



助推段反导，美军选择F-35

■ 张 洋

1月17日，美国国防部发布的新版《导弹防御评审》报告提到，未来F-35隐身战斗机可配装拦截弹，击落处于助推阶段的敌方弹道导弹。美国国防部将在未来6个月内展开相关研究论证。

自2017年底以来，美军曾多次提出发展空基助推段反导能力，同时提出将使用F-35隐身战斗机承担该任务。2018年4月，美国国防部导弹防御局局长表示，F-35隐身战斗机将于2025年具备探测、跟踪弹道导弹的能力，甚至有可能直接实施拦截，该能力可为美军未来弹道导弹防御体系作出巨大贡献。

一直以来，弹道导弹防御系统是美国追求所谓绝对安全、打破战略平衡的关键工具，继中段反导与末段反导之外，美军将目标瞄向助推段反导，以F-35隐身战斗机为主要拦截工具的空基助推段拦截成为美国正面向实战发展的能力。美军为何要发展助推段反导？助推段反导有何优势？作为空基助推段反导“首选”平台，F-35隐身战斗机承担这一作战任务能力如何？

知识链接

何为空基助推段反导

所谓助推段反导，即在弹道导弹飞行的助推段对其实施拦截的一种技术。弹道导弹从发射出去后到打击目标前，整个飞行过程可分为助推段、中段和末段3个阶段，因此拦截技术也分为助推段拦截、中段拦截和末段拦截，对应的反导技术则称为助推段反导、中段反导和末段反导。空基助推段反导，顾名思义，就是航空装备实施的助推段反导技术。

评头论足

F-35助推段反导：技术可行，不可小觑

众所周知，美军的中段反导技术和末段反导技术较成熟，并已进入实战部署。例如，部署在美国本土的“陆基中段反导系统”和关岛、韩国等地的“萨德”末段反导系统，以及海基中段、末段反导系统等。鲜有人知的是，长期以来，美军对助推段反导技术的关注和研究进度并不落后于前两者，之所以长期未投入实战应用，从技术上讲，其原因主要在于之前美军缺乏隐身作战飞机和长航时无人机，同时在作战上美军也

美军眼里“最有吸引力的方案”

美军认为，与中段、末段拦截相比，助推段反导具有独特优势；与其他装备相比，航空装备（即空基装备）是助推段反导的最佳选择。

其一，与中段和末段反导相比，助推段反导的最大优势是：在助推段，弹道导弹的发动机产生大量高温喷焰，很容易被反导体系中的预警卫星或空基红外系统探测到。另外，弹道导弹的飞行速度在这一阶段较低，且难以实施释放诱饵弹等对抗措施，从而容易被拦截。

其二，虽然从理论上，助推段反导可能通过陆、海、空、天基装备实现，但美军认为航空装备最有优势，原因是：陆基、海基系统受地表曲率和地形遮挡限制，只有在靠近发射点部署的情况下，才可能实现助推段拦截；天基助推段拦截技术受政治因素限制，且成本高昂；空基助推段拦截系统的以上缺点不明显，可与军机的原有任务紧密结合，突破地理因素限制，尽早发现助推段弹道导弹，还可适当抵近发射点实施拦截。

正因如此，美军认为空基反导是实现助推段拦截“最有吸引力的方案”。



正在为美国导弹防御局进行新型探测传感器试验的一架MQ-9“死神”无人机。新型传感器装载在机头下方，朝前伸出

需要多领域技术支撑

从目前美军开展的相关研究看，实施空基助推段反导需要平台、传感器和武器三大领域关键技术支撑。一是具备隐身或高空长航时性能的平台。美军认为，隐身飞机可以穿透防空系统，抵近至距敌方弹道导弹发射点一两百千米或更近处进行拦截；长航时无人机可利用高空、久航性长时间监视敌方弹道导弹发射情况，并在高空及时实施拦截。

二是能远程探测和精确跟踪目标的传感器。发动机喷出的高温喷焰是助推段弹道导弹最大的目标特征，通过光学传感器，航空装备可以在发射之后10秒左右时间内，发现助推段弹道导弹，发现距离可达500千米甚至1000千米以上。如果给拦截弹或激光武器提供精确指示，传感器还需要对目标进行持续精确跟踪，确保拦截武器能“打得准”。

三是能有效摧毁助推段弹道导弹的武器，可以是拦截弹或激光武器。拦截弹射程要在200千米左右或更远，并具有较高飞行速度。弹头安装杀伤飞行器，靠近目标后先识别后撞击，实现高效杀伤。激光武器要有足够大功率，能穿透大气层杀伤目标，同时还需要小型化，以便航空装备配装。

美军初具用F-35实施拦截技术条件

一是该机具备优异的隐身性能和大作战半径。F-35隐身战斗机是继F-22之后世界第二型列装作战部队的第五代战斗机，具有优异的隐身性能和强大的电子战能力，有能力穿透先进防空系统，接近弹道导弹发射位置实施助推段拦截。该机在机内满油、内埋弹舱满挂的情况下，作战半径可达1000多千米，既可以深入位于内陆的弹道导弹发射位置，也可以将大的作战半径转换为长的巡逻时间，在敌方弹道导弹发射车可能出现的区域巡逻，伺机猎杀发射车并及时拦截刚刚发射的弹道导弹。

二是机载设备对弹道导弹的探测能力已被验证。F-35隐身战斗机配装的红外传感器和有源相控阵雷达均可独立或协同发现并跟踪弹道导弹，目标识别能力和跟踪精度可支持防空反导系统直接发射拦截弹，对此，美军也已开展过多次试验进行验证。

三是美军在空基拦截武器方面已积累较丰富的技术储备。美军战斗机现已配装AIM-120D空空导弹，该弹可直接改装成拦截弹。实际上，自冷战结束以来，美军对用于助推段反导的空射拦截弹研究几乎从未间断，先后进行多次实验。

四是美军在空基拦截武器方面已积累较丰富的技术储备。美军战斗机现已配装AIM-120D空空导弹，该弹可直接改装成拦截弹。实际上，自冷战结束以来，美军对用于助推段反导的空射拦截弹研究几乎从未间断，先后进行多次实验。



正在为美国导弹防御局进行新型探测传感器试验的一架MQ-9“死神”无人机。新型传感器装载在机头下方，朝前伸出

助推段反导：技术可行，不可小觑

众所周知，美军的中段反导技术和末段反导技术较成熟，并已进入实战部署。例如，部署在美国本土的“陆基中段反导系统”和关岛、韩国等地的“萨德”末段反导系统，以及海基中段、末段反导系统等。鲜有人知的是，长期以来，美军对助推段反导技术的关注和研究进度并不落后于前两者，之所以长期未投入实战应用，从技术上讲，其原因主要在于之前美军缺乏隐身作战飞机和长航时无人机，同时在作战上美军也

众所周知，美军的中段反导技术和末段反导技术较成熟，并已进入实战部署。例如，部署在美国本土的“陆基中段反导系统”和关岛、韩国等地的“萨德”末段反导系统，以及海基中段、末段反导系统等。鲜有人知的是，长期以来，美军对助推段反导技术的关注和研究进度并不落后于前两者，之所以长期未投入实战应用，从技术上讲，其原因主要在于之前美军缺乏隐身作战飞机和长航时无人机，同时在作战上美军也

众所周知，美军的中段反导技术和末段反导技术较成熟，并已进入实战部署。例如，部署在美国本土的“陆基中段反导系统”和关岛、韩国等地的“萨德”末段反导系统，以及海基中段、末段反导系统等。鲜有人知的是，长期以来，美军对助推段反导技术的关注和研究进度并不落后于前两者，之所以长期未投入实战应用，从技术上讲，其原因主要在于之前美军缺乏隐身作战飞机和长航时无人机，同时在作战上美军也

助推段反导：技术可行，不可小觑

众所周知，美军的中段反导技术和末段反导技术较成熟，并已进入实战部署。例如，部署在美国本土的“陆基中段反导系统”和关岛、韩国等地的“萨德”末段反导系统，以及海基中段、末段反导系统等。鲜有人知的是，长期以来，美军对助推段反导技术的关注和研究进度并不落后于前两者，之所以长期未投入实战应用，从技术上讲，其原因主要在于之前美军缺乏隐身作战飞机和长航时无人机，同时在作战上美军也

众所周知，美军的中段反导技术和末段反导技术较成熟，并已进入实战部署。例如，部署在美国本土的“陆基中段反导系统”和关岛、韩国等地的“萨德”末段反导系统，以及海基中段、末段反导系统等。鲜有人知的是，长期以来，美军对助推段反导技术的关注和研究进度并不落后于前两者，之所以长期未投入实战应用，从技术上讲，其原因主要在于之前美军缺乏隐身作战飞机和长航时无人机，同时在作战上美军也

众所周知，美军的中段反导技术和末段反导技术较成熟，并已进入实战部署。例如，部署在美国本土的“陆基中段反导系统”和关岛、韩国等地的“萨德”末段反导系统，以及海基中段、末段反导系统等。鲜有人知的是，长期以来，美军对助推段反导技术的关注和研究进度并不落后于前两者，之所以长期未投入实战应用，从技术上讲，其原因主要在于之前美军缺乏隐身作战飞机和长航时无人机，同时在作战上美军也



正在为美国导弹防御局进行新型探测传感器试验的一架MQ-9“死神”无人机。新型传感器装载在机头下方，朝前伸出

助推段反导：技术可行，不可小觑

众所周知，美军的中段反导技术和末段反导技术较成熟，并已进入实战部署。例如，部署在美国本土的“陆基中段反导系统”和关岛、韩国等地的“萨德”末段反导系统，以及海基中段、末段反导系统等。鲜有人知的是，长期以来，美军对助推段反导技术的关注和研究进度并不落后于前两者，之所以长期未投入实战应用，从技术上讲，其原因主要在于之前美军缺乏隐身作战飞机和长航时无人机，同时在作战上美军也

众所周知，美军的中段反导技术和末段反导技术较成熟，并已进入实战部署。例如，部署在美国本土的“陆基中段反导系统”和关岛、韩国等地的“萨德”末段反导系统，以及海基中段、末段反导系统等。鲜有人知的是，长期以来，美军对助推段反导技术的关注和研究进度并不落后于前两者，之所以长期未投入实战应用，从技术上讲，其原因主要在于之前美军缺乏隐身作战飞机和长航时无人机，同时在作战上美军也

众所周知，美军的中段反导技术和末段反导技术较成熟，并已进入实战部署。例如，部署在美国本土的“陆基中段反导系统”和关岛、韩国等地的“萨德”末段反导系统，以及海基中段、末段反导系统等。鲜有人知的是，长期以来，美军对助推段反导技术的关注和研究进度并不落后于前两者，之所以长期未投入实战应用，从技术上讲，其原因主要在于之前美军缺乏隐身作战飞机和长航时无人机，同时在作战上美军也

南极考察船面临哪些风险

■ 高登义

1月19日上午，受浓雾影响，中国第35次南极考察队“雪龙”号极地考察船在南极阿蒙森海冰区航行时与冰山碰撞，船舰桅杆及部分舷墙受损，无人员受伤。目前，“雪龙”号极地考察船情况正常，已经驶离阿蒙森海冰山密集区，于1月22日凌晨1时39分开始恢复正常走航观测。

消息传来，国人在为“雪龙”号极地考察船化险为夷感到惊喜之外，也希望了解更多关于极地考察船在南极考察的相关知识。

笔者曾三次赴南极进行科学考察，最南到达南纬73度。所乘考察船是“极地”号考察船和“白濤”号考察船，并负责“极地”号考察船的航线天气预报。

一般说来，要进入南极圈考察，考察船除了会遇上一般海上航行的困难外，还要面临来自4个方面的主要威胁，通过南半球西风带的大风浪，被厚度较大的海冰围困，靠近南极大陆时的冰崩，大雾天与冰山碰触。

一、南半球西风带是地球上最强的西风带，位于南纬50°至60°附近，通常需要航行5天至6天。期间，考察船往往会遇到1个至2个极低气压区域的气旋，气旋中往往伴有7级至8级以上的风浪和5米至10米的浪高。这样的风浪不会导致翻船，但往往令船上考察人员备受晕船折磨，难以开展工作。此时，航线天气预报员的责任是寻找较弱的气旋，使考察船经此通过南半球西风带，尽可能减小考察人员的痛苦。

二、世界上破冰能力最强的考察船是俄罗斯的“胜利50年”号，它是核动力考察船，最大可以破除3米厚的海冰，也就是说，即便是世界上最好的考察船，也并非“无冰不摧”。因此，一旦

遇到的海冰厚度超过考察船的最大破冰厚度时，考察船就不容易通过了。此时，航线天气预报员要利用接收到的卫星资料，寻找相对厚度较小的海冰区域，使考察船伺机通过，或者向距离最近的其他考察船求助，这种做法符合国际规范，我国“雪龙”号极地考察船也曾救助过遇困的外国考察船。

三、冰川学家的研究表明，南极冰盖上的冰川运动有时会突然出现快速运动，或者叫“跃动”。当冰川“跃动”现象出现在南极冰盖边缘时，突然快速移动的冰川会冲下南极大陆边缘，坠入南大洋，掀起百米高的水柱，宛如原子弹爆炸时产生的“蘑菇云”，并推动大小不等的冰山快速前进，危及正在冰前附近航行的考察船。1989年1月14日，我国“极地”号考察船在南极普利兹湾曾遭遇冰崩围困。冰崩现象很少出现，但几乎不可能提前预测。

四、根据南北极的气候研究表明，南极海域出现大雾天的几率远远比北冰洋海域小。这是因为南极洲大陆的下降风除在夏季一二月风速稍小以外，其他月份的风速都在八级以上，不利于南极海域形成大雾。

在南极海域航行，如果遇到大雾天。一般情况下，可依靠考察船上的雷达设备提供预警。另外，考察船上的航线天气预报员可以利用卫星云图和冰况图提前知道大冰山的踪迹，做出预警。只有当卫星接收机不能正常工作时，才会无法提前预测。不过，考虑到南极海域的气候瞬息万变，除上面提到的这些风险外，考察者必须不断面对新情况，以应对不断出现的新的航线困难。

（作者系中科院大气物理所研究员、中国科学探险协会名誉主席）

“雪龙”号极地考察船在南极海冰区航行

受蛙鸣启发：让数据传输更高效

■ 李学华

夏夜宿营池塘边，最影响睡眠的恐怕就是喧嚣的蛙声。然而，日本科学家近日却从这片恼人的青蛙叫声中发现“宝藏”，找到有利于无线数据传输的新模式。

来自大阪大学和筑波大学的研究人员捕捉了3只树蛙并将其分别“关押”在不同的笼子里，通过观察其鸣叫规律后发现：3只树蛙总是会抓住同伴鸣叫的空隙发出自己的声音，不会与同伴使用同一节奏或频率，最大限度地避免相互之间“抢风头”，确保自己的声音被同伴听到。另外，它们还会在某一时刻同时停止鸣叫休息，然后又几乎在同一时刻按上述“彼此穿插”的原则开始鸣叫。

在这一基础上，研究人员建立数学模型，结果发现，青蛙们的鸣叫规律对建立网络数据传输新模式非常有帮助。团队中一名成员称，“相邻的两只树蛙总会避免使用同一节奏或频率鸣叫，这能帮助它们为自己的声音建立一条没有干扰的传递通道。同理，在传感器网络中，如果两个相邻的节点采用不同的数据传输节奏，那么数据包在传递过程中就不会发生碰撞，传递速度和效率从而得到提高。”

试验中还观察到青蛙群一种有趣的集体动作：它们会在某一时间集体沉

默，下一刻则开始集体鸣叫。开始和休息的时间是随机的，但开始鸣叫后，青蛙个体之间、群与群之间总会有一种微妙感应下，避免进入相同的频率或节奏，以达到互不干扰的目的。一位研究员说，“据此，我们建立了一个‘鸣叫-休息’模型，用来分析数据传输过程中的接收与发送，结果发现青蛙鸣叫的‘鸣叫-休息’模式对设计具备自动分发功能的通信系统非常有帮助。”

研究人员称，无线网络中的数据传输管理可借鉴青蛙们的“鸣叫-休息”模式，即利用分布在各处的传感器节点自动探测传输环境的特点和状态，然后做出接收或发送、活动或休息的判断，并向网络内的其他节点发出协调请求，最终为系统内待分发数据建立最理想的通道和传送时间。

该研究小组在研究报告中指出，借鉴青蛙或青蛙群的鸣叫模式建立起无线网络内的数据传输新模式，短期内可以有效避免数据包在传输过程中相互干扰、碰撞，提高数据传输速度，长期看，则可节省网络能量消耗，提高网络传输效率。