

地效气垫复合船技术研究及发展前景

王德爽 孟尧 岑梦希

(中国航天空气动力技术研究院/彩虹无人机科技有限公司 北京 100074)

摘要: 简述了地效气垫复合船技术概念及特点,介绍了国内外相关船型发展现状、复合船运动性能及各阶段运动策略,同时也指出了其在军事方面可能的发展前景。即设想发展一种同时具有两栖性、高速性、隐蔽性,既可以在垫态航向作为高速气垫船使用,又能利用“地面效应”掠水巡航飞行,此外还可飞出地效区爬升至一定高度短时间飞行,作空中规避、机动。

关键词: 地效;气垫;复合船;运动特点;操纵策略;需求应用

1 前言

地效翼船的研究最早开始于20世纪30年代,已经日益受到世界各国的重视,目前国外以俄罗斯为代表的一些国家已经具备了一些较成熟的技术,国内也有着很大的发展机遇和空间。

地效气垫复合船是在地效翼船技术研究的基础上,综合了地效翼船和高速气垫船的优点而设计出的一种创新船型。既能作为高速气垫船使用,又能利用“地面效应”掠水巡航飞行,此外还可爬升至一定高度,在高空短时间飞行,以便做大机动、避让障碍物或远望侦察。具有两栖性能好、航行速度快、适航性较好、运输效率高、安全性较高等良好的性能表现。

2 技术发展现状与实例

上世纪60年代,原苏联大型试验型地效翼船“KM”(又名“里海怪物”),重544吨、船身长92米、翼展37米、高22米,约可承载1000名武装士兵)秘密建成,并被运至里海基地完成了航行试验,该船外形见图1。



图1 “KM”地效翼船(“里海怪物”)

后来,又成功发展研发了“雏鹰”系列、“鹞”系列、“雨燕”系列、“伏尔加”系列等地效飞行器型号,技术处于领先地位。

近年来,德国 Hypercraft Associates 有限公司开展了地效气垫复合型船的研制工作,并成功完成了代号为“HW-2VT”2座验证船的研制与试航。该船船体下部采用侧壁式气垫船的船体形式,使用 Hirth F30 型发动机,发动机功率80千瓦,最大航行速度130千米/小时,飞高0.75米,也可短时间冲高至5米。该船外形见图2。



图2 “HW-2VT”地效气垫复合船

从1995年起,中国航天科技集团公司第十一研究院(时为“701所”)联合中国科技开发院和航空605所,历经三年多时间,研制了“天翼”1型地效翼船,该船长16.15米、宽11米、高4.9米,最大起飞重量4.8吨,可乘坐15人,能在内河湖泊3级浪条件下起降,在水上0.6~1.5米高度以140千米/小时速度巡航飞行。1999年“天翼”1型地效翼船通过中国船检总局的入级船检,在太湖投入运营,成为世界上第一个入级的同类地效翼船产品。实践证明,“天翼”1型地效翼船性能可靠、驾驶方便、安全实用,获得业界同行一致好评。



图3 “天翼”1型地效翼船

近年来,中国船舶科学研究中心(船舶702所)研发了一型可载7人的军用地效翼船,该船长约19米,宽约13米,高约4.7米,起飞总重4.2吨,航程约250千米,飞行高度0~2米,短时可冲高至8米。该船目前已完成定型试验。

3 地效气垫复合船运动特性

地效翼船(Wing-in-Ground Effect Craft, WIG)大致可归纳为两种即动力增升地效翼船(PARWIG)与动力气垫船(DACC)。复合船融合两者特点,采用了地效翼船和气垫船常规布局的复合形式,主要由船体、主翼、侧翼、水平尾翼、垂直尾翼、侧封、浮舟、围裙等组成。采用高置平尾及双垂尾,船体与机翼衔接处为翼身融合结构,在改善气动性能的同时,增加其内部空间,利于结构设计和设备布置。水动布局为左右半刚性侧封加艏部围裙和艉部大襟翼,构成封闭的垫升气室,同时为增强横向稳定性,在主翼两端设置左右浮

舟。整个水动布局底端结构均为柔性体，使复合船具备良好的两栖性能。

地效气垫复合船运动阶段可大致分为静排水阶段、垫升滑行阶段、起飞阶段、地效区飞行阶段、自由空间飞行阶段、降落阶段。运动阶段的示意图如图4所示：

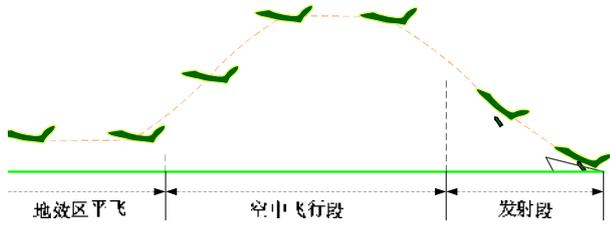


图4 地效气垫复合船运动阶段示意图

4 地效气垫复合船各运动阶段操纵策略

复合船静排水航行状态只是在低速进出港口或船坞、停泊状态时使用，将围裙收起，离合器脱开即可，该状态同常规船的低速航态相近。

复合船在水面垫升航行状态时，可将其近似于空气螺旋桨推进的侧壁式气垫船。此时，通过操纵机构将地效气垫复合船的主翼沿主翼翼根附近向上折叠收起，连同侧翼和浮舟架于船身上；双侧封和艏部围裙及艉部大襟翼构成封闭气室，通过垫升风机向气室内充气，形成高压气垫，将船体从水中垫起。由于气垫内部压力均匀分布，船横倾时侧壁下缘泄流产生的侧漂力可被外加的侧向力平衡，因而不会有一舷漏气现象，不易造成侧漂，所以仅需考虑航向的操纵。在航向控制方面，主要通过双侧空气螺旋桨变距调节，改变两桨的推力从而产生差动力，并操纵垂尾方向舵实现转向操纵。

复合船处于起降状态时，操纵平尾升降舵的同时配合使用襟翼，襟翼操纵系统在船起飞时还可增加升力，降落时增加升力和阻力。通过操纵机构将垫升系统的艏部围裙和艉部大襟翼放下，垫升风机压气，在船底形成气垫，使船体抬升，吃水变浅；在空气螺旋桨推进下，开始加速，主翼和侧翼提供的气动升力随速度的增大而增加，船体逐渐脱离水面，达到起飞速度后，收起围裙和大襟翼，此时中间体和侧翼共同组成地效翼面，在“地面效应”作用下航行，而垫升风机停止工作，地效气垫复合船进入地效区飞行状态。由于后缘襟翼面积较大，在起飞滑水阶段襟翼上的水动载荷变化非常大，因此操纵策略为：起飞滑水阶段的载荷较小时，襟翼保持给定的偏度角，以保持机翼下方的气动垫升力；载荷过大时，应使过量的载荷立即释放。

复合船处于地效飞行状态时，由于飞行高度低，不能象常规飞行器那样作横向大机动，其运动剖面近似与水面平行的二维平面，需要联合操纵多个舵面，实现在很小的横倾角下完成航向操纵；另外配合襟翼操纵系统用于在起降状态增加升力及进行飞行高度的控制。考虑副翼的工作条件，在其舵机系统中应设置过载保护装置，当大浪撞击襟翼，载荷超过一定值后，液压系统的局部压力超过规定值，安全活门打开，自动卸载，避免了结构在过大载荷时损坏；当襟翼外载荷恢复到正常值后，安全活门关闭，系统又恢复正常工作。

复合船在自由空间飞行状态时，与常规飞行器操纵类似，操纵升降舵、控制发动机的油门包括襟翼完成纵向速度、

迎角和俯仰角等纵向控制，操纵副翼、方向舵完成横航向控制。

5 需求分析与应用前景

由于地效气垫复合船两栖性能好、航速高、载重量大、隐蔽性好、适用性高、起降方便等优点，其军用前景广阔，主要用途包括：

1) 边防巡逻及海防勤务保障

地效气垫复合船可担负水域面积大、对抗风险较小的边界水域巡逻执勤任务。尤其在宽阔的水面，仅需较短时间即可完成大范围巡逻执勤。针对沿海设防岛屿的综合勤务保障工作，主要用于兵力投送和物资补给，由于其高速、隐蔽、时效性高，建立在复合船上的超低空医院、仓库等保障实体，将离开地面依托，跟随部队实施全方位、快速保障。

2) 两栖登陆作战

地效气垫复合船可发挥其一定的两栖能力，选择敌人非预设阵地进行抢滩登陆，执行两栖登陆作战和人员装备输送任务，甚至绕到敌人后方阵地发动攻击。非战争时，担负着部队海上训练中人员及装备的两栖输送。

3) 沿海巡逻侦察与特种作战

地效气垫复合船可担负着沿海及设防岛屿周围海域巡逻警戒与侦察、目标跟踪监视、战场态势监控、海上捕俘与破袭、隐蔽输送特种兵登岛作战等侦察巡逻与特种作战任务。依靠高速性、隐蔽性优点，可作为移动雷达站，超低空飞行不易被高空飞机发现；可快速隐蔽穿越战区，适合战略性突袭、营救等特种作战任务。

4) 非战争军事行动

地效气垫复合船可担负着海上搜索救援、反恐应突等非战争军事行动任务。借助复合船，部队可快速抵达出事水域，在空中搜索海面救援或反恐目标，并在目标附近水面降落，执行救援或反恐任务。

6 小结

地效气垫复合船相关技术日益成熟，具有相当好的长期发展前景。作为一种创新型特种飞行器，有其两栖性好、航速快、适航性较好、运输效率高、安全性较高等技术优势和独特的飞行性能。随着国家日益重视，由军事需求牵引，高科技推动，跨越式发展相关船型，是我军抢占“第五界面”及低空海上飞行技术领域的历史性机遇，有可能引发该领域技术革新，推动我海军军事力量变革进程。

参考文献

[1]张艺，中国实用型地效飞行器[J]，航空知识，1999，9-11。
 [2]苏联军事百科全书——航空，航天[M]，中国人民解放军空军学院，1984，230-235。
 [3]国外军用气垫船和地效翼船译文集，中国船舶工业总公司第七研究院第七零八研究所，1994.05。

作者简介：

王德爽（1987--），男，2012年3月毕业于哈尔滨工程大学导航、制导与控制专业，硕士，高级工程师，研究方向是控制律设计。