

高超音速风洞：先进飞行器“摇篮”

■ 冈敦殿

风洞试验对于飞行器的研制至关重要，可以说风洞是各类飞行器的“摇篮”。高超音速飞行器的飞行速度超过5马赫，突防能力强，被称为“大国利器”。要设计高超音速飞行器，需要气动力、气动热等关键数据作为支撑，风洞试验就是这些数据的主要来源。

2024年11月，美国圣母大学宣称“研制出国际首座气流速度超过10马赫的静音风洞，将用于支撑美国高超音速飞行器先进武器装备研究”，并举行设备启动仪式。据悉，该风洞的研制获得了美国国防部和美国空军的支持。



美国国家航空航天局下属格伦研究中心的高超音速风洞。

大国竞相研发

风洞是依据相对运动原理和一定的相似准则，在地面以人工方式制造高速气流，使其流过飞行器模型，据此开展实验测试的管道状设备。风洞种类繁多，按照不同气流流向、气流速度、实验时间、功能用途和形状尺寸等，可以分为不同类型。其中，根据试验段气流速度(马赫数)范围划分风洞，马赫数小于0.3的风洞为低速风洞；大于0.3小于0.8的为亚音速风洞；大于0.8小于1.2的为跨音速风洞；大于1.2小于5的为超音速风洞；大于5的为高超音速风洞。

高超音速风洞专门用于模拟高超音速飞行条件，对航天飞行器、中程弹道导弹、运载火箭等高超音速飞行器进行测试，确保后者在实际使用中具备较高的可靠性和优良性能。按照运行时长不同，高超音速风洞又分为脉冲式和暂冲式两种，脉冲式风洞的稳

定运行时长一般为毫秒量级，暂冲式风洞的运行时长在数秒至数十分钟。另外，高超音速风洞运行时需要通过一定途径使气体温度升高，确保气流在试验段不会发生冷凝。通常，高温高压气体经过收缩扩张型喷管膨胀加速到高超音速。

从发现新现象、研究流动机理，到提供飞行器设计所需的气动力、气动热等数据，高超音速风洞试验至关重要，一些国家为此建立了多型高超音速风洞设备。

美国是当今世界上拥有高超音速风洞最多的国家之一，美国国家航空航天局下属机构、国防部下属机构和一些商业机构都建有数量众多的高超音速风洞。在过去60多年间，美国高超音速风洞在其高超音速计划中发挥了重要作用。例如，美国航天飞机计划先后进行了700多项地面模拟试验，试验总时长达7万多小时；X-43A、X-51A等高超音速验证机试飞也与大量地面试验密不可分。俄罗斯也建有多型风洞设备，

主要集中在俄罗斯中央流体动力研究院、中央机械研究院等单位。

几处典型风洞

美国空军阿诺德工程发展中心9号风洞，主要用于临近空间高超音速飞行器和跨大气层飞行器的气动力地面试验。其气流速度在6至14马赫之间，喷管口径1.5米，运行时长为0.5至15秒，2016年升级改造后气流速度可达18马赫。美国国家航空航天局下属格伦研究中心的HTF高超音速风洞，能够模拟5至7马赫的高超音速气流。

日本国家航天实验中心(角田)HI-EST风洞是一座激波风洞，具备喷管口径大、试验时间长等特点。该风洞的最高总压达150兆帕，喷管口径0.8米，稳定试验时长在2毫秒以上，可模拟的气流速度范围为8至16马赫。

俄罗斯中央机械研究院U-12风洞，可模拟的气流速度为2至20马赫，可按照常规激波管方式运行，在激波管中

产生强激波，强激波将试验气体加热到高温状态，也可按照下吹风洞方式运行，但试验时间较短。

未来发展趋势

随着航空航天、军事等领域对高超音速飞行器的性能要求不断提高，高超音速风洞的技术指标也不断提升。这包括提高风洞的实验段马赫数范围、气流温度和压力等参数，以模拟更为真实的高超音速飞行环境。同时，这也对风洞的流场品质、测量精度等提出更高要求，以满足更精确的实验需求。

从目前的技术发展看，静音风洞是未来高超音速风洞的发展趋势之一。静音风洞能够模拟出逼真的高超音速飞行环境，提高实验数据的可信度。不过，静音风洞的发展也面临诸多挑战，包括高昂的建设和运行费用、技术难题等。各航空航天大国都将静音风洞列为重要发展方向之一，美国圣母大学风洞即为一型静音风洞。

马来西亚建造新型濒海任务舰

■ 梁春晖

近日，马来西亚海军宣布开始建造第二批濒海任务舰。濒海任务舰泛指用于近海巡逻、护渔、搜救和反走私等多样化任务的轻型舰艇，通常作为海上执法平台。马来西亚海军第二批濒海任务舰参照土耳其高级护卫舰设计，能够显著提升该国海军的反水面、防空和电子战能力。

濒海任务舰是马来西亚海军“15至5”舰队转型计划的重要组成部分。“15至5”舰队转型计划旨在大幅优化该国海军舰艇编队结构，通过简化型号，将现役15类舰艇缩减为5类，并打造具有本土反潜作战能力和公海巡逻能力的现代化濒海战斗舰。

由于马来西亚海军缺乏操作大型主战舰艇的经验，且作战海区以近海为主，因此“15至5”舰队转型计划提出的第一批濒海任务舰，排水量仅700吨，主要作为海警执法船，取代马来西亚海军装备的多型舰艇。2019年至2021年底，第一批4艘濒海任务舰相继入役。随后，马来西亚海军修改并提升了后续舰艇的作战指标，于2020年9月公开招标第二批次濒海任务舰。土耳其防务公司中标，负责建造前3艘舰。全部第二批濒海任务舰预计将于2027年底完工，并交付马来西亚海军。

第二批濒海任务舰基于土耳其高级护卫舰研制，突出机动性和耐波性要求，同时采用综合隐身设计。舰体长99.56米、宽14.42米，排水量2500吨，吨位是第一批濒海任务舰的3倍多。该舰采用柴—柴联合动力双轴推进系统，最大航速26节，14节巡航速度下航程超过7400千米，舰员编制111人，海上自持时间14天。舰艏和侧舷各有1艘刚性充气艇，舰艉直升机甲板能够起降10吨左右的直升机。

第二批濒海任务舰配备的武器系统主要包括76毫米舰炮、30毫米自动武器站、12.7毫米遥控武器站、4联装国产反舰导弹发射装置和2联装垂直

发射系统等，具备反水面作战、防空作战和电子战能力。未来，该舰能与马来西亚海军新一代巡逻舰、濒海战斗舰联合行动，共同执行海上作战任务，或将进一步增强马来西亚海军的海上实力。



马来西亚海军第二批濒海任务舰模型。

欢迎
订阅

中国国防报

关注国家安全
助推国防建设



一键订阅二维码



中国国防报：邮发代号1-188 全彩印刷 全年定价150元
全国各地邮政局(所)均可订阅 咨询热线：010-68525572