

# 奏响创新春之声

## ——格力智能装备展现中国创造魅力

本报记者 申明

中外机器人现场PK切萝卜、机器人玉石篆刻文字、机器人与小提琴乐手合奏《茉莉花》(歌唱祖国)……

3月4日,“创造改变未来”格力智能装备全球首发暨高峰论坛在京举行。格力面向全球首发了其自主研发的智能装备,上演了一场精彩绝伦的工业机器人秀。

在现场,记者看到格力工业机器人和国外著名品牌机器人同时以最大速度切厚度为0.5mm的胡萝卜,进行精度对决和速度对决。两台机器人的完成时间、萝卜的厚度及均匀度,格力机器人在速度、重复定位精度及稳定性方面甚至比国外机器人还要好。

“大家看到是格力的机器人,我觉得最大的亮点是我们创造了自己的核心技术。”格力电器董事长兼总裁董明珠在会场自豪地说,“所有支撑机器人运作的核心部件,都由格力电器自主研发。”

精度和速度是衡量智能装备的两个指标。小小萝卜片,优美地旋律的背后,代表着中国机器人速度、重复定位精度和稳定性的最高水平。

这是一场中国机器人的胜利!也是中国制造的胜利!

### 中国智能制造亟待升级

2017年是实施“十三五”规划的重要一年,是供给侧结构性改革的深化之年。制造业是供给侧改革的“主战场”,制造业供给侧改革的核心是“转型升级”。智能装备是制造业转型升级的“杀手锏”。但是,智能装备如何转变,是制造业行业的企业一直在探讨的问题。

国家发改委发展规划司司长徐林在发言中指出,中国制造业目前面临一些整体的困境,比如说成本在上升,原有的比较优势在迅速丧失。

面对一系列困境,徐林认为,解决的出路就在于不断地提高创新能力,特别是要提高智能发展的水平,实现制造业由过去的传统制造模式向新的智能制造模式的转变。

在发布会上,中国机械工业联合会副会长、中国机器人联盟理事长宋晓刚给出了一个数字,从2009年到2015年,全球工业机器人的平均增速15%,2015年全球工业机器人的销量是25.4万台,连续三年创了新高。这里面有一个主要的驱动力就是中国市场,中国的工业机器人2015年是6.9万台,占了全球市场份额近30%。

然而现实是,我国目前智能装备市场基本全是外国品牌。“国产品牌只占到中国市场销量的7%。”宋晓刚说。市场份额太少的直接原因就是国产品牌缺乏核心技术。对此,徐林指出,现在大量的企业已经在从事机器人的生产,而且机器人生产的水平、质量也在不断地提高,但是我们在机器人制造的一些关键元器件方



董明珠展示由格力机器人在玉石上篆刻的文字

面,比如说传感器、减速器,还需要大量的进口,包括一些芯片,可能也需要进口。

今天,中国终于有了可以与国外品牌一较高下的机器人。

“我骄傲,我自豪。”董明珠毫不掩饰对自家产品的喜爱之情。

### 格力智能装备一鸣惊人

这是格力进入智能装备市场的第四年。

事实上,从2013年开始,格力自主研发的工业机器人等智能装备就已小规模外销,到2016年底,外销设备产值超过了10亿元。目前,格力已自主研发近100种自动化产品,覆盖了工业机器人、智能AGV、注塑机械手、大型自动化线体等10多个领域,拥有20多项设计专利。在为格力内部生产提供智能装备的同时,格力智能装备也装备和应用到电器、新能源、食品、节能等多个领域。

董明珠表示,格力仅用四年时间,现在就可以做自动化机器人、工业智能生产线、精密机床,格力跟国际上会有协同合作,但她希望这种协同合作不是“仰视”而是“平视”,“我们要耐得住这个寂寞,一定要带出一条自己的队伍”。

发布会上,具有“艺术天赋”的格力SC600水平多关节机器人借助简单夹具,用其高速、高稳定性的特点弥补钢琴复杂的指法在钢琴上弹出美妙的音符。

0.02mm的重复定位精度及2m/s的速度避免产生不可控累计误差,准确通讯的同步性确保了其演奏曲目的节拍及音质的饱满度。

这充分展现了格力机器人在减速器、驱动器等核心环节的突破。“现在国内很多机器人的减速器、驱动器是靠别人的核心部件组装而成的,如果中国这样就算是走进智能装备的时代,我认为依然是被社会,甚至被世界淘汰的。我们必须走自主创新的道路。”董明珠说。

宋晓刚认为,中国机器人企业的优势是面对不同行业的工艺、流程更加熟悉。“根据调研,机器人能够提高15%到25%的生产效率。”

值得一提的是,去年格力意图收购未果,董明珠个人决定投资的银隆新能源同样也已经是格力智能装备的客户。

银隆董事长魏银仓在发布会上介绍,目前天津、珠海、南京、成都等生产基地都将开工,南京、兰州也规划了生产基地。大量的自动化装备会用在这些新开工的生产基地。

据了解,通过与格力合作,珠海银隆新能源生产效率提高了11%,在人力成本方面节约了55%;珠海元朗食品有限公司采用格力智能装备后,产能提高了6倍。

贝发集团有限公司董事长邱智刚则表示,合作的最大体会是格力有非常成熟的技术基础,智能化产品供很多行业选择,有能力做智能化环境集成,格力可以把想到但没做到的一些事情通过智能化制造把它串联起

来,大大提高了公司总体的生产效率。

### 是自主创造还是“买买买”?

中国制造业的发展之路一直存在两条路线之争:是走自主创造之路还是“买买买”?

目前国内一些行业,尤其是高端制造业,缺乏先进技术,现在流行的是走出国外“买买买”,购买国外设备,抑或收购国外公司。就在不久前,美的表示计划会控股收购一家以色列机器人公司。此前,美的曾花300亿巨资收购德国机器人企业库卡95%的股权。业内人士认为,收购的方式能够更快地使企业切入这一新兴市场。

“我从来就不认为买一个技术,能让一个企业长大,一个企业如果是一个小偷,它永远只能是小偷,不可能当领导,因为它没有多大的胸怀,没有高瞻远瞩的思想,逐利而行,这不是中国制造业——特别是在供给侧改革的时代,所应该有的定位。”董明珠一针见血地指出,能“买来”的技术都不是核心技术。

“想要提升我们国家的智能制造的话,核心技术只能是来自于国人。”在论坛上,中国企业研究中心主任刘姝威直言,用金钱买不到世界一流的核心技术。

她认为,美的出价过高,相当于抬高了此类收购的基准线,加大其他企业未来的收购难度;另一方面,如果只是股权投资,所有的经营权、核心技术都不属于收购企业,这样做的意义何在?

“卖给你的只是壳,核心的技术不给。”在论坛上,中国企业家杂志社社长何振振的观点与董明珠一致:像机器人这样的高端行业,一定要自己做技术研发、创造。

徐林表示,关于自主创新和“买买买”的问题,需要辩证来看,是一个理想和现实要进行对比的问题。“理想上最好是有所有的核心技术和自主创造能力。但是现实中遇到瓶颈时,而又特别需要时,能买也得买。”

“无论是引进技术还是自主创新,到最后我们是需要看到,有没有掌握这个核心技术。”宋晓刚如此表示。在自主研发上尝到了甜头的格力,现在的目光已经聚焦于智能制造。

“宁可慢,也要实现自主创新,必须要走自主创新的道路。”董明珠表示,“我不否定别人去买是对还是不对。我只是守自己的底线,那就是坚持自主创新。”

据了解,未来格力电器将紧密围绕机器人和精密机床两大领域进行深入研究,在完成格力自身制造系统转型升级的同时,为“中国制造2025”提供一批完全自主研发的高端装备。

“我相信三年以后的今天,格力电器靠智能装备、靠自主研发,一定有一片蓝天!”董明珠说。

### ■ 记者观察

## 中国智能制造要敢于“亮剑”

申明

近日,格力面向全球首发了其自主研发的智能装备。格力机器人与国外顶尖工业机器人进行了现场PK,在机器人的速度、重复定位精度和稳定性等方面,均不逊于国外机器人。不得不说,这是一场格力智能装备的亮剑。

作为振兴实体经济、加快工业转型升级的重要突破口,智能制造已成为今年两会上的热词。然而,我国智能制造装备产业尚有许多差距,比如:存在核心智能部件与整机发展不同步、产业整体技术创新能力与国外差距较大、重要基础技术和关键零部件对外依存度高等问题。这既需要政府发挥引导作用,完善产业创新体系,更需要企业发挥创新主体的作用,实现向智能制造的华丽转身。

知易行难。发展智能制造,不是一句空话,而是要实打实的做出来。目前,国外“四大家族”(库卡、ABB、发那科和安川)占据全球60%以上的市场份额,在核心技术和关键零部件研发上处于绝对领先地位,国产厂商还没有叫阵“四大家族”的实力。如何迎头赶上,这是对企业家战略眼光和勇气的考验。

现在全世界都知道中国钱多,无论是中国游客还是中国企业,在海外都是“买买买”。尤其是近年来,中国家电企业海外并购已成为一种热潮。去年,美的花了300亿购买了德国库卡公司,一时间众说纷纭。是拿来主义,还是自己埋头苦干? 对外收购和自主研发都是实现技术积累的常用手段,选择一条适合自己企业的道路是关键。但能否通过收购拥有核心技术,能否实现“引进消化吸收再创新”才是根本。否则大把的银子打了水漂,岂不悲哉。

需要指出的是,格力能够敢于向这些巨头“叫板”,敢于亮剑,本身就是一种胜利。事实上,格力仅用四年时间,就实现了自动化机器人、工业智能生产线、精密机床等智能装备的自主创新。目前,格力已自主研发近100种自动化产品,覆盖了工业机器人、智能AGV、注塑机械手等10多个领域,拥有20多项设计专利。这种务实的企业风格,在当前这个浮躁的社会中,难能可贵。

制造业是供给侧改革的“主战场”,智能装备是制造业转型升级的“杀手锏”。我们期待,今后我国有更多的格力、更多的董明珠加入到智能制造的产业升级中,重塑我国制造业竞争优势。

# 攻克叶片制造难题 为航空发动机加力量

## ——记中国科学院金属研究所研究员周亦胄

刘 尧 侯耀洁



周亦胄

### 筑梦航空:把文章发表在祖国的蓝天上

如今,每周周亦胄回想起学生时代航空梦生根的时刻,依然会体会到年少时的飞天梦想与激情。

中学时期,他最痴迷的电视剧是讲述“两弹一星”研制发射历程的《中国神火》,当他在荧屏上看到中国火箭与导弹升空,看到无数科学家为“两弹一星”的研制呕心沥血、无私奉献,看到中国国际地位因此得到极大提升的画面时,充斥心中的是心潮澎湃、无比自豪。

“中国神火”从此在周亦胄心中播撒下了航空航天梦的种子。“当时,我最大的梦想就是将来成为一名从事航空航天事业的科技工作者。”高中时期,周亦胄一直以优异的成绩名列前茅。当得知材料问题是制约未来航空航天技术发展的重大瓶颈技术后,他在高考志愿书上填报了清华大学材料系,最终,如愿以偿考入清华大学,踏上了实现“航空梦”的第一步。

大学毕业后,周亦胄进入中国科学院金属研究所攻读硕士和博士学位,研究方向为材料物理与化学专业,师从为“两弹一星”作出重要贡献的科学家周本灏院士。

关于材料专业,周本灏院士的独到见解给他留下了深刻印象:“我们的科研文章发表在祖国的蓝天上。”周亦胄深知:科研工作不仅仅需要一腔壮志豪情,更需

要脚踏实地、锲而不舍的钻研精神和开阔的前沿视野。博士毕业后,他决定走出国门,进入德国爱尔兰根大学从事高温合金定向凝固研究工作,三年的研究使他高温合金定向凝固理论及技术有了系统的理解和认识。

此时,代表世界上航空发动机与单晶叶片制造技术最高水平之一的英国Rolls-Royce(罗罗)公司向周亦胄伸出了橄榄枝。

进入这一世界顶级科技殿堂,周亦胄被其先进的单晶高温合金制造技术与规模化生产现场深深震撼了。他主要工作是在英国伯明翰大学开展单晶高温合金凝固缺陷控制技术研究,他始终以学生的姿态不断汲取新的知识,从型壳制造、定向凝固铸造到铸件组织结构分析,积极参与单晶高温合金制造的各个工序与环节,与专家们交流讨论单晶凝固缺陷的形成机制与控制措施。勤奋的实践,不仅让他对定向凝固理论有了更深入的理解,而且对定向凝固技术在单晶高温合金制造上的应用有了深刻的体会。

2007年,国内的航空航天技术也进入了新的发展阶段,国家宣布大飞机立项,迫切需要高温合金专业的研究人员。2009年6月,周亦胄正式回到中国科学院金属研究所,在中国科学院“百人计划”项目的支持下开始组建单晶高温合金制造技术实验室,瞄准我国航空航天发动机发展对单晶高温合金制造技术的重大需求,开展单晶高温合金制造技术及缺陷控制的研究工作。

### 攻克难题:成功研发中国制造的“皇冠明珠”

航空发动机作为飞行器的核心,被誉为现代工业的“皇冠”。航空发动机中,涡轮叶片由于处于温度最高、应力最复杂、环境最恶劣的部位而被列为第一关键件,被誉为“皇冠上的明珠”。

我国在大飞机制造技术上与西方发达国家仍存在较大差距,重大瓶颈问题就是发动机的推力严重不足。为提高发动机推力,就需要发动机的涡轮叶片具有更高的承温能力。

因此,国外大推力航空发动机全都采用单晶高温合金叶片。而在我国,由于单晶高温合金叶片制造技术的落后,大推力航空发动机只能采用定向柱晶叶片,从而导致发动机的动力、寿命与可靠性严重不足。显然,单晶高温合金叶片制造技术的突破将成为我国大飞机制造发展的关键。

单晶高温合金叶片制造的技术难题,主要难在哪里?一是单晶叶片的结构非常复杂,内部有精细的风冷通道需要铸造成形,这导致叶片铸造时会出现很多

结构性缺陷;二是单晶叶片制造过程中会出现杂质、小晶界、取向偏离、再结晶、型壳反应、表面疏松、热裂纹等多种不同类型的冶金缺陷,每种缺陷的产生都可以造成高温合金叶片的报废,导致其合格率很低。

针对这些技术难题,周亦胄带领团队系统开展了杂质、小晶界、取向偏离、再结晶、型壳反应、表面疏松、热裂纹等缺陷形成机制的基础研究,他坚持深入一线进行模具设计、蜡模组合、铸造实验、样品制备以及观察分析。完成实验室研究后,他又带领科研团队到发动机叶片制造厂进行生产性验证。

周亦胄团队根据单晶叶片凝固缺陷的形成机制提出了多项工程上行之有效的凝固缺陷控制措施,形成了一套单晶叶片规模化制造的全流程控制技术,成功研制出多种不同类型的单晶叶片,在现有的工业基础条件下实现了单晶叶片制造技术的突破,为中航工业发动机公司、航天科工集团公司等新型发动机的研制提供了叶片保障。

其中一项标志性成果就是采用我国新型的第二代单晶高温合金DD405成功铸造出了中航工业新型航空发动机中的高压涡轮转子单晶叶片。该叶片在发动机试车考核中表现优异,标志着我国在复杂结构单晶叶片制造技术上取得了重要进展。此外,多项单晶叶片铸造技术还以技术转移的方式推广到了中航工业沈阳黎明航空发动机集团公司,显著促进了我国单晶高温合金叶片铸造技术的进步。

### 变废为宝:实现稀贵金属再生循环利用

在高温合金叶片铸造过程中,需要通过浇道与冒口设置来保证叶片中不出现凝固缺陷。由于铸造后浇道与冒口内的高温合金不允许在航空发动机零部件制造中重复使用,因此,高温合金叶片铸造过程中产生的废料常高达总用料的70%。单晶高温合金材料的基体为镍元素,其中含有铕、钼、钨、钽等多种稀有贵金属。

以铕为例,作为一种重要的战略稀缺金属,铕在世界范围内储量不足1万吨,而我国的保有储量仅为200余吨,价格约为3万元/千克,这使含铕单晶高温合金材料的价格非常昂贵。如:含3wt.%铕的第二代单晶高温合金价格为200万元/吨,含6wt.%铕的第三代单晶高温合金价格达到约300万元/吨。

目前,我国已开始大量采用第二代单晶高温合金制造航空发动机单晶叶片,在生产过程中产生出大量含铕高温合金废料。由于缺少相关分离提取技术,使得合金废料中铕、钼、钨、钽等高价值元素只能被当作

镍来对待,造成了极大的资源浪费和经济损失。

针对这一难题,周亦胄进行了深入思考:能否从废料的回收再利用方面寻找突破口,减少巨大的资源浪费和经济损失,实现先进单晶叶片制造的长期可持续发展?由于国外对相关研究成果和技术方案的封锁,要研究高温合金废料中回收稀贵金属的技术,几乎是从零开始。

周亦胄迎难而上,着手在金属研究所组建稀贵金属资源再生循环利用实验室。为确定技术路线,他奔波于全国各地找资源循环利用专家进行讨论,分析各种回收处理高温合金废料的可行性。

经过反复论证,周亦胄最终确定了采用电化学溶解法多步分离提取高温合金废料中稀贵金属元素的技术路线。随后,他组织一支具有电化学腐蚀与化学分离提取研究背景的科研队伍,探索了高温合金废料电化学溶解、沉淀分离、萃取分离、离子交换分离、金属化合物

重结晶提纯、金属化合物气体还原、金属粉末热压烧结等环节中的关键科学与技术问题。

经过反复实验,周亦胄研究团队建立起了从高温合金废料中分离回收稀贵金属元素的技术路线,实现了从高温合金废料中分离回收铕、钼、钨、钽、钽等稀贵金属元素的目标,填补了国内的技术空白,并形成了与之配套的高温合金低成本制造技术,该技术可使第二、三代单晶高温合金的制造成本显著降低。

谈到取得多项突破性科研成果的成功经验,周亦胄说:“科研工作必须具备两方面能力:一是要把国家需求和研究方向密切结合,围绕国家需求推动和促进专业领域发展。二是要有不息探索的执着和锲而不舍的精神。一项成功的研究成果背后可能隐藏着上百次甚至上千次的失败,只有锲而不舍的执着精神才能带领我们走出失败,走向成功。”



◀ 周亦胄在实验室

▼ 周亦胄与胡壮猷院士

