

针对科技“短板”,瞄准科技前沿, 加速攻克关键核心信息技术和航空制造技术

朱剑英

(南京航空航天大学,江苏 南京 210016)

摘要:制造技术是所有科学技术的实现技术,只有通过制造,一切科学技术才能从潜在的生产力转化为现实的生产力。针对我国信息技术和制造技术与先进国家的差距,确定我们的奋斗目标,瞄准世界科技的前沿,通过坚持不懈的努力,力争尽快攻克关键核心信息技术和制造技术的难关,才能赶上并超过这些先进国家。列举了我国亟待攻克的关键核心信息技术和航空制造技术,介绍了有关情况,并针对科技“短板”,瞄准科技前沿,提出创新地解决问题的思路和方法,特别有助于我国科技领域的研究生选择自己的科研方向,加强科研信心和动力,攻克科研难关。

关键词:核心信息技术;核心航空制造技术;潜在与现实生产力;差距;亟待攻克;创新

中图分类号:TH166 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2019)04-0001-09

Urgently Surmounting difficulties of Key Core Information and Aviation Manufacturing Technologies for Solving the “Short-Board” and Following up the Leading Edge Technologies

ZHU Jianying

(Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: The Manufacturing Technology brings about all kind of sciences and technologies. Only by manufacturing, every science and technology can be transformed from potential productivity into realistic productivity. There is a gap between our information technology and aviation manufacturing technology and the ones of advanced countries, so the world leading edge manufacturing technologies should be used as the objective of a struggle. The difficulty of these key core manufacturing technologies must be urgently surmounted. This paper only lists some of information technologies and aviation manufacturing technologies which urgently need to be surmounted and introduces, the state of the art of two technical fields and the ideals and technique measures for solving these problems. It greatly helps our post graduate students to select the research projects and overcome through the technical barriers.

Keywords: core information technology; aviation manufacturing technology; potential and realistic productivity; technical gap; urgently surmounting; innovation

0 引言^[1-3]

制造业是国家现代化工业的基础,是国民经济的保障和原动力,是共和国实力的脊梁,是人民生活的重要保障。没有强大的制造能力,永远不能实现中华民族伟大复兴的“中国梦”。

1988年9月5日邓小平总书记在会见捷克斯洛伐克总统胡萨克时,提出了“科学技术是第一生产力”的著名论断。1989年,邓小平总书记在接见外宾时又进一步讲:“科学技术是第一生产力,科学是了不起的事情,要重视科学,最终可能是科学解决问题”。邓小平总书记的这一论断,体现了马克思主义的生产力理论和科学观。“科学技术是第一生产力”,既是现代科学技术发展的重要特点,也是科学技术发展的必然结果。制造技术是所有科学技术的实现技术,只有通过制造,一切科学技术才能从潜

在的生产力转化为现实的生产力。

今年是中华人民共和国70周年华诞。建国70年来我国取得了许多震惊世界的伟大成就,其中最重大的有:两弹一星、杂交水稻、合成牛胰胰岛素、神舟号载人航天飞船、嫦娥工程、航空母舰、核潜艇、东风导弹、新一代军机、大型飞机“三剑客”(C919、运20、AG600)、中国高铁、中国核电、北斗卫星导航、特高压输电、超级计算机(天河1号、2号、3号、神威太湖之光)、屠呦呦获诺贝尔奖、世界最大射电望远镜FAST、人工智能、可控核聚变、量子保密通信、南海可燃冰试采、中国国外高端工程等。特别引起世界广泛关注的是,近几年我国陆续发布并大力实施的高端战略:“人类命运共同体”、“一带一路”、“雄安新区”、“粤港澳大湾区”、“大众创业万众创新”、“中国制造2025”、“高校创建双一流”、“互联网+”、“人工智能+”等。

颂扬过去取得的成就,可以鼓励斗志,增强信心,是必要的。但是成绩只能说明过去,更重要的是要从过去的成

绩和失误中总结经验教训,从与先进国家的科技差距中确定我们的奋斗目标,这样才能使我们知己知彼,迅速赶超先进国家,实现富民强国的“中国梦”。

1 亟待攻克的关键核心技术^[1]

2018年6月21日下午《科技日报》总编辑刘亚东在中国科技馆的科学传播沙龙上,做了一个题为“除了那些核心技术,我们还缺什么”的即席演讲,介绍了《科技日报》推出的35项“亟待攻克的核心技术”。没想到,根据现场录音整理的发言稿发布后,在网上网下、国内国外引起轩然大波。许多知名微信公众号、大型新闻网站以及传统媒体纷纷转载或发表评论,华尔街日报和荷兰国家电视台等还对刘亚东做了专访。此后,我国许多专家、教授、工程师、科技工作者在各种媒体上发表了大量的“我国亟待攻克的核心技术”。现将其中较重要的一些亟待攻克的关键核心信息技术和航空制造技术分列如下。

信息技术是当前的中心科学技术,各行各业都围绕着信息技术开展自己的业务。正在发展的“互联网+”战略、“大数据+”战略、“人工智能+”战略、“云计算+”战略都是以现代信息技术为基础的。信息技术中的关键核心技术是:高端芯片技术(包括高端芯片设计、高端光刻机、高端光刻胶、高端芯片制造工艺、手机射频器件、ITO靶材、高精度微球等)及操作系统技术。目前,这些技术都掌握在外国人,特别是美国人手中。

1.1 高端芯片^[4]

高端芯片(图1)是制造现代手机、计算机、电信设备等微电子系统产品的基础元件。芯片的技术水平以芯片的刻线宽度(nm,纳米级)为标志,当前量产最高技术水平芯片是7nm级(实验室已制造出3nm芯片)。我国每年进口芯片的花费大约达2000亿美元(12789亿元)。中国每年进口石油也差不多需要这么多钱,芯片是我国进口额最大的产品。近日,根据多家科技媒体的消息,Compass Intelligence发布了全球AI芯片公司排行榜。在这份排行榜中,华为海思排名第12位(图2)。

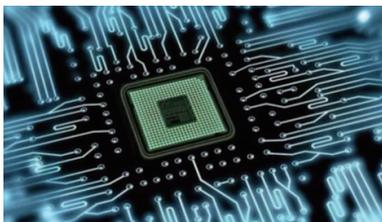


图1 高端芯片

芯片制造主要分为三大环节:晶圆加工制造、芯片前期加工、芯片后期封装。其中技术难度最大的是芯片前期加工这个环节,分为上百道制程,每道制程都有相应的装备。在这些装备里面,技术难度最大的就是光刻机。

中国芯片制造主要是在第一和第三环节。第二个环节中的技术装备大部分处于空白,所以高端芯片都需要进口。国内外技术差距主要体现在四个方面:中央处理器



图2 全球AI芯片公司排行榜

(CPU)、存储器、高端通用芯片(FPGA等)、移动处理器。

2016年3月,美国商务部借口中兴违规对中兴通讯实施出口限制。2017年3月,中兴通讯同意接受处罚,支付11.9亿美元的罚款。2018年4月16日,美国商务部工业与安全局(BIS)以中兴违规为由,再次做出了激活对中兴通讯和中兴康讯公司拒绝令的决定。禁止美国公司向中兴通讯出口电讯零部件产品(主要是芯片),期限为7年。中兴的妥协没有换来“和平”。

2019年5月9日,美国政府宣布,自2019年5月10日起,对从中国进口的2000亿美元清单商品加征的关税税率由10%提高到25%。美方上述措施导致中美经贸摩擦升级,损害双方利益,不符合国际社会的普遍期待,必然遭到中方反击。中国国务院关税税则委员会决定,自2019年6月1日0时起,对已实施加征关税的600亿美元清单美国商品中的部分,提高加征关税税率,分别实施25%、20%或10%加征关税。

2019年5月18日,美国再度对中国的华为集团启动了制裁——禁止所有美国企业购买华为设备,也禁止美国企业向华为出售零配件。但令特朗普没想到的是,华为集团开启了强大的“备胎计划”。华为官方称,“华为备胎”计划中拥有芯片,其中,除了大家熟知的华为手机芯片、麒麟系列外,还有服务器芯片(鲲鹏系列)、基站芯片、基带芯片、AI芯片等。即使安卓系统不能使用,也没关系,华为也有自己的手机操作系统。

华为副总裁何刚在不久前向媒体透露华为自主研发的采用7nm制程的麒麟980已经完成了研发。如果不出意外今年9月麒麟980就会量产,也就是说华为将先人一步,比高通更早推出7nm制程的芯片!

1.2 光刻机^[5]

光刻机(图3)是制造高端芯片的关键设备。电路图案经光刻机,缩微投射到底片,蚀刻掉一部分胶,露出硅面做化学处理,如此做出掩膜母片。再用母片通过光刻机制造底片,然后再由底片通过光刻机制造芯片,要重复几十遍这个过程。

位于光刻机中心的镜头,由20多块锅底大的镜片串联组成。镜片需用高纯度透光材料+高质量抛光。光刻机使用的镜片,要数万美元一块。即使有顶级的镜头和光源,如没有极致的机械精度,也不能制造出合格的芯片。光刻机里有2个同步运动的工件台,1个载底片,1个载胶片。两者需始终同步,误差在2nm以下。2个工作台由静到动,加

速度跟导弹发射差不多。最好的光刻机,包含 13 个分系统,3 万个机械件,200 多个传感器,每一个都要稳定工作,任何一个工作有极微小的误差,都会全功尽弃。

目前,高精度光刻机产自 ASML、尼康和佳能三家;顶级光刻机由 ASML 垄断。ASML 现在已能生产 7~14 nm 的光刻机。我国上海微电子装备公司(SMEE)量产中国最好的光刻机,与中国的大飞机、登月车并列。它的加工精度是 90 nm,相当于 2004 年上市的奔腾四 CPU 的水准。但国外在实验室已经做到了 3~5 nm。

美国对中兴和华为制裁,促使了中国加速对光刻机的自主研发。我国中芯国际于 2018 年 12 月宣布,该公司的 14 nm 芯片的研发获得巨大成功,试产的良品率已经高达 95%,技术达到了量产的要求,14 nm 芯片预计将在 2019 年的年初量产,量产时间足足提前了半年。

1.3 操作系统^[6]

操作系统是软件,它是手机、计算机工作的前提。目前我国尚没有自己的操作系统。缺少自主研发操作系统,不仅是中国的痛点,英、俄、日、德、印等强国用的都是美国人的操作系统。操作系统由美国先人一步垄断,占据高点,赢家通吃。

手机和计算机的操作系统由 3 家美国公司垄断。2017 年安卓系统市场占有率达 85.9%,苹果 IOS 为 14%,其他系统仅有 0.1%。那 0.1%,基本也来自美国:微软的 Windows 和黑莓。中国手机厂商免费利用安卓的代价,就是随时可能被“断粮”。

最近,美国对华为的遏制不断升级。特朗普政府开始是将华为列入“实体黑名单”,很快,谷歌公司限制华为在安卓操作系统方面的合作,接着,芯片设计商 ARM 称将暂停与华为的业务。谷歌公司安卓系统的终结,ARM 芯片的截流对华为而言是实实在在的“精准打击”和“釜底抽薪”,因为这种打击很难找到破解方法,对于华为来说,这是一种“根”的被切断。

一个国家、一个社会、一个企业要有自己的“根”技术,才能在激烈的竞争中立于不败之地。建立“根”技术不仅需要顶尖的人才、大量的经费投入、技术上的重大突破,更需要标准的制定、经验的积累和时间的沉淀,甚至还需要文化上的认可。华为之所以成为此次攻击的头号目标,一个重要的原因就是:华为想要成为一家“根”企业。华为在 5G 方面的标准制定,在芯片底层方面的设计和在操作系统方面的研发,都是在生“根”。

这场贸易战,使我们更加清醒了:科技落后是要挨打的!我们没有任何其他的出路,唯一的出路就是迎头赶上,像中国人民解放军进行曲所唱的:向前!向前!向前!

1.4 手机射频器件^[7]

一块手机的主板上,1/3 的空间是射频电路。手机发展趋势是更轻薄、功耗更小、频段更多、带宽更大,这就向射频芯片提出了挑战。射频芯片将数字信号转化成电磁波,4G 手机要支持十几个频段,信息带宽几十兆。2018 年,射频芯片市场 150 亿美元。高端市场基本被 Skyworks、Qorvo 和博通 3 家垄断,高通也占一席之地。射频

器件的另一个关键元件——滤波器,国内外差距更大。手机使用的高端滤波器,几十亿美元的市场,完全归属 Qorvo 等国外射频器件巨头。中国是世界最大的手机生产国,但造不了高端的手机射频器件(图 4)。这需要材料、工艺和设计经验的踏实积累。



图 3 光刻机



图 4 手机射频器件

1.5 ITO 靶材^[8]

ITO 靶材(图 5)不仅用于制作液晶显示器、平板显示器、等离子显示器、触摸屏、电子纸、有机发光二极管,还用于太阳能电池、抗静电镀膜和 EMI 屏蔽的透明传导镀膜等,在全球拥有广泛的市场。

ITO 膜的厚度因功能需求而有不同,一般在 30 nm~200 nm。在尺寸的问题上,国内 ITO 靶材企业一直鲜有突破,而后端的平板显示制造企业也要仰人鼻息。烧结大尺寸 ITO 靶材,需要有大型的烧结炉。国外可以做宽 1200 mm、长近 3000 mm 的单块靶材,国内只能制造不超过 800 mm 宽的。产出效率方面,日式装备月产量可达 30 t~50 t,我们年产量只有 30 t——而进口一台设备价格要花 1000 万元,这对国内小企业来说无异于天价。

每年我国 ITO 靶材消耗量超过 1000 t,一半左右靠进口,用于生产高端产品。

1.6 光刻胶^[9]

我国虽然已成为世界半导体生产大国,但面板产业整体产业链仍较为落后。目前,LCD 用光刻胶几乎全部依赖进口,核心技术至今被 TOK、JSR、住友化学、信越化学等日本企业所垄断。就拿在国际上具有一定竞争实力的京东方来说,目前已建立 17 个面板显示生产基地,其中有 16 个已经投产。但京东方用于高端面板的光刻胶,仍然由国外企业提供。光刻胶主要成分有高分子树脂、色浆、单体、感光引发剂、溶剂以及添加剂。开发所涉及的技术难题众多,需从低聚物结构设计和筛选、合成工艺的确定和优化、活性单体的筛选和控制、色浆细度控制和稳定、产品配方设计和优化、产品生产工艺优化和稳定、最终使用条件匹配和宽容度调整等方面进行调整。因此,要自主研发生产,技术难度非常之高。

1.7 微球^[10]

微球(图 6),直径是头发粗细的 1/30。手机屏幕里,每平方毫米要用 100 个微球,撑起了两块玻璃面板,相当于骨架,在两块玻璃面板的缝隙里,再灌进液晶。少了它,液晶屏幕将无法生产。没有微球,芯片生产、食品安全检测、疾病诊断、生物制药、环境监测……许多行业都会陷入窘境。仅微电子领域,中国每年就要进口价值几百亿元人民币的微球。2017 年中国大陆的液晶面板出货量达到全球的 33%,产业规模约千亿美元,位居全球第一。但这面

板中的关键材料——间隔物微球以及导电金球,全世界只有日本一两家可以提供。这些材料也像芯片一样,给人卡住了脖子。



图5 ITO 靶材

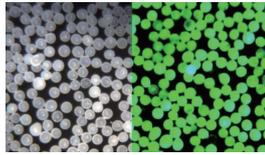


图6 微球



图8 采用 CLARE 材料的 A380 机身段

2 亟待攻克的核心航空制造技术

航空工业被誉为“工业的皇冠”,航空发动机更被誉为“工业皇冠上的明珠”,可见航空产品之宝贵、精致,研制航空产品之艰难、高超。

2.1 飞机制造技术^[11-17]

我国航空制造技术与先进国家的差距很大。在飞机制造方面,主要是飞机大型金属结构件制造技术、飞机大型复合材料结构件成型技术和飞机铆接装配技术还很落后。

2.1.1 飞机大型金属结构件制造技术(图7)

主要有:大型轻合金结构件铸造技术,大型整体框架锻造技术,大型机翼整体壁板成形技术,起落架“冷、热”加工装备与技术,多坐标/高速/高刚性/大功率的数控龙门铣床及加工技术,专用高速蜂窝铣床及加工技术,数控长桁缘条铣床及加工技术,高速及超高速切削技术,先进CNC蒙皮拉伸成形机及加工技术,整体壁板数控喷丸成形/强化技术,蠕变时效成形技术,高压橡皮囊液压成形技术,激光热应力塑性成形技术等。



图7 装配中的空客 A380 机翼

2.1.2 大型复合材料结构件成型技术^[18-19]

成型前的准备技术主要有:预浸料数控下料及自动剪裁技术,先进的自动化铺带机(ATL)和纤维铺放技术,激光定位技术。主要成型工艺有:真空袋压、真空成型工艺,热压罐成型工艺,模压成型工艺,热压/冷压模塑成型工艺,注射模塑成型工艺,多轴联动数控缠绕机及成型工艺,拉挤成型工艺,复合材料液体成型工艺等。近年来发展的GLARE结构(基于玻璃纤维的复合层板)的制造技术尤其值得关注(图8)。

2.1.3 飞机铆接装配技术

主要有:装配信息三维紧固件系统(CAFÉ)技术,数

控钻铆机及干涉铆接技术,高压水制孔及激光辅助定位钻孔系统,计算机辅助电子经纬仪(CAT)精准对接系统,计算机辅助大型壁板自动钻铆系统(图9),电磁铆接新型连接工艺,柔性自动化装配系统,大型飞机数字化装配线等。

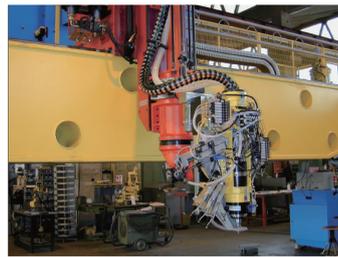


图9 意大利 BC 公司的自动钻铆机

2.2 航空发动机制造技术^[20-21]

对于飞机和发动机制造的核心技术,国外是绝对保密的。我国研制飞机和航空发动机的经历和经验也表明,航空制造工艺的核心技术是买不来的,唯有自力更生、勇于创新才能走出发展我国航空工业的康庄大道。

在航空发动机制造方面,主要是先进航空精密毛坯制造技术、整体叶盘制造技术、叶片制造技术、复合材料制造技术和特种加工技术还很落后。近年来,我国航空工业已有飞速发展,在航空发动机制造技术方面已取得许多突破,但从研发现代高端航空产品的角度看,目前我国的航空发动机制造技术尚难以适应,有待继续大力加强研究和开发。

2.2.1 先进航空精密毛坯制造技术^[22]

主要有:钛合金件等温模锻技术,超塑成形与扩散连接技术,3D打印喷射成型技术,压气机叶片精锻,定向凝固空心无余量精铸叶片,单晶合金精铸涡轮叶片(图10),多联空心叶片整体铸造,双层壁冷单晶叶片(高效散热气冷单晶叶片)精密铸造,高温合金薄壁大型复杂机匣精铸



图10 航空用高温合金单晶叶片

(外形尺寸可 >1000 mm, 壁厚减薄至 $0.8\sim 1.25$ mm), 整体铸造钛合金机匣、涡轮盘、环形件, 精密轧制高温合金、钛合金环形件等。

2.2.2 整体叶盘制造技术

主要有: 失蜡精密铸造整体叶盘, 五坐标数控铣削加工技术, 电子束焊接技术, 超塑成形与扩散连接技术, 线性摩擦焊接技术, 数控电解加工技术(图 11)。采用热等静压技术将粉末高温合金盘和精铸叶片扩散连接为整体叶盘, 采用不同部位施加不同变形量的形变热处理方法获得双重组织和性能的盘件, 锻接法制造整体涡轮盘后将单晶精铸叶片直接连接到锻造涡轮盘轮缘上的技术, 钛合金薄壁大型复杂机匣精铸及热等静压处理技术, 高温合金整体叶盘的无损检测技术等。



图 11 美国 Sermatech 公司电解加工的整体叶盘

2.2.3 叶片制造技术^[23]

压气机叶片和涡轮叶片是航空发动机的核心零件, 也是制造技术最高超、制造工作量最大的零件。叶片制造除了应用上述各种热加工制造技术外, 还采用各种先进的切削加工和特种加工方法, 主要有: 多轴联动数控机床及加工技术, 高速、超高速切削机床及加工技术, 高效精密砂带磨削加工技术(图 12), 超精磨削加工技术, 超精抛光、研磨技术, 精密电火花加工技术, 电解加工技术, 精密机-电复合加工技术, 激光打细微孔技术等。



图 12 叶片七轴六联动数控高效精密砂带磨

特别要指出的是, 目前常采用各种“冷、热”组合加工技术来制造宽弦风扇叶片。例如美国企业制造 F119 发动机的钛合金风扇叶片时, 先用切削加工方法把钛合金毛坯加工成两个半叶片, 再用真空扩散焊连接成一个整体空心平板叶身, 最后用超塑成形法加工成最终叶型。

2.2.4 复合材料制造技术^[1,4-19]

减轻飞机和发动机的质量对于提高飞机性能有非常

重要的意义, 目前在第四代战斗机和大型客机的航空动力装置上越来越多地采用各种复合材料。例如在推重比 $15\sim 20$ 高性能发动机上的压气机采用整体叶环, 由于采用复合材料, 叶片减轻, 可以直接固定在承力环上, 从而取消了轮盘, 使结构重量减轻 70% 。

树脂基复合材料构件的制造技术有自动铺带技术(ATL)、自动纤维铺放技术(AFP)、激光定位、自动剪裁技术、模压成形、树脂传递模塑成形(RTM)、树脂膜浸渍成形(RFI)、热压罐固化成形等技术(图 13)。

制造复合材料零件与制造金属材料零件相似, 也常采用各种“冷、热”组合加工技术。例如制造 GE90 发动机的复合材料风扇叶片, 采用石墨纤维/增韧环氧树脂预浸带, 用七轴 CNC 自动缠绕机缠绕成叶片。又如对于推重比 $15\sim 20$ 高性能发动机的金属基复合材料风扇叶片, 美国的企业拟用连续碳化硅纤维增强的钛基复合材料(TiMMC)来制造, 将采用超塑成形/扩散连接工艺制出空心风扇叶片。

2.2.5 特种加工技术^[24-25]

航空发动机制造中大量应用各种特种加工技术。以高能束流加工为代表的特种加工技术是航空发动机制造常应用的主要特种加工技术, 主要方法有: 电火花加工、电解加工、电铸成型、电解磨、电化学抛光、电子束加工、离子束加工、等离子加工、超声波加工、磨料流加工、高压水射流切割、超高速切削(磨削)、金刚石超精密车削(磨削)、喷丸加工、爆炸成型、激光打孔、激光加工和激光表面强化等。

特种焊接技术在航空发动机焊接结构件上的应用越来越广泛。特种焊接技术主要包括: 钨极惰性气体保护弧焊(GTAW)、活性焊剂焊接技术, 自蔓延高温合成焊接法, 等离子弧焊(PAW)、电子束焊(EBW)、激光焊(LBW)、真空钎焊(VB)、扩散焊(DB)、惯性摩擦焊、线性摩擦焊等。

涂层技术在航空发动机关键零部件的耐磨、高温防护、隔热、封严以及钛合金零件的防微动磨损、阻燃等方面起了显著的作用, 应用越来越广泛。先进的涂层方法主要包括: 真空等离子喷涂, 层流等离子喷涂, 超音速火焰喷涂, 电子束物理气相沉积, 化学气相沉积, 真空离子溅射涂层等。

快速原型/零件制造技术为航空发动机复杂零件的设计实现实体化提供快速方便的手段^[23], 可实现精铸复杂模具的制造, 现在发展到直接快速成形零件, 这是一种很有发展前景的工艺方法。主要方法有: 分层实体制造、选择性激光烧结、熔化沉积制造、3D 打印(图 14)和 3D 焊接等。

2.2.6 高端轴承钢与轴承^[26]

航空发动机中的轴承是超高速、超高温、高精度、重载轴承, 它不仅要以每分钟上万转的速度长时间高速运转,



图 13 用于 B787 机身固化的全球最大热压罐



图 14 GE 用 3D 打印生产出 LEAP 发动机的燃料喷嘴

还要承受着各种形式的应力挤压、摩擦与超高温。这对轴承的精度、性能、寿命和可靠性提出了高要求,而决定这4点的关键因素在于高端轴承钢。

遗憾的是,虽然我国的制轴承工艺已经接近世界顶尖水平,但是高端轴承用钢几乎全部依赖进口。高端轴承用钢的研发、制造与销售基本上被世界轴承巨头美国铁姆肯、瑞典SKF所垄断。前几年,他们分别在山东烟台、济南建立基地,采购中国的低端材质,运用他们的核心技术做成高端轴承,以10倍的价格卖给中国市场。

炼钢过程中加入稀土,就能使原本优质的钢变得更加“坚强”。但怎么加,这是世界轴承巨头们的核心秘密。

稀土被称为“工业维生素”,稀土钢是指含有一定量稀土的钢。科学家们普遍认为,炼钢过程中加入稀土是解决高端轴承用钢的技术方向,但是在钢中加入稀土后,钢的性能变得时好时坏,在大规模生产过程中也极易堵塞浇口,虽经多年攻关仍未能突破技术瓶颈。

3 如何攻克关键核心技术的难关

攻克关键核心技术的难关,需要攻关的科研人员具有远大的理想信念、高尚的道德情操、坚毅的奋斗精神、创新的思维逻辑、科学的专业知识和踏实的工作作风。

3.1 不忘初心,牢记使命

2019年5月31日,习近平总书记在“不忘初心、牢记使命”主题教育工作会议上的讲话中强调:“为中国人民谋幸福,为中华民族谋复兴,是中国共产党人的初心和使命,是激励一代代中国共产党人前赴后继、英勇奋斗的根本动力。”

早在2013年3月17日的第十二届全国人民代表大会第一次会议闭幕会上,习近平总书记指出,“实现中华民族伟大复兴的中国梦,就是要实现国家富强、民族振兴、人民幸福。”中国共产党人的初心和使命就是践行并实现“中国梦”。

践行并实现“中国梦”既是中国共产党人的初心和使命,也是全国人民的初心和使命,更是我国科技工作者的初心和使命。

国家富强、民族振兴、人民幸福是三位一体的目标和任务。

3.2 攻坚克难,要特别牢记“两个一百年奋斗目标”和历史教训

“两个一百年奋斗目标”就是“建党一百年奋斗目标”和“建国一百年奋斗目标”。它们是践行“中国梦”的分期目标。明年我们就要完成“建党一百年奋斗目标”,到本世纪中叶再完成“建国一百年奋斗目标”。

从1840年鸦片战争起到1949年中华人民共和国成立止的109年,是我国饱受侵略、任人欺凌、民不聊生、丧权辱国的109年。我们践行“中国梦”,攻克关键核心技术的难关,更要特别牢记百年来的历史教训。

3.2.1 “两个一百年奋斗目标”

1) 到建党一百年

到2020年,实现全面建成小康社会宏伟目标,国内生产总值和城乡居民人均收入比2010年翻一番。

2) 到建国一百年

到2049年,实现中华民族伟大复兴“中国梦”,建成富强民主文明和谐的社会主义现代化国家。

3.2.2 历史教训

1) 1989年,邓小平同志在接见外宾时讲:“科学技术是第一生产力;科学是了不起的事情,要重视科学,最终可能是科学解决问题。”

2) 最早提出“落后就要挨打”这个命题的,是斯大林。1931年2月4日,他在全苏社会主义工业工作人员第一次代表会议上发表的《论经济工作人员的任务》的演说中提出这一命题,并且作了深刻的阐述:“延缓速度就是落后。而落后者是要挨打的。但我们不愿意挨打。不,我们绝对不愿意!”

3) 习近平总书记在多次科技工作会议、教育工作会议和党的十九大会议上提出:“科技强则国强,教育强则国强,青年强则国强。”

4) 梁启超在1900年所写的《少年中国说》一书中写道:“……故今日之责任,不在他人,而全在我少年。少年智则国智,少年富则国富,少年强则国强,少年独立则国独立,少年自由则国自由,少年进步则国进步,少年胜于欧洲,则国胜于欧洲,少年雄于地球,则国雄于地球。”

3.3 关于中美贸易战

美国为了遏制中国崛起,企图先从经济上,进而从政治上控制中国。于是在2018年开展了中美贸易战。2018年9月6日美国宣布拟对华2000亿输美商品加征关税,2019年4月30日,美国国务院政策规划主任斯金纳称中美竞争是不同文明和不同种族之间的竞争,将中美竞争上升为文明与种族竞争。2019年5月10日,美方称将对2000亿美元中国输美商品加征的关税从10%上调至25%。贸易战已经进入白热化。

特朗普已经放话,中国想停战,必须满足美国4个条件:1)给中国1年时间,减少1000亿美元贸易顺差。2)中国对美国开放金融与电子商务市场。3)不允许中国进行以市场换技术。4)不许用政府补贴搞行业政策,具体指不准搞“中国制造2025”。美国提出这些条件,实际上就是想逼中国签不平等条约!

美国逼中国在一年内减少1000亿逆差,就是逼人民币升值。人民币升值意味着:第一,美国欠中国的3万亿美元将变少;第二,中国出口的产品因价格变高将没有市场,中国企业将大量倒闭。在1985年,美国曾联合四强逼迫日本签订《广场协议》,逼迫日元升值,使日本外汇储备瞬间蒸发数百亿美元!更惨的是,日本的企业因产品销不出去而大量倒闭,1990年-1996年,日本破产企业年均高达14000家,日本经济彻底崩盘,失业人口暴增数百万!仅仅是一纸《广场协议》,让日本活生生倒退20年!美中贸易战打响,日本前首相福田康夫在《人民日报》撰文,用当年的日本惨案告诫中国:中国应吸取日本教训,对美提高警惕!

美国想让中国开放金融市场,说白了,就是想宰杀中

国股民,方便美国在中国抢钱。2015年中国股灾,据传是有国际资本做空中国市场,好从中国手里抢钱。6月,我国证监会出手,证金、中金几个国家队砸钱救市。调集2.5万亿巨款杀入股市。一番血战,阴谋势力铩羽而归,中国股市股民得保。97年金融风暴。以索罗斯为首的国际游资抢劫东南亚。因为没有政府干预和庞大资金支持,东南亚各国被打到毫无还手之力,一夜间损失上千亿美元,破产的破产、跳楼的跳楼、抢劫的抢劫。被国际游资洗劫的后果,比打一场战争还恐怖。同期的香港,因为有中央政府的资金,加上行政手段干预市场,最终惨胜,索罗斯损失十几亿美元。

整个贸易战,美国完全是冲着中国的高科技,先是对中兴公司,现在又对华为公司实行制裁,特别是冲着“中国制造2025”。美国企图通过高税收,通过扼杀中国的高科技和中国的制造业,从而扼杀中国的经济增长,遏制中国崛起。这是痴心妄想!

世界著名经济学家林毅夫在今年5月22日北大国发院“朗润·格政”论坛的发言中指出:“中美贸易战对中国GDP的影响顶多0.5个百分点,对美国的影响可能稍微少一点,0.3个百分点。美国现在的经济增长率不到3%,如果下降0.3个百分点,其增长率要损失10%。对中国来讲,我相信维持6%~6.5%的增长是没有问题的。而且我个人相信,应该还是比较靠近6.5%。那么,即使减少0.5个百分点,我们还有6%的增长,这在全世界还是很高的增长。”

中美贸易战,美国的优势是科技,中国的优势是市场。从历史和现实看,科技与市场“斗”,最终的赢家必然是市场。因为没有市场的科技,即使水平再高,也是无意义的。市场需求是科技发展的源泉、目标和动力。再高水平的科技都是人创新研究出来的,遏制只能激起产生更高水平的创新科研。但是一个独立国家的市场却不是任何国家可以恣意占有的。

针对这场贸易战,中国外交部说:打仗,中国奉陪到底!人民日报说:中国扩大开放的新举措,不适用美国!新华社更是直言:勿谓言之不预也!

这次贸易战,所有人都不明白,中国这次为何空前强硬?因为我们怕历史重演!因为我们被打够了!过去我们妥协过,结果换回了《南京条约》、《辛丑条约》、国家领土被随意租借;妥协带来了南京大屠杀;妥协到了中华民族成为了“劣等民族”的代名词……。

3.4 创新、创新、再创新

十八届五中全会明确了“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念。而在其中,“创新”一词排在第一位。自十八大以来,在习近平总书记的公开讲话和报道中,“创新”一词出现超过千次,可见其受重视程度。正如习近平总书记所说:“创新是民族进步的灵魂,是长远发展的动力,是一个国家兴旺发达的不竭源泉”;“坚持创新发展,就是要把创新摆在国家发展全局的核心位置,让创新贯穿国家一切工作,让创新在全社会蔚然成风。”

美国为了遏制中国的发展,凭借其高端科技,发起了贸易战。我国的科技工作者唯有牵住科技创新这个“牛

鼻子”,才能攻克“卡脖子”的关键核心技术,占领科技高地、赢得科技优势,打赢这场贸易战。

3.4.1 原始创新是创新的最高层次

创新有3个层次:1)原始创新;2)集成创新;3)引进、消化、吸收再创新。原始创新是创新的最高层次。高等院校是创新思维最活跃的地方,常常是原始创新的发源地。

从第2,3层次出发,也可做到原始创新。费马大定理的证明就是一个很好的例证。什么是费马大定理?它原来只是一个猜想,是由法国人皮埃尔·德·费马于1637年提出的,猜想问题的数学表达如下:

$$X^n + Y^n = Z^n \text{ 在 } n > 2 \text{ 时没有正整数解。}$$

这个猜想问题,实际上很容易从毕达哥拉斯定理(我国称为勾股定理): $X^2 + Y^2 = Z^2$ 引出。但为了证明这个猜想,300多年来难住了一代代数学家。

美国数学家安德鲁·怀尔斯出生于英国剑桥(1953),1980年移居美国。1963年他10岁时在回家路上的图书馆里,看到埃里克·坦普尔·贝尔写的科普读物《大问题》,受到吸引,产生了爱好,于是终身从事数学研究,后来获得数学博士。1985年(32岁)被聘为普林斯顿大学教授。他一直为实现童年梦想而奋斗,孜孜不倦、默默无闻地努力钻研,9年没出一篇文章,终于在1994年10月证明了费马大定理。论文发表在1995年5月的《数学年刊》上,并因此获得数学史上唯一的一个菲尔兹特别奖(因他已超过40岁,按规定不能获奖)。费马大定理的证明被誉为20世纪的重大科学进展之一。

勾股定理在中国的《九章算术》中已有记述,为什么这个稍加推广就可提出的猜想问题,不是出自一代代炎黄子孙之口?这不能不“怪罪”于国人的封闭思维习惯了!

3.4.2 哲学、艺术、科学相结合往往可产生出原始创新

门得列也夫发明元素周期表是受音乐家作五线谱曲的启示。哲学的“无限”世界观启发人们思考超光速、超绝对零度、宇宙黑洞的存在。

哲学的“一分为二”世界观启发英国科学家马瑞斯提出电子可分论,这是哲学与科学相结合产生原始创新的又一例证。

科学家一直认为最基本的粒子是不可分的。自由电子1897年4月30日由汤姆逊发现以来,至今还不曾有任何证据表明电子是可分的。2000年11月美国布朗大学研究液氦的英国物理学家马瑞斯,根据量子力学理论(每一种基本粒子都可用“波函数”来描述),经计算发现,电子的“波函数”可以分成两部分,所以他认为:电子可一分为二。有媒体记者问他怎么会想起电子是可分的?他回答说:“哲学认为一切事物都是可分的,对电子也应如此。我这样想,就这样做,我终于成功了。”

美国佛罗里达大学诺贝尔奖获得者伽里说,如果马瑞斯的预言正确,他肯定会获诺贝尔奖。

我国有许多博士生都学习过《量子力学》,知道电子的“波函数”表达式,为什么没有一个人,根据哲学“一分为二”的世界观,想到用数学方法将电子的“波函数”表达式分成两部分呢?如果2000年以前我国有一位博士生能将电子的“波函数”表达式分成两部分,那么,未来获诺贝

尔奖的人不就是他了吗?

请记住,科学发现是“只有第一,没有第二”的呀!

中国古诗云:“不识庐山真面目,只缘身在此山中。”所以,只有“跳”出现在的单一学科领域的“低层次”,站到哲学、艺术、科学相结合的“高层次”上进行创新思维,才能产生原始创新的“火花”(图 15)。

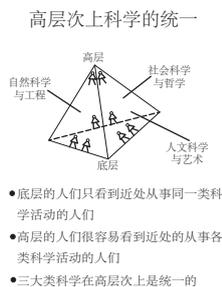


图 15 高层次上科学的统一

3.4.3 创新者素质^[27]

美国热销书《Creating Innovators: The Making of Young People Who Will Change the World》(2012.4 Scribner 出版),作者 Wagner, Tony, Compton, Robert. A. 总结了创新人才需具备的关键素质(也叫创新者素质):

- 好奇心:养成提问题,对问题抽丝剥茧、系统分析的好习惯(Curiosity: the habit of asking good questions and desire to understand more deeply);
- 团队合作能力:学会倾听他人意见,向不同背景和专业的人学习自己不懂的东西(Collaborators: which begins with listening to and learning from others who have perspectives and expertise that are very different from your own);
- 联系或集成思维能力:从多方面看问题并能构思突破性解决方案能力(Associative or integrative thinking)。

作者尤其指出,创新者素质是可以培育、学习和引导的。无论什么人,在适当的环境和机会条件下,创新者素质都可以有非常大的提升和改变。很多研究也证实,后天的学习和努力比天分更重要。

很显然,我们目前的灌输加考试型教育满足不了创新人才培养的要求。相反,我们常常看到小孩四岁时会很好奇很喜欢问问题,而到了六岁半以后就往往停止问问题了——因为老师只喜欢正确答案而不是出格的问题。高中以后,好奇心就基本没了。教育把学生的好奇心给毁掉了^[28]。

3.4.4 产生创新的三大要素^[28]

哈佛大学商学院教授 Amabile 博士经过 35 年的研究得出了产生创新的三大要素(图 16):

- 专业知识(Expertise):创新的起点。关键是需要多少,什么时候需要以及如何获取(Just-in-time learning)。
- 创新思维(Creative-thinking skills):也即前面提到的创新者素质。
- 驱动力(Motivation):知识固然重要,缺少创新思维更不行。但更重要的是驱动力,尤其是内在驱动力。金钱、股票和奖励之类的外在驱动力能改变人的行为,但要跨越创新过程的万水千山和艰难险阻,没有内在驱动力万

万不行。内在驱动力就是本文前述的“不忘初心、牢记使命”和践行“中国梦”。

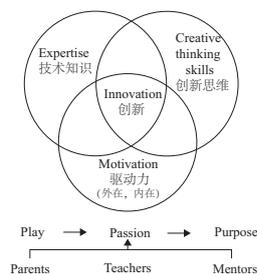


图 16 创新三要素

实现创新的路径:是从 Play (玩乐)到 Passion(激情),再到 Purpose(使命)。父母、老师和导师在这个过程中帮助至关重要。

创新者有了使命感,才敢于冒险,不惧失败,百折不挠去达到目标。

3.4.5 科技创新的主力是青年人

爱因斯坦于 1905 年提出狭义相对论,时年仅 26 岁。玻尔的原子结构理论诞生于 1912 年,其时他不过 27 岁。海森堡建立量子矩阵力学时不过 24 岁。狄拉克 23 岁为量子力学找到普适的数学工具,26 岁建立了相对论性量子理论。1953 年 4 月 25 日,英国《自然》杂志刊登了沃森和克里克关于 DNA 双螺旋结构模型,其时沃森 25 岁,克里克也不过 37 岁。哥德尔 25 岁提出并证明了哥德尔不完备定理。图灵 1936 年提出图灵机概念,时年 24 岁。

还有许多青年人,在大学阶段便作出了巨大创新。牛顿(I. Newton) 1665 年(22 岁)发明微积分。图灵(A. M. Turing) 1936 年(24 岁)提出图灵机概念。埃克特(J. P. Eckert) 1946 年(时为研究生)与莫切利(J. W. Mauchly)发明计算机。皮兹(W. Pitts) 1943 年(时为博士生)与麦克科洛奇(W. McCulloch)提出神经元的数学模型。卡尔曼(Kalman) 1960 年(时为研究生)提出可控性、可观性、最优控制理论及卡尔曼滤波。佩特里(Petri) 1972 年(时为博士生)提出 Petri 网。密歇根大学的许多博士生在 20 世纪 60 年代进行了遗传算法的开创性的研究。盖兹 1975 年(1973 年 19 岁时离开哈佛从商)创办微软公司,连续 20 多年为世界首富。

3.5 要一辈子与自己的懒惰作斗争

中外伟人的经历与中外名言都告诉我们:创新的第一要素是个人的勤奋!

爱因斯坦讲:成功 = 刻苦学习 + 正确的方法 + 少说废话。

爱迪生讲:天才是百分之一的灵感,加百分之九十九的汗水。

世界名言:“天才出自勤奋。”

韩愈讲:“业精于勤,荒于嬉。”

季羨林讲:“勤奋出灵感。”他还说:“成功 = 勤奋 + 天资 + 机遇。”

中国名言:“书山有路勤为径,学海无涯苦作舟。”

我近 60 年从教的经验,得到的结论是:学生智力的差

距是很小的,关键的因素是勤奋。

成功的要素=勤奋+良师+环境+天资+机遇。

机遇是为有心人准备的;没有准备,即使机遇来了,也会稍纵即逝;有准备了,没有机遇,也会创造条件争取机遇。然而,准备条件需要坚持不懈的勤奋努力!我常常给我的研究生们讲:“人常会懒惰的,我们要一辈子与自己的懒惰作斗争!”至今,我的已毕业的研究生有70多人,他们中许多人回母校时对我说:“当我懒惰时,我的耳边就会响起老师的话:要一辈子与自己的懒惰作斗争!”

3.6 王国维的治学“三境界”

国学家王国维用形象的文学语言,描述了治学的“三境界”,对我们很有启发。他写道:

第一种境界:“昨夜西风凋碧树。独上高楼,望尽天涯路。”这是形容人们在初学阶段,要站得高、看得远。如同从平地一下登上高楼,望尽天涯路。这样才能打开眼界、胸怀大志。

第二种境界:“衣带渐宽终不悔,为伊消得人憔悴。”这是形容人们在强烈的求知欲驱使下,潜心专注,废寝忘食,勤奋工作,负重奋进,即使身瘦衣宽,容颜憔悴也不后悔。

第三种境界:“众里寻他千百度,蓦然回首,那人却在灯火阑珊处。”这里王国维借原诗写一位青年诗人在元宵节的灯光下找到情人的经过,比喻在追求真理的过程中,必须经历“千百度”的努力,才能产生灵感,从而找到真理这个“情人”。

我国古人为了激励人们奋发向上、不断努力获得成功,从《周易》中的卦辞:“天行健,君子以自强不息;地势坤,君子以厚德载物”,按意总结出“天道酬勤”这个成语。后来,许多学者都用这个成语来勉励后人勤奋努力、不断进步。我现在也借用此成语来勉励我国攻克关键核心技术、践行“中国梦”的科技工作者,并祝愿他们获得成功!

参考文献:

[1] 刘亚东. 这35项卡脖子技术只是冰山一角[N]. 科技日报, 2018-07-08.

[2] 李美静. 未来航空制造有三大发展趋势[EB/OL]. <http://www.cnnnews.com.cn/20150228/120918.shtm>.

[3] 朱森第. 五大路径实现装备制造业转型升级[J]. 机械工程师, 2014(4):3-4.

[4] 张盖伦,付丽丽. 中兴的“芯”病,中国的心病[N]. 科技日报, 2018-04-17.

[5] 高博. 这些“细节”让中国难望顶级光刻机项背[N]. 科技日报, 2018-04-19.

[6] 高博. 丧失先机,没有自研操作系统的大国之痛[N]. 科技日报, 2018-04-22.

[7] 高博. 射频器件:仰给于人的手机尴尬[N]. 科技日报, 2018-05-06.

[8] 赵汉斌. 烧不出大号靶材,平板显示制造仰人鼻息[N]. 科技日报, 2018-05-17.

[9] 过国忠. 中国半导体产业因光刻胶失色[N]. 科技日报, 2018-05-30.

[10] 高博. 微球:民族工业不能承受之轻[N]. 科技日报, 2018-06-28.

[11] 路甬祥. 以“创新设计”引领“中国制造2025”[N]. 光明日报, 2015-11-04.

[12] 周济. 智能制造是“中国制造2025”主攻方向[N]. 中国工业报, 2015-8-3.

[13] 林左鸣. 中国航空工业实现三大历史性转变[J]. 航空制造技术, 2015(1/2):38-41.

[14] 林左鸣. 谈中国制造2025:国产航空发动机,差钱也要干[J]. 中国经济周刊, 2015(18):47-49.

[15] 林左鸣. 做客央视“对话”畅谈航空工业发展[N]. 中国航空报, 2014-1-19.

[16] 顾诵芬. 我的飞机设计师生涯[M]. 北京:航空工业出版社, 2011.

[17] 顾诵芬,庄逢辰,程耿东,等. 建议将航空工业作为国家重点发展的战略高技术产业[J]. 中国科学院院刊, 2005, 20(1):17-18.

[18] 唐见茂. 航空航天复合材料发展现状及前景[J]. 航天器环境工程, 2013(8):352-359.

[19] 陈绍杰. 复合材料技术发展及其对我国航空工业的挑战[J]. 高科技纤维与应用, 2009(16):1-7.

[20] 刘大响. 抓住机遇,迎接挑战——关于我国航空发动机发展的思考[R]. 北京:北京航空航天大学能源与动力工程学院, 2015.

[21] 刘大响. 中国举全国之力 航空发动机筹谋翻身仗[N]. 中国科学报, 2012-6-26.

[22] 翟江波. 飞机制造业发展与钛合金等温锻造技术[J]. 钛工业进展, 2015(3):1-6.

[23] 王浩,王立文,王涛. 航空发动机叶片数字化再制造方法研究[J]. 机床与液压, 2015(13):36-40.

[24] 何金梅,郑榜伟,关明强. 特种加工技术及其在我国航空发动机制造中的应用[J]. 航空制造技术, 2015(15):77-79.

[25] 孙世杰. 增材制造方法生产的TiAl合金零件将被应用于飞机发动机涡轮叶片[J]. 粉末冶金工业, 2015(1):65-66.

[26] 王延斌. 高端轴承钢,难以补齐的中国制造业短板[N]. 科技日报, 2018-05-24.

[27] Wagner, Tony, Compton, et al. Creating Innovators: The Making of Young People Who Will Change the World[M]. Scribner: [s.n.], 2012.

[28] 李泽湘. 颠覆创新人才培养的欧林经验[EB/OL]. <http://chuansongme.com/n/12939074451517>.

收稿日期:2019-06-17