

一家知名航空机轮刹车企业和一个知名高等学府的国家实验室联合,双方通过产学研结合,使中国成为飞机刹车材料的国际“领跑者”。合作双方以对国家使命的担当精神诠释了“产学研”无缝对接的报国情怀和自主创新的内涵,成就了一个中国企业从“学着会做”到“独立领跑”的跨越。

# 惊“碳”一跃

## ——一个中国企业从“学着会做”到“独立领跑”的跨越

本报记者 史俊斌 通讯员 刘建军



2017年1月9日,国家科学技术奖励大会在北京隆重举行,由中航工业西安航空制动科技有限公司(简称:中航工业制动)和西北工业大学联合研制的碳陶飞机刹车功能复合材料的研制与应用技术,荣获国家技术发明二等奖。这项饱含“中国创造”智慧的自主创新成果,引发了世界的广泛关注。

早在2008年,碳陶刹车盘产品就在我国某型飞机上实现了成功首飞。此后,广泛地应用在舰载机、歼击机和运输机等10多种先进飞机上,使我国成为了世界上首个将碳陶刹车盘成功应用于飞机机轮刹车上的国家。

该项目由国内最早从事碳/碳刹车材料制备技术的中航工业制动,与西北工业大学国家科技发明一等奖的陶瓷基复合材料制备技术结合,诞生的一种飞机刹车复合材料——碳陶飞机机轮刹车功能复合材料,俗称刹车盘。这项新型材料融合了粉末冶金刹车材料和碳/碳复合刹车材料的优点,具有重量轻、硬度高、刹车平稳、耐高温、耐腐蚀、环境适应性强和使用寿命长等优点,被公认是性能优异的新一代刹车材料。在产学研过程中,他们共同突破了世界制备技术的三大难题,形成了五个重大技术发明点,获得了19项国家专利。

在产业界“一辈子只做刹车”的中航工业制动董事长、党委书记向克阳形容:“今天的获奖,就好比一个孩子考上清华、北大。”“‘父母’基因强大,是其成功一环。”

有专家学者坦言,这是一次技术的巅峰飞跃,更是一次刹车材料的产业革命,特别是对高频次、高能载、高风险、高成本的军用飞机,战略意义非同凡响。

“太高兴了。”着装精致、性情优雅,西北工业大学领衔合作项目的中国工程院院士张立同更是情不自禁地说:“找对了合作方比什么都重要。”

制动一小步,中国技术进步一大步。科技的成色,产业的金色,成就了含金量十足的“中国颜色”。

### 品读飞机刹车盘从“跟跑”到“领跑”的内涵

翻开中国飞机刹车盘历史,人们不难发现,这是一条漫长、艰苦且布满荆棘的辛酸史。

机轮刹车系统隶属于飞机起降系统,主要作用是承受飞机在地面的静态载荷、冲击载荷,吸收刹车能量,并对飞机起飞、着陆、滑行、转弯、制动进行有效的控制。对于飞机来说,具有极端重要性。欧、美、俄等航空工业强国,历来极为重视航空起降制动系统整体技术的发展。

有关资料统计,飞机发生在飞机滑行和起降阶段的不安全事件占飞机所有不安全事件的60%以上。对飞机而言,每一次起飞降落,刹车的可靠性,都是必须确保的第一安全项目。

作为刹车系统上起关键作用的刹车盘就显得尤为重要。飞机刹车盘的制造材料发展经历了有机粘结剂刹车材料、粉末冶金刹车材料、碳/碳复合刹车材料和碳陶复合刹车材料四个阶段。

有机粘结剂刹车材料是早期飞机使用的一种刹车材料,应用于飞机弯钩式刹车上,刹车温度较低、寿命较短,起落架次少,目前已在飞机上基本淘汰。粉末冶金刹车材料在20世纪60年代发展起来,但其存在高速摩擦系数低、高速制动力不足、刹车性能不稳定以及使用寿命低等问题。

碳/碳复合刹车材料是上世纪70年代欧美发达国家率先使用的飞机刹车盘制件材料。它以碳纤维为增强体,以热解碳为基体的复合刹车材料。然而,这项技术被美、英、法三国牢牢地控制。

1972年,专注于飞机刹车的制动人开启了向世界先进科技进军步伐。

1977年,他们研制出国内第一套扇形片结构的航空碳刹车盘;

1987年,碳刹车材料制备工艺和抗氧化技术获得成功;

1993年,碳/碳复合材料刹车制备技术获得国家发明专利;

1994年,碳/碳复合材料抗氧化技术获得国家发明专利;

1998年,碳/碳刹车盘在歼-10飞机上首飞成功;

2003年,碳/碳刹车盘获中国第一个TSOA技术标准批准书,随新舟60飞机飞出国门。

20多年来艰苦卓绝的攻关,他们攻克了被国外长期封锁的碳/碳刹车材料技术难题,彻底改变了西方大国对此技术的垄断局面。在科技领域的“攻城拔寨”并没有得到国内同行的认可,相反的却遭到传统固守“粉末刹车材料”专家的反对。他们寻找各种理由批驳和质疑碳/碳刹车材料的种种不是。

然而,坚韧的毅力和不俗的业绩,让“反碳派”专家们黯然失色。当碳/碳材料如雨后春笋大量配套在国内军、民机上使用时,曾经的“反碳/碳派”专家,却想方设法地开始“临摹”这一新技术。以至于江湖曾一度漂流着碳/碳刹车技术来源不明的传言。

如今,谁是中国碳/碳刹车技术的真正创始人,事实说话,业绩印证:公司成功地为国内31个机型配套使用碳/碳复合材料,其中21个已经定型。配套机型和产业规模国内最大。特别是“一花引来百花香”,当前,国内碳/碳刹车企业已发展成为一个产业,10多家专业企业,百花齐放。

有学者评价,如果没有碳/碳材料的成功,就没有今天中国机轮刹车材料领先世界的精“碳”一跃。

显著。这对飞机减重如黄金般珍贵的重量来说,无疑是最大的利好。

这么好的材料,为什么又要发展另一种新材料?因为飞机作业的环境复杂多变,不同的自然环境对刹车材料有不同的要求。碳/碳刹车盘的吸潮性强,在潮湿环境会导致飞机刹车性能大幅度衰减,从而危及飞行安全。时代呼唤着一种新型刹车材料问世。

产学研的根本是什么?为了自立。合作者的心态,是合作中最为关键的因素。价值观是否等同,决定着合作的成败;合作者的心态,决定后面的“动作”姿态。

碳和陶,两种不同材料能否合二为一成为一种新型刹车材料,一位科学家和多位企业家的执着追求,成功地将“国家级”科技成果转化成“国家级”工业产品。

2005年,中航工业制动与西北工业大学签订合作协议,提出以国防建设为需求,着眼航空产业发展中遇到的重大难题和难点,发挥彼此优势,立志打一场高科技的攻坚战。

双方合作的诉求,一个想做好,把产品做出来;一个想做强,把产品做到世界级。作为飞机刹车产业的国家队,企业想通过合作提升专业自主创新能力,实现产业强国。以此彻底解决飞机在潮湿环境下刹车性能衰减的重大安全问题,确保飞机起降万无一失。

西北工业大学想通过产学研合作,将技术发明的材料技术转化为航空航天等多领域的产品技术,即科研成果与产业融合才能跨越,形成产品,引领发展。

中航工业制动负责整个项目的总体策划,以应用需求实现技术与理论的突破,从问题实践牵引技术理论发展;西北工业大学负责将技术理论向实践转化,用理论指导实践。

“看准合作对象,关键是看合作者是不是干事的人。”张立同院士的评价标准是“三个有利于”:有利于国家、有利于企业,有利于学校。各尽其责,共同担当!

她说她接触的中航工业制动几任领导者,都是做实事的人,从上一任的袁东到现任领导者的向克阳、付鹏锋等人,“他们都是干事的人,自主创新劲头十足”。

“看准合作对象”与“做好事”不相而谋,做产业就是做投资,投资的关键,是对信任的投资。

人们常说,如何打通产学研的“最后一公里”?在他们看来,“最后一公里”是结果。而他们关注全过程,即无人理采、无人陪伴的前100米、500米、800米寂寞区。

信任,是一切合作的基础。

一个是国内最早从事碳材料研究和产业化的“元老”,一个是陶瓷基复合材料研究的“新贵”。强强结合,优势互补,强大的碳材料基因和高科技陶瓷业融合,是诞生世界级产品的基础。

技术做强做精,企业才能做好做大。没有技术的强盛,犹如沙漠里的高楼,经不起雨打风吹;再大的经济规模,也只是个“虚胖子”,经不起敲打。

产学研一体化,说起来容易,做起来“头大”。“产”是龙头,“学”是龙身,“研”是龙尾。

“产学研的根本是什么?出发点又是什么?”公司总经理付鹏锋的问答,折射一个道理,“产学研的根本是为了产业自立,学会独立走路;自立的终极目标,是为了超越”。

中国企业要想实现“弯道超车”,科技领先是第一步,发动机的功率必须足够强大,其次才是驾驶者的水平。强大的落脚点,“强”是基础,“大”是未来。

从“理论成果”到“实际产品”,有太多艰难的路要走。中航工业首席专家、公司项目主持者田广来列举说,针对国内外面临的残余硅含量过高这一无法解决的全球难题,我们经过理论分析和试验摸索,不断对工艺进行系统优化,取得了一系列重大技术突破。

在产业化过程中,中航工业制动和西北工业大学在彼此尊重双方原有的核心知识产权的同时,对突破的三大关键技术点和五大发明点的知识产权,依据研制团队实践实践都明确了各自的归属,是企业的归企业,是院校的企业无异议,是一起攻克,双方共同拥有。我中有你,你中有我。相濡以沫的成长,彼此互信的机制。

通过持续攻关,他们成功地掌握了碳陶核心制造、工艺和加工技术,打造出了世界级产品的“王者装备”。

在校企合作的跑道上,如何做到彼此放心?他们在整体架构设计上,交叉设计:我中有你,你中有我。运行机制上:院校+企业模式。

把自己该做好的事情精心做好,遇到困难,双方研发团队协同攻关,形成真正意义上的互补。大学教授们甚至常年与企业指导研制工作,成为企业公认“荣誉职工”;企业的工匠们时时都可以进入西北工业大学学习请教,融入知识的海洋里,双方相濡以沫,携手共进。

“为什么说产业化难度大?”技术制造专家张晓伟认为,因为配置的设备能力、工艺手段、管理水平必须以高标准为起点,从材料研究、工艺配方甚至到产品验证,任何一个环节都需要以最高标准为手段。“只有这样,产品才有可能成为国家级顶尖成果、世界级产品”。

“院校+企业”的产业化模式,看似简单,做起来却十分艰难。任何一项科技不突破,产业化都有可能全部归零。每一项制造工艺、技术都是革命性的,没有丝毫参照可循。

在产业化艰难历程中,向克阳有一个经典的“刹车理论”比喻,公司上下大家只管拼命加油踩“油门”,一个字“快”。他呢?把握好安全性,什么时候超速了?他负责“踩刹车”,安全地保障产业化的车平安到达终点。

院校对高科技成果的“想法”与企业产业化路径的“做法”,千差万别,如何实现互补?他们将两支团队融为一体,教授学者们纷纷到企业上班,与产业阶层打成一片子,荣辱与共,实现技术和制造的高度融合。

企业负责碳/碳坯体的生产与加工,院校负责陶瓷化工艺处理,最后交企业进行装配付诸市场。

“谁也不能单独完成这件事,大家必须相互支撑,同舟共济。”西北工业大学项目参与者成来飞、范尚武描述,科技成果转化有效地解决了彼此分而不散、松而不紧、紧而不聚的被动局面。

如此一来,真正实现了优势互补,心灵换位,科学家和企业共同炖制一锅“心灵的鸡汤”。

有关资料显示,上世纪90年代,德国采用“反应熔体浸渗法(即RMI法)”制备了碳陶刹车盘,但其使用温度低,仅用于轿车和跑车;美国则采用“碳化硅有机前驱体浸渗热解法”在碳/碳中引入碳化硅,但是至今未见在飞机上使用的应用报道。

原始创新的高科技产品,自主研发的高科技产品,成就了“中国高度”。

“孩子”只有真正站起来,他才能赢得“成人”的尊重。否则,无论是技术层面的“攻关”,还是国家层面武器装备“买卖”,被人牵着“鼻子”走、被人“扶”着走路的人,不是“孩子”就是“病人”。

这就应对了这句话:自立才能自强。

### 飞机刹车盘,连接国家“大国防”

2006年以来,在我国南方和沿海航空基地,战机清晨“出操”时,出现了多起多次批次飞机冲出跑道、刹不住车的重大事故症候,上至空军司令员,下至飞行员,谈“刹”色变。

究其原因,是因为飞机刹车盘材料吸潮性强,导致刹车性能衰减所致。

可别小看这飞机的刹车盘,它却是飞机的关键部件之一,与飞机的“心脏”发动机和“大脑”飞控一样,同等重要。

刹车好不好,不仅关系到飞机的安全、飞行员的安危,更关系到战斗力的集成。一个飞机刹车的“点”,涉及的是飞机飞行安全的“面”。无论从国家安危的战略高度,还是产业的发展,飞机刹车已经从企业经营层面,上升为国家战略。

飞机刹车一个“点”的事故症候,踩踏的是中国飞机发展甚至国家安危的一个“面”。只要刹车有问题,谁也不敢去飞行。正如一辆刹车有问题的车,再好,也没几个人敢开?因为那不是开车,而是在玩命。

国家安危,匹夫有责。部队的需求、飞行员的安全,时时刻刻撞击着产业者和科学家的心灵。正是国家这一迫切需求,促使中航工业制动与西北工业大学产学研合作进入了“快车道”。

据了解,我国高校及相关科研机构的科技成果能够签约转化的不到30%,转化后也只有10%的科研成果

能取得经济效益。

向克阳分析,一个国家一个民族甚至小到一个人,如果没有创新精神,衰败落是必然的。自满自足,贪图自己份内的安宁享乐,就会渐渐堕落,对外部事务毫无兴趣,这是最大的风险。敢于冒险,善于挑战,勇于征战,才是企业永立于不败之地的真谛。

国家要自强,不能没有血性。企业要自强,不能没有骨气。

碳陶产品研制出来后,验证飞行是关键。主要检验产品与飞机的匹配性、兼容性和可靠性。每个机型上千次的试验,每次3000元至5000元不等的试验费用,十多个机型,累计数以千万计的财务费用,是不少科研院校难以承受的费用之痛,但在技术进步投资上,中航工业制动没有丝毫吝啬。

中航工业制动和西工大产业化的实践证明,产学研的战略诉求点必须建立在国家战略需求的政策引导下,大学科技资源转化的自身诉求上,行业问题导向的“痛点”上,经济社会发展的双赢上,综合构建“三位一体”的产业化集群模式。

### 自主创新是做强技术做大产业的必由之路

如果一项商业模式的创新,不是基于科技创新之上,经济就会形成泡沫。放眼世界,没有核心科技,就无法自立自强。

填满技术真空,成就冲天英雄。过去,世界列强掌握了行业的源头技术,并紧紧地把握住市场。而今中国不断创新的技术硬碎了西方国家的壁垒。

以中航工业制动为例,原先,国际上飞机碳/碳刹车盘一直由西方大国垄断,而且价格昂贵;而当碳/碳刹车盘国产化后,他们迅速降价。如今,一些国外竞争者甚至主动找上门来,洽谈合作。技术实力赢得了竞争方的尊重,科技成就了创新之美。我们在感受到科技力量的同时,也真切地感受到国外竞争者对国内产业者尊重的分量。

科技兴国,不再是一句空话!今天,双方改变的,不仅仅是技术,而是包涵在技术外壳里不易被人察觉的核心——精神的强大。

对新技术以及新生事物有着“先天”敏感性制动人吗,有一种血性,那就是任何飞机刹车的前沿技术出现,他们都会第一时间“扑”上去,咬回来“咀嚼”,以此“武装”自己。技术新锐的周蕊形容,哭着哭着,我们都要把产品或技术做到最好。

产业创新倒逼学术创新,西工大通过产业化实现了资本积累,制动人通过科技化完善了技术底蕴。封闭的学术文化、惰性的产业文化正走向开放、合作,从“心”出发的产学研合作模式,将激活“年老体衰”产业化的机体。

目前,中航工业制动已完成400多炉次碳陶刹车盘的批产考核,生产了十多个机型10000余件碳陶刹车盘,惯性台试车考核10000余次。已批量装机碳陶刹车

盘120余架份,累计安全飞行10000余个起落。无论科技含量、产品质量和配套机种,均名列世界前茅。

“西北工业大学拥有高科技的科研成果,我们拥有强大的设计制造能力。”项目参与者公司复合材料事业部总经理刘海平介绍,他从西北工业大学毕业后,又师从于张立同院士读博士,几乎全过程参与了碳陶刹车材料的产业化历程,让他最感叹的,是彼此双方的信任。

“我们没有资格做不好呀。”作为企业参研代表和张立同院士培养的博士生,他是双方最好的联络员。

“团体冠军是由若干个单项冠军组成。”讲究细节管理的向克阳分析,一个国家的技术体系就如同金字塔,“九层高台,起于垒土”。做企业,就是要足够专注,数十年如一日专注技术、专注产品,代代相传锤炼一技之长,组成产业集群,才是中国技术实力的基础和底气之所在。

在工程应用方面,国内主流飞机设计院纷纷评价认为,碳陶刹车盘性能稳定、效率高,有效地解决了多年来飞机刹车湿态性能衰减大等重大问题。特别是耐海水、耐盐雾腐蚀性能力强,抗震和抗冲击力强,还能实现浇水后快速冷却,从而大大缩短了飞机连续出动的时间间隔,节约时间10倍左右。

与此同时,该刹车盘可广泛应用于高档跑车、重型汽车、坦克、重型机械和高速列车等领域,可形成数十亿元经济效益的产业规模,推动我国交通运输等相关行业的技术进步和产业升级。

### 启示录:新技术与产业界该如何互动

每一次科技的进步,远非三五年之功,没有十年甚至更长时间的执着“长跑”,不可能取得突破。中航工业制动和西北工业大学的实践证明,只有静下心来,坚守信念,执着追求,才有可能实现真正意义上的重大突破。

#### 启示一:自主创新要合力,嘉禾更需沃土育

中航工业制动欠缺的技术,西北工业大学深度补充到位。学校不具备制造所需要的设计、生产、工艺以及检测等综合能力,特别是在飞机上做验证的能力,中航工业制动有足够多的飞机项目进行验证,强强联合,优势互补的结果,让大家受益匪浅。

创新难,潜心研究更难。攻克技术难关,实践推广更是难上加难。记得当年碳/碳刹车盘问世时,遭到了一些坚守粉末冶金刹车盘的“反碳/碳派”专家对碳/碳刹车盘诽谤、打压,几乎让第一个“吃螃蟹”的中航工业制动喘不过气来。致使碳/碳新材料的订货量低迷不振,粉末冶金刹车盘不降反增。“技术吃透了吗?”一切怀疑的眼光和不屑的神态,几乎将新材料的“幼苗”诛灭。

近几年来,碳/陶刹车盘的市场逐步开阔,这些曾经反碳/碳材料的专家又演变成新的反对力量——“碳陶”反对派。他们“老调重弹”,列举了碳/陶材料的种种不是,最可笑的是:“国外都没有应用的技术,我们能用什么?”

李克强总理说过一句话,假如我们自己都不用自己人研制的新技术新产品,能寄希望别人先用吗?

在科技新成果面前,敢为天下先,敢于试用,善于理解,这样才是对待科技的态度。新产品成长的是无限的,任何阻挠都有悖于科学发展的规律。

#### 启示二:信任尊重做基础,团队协作结硕果

实实在在地说,大学教授们最为看重的是自己团队多年来呕心沥血攻克的科技成果,是否得到合作者的尊重。具体体现在知识产权的界定上,哪些属于企业哪些属于个人,界面应该清楚。

“不把利益放在第一位,而把信誉放在第一位”。作科技良心的张立同和把刹车当事业做的向克阳,他们用“科技报国”和“产业强国”的抱负,彼此之间找到了“共同语言”,把成功当作唯一的标准,不把利益放心间。

“有所为”和“有所不为”,选择至关重要。在产学研道路上,少做加法,多做减法。先确定什么事情不能干,其次才是什么事情能干,并且能够干好。这才是体现集体智慧的地方。

把“有限”的精力和“有限”的资源,集中到大家比较擅长的事情上,这才是合作的最高境界,学会做“减法”,远比一味做“加法”的人幸福得多。

