

浙江大学求是特聘教授熊蓉,与机器人打交道25年——一位女科学家的“相对稳态”

■ 本报记者 周林怡 林晓晖
通讯员 王禹

见到熊蓉是在浙江人形机器人创新中心,一间名叫“桑尼”的会议室里。眼前这位女科学家说话轻声细语,会在聊起科幻电影时眼睛倏然亮起,“电影《我,机器人》里的‘桑尼’,是我理想中机器人的终极形态。”也会有些难为情地坦言自己不擅长体育运动,“我可没机器人那么能打——我体育差得很。”这一切,都很难让人把她和叱咤国际赛场的“机器人足球女教头”联系起来。

熊蓉和机器人结缘已有25年。2000年,她带着仅有的3个学生在浙江大学“从零起步”,从研制出浙大第一代足球机器人,到率队在世界机器人大赛上捧起冠军奖杯。此后,她又率先转向机器人的落地应用领域,团队最新产品“领航者2号”人形机器人,通用高精度操作能力达到全球领先水平。

人形机器人,作为一个高度不稳定的系统,需要通过平衡控制找到一种“相对稳态”。这正如熊蓉的科学旅程,在冒险与试错之间,在周遭的热闹与原始的追寻之间,始终保持着内心的“相对稳态”。

冒险,不过是把“不可能”拆成“下一步”

在熊蓉的人生里,有很多“一冲动就去了”的决定。

初中的时候,熊蓉路过县里办的计算机培训班,因为“觉得好玩”,就去上了一暑假的编程课,对着闪烁的绿屏和计算机下象棋;高考填报志愿,因为想知道“机器怎么思考”,毫不犹豫地勾选了当时还远算不上热门的浙大计算机系。

2000年,28岁的熊蓉投身机器人研发——这是最冲动的一次。

那时候,刚刚硕士毕业的熊蓉只是浙大工业控制技术国家重点实验室里一名普通的实验室老师。维护服务器、整理编写资料,设计实验室网页,是她最主要的日常工作。

当时,中国的机器人领域还是一片空白,“研发的机器人甚至都走不了直线”。熊蓉所在的实验室计划从零开始探索机器人研发。毫无疑问,是一件极其冒险的事情。

“国内外一些高校开始举办机器人竞赛。机器人,你感兴趣吗,试试?”实验室主任问她。

“我几乎是想都没想就答应了。”熊蓉说。

计算机专业出身的她,对机电控制知识并不了解。但那些国外模糊的比赛录像里,金属小人追逐小球的姿态,却像细小的火苗“烫”了她一下。

熊蓉决定从机器人竞赛着手开展研究。她“广发英雄帖”,最终和招来的3名学生,组成了浙大机器人“初创团队”。

很快,他们就迎来了第一次大赛挑战:机器人足球国际赛事RoboCup。看似玩闹的机器人足球对抗,实则是机器人动态环境感知、多机协作、实时决策等核心技术的综合较量。

没有任何参赛经历,但团队有一股初生牛犊的闯劲。大三学生董霖主要负责机器人的硬件开发。最难的是,电路要能够支撑高功率输出,确保极低的通信时延,还要扛住机器人在绿茵场上急停急转的剧烈震动对于电路的扰动……

探索一个未知的领域,会紧张、烦恼,也有被全新知识灌溉的充盈、振奋。这让每个人感受到神经被挑动——也正是科学冒险的奇妙之处。

那段日子几乎是“参赛—复盘—优化”的循环。性格温和的熊蓉,骨子里却干脆、坚韧,她不惧失败和从头再来,哪怕是一个微小零件都经历过反复改良。董霖打趣,自己记不清焊了多少张板子,实验室里弥漫着焊接的焦糊味……

多年过去,董霖已成长为科技公司的技术骨干。当时研发过程的艰辛也已被时间柔化,但他一直记得在团队里体验到的那份新鲜、纯粹的快乐。

在他的印象里,熊老师的团队既像一家“创业公司”——这个领域鲜有前人经验,每一步全凭自己摸索;又像一个“兴趣小组”——每个人不为名利,只靠单纯的“喜欢”和“好奇”凑到了一起。

2003年冬天,一个直径18cm、高度15cm的银色圆柱形机器人,装着手工打磨的全向轮,头顶一枚小小的摄像头,站在了铺着绿色绒布的模拟球场上——浙大第一代RoboCup足球机器人,也是中国最早的RoboCup小型足球机器人雏形。

团队并没有满足于此。在对足球机器人精益求精的同时,熊蓉萌发了更大



熊蓉。

受访者供图

胆的想象。“我们当时就想,要让机器人更灵活地动起来!”如今再次回忆,她的语调还是会突然上扬。

从2007年开始,历时4年多的研制,最终,身高1.6米的机器人“悟”与“空”亮相,这次的绝活是打乒乓。身躯采用高强度轻质材料和加工工艺,全身有30个关节,仅手臂就能做7个自由度的运动。当铝合金手臂以2.5m/s的速度接发球时,银色头颅随球转动——它们是当时世界上首个宣布研制成功的、具有快速连续反应能力的仿人机器人。

所谓冒险,不过是把“不可能”拆成“下一步”。

“1996年的时候,研究者就在想,要有一支机器人的队伍能够成为战胜人类的足球冠军,这个想法到现在也没有实现,对吧?”熊蓉眼神清亮,“所以,我们为什么要惧怕设下遥不可及的目标呢?”

要做“顶天立地”的东西

从许多层面而言,熊蓉的经历很符合成功学叙事。但她一开口,却掠过人们习惯于聚焦的高光时刻,主动讲起“丢脸”的经历。

回到2001年,刚刚投入机器人研究的她,率队参加全国大学生机器人竞赛。没经验的老师带着同样没经验的本科生,就这样埋头苦干10个月,做出一台投球机器人。到了赛场,意外发现其他队伍的机器人都跑得挺快,团队不甘心地连夜修改算法,调试减速器传动比,“当时心里的唯一念头就是要快,稳定性都顾不上了。”

结果,机器人失控疯跑,二次调试失败,自信全线垮塌。“准备了快一年,1分钟全毁,队里的女生都哭了。”熊蓉说。第二天,有同事来关心,她还没说出一个字,眼泪就先涌出来。

这样的低谷持续没超过一周。啃下难题,是熊蓉坚持做下去的动力。她的身上总有一种韧劲,遇到问题,焦虑、眼泪没有用,继续干就完了。

那次比赛后,熊蓉认真总结了教训:机器人是一个复杂的系统,要把整个系统打造好,需要有全栈的技术。为此,她一边加强机器人驱动和控制方面的知识,一边将视野对准未来机器人发展需要解决的开放场景下机器人自主智能问题。2004年,她决定将自主移动机器人地图构建以及定位导航技术作为研究课题,并开始攻读博士学位。那几年,熊蓉白天忙着在实验室设计、评估、测试,晚上马不停蹄地阅读文献、研究课题。

后续则是热血励志故事般的剧本:2005年熊蓉再次率队参加RoboCup,赢下3场比赛;2006年,进入RoboCup前八,此后又连续两年进入四强;2012年获得世界机器人大赛亚军,此后更有4次获得冠军。

热闹和光环涌向熊蓉,彼时的她,被媒体称为“机器人教头”,团队规模也几度扩大。

然而另一边,熊蓉自己却陷入一段新的迷茫——做完能打比赛、能拿冠军的机器人,然后呢?做花样更多、技巧更炫的机器人吗?与此同时,行业内外也开始出现一些质疑的声音:机器人会打乒乓球、踢足球有什么用?

结合团队早期在机器人主动识别环境、自主移动领域的探索,熊蓉开始想办法将这些技术与行业痛点结合。她发现,在工厂环境中,物流系统的改造升级需求格外迫切:人工叉车搬运物料成本高、效率低,且容易有操作误差,随着劳



“领航者2号”进入中控技术富阳工厂开展涂覆工作。

浙江人形机器人创新中心供图

机器人研究要做“顶天立地”的东西。所谓“顶天”,是指技术要领先、要前沿;“立地”,则是指能够落地到实际应用中。

——熊蓉

人物名片

熊蓉,浙江人形机器人创新中心首席科学家、浙江大学求是特聘教授、科技部重点专项智能机器人专家组成员。长期从事机器人智能感知与控制技术研究,在高效高精视觉识别与轨迹预测、复杂动态环境准确建模与定位、仿生腿足快速运动与平衡控制等方面取得系列成果。



熊蓉(左一)和团队正在研讨。

受访者供图



“悟”、“空”仿人机器人进行乒乓球对打。

受访者供图

命题:人类为什么需要机器人?人类和机器人的未来,又将走向何处?

从很早起,这些问题就在熊蓉的脑海中盘旋。她回想起初中参加的那个计算机培训班,那是她对“机器大脑”概念的启蒙;她又想到上海世博会期间,自己带队研发的“海宝智能服务机器人”,这是她眼中自己职业生涯的一个重要时刻——机器人第一次走出实验室,在生产线上实现了量产。

沿着“未来生活需要机器人具备何种能力”的思路,熊蓉明确了科研方向:要做“顶天立地”的东西。所谓“顶天”,是指技术要领先、要前沿;“立地”,则是指能够落地到实际应用中。

结合团队早期在机器人主动识别环境、自主移动领域的探索,熊蓉开始想办法将这些技术与行业痛点结合。她发现,在工厂环境中,物流系统的改造升级需求格外迫切:人工叉车搬运物料成本高、效率低,且容易有操作误差,随着劳

动片等物品,再稳定放到货架上。

“2分20秒!商用场景第一!”比赛结束后,在宁波的技术工程师周忠祥接到现场队友的电话。作为“领航者2号”的核心研发成员,他明白该机器人的硬实力又一次得到证明。这项成果,也是这支崭新创业团队的一个里程碑。

2024年3月,浙江人形机器人创新中心有限公司在宁波正式挂牌,由熊蓉团队联合多家知名产业方组建。

当时,人形机器人这一未来产业方兴未艾,各地争相布局。浪潮汹涌中,熊蓉看准了宁波在机器人、汽车、家电等制造业方面得天独厚的工业环境,认为这里能够更快反应、快速落地。她也酝酿着另一个雄心:既做好人形机器人智能感知技术研发,也要实现通用人形机器人全域自研、生产、销售。

制造一台人形机器人,既要有灵巧手,又要有仿生脚,还要有智能“大脑”、运动控制“小脑”……为此,在团队组建上,熊蓉也充分发挥跨学科思维,扎扎实实打造了一支包含硬件、算法、软件、供应链、测试等近20个分组的全链路“战队”。

如果说,熊蓉团队早期的目标,是让人形机器人从实验室走出来,走到真实的工作生活中的应用中去,如今则更进一步,关注的是强调人机交互的具身智能,要让机器人“听懂”人类语言指令。

当前,人形机器人在没有足够智能水平的加持下,无法真正理解物理世界。即便是一个“从桌上的物品中选择一瓶可乐”这种连小孩都能听懂的指令,对于大多数机器人而言,却是一个不小的挑战。

“现有大语言模型仅能处理文本,缺乏因果推理和物理常识。”熊蓉举例,比如让机器人去拿一张纸或一瓶水,它需要迅速理解意图,并用合适的力度准确拿到物品,实现“感知—推理—交互”的闭环过程。对此,团队目前采用视觉、力觉、触觉多模态感知融合的方法,来训练机器人可泛化、高精度、高可靠作业。

今年以来,人形机器人赛道好不热闹。跳舞、空翻、跑马拉松,你方唱罢我登场。我们好奇,这支组建刚满一年的年轻团队,会不会因此感到焦虑?

“压力肯定有,但我们不单纯追求‘炫技’。熊老师引导我们,最终要关注大家对于机器人最重要的需求。”团队95后工程师崔翔翊说,围绕着具身智能操作这个核心点,他们更专注于让机器人拥有像人类一样的双臂和手,实现灵巧操作。

在采访中,整个团队保持着如出一辙的务实气质。他们或许不会夸大技术有多先进,却会提到去养老院、工厂调研时发现的真实痛点;即便是在业内掀起不小风暴的产品“领航者2号”,宣传过程中也并不强调它能跑会跳甚至能跳舞,而是具备5kg负载、0.1mm精度,并且可泛化具身智能作业的臂手协同能力。

在外行眼中,有些尝试,甚至看起来有些“笨拙”。

在业内开始追求机器人极致仿人时,熊蓉团队却提出,当前并不追求机器人的“全人形”。

“这其实是一个‘鸡与蛋’的问题。”熊蓉说,因为人形机器人双脚站立会和手臂作业相互影响,一旦手臂动了,为了平衡控制,身体也会动,就会影响末端操作,无法达到工业场景作业对精准度的

要求,所以要在运动灵活性和智能性之间进行适当平衡。

站到更大的视角,或许更能理解熊蓉的考量。近两年,国内外越来越多的入形机器人开始“进厂打工”。在全球制造业面临人口老龄化、劳动力红利衰退的背景下,人形机器人,正成为大国科技博弈的新战场。

这些在工业上看似枯燥的“笨功夫”,却是影响未来的“好功夫”。

和机器人打了20多年交道,熊蓉深知,再大的热闹也会散去,最终会回归到那个朴素的命题——社会发展究竟需要什么样的机器人。以此为锚点,无论外界是波浪滔天抑或暗流涌动,她总能找到自己的航向。

链接

熊蓉团队的机器人进阶路

足球机器人

2001年,熊蓉团队研制出首台长宽高都是7.5厘米的FIRA足球机器人,实现基础踢球功能。2013年团队突破高动态场控技术,ZJUlicet机器人以四轮全方位移动机构、加速度连续轨迹规划及多机智能决策系统,在RoboCup世界杯决赛击败卡内基梅隆大学夺冠。其抗干扰设计(如电磁屏蔽通信、抗震硅胶包裹电路)为后续教育机器人产业化奠定基础。

“悟”、“空”仿人机器人

2011年,“悟”与“空”机器人正式亮相,可进行乒乓球对打,是全球首对实现快速连续对打的仿人机器人,反应速度达0.1秒,预判旋转球误差小于2.5厘米。其创新性在于仿生关节设计、冗余自由度在线规划和手臂快速运动下的平衡控制,人机对打可达144回合,首次验证动态任务适应性。该项目获2013年浙江省科学技术一等奖,并被美国国家地理频道收录为运动机器人典范,推动具身智能研究进入新阶段。

“领航者1号”和“领航者2号”

2024年3月,浙江人形机器人创新中心发布首台人形机器人整机“领航者1号”。这款人形机器人身高1.5米,体重50千克,具备双足行走、适应多种地形的移动能力。在AI大模型、算力、传感器、控制系统等技术综合支撑下,可完成擦桌子、斟茶倒水等简单动作,还能调动全身表演“舞蹈”。

2024年8月,升级为“领航者2号(NAVIAI)”。身高增至1.65米,搭载275TOPS算力GPU。相较于初代,“领航者2号”已具备一定程度的类人灵活运动能力,其高精度轻量化仿人臂,单臂可负载5kg的重量,自重负载比超过0.75,末端控制精度达0.1mm,更加拟人化、灵活且稳定,具备工业实际场景下的作业能力。

两款机器人产品的迭代升级,对于推动人形机器人产业生态的建设具有重要意义,推动人形机器人从实验室迈向产业化。