

地效飞行器发展全史·详细介绍世界领先的新型飞行器

水上巨兽

苏联及俄罗斯地效飞行器·I

SOVIET RUSSIAN EKRANOPLANS

[俄] 谢尔盖·科米萨洛夫 (Sergey Komissarov) 叶菲姆·戈登 (Yefim Gordon) 著
吴 韬 王 楠 陈应凡 译

航空工业出版社

013070886

V271.5

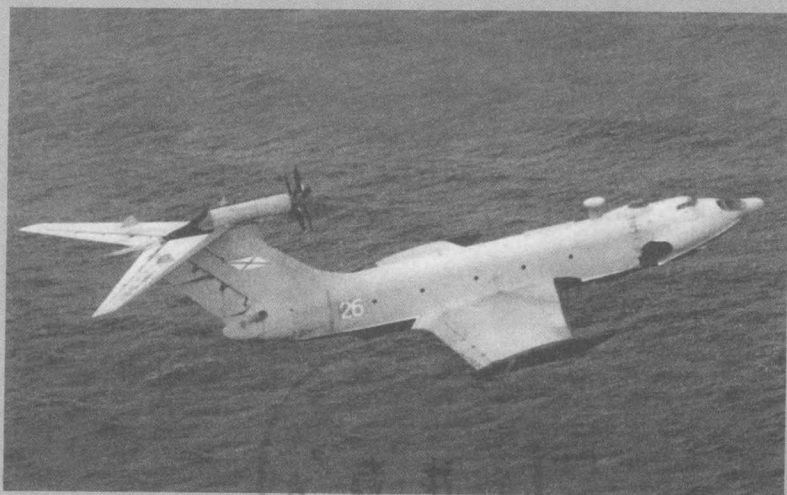
01

V1

水上巨兽

苏联及俄罗斯地效飞行器

SOVIET AND RUSSIAN EKTRANOPLANS



【俄】谢尔盖·科米萨洛夫 (Sergey Komissarov)

叶菲姆·戈登 (Yefim Gordon) 著

吴韬 王楠 陈应凡 译



北航

C1680098

航空工业出版社

北京

V271.5
01
V1

内 容 提 要

多年以来,俄罗斯和世界各国在地效飞行器这一领域都有着长足的发展。本书中容量最大的一部分,是关于近半个世纪以来苏联以及如今的俄罗斯联邦所设计研发的地效飞行器,另外还介绍了其他国家,包括美国、德国等国在这一领域所开展的工作。

本书中加入了大量的照片和插图,让读者更清晰地了解一些私人设计公司所设计的地效飞行器,这类地效飞行器的资料目前都还相当稀少。

图书在版编目(CIP)数据

水上巨兽:苏联及俄罗斯地效飞行器:全2册/
(俄罗斯)科米萨洛夫(Komissarov, S.), (俄罗斯)戈
登(Gordon, Y.)著;吴韬,王楠,陈应凡译.--北京:
航空工业出版社,2013.8

书名原文:Soviet and Russian ekranoplans

ISBN 978-7-5165-0165-8

I. ①水… II. ①科… ②戈… ③吴… ④王… ⑤陈
… III. ①水上飞机—介绍—苏联②水上飞机—介绍—俄罗
斯 IV. ①V271.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第121781号

北京市版权局著作权合同登记

图字:01-2012-6521

Soviet and Russian ekranoplans

By Sergey Komissarov, Yefim Gordon

Copyright © 2010 Sergey Komissarov and Yefim Gordon

Copyright of the Chinese translation © 2012 by Portico Inc.

Published by arrangement with Ian Allan Publishing Ltd.

ALL RIGHTS RESERVED

水上巨兽:苏联及俄罗斯地效飞行器

Shuishang Jushou: Sulian Ji Eluosi Dixiao Feixingqi

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

发行部电话:010-64815615 010-64978486

北京九歌天成彩色印刷有限公司印刷 全国各地新华书店经售

2013年8月第1版

2013年8月第1次印刷

开本:787×1092 1/16

字数:557千字

印张:32

定价:98.00元(全2册)

如有印装质量问题,我社负责调换。

目
录**前 言** /001**第一章**

先驱者阿列克谢耶夫——标准化的设计/029

第二章

巴尔蒂尼的设想——意大利裔设计师的成就/177

第三章

别里耶夫的行动——水上飞机VS地效飞行器/237

第四章

苏霍伊：多元化的尝试——地效飞行器排上日程/277

第五章

爱好者们的贡献/301

第六章

自由事业——步入新公司/389

第七章

其他国家的地效飞行器/471

前言

本书意在展示俄罗斯在研发地效翼（Wing-in-ground-effect, WIG）飞行器，即地效飞行器这一即使如今看来也相当怪异的运输工具的过程中所扮演的角色和取得的成就。俄罗斯取得的这些成就毫无疑问吸引了相当多国家的关注。不管怎么说，俄罗斯（包括如今已解体的苏联）是这一领域翘楚，且已取得了至今无人超越的成就。20世纪60年代，在世界刚将目光投向大型地效飞行器研发的时候，苏联就已在该领域领先。本书作者希望通过本书向读者展示俄罗斯各设计局和制造厂在这一领域所完成的工作（详见下文），并简要介绍各种设计的特色（这些将在后续章节中详细介绍）。当然，2002年至本书完稿之间这一时间段内的相关事务本书也有涵盖。

首先我们要简要介绍一下本书所讲述的内容。地效飞行器是通过地效区

（贴近地面、水面的高度区域，通常为机翼翼展5%~20%的高度。译者注）内的地面效应产生的气垫使飞行器飞行。通常地效飞行器是在水面上飞行的，但是只要地面足够平坦，少有起伏，它和水面就没有本质区别。

地效飞行器和普通固定翼飞机的共同点在于它们都是利用固定机翼的空气动力效应产生升力以供飞行。但是，由于近地机翼下方高压空气垫的存在而产生的地面效应（译注：地面效应成因在物理学上有争议，高压气垫为一说法，另一说法认为地面/水面扰乱了翼尖涡流而使飞行效率提升），地效飞行器机翼可以产生更大升力。这使得地效飞行器可以获得更大的升阻比（lift/drag ratio），从而使地效飞行器可以使用低功率发动机在低速下获得和普通固定翼飞机相当的升力。这一效应的结果就是地效飞行器比普通固定翼飞机在油耗上



更加经济。

因为陆地上很少能见到大范围的平坦区域，所以绝大多数地效飞行器是针对水面飞行设计的。因此地效飞行器设计中经常会加入一些水面舰船的特性，以满足在湖面、河面以及海面上执行任务的需求。历史上，地效飞行器的原始概念是试图通过使船体脱离水面而使一些水面舰只获取更高速度的过程中产生的，这一阶段中，大部分原始地效飞行器是在造船厂建造的。那么，在这一过程中人们会很自然地提出：为什么不将这种飞行器视作飞行高度极低的飞行器，而非试图使船体脱离水面的船只？

看起来这两种定义都没有什么不妥，毕竟翼地效应飞行器的概念涵盖了许多有着相当大差异的飞行器。这些飞行器可能会更倾向于两个对立的方向，但是，从总体上来说它们都是两种理念的混合体。一方面，地效飞行器在巡航飞行时主要依靠空气动力（aerodynamic forces），这一点和传统意义的固定翼飞机更加相近，但在其起飞、下滑乃至降落过程中更加依靠液体动力（hydrodynamic forces）；另一方面，因为地效飞行器的飞行高度极低，紧贴水面，和水面舰只处在同一高度范围，出于安全考量，这类飞行器必须和

普通水面舰只遵循同样的规定和要求。

后一考量在为地效飞行器制订正式的分类方式、相关认证标准和安全条令时起到了一些决定性作用。根据这一考量，人们将地效飞行器分为三个基本类型。

第一类（A型）地效飞行器指的是只能在地效区内飞行的飞行器。这类飞行器的展弦比（Aspect Ratio）通常较小（不超过1），且通常只有方向舵而没有升降舵；“飞行员”（或许应该称“舵手”）无须掌握飞行技巧，只需要像驾驶普通的快艇一样就可以操纵这类地效飞行器。俄罗斯方面将这类飞行器称为气垫型地效翼船或地效船（地效艇）。在俄罗斯设计的型号中，较知名的有“伏尔加-2”（Volga-2）系列，“两栖星”（Amphistar）系列和“火箭-2”（Raketa-2）系列。

第二类（B型）地效飞行器指的是可以离开地效区进行短暂跃升的飞行器。但是跃升的最大高度不能超过国际民航组织（International Civil Aviation Organization, ICAO）规定的普通飞机飞行的最低安全高度（150米/550英尺^①）。俄罗斯方面将这类飞行器称为地效飞行器（ekranoplans）。这类飞行器的展弦比最大可达3，可以提供短

① 1英尺=0.3048米。



时间跃升需要的升力。这类飞行器才是真正由飞行员驾驶的。俄罗斯设计制造的B型地效飞行器中的代表型号有“小鹰”（Orlyonok）、“里海怪物”（KM）、“雨燕”（Strizh）和ESKA-1地效救生艇等。

第三类（C型）地效飞行器指的是可以在地效区外持续飞行并有能力爬升到ICAO规定的最低安全飞行高度以上的飞行器。

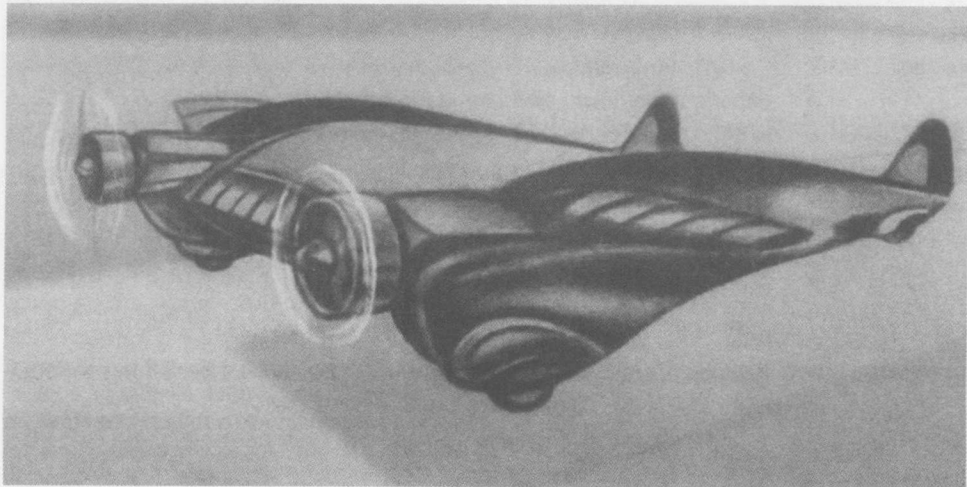
这种地效飞行器分类方法是由苏联人制定并呈交国际海事组织（International Maritime Organization, IMO）和国际民航组织进行认证的。尤其要感谢苏联方面在这一过程中的不懈努力，正是他们的努力才使得各国在IMO框架内达成关于一些关于地效飞行器相关法规、技术和运营方面的基本共识。

2002年12月2日至13日，国际海事组织海事安全委员会第76次会议上通过了地效飞行器临时安全规程。该规程中涵盖了上述分类方式，并增加了详细的地效飞行器技术细则、运作方式、维护规定、载员安全等一系列内容。

这份规程是国际上首次以文件形式规范商业地效飞行器运作和其安全的规程。这份文件在地效飞行器发展历程上具有里程碑的意义。这份文件的面世标志着地效飞行器真正在国际上获得认可，并为地效飞行器进一步发展和在国际航道上进行商业运行提供了法律保障。

在这种背景下，让我们来看一看苏联时期及当代俄罗斯地效飞行器的设计

下图：1932年帕维尔·格罗霍夫斯基的地效飞行器项目的想象图。





和生产历程。

早在20世纪20年代和30年代,就有多个国家开展了对地面效应的研究并努力研发实用型地效飞行器。正如我们所知的,人类历史上第一架可以自主推进的地效飞行器是由一名芬兰工程师托维奥·卡里奥于1935年制造的。美国、德国、瑞典、中国、澳大利亚和其他一些国家在他的试验飞行器基础上进行了更进一步的研究,并发展出了具有实用意义的地效飞行器(第七章简述了除了俄罗斯以外的其他国家在地效飞行器研发上取得的成就)。

苏联也加入了“地效飞行器俱乐部”。20世纪20年代,苏联就开始了地效飞行器方面的理论研究和试验工作(鲍里斯·N.尤里耶夫在1923年成功进行了试验)。20世纪30年代,苏联在该领域开展了更进一步的研究,雅科夫·M.谢列布里斯基和Sh.A.比亚屠耶夫建立起了一整套的地面效应的理论体系。他们的研究成果在专业文献中都可以查询到。

20世纪30年代上半叶,帕维尔·伊格纳特耶维奇·格罗霍夫斯基(Paval Ignat'yevich Grokhovsky),这位极富创新精神且充满干劲的苏联航空工程师及发明家首次开始实际设计地效飞行

器。1932年,格罗霍夫斯基在其同事的协助下,设计制造出了一架近水面飞行飞行器的全尺寸模型,该方案使用双体布局。两个船体充当了宽翼弦机翼的中央端板。每个船体前部安装有一台M25发动机(莱特R-1820-F3 Cyclone发动机的翻版),输出功率约700马力^①,驱动旋翼。机翼上装有襟翼,以供起降时增加升力。虽然该设计方案没有真正造出原型机,但在后来几十年中,地效飞行器的设计都参考了该方案的布局。

还有一位杰出科学家罗斯季斯拉夫·叶夫根尼耶维奇·阿列克谢耶夫(Rostislav Yevgen'yevich Alexeyev)(1916—1980)是不得不提的。他为苏联地效飞行器的理论研究、设计和制造做出了极大贡献。因其在理论研究和设计理念上所做出的开拓性贡献,他可以被称为俄罗斯翼船研发的奠基人。在任高尔基(Gor'kiy)(现下诺夫哥罗德(Nizhniy Novgorod))TsKB-19舰船设计建造局局长时,阿列克谢耶夫开始设计制造水翼艇,这也是其在翼船方面迈出的第一步。1958年,阿列克谢耶夫被重新分配至中央水翼船设计局(Central Hydrofoil Design Bureau, CHDB, 又称TsKB po SPK-Tsentral'noye konstruktorskoye bturo po

① 1马力=735.49875瓦。



soodahm na podvodnykh kryl'yakh)。在阿列克谢耶夫的领导下，该设计局成功设计出了多种水翼船并投入量产入役。作为对其在水翼船研发方面做出贡献的表彰，1962年4月阿列克谢耶夫被授予荣誉理学博士学位，成为博士后研究员。但是，他工作中最杰出和重要的还是多年都被高度保密的地效飞行器的研发。

中央水翼船设计局于20世纪60年代初开始地效飞行器的研发工作。但是早在1957年罗斯季斯拉夫·阿列克谢耶夫就展示了一个利用地面效应的飞行器模型。在他的倡议下，1958年苏联在高尔基水库（后来被称为IS-2，ispytahtel' naya stahntsiya）边的契卡洛夫斯克（Chkalovsk）附近的科研设施中展开了地效飞行器的研发工作。该科研机构包含一个试验场和数个独立机构，其中多数设施本来就是专门为研究地面效应而建立的。IS-2也成为了中央水翼船设计局的一个主要分支机构，为设计局实际设计地效飞行器提供理论基础。

地效飞行器的设计是基于地效飞行器在水空界面处具有自稳效应这一理论而进行的。这一理论为地效飞行器的研发提供了最基本的理论基础，在



上图：罗斯季斯拉夫·叶夫根耶维奇·阿列克谢耶夫，中央水翼船设计局的首席设计师。

中央水翼船设计局后期所有的地效飞行器设计工程中都提及了这一理论。以这一理论为基础，俄罗斯开始研究地效飞行器适用的动力学外形；最初提出的设计中，有一种是在机身前部和后部安装两对机翼。1961年，IS-2制造了第一架3吨（6600磅^①）重的SM-1型地效飞行器，SM-1安装了两对机翼。研究显示，串联式机翼（纵列机翼设计）设计的地效飞行器只有在距离水（地）平面非常近的时候才能正常发挥作用，这种设计不能保证必要的安全性和稳定性余量。俄方使用一架串联式机翼设计的地

① 1磅=0.4536千克。



右图：中央水翼船设计局的一次例行工作会议；罗斯季斯拉夫·阿列克谢耶夫（站立者）是这次会议的主持人。与会者面前的桌子上有一艘水翼船模型。



型水翼船的工程，该机型设计用于反潜作战（ASW—anti—submarine warfare）；两年后，位于下诺夫哥罗德的研发团队开始了T-1型运输/突击地效飞行器的设计研发。

必须说明的一点是，中央水翼船设计局之所以可以获得相当大权限是因为军方对这种飞行器产生了很大的兴趣。苏联海军对地效飞行器的军用潜力表现出相当浓厚的兴趣，因而成为了阿列克谢耶夫主持的中央水翼船设计局的主要客户。而这也使得苏联

研制地效飞行器的工作多年来高度保密。军方介入也使得苏联地效飞行器的研发工作有了突破性进展。当时不论是苏联（如今大部分属于俄罗斯）军方还是西方军事专家都认为大型地效飞行器可以执行多种军事任务，尤其对海军有极高价值，包括运输，使用制导武器进行反舰反潜作战，巡逻任务，等等。最为疯狂的计划中甚至希望将地效飞行器作为飞行航母。地效飞行器最大的战术优势在于其隐蔽性，地效飞行器极低的飞行高度使得



左图：中央水翼船设计局所设计的地效飞行器的大比例模型机正在开放水域中进行测试，图中可以看见人们在测试过程中使用了一艘水翼船作为拖拽模型的动力源。



敌方雷达无法探知其存在，而其飞行过程又不与海面接触，因而声学系统（声呐）也无法探测其位置。地效飞行器不仅可以在水面飞行，也可以在冰雪覆盖的地面上空飞行。这一特性使得地效飞行器极其适合在极地地区使用。而地效飞行器的高速性又可以确保它可以迅速对战场形势变化做出反应，且这些水上巨兽们极大的负载能力确保它们可以装备种类繁多的武器系统完成各种任务。

时任苏联海军总司令，海军上将谢尔盖·G.葛什科夫是第一个对地效飞行器工程表示怀疑的人。他向中央水翼船设计局的设计人员提出，地效飞行器到底算是船只还是飞行器？如果是飞行器，那么海军会将这一工程交付图波列夫，如果是船只，这一工程便会交给中央水翼船设计局。设计局的工程师们一直认定地效飞行器是“一艘船，但是它具有飞行器的很多特性”！

在对地效飞行器是否适合执行反潜任务的评估中，人们发现了一个问题，由于地效飞行器的低飞行高度，没法装备常用的声呐浮标。不过，地效飞行器可以使用多种浸入式声呐来取代水面声呐。此外，由于地效飞行器的体积远大于常规反潜机，所以它们可以搭载一般由水面舰只携带使用的反潜武器。

地效飞行器相比传统水上飞机有相当大的优势，具体表现在水面性能和续航能力上，并且地效飞行器可以搭载威力更大、射程更远的导弹。但是地效飞行器也有其局限性，它必须由外部友军索敌并引导其对目标进行打击（而水上飞机在较高高度飞行时可以为自己的武器系统提供目标参数）。

中央水翼船设计局负责的反潜地效飞行器和T-1运输地效飞行器的工程却一直停留在图纸上。另一方面，1966年，设计局为了回应海军的要求，设计制造了一种名为KM（KM-korahbl'-maket，意为原型船）的地效飞行器。KM机身长97米（320英尺），翼展47米（123英尺），全重430吨（948000磅），这架巨型机械可谓工程学的一朵奇葩。KM飞行中的最大全机重量可达540吨（1190000磅）。这个数字打破了当时的世界纪录，不过由于保密，这个纪录并不被世界其他国家官方承认。罗斯季斯拉夫·阿列克谢耶夫主张，建造测试KM可以为建造全重2000吨（4410000磅）级的军用和民用地效飞行器提供宝贵经验。他认为大型地效飞行器拥有很大的动力学优势，并且可以衍生出一整条发展线。当然，由制造小型试验性地效飞行器直接跳到生产巨型地效飞行器有相当的技术风险，但是



他最终说服了自己开展此项工程。1964年，当中央水翼船设计局的各项计划被严格审查的时候，虽然中央空气流体动力研究院（TsAGI）在地效飞行器的最优布局的选取上和阿列克谢耶夫有分歧，但是这家官方科研机构依然支持其KM研制计划。

建造大型地效飞行器需要一个位于海边的新试验场。这座试验场就建在里海边，达吉斯坦共和国（Daghestan）的卡斯皮斯克（Kaspiysk）城边上。该设施用于测试KM和其他两型巨型地效飞行器。

这里提到的KM，在很多西方国家又被称为“里海怪物”。对KM进行的长达15年的综合测试的结束标志着一架地效飞行器从设计到制造全过程的完成，并且使地效飞行器这一概念最终被人们认可，此外还推动与地效飞行器设计、建造和测试有关的科学依据向前发展了一大步。这为设计制造各型地效飞行器原型机奠定了理论和方法论基础。

这些地效飞行器中有一个是“小鹰”（Eaglet）人员运输/突击投送地效飞行器，起飞重量140吨（309000磅）。该型机有能力以400千米/时的速度将20吨（44000磅）的货物运送至1500千米（930英里）之外。该型机的

建造工作是1970年由伏尔加船厂在由中央水翼船设计局的试验性制造车间基础上改造的车间内进行的。“小鹰”（904工程）的三架原型机被送交海军进行评估。但是这些原型机的服役经历实在不能说是完全成功的，甚至一些例行任务都不能顺利完成。除此之外，在官僚主义盛行的大环境下，地效飞行器是由海军所有的，但地效飞行器机组成员必须有飞行员，因为在一些特定任务

下图：如图所示，罗斯季斯拉夫·阿列克谢耶夫本身就是一名飞行员，他亲自进行了多种他设计的地效飞行器的试飞工作。

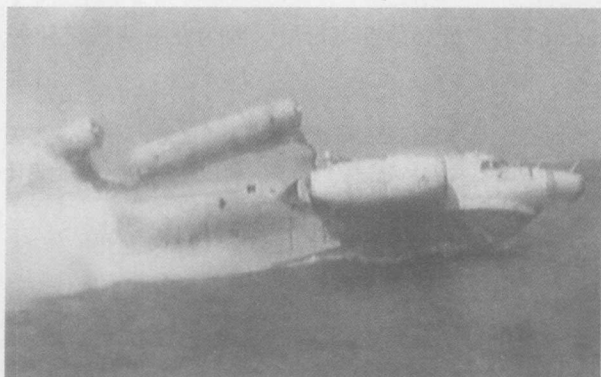




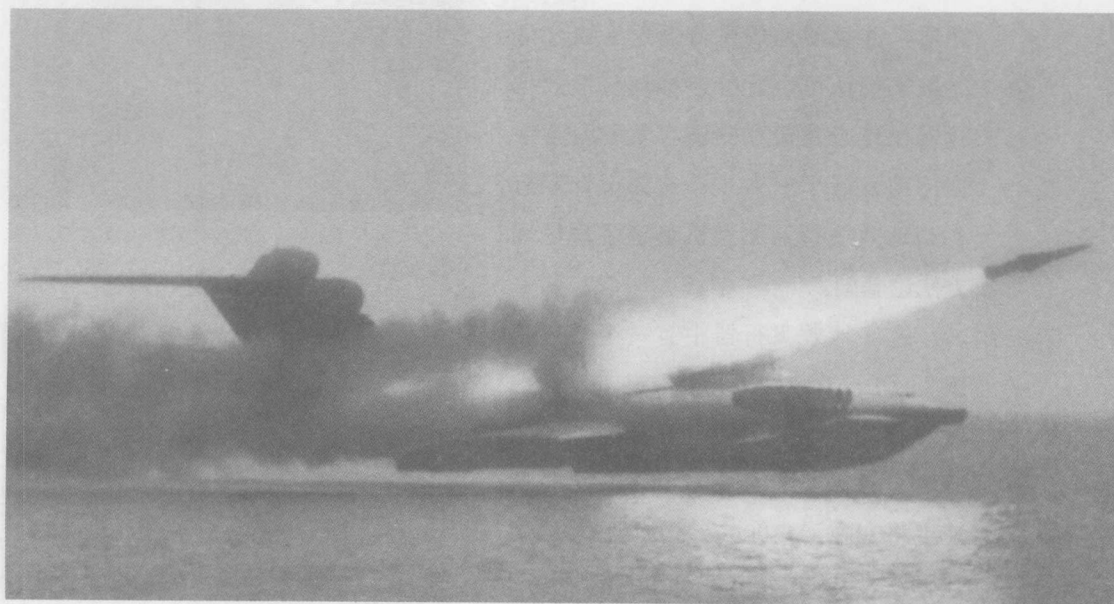
中，地效飞行器必须像飞机一样执行任务，不论空军还是海军航空兵都没有对地效飞行器表现出任何兴趣，它们用各种论调论证地效飞行器不能算是飞行器，尽管地效飞行器设计时就考虑了在地效区外飞行的需求，并且也可以在高空进行巡航飞行。出于各方面的压力，海军高层将地效飞行器定位为“具有飞

行器特征的舰船”。

另一方面，中央水翼船设计局显然低估了各方对于地效飞行器在“航空”性能上的期望，并且也未能和空军方面就如何对地效飞行器进行测试达成一致，这也无可厚非地引起了各方的抱怨。原定提交给海军方面的地效飞行器执行任务前的准备工作说明也遭遇种种



左图与下图：“鹈”式导弹搭载型地效飞行器，该型地效飞行器展示了地效飞行器的军用意义。



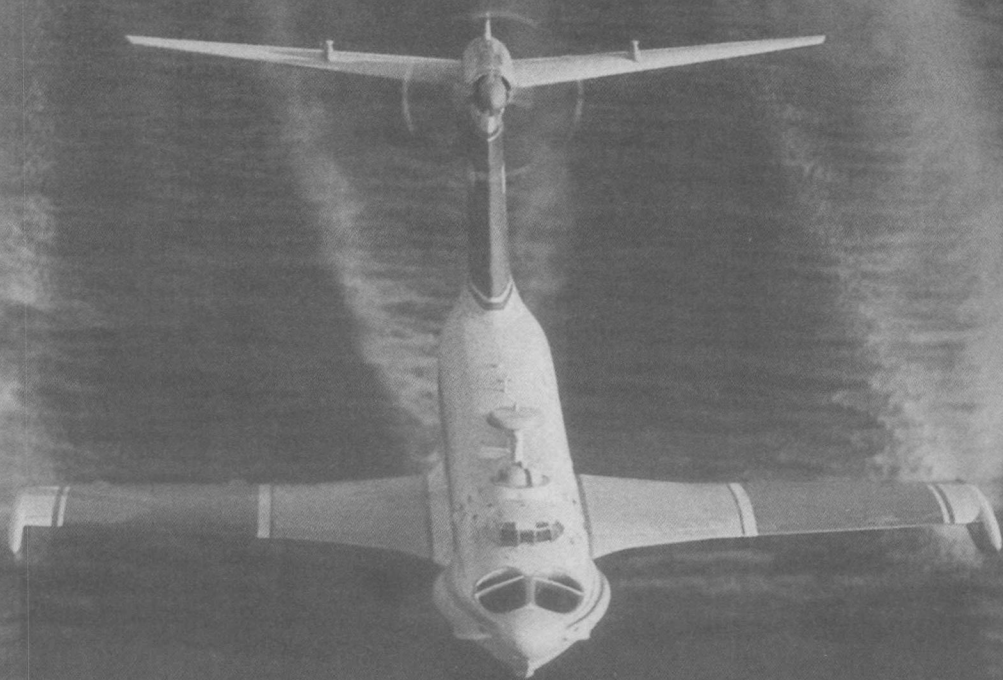


困难，并未按时制订完成。本来人们预期海军会订购几十架量产型的地效飞行器，但是这些计划后来也没能实现。当时的苏联能否成功引进一种新式武器，很大程度取决于对相关部门高层人员的游说。时任苏联国防部部长，苏联元帅（Marshal of the USSR）狄米崔·F.乌兹季诺夫支持地效飞行器的建造工作，但是他于1985年去世。谢尔盖·L.索科洛夫（Sergey L.Sokolov）元帅，新任苏联国防部部长，受新上任的海军司令弗拉基米尔·N.切尔纳温（Vladimir

上图：巡航飞行中的“小鹰”地效飞行器原型机。

N.Chernavin）上将的影响，提出要将海军所有可用经费用于建造潜艇。1992年，一架“小鹰”坠毁，这一事件显然加剧了中央水翼船设计局和军方的隔阂。而地效飞行器的所有权从传统海军部队移交到海军航空兵以后，这一隔阂进一步恶化，海军航空兵对这一新式飞行器完全没有表现出任何兴趣。缺少军队关注和补给的地效飞行器基地慢慢也就开始呈现出衰

巡航飞行中的“小鹰”地效飞行器原型机，可以清楚地看见它飞过的轨迹上留下的波浪。





败的景象。最终，三架地效飞行器（两架“小鹰”和一架Loon）被军方以维修保养困难为由除役。这一事件标志着运输/战斗地效飞行器在俄国海军服役生涯的正式终结。

“小鹰”故事中的一个小插曲向人们展示了“小鹰”和其制造者罗斯季斯拉夫·阿列克谢耶夫的性格。在1975年的一次试飞中，阿列克谢耶夫登上了参与试飞的“小鹰”。当时驾驶“小鹰”的飞行员对这种新式飞行器并没有多少经验，致使“小鹰”撞上了海浪的波峰。但是机组成员并没有及时弄清当时的情况，只有阿列克谢耶夫在从上部舱门观察外部情况时了解到发生了什么，并立刻接管了飞行器的控制权。他给机鼻处安装的加力发动机开足马力，并成功将飞行器带回40千米（25英里）之外的基地。回到基地以后机组成员才有机会检查飞行器出现了什么问题。所有机组成员看见飞行器外部状况后都震惊了：飞行器的尾翼不见了！整个后部机身连同尾翼组件以及巡航发动机在撞击中脱落并沉入了大海！然而“小鹰”仍能安全返回基地足以印证阿列克谢耶夫遇到紧急情况下的镇定以及他高超的操纵技巧，也足以印证“小鹰”的质量。但是此次事件成为一部分希望停止地效飞行器研发工程的人们用来贬低阿列克

谢耶夫的工具。这次事件之后的“行政处理”将一切责任归结到设计师身上。

1975年9月，阿列克谢耶夫被撤除“小鹰”工程总设计师的职务（他的职位由V.V.索科洛夫接替）。阿列克谢耶夫被降职为“小鹰”工程的一个小组负责人并被强制调离一线设计岗位，只允许其参与理论研究工作。这样，阿列克谢耶夫被剥夺了充分发挥他的创造力和潜力的机会。但他并未放弃，在他工作的最后几年中，阿列克谢耶夫将所有精力投入到改进技术意见以达到海军方面对多用途地效飞行器的要求上，诸如运输

下图：中央水翼船设计局的首席设计师罗斯季斯拉夫·阿列克谢耶夫于20世纪70年代晚期拍摄的照片。

