

空空导弹新型内埋轴向弹射发射技术探析

刘浩, 张士卫

(中国空空导弹研究院, 洛阳 471009)

摘要:提出了空空导弹的一种新型发射技术—内埋轴向弹射发射技术,该技术采用箱式发射形式,降低隐身战机发射空空导弹时的RCS,实现导弹发射的隐蔽性;首先介绍了该新型技术的研究背景,对新型内埋轴向弹射技术的在隐身战机武器舱内的总体布局进行了初步分析,并对相关关键技术进行了探讨,最后对其应用前景进行了分析和展望。

关键词:隐身战机;空空导弹;内埋轴向弹射;侧向发射;降低RCS;箱式发射

中图分类号:TJ306

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2013)09-0028-04

The Study of a New Concept of Airborne Missile Embedded Axial Launcher

LIU Hao, ZHANG Shi-wei

(China Airborne Missile Academy, Luoyang 471009, China)

Abstract: The paper put forward a new concept of airborne missile embedded axial launcher system. This new concept adopts box-shape for reducing stealth aircraft RCS when launching. The paper introduced the search background and expounded airborne embedded axial launcher layout in stealth aircraft. Key technology was study. Finally, foreground was expected.

Key words: stealth aircraft; airborne missile; embedded axial launcher; lateral launch; reduce RCS; box-shape launch

隐身是现代战机设计的主流设计形式,包括隐身战机和隐身无人作战飞机等。为了保证隐身战机在巡航以及突防过程中的隐身性能,国内外的先进空空导弹武器发射系统均采用内埋弹射发射方式^[1-4]。但是随着研究的深入,发现隐身战机在发射空空导弹过程中需要打开宽大的主武器舱门,并在导弹发射完成之后再关闭主武器舱门,整个过程需要持续6~10s,在此过程中,隐身战机的RCS急剧增加,如此之长的时间和急剧增加的RCS强度足够敌方雷达搜索并稳定跟踪隐身战机,严重影响隐身战机安全。为了避免隐身战机在发射空空导弹时失去隐身性能,本文提出一种新型内埋轴向弹射发射技术。该新型技术致力于降低空空导弹发射时对隐身战机RCS的影响,实现隐蔽发射,提高空空导弹攻击的突然性。

1 国内外研究现状

1.1 内埋弹射发射研究现状

隐身战机内埋弹射发射技术以美国LAU-142/A为典型代表,其采用的是从机腹横向向下弹射的发射方式。LAU-142/A内埋弹射发射装置能够以40g的过载和8.1m/s的分离速度将导弹向下弹射出去,并保证导弹在穿过气流在机体表面形成的附面层后,以合适的姿态飞向目标^[1,3]。F-22飞机的武器舱展开图见图1和图2。从图中可以看出,当隐身战机弹射发射导弹时,由于宽大的武器舱门的打开,其RCS将急剧增高,严重影响载机隐身性能。另一方面,发射时需要提前打开宽大的武器舱门,暴露了己方的攻击意图,大大削弱了空空导弹的隐身静默作战效能。

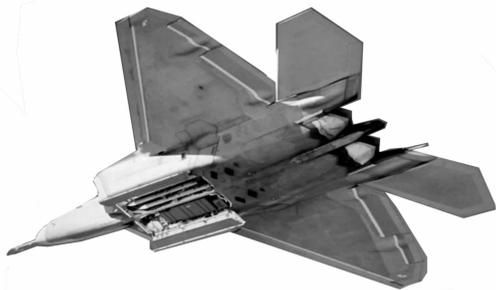


图1 F-22 弹射发射空空导弹全图

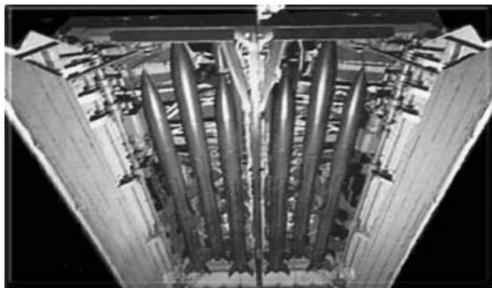


图2 F-22 弹射发射空空导弹

1.2 内埋轴向弹射发射技术

内埋轴向弹射发射技术在世界范围内至今还未见应用于任何定型型号,除了一些专利有类似报道外,几乎无其他公开报道的文献。图3为国外某专利文献报道的半埋轴向弹射装置图,其采用了空空导弹一种新型发射思路—半埋式轴向弹射发射。其总体设计思路:半埋式武器舱位于机腹下表面,为了避免导弹发射时与载机进气道的结构和气动影响,武器舱凸出机腹下表面一定高度,以保证导弹能够从发射口弹射而出,另外为了实现全方位发射,武器舱被设计成可旋转式。导弹发射时不从正前方发射,而是从机身侧面发射。

该方案的优点:采用半埋式轴向弹射技术,可以降低战机的气动阻力和雷达反射截面积 RCS,并且采用轴向弹射发射方式,使上下双层布局可为可能,大大增加载机的载弹量,提高了载机的作战效能。

该方案的缺点:采用半埋式布局,武器舱凸出机腹下表面,因此必然会产生一定的气动阻力和雷达反射截面积 RCS,因此不适合于追求高隐身性能的隐身战机。

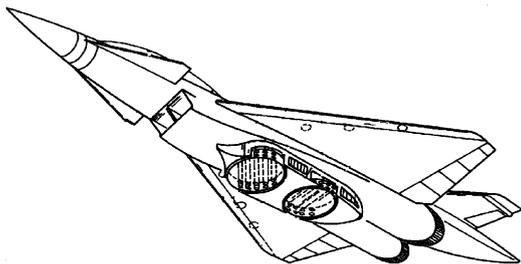


图3 某专利可旋转式半埋轴向弹射发射装置

2 新型内埋轴向弹射发射技术组成和工作原理

新型内埋轴向弹射发射技术以隐身战机为武器平台,包括四代隐身战机、隐身无人战机以及未来其他先进隐身平台。内埋轴向弹射发射装置基本组成:发射箱箱体、导轨、弹射机构(包括活塞、定滑轮、钢丝绳、拖弹座等)、动力系统、缓冲止动机构等组成,如图4所示。

新型轴向弹射发射装置弹射工作原理:当导弹接到发射指令后,弹射动力系统储存的高压冷气或药柱高压燃气通过进气口进入导轨内腔即活塞腔,活塞腔形成的气体压力推动活塞沿着活塞腔向导轨尾部高速滑行,钢丝绳一端固定在活塞上,在绕过导轨前端的定滑轮后另一端与拖弹座固结,导弹后滑块卡在拖弹座中。由于活塞的高速向后运动,因此钢丝绳必然牵着拖弹座沿着导轨向前滑动,从而带动导弹从前箱门弹射而出。

新型轴向弹射发射技术对载机导弹发射时低 RCS 原理:采用箱式发射方式,每一个发射箱内置一枚导弹,导弹发射时不再需要打开机腹宽大的武器舱门,其他不发射导弹的发射箱前箱门也不打开,只打开需要发射导弹的发射箱的前箱门,因此大大缩减了导弹发射开口面积,开口面积约为武器舱开口的5%左右,因此导弹发射时对载机 RCS 的影响较小,另外箱体和导轨选用结构吸波型复合材料,进一步缩减载机发射导弹时的 RCS。

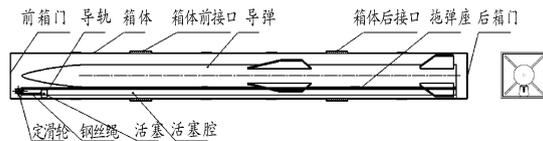


图4 新型内埋轴向弹射发射装置

3 轴向弹射技术于载机武器舱布局研究

3.1 水平挂飞倾斜伸出发射

该方案的机内武器舱布局思路:发射箱水平正前方布置,挂飞时发射箱收缩在武器舱内,当需要发射时,发射箱在活塞缸的作用下低头,达到要求的的角度后,发射箱保持稳定,然后进行导弹发射。该布局示意图如图5所示。

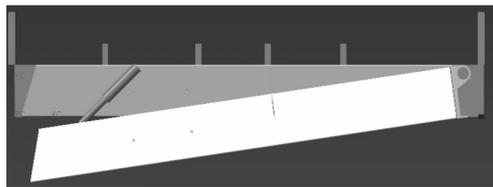


图5 水平挂飞伸出发射布局

该方案的优点是结构布局较为紧凑,发射初始倾角较大,发射安全性较高。主要缺点:发射过程较为复杂,不适合

空空导弹快速反应的作战环境,容易贻误稍纵即逝的战机;运动执行机构较多,会增加发射装置的总质量和设计体积,对可靠性也有一定影响;发射箱伸出载机机腹面以下,会影响隐身载机的隐身性能和气动性能,并且暴露了攻击意图。

因此总体来说,本文认为水平挂发射布局缺点多于优点,不是内埋轴向发射箱机内布局的理想方案。

3.2 固定倾斜正前向发射布局

为了简化发射流程,实现快速发射,可以考虑固定倾斜正前向发射布局方式。该布局的总体思路:轴向弹射发射装置固定安装于武器舱内,为了实现导弹发射与进气道无结构干涉和气动干扰,并保证导弹从武器舱内弹射而出,轴向弹射发射装置相对于机身有一定的倾斜角,如图6所示。该布局方式需要在机腹下表面形成一个“鼓包”形的凸出特征,“鼓包”的前端倾斜面为导弹发射口。

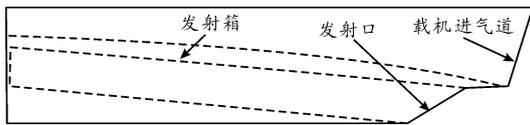


图6 倾斜正前向发射布局图

该方案主要优点:发射箱固定于机腹内,发射过程简单,发射反应速度快,发射姿态稳定。该方案的主要缺点:机腹下边将存在一个“鼓包”式的武器舱和发射口倾斜面,从而增加了载机的机身的高度,因此将增加载机的气动阻力和雷达截面反射面积 RCS。

3.3 正前向发射布局

为了避免倾斜发射式布局“鼓包”设计,降低对战机的气动和 RCS 影响,可考虑将战机的进气道上置或后置,现阶段世界上很多无人机均采用进气道上置或后置的布局。

进气道上置或后置,内埋轴向弹射发射装置以及空空导弹可水平正前向的布局在机身前部,导弹发射时将不再存在与进气道的结构干涉和气动影响。因此在无人作战机领域,新型内埋轴向弹射发射技术具有较好的应用前景。

3.4 侧向发射布局

为了尽量避开进气道的影响,可考虑轴向弹射装置从战机的两侧壁发射的方式。从战机侧壁发射,导弹发射后被赋予较大的偏航方向的角度,可最大限度的与进气道不产生相互影响。另外采用机身侧壁发射方式,能够避免限度的避免地面雷达、军舰雷达和空中前方 $\pm 40^\circ$ 方向内敌机雷达的探测监视,因此具有非常理想的发射隐蔽性,使敌机无法获知我方攻击意图,大大提高我方战机的作战效能。侧向布局如图7和图8所示。

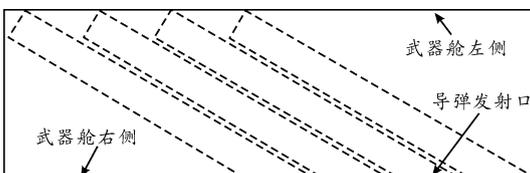


图7 侧向发射单层布局俯视图

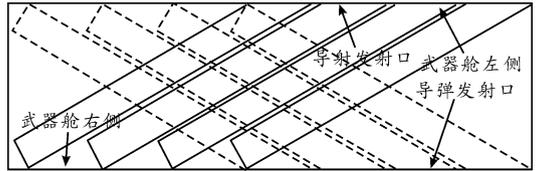


图8 侧向发射双层布局俯视图

侧向发射布局优点:侧向发射不需要增加飞行器平台的鼓包特征,因此飞行器具有较好的隐身和气动性能,另外发射箱与航向具有一定角度,约在 $40^\circ \sim 50^\circ$ 之间,因此能够极好的降低战机前向 $\pm 40^\circ$ 的雷达反射截面 RCS^[8],实现发射过程的隐蔽性,最终实现攻击敌方目标的突然性。轴向弹射发射技术具备双层布局的可能性,因此只要武器舱空间允许,载弹量将达到 $10 \sim 12$ 枚,大大提高隐身战机的载弹量。另外隐身战机能够左右侧双弹齐射,实现对敌方目标的钳形攻击。

侧向发射的缺点:侧向发射布局武器舱前后跨度比较大,因此对飞行平台的总体结构设计有一定要求。

4 内埋轴向弹射关键技术探析

对新型内埋轴向弹射发射技术的关键技术进行初步探讨。其关键技术主要包括大行程弹射内弹道技术、小后坐力弹射技术、发射箱低 RCS 设计技术等。

4.1 大行程弹射内弹道设计技术

内弹道设计涉及弹射动力总能量设计、弹射峰值过载控制、弹射速度设计等。对于新型轴向弹射发射技术来说,其主要的一个内弹道特点:弹射腔作行程非常长,以某导弹为例,假如弹体长 4 m ,则其弹射行程将达到 3.5 m ,如何保持在 3.5 m 长的行程上气体作动压力不大幅衰减将是一个设计难点;由于储备的弹射能量大,因此容易造成弹射初始过载成尖峰形,弹射初始过载过大。因此,为了达到较优的内弹道设计,若弹射能量采用燃气药柱,则需要采用增面燃烧形式^[5,6],若弹射能量采用冷气源形式,则需要采用变截面流量控制技术。

4.2 小后坐力弹射发射技术

采用轴向弹射技术,为了保证发射安全性,需要较高的离箱初始速度,初始速度越大,导弹能够迅速脱离战机的气动影响范围,提高机弹分离安全型,并且降低发射导弹与战机的相互 RCS 影响。但是弹射初始速度越大,弹射反作用过载也越大,对战机的反作用力载荷也越大。

假设某导弹质量约 200 kg ,导弹长度 4 m ,有效弹射行程 3.5 m ,若离箱速度需要达到 30 m/s ,则弹射峰值过载可能达到 20 g ,弹射反作用力峰值将达到 4 T 。若离箱初始速度希望达到 50 m/s ,则弹射峰值过载可能达到 55 g ,弹射反作用力峰值将达到 11 T 。因此,如何降低弹射发射时的反作用过载显得尤为必要。

降低弹射反作用过载主要方案有:优化内弹道设计,降低弹射压力峰值。弹射腔的峰值压力对弹射过载具有直接

的影响,一般来说,压力腔的压力曲线特性是先迅速增加到最大值,然后压力逐渐降低,因此保证弹射腔的弹射压力稳定不出现尖峰峰值将能有效降低弹射峰值过载。采用平衡发射原理,抵消前向动量。平衡发射原理在火炮发射技术领域应用较广,对于机载内埋的轴向弹射装置,可以考虑发射时向发射装置后方高速喷射气流的方式抵消导弹发射前向动量,降低导弹发射对载机的反作用载荷^[7]。但是向后方喷射气流的形式将增加动力系统的负担,使动力系统总储备能量更大。

4.3 发射箱低 RCS 设计技术

新型内埋轴向弹射发射技术致力于尽量降低隐身战机飞行以及发射时的 RCS,为了实现这个目的,本文认为轴向弹射发射装置采用从战机侧壁侧向发射的布局为较为理想的布局,侧向发射使发射箱箱口与战机航向具有一定偏角,该偏角在 40°以上,因此能够有效的避免战机正前方 ±40°的雷达探测,也可以避免战机下方的雷达探测^[8]。

另外通过箱口结构设计、箱体结构设计、箱体材料选用结构吸波型复合材料以及涂覆吸波材料等手段也可降低轴向弹射发射装置的 RCS^[9,10]。

5 结束语

提出了隐身战机发射空空导弹的一种新型发射技术,即内埋轴向弹射发射技术,用于缩减隐身战机发射导弹时的 RCS。本文对该技术在隐身战机武器舱的布局进行了初步分析,并对内埋轴向弹射发射技术的关键技术进行了一定探讨。得出结论如下:新型内埋轴向弹射发射装置箱门开口小,且箱体为结构型吸波复合材料,以此实现隐身战机导弹发射时的低 RCS;在无人作战飞机领域,战机进气道一般前置或后置,新型内埋轴向弹射发射技术在该领域具有良好的应用前景;侧向发射布局能够最大限度的降低导弹发射时对气动和 RCS 影响,尤其是双层布局可以实现战机高密度内

埋,并能实现双弹齐射的钳形攻击。侧向发射布局在武器舱空间较大的空优战斗机领域具有良好的应用前景;大行程内弹道设计对保证弹射离箱初始速度和降低弹射峰值过载具有重要影响,对于燃气药柱式的动力系统可采用增面燃烧方式,对于冷气式动力系统需要采用变截面流量控制技术;轴向弹射后坐力比较大,需要进行优化设计和缓冲。

参考文献:

- [1] 冯金富,杨松涛,刘文杰. 战斗机武器内埋关键技术综述[J]. 飞航导弹,2010(7):71-74.
- [2] 常超,丁海河. 内埋弹射武器机弹安全分离技术综述[J]. 现代防御技术,2012(10):67-74.
- [3] 张士卫. 弹射装置刚柔耦合动力学分析[J]. 科学技术与工程,2010(22):5456-5460.
- [4] 梁晓庚. 飞机隐身技术与未来空空导弹的发展[J]. 战术导弹控制技术,2007(1):13-16.
- [5] 张柏生. 火药燃烧理论[M]. 上海:华东工学院,1988.
- [6] 阎太忱. 火炮内弹道学[M]. 南京:国防工业出版社,1975.
- [7] 严世泽. 高低压发射火箭稳炮稳速试验研究[J]. 兵工学报,1995(4):1-5.
- [8] 黄坤. 隐身飞机目标探测方法研究[J]. 舰船电子工程,2010(5):6-10.
- [9] 张剑. 导弹发射箱结构优化设计[J]. 四川兵工学报,2012(8):60-63.
- [10] 蔡健. 发射箱复合材料箱体的设计与选材[J]. 四川兵工学报,2010(8):36-39.
- [11] 齐铎,范惠林,陈丹强. 空空导弹发射装置数据采集系统[J]. 兵工自动化,2012(9):9-11.

(责任编辑 周江川)