



— 在美国海军“企业”号核动力航母的飞行甲板上，一架F/A-18C“大黄蜂”战斗机勾住了拦阻索安全降落。

航空母舰的舰载机着舰装备

李杰 于川

在航空母舰的整个作战链条中，舰载机的降落是最重要的环节之一，也是事故率最高的环节。统计数据表明：航母舰载机80%的事故不是出现在空中，而是在着舰过程中发生的。

众所周知，航母舰载机对降落场长度和性能的要求，与陆地飞机存在着很大的差异。陆地飞机降落时可以滑跑几百米甚至一两千米后再停止，而航母舰载机则不行——即便是世界上最大的美国核动力航母的甲板长度也不过区区300多米；况且这有限的甲板还被分成起飞段和降落段，部分还得用来停放舰载机，真正能用于舰载机降落的甲板长度实际上仅有200米左右。

那么，如何在这么短的航母甲板上，使仍具有一定航速的舰载机能够顺利降落并迅速停稳？显然光靠舰载机自身的设备是远远不够的，必须借助一些特殊的舰载装置，如拦阻索、拦阻网及

助降装置等来配合完成。

舰载机着舰方式的演进

在航母发展史上，拦阻装置的应用要比弹射器早。早在1910年，美国飞行员尤金·伊利驾驶“柯蒂斯”双翼飞机进行着舰试验时，就曾利用“宾夕法尼亚”号战舰甲板上设置的22根拦阻索，使飞机平安地降落在舰面上。这些拦阻索用沙袋固定在甲板两边，十分简陋；但由于飞机重量很轻，只有几百千克，几个舰员就可以轻易地把它拽住，因此拦阻索的拦阻效果还是不错的。舰载机在这次试验中逆风降落，既便于调整飞行高度，又增加了阻力，有利于它在甲板上安全着舰。为了保证安全，伊利还把充气的自行车轮胎缠在身上用作救生。令人遗憾的是，伊利驾驶的飞机后来在一次着舰时，不慎撞到航母尾部，

造成了机毁人亡。这次事故给美国航母及舰载机的发展带来不小的负面影响。

在舰载机降落方式的演变过程中，水上飞机的起飞、降落方式曾一度风靡欧洲各国海军，成为当时航母舰载机起降的主流。水上飞机并不是直接降落在航母甲板上，而是先降落在航母附近的海面，然后再通过航母上的吊杆把它吊上战舰。这种降落过程相对稳妥可靠，因此曾受到一些国家的青睐；不过过程确实太麻烦了，尤其是遇到紧急情况时

↓ 早期的舰载机勾挂拦阻索降落。



往往会影响作战行动,所以各国海军最终放弃了水上飞机作为航母舰载机,继续探索新的起降方式。

不久,各国海军尝试在航母上设置两段式甲板。这种两段式甲板的概念与现代航母的两段式甲板完全不同:它是在舰的上层建筑前后,各设置一段木制的甲板,分别用于起飞和降落。为了防止舰载机在长度有限的后甲板上降落时撞到上层建筑,舰上通常安装拦阻索以强迫飞机减速,使之滑行较短距离后就能完成着舰程序。舰载机利用这种拦阻索降落时,事故屡有发生。在美国由“木星”号运煤船改成的第一艘航母“兰利”号上,就曾发生过飞行员驾驶飞机着舰时,因尾钩没有勾住拦阻索而撞向甲板上的12架飞机,造成其中大部分损毁的事故。从此,各国海军下决心研制更新型的航母以及新的降落方式。

经过一段时间的试验和实践,各国认识到,航母舰载机着舰仅使用拦阻索是远远不够的,还必须与其他手段相配合。英国海军在研究了多种措施后终于发现,将舰桥(即岛式上层建筑)移向舰的一侧,非常有利于甲板风的稳定,无论对飞机起飞还是降落都是有好处的。直通甲板有利于驾驶员操控飞机,但也还要装设拦阻装置,以便于飞机能在甲板前方停留回收。

“拽”住舰载机的拦阻索

如今,各国大中型航母上都装设有数量不等的拦阻索。例如,美国大型航



↑ F/A-18F 战机伸出尾部的挂钩准备降落。

母上装设有4道阻拦索,而俄罗斯唯一一艘大型航母“库兹涅佐夫”号上仅设3道。现代航母究竟设置几道阻拦索好,与起降甲板的大小、舰载机的重量与性能、飞机着舰点的分布以及驾驶员的降落习惯有着极大的关系。根据美国航母的多年统计数据,舰载机着舰白天大多勾住第2或第3道索,而夜间大多勾住第3或第4道索。所以美国海军决定设立4道阻拦索,绝大多数飞机在正常情况下都能被4道阻拦索中的1道所挂住。

不同航母的阻拦索间距也是不同的。通常,大型航母两道阻拦索之间的距离为12~14米,多为14米。美国“尼米兹”级航空母舰约在距舰尾55米处设置了第1道阻拦索,以后按每14米一道索排列下去。飞机在距舰尾70米左右(55米加14米)勾住第2道阻拦索的概率比较大;然后滑跑一定距离,在大约100~110米处停下来,完成回收。法国“戴高乐”号航空母舰不仅与美国“尼米兹”级航母一样采用核动力,而且阻拦索和弹射器的设置也与之基本相同。俄罗斯的“库兹涅佐夫”号航母的阻拦索间距则为12米。大量实践的统计数据表明,阻拦索间距12~14米,可以保证舰载机每次都能钩到1根,而且不会同时钩上2根。因为一旦勾住1根阻拦索后,飞机就会减速滑行、尾部上翘,使得尾钩的高度高于前面阻拦索的高度。

阻拦索的高度一般设为5~20厘米。如果阻拦索的高度过高,将对着舰飞机起阻碍作用,甚至对起落架造成损害;但如果过低,钩索过程又会变得比较困难。选择合适的阻拦索高度,既能使飞机顺利

地勾住拦阻索,又不会对着舰飞机的起落架造成损害。

舰载机尾钩勾住拦阻索后的滑行距离,既不能太长、也不能太短。美国海军曾做过试验,航母舰载机勾住拦阻索后,在100米左右停下来比较合适,此时飞行员和飞机结构承受约2.2g的负荷,人体可以承受;如果要在50米内停下来,承受的负荷就超过4g,一般舰载机结构和飞行员都难以承受;通常,舰载机飞行员的承受负荷最多不超过5g。

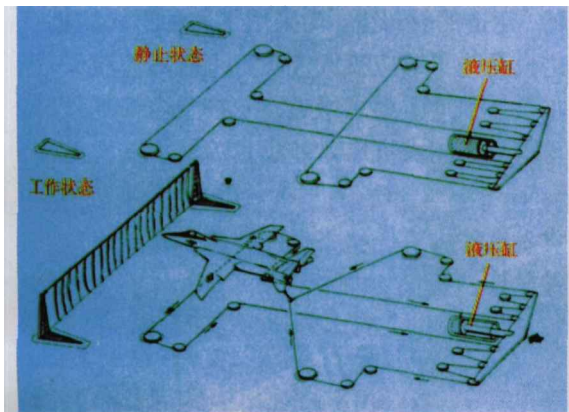
舰载机勾挂拦阻索的另一个关键是尾钩。尾钩长度一般为2米多长,比起落架的着舰点低,勾住第3或第4道索之一的概率较大。由于航母舰体的动荡起伏,勾住位置最靠前的第1道阻拦索的难度很大。此外,舰载机在降落时通过尾坡道的高度通常为3米左右,要从3米高度下降、刻意勾住第1道阻拦索,对于航速200节的舰载机来说,驾驶员的反应时间很短,稍有疏忽就可能撞到舰尾。显然,驾驶员更愿意勾挂第2或第3道索,这样,舰载机离阻拦索的距离相对长一些,给驾驶员判断的时间也更多一些,从而能够保证降落安全。

随时“挺身而出”的拦阻网

影响舰载机安全着舰的还有其它一些因素。比如,舰载机降落时要选择合适的下滑角,一般情况下以3~3.5°为佳。如果下滑角过大,舰载机着舰时对航母的冲击力就会增大,将造成局部损坏。尽管舰载机起落架的强度比普通飞机要高两三倍,但如果瞬间撞击强度超过承受范围,还是会发生事故的。当然,如果下滑角过小,滑行距离就会增大。

舰载机安全降落还与着舰速度有关。如果着舰速度超过限制,就会因冲击力过大而使阻拦索断裂。美、英、俄等国航母都曾出现过阻拦索断裂的情况。2005年9月,俄罗斯一架“苏-33”飞机在降落过程中,因阻拦索断裂而冲出甲板,掉到海里。这次断索事故的原因,一是舰载机的着舰速度过大,达到240千米/小时;二是阻拦索超期服役、强度降低,甚至可能存在着断钢丝的情况。美国海军有明文规定,阻拦索每使

↓ 航母阻拦索工作原理。





在美国新泽西州莱克赫斯特的海军航空兵场进行的拦阻网地面试验。

用三四次就要更换。美国航母的拦阻索由6股钢丝绳缠绕在一起，直径大约3.5厘米。索的中心用麻纤维作为芯材，麻纤维内有润滑油，可对钢索起润滑作用，以减少摩擦、降低损坏。

如果舰载机着舰不成功的话，就要立即复飞。因此，舰载机在降落的过程中，通常不关闭发动机。舰载机一旦钩索不成功（如尾钩打不开），又无法复飞（如燃油耗尽或机械故障），就必须紧急利用拦阻网安全降落，以防止撞坏舰甲板上的飞机及设施或冲到海里。早期，尤金·伊利在进行舰载机着舰试验时，就曾在跑道尽头设置了一个用帆布制成的原始拦阻网，以便在22根拦阻索都没有钩到的情况下，强制舰载机停下来，以免它冲出甲板，掉到海里。

拦阻网平时是不架设的，在应急情况下需要使用时，只要两三分钟就能临时架设完毕。尼龙拦阻网一般设置在第3、第4道拦阻索之间。根据拦阻强度的不同，拦阻网的层数是不一样的，轻型飞机使用三重网、重型飞机则使用五重网。此外，网的形式也根据飞机的种类而有所不同，比如，为螺旋桨飞机和喷气式飞机设置的网就完全不一样。螺旋桨飞机的拦阻网当中有一个大开口，且网间距较大，从而能网住机翼比较宽的飞机，使受力面积增大且受力均匀、避免出现应力集中现象，不会对飞机结构产生大的破坏。事实上，舰载机在撞击拦阻网之后，还要再冲出40~50米才能停稳，不但所用的拦阻网而且飞机也会受到一定程度的损害。

尼龙拦阻网不能沾水，潮湿之后

强度会降低，平时要放置在干燥的地方，而且拦阻网不能重复使用，使用一次以后就应报废。即使是新网，如果在甲板上进行张网练习，练习三次后也该报废。

形形色色的助降装置

为了保证舰载机顺利降落，航空母舰上还专门设置了光学助降装置（landing optics）。早期的光学助降装置，是在航母上设置一面大曲率的反射镜，从舰尾向镜面打出灯光，灯光通过镜面反射到空中。这束光与甲板面的夹角约为 $3.5^{\circ}\sim 4^{\circ}$ ，正好适合于舰载机着舰。飞行员只要驾驶飞机对准光束下降，就能准确地勾住第2或第3道拦阻索，从而准确、安全地降落在甲板上。

尽管光学助降装置有很大的优点，但它受天气的影响比较大。于是，又发明了“菲涅耳”光学助降装置，它安放在航母飞行甲板中部靠左舷的一个稳定平台上，以保证发出的光束不受航母摇摆的影响。这种助降镜类似于探照灯，灯光通过透镜聚焦后再发射出去，因此照射的距离很远、光效比较高。一般的光源是漫射的，能从不同的角度看到，而“菲涅耳”光学助降镜只有在一定的角度才能看到光束。具有定向性的“菲涅耳”透镜射出的光束可以照到1海里以上，将来甚至可达到10海里。

上述光学助降装置只是为飞机提供

一个下滑面，其实，舰载机着舰还有对中对问题。从某种意义上说，对中对比下滑角还要重要，因为航母的跑道很窄，滑跑误差左右不能超过4米。如果超过，往右——有可能撞到舰桥（大多数在航空母舰的右侧），往左——很可能撞到停机坪的其他飞机上。由于舰桥对飞行员的视线和心理的影响，因此飞行员在操纵舰载机着舰时很容易左偏，发生撞入停机坪或冲出舷侧翻倾的事故。统计数据也表明，飞行员驾驶飞机降落时向左偏的概率很大。

为了准确对中，航母在舰尾设有一根垂直的标志杆，在着舰跑道中线的延长线上还竖有一根垂直的标志杆，上面涂有红白相间的颜色，夜间还有灯光。如果标志杆和跑道中线在一条直线上的话，就说明飞行员已对准了跑道，否则，飞行员在较远处就应该进行左右调整，以保持对中状态。

一些国家还使用了激光助降装置和微波助降系统。一种新型远程激光对中系统，使舰载机飞行员在10海里处就可以发现航母，通过该系统进行对中。再加上其他辅助设施，着舰的成功率几乎可达到100%。GPS系统助降装置尚处在研究、试验阶段，主要问题是：航母在动，飞机也在动，两者之间存在着相对运动，所以数据处理比较难一些。当然，各种助降装置通常不是单独使用的，在多数情况下是两种或三种并用。

由于垂直/短距起降飞机和滑撬式甲板的出现与运用，使固定翼飞机的垂直起飞和垂直降落成为可能，因此有的国家航空母舰甲板上取消了弹射器和拦阻装置。目前，美国和法国的航母舰载机采用的是常规起飞、拦阻降落方式；英国的3艘“无敌”级航空母舰均采用短距滑撬起飞和垂直着舰的方式。西班牙、意大利、印度、泰国等国大都与英国相同，采用短距滑撬起飞和垂直着舰方式。唯独俄罗斯的航母起降方式与众不同，“库兹涅佐夫”号航母采用的是短距滑撬起飞和拦阻着舰方式。



航空母舰的光学助降装置。