

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 200331028

U D C_____

厦门大学

硕士学位论文

弹炮结合防空武器系统建模与作战效能评估

Modelling and Operational Effectiveness Evaluation for

Integrated Gun and Missile Anti-aircraft System

罗元霞

指导教师姓名: 林成德 教授

专业名称: 系统工程

论文提交日期: 2006年10月

论文答辩时间: 2006年 月

学位授予日期: 2006年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2006年10月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

- 1、保密()，在 年解密后适用本授权书。
- 2、不保密()

作者签名：

日期： 年 月 日

导师签名：

日期： 年 月 日

摘 要

弹炮结合防空武器系统是随着空袭与反空袭防空作战发展而产生的一种综合防空武器系统，是防空作战武器装备体系的重要组成部分。该系统由中低空地空导弹和小口径高炮两种防空武器按一定的结合方式组合而成，二者组合可以发挥导弹中高空毁伤率高、高炮低空火力猛、抗干扰能力强等优势，能够在防空作战时取得更好的作战效果。

对防空武器系统的发展论证需要采用定性分析与定量分析相结合的科学方法，寻找防空武器系统作战能力的差距，分析影响防空武器系统效能的关键因素，进而研究防空武器装备建设重点和发展方向及作战使用原则。弹炮结合防空武器系统的研究包括很多方面，本文主要研究弹炮结合防空武器系统的作战模型和效能评估技术。

论文分析了弹炮结合防空系统作战模型与效能评估技术的发展现状，发现目前存在的主要问题；讨论了现代防空作战的特点与弹炮结合防空武器系统的发展思路、现状及趋势；在作战模拟通用技术框架的基础上，研究了弹炮结合系统的作战模型；通过对防空作战过程的分解，介绍了防空作战系统作战效能指标体系，讨论了效能评估模型；最后通过对具体的弹炮结合防空武器系统进行作战效能评估，对结果进行关键因素影响分析，探讨了防空武器系统发展重点及方向问题。

关键词：弹炮结合防空武器系统；系统模型；作战效能；效能评估

Abstract

With the development of modern air raid and anti-air raid in warfare, integrated anti-aircrafts gun and missile system, as one of important components of air defence equipment system, has become a comprehensive air defence weapon system. This system is made up of two air-defence weapons: mid-low air space from earth to air missile, and small-diameter gun. And these two weapons are integrated in special way, having the advantages as follows: precise destroy for missile in mid-high air space, strong firepower for gun in low-air and high anti-interference. That is, these two weapons can make better air-defence result.

It is necessary to combine qualitative analysis with quantitative analysis to verify whether the development of air defence weapon system being scientific, so that we can find its combat capability gap, and analysis key factors which affected this air-defence weapon system. Further, we can research major construction projects of equipment, develop principles and operational application principles. Researching on integrated anti-aircrafts gun and missile system includes many aspects, this paper mainly deals with combat system modelling and operational effectiveness evaluation.

This paper analyzes the situation of integrated anti-aircraft gun and missile system combat model, effectiveness evaluation and its main problems. Also, this paper discusses the character of modern air defence combat, the developing direction, current situation and tendency of the integrated anti-aircraft gun and missile system. On the base of war games common technical framework for modelling and simulation, this paper researches the combat system model of the gun and missile integration system. According to decomposing air-defence combat, this paper introduces combat effectiveness quota of air-defence combat system and discusses effectiveness evaluation model. Finally, in accordance with evaluating combat effectiveness of the integrated anti-aircrafts gun with missile system and analyzing key-factors which affects the result, this paper also discusses the development essential-points and developing direction.

Key words: Integrated Gun and Missile air defense weapon System; system model; Operational effectiveness; Effectiveness Evaluation

目 录

第一章 弹炮结合防空武器系统.....	1
1.1 现代空袭和地面防空作战特点.....	1
1.2 弹炮结合系统形成与发展.....	3
1.3 弹炮结合系统的组成与工作流程.....	4
1.4 弹炮结合系统的研究现状.....	6
1.5 存在的问题和解决思路.....	8
1.6 论文结构安排与主要特点.....	9
第二章 弹炮结合系统作战模型分析.....	11
2.1 弹炮结合系统战术模型.....	11
2.2 弹炮结合系统数学模型.....	14
2.3 弹炮结合系统射击指挥模型.....	17
2.4 弹炮结合系统火力分配模型.....	20
2.5 弹炮结合系统的服务概率.....	25
第三章 武器系统作战效能评估研究.....	31
3.1 系统效能与作战效能的基本概念.....	31
3.2 效能评估的基本概念.....	38
3.3 效能评估常用的方法.....	40
3.4 系统效能评估模型.....	44
3.5 WSEIAC 模型建立步骤及要素分析.....	47
第四章 弹炮结合系统作战效能评估.....	49
4.1 弹炮结合系统构成及作战效能指标体系.....	49
4.2 基于 ADC 法的高炮武器系统效能评估模型.....	52
4.3 防空导弹武器系统效能评估模型.....	65
4.4 弹炮结合系统作战效能评估.....	68
第五章 总结.....	74
参考文献.....	76
致 谢.....	78

Contents

Chapter 1 Integrated Gun and Missile air defense weapon System...	1
1.1 Characteristics of modern air raid and defense combat	1
1.2 Formation and Developments of the System.....	3
1.3 Constitute and the workflow of the System.....	4
1.4 The present research condition of the System.....	6
1.5 Main problems and solving thoughts	8
1.6 The structure arrangements and main characteristics	9
Chapter 2 The system battle model analysis	11
2.1 The system military tactics model	11
2.2 The system mathematics model	14
2.3 The system gunning conductor model.....	17
2.4 The system thermodynamic power allotment model.....	20
2.5 The system service rate.....	25
Chapter 3 Research on the Weapon system operational effectiveness Evaluation.....	31
3.1 Basic Concepts of system efficiency and operational efficiency	31
3.2 Basic Concepts of effectiveness evaluation	38
3.3 Common methods of effectiveness evaluation.....	40
3.4 Models of system effectiveness evaluation	44
3.5 Establishment of WSEIAC Model and analysis of main factors.....	47
Chapter 4 Effectiveness evaluation of the Integrated Gun and Missile System	49
4.1 Elements and efficiency index system	49
4.2 Effectiveness evaluation Model of Gun weapon system on ADC	52
4.3 Effectiveness evaluation Model of missile weapon system.....	65
4.4 Effectiveness evaluation of the Integrated Gun and Missile System.....	68
Chapte5 Summary.....	74
Reference.....	76
Thanks.....	78

第一章 弹炮结合防空武器系统

弹炮结合防空武器系统（以下简称弹炮结合系统）是指将中低空近程防空导弹与小口径高炮结合，组成一个作战单元，通过共用搜索、指挥、控制、通信系统或火控系统而构成的防空武器系统。该系统可以实现优势互补，联合抗击低空和中高空来袭的空中目标的打击。弹炮结合系统是随着防空作战发展而产生的一种综合防空武器系统，已经成为现代防空的主要拦截武器之一^{[1][2]}。

1903年飞机的问世催生了空袭与防空的对抗。1911年9月29日，意大利与土耳其为争夺利比亚爆发战争，在这场战争中诞生了战争史上的首次空袭与防空对抗行动。从那时迄今，空袭与防空的对抗，已走过近一个世纪的历程。时至今日，准确把握战争从工业化向信息化转变这一发展趋势，探讨高技术条件下的防空作战，既是战争发展的需要又具有现实意义^[3]。

弹炮结合系统发展至今，其结合方式主要可分为“软结合”与“硬结合”两种样式。所谓“软结合”，就是将各自独立的地空导弹与高炮混合编成一个作战单位，构成一个统一的防空火力编系的结合形式。如瑞士的“防空卫士”火控系统、35毫米高炮火力系统与“蝮蛇”导弹综合而成的防空系统。所谓“硬结合”，是将高炮、地空导弹组装在同一个车体上，使用同一个火控系统进行射击，组成一个防空火力配系的结合形式。如美国的“防御者II”、英国的改进型“长剑”等就属于此种结合类型。另外还有一种弹炮混编式结合模式，该模式研究较多是战斗配置和战术应用。地面防空武器装备的发展方向是自动化、智能化。在编制规模上向短小精干、合理足够、适度高效的方向发展；在性能上向远战、轻型、智能（制导化、信息化、数字化）、通用（多功能）、更高机动性和高威力方面发展。野战防空建设必须逐步建立完善以地面防空导弹为主，以小口径高炮为辅，以C³I-EW系统为核心和纽带的地面防空体系。弹炮结合系统就是在这一发展趋势下应运而生并受到重视，世界各主要军事强国都不断投入巨资，研制新型弹炮结合系统。弹炮结合系统综合了防空导弹射击精度高、射程较远和高炮反应快、火力密集、近距离毁伤概率大的优点，能对付低空近程内几乎所有的目标，是一种高性能防空武器系统，已成为现代防空武器发展的一个重要方向^{[4][5][6]}。

1.1 现代空袭和地面防空作战特点

空袭是指从空中用炸弹、导弹、航炮、火箭等武器及电子战设备对敌地面、水中目标进行袭击和电子干扰的作战行动，其目的是消灭、压制敌战场上的兵力、兵器和 C³I 系统，支援己方军队作战；摧毁、破坏敌后方目标，干扰指挥中心，削弱军事实力和战争潜力^[7]。现代战争的突然性、破坏性和战区的广泛性都大为增加，战场的威胁已经发生了质的变化。来自空中的威胁包括有人驾驶战机从远距离或高空发射精确制导武器、巡航导弹、遥控飞行器、武装直升机、战术飞机（Tactical-Fighter Aircraft）等。这些威胁的共同特点是低空入侵、不易侦察发现、电子干扰困难、反应时间短促，因而难于将其击落，一旦被其突破防空防线，其命中率和威力非常强大，因此，这种威胁往往是致命的^[2]。

防空是抗击空袭的作战行动，目的是粉碎敌空袭作战企图，最大限度地降低甚至消除空袭的作战效果，阻止敌人的空中侦察、电子干扰和空降，保障地面重要目标的对空安全。防空作战的进程和结局对战争胜负具有重大影响，甚至具有决定性的作用，它是现代作战的重要组成部分。

防空兵的武器装备、作战对象、作战任务等决定了地面防空作战具有以下特点：作战空间大、目标出现突然、作战时间短促和指挥协同复杂^[2]。因此地面防空系统必须具备全天候作战能力、全空域反击能力、强抗电子干扰能力、高密度防空火力打击能力、快速机动转移能力、行进间作战能力和多目标攻击能力等。

空袭与防空作战，是武器装备体系之间的对抗。实施地面防空作战的防空体系，应能及时发现进袭的空袭兵器，判明其威胁程度，实施有效抗击；保护己方有生力量，使空袭造成的损失降低到最低程度；综合协调指挥参加防空作战各部队的行动，使之形成统一、灵活、高效的作战系统。地面防空体系通常由侦察预警系统、指挥控制系统、火力拦截系统、电子干扰系统、综合保障系统等组成。此外，空中障碍配系、防护工程也是防空体系重要补充部分^[7]。

弹炮结合防空作战，就是指在防空作战中将地空导弹与高炮根据作战的要求，按照一定的战术需要和作战配置关系所组合而成的相互密切联系的有机整体，以达到相互支援、相互掩护、取长补短的火力配系，抗击来自不同高度的空袭兵器，增强防空兵的相互掩护效果，提高生存能力的作战样式。

1.2 弹炮结合系统形成与发展

根据现代战争特点和防空需求，防空武器系统必须能覆盖超低空、低空和中高空区域，必须能有效对付各种目标特别是小截面目标。

小口径高炮的有效作战距离为 3000-4000 米，其炮弹不受电子干扰的影响，能对付突然出现的目标，且命中精度很大程度上取决于确定目标未来点的准确性，但是随着弹丸飞行时间增长，其命中精度则会降低。防空导弹射程范围较大，通常可以达到 4-18 千米，发射后能制导或自动寻找目标，但很难对付突然出现的目标，且容易受电子干扰的影响。防空导弹在其射入段和引入段不在有效制导范围内，近界死区较大，射击中远距离目标较为理想，射击近距离目标则较差；高炮最大有效射击距离虽然较小，但近界死区小，适于对付近距离目标。两者结合，高炮的杀伤范围正好弥补了导弹的近界死区。图 1-1 形象地描述了导弹和高炮分工空域。从图中可以看出，高炮是低空近程的有效武器，防空导弹是对付中远程和中高空飞行目标的优良武器，因此弹炮匹配各取所长，优势互补，能够形成两道防空网，从而更加有效地抗击来袭兵器。

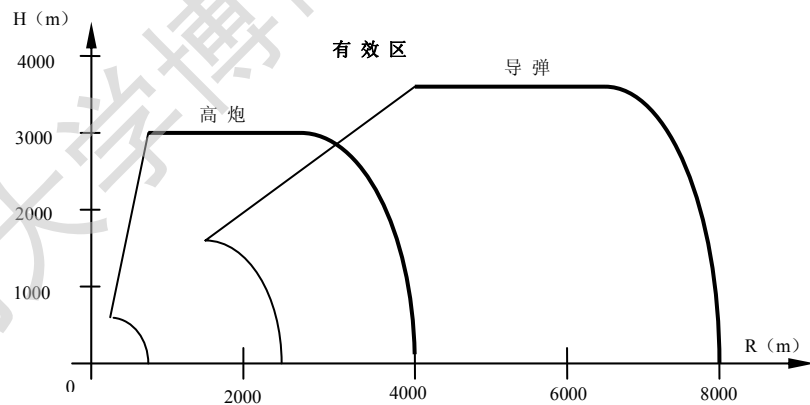


图 1-1 导弹和高炮防空分域图

弹炮结合系统是随着防空作战的发展而产生的一种综合防空武器系统。20 世纪 60 年代以来的战争经验表明，单纯使用地空导弹武器系统或单纯使用高炮武器，组织对空防御都不够完善。任何防空武器在作战性能上都有其优点和局限性。射程远、精度高、单发杀伤概率大是地空导弹武器系统的优点，但其抗饱和和攻击能力差，且容易被干扰。高炮是拦阻射击杀伤目标的，虽然单发杀伤概率低，射程亦近，但在抗饱和和攻击中战斗韧性高，一般都有光学指挥仪，抗电子干扰能

力强，虽然平均弹药消耗量大，但价格低廉。由此，既形成了地空导弹与高炮混合配系的必要性，又启发人们把二者组成一个武器系统的设想和探索。

目前已经投入使用的弹炮结合系统已达到 20 多种。一类是地空导弹、高炮、火控设备综合配置的系统，实行统一的作战指挥、火力分配，力求武器系统整体作战的最佳效能。此类弹炮结合系统主要用于要地防空。另一类是地空导弹、高炮、火控设备三位一体的系统，此类系统的显著特点是机动性好，作战准备迅速，反应时间短。由于导弹、高炮、火控设备集于一体，所以对其重量有严格限制，通常是用小高炮和便携式地空导弹结合，使用的空域较小，主要用于野战防空^[4]。

1.3 弹炮结合系统的组成与工作流程

一、弹炮结合系统的组成

弹炮结合系统主要由指控系统、火控系统、火力系统等组成^{[1][4]}，如图 1-2。

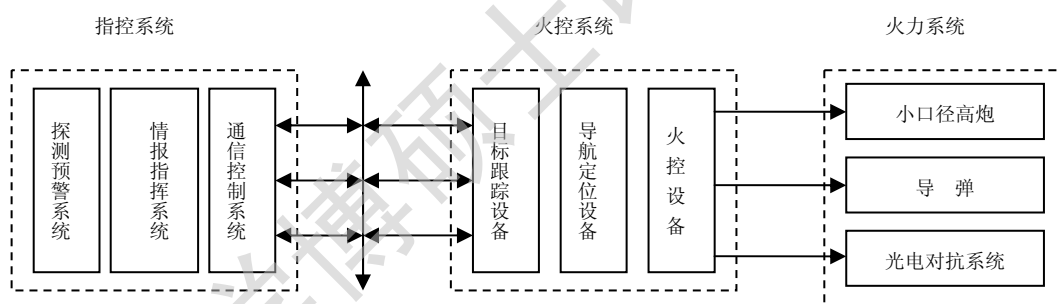


图 1-2 弹炮结合系统的组成

1、指控系统。主要用于搜索低空和超低空目标，建立目标航迹，并进行敌我识别、威胁判断、自动或人工干预选择打击排序，向目标跟踪设备提供目标距离、方位、速度等引导信息。指控系统主要由探测预警设备（搜索雷达、敌我识别器）、情报指挥设备、通信控制设备等组成。

2、火控系统。主要完成接收并选择目标指示、目标捕获与跟踪、火力分配与解算、姿态传感修正、综合火力控制。火控系统主要由目标跟踪设备（跟踪雷达、光电跟踪仪）、火控设备、导航定位设备等组成。

3、火力系统。接收火控系统的指令、方位、高低调转、指向目标，完成对目标的有效毁伤或干扰。火力系统主要由防空导弹、光电对抗装置和火炮组成。

弹炮结合具有以下特点：

1、相互取长补短，提高作战效果。防空导弹射程远、单发命中概率高、杀伤概率基本不随射程而变化，其缺点是近界死区大、系统较复杂、成本高、反应时间通常比高炮长。高炮射击准备时间短、反应快、弹丸初速大、射速高、能连续射击、近界杀伤概率高，其缺点是射程近、杀伤概率随射程增加而急剧下降。弹炮结合可以取长补短，充分发挥各自的优势。通常 2000 米以外使用防空导弹，2000 米以内使用高炮，从而在弹炮所及有效射程内均可达到最佳杀伤效果。

2、扩大作战空域，实施多次拦截。导弹和高炮通过同一火控系统指挥作战，不仅能分别保持原有武器系统的性能，而且扩大了单一武器的作战空域，特别是对不具备全向攻击的红外寻的导弹来说，由于有高炮的配合，弥补了不能前向攻击的漏洞。作战空域的扩大，为实施多次拦截，增强火力提供了条件，有助于提高杀伤概率和对付不同的目标。

3、便于统一指挥、协调火力。空袭武器的多样性和战术多变，要求防空武器能够统一协调，以变应变。弹炮结合的防空武器系统是在统一的 C³I 系统指挥下作战，从而可视威胁情况选择武器、协调火力，提高作战灵活性。

4、降低武器系统成本。在防空武器系统中，C³I 系统费用昂贵，已为人所知。例如，全天候防空导弹系统的火控系统费用占全系统费用的 55%以上；高炮火控系统的费用通常占全炮系统费用的三分之二。因此，弹炮共用 C³I 系统和火控系统，可以降低武器系统成本，并简化部队装备和后勤保障。

二、弹炮结合系统的工作流程

弹炮结合系统的工作流程可以用防空作战指挥系统主要拦截事件及数据流表示，如图 1-3 所示。

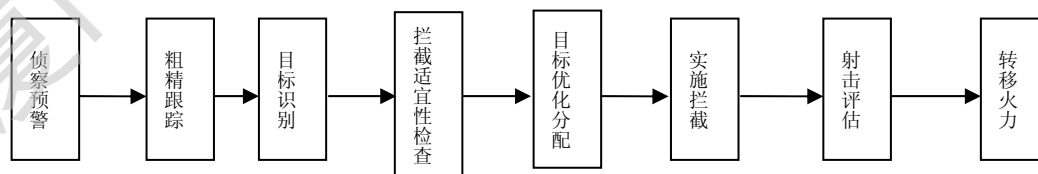


图 1-3 防空作战主要拦截事件及数据流

对于弹炮结合系统来说，当接受到战斗准备命令后，火控系统在人工干预下控制搜索雷达、跟踪雷达、电视及光学等侦察设备，自动在指示的搜索扇区进行目标搜捕，发现目标后根据敌我识别应答器信息迅速判断目标的敌我属性，自动进行目标拦截适宜性检查、威胁评估与排序，选出多目标攻击中威胁最大的目标。

对此目标，若符合导弹分系统拦截条件，则分配给导弹，否则分配给高炮。假如导弹拦截后，没有毁伤目标，则继续判断该目标状态，当该目标仍然符合导弹拦截条件时，导弹分系统继续对其射击。反之由高炮接着拦截（拦截时要判断目标是否符合高炮拦截条件）。这里导弹、高炮对目标构成拦截的条件不仅取决于目标条件、两种火力杀伤区与发射区，还要取决于两种火力重叠区的大小。一般情况下，为保证系统有对付多批次目标和持续作战能力，导弹分系统与高炮分系统不同时对一个目标射击，但可以同时对不同目标进行射击，除非系统不允许。

1.4 弹炮结合系统的研究现状

科索沃战争和“海湾”战争等，明确地表明空袭与反空袭作战已成为现代战争主要的作战样式，空防对抗的结果不仅影响战争的进程和结局，有时甚至具有决定性的作用^[8]。因此对于防空一方而言，如何通过研究新的防空战法，研制和改进防空武器系统以及更有效地训练各类防空作战人员，提高防空作战能力，成为防空作战研究面临的一项紧迫课题。弹炮结合系统作为地面防空体系的重要组成部分，对该系统分析与研究已经被广大军事人员和相关专家学者所关注，并逐渐成为研究的热点问题^[9]。

一、防空系统建模与仿真

系统建模与仿真作为一种能够提供不受外界限制，且可进行反复试验的方法，已成为研究防空作战问题、进行防空军事训练以及研制和开发新型防空武器系统的一种有效手段。通过对防空系统的作战过程进行建模和仿真，评估防空系统的作战效能，可以发现防空系统的薄弱环节，为防空武器装备体系论证发展、防空武器系统的研制和开发、战法研究、优化防空体系结构等方面提供决策支持，并最终为防空体系建设和防空武器的发展及管理提供科学依据^{[10][11]}。

由于防空系统是一个复杂的大系统，随机因素众多，约束关系复杂，因此对其进行建模是一项非常困难的工作。随着防空作战系统模型研究的深入，人们逐渐认识到：目前的防空作战系统模型与仿真开发往往由于缺少强有力的系统建模支撑工具，从而导致开发周期长、低水平重复、工作量大、模型可重用性差、置信度低等一系列问题。这不仅浪费大量人力、物力和财力，而且还有可能造成决策失误。因此，对防空作战的建模，特别是对能够为防空作战模型开发和应用全

生命周期各个环节提供支持的一体化综合集成仿真环境的研究,成为能否开发出可重用性好、可扩展性强、置信度高的防空作战仿真系统的核心和关键^[12]。

防空作战模型系统主要研究在攻防对抗条件下,系统在综合作战环境中各要素之间及系统与环境之间的关系^[13]。其主要功能为:

- 1、构建逼真的空防对抗战场环境;
- 2、实现地面防空武器系统防空作战过程仿真研究与演示;
- 3、进行地面防空武器系统作战性能及效能的测试评估研究;
- 4、进行防空作战战法研究;
- 5、进行防空 C³I 系统作战模型有效性研究;
- 6、对防空体系作战效能进行分析研究。

二、作战效能评估

作战效能是国防系统分析的一个基本概念,是武器装备的重要属性,关于它的含义,存在多种解释。比较倾向的是:武器装备的作战效能是自身的一种潜在能力;在一定的作战背景下,这种能力的发挥表现为完成规定任务的有效程度。换言之,武器装备的作战效能是武器装备在对抗条件下发挥出来的作战能力^[14]。

作战效能是作战中诸因素综合作用的结果,这些因素包括战场环境、编配方式、战术原则和人员素质等。当这些因素发生变化时,作战效能也随之变化。通常所谓的武器系统效能,与作战效能区别在于:前者属功能性,通常是静态的非对抗的;后者要与一定的作战背景相联系,是动态的对抗的^[7]。

作战效能主要用来描述武器装备完成作战任务的程度(概率),具有动态特征。通过对武器装备作战效能的评估,可以解决以下问题包括^[15]:在特定的作战想定中,武器装备和战术应用的作战效能高低;定量描述影响武器装备性能的各种定性因素;对于特定的作战任务,武器装备系统配置问题;满足一定的效费的前提下确定不同装备的配比问题;如何分配武器装备的作战目标,从而达到一定的作战目的以及哪一方最终能赢得胜利等问题。

对弹炮结合系统的研究,国内倪忠仁教授深入分析了地面防空作战模拟的理论与方法,提出评估地面防空作战效能的解析模型,并对高炮、地空导弹、防空兵群的作战效能评估进行了探索^[7]。此外,对系统的作战效能进行理论研究采用的方法还有:层次分析法^[16]、BP神经网络法^[17]、灰色关联综合优化法^{[18][19]}以及

模糊综合评估法^{[20][21]}等等。这些研究大部分针对的是一套武器系统或单个作战单元的“作战效能”进行研究。对于包含一定数量同种或异种作战单位或者火力单元的装备系统，例如弹炮结合系统，其武器类型及数量参数对系统作战效能的影响，目前尚缺乏成熟的研究成果。

1.5 存在的问题和解决的思路

综上所述，弹炮结合防空武器系统的模型分析与效能评估研究已经取得了较大的发展，在防空武器装备的设计选型、效费分析、作战运用、优化配置等各个方面发挥了重要作用，但是仍然存在以下一些问题：

1、对于防空武器系统模型多是从理论上进行分析，而没有联系部队现有装备进行论证的现象比较突出，缺少实战性和可操作性。

2、建模目标不明确，对防空作战过程的抽象化描述、仿真模型分析较多，缺乏对防空系统对抗时输入输出的量化研究，很难形成技术对战术的指导依据。

3、武器装备的作战效能评估具有时效性，面对新形势下的挑战，过去很多的研究成果不再适用，甚至与新条件下的实战情况发生矛盾。例如防空作战过程中，空情信息处理技术滞后时，防空系统的火力杀伤半径和命中率对其效能的影响起着决定性的作用。然而在海湾战争中，伊拉克即使有性能优良的防空武器系统，但由于丧失了制信息权，几乎没有反空袭作战的能力。

4、目前对防空武器系统作战效能评估的研究，由于缺乏合适的系统层次效能评估模型，并且战场环境相对复杂，参战的武器装备多种多样，要建立精确的仿真模型进行研究，需要耗费大量的人力物力，甚至出现无法求解的情况，导致不能全面的分析影响系统作战效能的关键因素，不能更好地为部队作战运用提供科学依据，在一定程度上制约了防空武器装备的发展。

解决问题的基本思路：

1、为了理清地面防空作战的过程，便于仿真分析和作战效能研究，论文对地面防空作战和弹炮结合系统进行了综述，从系统工程的角度分析了弹炮结合系统的由来、特点及发展趋势。

2、通过对防空作战过程的分解和模型通用技术框架的定义，使防空作战模

拟清晰明了，给弹炮结合系统作战仿真奠定基础。

3、为了适应作战任务要求，论文建立一套实用的防空作战能力指标体系，能够反映现有弹炮结合系统的作战能力特征，增强了理论与现实之间的联系。

4、论文研究了防空作战效能模型，结合我部现有装备分析装备质量、数量以及编配方式对防空系统作战效能的影响。

1.6 论文结构安排与主要特点

论文主要内容和结构安排如下：

第一章，全面研究了现代地面防空作战的特点，指出研发弹炮结合系统的原因，系统的组成、工作流程及发展趋势，主要通过对系统的定性分析，从而提出对系统进行定量分析的重点和关键环节。综述了弹炮结合防空武器系统作战仿真与效能评估研究的现状，分析了当前研究过程中存在的问题，并提出解决思路。

第二章，通过对防空作战系统进行深入的研究，建立防空作战模拟的总体框架，研究了防空系统作战过程的分解，讨论了弹炮结合系统的战术模型和数学模型，并重点分析射击指挥模型和火力分配模型。

第三章，主要介绍武器系统效能及效能评估的基本概念，分析效能的度量及指标的选择，介绍效能评估常用方法，以及系统效能分析的一般过程及常见模型。

第四章，研究分析弹炮结合系统作战效能的指标，讨论防空作战效能模型的求解过程和应用特点，通过具体示例，评估了现有的弹炮结合系统的作战效能，讨论了影响系统作战效能的关键因素，并针对存在的问题，为防空作战武器装备系统的发展重点和战术运用提出建议。

第五章，结束语。主要是对论文进行总结并展望下一步工作。

本论文的主要特点可以归纳如下：

1、紧密结合现代战争的特点，以作战任务和作战使用流程为进程，采用大系统综合集成理论和仿真技术，实现了对抗条件下弹炮结合系统作战效能评估；

2、以系统论和层次分析原理为指导，建立了弹炮结合系统作战效能评估指标体系和评估方法体系，可满足防空武器发展建设和作战使用中不同层次、不同范围、不同任务的作战效能评估的需要；

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库