

美国导弹防御系统近期技术发展特点及趋势

屈长虹,邱勇,黄维国

(中国工程物理研究院 总体工程研究所,四川 绵阳 621900)

摘要:从技术角度分析了美国导弹防御系统的最新进展和态势,阐述了奥巴马政府上台后导弹防御系统的新动向,分析了美国地基中段防御系统(GMD)和海基中段防御系统(SMD)的技术能力,总结了美国导弹防御系统的发展重点,探讨了未来美国导弹防御系统的发展趋势。

关键词:导弹防御;弹道导弹;拦截;发展趋势

中图分类号:E845

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2011)01-0028-04

A Technical Review of Development and Trends of US Ballistic Missile Defense System

QU Chang-hong, QIU Yong, HUANG Wei-guo

(Institute of Systems Engineering, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

Abstract: In this paper, the recent development and posture of US Ballistic Missile Defense System (BMDS) was introduced in a technical view, especially of the new actions took by Obama Administration. The technical capabilities of GMD (Ground-Based Midcourse Defense), Aegis BMDS (Aegis Ballistic Missile Defense System) were analyzed and the key points of BMDS development were summarized. Finally, the development trends of US BMDS were discussed.

Key words: missile defense; ballistic missile; interception; development trends

当前,美国正在大力部署和发展其弹道导弹防御系统,并形成了以地基中段防御系统(GMD)和海基中段防御系统(SMD)为骨干的防御体系,具备了初步的防御能力。奥巴马政府上台后对导弹防御系统进行了调整,更加注重灵活性、经济可承受性和充分试验验证,对一些技术不太成熟或效费比不高的项目进行了终止或经费削减,加强了对技术成熟、部署灵活、发展潜力较大的项目的支持力度。由此可见,未来的导弹防御系统将更加稳健务实。

1 美国导弹防御系统进展及态势分析

1.1 美导弹防御系统规模逐渐壮大,发展迅速

目前,美国导弹防御系统(BMDS)继续向前推进,随着多个防御单元的部署,已经具备了有效防御能力。到2010年10月为止,美国导弹防御系统已部署的能力如表1所示^[1]。

1.2 拦截试验持续进行,技术成熟度逐渐提升

为了提升系统技术成熟度和实战能力,美国导弹防御系统的拦截试验持续进行。截止2010年8月,美国GMD系统

共进行了14次拦截试验,8次成功,成功率达57%;SMD系统共进行了21次拦截试验,17次成功,成功率达81%;THAAD系统共进行了7次拦截试验,7次成功,成功率达100%;基于直接碰撞杀伤技术(HTK)的拦截试验共计进行了41次,成功31次,成功率达75.6%^[2]。其中,GMD系统在2008年12月和2010年1月各进行了1次拦截试验,1次成功,1次失败;SMD系统2009年和2010年各进行了2次和1次拦截试验,均获得了成功;THAAD系统2009年和2010年各进行了1次拦截试验,均获成功。另外,机载激光(ABL)在2010年2月成功进行了2次拦截试验,演示了杀伤飞毛腿液体弹道导弹和无控固体探空火箭的能力,并准备在年底演示3倍于此次杀伤距离的能力试验。

1.3 国际合作日益深入,导弹防御扩散范围逐渐加大

美国继续推进导弹防御的国际合作。当前,美日、美以、美欧和美印等导弹防御合作不断深入,导弹防御技术扩散趋势明显。

美日联合开发的SM-3 IIA拦截弹已进入开发试验阶段,预计于2014年完成,2015年开始生产部署。日本2010年完

收稿日期:2010-11-11

基金项目:装备预研基金项目(4260110)

作者简介:屈长虹(1979—),男,硕士研究生,工程师,主要从事武器系统与运用工程研究。

成了4艘“宙斯盾”舰的改装和系统升级。

美国在2009年完成售台的AN/FPS-115预警雷达的建造,已完成交付工作并要求信息共享。该雷达建造于新竹县五峰乡的乐山空军基地,作用距离可达3 000 km。

美以合作继续加强。1部前沿部署雷达AN/TPY-2于2008年部署于以色列。2009年10月,美以举行“杜松眼镜蛇”反导联合演习,以测试美以反导系统之间的协调配合。

奥巴马2009年9月17日宣布美将放弃在东欧部署地基中段反导系统的计划,转而推出一项分阶段、更有针对性和操作性的反导系统方案。

美澳同意在澳大利亚西部建设军用卫星通信地面站,以加强对部署在亚太上空预警卫星的控制,澳3艘驱逐舰将装备宙斯盾系统。

美印展开导弹防御交流,印度拟引进美“箭式”系统和“宙斯盾”系统。

表1 美国导弹防御系统已经部署的主要能力
(截止2010年10月)

系统	项目	规模
GMD	地基拦截弹(GBI)	30枚
Aegis BMD	具备拦截能力的宙斯盾舰艇	21艘
	标准3拦截弹	63枚
	标准2(Block IV)拦截弹	72枚
PAC-3	PAC-3导弹	791枚
	PAC-3火力单元	52个
THAAD	THAAD拦截弹	25枚
	THAAD火力单元	2个
	升级的早期预警雷达(UERW)	4部
	未升级的预警雷达(EWR)	2部
	AN/TPY-2(前沿部署雷达)	3部
探测器	地基X波段雷达样机(GBR-P)	1部
	海基X波段雷达(SBX)	1部
	DSP预警卫星	5颗
	空间监视与跟踪系统(STSS)	2颗试验星
	天基红外高轨系统(SBIRS)	2颗HEO
指控系统	C2BMC指控、战场管理	整合、协同, Spiral 8.1

1.4 奥巴马上台后导弹防御的新动向

1) 奥巴马推出更为务实、灵活的BMDs,近期重点加强区域防御。

奥巴马政府对小布什版本的BMDs进行了以下主要调整:①地基拦截弹数目暂时保持在30枚,但继续加强研发和试验方面的投资,以提高GBI的防御能力;②终止多拦截器(MKV)、动能拦截器(KEI)等技术尚不成熟的先进概念探索研究计划,取消ABL第2架原型样机采购计划,将ABL转为机载激光试验平台(ALTb);③强化上升段拦截,增加传感

器和早期拦截系统的投资,以对抗突防措施,推出“网络中心机载防御单元”(NCADE)计划,增加机载红外探测器;④增加经费用于部署更多移动式防御系统,如陆基机动THAAD和舰载宙斯盾标准3防御系统;⑤调整欧洲导弹防御计划,发展性能更好、效费比更高、灵活度更大的海基、陆基防御体系(主要是改进型宙斯盾SM-3拦截弹)。调整后的导弹防御计划将更加稳健务实,未来发展的导弹防御系统拦截能力将更强。

2) 发布弹道导弹防御评估报告,加强导弹防御计划,提出新的发展思路。

2010年,《弹道导弹防御评估报告》(BMDR)明确了导弹防御在美国国家安全中的地位和作用,提出了未来发展导弹防御的重点和策略,该报告对导弹防御今后发展至关重要。

该报告强调建立有效、经过验证、效费比高的导弹防御系统。BMDR提出:取消一些不成熟项目,集中资源发展成熟BMD;加强试验计划,使未来BMD更加皮实、有实效、经过充分试验验证,并在真实作战条件下证明能够对抗典型威胁目标;增加传感器和早期拦截杀伤系统,增强对抗突防措施的能力^[3]。

从BMDR还可以看出中段防御系统的发展特点:GMD规模基本冻结,能力逐步提高;SMD投入力度增加。区域防御将成为今后一段时间美国导弹防御发展的重点,同时,也意味着新政府在本土防御和区域防御之间划了界限,区别发展,这与布什政府以“分层防御”把战略、战区防御统一的做法有明显差别。

2 美国中段导弹防御系统能力分析

2.1 地基中段防御系统(GMD)的能力分析

1) GMD暂限规模,但预留部署能力。

鉴于对当前导弹威胁重新评估的结论,美国认为近期面临的洲际弹道导弹的威胁没有预期强烈,奥巴马政府目前将GMD系统的部署规模限制在30枚,重点转向技术研发,提高成熟度,加强准备程度。但GMD系统也预留了扩充能力,阿拉斯加拦截基地正在建设一个14口发射井的3号导弹场,这样GMD系统将具备部署44枚地基拦截弹(GBI)的能力,为应对不时之需提供了保障。

2) GMD技术能力不断提升,识别能力仍需加强验证。

虽然部署规模暂限,GMD技术能力提升的步伐却并没有放缓。2009年8月19日,MDA完成了范登堡空军基地第2个试验发射井的建设,使得飞行试验准备时间大大缩短。2010财年经费支持替代和更新14枚最旧的GBI,以提高作战准备,扩展GBI生产能力,2010年完成了4套GBI和火控软硬件的升级。GMD系统在2008年12月5日成功进行1次拦截试验(FTG-05),火控系统收集并整合了来自4个传感器的数据。2010年1月31日,GMD系统进行了FTG-06拦截试验,以验证能力增强型的CE-II EKV,试验中采用了最新的LV-2靶弹(三叉戟C4的1,2级发动机组成),试验了更接近实战的拦截场景;靶弹从太平洋夸贾林靶场发射,拦截弹从范登堡发射,靶弹和拦截弹都工作正常,但因首次作为主探测器的海基X波段雷达出现故障,导致拦截弹丢失目标,

拦截失败^[4]。

由于GMD系统2000—2005年多次试验失败,从2004年开始,美导弹防御局(MDA)在研发和采购中加强了质量控制,取得了一定成效。自2006年以来进行的4次拦截试验都是以实战部署的配置模式进行的,前3次均取得了成功。但到目前为止,除了最早的IFT-1A和IFT-2飞行试验(非拦截试验)采用了复杂诱饵组合外,其他试验均是简单诱饵或不带诱饵,如图1所示,而具真正意义的实战状态下的拦截试验并未进行过,57%的成功率也表明GMD系统技术上仍存在一定的问題。目前,目标识别问題一直是困扰GMD系统的核心问題,没有试验证据确切表明真正解决了这一问題。

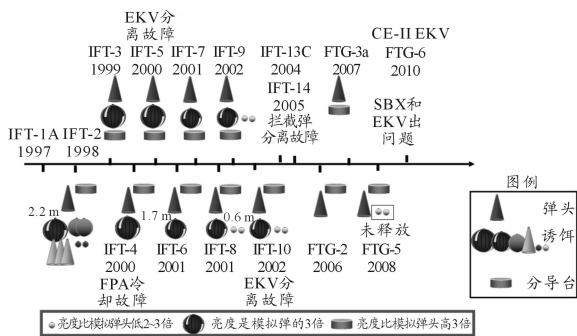


图1 美国GMD系统拦截试验及对抗措施情况

2.2 海基中段防御系统(SMD)的能力分析

1) SMD拦截试验难度加大,实战性能得到了验证。

SMD系统2002年以来拦截试验成功率为81%,其中实战配置型拦截器(SM-3 Block 1A)12次拦截10次成功。拦截试验的难度也在逐渐加大,从拦截头体分离式导弹(2005年FTM-8),到“二打二”(2007年FTM-13),再到基于外部传感器数据发射。SMD系统经过短时间改装即具备反卫实战能力,该能力也在2008年2月拦截失效侦察卫星中得到了验证。2009年FTM-17拦截试验成功验证了宙斯盾BMD 4.0.1版本武器系统,JFTM-3试验成功进行了中程弹道导弹拦截。后续的试验还将验证对中远程弹道导弹的拦截能力以及基于外部传感器数据交战的能力。

2) SMD软件体系升级,以加强外部传感器的整合。

SMD系统的软件系统也在不断升级中,以加强SMD系统内部传感器的融合以及利用外部传感器加强发射和交战的能力。2008年初,美国开始在驱逐舰上安装开放结构的宙斯盾BMD系统。这种开放结构实际上是将系统模块化,能够实现更快、更方便的系统升级。MDA还正对宙斯盾BMD系统的4.0.1版本的软件系统进行了测试,以升级目前的3.6版本。4.0.1版本具备与其他导弹防御传感器进行通讯的能力。

3) 标准-3拦截弹射程不断提升。

MDA计划在2015年交付的标准-3 Block IIA拦截弹由于采用21英寸的2,3级发动机,关机点速度比IA/IB(2,3级发动机为13.5英寸)提升了45%~60%,防御范围更大,将具备拦截中远程和洲际弹道导弹的能力。

3 美国导弹防御技术发展重点及趋势

3.1 美国导弹防御技术发展重点

3.1.1 提升目标识别能力

目标的跟踪识别一直是美国重点发展的技术之一。为了提升目标识别能力,美国主要在以下几个方面开展了研究。

1) 加强预警能力的提升,为目标识别提供更为精确的预警信息。

美国的预警卫星目前7颗在轨,包括5颗地球同步轨道的DSP卫星和2颗椭圆轨道的SBIRS卫星(DSP卫星将由SBIRS取代)。SBIRS扫描周期更小,并增加了凝视传感器,探测波段更多,对飞行速度和飞行方向的预测精度有较大提升,具备粗跟踪能力,并具备了云层以下观测的能力。随着预警星座的不断扩大,对同一地区逐步实现了多星覆盖,使预警信息更为准确。

另外,第3代预警卫星(3GIRS)的研究也正在进行,未来的STSS星座也具有早期预警的功能。

2) 加强STSS和PTSS能力的建设,以提升目标识别能力。

目前美国已经发射2颗STSS试验卫星,并进行了多次导弹飞行试验的观测。在目前阶段,MDA对STSS的投资主要是对2颗试验的试验。另外MDA在2011财年启动了一个名为精确跟踪空间系统(PTSS)的新项目,将在2014年验证其原型样机。PTSS将提供持续的目标分类和全球跟踪能力,从而提升BMDs的效能。PTSS能力的发展将由STSS试验星获得的经验决定。

3) 加强海基X波段雷达(SBX)的试验和建设。

SBX自2005年建成以来,参加了多次飞行试验的观测。在最近2010年1月GMD拦截FTG-6试验中,SBX首次作为主探测器用于交战,但出现了技术问题,主要是因为新采用的LV-2靶弹的尾焰中含有大量不完全燃烧的微粒,导致SBX视场出现2000多个目标,SBX因过载死机。根据MDA的预算,将投资进行SBX软件的升级,以提升目标识别能力。

4) 加强EKV光电设备的试验和建设

早在2003年,Raytheon公司就获得经费进行先进识别激光雷达技术(ADLT)的研发,并成功进行了地面试验。MDA的目标是研发5kg的激光雷达用于EKV的目标识别。激光雷达利用超稳定激光发射器来搜索目标,其工作方式酷似雷达系统,在接收到从目标反射回来的能量信号后,对信号进行多普勒处理,形成第1个搜集距离和速度数据,然后生成可分辨距离的多普勒图像(RRDI),可以描述目标的微动作。

5) 加强焦平面阵列(FPA)能力的建设。

发展大规格长波/甚长波红外焦平面阵列和大规格多色红外探测器II型超晶格和硅衬底HgCdTe焦平面阵列,准备在2015年应用在STSS及MKV上。发展高量子效率和大规模双色量子阱中波/长波红外探测器(QWIP),像元2000×2000,用于高背景下的目标探测识别。发展PbSnTe甚长波红外焦平面阵列,用于低背景的目标探测识别。

研究提升远距离目标识别能力的技术途径,包括兼具高空间分辨率和多波段探测能力的先进多波段红外导引头、主/被动红外成像复合导引头。此外,还提出了用于MKV系

统的分布孔径目标截获概念。

海军研究试验室开始探索一种将在未来的中段弹道导弹防御拦截器中采用的基于高帧频、三波段红外焦平面阵列的先进导引头概念。

3.1.2 加强系统整合能力

导弹防御系统是一套非常复杂的系统,包括基于多种平台的传感器和拦截武器系统,要完成1次成功的拦截,需要很好的系统整合能力。美国不断加强试验,并在试验中不断扩大参与的BMDs单元,加强系统的整合。如FTG-05试验就包括了DSP/SBIRS预警卫星、前沿部署雷达(AN/TPY-2)、宙斯盾舰艇及舰载雷达SPY-1、海基X波段雷达、升级后的早期预警雷达(UWR)、地基拦截弹、指控系统(C2BMC)、飞行中拦截器通讯系统(IFICS)等多个系统。

指控和战场管理系统(C2BMC)软件不断升级,不断加强整合、协同,形成网络中心架构。C2BMC软件版本目前已升级至Spiral 8.1,支持5个战区和国家军事指控中心,支持多平台武器系统和传感器系统之间的信息交流和协同。

3.1.3 加强系统冗余设计

为弥补美国导弹防御系统串行特征的弱点,美国加强了系统的冗余设计。这一方面增加了系统的复杂性,但也加强了系统的可靠度。

在预警系统方面,目前5颗DSP和2颗SBIRS在轨,另外同步轨道的SBIRS也在试验、生产中,第3代预警卫星(3GIRS)也在研究之中,已经在轨试验的STSS卫星也具备预警的功能。

在跟踪、探测方面,升级后的预警雷达、STSS星座、PTSS卫星均能发挥各自作用;在目标识别方面,SBX、STSS、FBX、ABIR、EKV光电传感器等多种手段也配合使用。

在拦截武器方面,ABL、KEI、NCAD、Aegis具备助推/上升段拦截的可能,GMD和SMD具备中段拦截的能力,THAAD、PAC-3、Aegis海基末段防御等具备末段拦截的能力。

在通讯方面,光缆、海底电缆、军事通讯卫星、商业通讯卫星等多种手段也同时使用。

3.1.4 强化上升段拦截

MDA在2011财年新增了机载红外探测器(ABIR)的投资(1.12亿美元),在2015年前将形成3个战斗编队,每队4个ABIR平台。前沿部署的ABIR将用于跟踪和识别突防措施,为进行早期拦截提供条件。

2006年4月,美国导弹防御局授予Raytheon公司一项合同,研究网络中心机载防御单元(NCADE)方案和技术,作为一种经济负担得起的助推段/上升段防御系统。该方案以现有的AIM-120空空导弹的助推火箭和AIM-9X空空导弹的红外导引头为基础,加上一个新研制的第二级火箭和姿轨控系统组成部分,可以从有人驾驶飞机、无人机或飞艇上发射。该拦截弹也将具有反预警机/隐身飞机的能力。2008年9月18日,MDA授予Raytheon公司一项1千万美元的合同,继续进行NCADE的研发。Raytheon公司将在2013年交付首批20枚NCADE武器。

3.2 美国导弹防御技术发展趋势

尽管奥巴马政府上台后对小布什的导弹防御计划进行了一些调整,但是从导弹防御发展历程和现状综合分析,可以得到以下判断。

1) BMDR报告认可、确认要继续发展BMD,再次说明BMD已经成为国内共识。

在美国导弹防御多年持续不断发展的情况下,新的BMDR表明,发展弹道导弹防御已成不可逆转的趋势,两党的分歧已经缩小到如何发展问题上,国内阻力基本消失。从发展现状看,导弹防御系统已经部署并形成初步防御能力,导弹防御系统国家合作日益扩大,国际社会的压力越来越小;从战略意图看,导弹防御系统是美国拉拢盟国、推进空间技术、占领战略制高点的重要手段,不会轻易放弃。奥巴马政府只是对布什政府的导弹防御系统计划进行了一些小调整,其目的是为了收缩战线,以更加有针对性地发展导弹防御系统。

2) 调整后的导弹防御系统发展将更加稳步,更加务实,实战性能将得到逐步提升。

BMDR提出未来将提升防御系统的可靠度,增加验证试验。其途径至少有3条:一是加强试验验证,提升技术成熟度;二是通过增加传感器,解决目标识别问题,提升拦截成功率;三是通过发展早期拦截能力,创造多次拦截机会,提升拦截任务的可靠性。因此,未来的导弹防御系统将更加稳健、可靠、皮实。

3) 海基中段防御系统(SMD)可能成为今后部署、改进的重点方向。

从拦截飞行试验的统计结果看,海基中段防御系统(SMD)比地基GMD更成熟可靠,而且现有宙斯盾防御系统的适应性更强,是实现海基、陆基灵活部署、拦截弹灵活发射的重要手段。

4) 新导弹防御计划继续强调国际合作,导弹防御能力正在逐步扩散。

美国大力加强同日本、台湾、澳大利亚、印度等国家和地区的导弹防御合作,导弹防御能力在欧洲和亚太地区不断扩散。

4 结束语

美国导弹防御系统采取“边试验边部署”的策略,其未来导弹防御的发展无论是在规模还是在技术能力上均有较大的不确定性,但其主要的发展趋势不会改变。随着导弹防御技术的进步,美国导弹防御系统将更加成熟、可靠,实战能力将不断提升。

参考文献:

- [1] Patrick J. O'Reilly, Ballistic Missile Defense Overview For The 13th Annual Space And Missile Defense Conference. [EB/OL]. [2010-09-26]. http://www.mda.mil/global/documents/pdf/bmds_briefing10c.pdf.
- [2] MDA. Ballistic Missile Defense Intercept Flight Test Record [EB/OL]. [2010-11-02]. <http://www.mda.mil>.
- [3] Department of Defense United States of America, Ballistic Missile Defense Review Report, February 2010 [EB/OL]. http://www.defense.gov/bmdr/docs/BMDR%20as%20of%2026JAN10%200630_for%20web.pdf, February 2010.
- [4] Aviationweek. GBI Test Failure Result of Two Problems [EB/OL]. http://www.aviationweek.com/aw/generic/story_channel.jsp?channel=defense&id=news/asd/2010/04/06/07.xml&headline=GBI%20Test%20Failure%20Result%20of%20Two%20Problems, Apr 6, 2010

(责任编辑 周江川)