

引用格式: 高劲松, 赵华超, 田省民. 空空导弹的两种全向攻击方式的关系[J]. 电光与控制, 2018, 25(12): 16-20. GAO J S, ZHAO H C, TIAN X M. On relationship between two modes of AAM's all-aspect attack[J]. Electronics Optics & Control, 2018, 25(12): 16-20.

空空导弹的两种全向攻击方式的关系

高劲松¹, 赵华超², 田省民³

(1. 光电控制技术重点实验室, 河南 洛阳 471000; 2. 中国空空导弹研究院, 河南 洛阳 471000;

3. 空军装备研究院, 北京 100076)

摘 要: 空空导弹全向攻击包括以目标为中心的全向攻击和以本机为中心的全向攻击两种方式。从概念、攻击区表示方式、典型攻击距离计算、战斗机座舱显示和技术上关注的问题等5个方面探究了全向攻击的这两种方式之间的关系, 认为: 1) 以目标为中心的全向攻击更侧重导弹和目标的关系, 而以本机为中心的全向攻击更偏重本机和目标的关系, 从整个攻击过程看, 前者是攻击过程的开始端, 而后者是攻击过程的末端; 2) 以目标为中心的全向攻击是以本机为中心的全向攻击的研究基础, 但由于所采用研究工具不同, 所以这两者的研究方法和研究内容极为不同, 后者仍需继续探索。

关键词: 全向攻击; 以本机为中心的全向攻击; 空空导弹; 火控

中图分类号: V271.4 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-637X.2018.12.004

On Relationship Between Two Modes of AAM's All-Aspect Attack

GAO Jin-song¹, ZHAO Hua-chao², TIAN Xing-min³

(1. Science and Technology on Electro-Optic Control Laboratory, Luoyang 471000, China;

2. China Airborne Missile Academy, Luoyang 471000, China; 3. Equipment Academy of Air Force, Beijing 100076, China)

Abstract: There are two modes for air-to-air missile's all-aspect attack: target-centered all-aspect attack and all-aspect attack of the launch platform. The relationship between the two modes are studied from five aspects of concept, representation of attack envelope, calculation of typical attack ranges, display in cockpit, and key technical problems. It is concluded that: 1) The target-centered all-aspect attack pays more attention on the relation of the missile with the target and is the beginning of attacking, while the all-aspect attack of the launch platform pays more attention on the relation of the launch platform with the target and is the ending of attacking; and 2) The target-centered all-aspect attack is the basis for studying the all-aspect attack of the launch platform, but the methods and contents of study are quite different due to the different tools used.

Key words: all-aspect attack; all-aspect attack of the launch platform; air-to-air missile; fire control

0 引言

空空导弹全向攻击包括以目标为中心的全向攻击和以本机为中心的全向攻击两种方式。在全向攻击方面, 包括以目标为中心的全向攻击和以本机为中心的全向攻击, 已经开展了许多工作^[1-8], 但没有文献对这两种方式之间的关系进行研究和比较, 本文基于前人工作, 对这两种方式进行研究和比较, 并提出一些新观点。

1 在概念上的比较

早期由于技术发展水平的原因, 全向攻击(或全球

攻击, All-Aspect Attack) 是指歼击机可以从目标的前方、后方和两侧等各个方向发射导弹攻击目标, 见图1。实际上, 也就是以目标为中心的全向攻击。

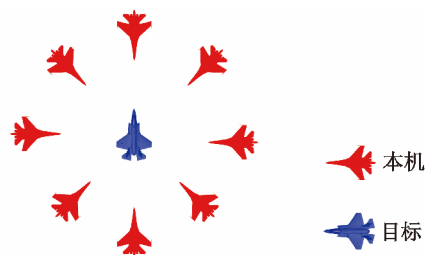


图1 以目标为中心的全向攻击

Fig. 1 Target-centered all-aspect attack

以本机为中心的全向攻击(All-Aspect Attack of the Launch Platform)^[9]就是本机可以发射导弹攻击位于本机周围各个方向的敌机, 见图2。具有以本机为

收稿日期: 2017-09-25

修回日期: 2018-01-24

基金项目: 航空科学基金(2016ZC13005)

作者简介: 高劲松(1969—)男, 辽宁盖州人, 博士, 高工, 研究方向为火控总体、火控新原理和无人机。

中心的全向攻击能力正在成为当前战斗机作战能力发展的重要方向。

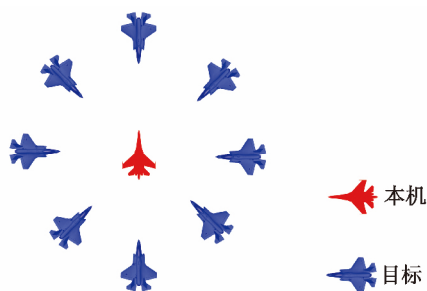


图 2 以本机为中心的全向攻击

Fig. 2 All-aspect attack of the launch platform

2 在攻击区表示形式上的比较

攻击区就是,对于确定的本机和目标,计算出的导弹在给定条件下的有效边界或区域,攻击区又称发射区和发射包络^[1]。

攻击区的表示包括多种形式,但是目的都是相同的,都是为了显示在给定条件下空空导弹的有效边界和区域。在仿真中根据变化量的不同,分为高度攻击区、目标进入角水平攻击区和本机发射角水平攻击区。

2.1 进入角水平攻击区

进入角水平攻击区就是,对于确定的本机和目标,在水平面内计算出的导弹在给定条件下随目标进入角变化的有效攻击边界或区域^[1],见图 3^[10]。这种攻击区的优点是飞行员可以了解目标不同进入角的攻击距离。

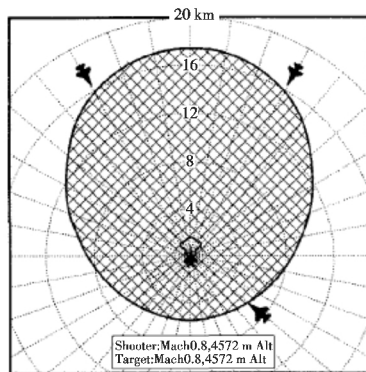


图 3 进入角水平攻击区

Fig. 3 Target centered horizontal LAR

进入角水平攻击区是最常见的一种攻击区,也用来考察某一个方案的导弹或比较不同导弹在同一高度下的性能,尤其是导引律的不同。

2.2 发射角水平攻击区

发射角水平攻击区就是,对于确定的本机和目标,在水平面内计算出的导弹在给定条件下随本机发射角变化的有效攻击边界或区域^[1],见图 4^[10]。计算该攻击

区时,一般发射时目标的进入角固定。

这种攻击区既能真实反映空战中以本机飞行员为中心、在不同发射角下对同一个目标攻击距离的情况,又能直观了解某一个方案的导弹或者比较不同导弹在同一高度下攻击以一定航线飞行的目标的性能。

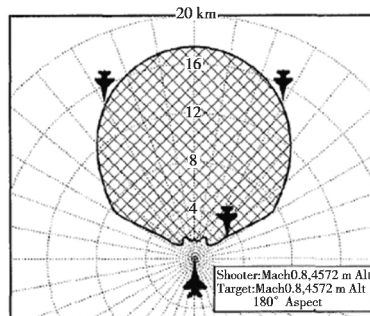


图 4 发射角水平攻击区

Fig. 4 Shooter centered horizontal LAR

2.3 高度攻击区

高度攻击区就是,对于确定的本机和目标,计算出的导弹在给定条件下随高度变化的有效攻击边界或区域^[1]。计算高度攻击区时,一般来说发射时本机发射角固定,目标进入角固定,本机和目标的速度相同。由于在本项目的研究中不会涉及高度攻击区,所以这里就不再进行解释,但是需要指出的是,高度攻击区实际上也可以进一步分成以本机为中心和以目标为中心的高度攻击区,见图 5 和图 6^[10],常见的是以目标为中心的高度攻击区。

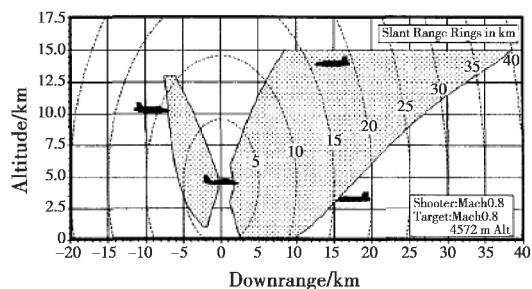


图 5 以目标为中心的高度攻击区

Fig. 5 Target centered vertical LAR

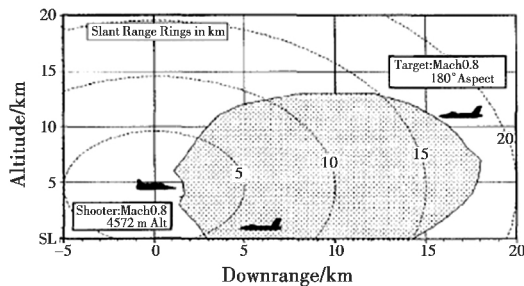


图 6 以本机为中心的高度攻击区

Fig. 6 Shooter-centered vertical LAR

2.4 进入角水平攻击区和发射角水平攻击区的关系

攻击区从空间上看,可以分为水平攻击区和高度攻击区;从参考对象上看,可以分为以目标为中心进行描述的攻击区(即进入角水平攻击区)和以本机为中心进行描述的攻击区(即发射角水平攻击区)。尽管进入角水平攻击区和发射角水平攻击区的表现方式非常相似,但是两者物理意义并不同:前者可用于表示以目标为中心的全向攻击,不能用于表示以本机为中心的全向攻击;后者可用于表示以本机为中心的全向攻击,不能用于表示以目标为中心的全向攻击。

需要指出的是:在某种敌我态势条件下,例如,敌我两机正迎头对飞,我机发射导弹攻击前方的敌机,当需要表示导弹的最大发射距离时,是可以进入角水平攻击区来表示,也可以用发射角水平攻击区来表示的;但是在另外一些敌我态势条件下,例如,敌机处于我机尾后,我机发射导弹越肩发射攻击敌机,当需要表示导弹的最大发射距离时,并不方便使用进入角水平攻击区来表示,只能用发射角水平攻击区来表示。所以,进入角水平攻击区和发射角水平攻击区并不完全等价,不是在任何条件下都能互相转换的。

3 在典型攻击距离上的比较

导弹的主要战术技术指标包括几种典型攻击距离,它们是导弹火控性能设计最重要的要求之一。最常用的典型攻击距离包括以下 5 种^[1]。1) 最大发射距离:在规定的发射条件下,目标不机动时导弹飞行的最大距离,一般记作 $R_{\max 1}$ 。2) 最小发射距离:在规定的发射条件下,目标不机动时导弹飞行的最小距离,一般记作 $R_{\min 1}$ 。3) 不可逃逸攻击距离:在规定的发射条件下,目标无论如何机动也不能摆脱导弹攻击的最大发射距离和最小发射距离,一般记作 $R_{\max 2}$ 和 $R_{\min 2}$,也称为 E-极(E-POLE)。4) F 极:导弹命中目标时载机与目标的距离。5) A 极:导弹导引头截获目标时载机与目标的距离。

若以进入角水平攻击区方式表示以目标为中心的全向攻击,则可以显示导弹的最大发射距离和最小发射距离,但是由于不可逃逸攻击距离定义本身的条件限制,进入角水平攻击区不方便显示不可逃逸攻击距离。若以发射角水平攻击区方式表示以本机为中心的全向攻击,则可以显示导弹的最大发射距离和最小发射距离,也可以显示不可逃逸攻击距离,见图 7^[10],从这里可以再次看到进入角攻击区和发射角攻击区是不能无条件互相转换的。

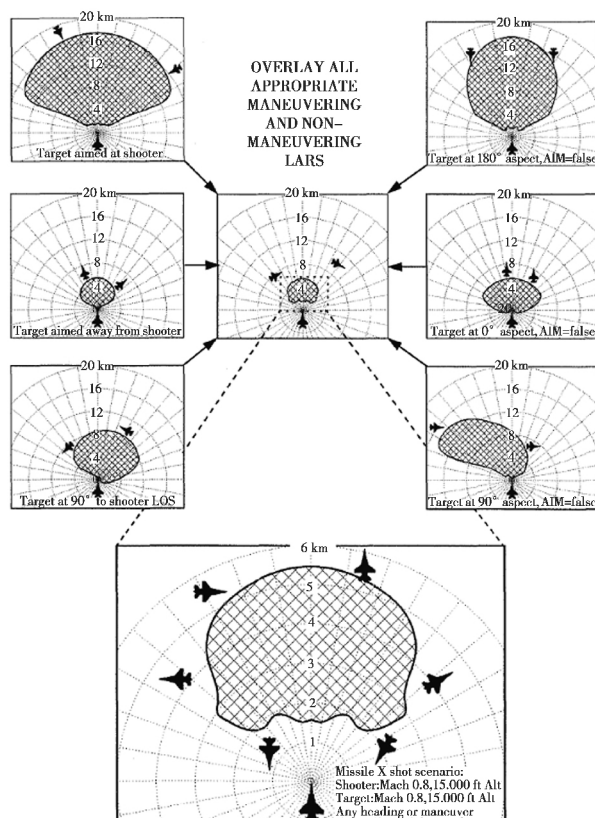


图 7 在以本机为中心进行描述的攻击区内的不可逃逸区示意图

Fig. 7 Shooter centered horizontal no-escape LAR

4 战斗机座舱显示上的比较

目前国外战斗机的显控系统中,在平显和多功能显示器上显示给飞行员的导弹作战态势信息都是以飞行员为中心,因为这样方便飞行员对当前态势的了解。例如,美国 F-16 战斗机在平显上以条带状显示了 AIM-9 的最大发射距离($R_{\max 1}$)、最小发射距离($R_{\min 1}$)和不可逃逸攻击距离($R_{\max 2}$ 和 $R_{\min 2}$)。

又如在 F-22 主多功能显示器右侧的攻击显示器^[11]上,显示有导弹发射控制标尺和敌我导弹的投放距离包线。实际上,从攻击区形式上理解,上述显示都是发射角攻击区的某种变形,而与进入角攻击区无关,随着日后装备性能的进一步提高,还会用以本机为中心的全向攻击方式表示出更多的作战探索信息,例如,在 F-35 上显示的敌方威胁区,实际上就是敌机导弹的以本机为中心的全向攻击区。

5 技术上关注问题的比较

5.1 以目标为中心的全向攻击关注的问题

以目标为中心的全向攻击关注的问题已列入大学

的导弹飞行力学^[12]教材中,即允许攻击区问题。所谓允许攻击区是指导弹在此区域内按追踪法导引飞行,其飞行弹道上的需用法向过载均不超过可用法向过载值。因为采用追踪法导引的导弹的绝对速度始终指向目标,相对速度总是落后于目标线,不管从哪个方向发射,导弹总是要绕到目标的后面去命中目标,这样导致导弹的弹道较弯曲(特别在命中点附近),需用法向过载较大,要求导弹有很高的机动性。由于可用法向过载的限制,导弹不能实现全向攻击,这里的全向攻击就是以目标为中心的全向攻击。因为攻击禁区的存在,以目标为中心的全向攻击实际上并不容易,需要解决的一个关键问题就是增大允许攻击区,设法使导弹可以从目标的各个方向攻击目标。

需要指出的是,由于目标处于导弹的前方,在以目标为中心的全向攻击的研究中不会考虑如何获取本机侧后方目标信息的问题。

5.2 以本机为中心的全向攻击关注的问题

相对于以目标为中心的全向攻击关注的问题,以本机为中心的全向攻击关注的问题仍在探索中,可能有些问题到现在都未必能完全意识到,例如,发射角攻击区的机理问题。

以本机为中心的全向攻击就是要攻击位于本机周围各个方向上的敌机。由于已经解决了攻击位于本机前方目标的问题,所以以本机为中心的全向攻击最早关注的是越肩发射问题^[13],也就是攻击位于本机后方

目标的问题。只有在解决了越肩发射问题的基础上,才可能解决以本机为中心的全向攻击问题。由于越肩发射包括前射和后射两种发射方法^[14],而后射这种发射方式无法进行以本机为中心的全向攻击,所以确切地说,以本机为中心的全向攻击主要关注的是越肩发射的前射问题。

随着攻击尾后目标的越肩发射向工程化的推进,以本机为中心的全向攻击又出现了另一个问题:目标信息获取问题,即在以本机为中心的全向攻击过程中如何获得尾后目标的信息。因为一般的战斗机上只有获取前方目标信息的前向雷达,而没有获取全向信息的全向雷达,而且按目前美国、俄罗斯、法国、英国的相关技术发展趋势看,都没有发展全向雷达的打算,所以解决这个问题的技术途径可以考虑第三方制导^[15-16],以及采用不完全信息制导^[17]。

需要指出的是,在进行以本机为中心的全向攻击研究中,可能会遇到以目标为中心的全向攻击需要关注的问题。

6 两种全向攻击方式的关系

“响尾蛇”AIM-9 是美国空空导弹家族中历史最悠久、最重要的系列产品之一,其全系列发展历程涵盖了从第一代到第四代的红外空空导弹,展现了从目标尾后攻击到可以从目标各个方向攻击(即以目标为中心的全向攻击)的发展过程,见图 8^[18]。

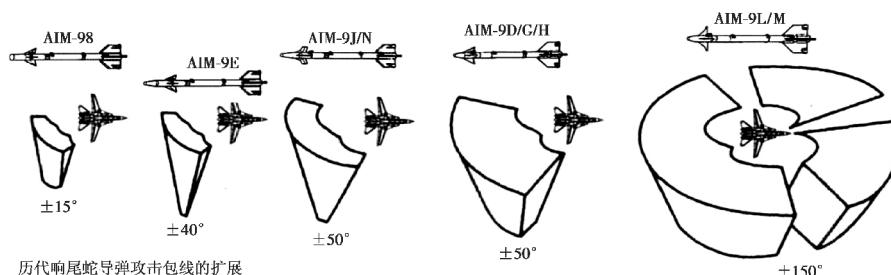


图 8 响尾蛇系列导弹攻击包线

Fig. 8 Target-centered LAR of AIM-9 series

图 9 所示为新的以目标为中心的全向攻击的表示方法。

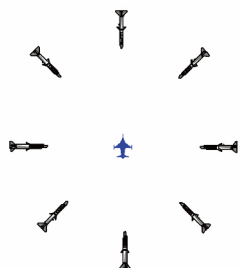


图 9 新的以目标为中心的全向攻击的表示方法

Fig. 9 New approach of target-centered all-aspect attack

当前“响尾蛇”导弹所谓的全向攻击能力就是以目标为中心的全向攻击。与以本机为中心的全向攻击相比较而言,以目标为中心的全向攻击更侧重导弹和目标的关系,从这个角度看,用图 9 来表示以目标为中心的全向攻击似乎比图 1 更贴切。

相对而言,以本机为中心的全向攻击更偏重本机和目标的关系。以目标为中心的全向攻击中的导弹在目标的周围指向或大致指向目标,而以本机为中心的全向攻击就必须要考虑本机如何获取目标信息的问题,前向攻击只是以本机为中心的全向攻击的一部分,或者是简单情况,而一般战斗机都有前向雷达,于是就默认可以

获得目标的信息,但是对于侧向和后向目标就不得不考虑这个问题了,另外就是还必须考虑导弹从攻击开始端到末端的变化问题,如果只是攻击前方目标,这种变化还不小,但是如果真正地要以本机为中心的全向攻击,就需要攻击位于本机侧后方的目标,那么这种变化就非常大,以致要考虑改善本机火控系统和导弹的一些性能,以适应这种巨大的变化。例如,对火控而言,要考虑侧后向目标传感器、武器数据链以及相对应的火控算法等;而对导弹而言,则要考虑制导律、导弹发动机的推力变化、大转弯的阻力等。所以,从整个攻击过程来看,以本机为中心的全向攻击是攻击过程的开始端,而以目标为中心的全向攻击是攻击过程的末端,这也是二者的关系。当然,如同“响尾蛇”从目标尾后攻击发展到可以进行以目标为中心的全向攻击一样,从最初定轴发射到后来离轴发射,导弹可攻击的范围越来越大,见图 10^[19]再到越肩发射,乃至未来最终实现以本机为中心的全向攻击,这也是战斗机攻击能力提升的发展趋势。

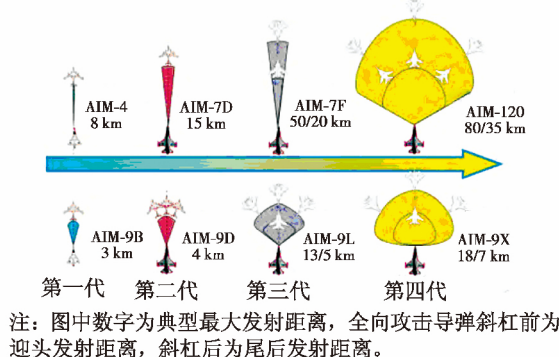


图 10 空空导弹的发展

Fig. 10 Development of A-A missiles

从出现的时间看,以目标为中心的全向攻击出现于以本机为中心的全向攻击之前,对以目标为中心的全向攻击的研究有助于对以本机为中心的全向攻击的研究,如果导弹不能从各个方向攻击目标,就无法奢谈可以攻击更多方向的目标,前者是后者的研究基础之一。但是,由于这两者的概念相差很大,所采用研究工具(分别采用了进入角攻击区和发射角攻击区)貌合神离,以及关注点不同(前者更侧重导弹和目标的关系,后者更侧重本机和目标的关系),所以这两者的研究方法和研究内容并不完全相同,对后者的研究可以借鉴前者,但是绝不能拘泥于前者。相对于早已开展研究、较为成熟的以目标为中心的全向攻击,以本机为中心的全向攻击仍需要探索,甚至还需要在探索过程中不断凝炼问题,进行更深入的研究。

7 结束语

从字面看,以目标为中心的全向攻击和以本机为

中心的全向攻击只有两字之差,因为在很多环境或语境下,都被直接简化为全向攻击而被混淆,但是这两者在文中所述的 5 个方面差异较大,而且它们之间关系复杂,所以仍需要继续研究。

参考文献

- [1] 樊会涛. 空空导弹方案设计原理 [M]. 北京: 航空工业出版社, 2013.
- [2] 柯浩, 过崇伟, 周慧钟. 全向攻击比例导引律的优化及其攻击特性研究 [J]. 北京航空航天大学学报, 1991 (3): 118-126.
- [3] 李忠应, 李秋月. 空-空导弹全向攻击最优制导规律研究 [J]. 航空学报, 1991, 12(3): 119-127.
- [4] 王宏伦, 龚诚, 佟明安. 全向攻击空空导弹发射包线的快速精确拟合 [J]. 系统工程与电子技术, 1998(6): 9-13.
- [5] CLOUTIER J R, STANSBERRY D T. All-aspect acceleration-limited homing guidance [C]//Proceedings of the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference, 1999: 633-639.
- [6] 高劲松. 以本机为中心的全向攻击 [J]. 国际航空, 2007 (9): 35.
- [7] 姜欢, 刘彦, 邢晓岚, 等. 空空导弹越肩发射全向攻击区计算 [J]. 飞行力学, 2007, 25(3): 26-29, 33.
- [8] 田省民, 雷迅, 陈哨东, 等. 未来空战全向攻击的需求分析 [J]. 电光与控制, 2013, 20(2): 11-14.
- [9] Weapons systems ANNEX F common solution/concept list (U) Air Force Mission Area Plan (MAP) [R/OL]. http://www.fas.org/man/dod-401/usaf/docs/mast/annex_f/index.html.
- [10] HERRMANN J W. Air-to-air missile engagement analysis using the USAF Trajectory Analysis Program (TRAP) [C]//AIAA Flight Simulation Technologies Conference, 1996: 148-158.
- [11] 杨伟. 美国第四代战斗机——F-22“猛禽” [M]. 北京: 航空工业出版社, 2009.
- [12] 钱杏芳, 林瑞雄, 赵亚男. 导弹飞行力学 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2000.
- [13] 高劲松, 吕颖, 蓝伟华. 一种新的火控原理——越肩发射 [J]. 国际航空, 1994(5): 57.
- [14] 高劲松, 陈哨东, 王丕宏. 越肩发射的两种方式 [J]. 火力与指挥控制, 1998, 23(4): 10-13.
- [15] WALL R. USAF maps amraam future [J]. Aviation Week & Space Technology, 2000, May 22: 28.
- [16] 高劲松, 季晓光, 赵春玲, 等. 第三方瞄准越肩发射火控原理研究 [J]. 电光与控制, 2009, 16(5): 1-4.
- [17] 蔡付东, 高晓光. 用于越肩发射的方位校正导引 [J]. 飞行力学, 2000, 18(1): 10-13.
- [18] 张明德. 认识真实的空空导弹(三)——空空导弹的实际效能与操作限制 [J]. 航空档案, 2007(8): 34-47.
- [19] 樊会涛, 崔颢, 天光. 空空导弹 70 年发展综述 [J]. 航空兵器, 2016(1): 3-12.