



世界军事前沿问题研究

# 美军2030年无人系统 一体化指挥控制体系结构

沈松 齐倩 沈斌 编译



辽宁大学出版社

世界军事前沿问题研究

# 美军 2030 年无人系统 一体化指挥控制体系结构

沈松 齐倩 沈斌 编译

辽宁大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

世界军事前沿问题研究 / 耿卫, 马增军, 李健主编.

——沈阳: 辽宁大学出版社, 2013.5

ISBN 978-7-5610-7290-5

I. ①世… II. ①耿… ②马… ③李… III. ①军事 - 研究 - 世界 IV. ①E1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 115322 号

---

出 版 者: 辽宁大学出版社有限责任公司

(地址: 沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮政编码: 110036)

印 刷 者: 锦州兴达印务广告有限责任公司

发 行 者: 辽宁大学出版社有限责任公司

幅面尺寸: 787mm × 1092mm

印 张: 18

字 数: 245 千字

出版时间: 2013 年 7 月第 1 版

印刷时间: 2013 年 7 月第 1 次印刷

责任编辑: 马增军

封面设计: 丁金秋

---

书 号: ISBN 978-7-5610-7290-5

定 价: 101.00 元

联系电话: 024 - 86864613

邮购热线: 024 - 86830665

网 址: <http://www.lnupshop.com> 电子邮件: [lnupress@vip.163.com](mailto:lnupress@vip.163.com)

## 世界军事前沿问题研究系列丛书

总 策 划：卜海兵 于代军 郭慧志

丛 书 主 编：耿 卫 马增军 李 健

丛书副主编：范虎巍 孟凡松 沈 松 孙云祥

王兆勇 唐德合 张丛凯

编委会委员：（按姓氏笔画排序）

王京英 王 凯 王险峰 王 昌

尤江东 田红梅 孙德建 孙德强

李叶霞 寻丽彬 张世英 李随意

孙振武 齐 倩 陈大武 吴 华

沈 斌 果 青 周湘蓉 闻年喜

赵建新 郭建星 贾晓斌 夏绍模

徐宇茹 蔡彤霞 裴凌波

审 定：汤 奇 刘春林 温柏华 耿 卫

## 《世界军事前沿问题研究丛书》总序

故曰：知己知彼，百战不贻；不知彼而知己，一胜一负；不知彼不知己，每战必贻。为帮助广大防务研究者全面了解世界军事现状及前沿发展趋势，我们特精选了国外一批具有较高研究水平和参考价值的防务报告及学术论文，由解放军信息工程大学耿卫研究馆员、马增军副研究馆员及知远战略与防务研究所所长李健担任主编，并由军内和知远战略与防务研究所内具有较高外语水平和军事素养的青年专家和学者组成编委进行编译、整理，汇编成《世界军事前沿问题研究丛书》。

此丛书涉及世界上主要军事强国军队的计划规划、报告文件、战略思想、作战思想、军事技术、编制体制、装备研制等领域。由于在一些外军报告及学术论文中也反映了东西方不同的文化背景、价值观念、逻辑思维，并存在一些敌视我国的言论，我们在编译过程中尽可能保持原样翻译，一是为尊重报告及学术论文的完整性，二是可让中国读者批判性地阅读外军作者的真实观点。对此，读者不必在意原作者的观点，重在借鉴外军的建设经验与战略思维，为我所用。

《世界军事前沿问题研究丛书》在筹划与编译过程中得到了军内外一些专家学者的帮助与指导,在此我们献上诚挚的谢意。

2013 年 6 月 10 日

## 特别说明

本书译自 2010 年 6 月由美国海军研究生院系统工程分析学硕士研究生组成的综合项目组所完成的研究报告。该小组成员包括美国海军中校基思·昆西、美国海军少校布雷德利·汤普森、美国海军少校迈克尔·莫兰、美国海军少校德鲁·尼尔森、美国海军少校贾马尔·约翰逊等,以及部分新加坡留学人员。

# 摘 要

美军需要一种一体化的指挥控制体系结构,从而动态综合载人系统与无人系统的行动。自主性能的水平关联到:1)与报告载具的信任程度,以及2)观察的多重视角。

阐明 2030 年部队防护体系结构问题的意图是基于高价值单位防御的多阶段分析模式。研究表明,需要用自主无人机来击溃高速来袭导弹。

为了评估一体化战斗体系结构所需的自主性能水平,建立了几何分布模型,在发现-打击时间线驱动的理想基础上确定兵力配置。离散事件仿真用于计划行动时间表,通信的数据链预算评估用于确定一体化战斗体系结构中的关键故障路径。

一体化战斗体系结构中所使用的指挥和控制原则是建立博伊德的 OODA 循环(观察、调整、决策和行动)基础上。在考虑到重叠覆盖范围和雷达探测距离不确定的情况下,对机队规模进行了保守估计,如果无人机的探测距离是 20 千米、雷达重叠覆盖范围的时间是 4 秒,那么预计的机队规模是 35 架。

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 执行摘要 .....                | 1  |
| 1.0. 绪论 .....             | 8  |
| 1.1 项目背景 .....            | 8  |
| 1.2. 未来的利益相关方 .....       | 9  |
| 1.3. 项目分工 .....           | 9  |
| 1.4. 研究范围 .....           | 10 |
| 1.5. 系统工程流程 .....         | 14 |
| 1.6. 项目组编成、任务和职责 .....    | 18 |
| 2.0. 行动构想 .....           | 24 |
| 2.1. 项目描述 .....           | 24 |
| 2.2. 背景 .....             | 24 |
| 2.3. 发展趋势和假定 .....        | 25 |
| 2.4. 构想系统概述 .....         | 29 |
| 2.5. 词汇表 .....            | 30 |
| 2.6. 参考文献 .....           | 30 |
| 2.7. 新系统的目的、目标和逻辑依据 ..... | 30 |
| 2.8. 高水平功能需求 .....        | 32 |
| 2.9. 应考虑的影响因素 .....       | 33 |

## 2 目 录

---

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 2.10. 利益相关方分析 .....              | 34  |
| 2.11. 设计要素 .....                 | 37  |
| 3.0. 系统分析 .....                  | 43  |
| 3.1. 指挥和控制概念 .....               | 43  |
| 3.2. 无人系统概述 .....                | 44  |
| 3.3. 无人系统的自主水平 .....             | 50  |
| 3.4. 人在回路分析 .....                | 57  |
| 3.5. 指挥控制体系结构的信息保障注意事项 .....     | 66  |
| 3.6. 无人系统工程能力评估:2030 年的工程学 ..... | 71  |
| 3.7. 法律注意事项 .....                | 86  |
| 4.0. 系统分析 .....                  | 90  |
| 4.1. 功能体系结构 .....                | 90  |
| 4.2. 指挥控制体系结构 .....              | 131 |
| 5.0. 效率分析/编队规模 .....             | 153 |
| 5.1. 目标和途径 .....                 | 153 |
| 5.2. 作战想定:航母战斗群的防御 .....         | 154 |
| 5.3. 部署概念 .....                  | 156 |
| 5.4. 有效性测量和执行度测量 .....           | 157 |
| 5.5. 雷达注意事项 .....                | 158 |
| 5.6. 关键的假定 .....                 | 161 |
| 5.7. 分析方法和结果 .....               | 161 |
| 5.8. 通信和网络分析 .....               | 170 |
| 5.9. 距离评估:地对空通信链路的链接预算 .....     | 173 |
| 6.0. 结果 .....                    | 176 |
| 6.1. 研究小结 .....                  | 176 |
| 6.2. 建议 .....                    | 177 |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 6.3. 未来的研究领域 .....                    | 178 |
| 7.0. 词汇表、首字母缩略词和缩略语 .....             | 179 |
| 7.1. 词汇表 .....                        | 179 |
| 7.2. 首字母缩略词 .....                     | 182 |
| 附录 A 海军远征战斗司令部研究 .....                | 196 |
| A.1. 海军远征战斗司令部概述 .....                | 196 |
| A.2. 部队能力范围分析 .....                   | 197 |
| A.3. 对选定的当代 NECC 能力分析 .....           | 198 |
| A.4. NECC2030 年对联合无人系统体系结构的可能应用 ..... | 210 |
| A.5. 作战想定 .....                       | 212 |
| 附录 B 无人系统研究 .....                     | 220 |
| B.1. 无人系统的军用使用历史 .....                | 220 |
| B.2. 无人机 .....                        | 222 |
| B.3. 无人水面航行器 .....                    | 256 |
| B.4. 无人水下航行器 .....                    | 260 |
| B.5. 无人地面车辆 .....                     | 263 |
| B.6. 无人外太空航行器 .....                   | 274 |

# 执行摘要

## 导言

美国军队将需要一种到 2030 年能够达成有人与无人系统协调行动的指挥控制体系结构。选择 2030 年作为本项目的研究范围是因为,我们体系结构的技术要求将会在超过我们当前能力的一到两个设计周期实现。当现有的指挥控制结构无法满足对大量有人和无人系统的作战要求时,就会需要有一种能够满足这种需求的新指挥控制体系结构。本项目的目的就是根本作战需求来开发一种新的体系结构概念。我们曾开发了一种确认功能和作战方面的体系结构概念,这是实现 2030 年一体化无人与有人概念化体系结构所必需的。

## 我们的方法

系统工程方法就是:

- 根据执行任务的时间来区分有人与无人系统的任务陈述。
- 开发行动构想与关键的作战想定。
- 执行结果分析。
- 确定关键的设计驱动力/需求。
- 确认能力差距。
- 提出关键的技术重点领域。
- 提出实现概念化体系结构的未来研究内容。

选择部队防护和侦察这两项任务是因为,它们都是部队日常行动中常见的任务。专注于这两项任务有助于开发功能、作战活动、作战节点和信息交换,这是开发指挥控制体系结构概念所必需的。

高价值单位(HVU)保护是各级军种部队指挥官的一项重要职能。在 2030 年,HVU 保护难度会更大,这是因为敌对能力取得了进步。在本想定中,对利用无人机的优势进行了建模,以扩展高能力反舰巡航导弹(ASCM)的探测距离。我们假设在 2030 年,这种 ASCM 威胁将能够达到 4 马赫以上的速度,并且雷达截面和飞行轮廓会更小。

该模型描述了使用无人系统所提供的更大探测圈来保护航母战斗群(CVBG)。此外,该模型也可用于其他联合情况,其中包括保护陆基资产。

### 项目编成

矩阵组织型表格可用于协调所有组员的工作,这些组员都是综合项目组的成员,并据其专业知识进行了专业分工。这些小组对项目分工和研究范围进行了分析,主要取得三项研究成果:

- 形成一致的无人载具构想。
- 开发出联合系统载具构想。
- 设计出一种指挥控制体系结构。

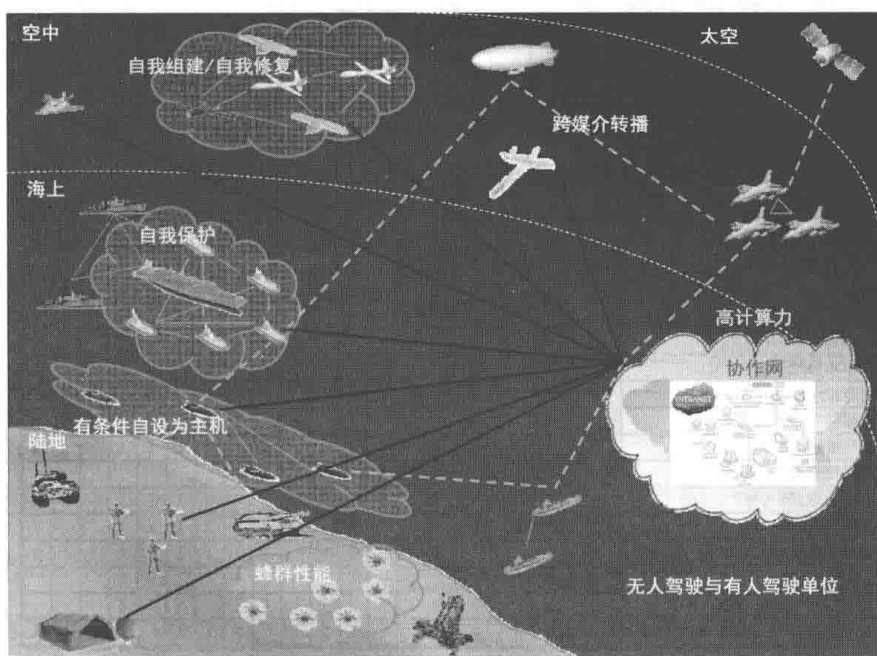
接下来确定了本项的系统工程流程模型的范围,目的是计划和安排完成项目。该流程模型由四个阶段构成:项目定义、系统分析、初步设计和系统功效设计。

### 行动构想

制定行动构想是为了界定并聚焦本项目的体系结构概念。如下面所示的“设想的系统概述”,展示了在战斗空间内传输信息所需的数据共享精密协作。有人系统和无人系统将会在一个单一的体系结构内的动作,该体系结构可以让系统内的任何节点利用所有节点的共同知识来执行任务。具有

通用接口的开放式体系结构可以让联盟部队或政府机构完全与美军实现一体化。

美军将越来越多地将无人系统用作为兵力倍增器。随着无人系统在战斗空间越来越有效以及越发占主导地位,人工的参与将逐步减少。无人系统将可以提供更多的机会来减少人在危险环境中的存在。由于无人系统的增多,这就需要有一种协作性网络来管理这些资产。该体系结构内的通用接口将能够达成有人与无人系统间的系统互操作性。



## 结果分析

开展高级风险评估或结果分析应着眼于建立此体系结构的过程中可能会出现行动失败结果。

- 因信息过载造成的态势感知能力降低。
- 被动执行无人系统管理。
- 不成熟的技术发展造成无法整合系统。
- 美国落后于技术竞争对手。

## 利益相关方分析

这个项目主要有两类利益相关方：获益的组织和受影响的组织。获益的组织是指对此项目已经提出实际利益或为此提供输入信息的那些团体。受影响的组织是指已经在此项目中获益但是会受到此项目结果主要影响的那些团体。在下面的表中，方格中的“X”是指该组织在此类功能、此类能力或两者中拥有利益。我们首要的赞助者 N8F 在采购功能中具有优先权。海军远征战斗司令部在通信、情报监视和侦察以及部队防护这些类能力中有优先权。

| 利益相关方<br>在项目中的利益    |   |   | 功能 |    |    |     | 能力 |        |    |      |     |    |     |    |   |
|---------------------|---|---|----|----|----|-----|----|--------|----|------|-----|----|-----|----|---|
|                     |   |   | 采办 | 管理 | 后勤 | 运行商 | 通信 | 情报监视侦察 | 打击 | 部队防护 | 电子战 | 海战 | 地面战 | 空战 |   |
|                     |   |   |    |    |    |     |    |        |    |      |     |    |     |    |   |
| 获益组织                |   |   |    |    |    |     |    |        |    |      |     |    |     |    |   |
| 海军远征战斗司令部           |   |   |    | X  |    | X   | X  | X      |    | X    | X   | X  | X   |    | X |
| 纽波特海军水下战斗中心         | M | M |    | X  | X  | X   | X  | X      |    | X    | X   | X  |     | X  |   |
| 无人水面航行器（PMS - 403）  | M |   |    | X  | X  | X   |    | X      | X  |      | X   | X  | X   |    | X |
| 海军海洋学MIW中心          | M | M |    | X  |    | X   | X  | X      |    | X    |     | X  |     |    |   |
| 海军水面战中心             | M | M |    | X  | X  | X   | X  | X      | X  | X    | X   | X  |     | X  | X |
| 濒海和水雷战（PMS - 420）   | M |   |    | X  | X  | X   |    | X      | X  | X    | X   | X  |     | X  | X |
| 海军研究办公室             | L | L |    | X  |    |     |    | X      | X  | X    | X   | X  | X   | X  | X |
| 喷气推进实验室             | L | M |    | X  |    |     |    | X      |    | X    | X   | X  | X   |    | X |
| 海军作战部N - 8F         | L | M |    | X  | X  |     |    |        |    |      |     |    |     |    |   |
| 海军作战部N - 857        | M | M |    | X  | X  | X   |    | X      | X  | X    | X   | X  | X   |    | X |
| 海军作战部N2/N6          | L | M |    | X  | X  |     |    | X      | X  | X    | X   | X  | X   |    | X |
| 海军研究生院              | M | M |    | X  |    |     |    | X      | X  | X    | X   | X  | X   | X  | X |
| UUV高级开发             | L |   |    | X  |    |     |    | X      | X  | X    | X   | X  |     |    |   |
| 项目执行官LMW（PMS - 495） | M | M |    | X  | X  | X   |    | X      | X  |      | X   | X  | X   |    |   |
| 项目执行官（U&W），海上航空     | L | M |    | X  | X  | X   |    | X      | X  | X    | X   | X  | X   | X  | X |

指挥和控制

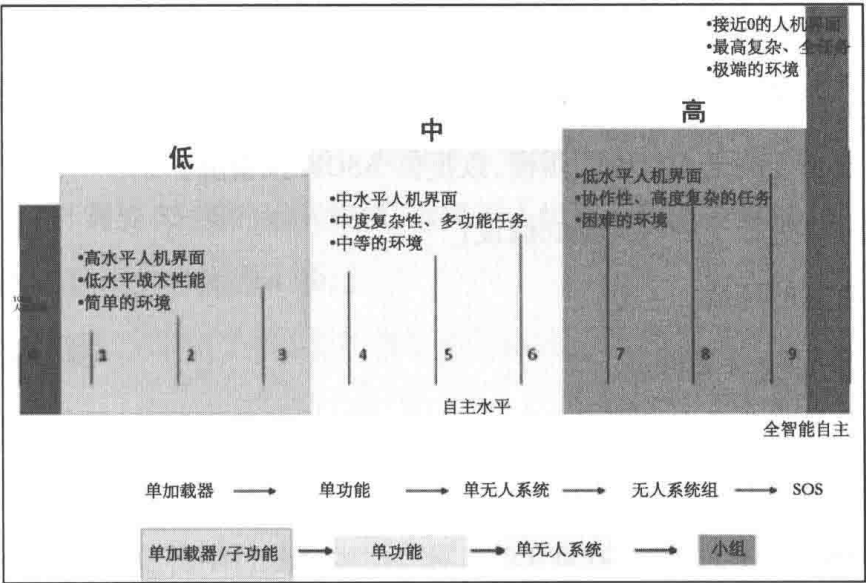
指挥控制体系结构能达成知识共享并执行扩大的博伊德 OODA 循环。指挥和控制功能分解用于：(1) 确定无人系统所需的基本功能；(2) 广泛评估无人系统的任务领域。

自主和人在回路

对自主水平进行评估是为了确定了无人系统任务空间的三个特点：人的独立性(HI)、任务复杂性(MC)和环境的复杂性(EC)。SEA - 16 采取了国家标准与技术研究所的无人系统自主水平(ALFUS)。在下面的图中，在

模拟阶段采用了三种自主水平的简化模型(低、中和高)。每个阶段都由人的独立性(HI)、任务复杂性(MC)和环境的复杂性(EC)等进行界定。

此外,对“人在回路”进行评估是为了确定任务领域范畴内人机的作用。此评估可以了解人与机器的优势与劣势。



工程评估

进行商业化研究可以探索对无人系统最有利的方面。被评估的因素包括:热机循环效率、高级燃料和燃料电池/电池电力系统。我们认为,当前可持续和排放有利资源的效率发展趋势将会是未来部队结构的经济与技术驱动力。无人系统能力的工程评估为多个阶段的建模提供了关键输入信息,在此未来技术的应用展示了更长久的无人系统抵达阵位时间。

功能体系结构

体系结构的用途就是阐述如何把全部领域中的无人与有人载具纳入协作性知识共享环境,以便达成战斗空间内所有战争工具的统一行动。功能体系结构包括一个由系统、功能流结构图以及显示功能输入输出的图表等执行的层次化功能模型。该体系结构包括无人系统、指挥控制节点、有人作

战部队和外部系统间的接口。本概念的特有方面就是该体系结构,既专注于无人载具,也考虑到了通过协作性网络整合有人载具。信息交换的原则就是通过协作网络,也就是整个部队传输数据融合的网络。

### 建模

我们将该体系结构概念运用于某个无人载具可能作战应用。我们的模型描述了部署无人载具为航母战斗群提供对 ASCM 的早期探测。这种分析始于确定必要的无人机编队规模,以提供 ASCM 预警屏护。

此分析进行了一些关键的假设:

- 有利的环境。

海况在 0~3 之间。

没有敌干扰或电子战对抗。

没有无人机与无人机的交火。

- ASCM 的雷达截面在 0.1 至 1 米<sup>2</sup>。

- ASCM 的速度达到 4 马赫以上。

- 发现概率假设为 1。

- 对发现的 ASCM 能够持续跟踪处理。

- 发现到开火的时间持续 10 秒。

- 无人机最大巡航时间约为 45 小时。

• 无人机故障的修理时间是根据 4 至 8 小时的三角分布,模式为 5 小时。

• 任务完成后的保养时间是根据 0.8 至 2 小时的三角分布,模式为 1 小时。

• 无人机在遇到灾难性故障之前的累积飞行总时间假定为平均 200 小时的正太分布和 60.79 的标准偏差。。

- 无人机的平均故障间隔时间是 200 小时。