

科技大讲堂

近日,国内首款按适航要求正向研制的吨级多功能长航时民用无人机**TP200**完成首飞。飞机采用大展弦比上单翼气动布局,满载续航能力突破24小时。

何为气动布局?通俗来说,就是机翼、尾翼、机身等主要部件气动外形及相对位置安排。它决定了飞行器“长成什么样”,也在某种程度上决定着飞行器“飞得有多快”。

气动布局并非简单的形状拼凑,而是基于空气动力学原理的“塑性艺术”,是科学之美与力量之美的外化,是工程学与美学的高度统一。航空史上每一次飞行器性能的跨越,无不伴随着气动布局的突破与革新。

本期“科技大讲堂”为您讲述飞行器形体美学的发展脉络与未来曙光。

趣闻·求知

数百米之外,狙击手屏住呼吸,扣下扳机,随着“砰”的一声,子弹精准命中目标;数百公里之外,炮弹呼啸而出,如墨的夜色被撕开一道道明亮的弧线,弹雨顷刻间覆盖敌方阵地……这份“指哪打哪”的精准,背后藏着现代火力打击的核心密码——数学。

不同于书本上抽象的公式推导,军事领域的数学应用,已通过与火控系统、传感器技术、弹道仿真技术的深度融合,将复杂的数学原理转化为可落地、可量化的解算逻辑与弹道推演模型,成为决定打击精度、作战效能的核心变量。

距离测算,是火力打击的基础前提。其核心逻辑是通过精准采集目标与发射点的空间距离数据,为弹丸初速设定、发射角度解算提供核心数据支撑,从源头规避打击偏差。无论是单兵狙击还是火炮打击,距离测算的精准度直接决定打击成败。毫米级的距离误差,经过远距离飞行的放大,都可能形成米级甚至十米级的打击偏差。

当前,激光测距仪、微波测距系统,结合时差法、相位法等数学算法,可以快速输出厘米级精准距离参数,再通过火控系统完成参数实时转化与校准,构建起“采集—解算—转化”自动化距离测算体系。

角度解算,是火力打击的关键核心。其解算精度直接决定弹丸飞行轨迹的偏差范围,是实现精准打击的核心环节。从力学原理来看,角度参数的微小偏差,会通过弹道抛物线的放大效应,形成显著的打击偏差。

通过嵌入式火控计算机的实时运算,系统可快速输出最优发射角度,确保弹丸沿预设弹道稳定飞行,实现“指哪打哪”的精准效能——这也是现代火控系统核心算力的重要体现。

环境修正计算,是提升复杂战场环境下火力打击精度的重要保障。其核心是通过数学算法,量化风速、风向、温度、气压等环境因素对弹丸飞行的非线性影响,完成轨迹偏差的动态修正与补偿。从空气动力学角度,风速风向会改变弹丸飞行的空气阻力系数与升力参数,温度气压会影响空气密度,进而改变弹丸初速与飞行轨迹。

通过各种传感器实时采集环境数据,依托数学模型完成误差量化与归因分析,再通过火控系统动态调整发射参数,就可以实现在强风、低温、高海拔等复杂环境下保持高精度打击。

随着军事科技的迭代发展,数学在火力打击中的应用,已实现从人工手动

火力打击里的「数学密码」

■付根义

测算向自动化、智能化解算的跨越式转型。这种解算模式,不仅将官兵从人工测算中解放出来,更通过算法的迭代优化,持续提升复杂战场环境下的打击适应性与抗干扰能力,推动火力打击向“自适应、自修正、自优化”的智能化方向发展。

从观瞄测算到火控解算,从弹丸轨迹推演到打击误差修正,从参数优化到动态补偿,数学贯穿现代火力打击的全流程,已成为不可或缺的核心科技支撑。

下图:火力打击离不开数学。
延振宇绘



AI威慑:军事博弈新变量

■张煌 李千奥

AI与军事

近年来,人工智能已成为大国军事博弈的战略高地,全球军事智能化发展态势日益显现。伴随世界军事强国普遍将人工智能融入军事系统,军用人工智能与自主武器系统正在深刻改变攻防态势,人工智能威慑也从理论构想转向军事实践。

所谓人工智能威慑,就是将人工智能作为拒止或惩罚手段,影响对手行动意愿、风险意识与成本效益评估,阻止敌对攻击和侵略行为的发生。

人工智能威慑由三个要素构成。一是威慑能力。人工智能可以赋能其他威慑能力或独立生成威慑能力。二是威慑意愿。人工智能可以降低威慑成本、赋能战争推演系统,既强化了己方威慑意愿,也辅助研判对手威慑意图。三是威慑信号。人工智能可以快速、准确、灵活传递威慑信号,缩短信号传递时间,规避谈判,通过自动化红线机制提升威慑信号的刚性。

人工智能既可以赋能传统威慑手段,也能生成新质威慑力量。在赋能传

科普笔记

潜艇是海洋深处的“隐形猎手”,通信是其长期面临的难题。无线电波在海水中衰减极快,传统声呐通信速率慢得像“发电报”;而每次上浮通信,又极易暴露潜艇位置。

针对水下通信问题,科学家发现了海水的这样一个特性:对不同颜色的光“区别对待”——红光、黄光几乎被完全吸收,而波长450至550纳米的蓝绿光,却能穿透数十米甚至百米深的水。这一现象被称为“海洋光学窗口”。其原理并不复杂,水分子对短波光散射较强,对长波光吸收强烈,中间波段的蓝绿光,则恰好处于散射适中、吸收最弱的“甜蜜点”上。这束光,也因此成为穿透深海的“信息桥梁”。

目前,蓝绿激光水下通信已纳入多个国家的战略研究计划。以蓝绿激光为载体的对潜通信系统,通常搭载于飞



乘波体布局则让飞行器“骑”在飞行产生的激波之上,如同冲浪板乘浪前行。乘波体布局能大幅提高升阻比,降低气动加热,被认为是实现全球快速到达、高超声速巡航等任务的理想构型之一。在各国的高超声速技术验证项目中,多可见乘波体或升力体/乘波体融合设计的探索。

机动与隐身的多维博弈

冷战开始后,战机全面进入喷气机时代,机动性也被推向气动设计的核心。鸭式布局和三翼面布局的兴起,是这一阶段的显著标志。

鸭式布局就是在主机翼前方加装一对鸭翼,如同鸭子游泳时拍打的前肢。通过前置翼面产生的涡流,提升主机翼的升

力效率,同时增强飞机的俯仰控制能力,降低配平损失,使战斗机获得极佳的大迎角机动性能。我国的歼-10CE、法国的“阵风”等战斗机均采用了鸭式布局。

三翼面布局则是在常规布局的基础上增加一对前置翼。这样显著提升了战斗机的短距起降能力、大迎角机动性和低速操控品质。苏-37、F-15S验证机等均采用了三翼面布局形式。

与此同时,雷达探测技术的成熟,催生了“隐身”这一赛道。气动布局的任务,从如何“飞得好”转向如何“看不见”。

传统布局外突的尾翼、翼身连接处等,成为雷达波的强反射源。于是,酷似“大蝙蝠”的飞翼布局应运而生,以其彻底取消尾翼、将所有部件融入平滑翼面的设计,实现了雷达反射截面积的大幅降低。

作为飞翼布局典型代表的B-2“幽灵”隐身轰炸机和B-21“突袭者”战略轰

蓝绿激光:穿透深海的“信息桥梁”

■鲁信金 李伦

机或卫星平台。发射端将信息编码进激光脉冲,穿透云层、海面,直达水下,潜艇上的高灵敏度光学接收器捕获这些微弱的光信号并转换为可用信息。相比传统方式,蓝绿激光优势明显,速率高——每秒可传输兆比特级数据,是声呐的数千倍,相当于从“拨号上网”升级到“光纤入户”;方向性好——激光束发散角极小,抗截获能力强,敌舰想“偷听”都难;不暴露位置——无需潜艇上浮或释放通信浮标,真正实现“人在深海坐,信从天上来”。

当然,这束光要穿透深海并非易事。海水浑浊度、波浪扰动、大气—海

水界面折射、背景光干扰等都会削弱光信号,激光在大气—海水界面的折射也需要精密补偿。科研人员通过自适应光学、脉冲编码、窄带滤波等技术,让这束光传得更远、更稳。不过,受限于激光穿透深度与能量衰减,当前蓝绿激光仍以单向短消息通信为主,尚不能像海底光纤那样实现高速大容量连续传输。

现代海战中,蓝绿激光的最佳“用武之地”应当是战略核潜艇对潜通信。它可实现岸基—空中—水下的高保密指令下发,支持核态势响应、编队协同等关键任务,具有成为现代海基核

炸机宛若一片黑色飞镖,其独特外形不仅是隐身技术的巅峰,也代表了气动布局与任务需求的高度统一。

但是,机动和隐身这两种需求,在气动设计上存在矛盾——外突的控制面有利于机动性,但不利于隐身;极致隐身的无尾布局,常常以牺牲部分机动性为代价。

如何在这场多维博弈中取得最优平衡,实现既“看不见”又“飞得快”,成为现代飞行器设计的核心挑战。

当前,翼身融合布局正成为新的前沿。其核心特征是通过机翼和机身高度融合设计形成升力面气动外形,具有内部空间大、升阻比高、隐身潜力好等优势。我国的歼-35A、美国的F-22和F-35、俄罗斯的苏-57等均采用高度翼身融合设计,在保持高机动性的同时,有效降低了雷达反射截面积,增强了隐身性能。

翼身融合布局代表了气动、结构、容积效率的高度统一,是未来大型平台的重要发展方向。翼身融合布局的出现,代表着气动设计正在向着更高综合效能的深度集成方向演进。

智能与高效的创新突破

站在新时代的起点,飞行器气动布局正孕育着新一轮科技变革。未来的天空,将属于那些更加聪明、更加灵活的“智慧羽翼”。

一是智能气动布局设计。人工智能技术正深度融入气动布局的每一个设计环节。传统的“设计—试验—改进”循环将被“智能生成—虚拟验证—优化迭代”的新模式取代。生成式人工智能等技术可以在海量设计方案中自动搜寻最优解,实现从“人找方案”到“智创方案”的质变,大幅缩短设计周期。中国商飞联合上海人工智能实验室推出的全球首个翼型AI生成式系统“书生·翼飞”,可以在1分钟内生成多种翼型方案供设计人员参考。

二是变体气动布局设计。随着飞行任务的复杂化,“一机多能”逐渐成为飞行器设计的新要求,变体飞行器也应运而生。其如同自然界的鸟类根据俯冲、翱翔等不同状态改变翅膀形状一样,通过改变飞行器外形以适应不同的飞行环境,达到最优飞行性能。自20世纪50年代开始,美国等国家已经开始了变体气动布局的研究,以推动变体飞行器的发展和应用。

三是宽域翼身融合布局设计。未来的气动布局将朝着“宽速域、大空域”方向迈进。宽域翼身融合布局不仅能让飞行器在大气层内保持高效巡航,还能使其适应近地空间的高稀薄环境。未来,兼顾高隐身、高载效和宽速域多维性能的飞行器,将成为未来战略级空中平台乃至颠覆性民用航空器的终极形态之一。

展望未来,气动布局的发展指向了一个更智能、更灵活、能力边界更广阔的图景。在这条创新之路上,持续的气动布局革命,正为人类驾驭天空的梦想注入无限可能。

左上图:形态各异的飞机。

制图:吴淮江