藏的技术价值。

“我们成员里会打乒乓球的没几个，我甚至完全不会打。”王瀚笑着说。这种跨领域的组合反而成了优势：跳出惯性思维，用纯粹的算法思维优化机械动作。团队研发的颠球机器人并非人形机器人，没有复杂的躯干与头部设计，而是通过球关节式并联机构和算法强化学习，在毫秒级别完成姿态变换。

出乎意料的是，当第一代颠球机器人的视频发布到网上时收获了大量关注。评论里有人说“这机器比我打球还稳”，也有人问“能不能用到其他领域”。这些反馈让王瀚和队友意识到，这个看似好玩的项目，背后藏着巨大的技术价值。

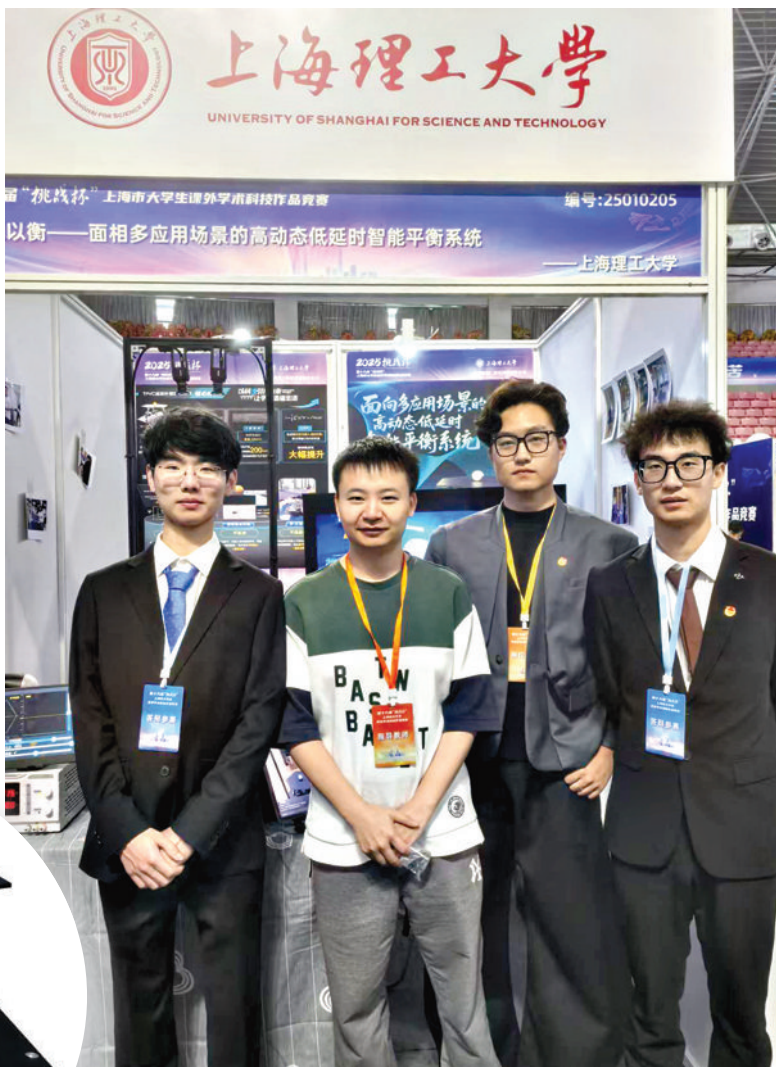
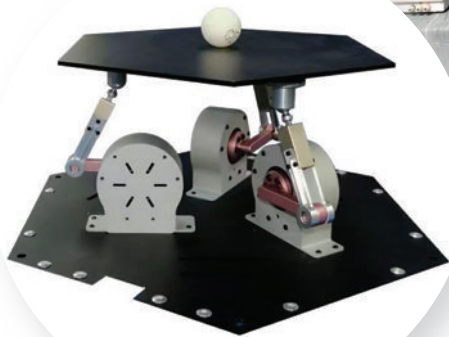
于是，他们继续深入打磨核心技术，自主研发出了TPVC运动补偿控制技术与高速双目视觉系统，250帧的高精度相机像眼睛一样捕捉小球轨迹，12位压感测片实时捕捉小球位置和运动轨迹，数据经多传感器融合算法处理后，毫秒内就能下达指令给双编码器一体式伺服电机，让机械臂调整姿态。“从捕捉到响应，整个过程像人类‘看到球、伸出手’一样自然，但速度是人类的好几倍。”王瀚解释道。

两次关键突破

从手动调参到机器“自己学习”

技术攻坚的道路并不轻松。项目之初，团队采用手动调参方式，每天上百次试验却收效甚微，小球要么弹飞，要么掉地。有天晚上，队友说：“能不能让机器自己学？”这个想法让大家眼前一亮。他们通过Isaac Gym部署虚拟机器人，通过深度强化学习算法，让机器人获得“学习能力”。

王瀚记得，“那段时间我们每天长时间在实验室研发和测试，深夜还在看虚拟机器人的训练数据。”王瀚说，最激动的时刻是第一次将仿真训练的策略迁移到真实机器人上：机械臂先是稳稳地颠了一下，接着又稳稳接住第二下、第三下……最终让机器人在真实环境中具备非常快的反应速度和稳定性。“那一刻，我们一起拍手欢呼、击掌，那个场景我至今难忘。”正是这次突破，让机器人拥有了自主学习的能力，不再依赖人工调试，适应不同场景



▲团队合照。
▲颠球机器人。

本版均为受访者供图

的速度也快了很多。另一个难点在于感知能力：如何实现“一键停球”？这需要机器精准感知球的速度、力度变化，不然球要么弹飞，要么直接掉地上。王瀚和队友盯着算法寻找突破口，发现关键在于多传感器融合算法，他们连夜修改代码，通过代码将视觉、压力、电流等多模态数据融合，让机器人能“感知”小球的细微变化。当王瀚按下启动键，机械臂颠球几秒后，轻收臂端，让乒乓球实现了精准停留。“那一刻，我们觉得机器真的‘活’了，它能感知到球的细微变化，还能配合完成复杂动作。”

坚持贯穿着整个研发过程。最初，团队只有王瀚和另外两名队友，缺人，也缺设备。王瀚回忆道，“最开始没有3D打印机，哪怕只是一个螺丝孔位置画错或者需要调整，都可能要重新加工，验证，往往一等就是一周。”改变始于实验室购入的第

一台3D打印机。“有了它，我们当天设计零件，当天就能打印出来测试，大大加快迭代速度。”王瀚说，也是从那时起，他们开始在学校里“招兵买马”，在机器人社做技术分享，在科创竞赛中寻找队友，甚至在社交媒体上发布项目进展，吸引有共同兴趣的同学加入。“我们不看专业背景，只要对‘用科技解决问题’有热情就行。”

青年团队成长 用技术解决实际问题

如今，团队已壮大至包括机械自动化、产品设计、生物医学工程等专业的13名成员。团队里，有擅长机械设计同学，有精通算法的同学，还有懂产品设计的同学，跨学科的碰撞常常能擦出意想不到的火花。

随着团队壮大，项目也从“颠球机器人”拓展到更广阔的领域。在医疗领域，他们将平衡控制技术迁移到精密医疗设备上，提升设备在动态环境下的稳定性；在船舶领域，他们利用系统的抗干扰能力，帮助

船上平台在晃动中保持平稳作业。“这些拓展的核心，其实都是我们在颠球机器人上验证过的算法。”王瀚说，参加“挑战杯”让团队真正明白，科创不是做酷炫的机器，而是用技术解决实际问题。回望三年科创路，让王瀚难忘的不仅有拿奖的时刻，还有无数个深夜里，团队成员围在实验台前，一起啃面包、改代码、调机器的日子。“当‘挑战杯’的评委和专家们指出我们的技术可以在医疗、工业、国防等多个领域解决实际问题时，我们深受鼓舞。”王瀚说，这段经历让他明白，科创报国不是一句口号，而是要像打磨算法一样，一步一个脚印，把青春的热爱变成解决实际问题的能力。如今，团队的智能平衡系统还在不断优化，他们的目标是让技术走进更多领域，用年轻人的创新，为国家的科技发展贡献一份力量。“我们从‘做一个酷炫的机器人’的初心，升华为‘用科技创新服务社会’的使命感。”王瀚的眼中，闪烁着属于科创青年的坚定与光芒。