

图表目录

图表 1: 制导炸弹的特点	4
图表 2: 美国航空制导炸弹谱系图	6
图表 3: GBU-39/B 与 BRU-61/A 挂架	8
图表 4: GBU-39 打击加固机堡过程	8
图表 5: 一个 F-35 内置弹舱可挂载 4 枚 SDB 2	9
图表 6: SDB I 与 SDB II 参数区别	10
图表 7: SDB II 弹体结构	11
图表 8: SDB II 三模导引头外观	12
图表 9: TacNet 弹载数据链组件	13
图表 10: TacNet 弹载数据链特点	13
图表 11: BRU-61/A 挂架	13
图表 12: SDB 典型弹道	14
图表 13: 美军典型作战飞机挂载 SDB 数量	14
图表 14: 近十年美国弹药采购预算情况	15
图表 15: SDB I 采购预算 (右轴) 与数量 (左轴) 情况	16
图表 16: SDB II 采购预算 (右轴) 与数量 (左轴) 情况	16
图表 17: 航弹院部分产品	18
图表 18: 湖南云箭部分产品	19
图表 19: LS-6 250kg 制导滑翔炸弹	20
图表 20: FT 系列智能精导武器	21
图表 21: 飞腾装备营收情况	22
图表 22: 飞腾装备归母净利润情况	22
图表 23: 天箭科技营收情况	22
图表 24: 天箭科技归母净利润情况	22
图表 25: 雷科防务营收情况	23
图表 26: 雷科防务归母净利润情况	23
图表 27: 长城军工营收情况	24
图表 28: 长城军工归母净利润情况	24

航空制导炸弹：空中精确打击主要武器

近年来的几次局部战争表明，空中精确打击已成为现代高科技条件下主要的作战手段，航空制导炸弹以其作战效费比高等显著特点逐步成为空中精确打击使用的主要武器装备，受到世界各军事强国重点关注。

1.1 航空制导炸弹具有精度高、成本低、投放距离远的特点

制导炸弹是在普通炸弹上加装精确制导装置(如导引头、惯导与卫星导航等)及空气动力控制装置,与普通炸弹相比,制导炸弹具有精度高、成本低、投放距离远等特点。

图表1：制导炸弹的特点

特点	解释
精度高	普通炸弹精度不能精确打击地(海)面点目标、硬目标,作战使用时,往往采取大面积地毯式轰炸,以数量弥补精度的不足,大量破坏民用设施和伤害无辜平民。制导炸弹精度很高,可以直接命中目标要害部位,既可用于对人口稠密区内的军事目标实施精确攻击,又可避免毁伤其他民用设施,控制战争规模,因而可用于复杂战场环境中,实现外科手术式精确打击,以精度代能量,有选择地摧毁目标,成为现代高技术局部战争的主战兵器。
成本低	战争的持续性和武器装备的密集使用,武器弹药消耗巨大,因而对参战的武器装备的规模和数量提出很高要求。战场上的巨大消耗,使交战双方承受沉重的经济负担,即使是经济最发达的国家,在战争需求与经济能力上都存在着极大矛盾。科索沃战场首次使用的JDAM系列制导炸弹成本约1.8万美元,对比“战斧”巡航导弹,成本大大降低。
投放距离远	普通炸弹是无控的航空炸弹,只能攻击飞行员视线范围内或载机光学观测设备探测距离范围内的目标,命中精度主要受载机飞行高度与速度、载机投弹时的飞行姿态及战场气象条件的影响。为达到预期的命中精度,要求载机飞临目标区上空实施近距离低空投掷,使载机置于对方高炮和末端近程防空导弹杀伤空域内,自身安全受到严重威胁。制导炸弹则可利用弹上探测系统提供的目标信息、弹上惯性敏感器或卫星导航系统提供的自身信息和运动状态信息,控制或修正弹道偏差,命中精度与投放距离基本无关。因此,制导炸弹可以在敌方末端近程防御火力圈之外实现远距离攻击目标,有利于保护飞行平台的安全。

资料来源：《制导炸弹发展综述》范金荣，

高精度与低成本带来了高效费比。如越南战争期间，美军使用的 GBU 制导炸弹的圆概率误差为 3~4m，而普通炸弹的圆概率误差约 200 m，两者效费比之比为 100 比 1。据海湾战争、科索沃战争至阿富汗战场统计资料表明，制导炸弹与普通炸弹两者作战效费比之比为 25 比 1。高效费比还来自于对攻击目标的首发命中，在导弹武器攻防对抗日趋激烈的战场环境中，首发命中极为重要。

1.2 美国航空制导炸弹可分为 6 个谱系

美国航空制导炸弹除了早期的简单制导炸弹外，分为下列 6 个谱系：

1、**宝石路系列**：激光制导系列的宝石路，曾是美国航空制导炸弹的重要组成部分，2001 年后，单一制导的激光宝石路基本已经不再开发，只有功能更加完美的多模复合制导的增强型宝石路。

2、**JDAM 系列**：联合直接攻击炸弹是由波音公司为美国海军和空军联合开发的一种空投炸弹配件，安装在由飞机投放的传统炸弹上，将本来自由落体的传统航空炸弹转变为可控，并能在恶劣气象条件下使用的精确制导武器。弹药的制导功能是由炸弹尾翼控制附件以及全球定位系统或惯性导航系统提供，目前 GPS/INS 制导的 JDAM 系列也在朝多模复合化发展。

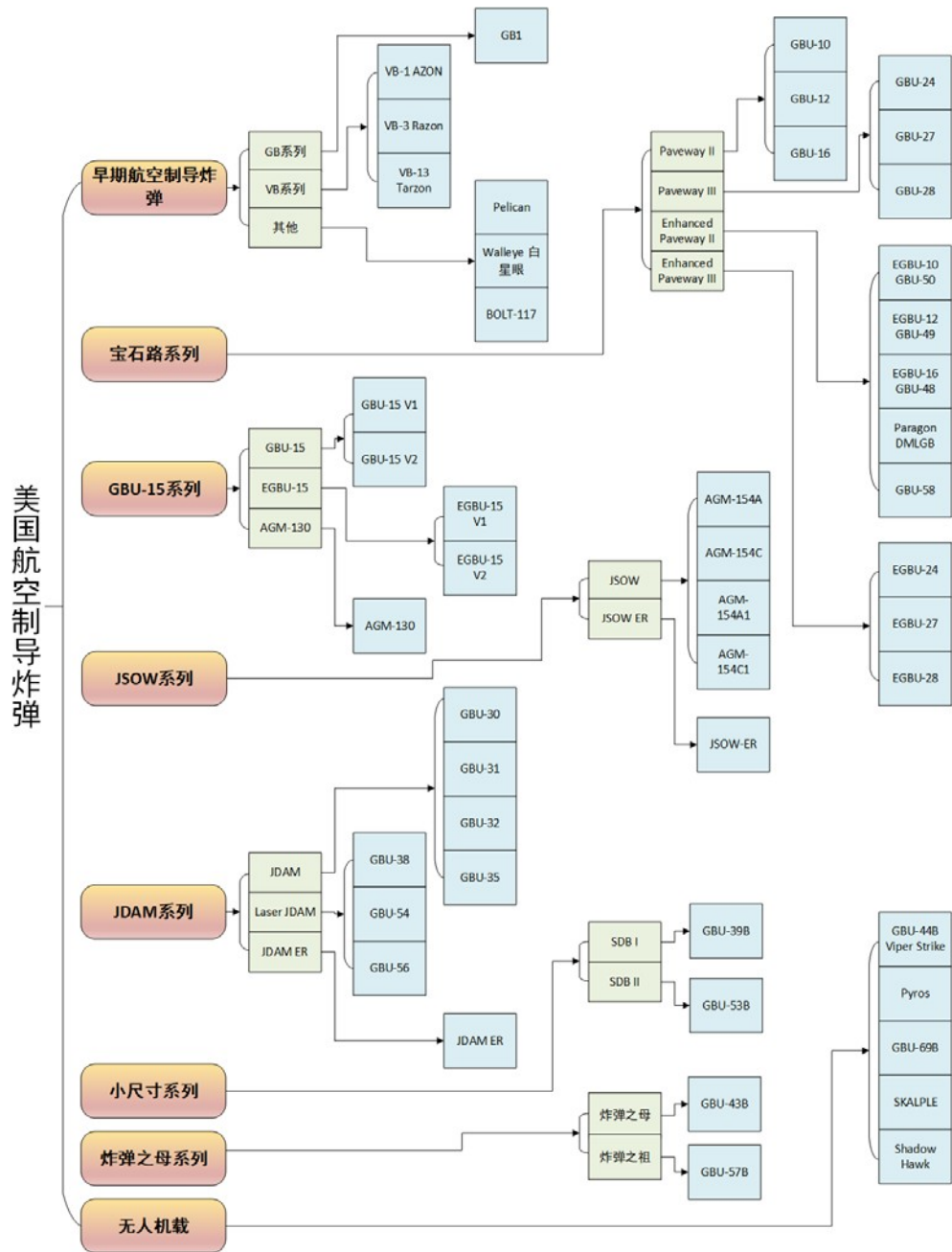
3、**GBU-15 系列**：一种多用途模块式制导滑翔炸弹，设计之初的主要目的是想改善飞机轰炸严密设防目标的突防能力和飞机自身的生存能力。采用模块式设计，每套装置近 20 万美元估计成本。该系列目前已基本废止，美国后对 GBU-15 系列进行了升级，升级后为 enhanced GBU-15 系列，即 EGBU-15。

4、**JSOW 系列**：联合防区外发射武器是美国海军和空军装备的一种无动力滑翔武器，是从多种战斗机和轰炸机上投放的空对地远射武器。

5、**SDB 系列**：小直径炸弹，当前航空制导炸弹绝大部分重心在小尺寸和无人机载炸弹上，小尺寸航空制导炸弹和无人机载航空制导炸弹是当前航空制导炸弹发展的主流趋势。

6、**MOAB 系列**：大型空爆炸弹，俗称炸弹之母，是一款超大型 GPS 制导自由落体炸弹，以战略威慑为目的开发的，用来代替核弹，具有和核弹相当的威力，但不会产生核污染，也免受舆论的谴责和国际公约的制约。除非超大规模战争，一般不会投入应用。

图表2：美国航空制导炸弹谱系图



资料来源：《航空制导炸弹技术与型谱分析》王海宏，

1.1 航空制导炸弹发展三大趋势

(1) 复合化趋势

由近现代战争，尤其最近的伊拉克战争，和现代反恐战争中航空制导炸弹的发展可以看出，单一制导方式的航空炸弹已经基本不存在。现代战争是高技术的战争，航空制导炸弹由单一制导向复合制导发展，复合方式也更加多样。

(1) 防区外趋势

追求战争伤亡最小化成为影响航空制导炸弹发展的关键因素，叠加近年来防空力量的发展，使得在防区外投射航空制导炸弹成了趋势。防区外的航空制导炸弹，需要加装动力装置，以保证炸弹在发射后在动力推进下飞行到有效下落射程内。随着对防区外作战能力的要求进一步的提升，防区外航空制导炸弹必将得到高速的发展。

(2) 小型化趋势

从 2001 年 911 事件到美国推动全球反恐战争开始，恐怖分子游走在山区，在各种人员密集的地区发起恐怖袭击或城市暴动，活动规模零散，不易实施“湮灭”式的打击。所以各种小尺寸炸弹和无人机载炸弹得以快速发展。小尺寸炸弹的特点明显，可能增加作战任务时的战斗机携弹量，并适合对小型目标实施精确打击，而无人机炸弹则可以执行各种危险性高或不适宜作战人员参与的作战任务。

2 美国 SDB 的发展现状与趋势

F-22、F-35 等五代战斗机隐身作战时，受弹舱尺寸限制，每个内置弹舱仅可挂载 1 枚 454kg 的联合直接攻击弹药 (JDAM)，即一次对地攻击任务至多打击两个目标，极大限制了隐身飞机的对地攻击能力。

为提高内置弹舱的弹药挂载数量，提高防区外打击能力，2001 年 7 月美军提出了对小型化炸弹的具体需求，要求弹药质量 113kg 左右，长度 $\leq 1.83\text{m}$ ，以便保证采用四联装挂架时，F-22 每个内置弹舱可挂载 4 枚，并由此催生了小直径炸弹的诞生。

“小直径炸弹”(SDB)由美国航空武器中心和空军研究试验室牵头开发，用于攻击指挥控制中心、防空设施、飞机跑道、导弹阵地、火炮阵地等多种目标，是美军重点发展的精确制导武器之一，也是美空军全球打击部队的重要机载武器。

2.1 SDB 代际演变历程

2.1.1 SDB I

2003 年，波音公司获得了第一代小直径炸弹 (SDB I) 合同，研制了 SDB I，炸弹型号定为 GBU-39/B。2006 年装备美军，目前可由美空军 F-15E、F-16、F-

117A、B-1、B-2、F-22 和 AC-130W 等飞机挂载。F-22 战斗机可内挂 8 枚，F-15E 战斗机可外挂 20 枚，载弹量增加为原来的 4 倍。

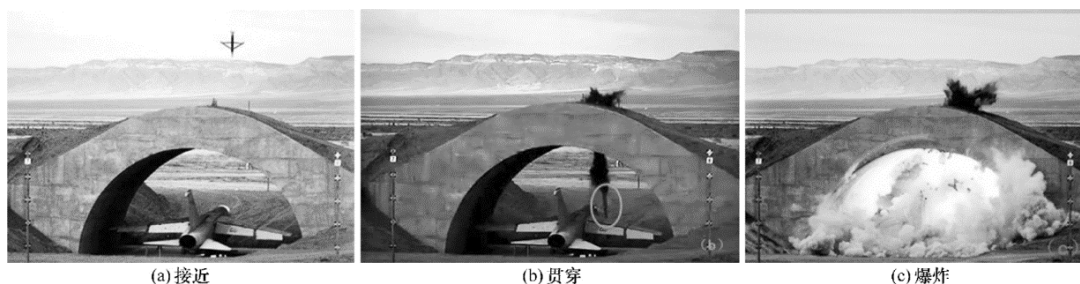
图表3: GBU-39/B 与 BRU-61/A 挂架



资料来源: Boeing 官网,

SDB I 实现了打击威力和挂载数量的完美结合, 满足了低成本精确打击固定和机动目标的要求, 主要用于打击加固指挥中心、防空设施、加油站、机场、导弹、炮兵和防空兵阵地等, 基本涵盖了典型空袭行动涉及目标的 80%, 具备美国空军要求的摧毁 14 种难易不等目标的能力。2006 年 10 月, 美军在伊拉克首次实战中使用了 SDB I。

图表4: GBU-39 打击加固机堡过程



资料来源: 《美军“小直径炸弹”发展及破坏效应探析》李嘉良等,

SDB I 虽成功研制, 但由于采用的是差分 GPS/INS 的组合制导方式, 只能打击固定目标。美国空军根据新的作战需求, 提出了第二代小直径炸弹的研制目标, 要求在 SDB I 的能力基础上, 增加全天时和全天候攻击移动目标的能力。

2.1.2 SDB II

2009年4月，雷神公司完成了首枚 SDB II 的试射。试验结果表明半主动激光/非制冷红外成像/毫米波雷达三模引头的设计已满足技术成熟度六级的要求，可以应用到 SDB II 研制。

2009年9月，雷神公司使用美国陆军的 UH-1 直升机完成了 SDB II 的数据链飞行试验。该弹载数据链由柯林斯公司研制，包括双向通信的 Link16 和甚高频 (UHF) 数据链。试验对两种数据链的传输能力进行了评估，验证了 SDB II 具有投放后接收目标修正数据、回传炸弹探测跟踪信息的能力。试验结果表明弹载数据链可满足技术成熟度六级的要求。

2010年8月9日，雷神公司赢得美国空军和海军价值 4.508 亿美元的 SDB II 合同，炸弹型号定为 GBU-53/B，又名风暴破坏者 (StormBreaker)，首装空军的 F-15E 飞机，定型后将装备海军 F-35B/C 和 F/A-18E/F 飞机。随即 SDB II 转入工程制造阶段。

图表5：一个 F-35 内置弹舱可挂载 4 枚 SDB 2



资料来源：《美军第二代小直径炸弹的发展历程和特点研究》吕余海等，

2015年6月，美国国防部和雷神公司签订了 3100 万美元的合同，采购第一批 144 枚 SDB II 和 12 枚训练弹。

2020年10月，美国空军批准 SDB II 装备 F-15E 飞机，标志着该弹完成研制并正式列装。

2023年11月，雷锡恩公司宣布，美国海军 F/A-18E/F 战斗机已经装备了 SDB II，是第一款被批准搭载 SDB II 的美国海军飞机。

当前，美国空军和美国海军已经开始在 F-35 联合攻击战斗机上进行 SDB II 的集成试验，在集成实验结束后，SDB II 有望进一步放量。

图表6: SDB I 与 SDB II 参数区别

型号	SDB I(GBU-39/B)	SDB II (GBU-53/B)
弹长/cm	180	176
翼展/cm	356	168
直径/cm	19	17.8
弹重/kg	122	93
射程/km	110	110
战斗部及装药	93 kg,其中装药 17 kg 的 AFX-757 高爆炸药	48 kg 爆破和碎片杀伤
中制导	GPS+惯导	GPS+惯导+数据链
末制导	无	半主动激光+非制冷红外+毫米波
圆概率偏差/m	5~8	1~3
引信	FMU-152A/B 电子联合可编程引信, 可空爆和延迟爆炸	
图片		

资料来源:《美军第二代小直径炸弹的发展历程和特点研究》吕余海等,

与 SDB I 相比, SDB II 继承了其**小型化特点**, 弹药尺寸、质量、射程和挂载方式保持不变, 几乎能够适装美国空军、海军所有的飞机平台, 适装性好, 挂载数量多; 其次, 通过采用**首型三模导引头**, 为弹药的智能化提供了传感器, 使 SDB II 具备在各种复杂作战条件下的精确打击能力; 最后, **SDB II 上加装了数据链**, 在武器节点上实现了美军近年来大力推动的网络中心战作战理论, 贯通了指挥所—载机平台—武器弹药的信息链路, 极大缩短了观察、判断、决策、行动 (OODA) 循环时间, 具备网络化作战能力的特点。

2.1.1 SDB III

第三代小直径炸弹在前两代基础上加装动力装置, 将 SDB III 升级为巡飞弹, 从根本上实现防区外打击的作战能力。据《THE WAR ZONE》网站 2021 年 1 月 8 日报道, 美国空军已经开始测试网络化巡飞弹的发射工作。在无人机挂载方面, 该型“导弹”极大可能结合新型无人机如捕食者 C 等的发展, 应用于大中型或高超音速无人机平台, 更高效地实现“蜂群”弹药的自主网络协同, 实现对目标的自主分类、瞄准和摧毁。

2.1.2 GLSDB

地面发射型小直径炸弹（GLSDB）是由瑞典萨博公司和美国波音公司共同研制的远程全方位精确打击地面发射武器，是 SDB I 空中发射武器和 M26 地面火箭发动机相结合的产品。该弹于 2015 年 3 月发射，于 2015 年 9 月参加在伦敦举办的 DSEI 2015 年防务展览。瑞典萨博公司和美国波音公司于 2014 年 8 月签署了一项合作协议，共同研制地面发射型小直径炸弹（GLSDB）。

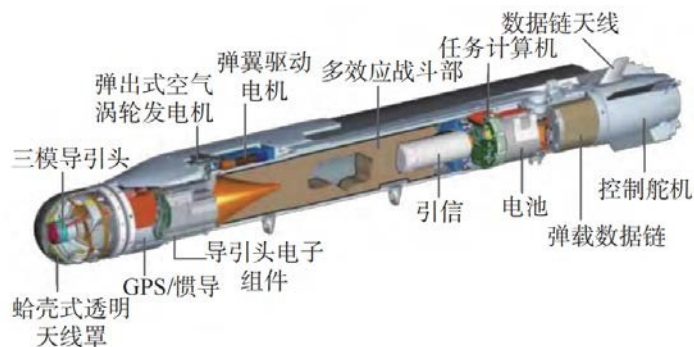
GLSDB 长为 3911mm，直径为 241 mm，质量约为 272 kg，可 360°打击目标，打击精度小于 1 m。多管火箭发射系统具有两个火箭架，每个火箭架最多可以装载 6 枚火箭。

GLSDB 已经出现在俄乌战场上。俄罗斯国防部 2023 年 3 月 28 日首次报告称，俄军在特别军事行动区击落了一枚 GLSDB 制导炸弹。

2.2 SDB II 功能组成

一套 SDB II 武器系统包括 4 枚 GBU-53/B 炸弹、1 具可挂载 4 枚炸弹的 BRU-61 挂架、机载火控系统和地面任务规划系统。GBU-53/B 炸弹尺寸、质量与 GBU-39/B 相近，外观上最大的差异是 SDB II 采用三模导引头，头部是透明的，GBU-39/B 弹头为尖状，头部不透明。另外 SDB II 采用 2 片可折叠的大展弦比平直弹翼，而 GBU-39/B 采用的是钻石背弹翼。

图表7：SDB II 弹体结构



资料来源：《美军第二代小直径炸弹的发展历程和特点研究》吕余海等，

SDB II 弹体内部组成主要包括安装可折叠弹翼的弹体、三模导引头、GPS/惯导组件、弹出式空气涡轮发电机、弹翼驱动电机、可编程引信、聚能-爆破多效应战斗部、任务计算机、热电池、舵机、弹载数据链设备，尾部有针形和刀形天线，分别用于接收 GPS 和弹载数据链信号。其中，三模导引头和弹载数据链是 SDB II 的最大特点。

(1) 三模导引头

SDB II 的三模导引头包含半主动激光传感器、非制冷成像红外成像传感器和毫米波雷达，为世界上首型三模导引头。三种传感器单独的制导技术都已成熟，难度是如何将它们集成为体积很小的组件，并且可以通过数据融合和工作模式控制实现三种传感器探测的无缝共享，最终实现该武器全天时全天候条件下对固定或移动目标的打击。

图表8：SDB II 三模导引头外观



资料来源：《美军第二代小直径炸弹的发展历程和特点研究》吕余海等，

(2) 弹载数据链

SDB II 的弹载数据链设备安装在弹体后部，采用的是罗克韦尔·科林斯公司 TacNet 弹载数据链组件。弹载数据链使 SDB II 成为网络化武器，极大丰富了飞机对地攻击模式。通过 TacNet 弹载数据链组件，炸弹在投放后飞行过程中，可以对目标信息进行实时更新、实现发射后再瞄准、可以移交炸弹控制权、撤销攻击指令。可回传炸弹状态信息和三模传感器探测信息，让飞行员掌握各弹的飞行状态及目标的最新信息，对打击效果进行评估。通过该数据链，Link16 信道可以与机载 Link16 设备进行互联，通过 UHF 信道可以接收地面引导员发射的目标指示信息。

TacNet 武器数据链 (WDL) 是目前尺寸最小、价格最实惠、覆盖范围最广的 Link 16 终端。它的尺寸和重量只有当前 Link 16 终端的四分之一，为传统上无法访问网络的平台提供了关键的网络连接。这些平台包括无人驾驶航空系统、战术空中控制队 (TACP)、移动和可运输地面站、旋翼飞机和小型海上资产。TacNet 是网络中心作战环境中的关键设备，为作战人员提供联合武器跟踪和火力控制以及高可信度的态势感知数据。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/338104071030006050>