

运输机空投是抢险救灾、战地侦察和保障前线部队持续作战的重要手段。由于运输机空投具备全空域、全时段、速度快等特点，人们形象地称之为不打烊的“战场快递”。

20世纪40年代，费尔柴尔德飞机公司研制出第一款高垂尾运输机。如今，各型空投系统在军用运输机上广泛

列装，空投技术历经迭代发展，越发高效、精准。

那么，“战场快递”如何精准空投到地面？需要经过哪些步骤，攻克哪些技术难关？海军航空大学一级飞行员武永攀、飞机教研室副教授刘治国为您解读运输机精准空投的奥秘。

战场“快递”如何“送货上门”

■刘洁 刘任丰

军工科普

第一步：物资出舱

空中“卸货”有门道

随着运输机尾部货舱门缓缓打开，空投物资沿滑轨滑出，落向目标区域。

战地“快递”投送之路的每一步都充满挑战。

空投的第一步是完成“空中卸货”。根据“卸货”方式不同，空投可分为重力空投和牵引空投两种。

重力空投，顾名思义是利用飞机飞行时所保持的一定仰角，使“快递”沿“卸货平台”滑下来。这种方式对机舱内货桥的滑轨设计和货物滑动稳定性要求较高。

为确保“卸货”过程安全顺利，飞机设计师在“卸货平台”上安装了类似火车轨道的导向限位装置。法国空客防务公司的A400M运输机就安装了双轨设计的导向和限位装置。当空投货物出舱时，工作人员会按操作要求解除限位，货物沿导向装置的轨道顺序离机。

牵引空投是借助牵引伞的牵引力将货物拽出飞机。在尾部涡流的作用下，牵引伞像是一台“物流拖车”，可以将重型空投货台沿导向装置拽出机舱。

牵引伞能否可靠地将货台牵引出舱，直接影响到空投成败和飞行安全。这需要建造一台强度高、重量轻、包装折叠性好的优质“物流拖车”。

为此，设计人员运用平纹与经纬交错编织的方式，搭建起牢固的“物流拖车”框架，并用较粗的纱线作为“钢筋”，缝制在牵引伞上，形成格子外观，以提高框架的强度和抗撕裂能力。随后，他们采用超分子复合材料制作“物流拖车”的蒙皮，覆盖到框架上，让其具备耐高温、耐腐蚀和耐老化等性能。

强大的牵引伞能让“卸货”过程事半功倍。在“军队-2020”国际军事技术论坛上，俄罗斯一家企业推出了一款“留空者”新型降落伞系统，配备的全新牵引伞使用寿命可达1000余次，能在10000米高空，短时间内从伊尔-76运输机或安-26运输机上“卸载”180千克货物，堪称高效“卸货员”。

无论哪种空投方式，空中“卸货”的时间都很短。别小看这短短几秒钟，却是整个空投任务最危险的阶段。

货物滑出过程中，飞机的重心会向尾部移动。此时，运输机就像一个“跷跷板”，会出现“尾重头轻”的现象。当货物出舱后，运输机重心陡然前移，飞机速度会迅速增加，对飞机飞行稳定性产生较大影响。因此，参与空投任务的飞行员必须经过严格训练，才能实时把握好货台离开货舱斜坡时飞机的俯仰角度和速率。

“空中卸货”过程如何才能更智能、更安全？2019年12月，巴西航空工业公司KC-390运输机进行了一次由电传操纵系统控制飞机稳定性的重力空投试验。

KC-390运输机在执行空投和连投任务时，飞机电传操纵系统是飞行员的“小助手”，能够在货物出舱的全过程配



合飞行员操纵飞机俯仰角度的变化，确保飞机在“卸货”过程中保持稳定姿态，这也是目前唯一具备此极限操纵能力的中型运输机。

第二步：精准空降

投送之路更智能

物资离机瞬间，辅助引导伞、稳定减速伞和主伞依次打开，使货物减速并平稳降落。

高空强对流作用复杂，投送之路可谓“风雨交加”，时刻考验着“快递”的投送精度。

传统空投模式，货物出舱后就无法实施二次操纵，在高度和风场的影响下，空投落点区域大、精度低。

那么，如何确保精准空投呢？各国军队和防务公司在空投过程引入一个重要环节——空投点解算。

欧洲航空防务及航天公司在A400M运输机上安装了军事任务管理系统，像运输机的“大脑”，可在空投之前根据监控器和控制板采集风速、湿度、高度等参数，计算货物投放点，提高空投精度。

然而，单凭“大脑”的计算，并不能满足现代战争对空投精度的需要。能不能给货物装上“翅膀”，让它自由飞翔？

2003年冬天，一场精准空投研讨演示会举行。寒风中，随着运输机呼啸而过，一个带有长方形翼伞的货物平台出现在高空。让在场观众惊讶的是，这个空投货物不再随风而行，而是逆着风向飞往指定空投区域。这就是加拿大米斯特机动集成系统技术公司的“雪雁”精确空投系统。

是什么让“雪雁”迎风飞行？原来，设计人员将无人飞行器理念融入空投系统，他们用长方形翼伞代替刚性机翼提供升力，系统配备的动力装置可持续20个小时，飞行速度达到55千米/小时，最大航程942千米。当货物抵达目

标区域后，该系统可采用高空投放、低开伞的模式，将货物空投至地面。

“雪雁”精确空投系统将现代精确制导及控制技术为空投技术融合在一起。精确制导及控制技术能有效提高空投系统投放后的控制能力，就像货物的“翅膀”和“眼睛”，为“快递”找到准确的投送位置。

为进一步提高高空投精度，米斯特机动集成系统技术公司将“脑”“眼”“翼”结合，研制出三位一体的新一代“夏尔巴人”精确空投系统。

该系统不但在运输机上安装了先进任务计划软件，帮助飞行员确定最佳投放空域，还配备了3种制导控制方式和动力装置，能使飞机远离敌人的攻击范围，从更高的高度实施空投，达到百米范围内的空投精度。

第三步：平稳着陆

“送货上门”有讲究

经过几千米的“跋涉”，空投的“战场快递”以约6米/秒的速度“砸”向地面。

这个速度相当于从2米高的位置做自由落体运动，对于几百千克甚至几吨重的精密武器装备而言，可以说是“重重一击”。

如何确保战场“快递”安全“送货上门”？早在二战期间，设计人员就想到利用托盘化包装技术配合空投缓冲装置，对运输中的弹药等装备物资“层层包裹”。如今，随着空投货物的体积、重量、精度的增加，逐渐发展衍生出3种不同的着陆保护气垫。

利用货台缓冲是最传统的空投缓冲方式。空投货物会被绑在货台上，货台下装有充气气囊或纸质蜂窝板等缓冲材料。这种货台缓冲系统因设计简单、制作成本低廉，成为目前主要的空投缓冲系统，货物过重会导致钢制货台质量增大，因此空投货物的重量也

会受到严格限制。

无货台缓冲是一种新型空投缓冲装置，主体是多个折叠的布制气囊。这些气囊就像是快递外的“气泡袋”，在货物下落的过程中，空气会通过底端进气口充满气囊。落地瞬间，进气口抵住地面，气囊就像一个忽然封住口的气球，起到缓冲作用。

第三种方法是利用制动火箭缓冲。这是一种借助缓冲火箭降低空投货物着地速度的高技术空投缓冲装置，主要由反推火箭、高度传感器和速度传感器组成。由于其对传感器要求高，价格昂贵，因此多用于卫星或太空舱回收。

虽然“快递”能够安全“送货上门”，但士兵在战场上完成“签收”不是一件容易事。

在阿富汗前线的北约驻阿富汗国际安全援助部队，时常因全球定位系统定位不稳定，影响空投物资的精准投送，这不仅会导致士兵们要冒着枪林弹雨寻回被误投的“快递”，还会延长集结兵力和装备的时间，降低空投效率。

20世纪70年代，为提高空投和地面作战的转换速度，苏联开始人车一体化空投的研究，但在早期试验中状况频出，多次出现随车空投人员受伤等情况。

直到20世纪末，俄罗斯伏尔加格勒拖拉机厂将完善后的人车一体化空投技术应用到BMD系列伞兵战车上，人车空投正式列装军队。

1998年8月，俄罗斯第76空降师7名空降兵坐在一辆BMD-3伞兵战车里，用伊尔-76运输机从400米空中实施空投，成功演示了人类历史上第一次伞兵战车满载载人空投。

值得一提的是，BMD-3伞兵战车采用了制动火箭缓冲装置。空降兵乘坐装甲车、坦克直接伞降至地面，立即投入作战，有效缩短了装备找人、人找装备的时间，让快速反应、应急机动的空降兵内涵展现得淋漓尽致。

上图：重型装备脱离飞机瞬间。
刘冰冰摄



塞北凛冬，某新型弹药试验紧张进行中。突然，一发故障弹药打乱节奏，现场气氛骤然紧张。

危急关头，陆军某试验大队四级军士长周俊主动请缨，一番“望、闻、问、切”找到“病灶”后，重新装定，弹药试验继续进行。试验结束，战友们伸出大拇指赞叹：“巧手班长真牛！”

维修工具熟练于心，试验设备听音排障、复杂电路迅速接通……这些都是周俊的拿手好戏。精于装备维修的他，也曾经历过一段转型之“痛”。

刚入伍时，周俊被安排在弹药试验岗位。那时候，他的“巧手”有目共睹，弹药装配精准迅速，改装弹体科学合理。勤学苦干的他，在工作之余自行制作简易弹药堆垛机、弹药拆箱器，大大提升了作业效率。

因工作需要，周俊转岗至维修保障岗位。离开熟悉的战位，他的“巧手”派不上用场，工作训练也打不起精神。

周俊的师傅、一级军士长蔡春好一眼看穿他的心事。一天操课结束后，蔡春好带周俊走进维修间，握着一把老焊枪，讲起一段往事——

有一次新型弹药试验，面对多批次新弹种集中进场，大家信心满满，准备大干一场。关键时刻，试验装备突发故障了。幸亏，蔡春好既懂装备操作，又懂维修排障，一把焊枪挥舞，数道火花划过，一段段“鱼鳞纹”让试验装备“满血复活”，确保试验顺利完成。

“修理装备如同治病救人，需要一双巧手，更需要责任心。你要真有本事，就把重担挑起来。”蔡春好的话深深印在周俊脑子里。

打那之后，周俊吃完早饭，就多揣几个馒头放在兜里，午餐便在装备维修车间简单解决。买书学理论、上网查资料、拜师学技能、实操练手法……按他的话来讲，“那段时间，扳手、钳子像是‘长’在手上，连睡觉都在琢磨怎

么迅速修复故障。”

经过两年的勤学苦练，周俊取得弹药维修高级证书、军士中级证书，维修试验装备20余台(套)，成为大队榜上有名的巧手班长。

“现在信息化装备越来越多，我还要学习软件数控、网络编程等新技术，更好地为装备战斗力贡献自己的力量。”周俊说。

维修达人

苏-35总设计师伊格尔·德明在设计新战机时，改变传统双座型为单座型。自此，集成信息系统的单座型多用途战机成为主流——

战机多了一名“电子飞行助手”

■李泽晖



将对空歼击和对地强击机统筹设计，是现代战机研发的趋势。

上世纪80年代初，苏-35总设计师伊格尔·德明的办公室案头，摆放着一张多用途战机的设计图纸。

这架未命名的战机以苏-27S为基础进行了改进——增加一个小型全动式前翼，形成三翼面气动布局，提高了机动性；改进内部电子设备，让战机具有执行截击、对地攻击等多任务能力。

当时，配备两名飞行员是战机传统设计理念——前座飞行员控制飞行，后座飞行员负责操纵雷达或投放武器。伊格尔·德明改变传统设计理念，在新战机图纸上，只设置一名飞行员，用信息系统取代后座飞行员，为战机增设一名“电子飞行助手”。

伊格尔·德明的想法很快从图纸变成现实。1988年，试飞员欧列格·卓伊驾驶T10M-1首架原型机首次试飞。飞行10多分钟后，原型机安全降落。

4年后，该原型机参加英国范堡罗航展，以苏-35名义公开展示。由于人机界面设计不合理，多用途控制面板操作过于复杂，飞行员无法专注于飞机驾驶。尽管苏-35频繁出入各大航展，但伊格尔·德明的办公桌上始终未收到一张国际订单。

屋漏偏逢连夜雨。苏联解体后，俄

罗斯军费开支大幅缩减，苏-35项目陷入停滞状态。

转机出现在21世纪初，俄空军决定重启苏-35项目。

在新战机研发中，伊格尔·德明反思自己走过的弯路，将研发方向与实际情况紧密结合，一边剖析每款试验机暴露的问题，一边学习借鉴世界前沿技术。

这一次，他依然以苏-27战机为基础进行改进，彻底优化内部结构，采用全新机体结构，大量使用复合材料。与之前苏-35试验机相比，新机型重量减轻20%，舍弃机身前翼，采用更先进姿态控制技术和2台高推重比发动机。新苏-35座舱设置仍为单座型，配备了更加强大的中央运算系统，一名飞行员就可以操纵整架飞机。

作为苏-27的现代化升级版本，苏-35具有更优越的机动性，机载设备能够完成多种复杂战术任务，受到军方认可。去年，在已购买50架基础上，俄国防部再追加48架国家采购订单。

上图：单座型多用途战斗机苏-35。
资料图片



姜晨绘

管路“开会”，听听“发言”

■雷彬 范宁

动力蒸汽管路气呼呼地说：“不怕烫就离我远一点，我里面是上百摄氏度的蒸汽。”

燃油管路接过话匣子：“别让我穿过生活舱室，我里面流淌的可是燃油，要是漏漏了，就出大事了！”

消防管路也说：“不要把我放在角落里，万一着火了，你们会找不到我的。”

生活用水管路向来比较谨慎：“不要把水管路放在我的下面，一旦出现跑、冒、滴、漏的问题，可能会引起触电事故。”

空调通风管路慢条斯理地说：“请优先把我的位置规划好，我个头大、管

在脑海里把各管路系统聚到一起，开个“座谈会”，悉心听取它们的意见，时刻警醒自己按规范和标准设计管路。

“别把生活用水管路放在我的下面，我里面装的可是废水。”黑水管路率先发言。

电影《流浪地球》中，有句熟悉的台词：“道路千万条，安全第一条；行车不规范，亲人两行泪。”

驾车行驶要遵守交通法规，管路布置也要按照相关规范和标准进行设计。在进行管路三维设计前，工程师会

军工漫谈

历史钩沉