



中航传媒
CHINA AVIATION MEDIA

世界著名战机传记

HARRIER



“鹞”垂直/短距起降战斗机

袁新立 邓 涛 编著



航空工业出版社

世界著名战机传记

HARRIER

“鹞”垂直/短距起降战斗机

袁新立 邓 涛 编著



航空工业出版社

内 容 提 要

全书共分为垂直起降技术的滥觞;此起彼伏的垂直起降战斗机方案;英国方案修成正果;“鹞”式战斗机的研制和装备;受到美国海军陆战队青睐;马岛战争,“鹞”式正名;繁荣壮大的“鹞”式家族;帝国夕阳——“鹞”式退役共8个部分。本书详细介绍了“鹞”的起源和发展历程。本书可供想了解“鹞”的航天和军事爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

Harrier “鹞”垂直/短距起降战斗机/袁新立, 邓涛编著. —北京: 航空工业出版社, 2014.5

(世界著名战机传记)

ISBN 978-7-5165-0456-7

I. ①H… II. ①袁… ②邓… III. ①垂直起落飞机—歼击机—介绍—英国 ②短距起落飞机—歼击机—介绍—英国 IV. ①E926.31

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第056449号

Harrier “鹞”垂直/短距起降战斗机

Harrier “YAO” CHUIZHI/DUANJU QIJIAN ZHANDOUJI

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑2号院 100012)

发行部电话:010-84934379 010-84936343

北京世汉凌云印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2014年5月第1版

2014年5月第1次印刷

开本:787×1092

1/16

印张:10

字数:303千字

印数:1—4000

定价:35.00元

(凡购买本社图书,如有印装质量问题,可与发行部联系调换)

CONTENTS 目录

	第一章 垂直起降技术的滥觞.....1
	第二章 此起彼伏的垂直起降战斗机方案.....5
	第三章 英国方案修成正果.....17
	1: 三国之盟——探寻的曙光..... 18
	2: 猛禽初现——“鹞”式的诞生..... 22
	第四章 “鹞”式战斗机的研制和装备.....31
	1: 成长的“鹞”式——进化的猛禽..... 32
	2: 经典的不朽——“鹞”式设计..... 43
	2.1 “飞马”心脏——“鹞”式的躯体..... 43
	2.2 翱翔天宇——垂直起落之翼..... 44
	2.3 如山的平衡——坚固的支架..... 45
	2.4 指挥的大脑——控制系统..... 46
	第五章 受到美国海军陆战队青睐.....51
	1: 强势出击——皇家空军“鹞”式战机部队.....52
	2: 寄予厚望——海军陆战队的决心..... 66
	起降方式..... 67
	发动机构型..... 68
	新时代的要求..... 71
	垂直/短距起降飞机的优势和劣势..... 75
	角色的转变..... 78
	第六章 马岛战争,“鹞”式正名.....83
	1: 战争的前奏.....85
	2: 外交斡旋.....86
	3: 阿根廷的军事准备.....86
	4: 英军攻占南乔治亚岛..... 88

5: “黑公鹿作战”	90
6: 马岛周边海域的空战	91
7: 英军击沉“贝尔格拉诺将军”号	93
8: 阿根廷空军击沉“谢菲尔德”号	96
9: 马岛空战	99



第七章 繁荣壮大的“鹞”式家族

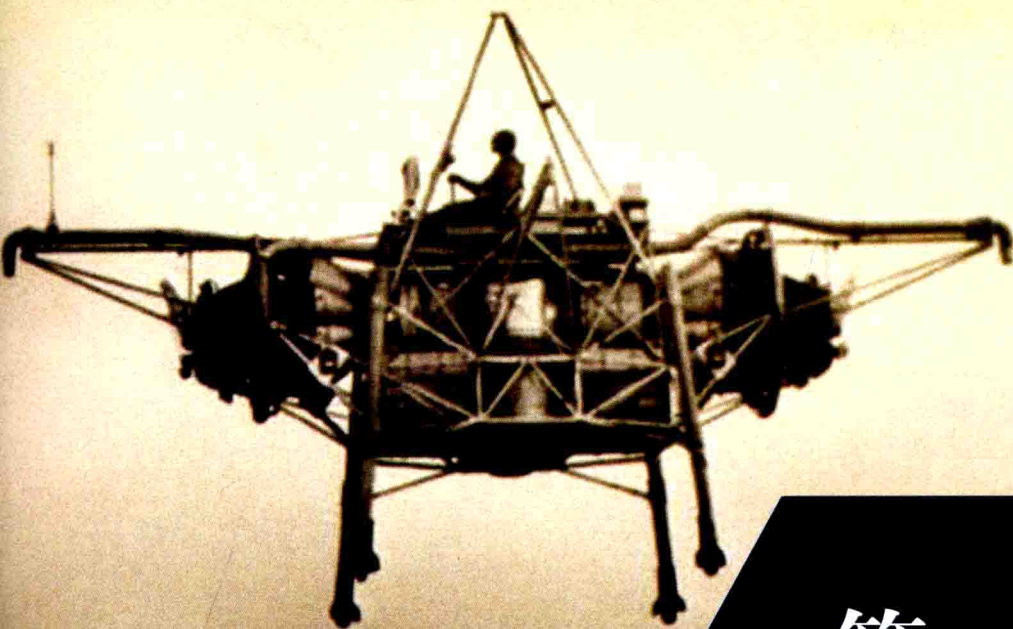
1: “鹞”式第一代	104
“鹞”式GR.1/T.2	104
“鹞”式GR.3/T.4	107
AV-8A/TAV-8A/AV-8C	107
AV-8S	112
“海鹞”FRS.1 “鹞”式T.4N	113
“海鹞”FRS.51/“鹞”式T.60/“鹞”式T.4 (I)	118
“海鹞”FRS.2 (FA.2) / “鹞”式T.8	119
2: “鹞”式第二代	120
AV-8B TAV-8B	121
AV-8B (NA)	127
AV-8B+ EAV-8B	129
“鹞”式GR.5 GR.5A	130
“鹞”式GR.7 GR.7A	131
“鹞”式GR.9 GR.9A	132
“鹞”式T.10 T.12	133
3: 夭折的“鹞”式——P.1154	134
目标: 超声速	134



第八章 帝国夕阳——“鹞”式退役

1: 空军的噩梦——折翼的“鹞”式	144
2: 历史的反思——走下神坛	148
3: 结语	155

HARRIER



第一章

垂直起降技术的滥觞

2010年12月15日，英国皇家空军最后16架“鹞”式战斗机作了最后一次飞行。它们在空中组成漂亮的队形，向公众作最后的告别。从此以后，在马尔维纳斯群岛（马岛）战争中功勋赫赫的垂直起降战斗机将在诞生地英国消失，也为英国独立的战斗机功业划上了句号。

那么作为最成功的垂直起降战斗机之一的“鹞”式战斗机是如何在英国诞生的呢？这个问题要从当年苏联和美国的冷战说起。

20世纪50年代中期，冷战方兴未艾。大型空军基地遭受战术核武器攻击的威胁日益明显，成为飞机和发动机设计师的刺激因素之一。美苏两大集团在中欧重兵对峙，枕戈待旦，战斗的号角随时可能吹响。相比起美国，由于地理优势，苏军方面集结了一万多辆坦克和几千架作战飞机。这就是说，如果一旦开始战争，美方的作战机场将会面临在第一时间被全面摧毁的危险，于是最小化机场作用的飞机垂直起降技术就成为了西方空军寻求生存力的着眼处。

人类对垂直起降飞行的梦想由来已久。虽然传统飞机将人类送上

了天空，但常规机场占地面积太大，这不能满足人类飞行的先驱者们“像鸟儿一样自由飞行”的愿望。何况到了战时，庞大的机场就会成为敌人最好的突击目标。而到了冷战时期，最关键的技术问题，发动机和飞机技术的飞速进步使人们看到了实现垂直起降飞行的希望。

最早的垂直起降飞行器设想是几位英国人在1875年提出的，设想是由一对装有螺旋桨推进器的可旋转机翼组成的飞行器，在进行垂直起飞和降落时机翼与地面为垂直状态，依靠螺旋桨产生的升力进行上升与下降，当飞行器上升到空中时，机翼旋转90度，变成与普通飞机一样的方式前进。按照该设想，飞行器的动力由一台蒸汽发动机提供。

但直到1881年，才由俄国人提出了需要制造由旋转机翼和发动机组成的能进行垂直起降的飞机的计划。该计划第一次提出由喷气式发动机作为垂直升降的辅助动力。同时，发明家巴拉诺夫斯基（C.I.Baranovski）提出了一个具有历史意义的设计图，这是一架两个螺旋桨发动机的单翼飞机，机头装有一个与地面水平的螺旋桨，整个机身与地面接近垂直（比较恐怖），该飞机在停机坪时，机翼还可以折起以便减少占地面积，但飞机所用发动机为何，发明家并未明确说明。

时间走到1944年，二次大战已接近尾声。面对盟军强大的战略轰炸机部队，德国本土防空承受了极大的压力。在这种形势下，人类历史上第一种垂直起飞飞机诞生了。这就是巴赫姆的Ba349火箭动力截击机。它依靠发射架实现垂直起飞，短时滞空作战后，飞机解体，由降落伞回收发动机部分。尽管从技术角度看，该机相当简陋，距离理想的垂直起降概念还差得很远，不过该机毕竟打开了人类固定翼飞机垂直起降的大门。

随着对飞行技术的不断研究，德国人和美国人提出的几种方案，包括火箭、喷气及螺旋桨驱动的垂直起飞飞机，起飞行方



为美国海军研制的XFY-1，采用头朝上的垂直起飞姿态



刚刚下线的“海鹞”被拖走，请注意它身上的高光泽油漆



式包括利用台架、轨道或装在尾部的起落架进行发射。不过，虽然这样的飞机能够飞行，但采用上述原理的飞机，如巴赫姆 Ba349“蝰蛇”，康维尔公司的 XFY-1，洛克希德公司 XFV-1 和瑞安公司的 X-13，以及用火箭助推器发射 F-100“超级佩刀”战斗机的尝试，没有一种在长期的服役中证明其实用性。

虽然之前提到的种种飞机都达不到实用的标准，但至少在不断的研究中证明：动力系统不应该严重影响垂直起降飞机气动外形。这一点结论对后来垂直起降飞机的发展影响深远，迄今为止所有成功的同类飞机无一不遵循这一规律。同时，在失速速度下飞行时飞机控制权的分配也需要确定。

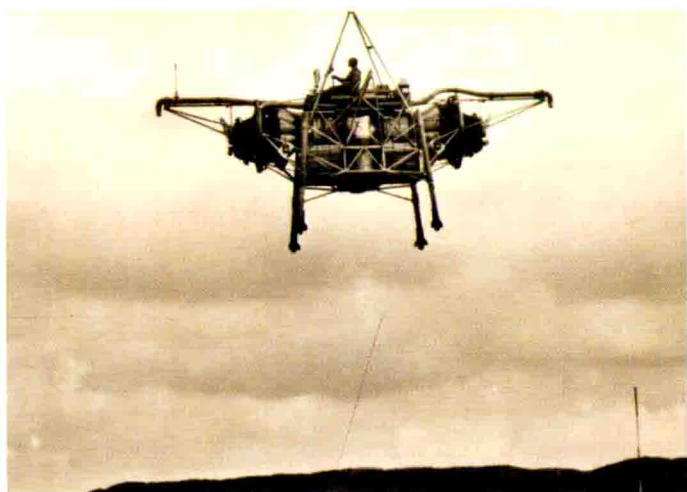
一家英国公司——罗尔斯·罗伊斯公司（简称罗·罗公司）在垂直起降发展上发挥了重要的作用。他们采用推力测试设备（“飞行床架”/TMR）进行概念验证试飞，用于评估飞行悬停飞

行时发动机的操纵，并没有水平飞行能力。TMR实在不像是架飞机，实际上就是一个框架结构，由4个支柱支撑，框架内安装2台“尼恩”发动机。每侧都有反作用力喷口，从发动机引气产生推力，实现悬停时的机动控制。飞行员就坐在发动机上面，几乎没有任何保护措施。

1953年，第一台TMR出厂。1953~1954年间，TMR一直在作系留飞行。直到1954年8月3日，罗·罗公司首席试飞员R·T·夏普德操纵TMR完成首次自由飞行。“尼恩”发动机的油门响应不好，这更增大了TMR悬停飞行的风险。第一台TMR移交给皇家航空部后立刻就坠毁了，试飞员丧生。1957年年底第二台TMR首次试飞成功，但仅仅过了一个星期也报销了。尚可使用的部件被用来修复第一台TMR。完成历史使命的TMR最后在博物馆内找到了它的归宿。

罗·罗公司的发展的主要方向不是将单台（或者双台）发动机同时用于垂直和水平飞行，而是根据公司首席技术顾问A.A.格里菲思博士的构思致力于开发专用的升力发动机。这方案的基本原理是采用一组小的高推重比升力发动机用于起飞着陆，而机身和前向推力系统则为满足巡航条件而设计。这种设计很有希望抵消升力发动机的死重，而在功率方面则大幅改善。格里菲思在他的理论中对这些构想做了最早，并且最有雄心的表述，即一架超声速，垂直起降民航机，可以从伦敦飞到澳大利亚，垂直起降动力则由多台RB108升力发动机提供。升力发动机概念在英国政府得到了热烈反应，结果是官方出台了正式规划（ER143T）以发展试验机验证该理论。

不久之后，阿弗罗公司和肖特公司相继加入ER143T计划。阿弗



飞行床架TMR



停在甲板上的“海鸥”

罗公司的方案是用一架他们的707三角翼试验机改装的，在中央油箱位置布置了6台RB108，可以在这个分离式的发动机舱内转动以提供部分前向推力。但最终成功的却是肖特公司的方案，即三角翼、固定起落架的SC.1，采用4台RB108用于垂直飞行，而用一台RB108作推进动力。首架原型机（序号XG600）只安装了推进发动机，于1957年4月2日开始进行常规试飞。第二架原型机（XG905）安装了全套升力发动机，于1958年5月26日进行了首次系留试飞。10月25日完成了首次非系留试飞。

虽然由SC.1验证了的升力发动机概念在理论中很简单，但其实际的应用却是相当困难的。为了保证SC.1安全飞行，它不得不采用一套由模拟计算机控制的全权限自动稳定系统。单台升力发动机的故障将立刻导致升力失衡，这种状态下只能依赖三余度自动稳定系统。但采用这种冗余度设计依然不能避免事故的发生。1963年，第二架原型机XG905因三套自动稳定陀螺仪全



“飞马”发动机

部失效而坠毁，飞行员丧生。不过该机后来被修复，再次投入试飞，直到1964年试飞计划结束。两架原型机后来都被送入博物馆收藏。

肖特公司、罗·罗公司和政府从SC.1上得到了大量解决棘手问题的第一手资料，并率先在诸如吸入发动机喷出的废气、地面烧蚀和短距起飞方面进行了探索。用金钱和努力换来的经验驱使罗·罗公司坚定地相信升力喷气发动机方案是对于垂直起飞喷气式飞机包括战斗机而言最有效的解决方案。

但垂直起降的飞行技术终究还是静静地躺在历史的河流之中，等待着发现它的那个人到来。

HARRIER



第二章

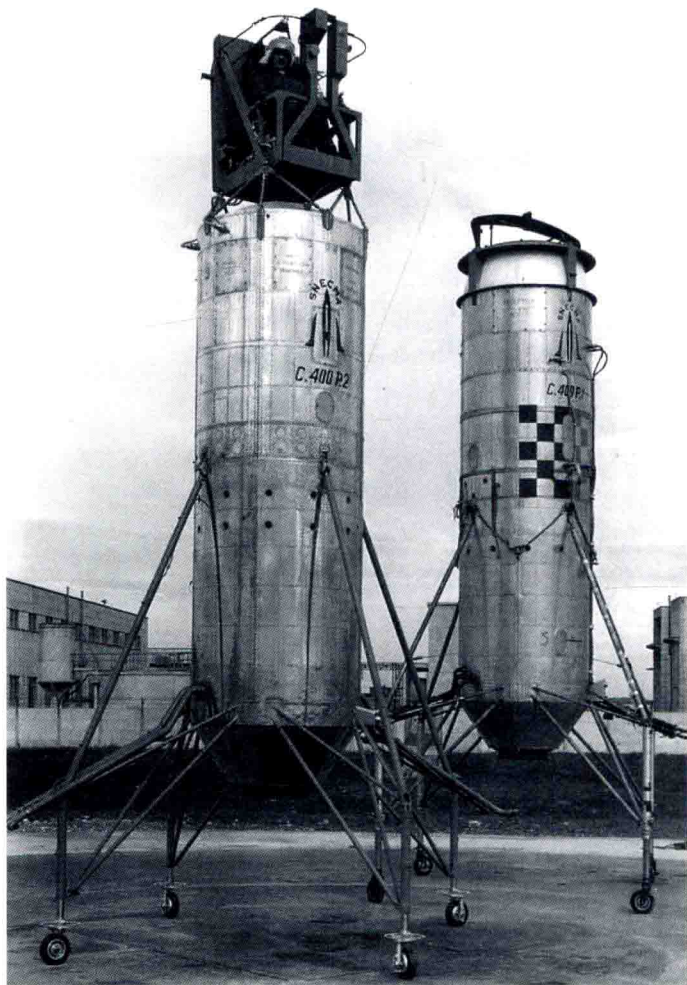
此起彼伏的垂直起降 战斗机方案

垂直起降战斗机在整个欧洲都得到了广泛的关注，除了罗尔斯·罗伊斯公司外，在英吉利海峡的对面，欧洲大陆上的法国也表现出了对垂直起降战斗机的兴趣。

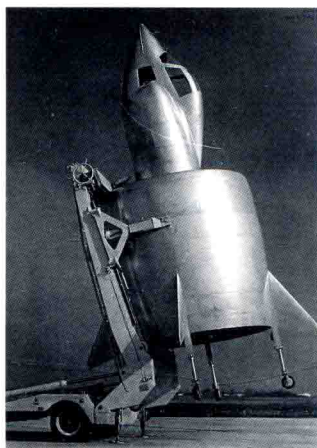
法国人研究出的第一个具体的成果出现在1956年，当时发动机公司斯奈克玛开始试验由阿塔发动机驱动的C.400试验机，它采用了“尾坐”技术。法国的实验在1959年试验C.450时达到顶点，该机如同X-13一样是一架“尾坐”式飞机，但它的外观充满了科幻色彩，采用了完全不同的环形翼包裹在机身的四周。

米歇尔·威博特，作为一个传奇时代的引路人出现在法国。他本是二战前著名的法国飞机设计师，如今也投入到研制垂直起降飞机的大潮之中。米歇尔和美国人一样，都认识到了其他垂直起降飞机在背对地面着陆时操纵上的麻烦，所以他认为垂直起飞的飞机采用传统姿势起降才是更好的方案。

基于这种思想，米歇尔·威博特开始勾勒主要用于战术核打击任务的单座单发的垂直起降战斗机方案。他为了完成垂直起飞在飞机重心周围布置了4台离心式压气机。它们将压缩空气通过外部的可转动喷口喷出，而动力则由一台布里斯托尔公司BE.25“猎户座”发动机通过变速箱输出，最大可达8000hp^①——当时涡轮轴发动机所能达到的最大功率。来自“猎户座”的剩余推力将从飞机尾部经由一个百叶窗式的喷口排出，从而提供除来自压气机的主推力之外的另一个矢量推力。威博特把他的设计称为对地攻击机。尽管作为一种未来以矢量推力著称的飞机的第一个原型，它最终没能



C.400 P.1-2验证机



C.450外形极具科幻色彩



米歇尔·威博特 (Michel WIBAULT)

① 1hp=745.7瓦。



成为现实，但它的四喷口、单发设计奠定了“鹞”式飞机第一块基石。

在1955—1956年间，威博特访问了法国和美国政府以期获得对他的工程的赞助，然而就如同很多引路人一样。他的方案遭到了无情的冷遇，法国空军的注意力全都放在看起来技术上风险较小的“坐地式垂直起落”(tail sitter)上。这种方案就是把飞机立起来，发动机喷口冲着地面，像火箭一样垂直起飞，所以军队官员对威博特的“体制外”的方案没有兴趣。

威博特只好去找北约的由美国资助的“共同武器开发计划”(Mutual Weapons Development Program, MWDP)。位于巴黎的联合武器发展计划(MWDP)办公室对他的方案表示了一些兴趣。MWDP航空开发部的负责人琼尼·德里斯科上校首先将威博特的设计方案交给了北约“航空研究发展顾问团”主席希尔多·冯·卡曼。

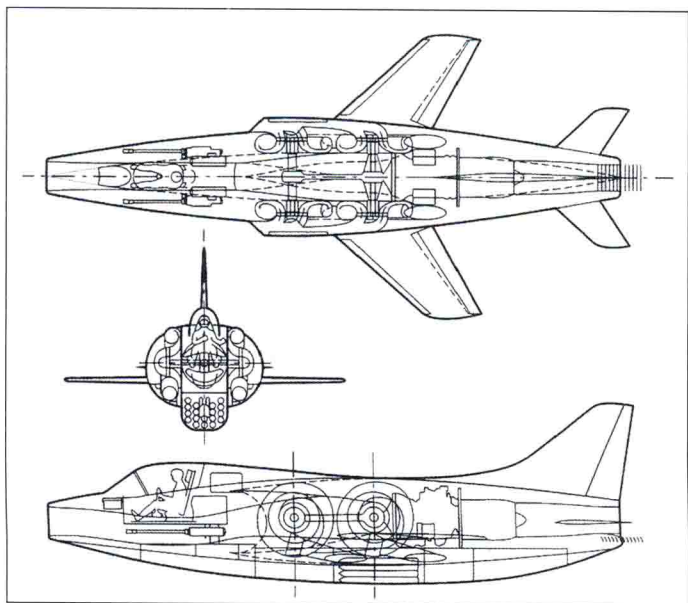
卡曼是航空航天领域的权威，他对这一方案表示了高度的兴趣。在他的鼓励下，德里斯科把威博特的设计方案转给了英国的布里斯托尔公司航空发动机部。那时作为MWDP发起的菲亚特G.91轻型战斗机计划的一部分，布里斯托尔公司正在开发“俄耳甫斯”发动机，因此双方有着良好的默契。根据掌握的材料，布里斯托尔公司技术总监斯坦利·胡科尔决定对威博特的方案采取一系列的研究。

胡科尔组织了一个只有3个人的小型研究组(戈登·路易斯、皮埃尔·杨和纳维利·昆)，由路易斯带队进行相关工作。威博特

则被胡科尔雇用，以顾问身份和路易斯小组合作。这是因为胡科尔认为威博特的方案太过笨重，而且动力装置效率太低。不过，他相当欣赏威博特方案中由一台发动机同时产生推力和升力的概念。而在当时，所有其他的同类飞机都是采用“升力发动机+巡航发动机”构型。即使是出于对垂直起降飞机另一个发展方向的探索，威博特的方案也是值得深入研究的。威博特在这种时候充分展现了大师风范，他没有因为英国人改动他的设计而感到不快，反而非常欣赏英国同行所表现出来的创造性。

在米歇尔的旧方案中，小得可怜的功率是影响垂直起降的障碍之一。不过在3人研究小组的努力之下，他们很快发现通过用轴流式风扇替换离心式压缩机就可以大幅提高功率。于是，他们在1956年8月2日提出了第一个改进方案——BE.48。该方案的特点是：采用“猎户座”发动机的核心机，但增加了两级低压压气机(取自“奥林匹斯”21发动机，由“猎户座”发动机通过1.5:1比率的变速箱驱动)，看起来很像今天的大涵道比涡扇发动机；来自低压压气机的气流可以通过两个侧面的矢量喷管排出；但尾喷口是固定的，核心机气流只能直接向后喷出；此外，核心机和风扇具有分离的进气口。

不久，路易斯小组发现了更佳的BE.52方案。在这个方案中，路易斯用一台“俄耳甫斯”发动机取代了原来的“猎户座”发动机。相比之下，“俄耳甫斯”发动机不仅更轻，而且允许用新增加的一个低压涡轮直接驱动前风扇——现在采用的是“奥林匹斯”发动机的三级压气机。这样就去掉了变速箱，减



米歇尔·威博特的垂直起降战斗机方案

轻了重量^①。不久之后，性能更好的BE.53方案问世。该方案和BE.52很像，但采用了更大的低压压气机。为了抑制垂直起降时的陀螺效应，低压压气机采用了同轴反转技术。1957年1月12日，BE.53作为路易斯/威博特的合作项目取得专利。遗憾的是，威博特在几个星期之后就去世了，没能看到他的理想成为现实。

布里斯托尔公司认为BE.53方案已经足够优秀，希望能够从MWDP获取更多的财务支持，以继续推进这项设计。胡科尔带着这套方案前往巴黎，向这个项目的支持者德利斯科和冯·卡曼寻求帮助。虽然德利斯科此后不久就离开了MDWP，但他的继承人威利斯·查普曼上校也是这个方案的坚定支持者。

在此期间，布里斯托尔公司向航空工业部门发出了宣传手册，在宣传手册中，布里斯托尔公司希望航空工业的人们可以了解围绕自己研制出的全新发动机可以设计出什么样的飞机。然后可惜的是，迄今为止，没有任何一种飞机能够用上这种新型发动机。

布里斯托尔公司打交道的第一个公司就是我们在上文提到过的位于北爱尔兰的肖特公司。这是因为肖特公司在设计垂直起降飞机方面经验最丰富，同时他们也拥有布里斯托尔公司的母公司的部分股权。

肖特公司虽然围绕BE.53做了一个设计，但从种种情况来看，他们这样做的目的是希望布里斯托尔公司可以藉此确立和MWDP的稳固关系。当这种消息确定后，贝尔法斯特就会全力投入到SC.1的改进之中。显然，他们对SC.1及其所采用的升

力发动机抱有更多的信心。

虽然为BE.53寻找合适的飞机设计的首次尝试结果令人沮丧，但布里斯托尔设计队伍的前景很快又明朗起来。位于金斯敦的霍克飞机有限公司给他们带来了新的希望。

霍克公司自1925年以来它的飞机就在英国空军和海军一线部队服役，并且如果将其前身索普威恩航空公司包括进来，则这个历史可以延伸到一次世界大战之前。但在目前，霍克公司陷入了一个危机之中。

1954年，霍克公司为英国空军设计一种马赫数2的全天候导弹截击机，即所谓的329计划。然而，他们失败了。这次工程任务设计出的P.1103无法满足英国空军的要求。这个挫败让霍克公司从“猎人”式战斗机世界性的成功的沉浸中清醒。霍克公司由此看到了对“猎人”式战斗机后继机的需求。霍克公司重新设计了P.1103，将其定位为一种单座多用途战斗轰炸机，并且为这个新编号为P.1121的原型机自掏腰包，因为霍克公司相信它能够引起客户的兴趣。

噩耗不久传来，1957年4月，英国国防大臣邓肯·桑迪撤销了对整个航空工业的支持，宣布将取消大部分未来战斗机和轰炸机发展计划，代之以倍受宠爱的导弹。这对以战斗机为特长的霍克公司来说，前景瞬间黯淡起来。不过总算天无绝人之路，在桑迪取消了英国空军最后100架“猎人”式战斗机的订货单的同时，来自印度和瑞士的大宗出口定货使得公司有一些喘息的空间。霍克公司明白，如果当“猎人”式战斗机停产的时候他们还不想被迫停业的话，他们就必须要在几年内拿出一个替代产品。

1957年初，霍克公司的首席飞机设计师悉尼·凯姆参加巴黎航展。在那里他碰到了霍克在法国的代理商格里·莫罗。交谈中，凯姆对莫罗提到，他对当时大多数采用升力发动机构型的垂直起降飞机不以为然。于是莫罗向凯姆介绍了布里斯托尔在这方面所作的努力。这引起了凯姆的兴趣。因为他认为，一种垂直起降战术飞机有可能吸引英国空军，从而改变霍克公司的命运。几天后，胡科尔就收到了凯姆的来信，表示希望了解布里斯托尔公司在垂直起降发动机方面究竟取得了哪些进展。很快凯姆拿到了有关BE.53的详细数据，他把这些数据交给了霍克的工程部，让他们以此为基础提出一个垂直起降飞机草案。

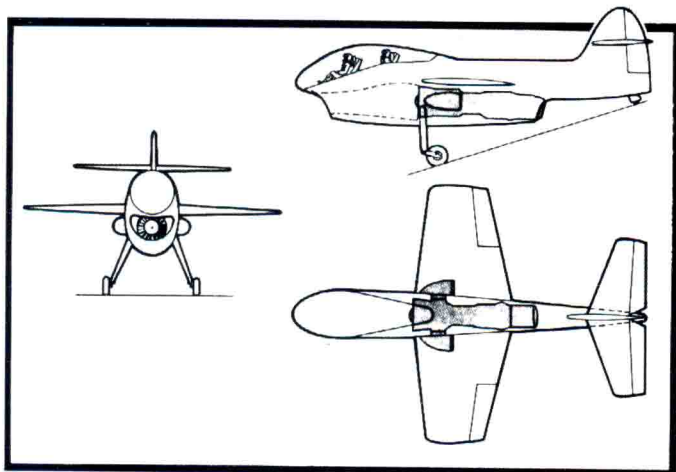
1957年3月，凯姆打电话给胡科尔：“你这家伙，什么时候过来一趟？”

胡科尔：“可是，为什么事呢？”

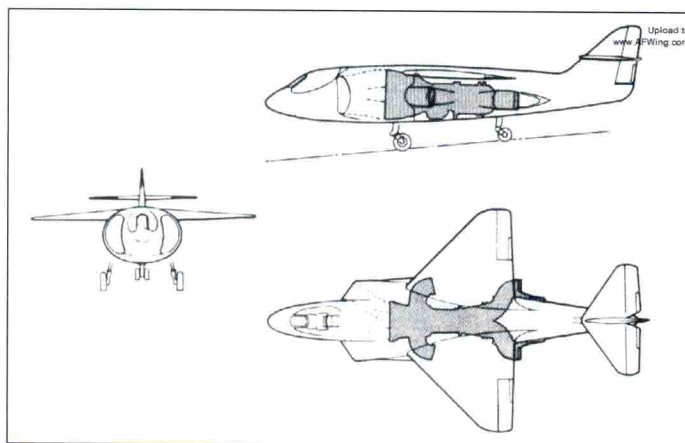
凯姆：“为了你的升力发动机！你这个该死的笨蛋！我已经为你的BE.53设计了一架飞机了！”

接到凯姆的电话后，胡科尔和路易斯前往金斯敦霍克公司总部，了解那架针对BE.53设计的飞机。他们看到的是一个代号

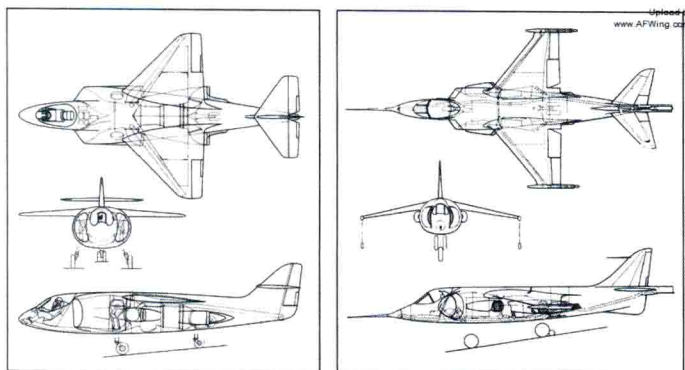
^① 本书的重量为质量（mass）概念，单位为千克，吨。



P.1127第一个方案：“高速度直升飞机”



新的P.1127设计方案，已经具有日后“鹞”式的特征，但是主翼和平尾没有下反



P.1127图纸阶段

- ① 1lb=0.45kg
② 1yd=0.91m

P.1127的飞机草案。设计者是拉尔夫·胡朴尔。这架飞机的设计方案是一架无武装的双座观察/联络机，这是因为BE.53只为前风扇喷流配备了矢量喷管，而根本没有考虑为来自核心机的喷流提供矢量喷管。为了能够获取垂直飞行能力，不得不以一个极大的上仰角“坐”在尾部的起落架上。这方案开始时被叫做“高速度直升飞机”。

不久后，胡朴尔迅速将方案改为双座设计，并用两侧进气口取代了原来的机鼻进气口，同时在飞机首尾及翼梢设置了反作用力控制系统，通过将发动机引气由此喷出以获得低速控制能力。同时，为了弥补因为核心机没有配备矢量喷管限制而导致的50%推力浪费，拉尔夫·胡朴尔有了一个新的想法：将来自发动机核心机热喷流能分成两部分，就像在“海鹰”战斗机上那样，那么就可以增加另一对额外的矢量喷管，这样100%的推力都可以用于垂直飞行。

胡朴尔以此为基础提出了新P.1127设计方案。修改后的P.1127被设计成对地攻击机，可以以8500lb^①的重量作垂直起降，另一方面，它能携带2000lb武器作200yd^②短距起飞。布里斯托尔公司暂时性地接受了这个方案。

但无论是布里斯托尔公司还是霍克公司，他们都并非是将垂直起降技术作为未来最重要的发展方向。两家公司更注重的是希望借P.1127和BE.53将各自的观念灌输给对方。因此虽然在发动机和飞机设计者之间存在着这样那样的分歧，两家公司依然紧密地合作，以求达到自己的预期。



在博物馆展出的P.1127

英国国防大臣邓肯·桑迪允许了GOR.339计划，即同意为英国空军开发的战术飞机是“堪培拉”轰炸机的后继机。霍克公司在1957年底中止了P.1127的全部工作，将全部资源用于GOR.339，即P.1129的项目之中。

但是由于面对强大的竞争对手英国电气和维克斯公司，霍克公司不得不在1958年1月将P.1127的设计重新提出，并集中了更多的部门和资源用于设计。

在此之前，霍克公司1957年8月为P.1127制作了宣传手册，一个副

本在9月的范堡罗航展上被送给了来自MWDP的查普曼上校。他基本上接受了这个设计，但是认为还需要更大的载弹量和作战半径。最后，霍克公司和布里斯托尔公司采用了往发动机燃烧室喷水以增大推力的技术，从而使推力增大了2000lbf^①，因此可以多带近一倍的内部燃油。之后，加入了这个新特点的新版P.1127宣传手册在10月公开发布。该手册还提出了重新设计发动机的设想，即在前风扇和核心机上采用同轴反转技术，以消除在悬停飞行中出现的陀螺效应。布里斯托尔公司对这想法持反对态度，因为这意味着不能再采用奥林匹斯发动机的风扇叶片。但霍克公司希望藉此取消自动稳定系统，并认为这一改变至关重要。

当第一个P.1127的原型机正在前往金斯敦时，霍克公司已经在当斯福德机场为飞行试验程序做了准备。那里修建了2套专用的设备，发动机试车围栏用于测试飞机发动机，另一个40ft×50ft^②的特制格栅用于悬停试验。后者是设计来排放“飞马”发动机的

① 1lbf=4.448N

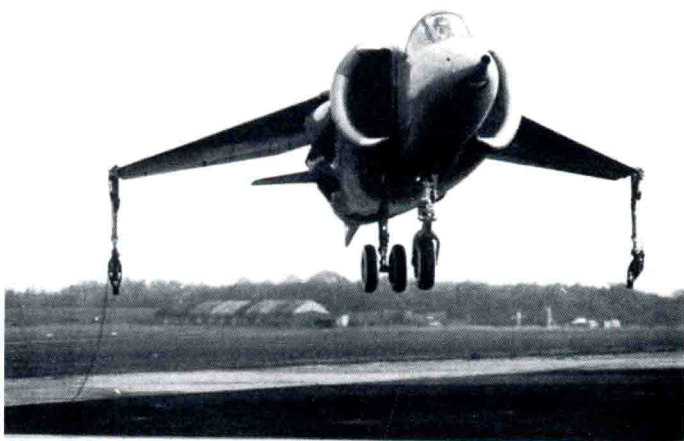
② 1ft≈0.3048m



喷流的，以消除由于再次吸入热喷流而造成的推力损失等不利影响。从根本上说，这是发动机推力不足造成的。事实上，最早发动机的推力只能勉强推动去掉了所有无关设备（例如无线电）的飞机垂直升空，而此时装载的燃油仅够飞行几分钟。

在1960年的整个夏天和秋天，准备工作一直在当斯福德进行着。同时，悬停飞行前必需的发动机地面试车和系统测试也已经完成了。

10月21日，比尔·贝尔福德操纵飞机完成了首次试飞。为了完成第一阶段系列试验，飞机被系留在地面格栅上，以限制它所能升起的高度。系留索长度可变，第一次系留飞行时长为1ft。尽管比尔·贝尔福德在一次交通事故中受伤，右腿打上了石膏，但以单点系留的方式进行的第一次系留悬停飞行仍然成功完成了。



P.1127进行的早期悬停试飞之一，此时试飞员已经找到了窍门，右翼尖护翼轮上的线缆只是根通信电缆



在5个星期的时间里，P.1127共计悬停试飞21次

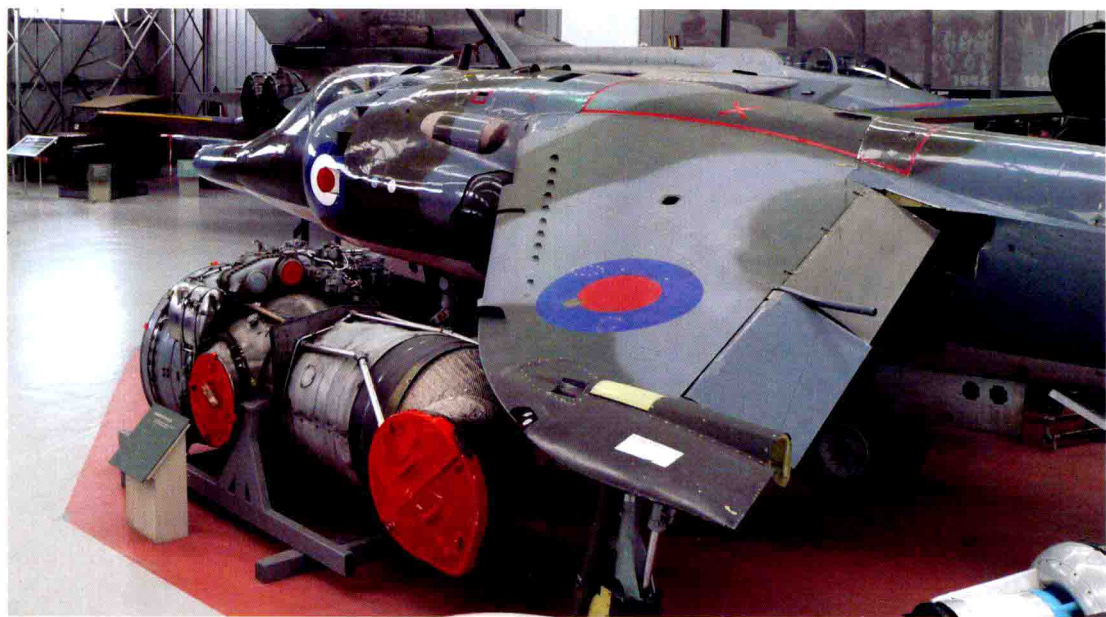
不过由于P.1127的反作用控制系统无法提供足够的反向滚转力矩，当飞机高度达到4ft时，主起落架液压支柱由于受载减小而弹出，长度超过了翼尖的护翼轮高度，导致飞机侧倾，结果推力的水平分量使得飞机左右摇摆并绕着主轮或前轮打转。但问题是，要增大引气系统功率就必然会减小发动机推力。就这个角度而言，引气系统的功率应该越小越好。这是研制垂直起降飞机过程中必须始终关注的基本问题。此外，当推力垂直分量等于飞机重量时，很小的水平分量都可能产生较大的加速度。例如，当飞机侧倾 6° 时就足以产生0.1g的加速度。

进行第二次4ft系留试验时，系留索将系留点附近的格栅拉断了。于是试验人员加大了系留索的强度，并缩短其长度，以便护翼轮可以接地，希望可以藉此缓解前述摇摆问题。但这种做法收效甚微，当飞机发生侧倾时，飞行员同样无法控制机翼恢复水平。

于是护翼轮支柱高度被暂时加长了，以便它们在飞机离地前可以一直保持支撑。在这种情况下，飞机的操纵特性大幅改善，接下来1次2ft系留悬停和1次4ft系留悬停都取得了成功。此外，对自动稳定系统的研究表明，大部分时候该系统都是满负荷运转，因此如果关闭该系统，推力会增大一些——不过在系留状态下，这个结果并不明显。

经过了多次尝试，终于找到了一种有效的控制方法，使得系留索可以“告老还乡”，自由悬停试验也终于在11月19日着手进行。在改进了自动稳定系统，并最终完成了两次自由悬停试飞后，整个悬停试飞计划宣告结束。

在5个星期的时间里，P.1127



在博物馆中展出的P.1127 (RAF)

共计悬停试飞21次，总悬停时间35min。尽管问题还有很多，但毕竟走出了试飞的第一步。

常规飞行前的地面滑行试验中，P.1127的起落架系统出现了严重问题：当滑行速度达到64km/h左右时，前轮、护翼轮以及主轮摆振，导致主液压系统损坏。尽管其中一些问题得到缓解，但最后还是花费了好几年时间才使得起落架系统能较好地工作。

虽然问题不少，第一次常规飞行还是于1961年3月13日在贝德福德机场进行。这次飞行暴露了整个一套新系统的问题：飞机飞行时横向稳定性尚可，但纵向稳定性不足，存在上仰问题；放下起落架后方向稳定性不足；近声速时机翼下沉；副翼下垂；襟翼和阻力板带来严重的配平问题，当在有地效条件下使

用时，产生强烈的低头力矩，必须拉满杆才能维持机头水平；为了避免发动机熄火和喘振而采用的各种限制措施，普·惠公司制造的涡轮叶片有时脱落；座舱空调漏水；自动防滞系统失效，刹爆轮胎，等等。全部这些都是其他飞机在发展过程中遇到过的典型问题。显然，在这些问题解决之前，飞行试验无法进入下一阶段，即由垂直飞行到常规飞行的过渡飞行试验。对此，霍克公司采用了分阶段解决的方法。

第二架P.1127被用于扩展常规飞行试验。该机在试飞中速度达到538kn^①，Ma1.02，高度达到40000ft。此外，该机还一度减速到98kn，在此速度下由发动机提供了部分垂直升力。由于发动机推力提高到12000lbf。在速度达到95kn后，开始逐步使用矢量推力，作为驱动飞机前飞的动力。

在1961年9月，P.1127为反作用力控制系统换装新的引气系统，改进了控制机制，使得偏航控制被独立出来，单独在机尾加装了偏航控制喷口。经过这样的改进，P.1127在速度大于20kn时的方向不稳定问题得到改善。

随着技术性问题的——改进，比尔·贝尔福德完成了P.1127发展历程上的一个里程碑。他在1961年9月12日进行了首次全过渡飞行。这一次，P.1127在垂直起飞后，发动机喷管逐渐转向后方，推动飞机水平前飞，直到完全依靠机翼升力飞行。在改进的偏航系统

① 1kn=1.852km/h