



天脉

剑魂

——国产“天脉”操作系统科研攻关纪实

□ 赵俊华 顾勇 邓文盛

当地球进入网络信息时代,当空战以精确打击为挥金场,世界格外精彩也更加紧张……

针对信息化条件下的作战模式改变,中国没有等待,针对其中所需的基础软件,需求更加急迫!

面对严峻的形势、面对党和国家的要求,中航工业计算所“天脉”操作系统团队深感责任重大,他们深知作为计算机专业研究人员,有机会承担国家急需的嵌入式操作系统软件研制,这是自己的荣誉,必须要高质量、尽早完成这项国家使命!拿下“天脉”嵌入式操作系统,必须由五步变成两步走!

此时,拼了10年的“天脉”攻关项目正拼杀在黎明前的最后冲刺……

2014年7月1日,中航工业计算所研制的航空装备核心产品——“天脉”机载嵌入式实时操作系统,顺利通过国家设计定型审查。

成功!这是我国在操作系统研制和自主应用方面的一次重大突破。消息一经发布,国内外反响强烈,以军事评论为主的美国智库团詹姆斯敦基金会于2014年7月17日“中国简报”头版头条,以“打破西方垄断,中国军事创新结出果实”为题提到“这两款(天脉系列)实时操作系统的性能优于国外同类产品,目前已被中国军事国防系统采用。”

中国,从此结束了在航空装备“少魂”的历史。

魂不铸 剑无以言锋

如果说二战之残酷“残”在人对武器的死磕硬碰,“酷”在空中战场的制控,那么,进入二十一世纪,世界军事自然与信息化时代为伍,信息成为军事主导,物质和能量降为辅助。各国高端科技无不首先在捍卫国家安全的武器装备信息化上投入重金。由于不在一个起跑线上,底子薄弱的中国电子工业使浑身解数全力追赶,仍与西方发达国家差距巨大,尤其航空机载操作系统软件的科研开发能力在当时更是步人后尘。中国所有飞行器的机载操作系统全部装配的是国外的“脑经脉”,这也就意味着一旦空战打响,我们飞机的控制和指挥权很可能握在对方股掌之中。

对此,中航工业唯一从事机载计算技术研究的专业机构——中航工业计算所,早在十几年前就憋足了劲儿。“航空报国”、“创新超越”的强烈使命鼓动着计算所每位员工的胸膛,他们摩拳擦掌下决心要突破机载操作系统难题。

然而,需求不确定、技术无借鉴、无参考资料等诸多难题使研究工作一时剑指无标。打破垄断,实现机载操作系统的完全自主,是航空主战装备必须实现自主化的标准。如果说飞机是空中的利剑,机载操作系统就是飞机的“灵魂”。魂不铸,剑无以言锋。

“世上本无路,走的人多了就成了路。”时任计算所所长罗秋生斩钉截铁地说:“多么先进的东西都是人做出来的,我们的智商并不在西方人之下。今天,面对机载操作系统这座大山,我们就是累死也要推平它!”计算所在当时艰难条件下,为了装备信息安全

全,组织起精英科研人员成立攻关小组。

信息时代,操作系统是任何一个信息应用的管理和控制核心,与国家信息安全及国民经济各个领域息息相关。操作系统的主要功能包括管理计算机系统的硬件、软件及数据资源,控制程序运行,让计算机系统所有资源最大效率地发挥作用,为其他信息应用提供支持。多年来,操作系统一直掌握在美国少数几家公司手中,中国不得不依赖西方。

但是,大量使用国外操作系统中存在着巨大的风险,犹如买了人家的电子锁,除了自己之外,国外卖主或研制方手里还有一把你不知道的钥匙,自己的财产随时可能被窃取、甚至被控制。2011年3月11日和4月26日,《华盛顿时报》报道,“例如水坝、油气管道、工厂和其他计算机控制的基础设施,对于黑客来说更加脆弱。”“中国大量网络交换机、网络摄像头、路由器等安装了脆弱的、商用VxWorks的操作系统,黑客仅仅使用了20分钟,就顺利进入了国家某外国专家局和中科院某研究所的网站,轻易地获取了其数据库,得到了11000名为中国工作的外国专家的私人详细信息”。这已经不是天方夜谭,已经成为现实!而在智能化条件下,操作系统已成为装备的运行控制、机械电子控制、任务控制等系统的核心和基础,操作系统已经决定着装备安全、使命任务的完成。只有实现全自主研制和发展,才能避免可能出现的严重后果。剑无道则钝,道生魂方惊。天脉人,使命压肩,时不我待!

“航空报国”催生出拼命团队

世间之难,难在创新。进入本世纪初,机载设备复杂度大幅度提高,操作系统在各国引起高度重视。安全性、可靠性和确定性是机载操作系统的主要特征,由于机载操作系统属于国内首次研制,突破分区化技术、兼容性技术和高安全软件设计技术成为项目研制的关键。由于各种原因,国内基础软件研究当时仅限于学院研究、研究所探索,机载设备不得不使用国外商用操作系统。这种简单的“拿来主义”不但存在很大的安全隐患,同时技术上受制于人,更严重制约着我国操作系统产业的健康发展。

面对林林总总的弊端,国内电子信息工作者一直在苦苦地探索。以使命担当、知难而进的中航工业计算所在航空基础软硬件的研制一直处于领先地位,几十年间他们为航空装备研制各类计算机、为各个机载单位配备应用软件的过程中,积累了大量研制和使用软件的技术和经验,他们对机载操作系统没有国内产品可用的尴尬刻骨铭心,此时,他们正在这一操作系统的研发领域决战。

作为我国首次研制支持综合化航空电子的操作系统软件产品,没有研制经验、没有技术借鉴、没有资料参考等一系列问题成为横亘在研制团队面前的拦路虎。回忆起那段时光,集团软件特级专家、项目总师叶宏说:“尤其头几年,缺少专业人才、缺少科研经费,该从何处着手,谁都没有十足的把握。但是大家都憋着一股劲,胸怀自主创新、打破垄断的坚定

信念。”

项目总负责人、集团公司软件首席专家韩伟对电视剧《亮剑》钟爱有加,最崇拜的就是李云龙的军人。“逢敌必亮剑,剑锋所指,所向披靡!这就是‘亮剑’精神,也是中国军人的军魂。”韩伟深有感触地说:“无论做人还是做事,只要有这种精神就能把事情干好。民族复兴大业为我们这一代人创造了舞台,面向强大的西方垄断,我们必须以勇往直前的拼劲完成这项国家使命。”

面对前所未有的困难,天脉团队硬是凭借着这种亮剑精神,凭着“自主创新、打破西方垄断”的坚定信念,用智慧和汗水填补出了一项项技术上的空白。在韩伟、叶宏等领军人的带领下,在项目管理办公室的严格要求下,研制团队的每一个成员就像拼命三郎,全力以赴拼杀在主战场,一个个难关被突破,一个个堡垒被摧毁,雄魂铁血,无往不胜。为早日攻克技术难关,他们以舍我其谁的拼命精神自觉进入“711”工作状态(即每周工作7天,每天工作11小时)干到通宵早已是家常便饭。长年累月的拼搏,不知疲倦的钻研,千方百计顽强攻关,他们心中装着的只有一个目标,就是早日实现中国机载操作系统的国产化,早日结束核心技术受制于人的历史。

在计算所大楼的一间长条状的大办公室里,近百台电脑前坐着的绝大多数是青一色80后,他们几乎都是来自各大高校招进来的计算机工程专业的高材

生,个个神情凝重,全神贯注着显示器操作着……远处眺望,巨大的工作间犹如一架战机利剑,而这个拼搏中的团队放射出来的正是一道道魂魄之光。

砺剑铸魂,正是一腔航空报国壮志让这些科技精英的青春在这里激情燃烧,灿烂绽放。他们每个人都十分清楚这个团队正在创造着中国航空发展历程中一个新跨越。为此,他们无怨无悔地付出了其他80后少有的代价。正值婚恋的黄金期因长年累月“711”工作,先后谈了三个女友都因他腾不出时间相陪而告吹;张东在最疼爱他的爷爷病重住院期间一直抽不出时间陪护,爷爷逝世后他仅仅请了半天假为爷爷送葬;项目攻关小组组长时磊,因长年竭尽全力的钻研,不足四十岁年龄即满头浓发脱尽;尤其是团队的项目总师叶宏,因多年超常拼搏,劳累过度导致出

现过严重疾病,甚至下过病危通知。

研制团队一腔热血、顽强拼搏用行动诠释着“亮剑精神”。到2006年,在没有任何外来资金支持和项目牵引的情况下,科研团队在突破操作系统内核关键技术后,又摧城拔寨一鼓作气攻克了基于分区化的软件架构、时间/空间隔离、确定性调度、健康监控和配置等一个又一个高、精、尖难关,全部满足了设计要求,成功打造出天脉原型ACoreOS产品。

此期间,恰逢国外操作系统在国内装备上的应用规模越来越大,信息安全等一些重大问题已经引起国家的重视,迫切期望能够使用国产软件替代国外产品,这些与计算所几年前高瞻远瞩的预见不谋而合。

铁志破迷雾,魂魄露剑锋。

擎起中国首个独立立项软件大旗

天脉操作系统原型的研发成功,打碎了西方“中国操作系统无法实现自主”的断言。同时,团队十余年的默默奉献、辛勤耕耘,迎来了国家信息系统自主可控发展的历史性机遇,这个机遇,被计算所这个有准备的团队牢牢把握住。

2006年,以操作系统为重要内容之一的“核高基”被列为《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》,国产基础软件的研发被提到国家战略高度。在总装、空装机关的指导下,经艰苦努力,2008年机载操作系统终于正式获得国家立项,研制团队多年的付出得到国家承认,计算所也正式进入基础软件产品研发的国家队。

中航工业计算所作为研制总师单位,在装备总体论证机构指导下,与北京科银京成公司和中航工业成都所等四家单位组成联合团队,全面开展了更加深入、严谨、细致研制工作。

航空产品质量事关装备的安全。由于机载操作系统软件型号对于高安全、高可靠的苛刻要求,相对于硬件产品型号研制,软件产品的论证、研制、试验、定型、管理等各个环节都面临前所未有的挑战。为了研制出高安全、高可靠的产品,研制团队对自己提出更高要求,以落实在装备上使用为出发点,以研制精品为目标,全面取代国外相关产品。

产品名为“天脉”,根据需求分为天脉1和天脉2两款产品。天脉1为基本平板管理模式,响应能力强、结构简洁、高效,在单个应用的电子设备中广泛应用。天脉2在实现基本操作系统功能基础上,还实现国际先进ARINC 653标准要求的时间、空间的健壮分区保护的操作系统。

作为我国首个独立立项研制的核心、通用的基础软件产品,研制团队经过对比国内外、军内外软件领域标准和规定,在满足军用软件研制规范的同时,通过全面论证,确定了发展路线、战技指标、技术标准等重大难点问题。针对基础软件的特点,为了使得操作

系统产品具有更广的适用范围,研制团队对标国际先进标准,将产品安全等级定位为A级这个军民适航的最高等级,据此制定相应的研制原则和方针,全面自主实践DO-178B的验证工作。这些工作原则对于保证“天脉”操作系统的产品质量,实现高安全、高可靠的目标起到了决定性的作用。

天脉研制团队精诚合作,集智攻关,不但在技术上面对安全操作系统架构、分区化的故障隔离、时间/空间隔离和配置、服务功能、资源配置、运行状态的兼容性等一系列难题一一突破。尤其在践行DO-178B方面没有经验、没有借鉴的困难条件下,坚持高安全产品方向不动摇,持续优化项目的过程管理,加强软件的可靠性设计、安全设计、鲁棒性设计和危害性分析等工作,在强化验证方法中实现了各项指标的100%验证。

然而,前进的道路并非一片坦途,由于在天脉1的软件定型测评中出现了缺陷不收敛现象,一度被装备主管机关紧急叫停。一时间,研制团队遭受到多方质疑,有人说技术不行、有人说管理不行,有人怀疑国人软件适航不行,甚至有人说“中国人不可能研制出来高安全的操作系统”。天脉团队进入了极为艰难的时刻,他们重新审视开发过程,审视需求标准、审视代码标准,重新分析每一行代码,重新认识每行代码的“鲁棒性”,在计算所领导的大力支持、激励下,在团队负责人的带领下,研制战线坚决顶住了巨大压力,以高度负责的精神,凭着特有的坚韧不拔、百折不挠的干劲和信心,经过第二个六年的艰苦拼搏,全自主、完整地、全面完成了操作系统的研制工作。

苦人心,天不负。历经12年艰苦卓绝的苦搏,中国首个独立立项的软件型号产品的大旗,在中航工业计算所赫然耸立。

天脉团队,一群铁骨铮铮的硬汉,一腔腔航空报国的激情,绽放出了夺人眼目的胜利之花。

亮剑 魂慑八方

天脉团队犹如一柄寒光逼人的利剑,斩顽截铁,乘胜追击——软件产品通过DO-178B验证,软件定型测评、地面综合测试、机上测试、试飞测试、软件试用测试等一系列国家严格考核,昂首过关——

天脉产品先后通过了国家级软件测评中心的定型测评、主机所的地面综合试验,完成了国家试飞机构的飞行试验。由于迫切需求,2011年底,天脉1率先通过鉴定,开始推广使用。2014年,天脉产品又完成了数个应用系统单位的试用;当年7月在西安召开了隆重、盛大的国产机载操作系统软件型号的定型会并顺利通过定型,研制和用户以及主管机关的首长亲临一个“二类”装备产品的定型会,也表明了对天脉产品的肯定和迫切需求。

“成功一个项目,打造系列产品,培养一支队伍,探索一套方法”是天脉团队的总目标。经过十多年的潜心研制,顺利完成了天脉1和天脉2两型产品的开发、自测试、定型测评、地面综合试验、试飞和试用等工作,在安全设计技术、鲁棒性设计、失效分析和失效预防措施设计等方面均取得了一系列重大突破。天脉2成为国内首个完成软件装备定型的、目前唯一的、具有分区能力的高安全嵌入式实时操作系统。自2012年底鉴定以来,天脉系列产品已在各个行业引起广泛而强烈的反响,推广至近百单位,已在多个领域得到应用。

“天脉”,是计算所人的精神血脉、灵魂血脉外化而凝聚出的结晶。熟悉计算所的人都会说:“计算所有着优秀的文化基因,他们的科研团队有着特别能吃苦、特别能战斗的优秀品质。”面对国外的技术封锁与技术研究空白,计算所人勇于挑战,自力更生,敢打硬

仗;面对航空工业亟待技术突破产品革新的重任,“召之即来,来之能战,战之能胜”。天脉团队用自己扎实的行动实现了“机载操作系统自主研制、自主发展”的梦想,完美诠释了“航空报国,筑魂蓝天”的庄严承诺,给党和国家交上了一份满意的答卷!

对于“天脉”系列产品的研制成功,项目总负责人韩伟不无自豪地总结说:“我们在国内第一次大胆引入并实实在在地实践了DO-178B理念(国际民用航空机载软件开发标准),我们实现了从研制总要求,到每一行设计、每一条语句、每一个测试用例的全流程追溯,我心里对产品质量是踏实的!我们更是按照DO-178B的最高A级软件标准衡量自己,尽管过程十分艰苦,甚至一度有坚持不下来的痛感,但我们挺住了,成功了,我们现在有了更好预期,对天脉产品信心满满,可以面对任何安全等级的需求!艰难困苦、玉汝于成,经过这轮刻骨铭心的经历,天脉团队积累了经验,得到了锻炼,这是一支最有激情、最能打硬仗、打赢仗的基础软件研制团队!”

面对未来信息技术快速发展的新形势,中航工业计算所所长周波充满自信地说:“操作系统是国家信息安全的基石,天脉团队历经12年的默默探索、12年的精心浇灌,我们用行动和结果向世界证明,中国人有能力使关键核心技术不再受制于人。为使强国梦、强军梦早日实现,我们必将加倍努力,不断攻克新的难关,为国家的信息安全做出新的更大贡献!”

“长箭仰天傲苍穹,战鹰凌空绘彩虹。”穹宇辽阔,战魂亮剑,穿云破雾,魂震天地,威慑八方。天脉团队,一支航空报国、铸就剑魂的科技铁军!



面对前所未有的困难,天脉团队硬是凭借着这种亮剑精神,凭着“自主创新、打破西方垄断”的坚定信念,用智慧和汗水填补出了一项项技术上的空白。在韩伟、叶宏等领军人的带领下,在项目管理办公室的严格要求下,研制团队的每一个成员就像拼命三郎,全力以赴拼杀在主战场,一个个难关被突破,一个个堡垒被摧毁,雄魂铁血,无往不胜。

项目团队直面挑战、顽强拼搏、集智攻关



作为我国首次研制支持综合化航空电子的操作系统软件产品,没有研制经验、没有技术借鉴、没有资料参考等一系列问题成为横亘在研制团队面前的拦路虎。但是大家都憋着一股劲,胸怀自主创新、打破垄断的坚定信念。

项目团队迎难而上,研讨技术难点