

# 俄罗斯下一代轰炸机技术特点分析与未来发展前景

## Analysis of Technical Characteristics and Future Prospects for the Next Generation Bomber of Russian

陈黎 薛建华 / 中国航空工业发展研究中心

**摘 要:** 在综述俄罗斯下一代轰炸机发展现状的基础上, 对其技术特点及其选择飞翼式布局的原因进行了详细的分析, 对俄罗斯下一代轰炸机项目的前景进行了展望。

**Abstract:** On the basis of the summary, Russia's next-generation bomber development status, its technical characteristics and the reason for selecting the flying wing layout are detailedly analysed, the future development prospect of Russia next-generation bomber program is prospected.

**关键词:** 下一代轰炸机; 技术特点; 发展前景; 俄罗斯

**Keywords:** next-generation bomber; technical characteristics; development prospects; Russia

### 0 引言

2013年4月, 俄罗斯空军批准了其新一代战略轰炸机PAK DA (远程航空兵未来航空综合体) 的方案设计和战技指标, 将其定位为一种与美国现役B-2A隐身轰炸机类似、采用无尾飞翼布局的亚声速轰炸机。由于先前外界曾普遍臆测PAK DA将是一种超声速飞机并由此推出了该机的多种外形设想图<sup>[1]</sup>, 因此上述消息传出后一时令人意外。但从新机研发成本费用、现实军事需求以及当前俄罗斯工业界技术实力等角度综合考虑, 应当说俄军方对PAK DA的定位是明智而务实的。

### 1 速度性能指标的争论

自1991年冷战结束、苏联解体后, 由于经费严重短缺、技术人员流失等原因, 俄罗斯战略轰炸机力量曾

一度跌入谷底。近年来, 随着经济实力的恢复, 战略轰炸机再次得到俄政府与军方高层的重视。自2008以来, 俄军方、政府和工业界官员曾多次在不同场合表示要启动图-95/-160轰炸机后继机——PAK DA的研制, 近期俄罗斯更是一再强调研发PAK DA的重要性。然而在新型轰炸机的发展方向上, 俄罗斯国内一直存在激烈的争论, 其中一个焦点就是PAK DA是否应具备超声速飞行速度, 这也在相当程度上决定了该机今后将采用的气动布局以及发动机等子系统。

鉴于自20世纪50年代前苏联推出图-16/-95亚声速轰炸机以来, 其后的发展图-22/-22M/-160轰炸机无一例外地均为超声速, 并且速度还逐步递增, 目前图-160仍是世界上速度最快的现役轰炸机。作为图-160后继机的PAK DA同样为超声速飞机似乎

是顺理成章的。因此, 近年来俄罗斯各界广泛认为PAK DA将是一种飞行速度马赫数2左右的超声速轰炸机, 并将很可能以第五代战斗机PAK FA技术为基础发展而来, 二者发动机等部分子系统甚至将实现通用。部分政府官员认为面对日益先进的敌方防空系统, 未来战争中传统轰炸机将很难靠近其预定打击目标, 因而应把PAK DA发展成一种马赫数5以上的高超声速飞行器。不过, 俄军方态度则较为慎重而务实, 认为应在确保飞机航程和有效载荷满足要求的前提下, 对PAK DA各方面性能指标进行综合权衡, 没必要片面强调飞行速度, 更没必要追求高超声速。为此从2012年6月开始, 俄军、政双方高级官员展开激烈争论。当年11月, 俄罗斯军方的意见最终占了上风。

2012年初, 俄罗斯军方开始了

PAK DA初步设计方案的评审,图波列夫、苏霍伊和别里耶夫等著名飞机设计局均参加了竞争,并向俄罗斯军方提出了包括亚声速、超声速和高超声速在内的多种技术方案,最终图波列夫设计局提出的强调隐身性能而牺牲航速的无尾飞翼布局亚声速轰炸机方案被俄军方选中。

## 2 选择无尾飞翼布局的原因

俄罗斯之所以摒弃多年来研发列装超声速轰炸机的传统,在时隔30余年后重走美国B-2轰炸机的老路,主要是因为各国多年的研究和美国B-2轰炸机的应用实践表明,无尾飞翼布局可以较好地兼顾隐身、航程、载荷等各方面性能,同时其固有的航向稳定性及控制问题已随着飞控技术的发展而逐步得到解决,其当前所存在的机动性/航速有限问题对于非战斗机类飞机来说也算不上很突出的缺点,因而是轰炸机之类远程对地攻击飞机比较理想的布局。进入新世纪以来,欧美国家发展的新一代轰炸机(如美国的远程打击轰炸机(LRS-B))和无人作战飞机(如美国“鬼怪鳐鱼”/X-47B、欧洲“神经元”、英国“雷神”等)普遍采用了无尾飞翼布局,表明这种布局的优点已经得到普遍认可和接受。PAK DA同样选择无尾飞翼布局,不仅顺应了当前的技术潮流,更有助于在现有技术条件下最大程度地提高自身任务效能,这主要体现在以下三个方面。

1) 提高飞机隐身性能,增强战时突防/生存力

轰炸机作为主要用于远程进攻作战的机种,战时需要穿透敌方严密防线、突击其领土纵深重要目标,然而与战斗机、攻击机等战术作战飞机相

比,轰炸机机体笨重、机动性差、缺乏自卫火力、自防护手段单一,因而提高自身隐身能力、力争不被敌人发现无疑是轰炸机最好的突防/生存力措施。在近年来的多次局部战争中,美军空军B-2A隐身轰炸机表现出了极高的作战效能和生存力;而在2008年8月的俄罗斯-格鲁吉亚冲突中,面对实力并不强大的格军防空部队,参战的俄军图-22M轰炸机却折戟沉沙。这从正反两方面证明了隐身技术对于轰炸机这类大型作战飞机的巨大价值。

俄罗斯对轰炸机隐身性能的重视由来已久。早在20世纪70年代,前苏联研制图-160时就采用了隐身技术并获得较好的效果,但由于技术实力的差距,该机隐身性能远未达到同期美国B-1B轰炸机的水平。至于B-2A这类兼具远航程、大载弹量和精确打击能力的“纯隐身”轰炸机,俄罗斯迄今仍为空白。而按照美国军方的评估,至迟不过2020年左右,包括先进战斗机、地空导弹甚至定向能武器在内的防空武器和各种反隐身手段将会取得重大技术突破并将随之在全球范围内扩散,届时即使是B-2A也无法维持现有的技术优势。有鉴于此,近年来俄军方和工业界多次强调PAK DA将会采用先进的隐身技术,除了在探索等离子体隐身等创新途径外,也将沿用目前美国B-2A等飞机“隐身外形+吸波材料”的传统隐身方式。

研究表明,在目前技术条件下,军用飞机雷达隐身能力大部分(约80%)是由外形设计决定的,因此要全面提高轰炸机的隐身性能,有必要在设计之初就采用合适的气动布局。而飞翼布局的最突出优点就是具备良好的雷达隐身能力,其原因有两方面:

a) 由于完全取消了垂尾、平尾

等翼面并且实现了翼身融合,因而外形干净简洁,散射源少,比常规布局更容易实现外形隐身;

b) 由于采用了翼身一体化设计,其内部空间很大,便于实现各种机载设备的最优化布置,从而减小整机的外形尺寸,同时还容许将发动机(包括进气道和尾喷管)完全埋藏在机体内部以降低整机的雷达及红外辐射特征,此外还便于在机体内部设置大容积弹舱以便将武器弹药全部内埋携带从而进一步缩减全机雷达散射面积。

由此可见,从隐身性能角度考虑,飞翼布局可以说是当前技术条件下PAK DA所能选用的最能满足要求的飞机气动布局之一,它有助于使PAK DA具备超低可探测性,并朝着全向(前、后和侧向)和宽频(可对付低频雷达)隐身方向迈进,从而有能力在未来战争中对敌方的严密设防目标实施打击。

2) 增加飞机航程,延长续航时间

前苏联/俄罗斯不像美国那样拥有众多可靠的盟国和海外军事基地,其轰炸机只能尽量从本土起飞执行任务并返回,战时在西方国家遍布全球的军力威胁下也很难找到安全可靠的空域为轰炸机提供空中加油,这对飞机航程提出了很高甚至可以说是苛刻的要求。正因为如此,前苏联所研发的历代战略轰炸机,无一不将航程作为重中之重。20世纪50年代曾因米亚-4喷气式轰炸机航程达不到要求,甚至不惜“倒退”装备涡轮螺旋桨的图-95并服役至今。对目前的俄罗斯来说,由于苏联解体、北约东扩等原因,上述不利的地缘政治环境在相当程度上有所恶化。有鉴于此,新一

代轰炸机PAK DA要有效发挥其战略威慑作用,拥有尽可能远的航程非常重要。空军要求PAK DA能够有效攻击位于欧亚、北非的目标,经空中加油后则可对其他大陆及偏远海洋地区的目标实施打击。2013年3月俄《纽带》网站则进一步推测,PAK DA航程为12000~15000km,这一指标与现役图-160和图-95轰炸机基本相当。

不仅如此,轰炸机的长航时性能也日益引起俄军方的重视。实战经验表明,与战斗机、攻击机等战术作战飞机相比,轰炸机由于续航时间长,在很多场合具有自身的独特优势,尤其是在以下任务领域更是如此。

a) 时敏目标打击。现代战场上的时敏目标(如弹道导弹机动发射车)日益增多,这类目标机动性强,在面临威胁时可迅速逃离现场,要对付它们,最好的办法就是使用轰炸机这类长航时飞机在目标可能活动区域上空长时间巡飞,随时等待目标的出现;

b) 持久情报、监视和侦察(ISR)。现代战争对情报信息高度依赖,为了连续获取战区的情报信息,避免“信息盲区”的形成,很多时候需要对特定目标实施持续不间断的空中监控,此时轰炸机的长航时性能将得以充分发挥和展示;

c) 持久近距空中支援(CAS)。现代战争节奏快、战场态势变化迅速、双方战线犬牙交错,致使传统的CAS作战面临新的困难,对己方的空地协同和快速反应能力提出了很高要求,战术飞机由于续航时间短,需频繁在战区往返和附近机场起降,往往会贻误战机,而长航时轰炸机则可在战场上空长时间停留,随时应地面部队的召唤,为其提供持续不间断的火力支援,从而最大程度地减少时间延

误,提高作战效率。

此外值得指出的是,在现代战争中,航程和续航时间的增大对提高飞机的突防能力也有很大帮助,因为远航程、长航时的轰炸机在战时可以借助己方作战体系的支持,通过任务规划,选择迂回曲折、然而更加安全的飞行路径以躲避敌方雷达的探测和防空火力的杀伤,从而提高自身在高威胁战场环境下的突防/生存概率和作战效能。考虑到本国在隐身技术领域和西方国家仍存在不小的差距,俄军方对这种间接的突防/生存能力增强措施也非常看重,希望以此在一定程度上弥补PAK DA在隐身性能方面的可能不足。

在这样的背景下,PAK DA最终选择无尾飞翼布局是完全可以理解的。因为与常规布局相比,无尾飞翼布局由于具有以下技术特点而对提高飞机的航程和续航时间极为有利。

a) 翼身融合体机身可产生更大的升力,加上取消垂尾、平尾等翼面可最大程度地减小飞行阻力并且避免翼面间不利干扰所带来的升力损失,因而气动效率比常规布局高,在同等展弦比的条件下可获得更高的升阻比(可达常规布局的1.4倍);

b) 取消了包括平尾、垂尾在内的整个尾部(其重量通常占飞机全重的15%左右),并且机体内部装载布置紧凑,结构设计简化,有助于减轻翼梁等主承力结构的重量,从而使整个飞机的结构重量大大减轻;

c) 机体内部空间大,便于增加飞机内部储油量,提高载油系数。

3) 提升飞机有效载荷,增大载弹量

前苏联/俄罗斯在机载武器小型化方面远不如美国,其大部分对地攻

击武器与美国同类武器相比显得庞大笨重,而苏/俄军事思想历来强调进攻和火力至上,轰炸机在出击时通常需携带足够数量的弹药以确保突击威力,这对飞机的载弹量提出了很高要求。因此前苏联在发展战略轰炸机时,对载弹量的追求一直不遗余力,并且力求在这一指标上压倒同代美国轰炸机,图-160也因此成为迄今为止世界上内部载弹量(40t)最大的轰炸机。尽管近年来俄军方日益重视精确打击能力,多次强调PAK DA将会配备新一代精确制导武器,该机对大载弹量的需求已没有以前那样迫切,其载弹量指标可能会因此适度下调,但由于前述的原因,PAK DA载弹量也不太可能在短期内就减小到美国现役B-2A轰炸机(约18t)甚至下一代轰炸机的程度。俄军方在确定PAK DA的性能指标时,对其载弹量仍有相当要求,并且将其重要性放在飞行速度指标之前。

而从确保飞机载弹量的角度来看,PAK DA采用飞翼布局也具有明显的技术优势。这不仅是因为飞翼布局飞机结构重量轻,在同等起飞重量前提下其有效载荷明显超过常规布局飞机,更重要的是飞翼布局轰炸机内部空间大,便于在机体内设置大容积的内埋弹舱,从而可携带战术作战飞机无法携带或只能外挂携带的大尺寸、大重量弹药,或者在维持载弹量不变的前提下,通过携带数量更多、体积/重量更小的弹药,提高单次任务出击时的火力打击密度和任务灵活性。

### 3 发展前景

经过多年发展,目前无尾飞翼布局技术在西方国家已日趋成熟,除了前面所述的一系列在研机型外,作

为该领域先行者的美国B-2轰炸机早在上世纪90年代就已投入现役,近年来因为被伊朗捕获而名声大噪的美国RQ-170隐身无人侦察机也采用了这种布局。相比之下,俄罗斯在该领域的进展情况一直显得默默无闻,因此,PAK DA将采用飞翼布局方案的消息传出后引起外界的广泛关注,甚至有人对其是否拥有足够的技术实力表示怀疑。其实,俄工业界对无尾飞翼布局并不陌生,其在相关技术领域的探索由来已久,图波列夫设计局等机构在苏联时期就开始了大型无尾飞翼布局飞行器的研究,其中部分型号还进入了初期研制阶段。

例如,图波列夫设计局于20世纪80年代开始研制的图-202轰炸机就采用了无尾飞翼布局,其时间仅略晚于美国B-2轰炸机。从近年俄媒体披露的图-202主要性能数据(见表1)和外形图来看,尽管该机与美国B-2轰炸机同为无尾飞翼布局,研发时间也相近,但是二者外形仍存在很大区别,前者展弦比远远超过后者,并且尺寸和重量也更大,因而在载弹量、航程和续航时间等性能指标上要优于后者。按照当时的计划,图-202基本型飞机研制成功后,将会以其为基础发展出远程战略轰炸机用以取代图-95MS/图-160、高生存力反潜巡逻机用以取代图-142、海上侦察与目标指示飞机用以取代图-95RTS和新概念隐身空中加油机等一系列适用于高威胁战场环境的大型军用飞机。图-202曾进行过缩比模型吹风试验,并制造出了全尺寸样机模型,但由于苏联解体后一系列众所周知的原因,图-202项目最终于20世纪90年代中期中止。尽管这样,通过图-202项目的实施,俄罗斯工业界在大型无尾飞翼

表1 俄美三种飞翼布局飞机主要性能数据(PAK DA和图-202为媒体推测数据)

|      |            | 图-202       | PAK DA      | B-2A     |
|------|------------|-------------|-------------|----------|
| 外形尺寸 | 机长(m)      | 23          |             | 21.03    |
|      | 翼展(m)      | 73          |             | 52.43    |
| 重量数据 | 最大起飞重量(t)  | 180~200     | 170         | 152.635  |
|      | 载弹量(t)     | 20~30       | 27~30       | >18.144  |
| 飞行性能 | 平飞速度(km/h) | ---         | 850~900     | 900~1010 |
|      | 航程(km)     | 14000~16000 | 12000~15000 | 12223    |

布局飞行器领域积累了丰富的经验,为其今后开展PAK DA这类先进轰炸机的研制做了技术储备,甚至有可能直接以图-202为原型改进发展成PAK DA。

此外值得指出的是,俄罗斯米格公司于2007年推出了采用无尾飞翼布局的“鲐鱼”(Skat)无人作战飞机验证机。按照俄罗斯媒体的描述,该机采用了先进隐身技术,可突破敌方严密防空系统执行对地攻击任务,同时还具备“一定的人工智能”,可自主选择合适的攻击线路以躲避敌方防空武器的拦截。从其性能特点来看,除了尺寸重量较小以外,该机已初具传统轰炸机的基本特征,可用作未来先进轰炸机的缩比尺寸技术验证机。通过这类飞机的研制试飞,俄工业界可以对无尾飞翼布局轰炸机相关技术进行验证测试,为今后转入工程研制提供必要的技术支撑,甚至直接以其为基础放大发展成战略轰炸机。这在美国已有过类似的先例,波音和诺·格公司就曾分别以X-45C和X-47B无人作战飞机验证机放大型作为美国空军下一代轰炸机的备选竞标方案。

总的来说,鉴于前苏联/俄罗斯多年来在战略轰炸机研发领域所积累的雄厚底蕴,加上其在无尾飞翼布局飞行器方面也有着相当的技术储备,

因而仅从技术角度来看,今后俄罗斯工业界实施PAK DA项目还是有相当保障的。从目前情况来看,PAK DA项目存在的最大问题应该在于进度安排方面。据报道,PAK DA将于2020年完成首架原型机制造,2025年正式列装部队,这一进度本已超出了外界的预计。而2012年7月初俄军方提出要求,希望将PAK DA交付时间将从2025年提前到2020年,这更使外界感到不解。考虑到自苏联解体以来,由于资金、技术、需求等方面原因,俄罗斯新型武器装备研发项目均不同程度地存在进度严重拖延甚至“烂尾”现象,俄罗斯工业界能否在如此短时间内推出一种全新的PAK DA轰炸机,还有待进一步观察。

AST

## 参考文献

- [1] 陈黎.俄罗斯下一代轰炸机PAK DA项目发展分析[J].国际航空,2011,(9):49-52.
- [2] 陈黎.无人战略轰炸机技术特点和可行性分析[J].国际航空,2013,(4):25-29.

## 作者简介

陈黎,硕士,高级工程师,长期从事军用飞机及机载武器发展研究。