

“空气动力学”不少人听说过,可提到“气动弹性”这个专业名词,估计大多数人都很陌生。它看不见、摸不着,但生活中处处能捕捉到它的影子。迎风飘扬的红旗、风中晃动的电线、遭遇气流颠簸的飞机……这些都是气动弹性现象。

众所周知,飞机是通过发动机产生的推力转换成机翼升力来实现空中飞行。战机为了在空中格斗中占据优势,需要

在高速飞行状态下完成各种眼花缭乱的机动翻滚动作。这时,气动弹性效应会使机翼发生变形和剧烈抖动,如果飞行员操作不当,可能会导致飞机失控,甚至坠毁。

因此,如何高效控制气动弹性,如何让飞机与气流“和平相处”,同时变不利为有利,利用气动弹性提升飞机性能,就成了飞行器研究领域一个无法回避、必须应对的课题。

航天科工集团三院设计师刘焱为您解答——

巧用气动弹性：乱云飞渡仍从容

■本报特约记者 张容蓉 通讯员 张宗博 王旭

军工科普

颤振，飞机事故的制造者

说到飞行第一人,大多数人脑海中都会浮现出一个名字——莱特兄弟。其实,在莱特兄弟试飞前9天,美国“航空先驱”兰利教授也进行了一次飞行试验。

遗憾的是,他的“空中旅行者”号飞机在起飞没多久,因气动弹性效应机翼发生变形折断,最终在飞行1006米后坠入水面,人类历史上第一次有动力的飞行试验失败了。

那时,兰利教授非常苦恼,百思不得其解。9天后,莱特兄弟的飞机试飞成功,报纸广泛报道了这则新闻,莱特兄弟一夜红遍美国,而兰利教授的这次失败很快淡出人们的视野。然而,从兰利试飞的角度上看,气动弹性伴随着飞行器发展的全过程,是不争的事实。

斗转星移。当体验过飞行的快感,人类便一发不可收拾。一战爆发后,军用飞机的投入使用,更是加速了这一进程。与此同时,机翼颤振问题变得更加突出,不少新型飞机因此折翅夭折。

颤振是飞机气动弹性力学中最重要也是最难以准确预测的一种现象。飞机飞行到一定速度后,周遭气流和机体相互作用会引起剧烈振动,出现颤振现象。如果飞机进入颤振状态后,振动幅度不断加大,机翼结构就会损坏。

一战时,英军和德军的轰炸机在高速俯冲过程中,尾翼时常发生剧烈的颤振现象,不少轰炸机失去控制,最终坠毁。

德国曾有两种战斗机因颤振问题发生了致命事故:一种是“信天翁”D. III 飞机,另一种是“福克”D. VIII 飞机。后者是一种悬臂式单翼机,投入战争后接二连三地在高速俯冲时,发生颤振坠毁事故。

为此,设计师对“福克”D. VIII 的机翼进行了强度试验,结论是其强度足以承受6倍设计载荷。这时,设计师意识到,一味地增强飞机机翼在静止状态下的强度,而不去考虑飞行振动时的强度,是无法解决这个问题的。

但是,囿于当时人类航空工业技术薄弱,以至于发现了飞机颤振问题,却没有能力搞清机理并彻底解决,设计师只能以增加结构重量提高飞机的强度,回避颤振问题。

二战期间,出现了第一批超音速飞机,人类飞行进入超音速时代。一些设计师为了追求速度,想方设法降低机翼的重量。随之带来的后果是,机翼抗变形能力随之减弱,飞机颤振现象再次凸显。

气动弹性力学作为一个分支学科,也正是在那个年代初步形成的。气动弹性力学工程师要做的是,减少颤振现象对飞机的影响,提高飞机飞行速度和安全性。



与其对抗扭转效应，不如利用气动弹性

“流动的空气是如何影响飞机的?”德国哥廷根气动弹性研究所是该方向全球领先的机构,他们很早就开始了气动弹性力学的研究,并取得了不少成果。

那个困扰兰利教授的坠机之谜,终于有了更为清晰的答案——现实中,没有物体是完全刚性的,这点尤其体现在飞机机翼上。为了安全飞行,气动弹性是非常重要的考量,气动弹性力学就是专门用来研究这个问题的。

飞机在飞行过程中,气流会给机翼向上的升力让其向上倾斜,如果机翼不能自然弯曲就会导致飞行事故的发生。

兰利教授设计的单翼机,机翼容易发生扭转,因此受到气动弹性的不利影响较大,而莱特兄弟设计的双翼柔性机,无形中避免了气动弹性的不利影响,实现了人类首次飞行。

兰利教授败于气动弹性之手,莱特兄弟却功成于此。若不是气动弹性问题,兰利教授可能要取代莱特兄弟成为飞行第一人。

1964年,B-52轰炸机在一次低空高速飞行时遭遇强烈阵风,导致飞机垂直尾翼被毁。设计师试图再次提高飞机结构强度,对抗扭转效应来减少变形,可任凭他们把当时最先进的材料强度提高一倍,也无法彻底解决问题。

该事故促使科研人员开展了一系列有关气动弹性的理论研究和试验工作。

当年,莱特兄弟通过观察,发现秃鹰在空中飞行时,可以通过翅膀末端的小幅度扭转,来调整飞行时的纵向平衡。莱特兄弟受到秃鹰的启发,发明了机翼操纵技术。

国外一家公司的科研人员受到莱特

兄弟启发,提出了一种想法:既然机翼可以按照各种方式弯曲,那么与其去对抗扭转效应,不如其加以充分利用。

改进后的B-52轰炸机,采用了主动气动弹性技术,飞行速度得到了极大提升,顺利完成了世界首次超过自身颤振临界速度的飞行。

随着主动气动弹性技术发展,飞机设计理念也实现重大转变。20世纪90年代,国外开始实施“主动气动弹性机翼计划”。主动气动弹性机翼是指可以进行大幅度气动扭转的机翼,通过让机翼产生期望的弹性变形,使得变形的机翼产生操纵力,最终控制飞机飞行。

最终试验结果表明,主动气动弹性技术可在一定程度上提高飞机颤振临界速度,减轻自身重量和减少机动载荷。

绑上“安全带”,让战机飞得更快更轻盈

经常乘坐飞机的人,一般都经历过“乱流”。“乱流”不同于正常风,大气中的“乱流”也叫阵风,会引起飞机剧烈颠簸,严重时乘客会从座椅上弹起来,这也就是飞机上大家都要系好安全带的缘故。

随着主动控制技术发展,飞机结构设计理念已由提高结构刚度的被动设计转变为随控布局的主动设计。主动设计理念不再刻意回避气动弹性问题,而是采用主动控制技术实时调节结构气动弹性,进而减轻结构重量,优化飞机性能。

主动气动弹性技术,通过让飞机舵面主动偏转,减少颠簸,就像给飞机绑上“安全带”,极大增加了乘坐者的舒适度。

世界民航史上,一家国外企业把主动气动弹性技术应用到客机上,当时该技术为客机节省了3%的燃油,在民航发展史上具有重要意义。

在长达几十年研究试验中,设计师

发现飞机气动弹性设计是涉及空气动力学等多个学科的一项综合技术,是当代先进战斗机研制过程中不可或缺的关键技术之一。

例如,外军一型战斗机多次出现尾翼颤振现象,飞机制造企业通过在垂尾根部和机翼前缘增加小导流片的方式,利用主动气动弹性技术,解决了这个问题,并将主动控制技术成功应用到该型战斗机的批量生产上。

不仅如此,这家企业还牵头发起了一项国际合作计划,对另外两型战斗机进行了试验,为主动气动弹性技术在不同型号战斗机上的运用,积累了详细的数据。

毫无疑问,采用主动气动弹性技术的战斗机将会变得更加轻盈,并在整体性能上有一个质的飞跃,在大幅度提高飞机的速度和燃油效率的同时,增加了航程和载荷能力。

现代战机多采用薄机翼和细长机身的结构,并且为了增加推重比,要求尽量降低结构重量,气动弹性问题成为飞机各个翼面和操纵系统的一个临界设计条件,也是飞机总体设计过程中和空气动力学布局中不容忽视的因素。

对于战斗机而言,机翼结构重量的减轻能进一步提高战斗机的推重比,提高机动敏捷性,显著增强格斗能力和生存能力。而飞机通过对周围环境的感知及时调整机翼形状,来适应当时的飞行条件,有利于降低雷达信号特征,增强飞机“隐身性”。

有了这项技术,战斗机可以完成更多高难度的规避动作,更快速地执行拉升起,甚至可以躲避导弹攻击。未来,结合变体技术,飞机有可能真的像鸟一样,飞行自如,随意调节翅膀展开的形状和方向——巡航时展开双翅,降落时迅速收拢翅膀,快速俯冲。

上图:国外一架验证机试飞探索气动弹性问题。 资料图片

匠心慧眼

习主席在长沙市考察调研时强调,自主创新是企业的生命,是企业爬坡过坎、发展壮大的根本。关键核心技术必须牢牢掌握在自己手里。

关键核心技术是国之重器,不仅对推动经济高质量发展有着重要意义,对实现国防和军队现代化建设更是有着决定性作用。

创新能力是一支军队的核心竞争力,也是生成和提高战斗力的加速器。谁拥有科技优势,谁就能掌握军事主动权,赢得制胜先机;谁忽视了科技进步,谁就会陷入落后挨打的被动局面。近代中国屡次与科技革命失之交臂,从世界强国变为任人欺凌的弱国的惨痛历史说明,跨越不了军事科技上的鸿沟,就难以摆脱战争中一败再败的命运。

战争史总是伴随着科技创新史。科学技术在军事领域的广泛运用,必然会引发战争形态和作战方式的变化。从火器时代到机械化时代,再到信息化时代,科技创新总是优先用于战场并发挥出强大威力。

关键核心技术关乎国家安全和军队建设,关乎能打仗、打胜仗。面对已取得的科技成果,我们不能盲目乐观;面对科技自主创新方面的“短板”,我们更要奋力追赶。

钱学森曾经形象地说,国防科技创新决不能满足于“追尾巴”“照镜子”。这里的“追尾巴”,就是人家搞什么武器,我们也搞什么武器;“照镜子”,就是别人有什么武器,我们就搞个东西来对付。

科技创新不能跟着别人的脚印前行。把关键核心技术掌握在自己手里,需要科学家们强化使命意识、责任担当。上世纪五六十年代,面对严峻的国际形势,党中央和毛主席审时度势,高瞻远瞩,果断做出独立自主研制“两弹一星”的战略决策。国防科技战线上的广大科技人员、干部、职工和参加试验任务的解放军指战员牢记党和人民的嘱托,迎难而上,奋发图强,克服了各种难以想象的艰难险阻,创造了奇迹。

1964年10月16日,我国第一颗原子弹爆炸成功;1966年10月27日,我国第一颗装有核弹头的地地导弹飞行爆炸成功;1967年6月17日,我国第一颗氢弹空爆试验成功;1970年4月24日,我国第一颗人造地球卫星发射成功。“两弹一星”事业的发展,不仅使我国的国防实力发生了质的飞跃,而且广泛带动了我国科技事业的发展。

这些年,我国科技创新呈现“井喷”态势,“神舟”升空、“蛟龙”入海,国产航母入列、先进战机组飞……这些科技自主创新成果的背后,凝聚着广大科技工作者们攻坚克难的智慧结晶和追求卓越的精神魄力。创新从来都是千回百折,掌握关键核心技术绝非朝夕之事。当前,我国在国防和军事科技方面仍然面临着不少“卡脖子”的难题,一些颠覆性的技术更需要自主创新,尽快攻破。国防科技战线要继续发扬“两弹一星”精神,坚定信心、潜心研究,力争早日做出更多有价值的原创性成果。

科技创新不能满足于「追尾巴」

■崔运生 张凤波

兵器装备集团成都晋林工业制造公司镗工杜刚——

“每个零件都是有温度的生命”

■雷柱 何小娟



工匠心语:每个零件都是有温度的生命,用心感受它的“心跳”,就与它交上了朋友。

在央视《挑战不可能》节目中,有一位选手凭借徒手测水温的操作,惊艳全场。

在成都晋林工业制造公司,有一名大国工匠,通过双手对零件表面温度的感知,判断热胀冷缩量,完成令人叹为观止的高精度加工任务。

那就是杜刚,人称“一摸准”。他就是在成都晋林工业制造公司,成为一名镗工。

第一次进车间,老师傅便摆下一句话:“刀磨好了,活才能干得漂亮。”说罢,老师傅拿出一盒形态各异的刀具摆在杜刚面前,让他细细去“品”。

从此,磨刀成为杜刚每天的工作。起初,杜刚劲头很足。可时间久了,他渐渐失去了耐心。看着身边工友都进入实际操作阶段,杜刚一度认为是故意刁难他。

直到有一次,杜刚看到,为了加工一个精密零件,老师傅竟然将一把镗刀反反复复磨了数十遍。

“明明已经达到了标准,为何还不满足?”杜刚有些不解。

面对满脸疑惑的杜刚,老师傅语重心长地说:“镗刀对于我们,犹如战士手中的枪,枪校得越准,射击精度才会越有保证。”

一语惊醒梦中人。从此,杜刚明白了磨刀的重要性,认真思考起了一



“没有枪,没有炮,敌人给我们造……”正如《游击队歌》中所唱,抗战时期,从敌人手中缴获武器是八路军获取武器的重要途径。缴获到手的枪炮可以使用一段时间,弹药却是打一发少一发,缴获量远远弥补不了消耗量。

为了改变这种状况,八路军决定自力更生,建设自己的兵工厂。大官亭修械所就是这一时期筹建的。

成立之初,修械所在武器制造方面

几乎是“一张白纸”,技术人才和生产原料严重匮乏,除了承担枪械的正常修理任务,每月仿制的枪械仅50余支。

这时候,一批批有绝活的工人携带机械设备从五湖四海汇聚而来:东鹿县广泰铁工厂的掌柜郭福田和儿子郭秀卿带着工人们一起加入修械所;高阳县新明铁工厂的掌柜徐明贤有着丰富的工厂管理经验,修械所派人将他请来担任生产岗位的负责人……鼎盛时期,

大官亭修械所——

用三船原料制造枪炮弹药

■杨佳志 肖飞

修械所拥有职工近千人,各种机床70余台,柴油机3台。

尽管如此,修械所仍然常因没有原料出现“等米下锅”的情况。当时,他们靠土方法制造黑火药,生产出来的木柄拉绳式手榴弹,爆炸威力有限,且极易受潮。这种手榴弹扔出去不响是常有的事,即使响了,往往也只是吓唬敌人,一度被部队视为“样子货”。

转机出现在1938年5月。时任冀中军区工业部副部长的张珍与三分区司令员沙克碰面,得知二分区从友邻部队获得3艘装满“炸药”的弃船。张珍听说有3船“炸药”,马上提起了劲头。到现场查看后,发现这些船上装的是可以制造烈性炸药的原料氯酸钾,共有200多

箱,每箱几十公斤。除此之外,这3艘弃船上还装有赤磷、漆包线、电缆、钢材、锉刀、锯条等原材料和工具。

“踏破铁鞋无觅处,得来全不费工夫。”这3船原料和工具被冀中军区军工生产部门视为“无价之宝”。大官亭修械所利用这些原料,制造出大量手榴弹、地雷、迫击炮弹等弹药,威力大、品种多,为前线作战立下汗马功劳。

左上图:修械所工人们生产弹药的场景。 资料照片

走进军工厂

大国工匠