

爬行机器人让大国重器严丝合缝

▶ 本刊特约记者 黄乐媛

博清科技的创始人冯消冰至今还记得这样一个场景：他陪同年届九十的恩师潘际銮院士风尘仆仆地赶赴河北，在大雨中等待来接他们的车。2016年，无轨导爬行机器人这一国家863课题结题，潘院士带领团队四处奔波，寻找可以商业化合作的企业。

无轨导爬行机器人属于特种机器人，可以在焊接领域代替人类执行任务。彼时，中国特种机器人商用领域还几乎是一片空白，考虑到全新的科研成果孵化成产品投资大、周期长、风险高，没有企业愿意冒这个风险。河北这家企业是第一个表示出合作意愿的，因此潘院士对这次会面格外重视。

路上花了四五个小时，双方从早上七点聊到了晚上十点，期待中的合作最后还是以“道不同不相为谋”告终。看着年迈而执着的导师，冯消冰萌生了一个大胆的想法：与其大海捞针般期待一个有前瞻性的合作伙伴出现，为什么不亲自组建企业来推动科技成果转化、将导师的夙愿落到实处呢？

冯消冰将自己的决定形容为

一场赌博，可能满盘皆输也可能一本万利。不过，潘院士二十多年的研究成果值得他放手一搏。

潘际銮院士是我国焊接科学的奠基者和学术泰斗，被誉为“中国焊接第一人”。他先后开创了哈尔滨工业大学、清华大学的焊接专业；在我国第一座核电站——秦山核电站、第一条高铁项目——京津城际高铁等国之重器中，也都蕴藏着潘院士的心血。

冯消冰跟随导师多年，折服于导师深厚的学术素养。潘院士“迎难而上，勇于攀登，共同战斗，淡泊名利，国家需要，坚决上马”的精神，也潜移默化地影响着他。冯消冰明白他们要做的事情是一件“困难但正确的事情”，需要一批又一批的人攻坚克难，才能看到曙光。

经过一番详细的规划，潘院士将无轨导爬行焊接机器人商业化应用的项目全权交由冯消冰负责。再经过专业的行业调研，明确了行业的现实需要后，2017年1月，博清科技成立了。冯消冰希望博清科技可以解决老龄化社会带来的焊接人才断档难题，改善焊工的工作环境，打通大型结构



冯消冰

2015级机械工程系博士，博清科技创始人。

件焊接产业化的“最后一公里”。

创业初期亦是特别艰难的时期，需要“找人、找钱、找方向”。在创业之前，冯消冰一直在科研领域深耕。而现在，他不仅要继续奋斗在科研第一线，也要做整个公司的舵手，从制定发展方向再到吸引投资，方方面面都要亲力亲为。清华大学有“自强不息、厚德载物”的校训，冯消冰明白开创事业最重要的是行胜于言、担当实干。清华的学习使得冯消冰建立起了稳固的知识与价值体系，在将理念、知识与创业实践相结合的过程中，他意识到只有健全机制，转变观念，创新思路，

才能实现企业又好又快全面发展。

在扛下了最初的困难和压力后，冯消冰将关注的重点放在了团队的建设上。他制定了“培育保留三类人”计划，靠有前景的事业吸引有志之士，靠严苛的标准筛选人才，最终组建了一个强大的创业团队。博清科技的中坚力量是一群有情怀有抱负的人。尽管来自不同的背景，他们身上有着同样的品质：热情、专注、有能力。他们求知若渴，发自内心地认同和热爱自己的事业，并且渴望数年如一日地专注在自己的领域中，直到取得一定成就。

形成了强大的执行力和凝聚力后，整个团队团结拼搏，围绕持续发展抓业务，共同推动团队在核心技术水平、管理水平、服务能力、队伍素质等软硬实力方面全面提升。

团队花了整整两年时间，对潘际銮院士的研发成果进行产品转化：他们攻克了焊接机器人本体技术，使其能吸附在三位曲面空间中并自由爬行；自主研发激光传感器，使其通过图像处理算法来识别跟踪焊缝，跟踪精度可达 $\pm 0.2\text{mm}$ ，相当于一张A4纸的厚度；不断精进焊接工艺，针对不同焊接位置、材质等着手构建自己的焊接工艺大数据库……

到了2018年，第一代面向市场的无导轨全位置爬行机器人正



冯消冰（右二）与潘际銮院士（右三）在博清科技工艺验证中心

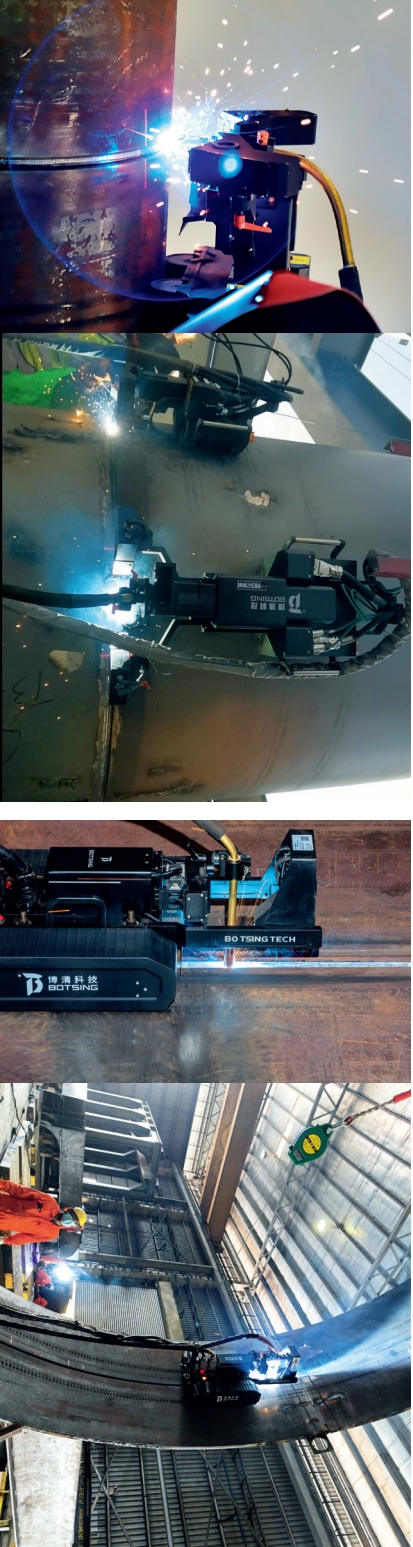
式成型，博清科技实现了从工程焊接服务到自主产品的突破。这一年，博清科技参加了中国创新创业大赛，这是团队首次登上国家级赛事的舞台，并荣获初创组二等奖。

步入正轨后，难题也随之而来。新事物往往意味着未知风险，一项上百亿的工程，焊接服务只是其中一环，却极可能影响到整体施工质量和进度，很多企业不愿冒这个风险，因此在一开始冯消冰的团队只能承接一些边远地区的艰苦项目，并不断从一线实践中获得经验教训。

工业环境与实验室环境千差万别，移动的户外阳光对激光器和图像处理的干扰、经常“光顾”施工现场的七八级大风……这些都是亟待解决的问题。研发团队在湛江东海岛驻扎了整整两年，针对实际施工中遇到的问题不断优化升级技术。

为了拿下下一个中石化的标杆示范工程，研发团队根据实景搭建了一个2:1的缩比模型，针对石化领域储罐的特殊焊接需求，通过模拟真实的焊接施工论证可行性，最终实现了无导轨全位置爬行机器人在石化领域工程现场的首次成功应用。这个项目的成果证明了机器人不仅可以高质量完成焊接，而且效率比手工焊接高三倍以上，这也让博清科技产品的落地场景向越来越多元的领域扩展。

多年的积累后，博清科技迎来了井喷式的成果爆发，除了无导轨全位置爬行焊接机器人外，又研发出了建筑钢构爬壁焊接机器人、管道焊接机器人等七个系列产品，覆盖“上天入海”的全场景，并广泛应用在油气化工、船舶制造、核电工程、能源电力、轨道交通、建筑钢构等六大领域。在上海地铁7号线高科西路至杨



管道焊接机器人与建筑钢结构内壁焊接机器人

无轨导全位置爬行焊接机器人应用于深海吸力桩焊接项目

高南路区间隧道结构修整工程项目中，博清科技的加入将原本近两年的工期压缩到了6天；在广州白云站的修建中，博清科技助力客户实现了“智能制造、绿色制造”。

团队获得了前所未有的荣誉和支持。2020年，博清科技参加了第五届清华校友三创大赛，并摘得了先进制造全球总决赛天使组一等奖的桂冠，这次比赛将团队推到一个更高的平台，借助学校和校友的纽带，拓展了融资渠道，得到更多瞩目。在2022年，博清科技成功入选国家级专精特新“小巨人”企业名单，标志着公司的创新能力以及专业化水平得到了政府和相关部门的认可。博清科技正在逐步实现从焊接行业的参与者到领军人的过渡，先后主导并完成了数项焊接自动化国家标准和行业标准的起草制定工作。

据高工机器人产业研究院的统计数据，预计到2026年，中国

市场上的焊接机器人销量有望突破10万台大关，博清科技正面向一片巨大的蓝海市场。在勇担大型构件自动化焊接领域的领路人后，博清科技持续加大研发投入，坚持“专精特新”，深耕六大领域钻研产品的迭代升级，探索自动化焊接最优整体解决方案，不断赋能基础设施工程建设及大型构件自动化焊接。冯消冰希望博清科技能够带动起整个行业的生态，解决掉大型构件自动化焊接这个世界难题，颠覆传统户外作业模式，“让智能特种触达每个危险角落，无人则安，乐享制造”，同时辅助承担起“大国重器”的责任，完成潘院士“让自己的发明创造能为人民做贡献、推向全国，走向世界”的心愿。

为了真正实现全球化战略布局，公司于2020年初成立了国际营销项目组，通过线上线下渠道进行境外市场客户需求前期摸底。在澳大利亚、美国、新加坡等许

多国家都有博清科技的营销网点，本土化经营帮助公司更清晰地了解当地市场情况，精准把握客户需求，提供及时便捷的焊接服务。截至目前，博清公司已经为新加坡de公司的海工装备项目、刚果（金）的储罐焊接项目，以及日本、香港、哈萨克斯坦等多个国家和地区的公司项目提供了产品和服务方面的支持。

春风化雨乐未央，行建不息须自强。“创业过程中的痛苦也许比最后成功时获得的喜悦更让人记忆犹新，有时候如果你觉得现在走的路很艰苦，那也许正是走上坡路。”从最初被拒之门外到如今步入正轨、迈向未来，冯消冰始终铭记着导师和母校带来的精神滋养，并将其外化于行。

他时刻鞭策自己，要以十年如一日的恒心坚持在这项事业上，始终秉承服务校友、回报母校、回馈社会的宗旨，与团队共进，与时代同行。