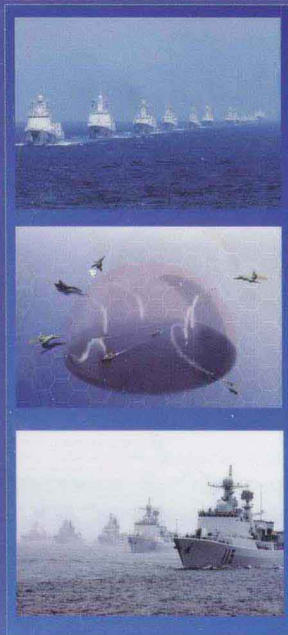


舰艇编队协同防空 任务规划理论及应用

MISSION PLANNING THEORY
AND APPLICATION FOR AIR DEFENSE
OF NAVAL VESSEL FORMATION

缪旭东 王永春 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

舰艇编队协同防空 任务规划理论及应用

缪旭东 王永春 著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

舰艇编队协同防空任务规划理论及应用/缪旭东,
王永春著. —北京:国防工业出版社,2013.8
ISBN 978-7-118-08804-5

I. ①舰… II. ①缪… ②王… III. ①海上编队-防
空-协同作战-研究 IV. ①E925.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第156994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)

三河市腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 880×1230 1/32 印张 7 $\frac{7}{8}$ 字数 223 千字

2013年8月第1版第1次印刷 印数 1—2500册 定价 36.00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

前 言

从近几十年来的几场局部战争来看,空中打击是现代作战的典型样式。水面舰艇编队作为海上作战行动中的主要突击兵力,必将成为敌方航空兵和反舰导弹打击的重点。例如,在1967年的第三次中东战争中,以色列1700多吨的“埃拉特”号驱逐舰被埃及70多吨的“蚊子”级导弹艇发射的“冥河”导弹击沉;在1971年的印巴海战中,巴基斯坦海军“凯巴鲁”号驱逐舰、“巴德尔”号驱逐舰和“穆罕菲茨”号扫雷艇遭印军导弹攻击沉没;在1982年马岛海战中,英国当时最先进的“谢菲尔德”号驱逐舰被“飞鱼”导弹击沉,“羚羊”号护卫舰、“热心”号护卫舰、“考文垂”号驱逐舰被“天鹰”式攻击机投掷的炸弹击沉,“大刀”号驱逐舰遭到重创;1986年,利比亚“战士2G”级导弹艇被美军导弹击沉;1988年,伊朗“萨巴兰”号护卫舰被美军A—6型攻击机击沉;2011年5月21日,利比亚海军8艘舰艇遭北约空袭沉没。舰艇编队防空作战面临着日益严峻的挑战。

信息化条件下的许多决策问题,常常需要根据被控制与管理过程的有限信息,作出多阶段过程的任务规划,形成一个满意的计划以指导整个行动过程。对于防空作战这样一个经典而又常新的问题更是如此。作战任务规划能够充分利用战场态势信息,有效集成领域专家的经验 and 知识,迅速有效地进行任务分配和兵力调度,实现各作战单元、武器系统、信息系统之间的资源共享和高度融合。因此,越来越受到军事专家们的关注。目前,相关研究工作主要分布在态势评估、威胁估计、武器—目标分配等方面,尚未形成一个统一的理论与方法体系,尤其是缺乏对不确定条件下舰艇编队协同防空任务分配与兵力调度问题

的研究。本书在参考国内外有关文献的基础上,系统地研究了有关舰艇编队协同防空任务规划的概念、结构、过程和方法,建立相关模型并对模型进行仿真实验。

本书内容分为10章,大体上是沿着“横”、“纵”两条线来阐述的。“横”,是指舰艇编队协同防空任务规划的内涵、作用、结构、特征、模式等一些性质和规律,我们将其归纳为概述(第1章)和决策模式(第2章)。“纵”,是指从态势分析、意图识别、防空行动、威胁估计(第3章至第6章),到任务分配(第7章)和兵力调度(第8章和第9章)等的一些模型与方法。在这个粗略的“纵横”体系中,第1章和第2章统揽全书,第3章至第6章是第7章至第9章的前提与依据,第7章至第9章是对第3章至第6章结论的融合与集成。第10章指出了需要进一步研究的问题和方向。

本书是在作者多年来开展舰艇编队防空指挥决策研究并取得成果基础上撰写的,其内容既有明确的物理含义,又有严谨的数学基础;既有理论方法的系统表述、严格论证,又有典型实例的仿真分析,反映了作战指挥、军事运筹和兵器科学与技术领域的新思想和新理论。可作为高等院校军事学研究生课程的教材,也可作为有关军事指挥和工程技术人员参考书。在本书的编纂出版过程中,得到了多位前辈、同仁的热心帮助和大力支持。徐德民院士阅读了书稿的部分内容,并且提出了很多有益的建议和评论。赵晓哲院士自始至终都给予了很大的支持和帮助,当本书的写作进展艰难时,他的点拨就如雪中送炭。国防工业出版社的同仁也提供了有益的和专业的帮助。即使是在本书刚刚动笔尚未成形阶段,崔晓莉编辑也对本书的出版充满信心。国防工业出版社的多位编辑、海军作战软件与仿真研究所的多位同事在审阅书稿的过程中提供了特别有益的帮助,他们对如何使书稿变得更完善提出了许多宝贵的建议。在此,对他们一并表示诚挚的谢意。同时,还要感谢中国博士后科学基金项目(2012M512137)的支持,感谢本书中所引用文献的众多作者们。

舰艇编队协同防空任务规划研究是一项探索性工作,本书如能起到抛砖引玉的作用,作者将感到十分欣慰。由于作者学识和水平有限,书中难免存在许多有待完善和改进之处,敬请广大读者和同行专家学者批评指正。

作者

2013年8月

辽宁大连

目 录

| | |
|------------------------------------|----|
| 第 1 章 概述 | 1 |
| 1.1 舰艇编队协同防空概述 | 1 |
| 1.1.1 舰艇编队 | 1 |
| 1.1.2 编队协同防空 | 1 |
| 1.2 作战任务规划概述 | 5 |
| 1.2.1 作战任务规划 | 5 |
| 1.2.2 任务规划系统 | 6 |
| 1.3 舰艇编队协同防空任务规划 | 7 |
| 1.3.1 内涵 | 7 |
| 1.3.2 地位作用 | 8 |
| 1.3.3 基本结构 | 10 |
| 1.3.4 主要特征 | 13 |
| 1.3.5 形成条件 | 16 |
| 参考文献 | 18 |
| 第 2 章 编队协同防空任务规划的决策模式 | 20 |
| 2.1 编队协同防空任务规划的复杂性 | 20 |
| 2.2 编队协同防空任务规划的决策过程 | 22 |
| 2.2.1 决策过程模型 | 22 |
| 2.2.2 问题求解思路 | 24 |
| 2.3 编队协同防空任务规划过程形式化表达 | 25 |
| 2.3.1 基本模态算子和分枝时间逻辑 | 26 |
| 2.3.2 任务规划过程形式化模态算子 | 26 |
| 2.3.3 任务规划过程形式化描述 | 29 |
| 2.4 编队协同防空任务规划建模 | 33 |

| | | |
|------------|-------------------|-----------|
| 2.4.1 | 过程建模 | 33 |
| 2.4.2 | 层次结构 | 34 |
| 2.5 | 非理性决策行为的规避 | 35 |
| 2.5.1 | 非理性决策行为 | 35 |
| 2.5.2 | 非理性决策行为的规避 | 38 |
| | 参考文献 | 40 |
| 第3章 | 编队防空作战态势分析 | 41 |
| 3.1 | 作战区域态势表达 | 41 |
| 3.1.1 | 基于六角网格的地形栅格化 | 41 |
| 3.1.2 | 作战区域单元栅格代价表达 | 43 |
| 3.2 | 编队协同防空作战态势描述 | 47 |
| 3.2.1 | 敌方空中突击路径描述 | 47 |
| 3.2.2 | 我方作战单元防空区域描述 | 50 |
| 3.2.3 | 敌我对抗态势描述与分类 | 51 |
| 3.3 | 编队潜在空中威胁的估计 | 54 |
| 3.3.1 | 潜在空中威胁方向估计 | 54 |
| 3.3.2 | 潜在空中威胁时机估计 | 56 |
| 3.4 | 应用实例 | 57 |
| 3.4.1 | 敌我对抗态势分析 | 59 |
| 3.4.2 | 编队潜在空中威胁方向估计 | 60 |
| 3.4.3 | 编队潜在空中威胁时机估计 | 61 |
| | 参考文献 | 63 |
| 第4章 | 空中目标意图识别 | 64 |
| 4.1 | 意图影响因素与主观感知规律 | 64 |
| 4.1.1 | 影响因素 | 64 |
| 4.1.2 | 主观感知规律 | 65 |
| 4.2 | 空中目标航迹威胁特征的稳定提取 | 67 |
| 4.2.1 | 空中目标航迹威胁特征分析 | 68 |
| 4.2.2 | 航迹威胁特征稳定提取模型 | 70 |
| 4.2.3 | 应用实例 | 74 |
| 4.3 | 空中目标攻击紧迫度估计 | 79 |

| | | |
|------------|----------------------------|------------|
| 4.3.1 | 紧迫度感知阈限 | 79 |
| 4.3.2 | 攻击紧迫度模糊估计 | 81 |
| 4.3.3 | 应用实例 | 84 |
| 4.4 | 空中目标攻击可能度估计 | 91 |
| 4.4.1 | 可能度感知阈限 | 91 |
| 4.4.2 | 攻击可能度模糊估计 | 92 |
| 4.4.3 | 应用实例 | 95 |
| 4.5 | 空中目标攻击对象判定 | 100 |
| | 参考文献 | 103 |
| 第5章 | 编队兵力构成与防空舰艇配置 | 104 |
| 5.1 | 舰艇编队兵力构成 | 104 |
| 5.2 | 编队作战单元任务价值评估 | 105 |
| 5.2.1 | 评估指标体系 | 106 |
| 5.2.2 | 问题描述 | 109 |
| 5.2.3 | 评估模型 | 110 |
| 5.2.4 | 应用实例 | 113 |
| 5.3 | 编队防空舰艇配置 | 120 |
| 5.3.1 | 编队防空扇面划分 | 120 |
| 5.3.2 | 防空舰艇配置 | 121 |
| 5.3.3 | 防空舰艇作战能力估计 | 124 |
| 5.3.4 | 防空舰艇兵力编成优选 | 125 |
| 5.3.5 | 防空舰艇配置转换 | 130 |
| 5.3.6 | 编队可靠航线规划 | 131 |
| 5.3.7 | 应用实例 | 132 |
| | 参考文献 | 137 |
| 第6章 | 编队防空作战威胁估计 | 139 |
| 6.1 | 问题描述 | 139 |
| 6.2 | 编队空中威胁的直觉模糊感知 | 141 |
| 6.2.1 | 直觉模糊集与感知适应度系数 | 141 |
| 6.2.2 | 基于黄金分割的感知系数 | 143 |
| 6.2.3 | 空中威胁的直觉感知等级 | 144 |

| | | |
|------------|-----------------------------|------------|
| 6.2.4 | 空中威胁的直觉模糊感知 | 146 |
| 6.3 | 编队空中威胁的直觉模糊评估 | 149 |
| 6.4 | 应用实例 | 150 |
| | 参考文献 | 153 |
| 第7章 | 编队协同防空作战任务分配 | 155 |
| 7.1 | 编队协同防空的非合作对策局势 | 155 |
| 7.1.1 | 攻防对抗双方 | 156 |
| 7.1.2 | 攻防对抗进程 | 156 |
| 7.1.3 | 战场情报信息 | 157 |
| 7.1.4 | 攻防双方赢得 | 158 |
| 7.1.5 | 攻防对抗策略 | 160 |
| 7.2 | 基于纳什均衡策略的编队协同防空任务分配 | 163 |
| 7.2.1 | 编队任务分配纳什均衡策略 | 164 |
| 7.2.2 | 复杂性分析 | 165 |
| 7.3 | 纳什均衡策略下编队协同防空任务分配求解 | 167 |
| 7.3.1 | 基于快速迭代的求解方法 | 167 |
| 7.3.2 | 有效性分析 | 169 |
| 7.4 | 应用实例 | 176 |
| | 参考文献 | 178 |
| 第8章 | 编队协同防空作战兵力调度规划 | 179 |
| 8.1 | 兵力调度问题描述 | 179 |
| 8.1.1 | 兵力调度问题分类 | 179 |
| 8.1.2 | 兵力调度概念模型 | 181 |
| 8.1.3 | 兵力调度计划系统 | 184 |
| 8.2 | 舰艇兵力调度规划模型 | 187 |
| 8.3 | 舰艇兵力调度规划算法 | 190 |
| 8.3.1 | 算法基础 | 190 |
| 8.3.2 | 兵力调度算法设计 | 193 |
| 8.3.3 | 兵力调度算法描述 | 195 |
| 8.4 | 应用实例 | 197 |
| 8.4.1 | 不同初始配置下的兵力调度规划 | 200 |

| | |
|----------------------------------|------------|
| 8.4.2 考虑作战协同的兵力调度规划 | 201 |
| 参考文献 | 203 |
| 第9章 编队协同防空作战兵力动态再调度 | 205 |
| 9.1 舰艇兵力动态再调度机制 | 205 |
| 9.2 舰艇兵力动态再调度模型 | 206 |
| 9.3 舰艇兵力动态再调度算法 | 208 |
| 9.3.1 兵力再调度算法设计 | 208 |
| 9.3.2 兵力再调度算法描述 | 210 |
| 9.4 应用实例 | 212 |
| 参考文献 | 214 |
| 第10章 进一步研究的问题 | 215 |
| 10.1 舰艇编队协同防空武器组织 | 216 |
| 10.2 作战任务规划的多模态人机交互需求 | 219 |
| 10.3 智能任务规划 | 221 |
| 参考文献 | 223 |
| 附录1 | 224 |
| 附录2 | 227 |
| 附录3 | 228 |

第 1 章 概 述

1.1 舰艇编队协同防空概述

1.1.1 舰艇编队

舰艇编队是一个国家为了在一定的海洋区域遂行任务而组织的包括两艘以上水面舰艇或两个以上水面舰艇战术群的兵力编组。舰艇编队可分为建制舰艇编队和临时舰艇编队。建制舰艇编队通常由同类型的舰艇组成,临时舰艇编队可根据任务由不同建制和不同类型的舰艇组成。舰艇编队通常是围绕核心任务单元(如大型海上运输编队中的综合补给舰船、大型两栖攻击编队中的船坞登陆舰或指挥舰、航母编队中的航空母舰等),按队形配置若干艘巡洋舰、驱逐舰、护卫舰、攻击型潜艇、大型综合补给船等,以满足编队对空、对海、对潜等作战任务的需要。广义上,舰艇编队可以是编号舰队、特混舰队,也可以是驱护舰编队等多种编队形式。如美国海军的太平洋舰队中的第三舰队和第七舰队、大西洋舰队中的第二舰队和第六舰队,俄罗斯的北海舰队、太平洋舰队、波罗的海舰队、黑海舰队,日本海上自卫队的“八八”舰队、“九十”舰队等,图 1.1 所示的是单航空母舰编队。现代海战条件下,组成舰艇编队的意义主要在于,以单舰作战能力为基础,形成编队内各舰艇作战能力互补,借助岸基指挥控制中心的支持和空中兵力的支援掩护,形成更强有力的攻防体系,在较大范围内夺取与保持制空权和制海权。

1.1.2 编队协同防空

1.1.2.1 作战协同

作战协同,就是为形成整体作战能力,将各种作战力量按照统一的协同计划,在行动上进行协调配合。从本质上看,作战协同就是作战体



图 1.1 美国海军第七舰队航空母舰战斗群

系高度集成,通过信息网络,使原本各自独立的分系统集成成为一个功能更强的系统,将实时感知、高效指控、精确打击、快速机动、全维防护、综合保障集成为一体,实现互联、互通、互操作,打破各作战平台之间、各武器系统之间的界限,使信息的流通和使用范围扩大,速度加快。作战协同是综合集成信息基础支撑能力、要素能力和任务能力的主要方式,是基于信息系统体系作战能力建设的具体实践。作战协同,按作战分类可分为战略协同、战役协同和战术协同;按参战军种及其相互关系可分为合同作战协同和联合作战协同;按作战性质可分为进攻作战协同和防御作战协同;按作战空间可分为陆上作战协同、海上作战协同和空中作战协同。

1.1.2.2 编队协同防空

如图 1.2 所示,舰艇编队协同防空属于合同或联合作战下的海上战术防御协同,是以编队作战指挥信息系统为基础支撑,实现各作战单元、武器系统、信息系统之间的资源共享和高度融合,在此基础上综合运用各种作战力量和作战手段,来阻滞和消除敌方空中威胁的一种海上作战方式。高技术信息化条件下的协同防空作战,就是将不同性能、不同类型的防空武器和相应的情报搜集、情报处理与辅助决策、通信、电子战等装备组成系统,与空袭系统之间进行体系与体系的对抗,是舰艇编队指挥员在武器装备所及范围内,合理调用各种对抗设备和武器,

高效拦截空中威胁目标,保证自身安全的战斗过程,是决定编队生存和保持作战能力的重要手段和途径。

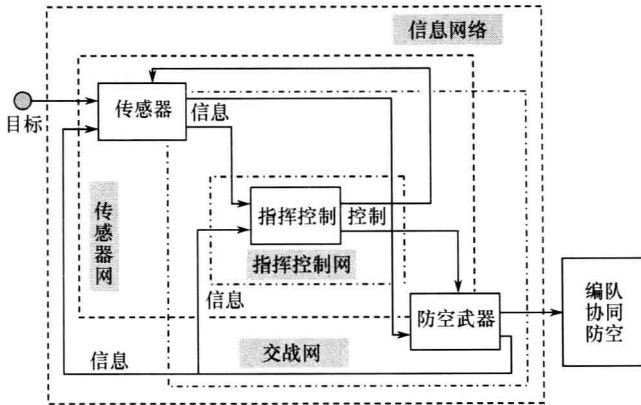


图 1.2 舰艇编队协同防空

从近几十年来的几场局部战争看,空中打击是现代作战的典型样式。舰艇编队作为海上作战行动中的主要突击兵力,必将成为敌方航空兵和反舰导弹打击的重点。而已方空中兵力的支援和掩护并不能完全缓解敌方反舰导弹远程精确打击和突防能力迅速提高给舰艇编队带来的日益加重的防御负担。这种防御态势上的被动性、防御过程的时效性、防御对象的多样性,必然地要求舰艇编队建立早期预警和情报实时共享,以及高效准确的发现、识别、指挥和拦截机制,有效达成攻防一体的远程打击能力,软硬一体的综合抗击能力,远近一体的分层抗击能力,指控一体的协同抗击能力和多维一体的整体抗击能力。

1.1.2.3 编队协同防空体系

在舰艇编队协同防空作战过程中,所有参与防空作战的舰艇兵力,都可以同时共享战场情报信息,构成分布式一体化的探测网、指控网、通信网和火力网,从而大大提高编队系统感知战场态势的能力、快速反应能力和协同作战能力,实现高效防空的目的。舰艇编队中可用于防空的武器主要分为软抗击、硬抗击两类。

软抗击就是使用电子战系统对空袭兵力兵器进行侦察与反侦察、干扰与反干扰、压制与反压制。舰艇编队电子战始于第二次世界大战,

发展于 20 世纪 60 年代,形成于 20 世纪 80 年代,作战效果日益显著。第四次中东战争中,以色列运用加装电子对抗设备的小型舰艇并采用灵活机动的战术,使阿方发射的 50 余枚“冥河”导弹无一命中。相反地,没有电子对抗装备的十余艘阿方导弹艇被以方导弹击沉。1982 年英阿马岛海战中,英国海军吸取“谢菲尔德”号驱逐舰被击沉的教训,在舰艇编队中合理采用电子对抗措施,使得阿根廷的“飞鱼”导弹再没有得逞。

硬抗击就是使用舰空导弹(图 1.3)、火炮武器系统对来袭的飞机和各种平台发射的反舰导弹进行火力抗击,直接地杀伤、摧毁敌方空袭兵力兵器。为了防御不同类型、不同特性、不同空域的威胁目标,硬抗击一般由三四个层次的武器系统构成,远中近协调,高中低互补,如图 1.4 所示。在高新技术信息化条件下的防空作战中,舰艇编队只有有效协调兵力行动,将软硬武器紧密结合,取长补短,才能发挥整体作战威力,形成有效对抗空袭体系的能力。舰艇编队协同防空作战体系,既是整体作战思想在舰艇编防空作战中的体现,也是基于信息系统体系作战能力建设的重要内容。



图 1.3 舰载“巴拉克”防空导弹系统

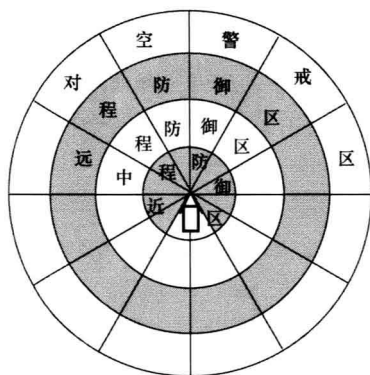


图 1.4 舰艇编队协同防空作战体系

1.2 作战任务规划概述

1.2.1 作战任务规划

作战任务规划 (Mission Planning, MP) 是指为完成指定任务而制定比较全面的行动计划。典型的作战任务规划包括了态势分析、威胁估计、任务分配、兵力调度等内容,并在以协调控制为中心的支配作用下,实现对作战计划,包括作战资源分配、任务分配、战术决策和航线规划等要素的战前筹划与战时重规划。

作战任务规划的基本过程如图 1.5 所示。要完成作战任务规划,需要了解 and 掌握多方面的信息,如目标的正确位置和特征,敌方的平台类型属性,作战海区的地理和水文气象条件,敌对双方武器的战术技术性能,敌对双方的战术战法 and 指挥作战人员的训练水平、状态等。以往这些都是由参谋人员利用纸、笔和尺等工具,花费很多时间来描述并据以制定作战计划的。现代基于计算机技术的任务规划,能够利用计算机快速处理信息的能力,汇集作战需要的各种情报,进行大规模分析,并将数据和分析结果存储在磁盘组件内,指挥员可以利用计算机终端快速制定和修正作战计划。

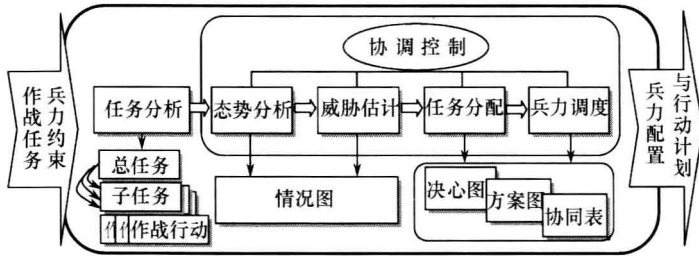


图 1.5 作战任务规划的基本过程

1.2.2 任务规划系统

海湾战争中首次广泛使用了任务规划系统(Mission Planning System, MPS)。美国战术空军司令部在报告中指出,在海湾战争中,美国空军由于使用了任务支援系统(Mission Support System, MSS),使精确制导武器在首战中的命中率倍增。美国海军利用任务规划系统,制定了战斧巡航导弹与有人驾驶飞机协同作战的精确作战计划,从而使沙漠风暴行动中的空地一体战取得巨大成功。

任务规划系统主要由软件系统和硬件配置两大部分组成。软件系统又可分为系统软件和应用软件两大部分,主要由输入输出、数据库、人机交互界面、规划结果检验等组成。硬件配置主要有工作站、计算机、输入输出设备、任务演示系统等组成。任务规划系统的组成因其种类不同而不同,总的说来并无明确的界限。例如,利用数字存储装置传输任务规划数据的机载电子设备,稍加改装就可以作为指挥控制装置使用。美国研制的任务规划系统可分为三代,第一代老式任务规划系统,是为特定的战斗机作战研制的。20世纪80年代后开始研制并在海湾战争中使用的是第二代任务规划系统,20世纪90年代以后开发的为第三代任务规划系统。随着计算机运算速度和性能价格比的提高,使研制任务规划系统的成本得到降低且性能日趋完善,任务规划系统也逐渐由战役级发展到战术级。

美国空军战斗规划部的先进任务规划系统(APS)是一个典型的战役级任务规划系统,具有气象分析、电子战、威胁估计、航线规划等模块,并备有各种评估工具。APS的特点是几个规划员可同时制定一个