



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

低空安防

第1章

CONTENTS



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

01 低空安防概述

02 低空安防内涵

03 低空安防研究意义

04 低空安防研究进展



PART 01

| 低空安防概述

临地安防概述



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

随着科技的发展，在**低空空域**、**近海水域**等多个领域相继涌现出新的安全防卫问题。

01

低空空域安全需求与日俱增

无人机及低空飞行器的广泛应用，给低空安防带来了前所未有的压力。

在这样的背景和各种问题因素的驱使下，**临地安防** (Vicinag earth Security, VS) 应运而生。

02

低空空域政策逐步开放

我国低空空域政策的逐步开放，使低空飞行活动及低空经济业态层出不穷，这也进一步加剧了低空安防的复杂性，相应的安全防卫需求与日俱增。

03

近海、界湖等领水安全问题愈发凸显

在岛屿领土问题和海洋划界争端尚未解决的情况下，个别域外国家频繁对我国的领海及周边岛礁的邻近海空域进行多次抵近侦察和非法闯入，对我国国家安全构成威胁。

04

监视与防卫体系存在不足

我国在领水，特别是近海水域的监视与防卫体系存在明显的不足，这在一定程度上影响了我国的国家安全。

I 临地安防概述



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

临地安防是指面向临地空间内防卫、防护、生产、安全、救援等需求的多元化、跨域化、立体化、协同化、智能化技术体系，具体应用场景包括低空安防、水下安防，以及跨域安防等。

与传统临近空间或近地空间不同，**临地空间**是指从海平面以下 1000 米（大致对应于阳光穿透水深的极限，同时考虑南海的平均水深）到海平面以上 10000 米（即民航航线所及的一般高度）的水域、地面及空域。其中，海平面以下 100 米（大致相当于大陆架的平均水深）到地面以上 1000 米（即低空空域开放的一般高度）的区间，构成了**临地空间的核心区域**（如图1.1所示）。这一核心区域基本覆盖人类的主要生产生活空间，以及现代战争中的低空、超低空和水下作战空间。

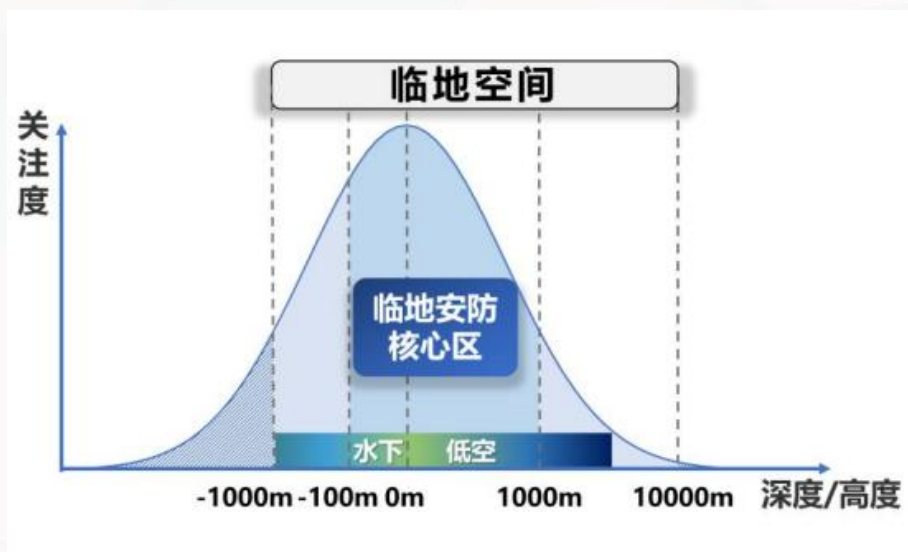


图1.1 临地安防空间范畴



I 临地安防概述

从应用场景来看（如图1.2所示），临地安防技术体系下的低空安防、水下安防、跨域安防覆盖面十分广泛，面临的任务形态更加多元化、跨域化、立体化、协同化、智能化。

为应对上述临地安防场景下的问题和挑战，保证低空安防、水下安防，以及跨域安防场景中具体任务的开展，可围绕信容与正向激励噪声科学问题，从数据获取、信息交互、集成应用3个方面开展研究。



图1.2 临地安防技术体系

I 低空安防源起



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

无人机前沿技术迅猛发展

随着自动化、计算机、通信、传感器，以及人工智能等领域的快速发展与高度集成，以小型化、智能化为特点的无人机及低空飞行器技术迅猛发展并且日益成熟，进而推动了无人机应用向商用化的方向迈进。

无人集群深刻改变着现代战争样式

无人机对现代战争的介入程度已经发生了质的飞跃，无论是深度还是广度都达到了前所未有的水平。无处不在的无人机不仅加速了战争态势的演变，也重塑了现代战争的规模与样式。

国家安全与低空经济的重大发展需求

对低空空域的安全挑战，我们必须因势而谋，增强危机意识，未雨绸缪，做好充分的预防和准备；应势而动，积极适应国际竞争新格局、国家安全新需求和现代战争新形态，不断提升低空安全防卫能力；顺势而为，构建跨域统筹、均衡稳定的新时代国家防卫战略体系。

| 低空安防内涵

PART
02



I 基本概念

➤ 低空空域

真高 1000 米（含）以下的空间范围，其进一步细分为管制空域、监视空域和报告空域三类。

➤ 安防

可以理解为“安全防范”或者“安全防卫”的缩略词。

➤ 低空安防

面向低空空域内防护、安全、救援等各种需求的多元化、跨域化、立体化、协同化、智能化技术体系。

➤ 无人集群

由一定数量的同类或异构无人系统/装备、控制系统和人机界面组成，利用信息交互、反馈、激励和响应，实现多无人机之间的协同行为，能够与其他个体，以及周围环境交互作用的若干个体集合，适应动态环境，共同完成特定任务的自组织、高稳定的智能联合分布式系统。

➤ 无人集群反制

为保护重要人物、重要区域，以及重要空域，对非法入侵的无人集群进行控制或打击的技术。

➤ 态势感知

对特定环境或情境中的各种信息进行实时、全面、准确的收集、分析和理解，以便获取对当前状况的深入洞察和综合认识的能力，这些信息包括实时数据、历史数据、传感器数据、社交媒体信息等。

➤ 效能评估

对某个系统、项目、组织或流程的执行情况进行系统性、客观性的分析和评估，以确定其实现目标和预期结果的程度。

侦测多元化与反制智能化

- 面向低空无人机集群的态势感知与推演是低空安防的重要前提，而**目标侦测则是态势感知的必要基础**，涉及利用各种传感器和技术手段，准确、高效地探测低空区域内的目标物体。随着科技的发展，新兴的目标侦测手段则更加注重高精度、自动化和智能化。
- **多模态信息融合**则是将不同传感器获得的多种类型信息进行集成、分析和处理，提取全方面、多层次的目标特征，辅助对目标的精细描述和准确识别。
- 面向低空无人机集群的综合反制是低空安防的重要目的。在反制过程中，需要考虑反制目标和反制手段的多样性，**采取多元化样式进行跨域协同反制**。
- 面向低空无人机集群的**反制效能评估也是低空安防的关键环节**，其意义在于确保反制系统的准确性、响应速度和可靠性，以应对多样化、复杂化的低空无人机集群威胁，从而维护低空安全。

I 低空安防特点



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

02

应用领域广泛

目前，低空安防技术在多个领域都具有重要的应用价值。**在军事应用领域**，低空无人机集群可用于侦察、监视甚至攻击；**在公共安全领域**，低空无人机集群可被用于非法监听、窥探或攻击；**在民用领域**，低空无人机集群可对航空安全、大型活动、政府机构和商业设施构成潜在威胁。

03

多重法律规范与道德约束

在低空安防领域，法律和道德问题涉及隐私、数据安全、人身安全等多个方面。典型问题有**个人隐私问题**、**数据安全问题**、**人身安全问题**和**责任和赔偿问题**。





PART 03

| 低空安防研究意义



低空安防研究意义

低空经济

要确保无人机集群技术在低空空域的安全和有效运用。这不仅是**低空安防研究的重要任务**，也是推动**低空经济持续健康发展的必然要求**。

面向国家应急管理的重大需求，低空安防技术能够在**极端灾害监测预警**、**自主智能搜寻救援**等任务中发挥关键作用。同时，有望为人类提供**全天候、实时的极端灾害预警**，以及**生存环境监测**。

应急管理

公共安全

安全始终是**最高的经济性原则**，严格遵守行业标准，提高无人机管控水平和民航低空净空能力，确保**国家低空空域安全是第一要务**。

确保低空安全是一项意义深远的重要任务，其不仅关乎**国家安全和人民生命财产**的保障，还与**国家经济的持续繁荣、边境的稳定安全**，以及**社会的和谐发展**紧密相连。

军事国防



| 低空安防研究进展

PART
04



I 低空安防民用现状

近年来，随着无人机技术及通信技术的迅速发展，大量无人机在低空区域活动，因此产生了一系列问题。当前，低空无人机的主要威胁目标为：**政府要地、重大基础设施**（机场、水库、油库、电厂等）、**人员密集场所**（大型集会、重大赛事、旅游景区等），相关事故也时有发生。

总体而言，针对低空无人机反制，当前有众多公司开展了产品研究和服务，有效地补充了当前无人机管制的反制手段。无人机的快速发展和广泛应用，已经对维护**低空飞行秩序、保障城市建设和推动国民经济正常发展**带来了巨大的挑战。世界各国都在加紧发展无人机防控装备和技术，并在**预警探测和处置拦截领域**取得了丰硕的成果。

| 低空安防军用现状



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

随着科技的进步和军事威胁的多样化，低空安防已经成为当今军事战略中不可或缺的一环。特别是在军事管理区域的安全维护方面，低空无人反制系统的应用显得尤为重要。军事基地、试验场地，以及军事管理区等地的安全需要得到持续的有效保障，因此，低空无人反制系统的发展和应用被广泛关注和重视。

无人反制系统
的需求

国家角度需求

典型系统



低空安防技术进展



随着无人机技术的持续发展，社会各界对于其合法使用和潜在风险的担忧也在不断加剧。针对这一现状，**研究人员正积极寻找创新性的安防策略，以维护空域的安全与稳定。**

作为无人机集群协同作战的关键要素，其依赖于各个无人机个体的态势感知，通过**多层次的态势信息交互**，以减轻对抗环境引起的信息不确定性的不利影响，达到对作战任务相关态势的一致认知，实现协同决策。

具体来说，反制无人机集群技术可大致分为以下 7 类：**探测识别类、传统防空手段、新型弹药技术、电子器件毁伤、辐射毁伤、电磁脉冲炸弹、指控链路干扰与欺骗。**

无人机集群反制技术主要依赖人眼观察或监视设备锁定目标，然后利用捕捉网、激光、声波、火力压制、无线电干扰等手段，对目标无人机集群进行捕获、摧毁、控制等操作。目前，无人机集群反制技术在**防范恐怖袭击、保护关键地点和重大活动现场**，以及**维护社会治安秩序**方面发挥着重要作用。

| 本章小结



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

本章主要介绍了低空安防相关的基本概念。概述了以低空空域和近海水域等物理域安全防卫为重点的临地安防、低空安防发展源起、基本内涵，以及技术特点。从低空经济、公共安全、应急管理、军事国防等角度分别分析了低空安防的研究意义，关乎国家安全、社会稳定与经济发展，关乎人民民生和隐私安全。从军用和民用等两个常见应用场景分别简述了低空安防研究现状，同时从技术发展角度简述了低空安防在态势感知与推演、对抗策略和综合反制等方面的研究进展。



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

Thanks

