

| 谭安胜 著

Operation Analysis of
Shipborne Early Warning Helicopter

舰载预警直升机 作战运筹分析



国防工业出版社

National Defense Industry Press

舰载预警直升机作战运筹分析

谭安胜 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是国内第一部关于舰载预警直升机作战运筹分析的专著。全书以舰载预警直升机在水面舰艇编队作战行动中如何使用并与舰艇编队形成一体化作战能力为主线,将水面舰艇编队及其搭载的预警直升机视为一个整体,将战术、技术分析与运筹方法应用有机结合,使运筹与战术协调统一、理论与实践紧密结合。全书共分为7章。第1章绪论介绍了舰载预警直升机的发展、基本组成;第2章介绍了舰载预警直升机机载雷达有效探测空间规划,是从作战使用的角度,针对指挥员所关心的问题展开讨论,着重研究机载预警雷达的感知环、累积发现概率、建航概率和有效探测距离等问题,为后续研究奠定基础;第3、4章分别讨论舰载预警直升机对空、对海预警搜索和预警阵位配置的优化问题;第5章讨论舰载预警直升机对海侦察搜索的优化问题;第6章讨论舰载预警直升机预警持续时间规划问题;第7章讨论舰载预警直升机作战指挥与调度问题。

本书可作为军事运筹学、作战指挥学、兵种战术学、军事决策、军事系统工程等学科领域的硕士和博士研究生的教材或参考书,也可作为院校教师、部队指挥员或科研工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

舰载预警直升机作战运筹分析 / 谭安胜著. —北京:国防工业出版社, 2017.3

ISBN 978-7-118-11197-2

I. ①舰… II. ①谭… III. ①舰载飞机—预警机—军用直升机—作战—运筹问题 IV. ①E926.396

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 035559 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 8¼ 字数 151 千字

2017 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—1500 册 定价 65.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

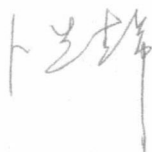
发行业务: (010) 88540717

序 言

舰载预警直升机自 20 世纪 80 年代诞生以来，作为水面舰艇编队早期预警的手段，如何与其它武器装备一起发挥最大作用，一直是军事运筹学理论与实践探索的重点和难点。

把现代运筹分析方法注入海军武器装备实际应用，使军事决策得到科学的评估、论证和优化，既是当代军事实践的迫切需求，也是军事运筹学的理论研究前沿。谭安胜教授作为军事运筹学、海军兵种战术学方面的专家，他在分析水面舰艇部队作战、训练与建设对舰载直升机作战需求的基础上，充分吸纳国内外舰载直升机运用的最新成果，结合自己长期从事军事运筹、作战指挥和兵种战术教学与科研实际，撰写了《舰载预警直升机作战运筹分析》一书。该书紧紧围绕舰载预警直升机作战使用问题开展运筹分析，系统地研究了预警直升机对空、对海预警探测、阵位配置、侦察搜索、持续时间规划、指控调度等决策问题，重点突出。该书始终将战法与现代运筹分析技术紧密结合，章节设计逻辑严密，解决问题贯穿定量分析、仿真验证等运筹分析方法，科学可信。此外，该书瞄准舰载预警直升机作战运用理论前沿，聚焦解决实际问题，提出和构建了大量的军事对抗模型，且来源于作战实际需求，原创性强，通过运筹分析计算，基本实现了舰载预警直升机作战运用效果的最优化。

当前，全军正在按习主席提出的“能打仗，打胜仗”的要求，开展实战化训练，舰载预警直升机作为水面舰艇部队的重要兵力，已经在作战训练中发挥了重要作用，但是我们必须清醒地看到，当前武器装备能力的发挥还没有达到最优，作战训练效益还没有达到最大化。因此，作为当代军事指挥员，必须树立“数中有术，术中有数”的军事运筹理念，创新运用定量计算、方案优化、科学决策等军事运筹方法，深化研究海军武器装备的作战使用，实现新质战斗力增长效益的最大化。相信该书的出版，对于培养水面舰艇指挥员的运筹素养将提供重要的借鉴参考，对于支持装备作战实验论证、战法训法等研究将提供重要的理论指导，对于深化信息化条件下军事运筹理论的创新发展将产生重要的实践推动。



二〇一六年九月

前 言

以载舰为活动基地，主要用于海上舰艇编队对空、对海预警，并能指挥引导己方飞机遂行作战和其它任务的舰载机，称为舰载预警机。舰载预警机包括舰载预警飞机和舰载预警直升机。虽然舰载预警直升机在预警设备、作战半径、续航时间、飞行高度等方面目前还难以与固定翼预警飞机相提并论，仅属于战术预警飞机行列，但舰载预警直升机系统经过短短二十几年的发展，就因其独特的作战性能、灵活高效等诸多优势，受到越来越多国家的青睐。尤其对于未装备舰载预警飞机的海军而言，舰载预警直升机在为水面舰艇编队争取防空反应时间和对海引导攻击方面具有不可或缺的作用。舰载预警直升机对低空目标具有良好的探测能力，能够为水面舰艇编队防御提供较充足的预警时间，可以引导空中待战飞机对低空目标进行拦截，减轻编队对空防御的压力，进一步提高水面舰艇编队的战斗坚持力。舰载预警直升机具有很强的对海战术侦察、远程目标指示的能力，大大提高了水面舰艇编队对敌舰船目标攻击的自主性和灵活性。舰载预警直升机是海上作战体系中的重要信息节点，是战场态势生成的重要信息源。

本书从作战使用的角度，针对舰载预警直升机在水面舰艇编队作战行动中如何使用的实际问题进行运筹分析。

全书共分为7章。第1章绪论介绍了舰载预警直升机的发展、基本组成；第2章介绍了舰载预警直升机机载雷达有效探测空间规划，是从作战使用的角度，针对指挥员所关心的问题展开讨论，着重研究机载预警雷达的感知环、累积发现概率、建航概率和有效探测距离等问题，为后续研究奠定基础；第3、4章分别讨论舰载预警直升机对空、对海预警搜索和预警阵位配置的优化问题；第5章讨论舰载预警直升机对海侦察搜索的优化问题；第6章讨论舰载预警直升机预警持续时间规划问题；第7章讨论舰载预警直升机作战指挥与调度问题。

本书是在作者近几年科研与学术研究成果的基础上进行充实完善后形成的。原海司作战部禹大勇、王一博、朱永松，某驱逐舰支队王献忠、包道华，某航空兵团顾廷勇等对作者的研究成果提出了许多宝贵意见，本书中有许多观点源于他们实践经验的启发。国防大学刘胜如、司光亚教授，军事科学院姚江宁、赵存如、李宁研究员，空军指挥学院刘小荷教授，海军装备研究院宋海凌、王鹰等研究员多年来为作者的科研、学术成果的鉴定付出了辛勤的劳动。我的研究生团队中的

尹成义、王新为博士，郭江龙、胡峥涛、贺凯、朱青松硕士做了大量实质性的工作。海军大连舰艇学院研究生处李友峰处长对本书的出版给予了极大支持，在此表示深切感谢。

本书撰写中参阅了大量文献，是这些文献的作者给了我灵感和启发，书中融入了他（她）们的思想，在此深表谢意，如果注释中有疏漏敬请谅解。

尽管本书是作者近几年科研与学术成果的总结，但随着人们认识水平的不断提高、装备的不断发展、作战理论与思想的不断创新和研究问题的逐步深入，书中提到的有关观点、原则、方法等随着时间的推移可能过时，但可以为读者提供一种研究问题的思路，也可以为同行们提供一个“靶子”，以此作为创新研究的起点。

本书读者对象为从事军事运筹学、作战指挥学、兵种战术学等学科和领域的教师、硕士和博士研究生以及海军部队的指挥员或科研工作者。

由于时间和水平的限制，本书难免会存在不足，衷心期望广大读者提出宝贵的意见与建议，从而能不断改进我的工作。我衷心希望本书的出版能起“抛砖引玉”的作用，引起广大读者关注、讨论，从而有助于更好地研究与应用军事运筹学，更好地将作战与运筹紧密结合，为院校教学服务，为部队作战与训练服务。

本书的写作一直得到海军大连舰艇学院各级领导的支持，是他们为我排忧解难，创造了很好的工作环境。衷心地感谢所有关心、帮助和支持过作者的人们。

谭安胜

2016年9月于大连

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 舰载预警直升机发展概况	1
1.2 舰载预警直升机系统基本组成	6
1.2.1 飞行器系统	7
1.2.2 任务电子系统	8
1.3 作战运筹分析与指挥决策	9
1.3.1 做出正确决策的必要条件	9
1.3.2 作战运筹分析的内涵与作用	10
1.4 本书的主要内容	11
第 2 章 舰载预警直升机机载雷达有效探测空间规划	14
2.1 机载预警雷达感知环模型	14
2.1.1 基本假设	14
2.1.2 感知环一般模型建立	15
2.1.3 感知环参数的确定	16
2.1.4 仿真计算与分析	18
2.2 机载预警雷达发现概率与建航概率	24
2.2.1 机载预警雷达单次扫描发现概率	25
2.2.2 机载预警雷达累积发现概率	25
2.2.3 机载预警雷达建航概率	28
2.3 机载预警雷达有效探测距离	29
2.3.1 基本假设	29
2.3.2 模型建立	29
2.3.3 仿真计算与分析	33
2.4 本章小结	36
第 3 章 舰载预警直升机空/海预警搜索	37
3.1 预警直升机线式巡逻搜索模型	37
3.1.1 基本假设	37
3.1.2 模型建立	37

3.2	预警直升机交叉巡逻搜索模型	39
3.2.1	基本假设	39
3.2.2	模型建立	40
3.3	预警直升机预警搜索仿真	41
3.3.1	仿真目的	41
3.3.2	参数设置	42
3.3.3	仿真结果	42
3.3.4	仿真结论	45
3.4	舰载预警直升机标准巡逻图	46
3.4.1	标准巡逻轨道模型的建立	46
3.4.2	作战操作点的确定方法	49
3.4.3	预警直升机转弯半径的确定	50
3.4.4	标准巡逻轨道飞行控制方法	52
3.4.5	标准巡逻轨道飞行控制参数仿真	52
3.5	本章小结	53
第4章	舰载预警直升机空/海预警阵位配置	55
4.1	编队威胁方向与威胁扇面	55
4.1.1	编队威胁方向的判断	56
4.1.2	影响编队威胁扇面的因素	56
4.1.3	编队威胁扇面角预测模型	60
4.2	舰载预警直升机前出距离	66
4.2.1	影响前出距离的因素	67
4.2.2	前出距离分析模型	68
4.3	舰载预警直升机有效预警扇面	69
4.3.1	有效预警扇面的内涵	69
4.3.2	有效预警角计算模型	71
4.3.3	仿真计算与分析	75
4.3.4	综合结论	83
4.4	舰载预警直升机阵位配置方法	83
4.4.1	预警直升机阵位配置基本准则	84
4.4.2	对导弹目标预警阵位配置	85
4.4.3	对飞机目标预警阵位配置	85
4.4.4	对舰船目标预警阵位配置	85
4.4.5	对空海综合预警阵位配置	86

4.5	本章小结	86
第 5 章	舰载预警直升机对海侦察搜索	88
5.1	战术侦察的基本任务	88
5.2	战术侦察态势分析模型	89
5.2.1	战术侦察态势的内涵	89
5.2.2	态势分析模型建立	90
5.3	战术侦察搜索区的确定	92
5.3.1	目标航向未知时	93
5.3.2	目标航向已知时	94
5.3.3	侦察搜索区仿真	94
5.4	战术侦察搜索方法	96
5.4.1	纵飞侧扫搜索	96
5.4.2	纵飞推扫搜索	97
5.5	舰载预警直升机放飞时机	98
5.6	本章小结	99
第 6 章	舰载预警直升机预警持续时间规划	100
6.1	影响预警持续时间的因素	100
6.2	预警持续时间规划模型	102
6.2.1	可用燃油量的确定方法	102
6.2.2	规划航线燃油消耗量的确定方法	102
6.3	预警持续时间规划范例	105
6.3.1	范例 1 给定前出距离计算预警持续时间	105
6.3.2	范例 2 给定预警持续时间计算最大前出距离	107
6.4	本章小结	109
第 7 章	舰载预警直升机作战指挥与调度	110
7.1	指挥控制关系与人员职责	110
7.1.1	指挥控制关系	110
7.1.2	各级人员职责	111
7.2	舰载预警直升机作战行动	112
7.2.1	机组飞行准备	112
7.2.2	飞往巡逻区	114
7.2.3	进入作战操作点	114
7.2.4	进行预警巡逻	115
7.2.5	结束预警巡逻	115

7.2.6 返航与着舰 115

7.3 舰载预警直升机调度决策..... 115

7.3.1 基本假设 116

7.3.2 模型建立 116

7.4 舰载预警直升机指挥控制流程..... 118

7.5 本章小结..... 119

参考文献 120

第 1 章 绪 论

以载舰为活动基地,主要用于海上舰艇编队对空、对海预警,并能指挥引导己方飞机遂行作战和其它任务的舰载机,称为舰载预警机。舰载预警机包括舰载预警飞机和舰载预警直升机^[1]。本书就舰载预警直升机在水面舰艇编队中的作战使用问题进行运筹分析。

水面舰艇编队遂行海上作战任务时,将受到来自空中、海面和水下的威胁。现代条件下这些威胁最终将主要转化为反舰导弹的直接威胁。因此,对空防御是水面舰艇编队海上防御的主要内容,而对反舰导弹及其携载平台的早期预警又是舰艇编队有效对空防御的先决条件。现代条件下,空袭兵器具有飞行速度快、突防能力强等特点,能在很短的时间内飞临被攻击目标。同时,空袭兵力、兵器多采用低空、超低空、多方向、饱和攻击等突防战术,使得水面舰艇编队对空防御的难度空前增大。舰载预警直升机的列装,将与舰载有/无人直升机、空中预警机、舰载探测器材有效协同,形成水面舰艇编队纵深、立体的观察警戒与预警体系。编队早期预警体系的建立与完善,为最大限度地保持编队的战斗坚持力奠定了基础。

1.1 舰载预警直升机发展概况

预警机是装备有远距离搜索雷达、数据处理、敌我识别以及通信导航、指挥控制、电子对抗等完善的电子设备,用于搜索、监视、跟踪空中和海上目标的作战支援飞机。现代预警飞机除了发现和监视远距离入侵的目标外,更重要的是还具有引导和指挥己方作战飞机、导弹等武器拦截入侵目标的功能。20 世纪 60 年代美国海军航空母舰上使用的格鲁门公司研制的 E-2“鹰眼”飞机逐渐演化为空中预警和控制飞机,也就是今天的预警飞机。这是首次实现用计算机将雷达返回的原始数据转化为战场空域的图形来表示,能显示出敌我双方的飞机轨迹。经过几十年的发展,如今预警机已经形成了种类繁多、门类齐全的庞大体系。从预警功能上分为具有高级空中指挥和控制功能的战略预警飞机和在局部战争中探测入侵目标,引导己方空中防御的战术预警飞机。按载机平台可分为固定翼预警飞机、预警直升机和预警无人机等。按使用的范围不同,又可分为陆基和舰载预警机。

预警机的机载设备日趋成熟,并出现了一些新的发展趋势,如采用相控阵雷

达和数据融合技术。预警机将相控阵雷达和战术数据链传来的机外传感器数据进行融合,极大提高了隐身飞机、巡航导弹、弹道导弹等目标的探测能力。同时大规模并行计算机和大量数据库也应用在预警飞机上,目标识别能力和抗干扰能力得到了进一步加强。近年来,中小型预警机的发展逐渐受到重视。在海湾战争等几次现代战争中表现出的重要作用,使越来越多的国家对预警机提出了装备愿望。但由于许多中小国家国土面积不大,预警区域有限,加上经费、技术等原因,装备中小型预警机更加适用。即使对已经装备大型预警机的国家,中小型预警机作为战术预警机使用,它独特的地位也是不容忽视的^[2]。

舰载预警直升机作为中小型预警机中的独特类型,它的发展更具有特殊意义。舰载预警直升机在作战半径、续航时间和飞行高度等方面难以与舰载固定翼预警机相提并论,因此对高空目标的探测和跟踪能力相对较差,作战效能相对有限。但是舰载预警直升机凭借轻便灵活的优势,可以非常方便地在小型航空母舰和驱护舰上起降,特别是极其低廉的造价显示出相对较高的效费比,具有很好的发展前景。因此,如何研制出高性能的舰载预警直升机,已成为很多国家积极思考的问题。

舰载预警直升机从1982年第一种型号装备部队到现在不过短短30多年的时间,但在舰艇编队防空预警方面所起的作用却是其它机种难以替代的。随着大规模集成电路板、预警雷达系统的不断改进以及新型飞行复合材料等的出现,舰载预警直升机有了新的发展。目前各国海军舰载预警直升机主要装备在航空母舰、驱逐舰、护卫舰和两栖舰等军舰上,旨在担负目标探测与情报获取、战场监视与火力引导、通信中继与信息转发、防御协调与毁伤评估等作战任务,对于编队的早期预警和辅助决策发挥着重要的作用。在海湾战争和阿富汗战争中,以美国为首的多国部队使用舰载预警直升机成功地完成了战场侦察、火力引导、通信中继等多种作战任务,为联合作战指挥中心提供了大量及时有效的战场情报,引导部队摧毁了敌军大量火炮、导弹阵地,弹药库、油库,指挥、通信中心,电子干扰站,交通枢纽和作战部队等重要目标,有效地降低了战争成本,建立了赫赫战功。

英国研制的舰载预警直升机处于世界领先水平,代表型号为“海王”MK2-AEW。“海王”的诞生具有特殊的历史背景。1982年5月4日,英国皇家海军特混编队“谢菲尔德”号导弹驱逐舰被击沉,英国军方认为预警时间不足是导致其被击沉的主要原因,而当时英国仅有的一种预警机——“猎迷”MK-III-AEW刚刚进行了首飞,还有大量的测试工作没有完成,根本无法在短时期内装备部队形成战斗力。因此,英国皇家海军制定了“低空监视任务”工程计划,采用“海王”MK-IIA为平台,加装水面搜索雷达,研制了第一架“海王”MK2-AEW。1982年7月“海王”MK-2-AEW预警直升机首飞成功,编号为XV-650的第一架试验机于1982年8月由部署于南大西洋的“伊路斯德劳斯”号驱逐舰搭载开始进行海试。1985年“海王”MK-IIA-AEW预警直升机正式移交英国皇家海军。定型后的

“海王”舰载预警直升机机长 22.15m、宽 4.98m、高 5.13m，空重 5530kg，最大起飞重量 9952kg，安装两台涡轴发动机，最大功率 $2 \times 1044\text{kW}$ ，最大平飞速度 315km/h，巡航速度 207km/h，实用升限 4480m，最大航程 1230km。关键的机载雷达系统采用了索思公司的 EMI 水平海上搜索监视雷达，安装在“海王”直升机机身左下方，雷达天线装在形如“定音鼓”的充气天线罩内，天线罩由经过特殊处理的防水 Kevlar 纤维蒙皮制成，直径和长度均为 1.83m。飞机起降时，天线包收起与机身的纵轴线同向，升至 12m 高度时，天线包向下偏转 90° ，垂直于机身纵轴线并开始工作。雷达天线从存放位置旋转到工作位置至开机只需 14s，天线可进行稳定的俯仰和滚动运动，可做圆周扫描，能在高海况条件下对 100n mile 以外的低空飞行目标和海上小型移动目标进行探测和分类，可同时处理 40 个水面目标，引导 6 架战斗机对目标进行拦截。为执行搜索和目标分配任务，机上设有两名雷达操作员，在实用升限为 3050m 时，探测目标距离大于 161km，悬停可进行空中加油，续航时间达 4h。英国海军共有约 10 架“海王”MK-II-AEW 和 3 架“海王”MK-V-AEW 舰载预警直升机，配属于无敌型轻型航母，用于航母编队的空中预警。1997 年，英国海军与汤姆逊·雷卡防务公司签订了一项合同，将 2 架“海王”AEW.MK2 舰载预警直升机升级到 MK7 标准。改装了“搜水 2000”型雷达、综合 16 号数据链、安全无线电通信系统、全球定位系统、主动降噪系统、新型的 AN/APX-113 敌我识别询问机以及联合战术信息分发系统，提出“舰载预警直升机系统”的概念，使英国海军的预警系统纳入了整个北约的战术信息网络系统，从而更好地分享战术情报，大大提高了各国部队间的协同作战能力。

俄罗斯的舰载预警直升机技术居世界前列，代表型号为卡-31。该型机的研制源于俄军为陆续建造的几艘航空母舰的空中预警需要。1985 年由卡莫夫设计局投入研制，1987 年实现首飞，并于 1992 年开始在俄“库兹涅佐夫”号航空母舰的甲板上进行作战验证飞行。1995 年 031 和 032 号两架预警直升机加入俄罗斯海军服役，随即参加了多次海上演习，表现出了优良的性能。1995 年莫斯科航展上卡-31 首次公开露面，开始让世人了解该型舰载预警直升机的性能特点，并很快引起了大家的关注。这里特别要提的是，最初卡-31 型预警直升机是作为舰载固定翼预警机的辅助预警系统而投入研制的。苏联 1962 年第一架预警机图-126 就成功试飞，并随即与美国在预警机研发方面进行角逐。在几十年的研制、使用经验中，苏联较成熟地掌握了固定翼预警机的技术。20 世纪 80 年代随着“库兹涅佐夫”号航空母舰的服役，苏联迫切需要舰载预警飞机为航母舰队撑起一片安全的天空。首先投入研制的是固定翼预警飞机，并先后研制出“鲁莽者”和雅克-44 型固定翼预警飞机。但随着苏联的解体，俄罗斯经济跌入低谷，使得固定翼预警飞机上舰的计划变为泡影。最终俄罗斯航母编队空中预警的重任落在了卡-31 型预警直升机上。该机以优秀的预警性能，不但胜任了海上大范围的空中监视、预警任务，而且因其出色表现备受赞誉，在全球预警机行列里独树一帜，堪称舰载

预警直升机的典范之作。

目前，印度已从俄罗斯引进 9 架卡-31 型舰载预警直升机，越南、马来西亚等国也在积极准备引进舰载预警直升机。卡-31 型舰载预警直升机原本是苏联“雅克-44”系列的一个附属品，但苏联解体后，多方面原因导致俄罗斯海军航空母舰规模急剧下降，大型舰载预警机的发展也失去了理由，于是卡-31 型舰载预警直升机独立承担了俄罗斯海军舰艇编队早期预警的任务。目前，俄罗斯海军拥有近 10 架卡-31 型舰载预警直升机，主要部署在“库兹涅佐夫”号航空母舰上。卡-31 型舰载预警直升机在设计之初称为“卡-29RLD”，以“卡-27”攻击直升机为基础设计而成。在对印度出口的卡-31 型舰载预警直升机中，俄罗斯卡莫夫设计局改装了现代化座舱，加装了最新型卡布里斯电子导航系统，其中包括全球定位系统、数字地形地图、贴近地面/障碍物告警系统、战术情况及地图显示器等。其海上绘图系统可在监视器上同时显示雷达信息、敌我双方信息、有关目标和周围空域及其它相关信息。整个导航系统通过卫星进行工作，可在直升机飞行的各个阶段向驾驶员提供精确的卫星导航数据，并显示在尺寸为 158mm×211mm 的液晶显示器上。改进后的卡-31 型舰载预警直升机的海上监视能力和生存能力都有了很大幅度的提高。

法国和意大利等西方国家对发展舰载预警直升机态度积极，行动迅速，几乎都装备有不同型号的舰载预警直升机。法国的“地平线”预警直升机以“超美洲豹”MK2 通用直升机为平台，机长 19.5m、宽 3.86m、高 4.97m，空重 4686kg，最大起飞重量 5100kg。最大平飞速度为 277km/h，巡航速度为 244km/h，实用升限 5180m，最大航程 1491km。座舱极为先进，加装了最新型电子导航系统，其关键的机载系统是汤姆逊-CSF 公司研制的战场对空观察雷达（LCTAR），能对 150km 范围内的低空飞行目标和地面小型移动目标进行探测和分类，并进行引导攻击，有效提高部队的打击精度。意大利 EH-101“灰背隼”预警直升机，是在 EH-101 三发多用途直升机的基础上发展而来的优异机型，装备了 Eliradar 公司生产的 HEW-784 相干脉冲多普勒 360°扫描雷达，具有“空—空”、“空—海”以及“空—空、空—海混合”三种工作模式，工作频段为 8GHz~12.5GHz，天线直径 3m，由 8 个控制总线相连的在线可更换模块（LRU）构成，可全天候探测和跟踪空中和海面目标，其主要功能首先是探测和跟踪多个低空目标和掠海反舰导弹，其次是探测和跟踪高空目标、多个海面目标和地面测绘。任务传感器由机上任务计算机系统（MCS）进行综合控制，MCS 的核心装置为 2 套任务计算机设备。MCS 通过对自身传感器和数据链的战术数据进行处理分析并生成报告，从而实现对任务传感器系统的控制。此外，该机还装备了一套与 MCS 接口的电子侦察支援设施（ESSM）、电子对抗设施（ECM）和电子对抗防御设施（ECCM）。

鉴于预警机在现代战争中的重要作用，海湾战争后，世界上许多国家与地区出现了研制、购买预警机的热潮。大型预警机价格高昂、技术复杂，掌握与使用

难度较大，因此对于大多数国土不太辽阔，国境线特别是海岸线不太长的中小国家来说，发展价格低、性能适中、使用维护方便、起降场地要求不高的中小型预警机将成为今后的必然趋势。舰载预警直升机具备了以上提到的中小型预警机具有的所有优点，既经济实用，又机动灵活，特别适用于没有航空母舰的海军舰队，并可以与其它预警机搭配使用，具有很好的发展前景。

从“海王”和卡-31 到 EH-101，三种舰载预警直升机虽然出现在不同的时代，具有不同的研制背景，在载机的性能和机载预警设备各方面有较大的提升，在技术和性能上日趋成熟，但基本上还属于同一代产品。预警设备都采用脉冲多普勒监视雷达，并没有质的飞跃。舰载预警直升机要缩小同其它预警飞机的差距，需要从质的方面提升自己的优势，加强功能，提高效费比，增强综合作战效能。结合预警机的总的发展趋势，舰载预警直升机系统的未来发展可从以下方面考虑：

(1) 采用航程更远、滞空时间更长的新型载机平台，如美国海军陆战队装备的 V-22 相控阵雷达预警飞机。它由 V-22 “鱼鹰”倾转旋翼飞机改装而来，由于具有直升机和固定翼预警飞机两种飞行模式，其最大巡航速度达 509km/h，采用垂直起降方式时航程达 2225km，升限达 7925m，作战半径达 800km，各方面的性能比传统直升机都有质的提高，已非常接近固定翼飞机的水平。

(2) 加强载机平台的隐身与反隐身能力，尽可能降低载机和雷达的辐射强度，提高本机的战场生存能力。

(3) 采用相控阵雷达技术，提高对来袭隐身飞机、直升机、巡航导弹、弹道导弹等低可观测性目标特别是隐身目标的探测能力。隐身武器是今后攻击武器的一大发展趋势，提高对此类目标的预警能力，将使舰载预警直升机的作战效能得到质的提升。相控阵雷达是预警机今后发展的主要方向，它采用电扫描相控阵天线取代机械扫描旋罩天线，其可靠性高，取消了集中式大功率发射机和全部天线伺服运动系统，使机载雷达的可靠性大幅度提高，适应能力强，对多目标的同时搜索、跟踪与识别能迅速达到最佳状态；抗干扰能力强；扫描速度快，可在 2s 内完成新探测到目标的初始跟踪；具有增程探测能力，对目标的跟踪既可采用全方位跟踪，又可采用边扫描边跟踪方式，增强了对隐身目标和小目标的探测能力，并能同时执行多种任务。

(4) 采用数据融合技术，充分利用多传感器和信息源的数据将其信息进行融合，增强对目标的准确定位及识别能力，增大探测距离，进一步提高预警直升机的敌我识别和隐身目标探测能力。

(5) 预警雷达系统向小型化、轻型化、综合化、模块化、网络化、多功能化以及智能化方向发展，向功能更强、更加完善的以多重总线为基础的综合航空电子设备的方向发展，向能进行各种信息交联的网络化方向发展，从而进一步提高舰载预警直升机探测小目标、低空目标、隐身目标的能力和对多目标的跟踪能力，并高效指挥引导己方武器系统攻击敌方目标。

(6) 提高预警直升机及其预警系统组件的通用性，降低研制开发成本；提高维修简便性，降低操作维修时间和费用，延长预警直升机系统无故障工作状态。

(7) 在遥控无人机与有源相控阵雷达的结合成为可能的情况下，采用无人操作模式，发展舰载无人预警直升机，进一步提高效费比。

虽然舰载预警直升机在预警设备、作战半径、续航时间、飞行高度等方面目前还难以与固定翼预警飞机相提并论，仅属于战术预警飞机行列，但舰载预警直升机系统经过短短二十几年的发展，就因其独特的作战性能、灵活高效等诸多优势，受到越来越多国家的青睐。尤其对于未装备舰载预警飞机的海军而言，该机种在为水面舰艇编队争取防空反应时间和指挥空中作战方面具有不可或缺的作用，对任何一支海军都具有重要意义。相信在不久的将来会有越来越多性能更强、航程更远、效费比更高的舰载预警直升机活跃在全球各海军舰艇编队上空，成为未来海战的重要制胜利器。

1.2 舰载预警直升机系统基本组成

舰载预警直升机系统主要由飞行器系统、任务电子系统和舰载保障系统组成。飞行器系统一般由具有足够载荷能力、足够机舱容积和足够续航能力的运输型直升机改装而成。任务电子系统是指完成作战功能的各种软硬件的集合，包括获取特定信息的传感器、用于支持信息传送的各种通信链路和用于信息处理的各种电子设备。不同型号的舰载预警直升机其任务电子系统的具体组成是有差异的，国内外对各分系统的称谓也不尽相同。典型的舰载预警直升机任务电子系统主要由机载预警雷达分系统、指挥控制分系统、通信与数据链分系统、导航分系统、敌我识别分系统、电子侦察分系统、自卫电子战分系统等组成。舰载保障系统主要包括舰载通信系统、数据接入系统和配套保障设备等。如图 1.1 所示。

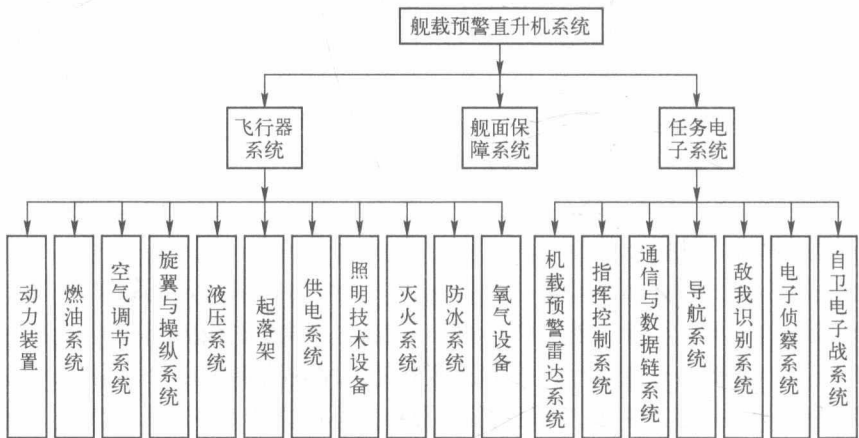


图 1.1 舰载预警直升机系统基本组成示意图

1.2.1 飞行器系统

飞行器系统主要由动力装置、燃油系统、空气调节系统、旋翼与操纵系统、液压系统、起落架、供电系统、照明技术设备、灭火系统、防冰系统和氧气设备等组成。

动力装置主要用于旋翼传动装置。通常包括两台主燃气涡轮发动机、直升机传动机构、机载辅助动力装置、滑油系统和冷却系统。

燃油系统用于向主发动机和辅助动力装置发动机供油。由油罐、管道和加油装置、输油装置、汲油装置、回油装置和排油装置、泄油系统，以及操纵部件和监控仪等组成。

空气调节系统用于机舱和蓄电池舱预热、机舱玻璃罩通风和机组人员海上救生服通风。此系统通常包括带电动机械的气门、涡轮冷却器、调节活门、温度自动调节器、热继电器、单个通风装置接头、集气管和导管。空气调节系统保持机舱温度在适宜范围内。

两个同轴旋翼和旋翼桨叶操纵部件组成直升机旋翼系统。此系统包括旋翼、旋翼塔座和保障直升机操纵的系统部件。

液压系统包括主液压系统、副液压系统和辅助液压系统。保障向直升机操纵系统操舵传动装置、起落架机轮制动室和天线障固定锁液压作动筒输送工作液。

直升机上通常安有两个主起落架支柱、两个前置的飞行中收起的起落架支柱，它们既可以保障以直升机的形式，也可以保障以飞机的形式进行起飞和着陆。前起落架支柱轮可进行停机刹车和滑行刹车。起落架的收起和投放由辅助液压系统完成。

供电系统包括交流供电系统、直流供电系统以及外部电源接通电网。

照明技术设备包括内部照明、外部照明和应急、提示和通告信号系统。内部照明设备包括辅助照明系统、舱内照明系统、货舱照明设备、机身尾部的照明设备；外部照明设备包括两个着舰—搜索灯（主灯和备用灯）、两个机上航行灯（左侧红色、右侧绿色）、尾部航行灯（无色或者黄色）、两个闪光灯标、四个编队飞行灯、两个上旋翼片轮廓灯；应急、提示和通告信号系统包含了应急信号、提示信号、通告信号三组工作信号。

直升机装配了灭火设施和火警信号系统。灭火设施包括灭火系统和手提式灭火器。火警信号系统设备用于及时发现任何防火舱室内的火灾，并自动接通一级灭火系统。

防冰系统用于防止由于结冰而影响各个系统的正常工作。包括发动机进气道防冰系统、旋翼叶片防冰系统、机组人员舱室玻璃的防冰系统、玻璃清洁装置、空气压力接收机（空速管）、航空表加热装置、结冰信号系统。

直升机上安装两套易拆卸的氧气设备，该设备能确保供给充足空气氧气给飞