

# 后疫情时代，“中国智造”如何乘风破浪？

## ——专访清华大学机械工程系长聘教授刘辛军

▶ 本刊特约记者 彭茜

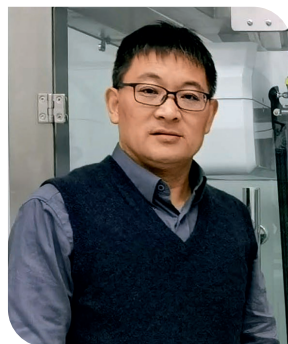
过去一年，新冠肺炎疫情全球蔓延，中美经贸摩擦加剧，全球科技合作出现竞争性、对抗性增强的趋势。从因疫情大范围停工，到陆续克服困难复工复产，全球制造业也在前所未有的危机中寻求新的出路，智能化、数字化仍将是大势所趋。

在“后疫情时代”，面临更加波诡云谲的外部环境，中国传统制造业向智能制造转型的航程也将直面更多未知和挑战。有这样一批舵手，正不顾前程艰险，带领“中国智造”不断化危为机，乘风破浪。

清华大学机械工程系刘辛军教授正是这样一位一直奋战在“中国智造”最前沿的舵手。他长期从事机构学与机器人学、先进与智能制造装备科研工作，带领团队为我国制造业转型持续输送中国智慧，不断推进我国高端制造装备的自主创新。他主持研发的“高速多并联机器人协同作业协同关键技术与成套装备”，曾获中国机械工业科学技术进步（发明类）一等奖。

**记者** 此次疫情给全球制造业带来哪些影响，出现了什么新的挑战 and 机遇？

**刘辛军** 疫情给全球人类生活和生产方式都带来了变化和挑战，对制造业冲击尤其大，因为制造业是注重全球战略的，各国由于疫情防控对通航、通海等增加了更多限制，全球物资流通受到巨大影响。另外，疫情期间大家都需要待在家里或有数量限制地进行工作，

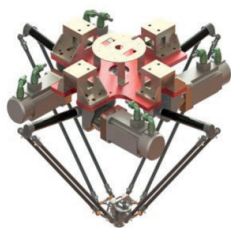


刘辛军  
清华大学机械工程系教授、  
博士生导师

在新冠疫情期间，针对传统测温设备“测不准、风险大、效率低”等痛点，刘辛军教授团队紧急攻关，从核心算法和无人化作业入手，研制了“茶与机器人”体温无人化快速筛查系统，准确度在室内、室外环境均可达 $0.2^{\circ}\text{C}$ ；流动车辆20秒内筛查完毕，行人可2秒内通行。正如机器人的命名起源——能够消灾免祸的中国传统门神：神荼和郁垒，“茶与机器人”已在北京、武汉、烟台等多地落地应用，有效助力疫情防控，将病毒挡在门外。

势必对生产造成影响。新挑战就是如何克服不流通和无法复工带来的影响，新机遇是产业链调整和无人化生产。

无人化生产大家容易理解，对于产业链的调整，因为在非疫情情况下，一部机器或者一条生产线的各个零件或部件供应商可以分布在不同地区或国家，如果某些零件或部件能够实现本地供应，危机来临时，影响程度会适当变弱。在疫情防控常态化的大趋势下，



高速并联机器人



协作与软体机器人



团队科研工作体系



智能移动机器人



加工机器人

产业链和生产模式的改变确实会带来一些机遇，相应地就有了新挑战。就像疫情期间推广健康码，但我国有2.5亿老年人却由于不会用智能手机而寸步难行一样，并不是所有企业都具备信息化数据化智能化的条件，如何解决这些企业的问题，也是一个巨大挑战。

**记者** 疫情之下，很多企业转向柔性生产、熄灯工厂、增强现实（AR）远程维护等，疫情是否倒逼向智能制造加速转变？

**刘辛军** 智能制造是大趋势，是制造业发展的未来。从机械化的第一次工业革命、电气化的第二次工业革命到自动化的第三次工业革命，不仅仅是制造业本身的变化，每一次工业革命都给人类的生活和生产方式带来了革新，以智能化为特征的第四次工业革命也不会例外。

近10年来，工业发达国家以及中国一直在推动智能制造的发展进程，疫情对各个国家复工复产和经济

的影响，使大家更加意识到智能制造的必要性和重要性，在一定程度上会加剧对智能制造的推进。但实事求是地讲，智能制造还处于循序渐进的进程中，大家都在探索，包括制造业发达的德国、日本和美国等国家。

**记者** 在后疫情时代，您对于我国智能制造发展有哪些建议？

**刘辛军** 我国智能制造还面临巨大挑战，基础研发能力相对较弱，高素质复合型人才严重不足，基础部件、智能制造标准、工业软件、网络信息安全基础薄弱。因此，我国要在基础部件、基础材料、基础人才、技术基础方面多下功夫。此外，更多企业尚处于电气化、自动化甚至机械化阶段，半机械化和手工生产在一些欠发达地区仍然存在。因此，尽管大家都意识到智能制造的重要性，还是要分区域、分领域、分阶段性地推进智能制造，要以效果和解决问题为目标，切忌急功近利，搞形象工程。



刘辛军和阿茶机器人

**记者** 在中美关系持续紧张背景下，我国关键技术零部件“卡脖子”凸显。目前我国制造业领域还有哪些卡脖子的关键技术和设备？

**刘辛军** 我国有很多技术和装备是“卡脖子”的，几乎100%的光纤制造装备，85%的电子制造装备，70%的高档数控机床、纺织设备和印刷设备都依赖进口。没有高端的制造装备，就没有芯片，所以从某种角度上来说芯片是“卡脖子”的，但芯片背后是装备和工艺，而装备的背后是设计技术、制造技术、材料和零部件，这些东西的背后又是人才和理论基础。我们能接触和学习知识，全球都差不多，中国人又很聪明，那为什么我们还有那么多核心的东西受制于人呢？归根结底还是教育和机制的问题。目前看，我国的中学在科普教育方面仍然不足，还停留在要拿奖获得招生优惠等功利层面上；我国大学生选专业，多数出发点好不好就业、工资高不高；我国的研究导向还是以市场为目标，缺乏以提高核心竞争力为目标的机制。

**记者** 中央最新提出以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，培育新形势下我国参

与国际合作和竞争的新优势。您认为应该如何智能在智能制造领域，通过内外双循环打造我国的升维竞争力？

**刘辛军** 习近平总书记这一论述，是在面临当前国际新形势、外部环境不稳定和不确定的情况下提出的。新冠疫情之前，大家强调的是全球战略，装备需求市场在一个地区或国家，装备集成在另外一个地区或国家，而相关软件、零部件分布在其他几个地区或国家，大家相互依赖、唇齿相依、共同发展。疫情危机出现后，这种格局被疫情或人为地破坏了，给各个国家、各个行业的发展带来了不利，但这种影响对我国的制造业也不全是负面的，或许还是个机遇。

大家都知道，我国实行改革开放政策后，能买的就买、能拿来的就拿来，用了三十多年的时间使我国发生了翻天覆地的变化，但是其负面影响也是惨痛的，从基础研究、技术探究到实验验证，再到产学研合作，全都是经济效益为导向，没有形成健康的研发体系。回头想想，这么多年，我们的生产能力和生产水平确实提升了，但设计、制造能力没有得到对等程度的提升，高端工厂或车间里到处都是进口设备，国内巨大市场还是被别人占有了，钱也被别人赚去了，我们引以为自豪的市场占有率还是处于低端。如今在新形势



下,以美国为首的部分国家加紧了对我国的科技打压,以前能买的不能买了、能拿来的不能拿来了,需要我们团结奋斗了。通过前期的引进消化再创新,我们掌握了一些经验,在智能制造的新机遇面前,巨大的市场还在,我们唯一需要做的就是沉下心来,按照人才成长规律、按照事情发展规律,把健康的教育、研发、应用体系和体制建立起来,这才是长久之计。

**记者** 您之前提到,我国过度重视“高级人才”,而对技术、工艺人员和工程师这个职业没有足够尊重,造成我国制造业技能人才缺乏。对比国际经验,对于我国补齐这方面短板您有何建议?

**刘辛军** 我国重视“高端人才”而忽视“低端人才”(人才不应该按照低端、中端、高端来区分,所以我加了引号)不是一年两年的事情,每年的院士、长江学者、杰出青年等评选社会关注度很高、依托单位很重视就是很好的体现。“高端人才”确实重要,这无可争议,但“中端人才”和“低端人才”等各种人才也很重要,同样需要重视,但我们国家曾经在一段时间里疏忽了。20世纪90年代大专院校转本科就是一个很好的体现。过度地强调本科,造成同质化严重,忽视了专业技能人员的培养,给我国制造业发展缓慢埋下了伏笔。现在看,这种影响还是巨大的。当然,造成这种现状的原因不仅是专转本,还在于价值观导向,不良的社会风气加剧了这个不良现象的发生,很多年轻人不愿意投身制造业。欧洲国家在职业技能人员的培养方面是有完整体系的,我国近期也在反思和弥补,比如各部门、各地方也开始重视实训基地建设了,这是一个弥补人才培养短板的途径,但实训教师队伍和实训条件的建设是重点。

**记者** 您所带领的清华团队紧急研发的“茶与机器人”在疫情防控中发挥了重要作用,能否介绍下机器人的研发历程?您也指出此次疫情凸显出我国在医工

交叉方面的机器人研发不足?

**刘辛军** 新冠疫情防控,有个关键因素就是切断病原体与人的接触,最佳途径是实现无人化作业,因此机器人是首选。但我国疫情防控过程中,在最需要无人化作业的诊断、治疗、护理等技术性领域,机器人几乎没有发挥作用,只是在送餐、消毒等劳动性领域发挥了作用,因此凸显出我国在医工交叉研究方面的严重不足,也是后期我们需要重点开展的工作。基金委工材学部在这方面已经做了部署,今年的共融机器人重大研究计划就有针对性地增加了相关的研究方向指南。

疫情期间,我们紧急动员团队的部分师生做了个测温机器人,大名“茶(Shu)与”,小名“阿茶(Tu)”,目前已经遍布清华大学的宿舍、食堂、教学楼、科研楼等场所。严格来说,他不是个机器人,就是个测温设备。最初做这个事情时,是受烟台开发区管委牟树青书记的提醒。我们确实是想做个机器人来代替人工测温,因为我们觉得市场上测温设备很多,测温本身不应该是问题,人员劳累是主要矛盾,而这恰恰是机器人的强项。但后来我们发现,对于测温这件事情,人工不是主要矛盾,最大的问题是如何实现准确测温,天一旦冷了或热了,几乎所有的设备温度就测不准了,甚至测不出来。天冷天热主要受温度和湿度影响大,所以后来我们就转移了工作的方向,把重点放在如何在不同的温度和湿度环境下实现准确测温。

这期间我们确实解决了一个关键技术问题。首先是手腕温度与腋下体温的映射数学建模,我们的博士生建立了一个复杂但相对准确的多元多次方程模型,然后在不同的温度和湿度条件下做了大量测试,用大数据修正了这个模型,使之更加具有环境适应性,最终我们做到了测温准确性优于0.2度。还有一个关键技术就很现实了,天冷了(比如零下)或者天热了(比如温度高于37度),空气温度都这么低或这么高,红外方法如何采集手腕温度?我们的博士生想出了一

个窍门解决了这个问题，让我们的阿茶机器人可以在-15° ~ 40° 的环境里正常采集腕温。

这两个核心问题解决了，剩下就是如何集成到一台机器中实现。这个任务交给了在烟台开发区跟我们合作的烟台清科嘉机器人联合研究有限公司。所以，任何一款机器人能够真正实用，离不开核心问题的解决和技术的集成与设备制造，这就是产学研密切协作的意义。我们课题组赵慧婵老师带领崔亚峰和邵琦同学研发的咽拭子采样机器人同样如此，首先解决了夹持咽拭子的软体机械手设计问题，然后是机械臂路径的规划与准确控制技术问题，最后形成了一套系统，实现了咽拭子采样无人化操作。

**记者** 在制造业智能升级过程中，机器人和领域知识的结合是否是很大挑战？对于机器人学研究者、制造商来说，如何可以更好地做到两者的无缝衔接？在哪些细分领域，工业机器人的应用还是有待挖掘的“蓝海”？

**刘辛军** 对于工业机器人而言，它是个通用设备，具体能应用在哪儿，取决于具体的需求和应用工艺，因此打通基础研究、通用技术、专业知识和应用场景的无缝衔接是十分必要的。比如说 ABB 机器人做得好，但是如果没有人研究怎么使用机器人，那么它的机器人就是个摆设。但反过来，只要你机器人做得好，就不愁没人用，所以把机器人等设备做好才是硬道理。

但目前看，工业机器人还是在规范化的应用场景如喷涂、切割、焊接、搬运等方面应用比较多，在复杂的非规范化的场景比如异型零件的焊接、在精细化场景如精磨细抛等方面应用受到限制。机器人要成为能工巧匠，还需要大家协同努力。当然，针对一些特殊的应用场合比如核电、航空航天等，对专用机器人的研究也很有必要，机器人的应用可以带来效率和质量提升。但总的来讲，大家不要对机器人抱过分的

幻想，应用前景确实很广泛，但是现实也很骨感，机器人的发展还有很长一段路要走。

**记者** 学界一直对“机器换人”替代下来的人工流向表示担忧，您认为随着智能制造深度推进，过去生产线上的产业工人再就业是否存在困难？如何实现产业工人的“转型升级”？

**刘辛军** 首先，我不赞成用“机器换人”这个词，我更喜欢“机器代人”。“机器换人”给人的感觉是人做得好好的，老板不让人家干了，用机器人去干。而“机器代人”给人的感觉是人不愿意干这活，让机器人去干。前者这种情况确实存在，但现实中最多的是后者，就是用机器人解决招人难的问题。哪怕是前者，我觉得对“机器代人”替代下来的人工流向表示担忧的不应是学界，而是被替代下来的人。对这个问题，我们需要辩证的、按照发展的观点去看待。社会总是往前发展的，让一个人每天在一条生产线上像机器一样做着拿起再放下的重复工作，我觉得也是不人道的，也是对人的一种不尊重和浪费，这样的工作机器人干更合适。在“机器代人”的大背景下，我们需要引导更多人参加技能培训，走向更好的工作岗位，这会让他们更有尊严，更有成就感。

**记者** 在推进我国智能制造发展的道路上，您所带领的清华团队还有什么最新的研究计划和方向？

**刘辛军** 最近媒体对我们团队做测温机器人报道比较多，事实上测温机器人不是我们团队的研究方向，只是我们针对疫情防控需要，临时组织团队老师和部分研究生做了一点工作，是一个意外收获。团队主要研究方向是机器人机构学的基础理论和关键技术，重点研发四类机器人，即：高速分拣机器人、多轴联动和移动加工机器人、智能协作与软体机器人以及智能移

动与协同搬运机器人。

我们研发的高速分拣机器人已经在济南翼菲自动化实现了成果转化，在食品、医药、新能源、物流、电子等8个行业得到了大量应用推广；研发的多轴联动加工机器人，精度达到0.018mm，可用在复杂曲面零件的高速加工上；正在开展的移动加工机器人，拟用于航天大型结构件的高效高精制造；研发的智能协作机器人，从核心部件和控制软件开始做起，拥有自己的感驱控一体化关节和控制系统知识产权；研发的软体机器人，从柔性传感器和小型化驱动开始做起，试图解决软体机器人的实际应用问题；研发的协同搬运机器人，可以像蚂蚁搬运实物一样，实现多机协作搬运。这些工作是从基础理论、基础部件和关键技术做起，在智能制造的大范畴下，重点解决机器人化装备创新及应用问题。

**记者** 疫情给您的日常教学科研带来了哪些影响？现在每天工作多少小时？您的“实验室生活”是怎样的？闲暇时间用什么填补？

**刘辛军** 疫情对我和团队的影响，可能还是日常出行、进出校园和开展实验这几方面，尤其是一段时期内学生不能返校，实验没法在学校开展。一开始，我们也担心会影响承担的科研项目进展，但截至目前，疫情开始阶段造成的不利基本已经消除，因为我们采取了一些措施，如不让进校园时，学生就进驻合作企业做实验，也有学生到外地找类似实验条件开展实验。疫情初期防控比较严格，大家就开网络会议讨论问题和工作进展，一般白天各干各的，晚上10点后再开会讨论，通常会讨论到12点后，这个惯例大约持续了两个月。在烟台合作单位的学生，基本每天只休息6小时左右，直到测温机器人开始应用。说起闲暇时间，2月份到6月份这段时间，一部分同学把时间都给了测温 and 咽拭子采样机器人，几乎没有闲暇。没有参与测温 and 咽拭子采样机器人研制的同学就忙承担的项目，

稍微有点闲暇。6月后，由于测温机器人和咽拭子采样机器人已经可以正常使用了，测温机器人还获得了用户一致好评，大家才都轻松了点。

**记者** 您曾在德国、韩国都做过访问学者，和清华对比，不同高校的理工科教育和研究氛围有何不同，各有何优劣？

**刘辛军** 我2001年从清华大学精仪系博士后出站后，2002年来到韩国首尔国立大学，给我的感受是韩国人很团结、韩国危机感重。2004年到德国斯图加特大学做“洪堡”学者，给我的感受是德国人很严谨、德国工业基础雄厚。这两个国家给我的感受，恰恰是我们需要加强的，也是需要我们重点学习的。如果拿首尔国立大学、斯图加特大学跟清华大学比，15年前，这两所学校确实比清华强，但15年后的今天，通过国家的重视和清华人的努力，清华大学的发展明显要快一些、强大一些。但目前高校学生和老师还受到学习和学术之外的其他因素影响，个人觉得这可能不利于专业人才培养和成长，这需要在科研体制机制上进一步完善。

**记者** 科研工作对您来说是一份职业？还是一种使命？您会为自己设下什么“终极目标”？

**刘辛军** 我的职业是教师，主要任务是教书育人，这也是我热爱的工作和志趣所在。科研工作只是我工作的一部分，通过科研工作一方面把自己掌握的知识用于解决学科和行业难题，另一方面通过科研任务培养学生和团队。所以，科研对于我来说既有职业的成分，也是一种使命。通过做大学教师，我的终极目标是我团队的每一位老师和学生都能够成长为视野宽广、有责任感、有担当并享受生活的人，我团队研究的理论、技术和装备能够真正用在实处、解决实际问题并能给他人带来幸福。🍀