

战斗机新结构应用与新材料需求分析



李航航*, 阎勇, 尹航

北京航空工程技术研究中心, 北京 100076

摘要: 一代飞行平台、一套设计体系、一代材料应用。飞行器结构、材料始终伴随着飞行器平台的发展而不断发展, 始终为飞行器结构平台性能的提升提供物质保障。结构材料是先进飞行器设计研制的技术基础。随着战斗机的发展演化, 飞机结构设计与材料体系也表现出明显的技术划代特征。通过对各代飞机结构特点和选材的研究分析, 探索了未来新一代战斗机可能采用的结构形式、技术特征, 提出未来先进结构材料发展初步需求。

关键词: 战斗机; 结构特征; 新材料; 需求

中图分类号: V271.4

文献标识码: A

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2020.04.002

以美国为代表的世界航空技术强国在陆续装备了当今世界上最为先进的F-22、F-35等先进战斗机以后, 开始逐步探索未来新一代作战平台的技术研究和型号发展论证工作。目前, 美国正在研制的X-47B无人机、X-37B高超声速飞行器、SR-72高超声速隐身无人战略侦察机等先进飞行器均有可能成为未来作战使用平台。美国洛克希德-马丁公司不久前公布了自己设想的未来第六代战斗机初步目标图像和作战概念。

俄罗斯对未来第六代作战飞机的研究虽不如美国目标清晰, 但是, 其在新一代远程战略轰炸机平台研究方面丝毫没有滞后, 经过多种方案优选竞标, 最终, 俄空军确认了新一代战略轰炸机研发方案将采用由图波列夫设计局设计的“飞翼式亚声速隐身布局”方案, 俄罗斯将这种新一代战略轰炸机称为“远程航空兵远景航空系统”, 即PAK DA(俄文ПАК ДА)轰炸机。另外, 欧洲、日本等国家也都先后推出高超声速飞行器项目。所有这些先进飞行器大多数都具有隐身、高速、跨域等典型技术特征。因此, 未来飞行器的发展方向就是更高、更快、更隐身。与之相应的飞行器结构设计技术必然将朝着更轻质、更高效、更长寿命、更低成本的方向发展, 以满足飞行器平台不断提高的技术性能和作战能力要求。

1 战斗机结构技术特征与选材

现代作战飞机经过70年发展, 已经装备到了第五代(也有国家称为四代机^[1])。随着作战需求和作战概念的不断变化, 不同时期研制的战斗机具有不同的外形和结构特征, 典型结构外形演化如图1所示。

第一代, 以美国的F-86、F-100, 前苏联的米格-19等为代表, 属于亚跨声速战斗机。主要结构特征: 普遍采用大展弦比后掠梯形机翼、蜂腰形机身结构, 机头进气, 前三点式起落架等结构设计。机身采用框梁式板铆结构, 机翼采用双梁或多墙式结构。结构材料以普通铝合金为主, 采用传统机械加工和手工钣金成形, 飞机结构重量(质量)系数超过35%, 主体结构按静强度设计, 关键结构考虑了疲劳强度要求。

第二代, 以美国F-4、前苏联米格-21等为代表, 属超声速战斗机。主要结构特征: 采用小展弦比三角翼、尖前缘、薄翼型结构外形设计, 机翼采用多墙式结构设计。机身有明确的分离面以方便拆装。结构材料以高强、超高强铝合金和低合金结构钢为主。其中, 铝合金达到75%, 钢占20%左右。其他高性能合金和复合材料几乎没有, 结构重量系数为32%~35%。主体结构采用静强度结合疲劳强度设计, 机体寿命一般为3000飞行小时。选材主要追求高比强度和比刚度, 后

收稿日期: 2019-09-10; 退修日期: 2019-10-23; 录用日期: 2020-01-20

*通信作者. Tel.: 18910205770 E-mail: li_hanghang@163.com

引用格式: Li Hanghang, Yan Yong, Yin Hang. New structure application and new material requirement analysis for fighter aircraft[J]. Aeronautical Science & Technology, 2020, 31(04): 8-13. 李航航, 阎勇, 尹航. 战斗机新结构应用与新材料需求分析[J]. 航空科学技术, 2020, 31(04): 8-13.



图1 战斗机结构外形演化

Fig.1 The structure shape of fighter aircraft evolved

期开始要求材料有良好的疲劳性能。

第三代,以美国F-15、F-16、前苏联米格-29、苏-27、法国“幻影”2000等为代表。主要结构特征:可以超声速作战(马赫数2.0左右),大量采用整体结构,机翼多采用相对厚度较小的大后掠角翼、翼身融合和边条翼结构设计。结构材料以高强、高韧铝合金为主,钛合金和复合材料用量提高,钢材比例大幅减少,结构重量系数为30%~32%。高强不锈钢和高韧性结构合金钢的应用,提高了材料的疲劳、断裂和耐蚀性能。结构按损伤容限设计,飞机寿命为4000~6000飞行小时,少数机型通过延寿达到8000飞行小时。

第四代,以俄罗斯苏-35、美国F/A-18E、法国的“阵风”等飞机为代表。主要结构特征:飞机结构多沿用三代机典型结构布局,基本不具备隐身能力或者具备有限隐身效果。部分机型为了提高机动能力采用了推力矢量技术。结构材料以高性能铝合金和钛合金为主,复合材料使用占有较大比重,结构采用先进的数字化加工工艺和激光成形技术工艺。结构重量系数30%左右,飞机结构寿命6000飞行小时以上。

第五代,以美国F-22、F-35和俄罗斯苏-57为代表。主要结构特征:具有隐身性能,飞机雷达截面积(RCS)比四代机低1~2个数量级,如F-22的RCS值只有0.1~0.01m²;具备超声速巡航能力,能够在马赫数1.5下持续航行30min以上。配有矢量推力控制发动机,可实现过失速机动和很好的敏捷性。采用翼身融合体结构,菱形机翼、外倾式双垂尾,有的采用了大边条翼设计。结构材料虽以金属材料为主,但传统的钢和铝合金材料用量比例已经大幅下降,总和不到20%。钛合金和复合材料用量大幅提高。飞机结构重量系数达到28%左右。美国新研的F-35战斗机上,复合材料用量比例达到了50%,并且高性能铝锂合金材料用量比例有很大提高。采用隐身/结构功能一体化的超大型整体结构,按损伤容限耐久性设计,飞机寿命达到8000飞行小时。表1列出了几种典型战斗机结构选材情况^[2]。

从以上各代战斗机结构特征演化和选材用量情况来看,随着战斗机性能提升,飞机机体结构重量系数不断降低,结构寿命不断提高,飞机结构的使用可靠性也不断增加。表现在飞机结构选材方面,高性能结构材料应用持续增加,尤其是性能先进的复合材料、钛合金结构材料用量比例不断提升。预计未来,在新一代先进作战飞机上,新型轻质结构材料、耐高温结构材料和功能结构一体化材料将会得到更为广泛的应用。

表1 几种典型战斗机结构选材统计

Table1 Structure material selection statistics for several typical fighters

机型 材料	F-15E (三代)	苏-27 (三代)	“幻影”2000 (三代)	苏-35 (四代)	F-22 (五代)
铝合金	49%	60%	18%	40%	16%
铝锂合金	—	4%	25%	—	—
钛合金	32%	15%	12%	20%	39%
复合材料	2%	—	43%	25%	24%
钢和其他材料	17%	21%	2%	15%	21%

2 第六代战斗机主要技术特征与选材

随着美国第五代战斗机的装备,俄罗斯苏-57的研制试飞,以及我国第五代战斗机的装备,航空技术发达国家都已经开始探索第六代战斗机的发展问题,包括作战定位、使用方式、概念设计、关键技术需求等。从目前来看,各国观点既有统一(如隐身能力、全方位态势感知能力等);又有分歧(如有人驾驶还是无人驾驶;是航空器还是空天一体飞行器;常规结构布局还是变体结构布局)

通过对美、俄等国技术资料的研究分析,结合国内在飞行器结构设计领域的技术发展,对第六代战斗机结构特征与选材初步分析如下。

2.1 第六代战斗机主要结构特征

依据美国公布的未来战斗机作战概念和目标图像设计

方案(波音公司的F/A-XX、斯塔瓦提重工业公司的SM-36以及洛克希德-马丁公司的未来作战飞行器),预测第六代战斗机将具备以下主要结构特征。

(1) “全频谱”隐身结构布局

以F-22为代表的第五代战斗机强调的隐身能力主要集中在雷达、红外和射频三个方面,随着未来探测技术的发展,第六代战斗机将采用机体结构与系统天线一体化融合设计技术以降低对探测信号的物理反射。采用新型涂覆技术以确保飞行员座舱良好视界下的隐身性能。飞机结构布局采用翼身融合乃至飞翼式结构等以提高飞机的雷达隐身性能,使其RCS值将比F-22再降低一个数量级。在红外隐身方面,将采用发动机喷口遮蔽技术、排气温度控制技术以及关键结构微循环设计技术等以降低发动机排气温度和飞机高速飞行时机体上的驻点温度,使飞机的红外特征信号明显降低。在射频隐身方面,第六代战斗机将采用射频定向控制技术,以降低数据链通信被截获的概率。另外,第六代战斗机会采取可见光和声频控制技术,使其具备良好的可见光隐身和“声音静默”状态。可以预见,第六代战斗机将具有“全频谱”隐身结构布局。

(2) “高承载”能力结构设计

从美国提供的第六代战斗机概念构想来看,无论第六代战斗机采用有人驾驶还是无人驾驶,甚至采用有人与无人结合方式,都需要具备执行多样化任务能力,可以在更广阔的作战范围内执行夺取制空权、空中压制和监视侦察等任务,这就要求第六代战斗机要有更快的速度、更远的作战半径和更长的续航时间,这些指标要求体现在结构强度方面就是要有“高承载”能力结构,以满足飞机在最大飞行速度达到马赫数 $Ma_3 \sim 5$ 时的结构安全性要求,以及飞机的机动飞行要求。另外,飞机在超高声速下飞行可能产生高达2000K以上的气动加热,因此,必须具备飞机结构热应力预测与分析技术,采取相应技术措施进行结构热设计与技术防护。

(3) 轻质低成本结构材料使用

结构设计技术始终与材料工艺技术密不可分,没有性能优异的结构材料和良好的结构加工工艺,任何设计结构都只能是纸面文章,难以应用。分析战斗机的发展演化过程,我们不难看出,飞机设计始终追求结构的坚固耐用与轻质化。结构重量系数和飞机寿命指标是衡量一型战斗机是否先进的重要技术指标,在满足结构使用要求下的低结构重量系数飞机,其作战能力更强,技术指标更好。因此,一代飞机平台需要应用一代新的结构材料。预计第六代战斗

机将在主承力结构上大量采用整体结构复合材料、高性能耐高温合金、陶瓷结构材料、纳米结构材料、石墨烯结构材料等新型轻质结构,使飞机结构重量系数达到25%以下,寿命达到10000飞行小时左右。

(4) 长寿命高可靠性结构应用

要降低第六代战斗机使用成本,必须具有良好的维护性和结构的长寿命高可靠性。目前,第五代战斗机结构寿命已经达到8000飞行小时/30日历年的设计指标。因第六代战斗机暂时还难以确定是有人还是无人驾驶;是单一航空器还是空天一体飞行器;是常规布局还是变体布局;所以不能给出较为明确的结构寿命指标,只能依据技术进展及发展趋势,预测指标参考值或设计范围。由于第六代战斗机不可避免地采用大量新结构、新材料和新工艺,以及新的设计理念和设计方法,这些新技术都为飞机结构的长寿命高可靠性要求提出了新的挑战。因此,开展结构长寿命高可靠性应用研究是第六代战斗机的基本需求。

(5) 整体化“积木”式结构运用

随着数字化技术发展,飞机结构设计和加工越来越便利,整体化结构件的设计与应用越来越广泛。大量整体化结构既提高了飞机结构的疲劳寿命,又有效降低了飞机的结构重量,提高了飞机结构使用的可靠性。并且随着整体化结构件尺寸的不断增大,为飞机结构“积木”式设计提供了条件。“积木”式设计,既利于飞机结构装配和通用化设计,便于飞机多用途改进,更利于飞机结构的有效补偿。对于超大型整体结构,采用“积木”式设计,能够有效补偿由于结构使用环境温度变化而产生的结构应力和因为加工工艺带来的结构误差。据报道,在SR-72飞行器上就大量采用了“积木”式结构补偿设计技术以弥补飞机在高超声速飞行时带来的热应力问题。

(6) 自适应智能结构

为了满足飞行器在不同高度、不同速度下的最佳构型需要,需要对飞机的结构外形,特别是机翼结构外形进行适当调整变化,如变弯度机翼结构、变后掠翼结构等。飞机发动机进气道需要设计成一种可自动调节结构,以满足在不同飞行条件下的进发匹配需要。这种随着飞行状态变化可不断调整改变的结构就是自适应结构。随着技术发展,自适应结构不仅依靠机械系统完成,并开始采用形状记忆合金、结构柔性控制、结构压电驱动等新技术,形成一种具有结构自适应的智能结构,结合结构健康监控技术,可以实现结构的健康诊断和故障重构。

2.2 第六代战斗机主要结构选材分析

从各代战斗机演化过程可以看出,飞机的结构选材是随着航空材料技术发展、结构加工技术提高而不断向新材料、新工艺拓展应用的过程。因此,对于第六代战斗机来说,其结构选材具有以下特点。

(1) 主承力结构整体化复合材料

复合材料结构因其具有较高的比强度、比刚度,而成为现代先进战斗机结构的主要材料之一,随着技术发展,其用量比例将越来越高。据报道,F-35飞机结构的复合材料用量已经超过50%,其所用部位已经由最初的操纵面、口盖结构,到机翼、尾翼壁板结构,直到现在的机翼整体结构油箱、机身壁板结构主承力件。随着热固性复合材料技术成熟,以及陶瓷基复合材料的工程应用,在第六代战斗机上将会有更多的整体化、耐高温复合材料结构,以满足对飞机重量的苛刻要求。

(2) 高性能轻质结构材料

高性能轻质结构材料一直是战斗机上不可或缺的重要结构材料,这些材料的应用可以明显降低飞机结构重量系数,为提升飞机飞行性能、提高飞机的载油、载弹量具有重要作用。由于材料成本和加工工艺问题,以往,这些先进结构材料仅用于飞机的关键部位,如发动机等。随着技术发展,在第六代战斗机上将会大量采用高性能轻质合金材料,如高强高韧钛合金、耐腐蚀/可焊性好的不锈钢、重量轻稳定性好的铝锂合金等材料。考虑第六代战斗机的高超声速飞行要求,结构材料的耐高温性能,如蠕变、伸展、耐蚀特性等将成为飞机平台选材的重要技术指标。

(3) 热防护结构材料

由于技术限制,目前能够在大气层内实现超高声速飞行并重复使用的飞行器还很少,主要原因之一就是结构材料的长时间耐热性问题。解决办法:(1)采取结构降温设计,往往代价较大且大幅提高了结构重量;(2)采用耐高温结构,需要有耐高温性好的结构材料;(3)在结构表面涂覆耐高温涂层,降低对结构的热传递;(4)采取隔热措施,阻止热载荷直接作用于飞行器主承力结构。无论何种措施,都需要对结构进行热设计和热防护,最终经过综合权衡以满足飞行器使用要求。

(4) 功能结构材料

近年来,一批新型功能结构材料涌现出来,如形状记忆结构材料、自诊断修复结构材料、超导结构材料、纳米材料、梯度功能结构材料以及模量可变结构材料等。这些新型结构材料在各自不同的应用领域都具有十分独特的技术特

性,未来很可能应用于飞机结构变体设计、易损伤结构修复、结构表面减阻、结构防除冰和高温耐热防护等方面发挥重要作用。相信随着技术的不断发展成熟,它们将在未来飞行器结构设计中大放异彩。

(5) 新型隐身结构材料

隐身性能不仅是以F-22为代表的第五代战斗机的典型技术特征,在未来新一代远程战略轰炸机上也必将采用隐身技术。可以说,隐身技术是未来很长一段时期内飞行器发展的必由之路。因此,必须开展对新型隐身结构和材料的研究,以满足未来飞行器的设计需要。对第六代战斗机来说,就是要发展能够同时兼顾飞机高超声速飞行和隐身双重要求的新型结构材料,特别是红外隐身结构材料。

3 新材料需求分析

随着结构设计技术和新材料工程应用技术的不断发展进步,未来第六代战斗机和新一代远程轰炸机将具有更广泛的结构选材基础,新型结构材料的工程化应用必将大幅提高未来作战飞机对结构材料的轻质、高效、长寿命和高可靠性需求。

3.1 石墨烯材料

石墨烯是人类已知最薄的材料,兼具最强面内强度和抗破坏能力的平面材料,具有极高的导电、导热和电磁场吸收能力,其面内热导率超过金刚石,对几乎所有波段都有电磁吸收或光吸收作用,是极为理想的结构复合和功能设计材料。石墨烯的平面结构和柔韧性使其很容易与各种材质、各种形状材料形成叠层式复合。与常见的以晶粒型、纤维型增强相材料相比,石墨烯与其他材料复合时是以原子层级平面存在,有效提升了界面结合力,因此,新型石墨烯叠层复合结构可以使材料比强度、抗冲击力等力学性能大幅提升,具有抗热冲击、激光冲击和超高吸能作用,易形成力-光-电-热耦合传感的一体化智能结构。目前国际上石墨烯复合结构的研究主要可归为两大类型,一种是基于氧化石墨烯和氧化还原石墨烯,另一种是化学气相沉积的高质量石墨烯。经过石墨烯复合调制后的结构可以大幅提升结构比强度和比模量,实现结构减重,提升结构材料负荷分配和冲击传导能力,增强抗冲击韧性,也能提升结构的吸波、导热能力。因此,在未来新一代作战飞机的表面防护、结构隐身和防除冰设计中将会发挥重要作用。

3.2 碳纳米管增强材料

碳纳米管(CNT)是片状石墨烯卷成的圆筒状分子纤维,具有极优良的本征特性,如耐热、耐腐蚀、耐热冲击、传

热、导电等。CNT特有的螺旋、管状结构使其具有很好的电磁特性。理论预测碳纳米管抗拉强度达到50~200GPa,是钢的100倍,密度却只有钢的1/6,至少比常规石墨纤维高一个数量级;它的弹性模量可达1TPa,与金刚石的弹性模量相当,约为钢的50倍。CNT破坏能吸收极大能量,使其具有高强高韧特点。单根单壁CNT电导率与铜铝相当。CNT纤维具有高纯化、高强度、高韧化、石墨化、多功能化等多种优势。CNT纤维可以通过溶液纺丝、阵列纺丝、气凝胶纺丝等方法制备,但是所获得纤维性能,却远低于单根CNT,强度一般在1~2GPa,极少数能达到3GPa以上。极好的力学性能和温度稳定性,碳纳米管被认为是一种很好的轻质增强、增韧材料。为此,研究者将碳纳米管分散于树脂基体中提高树脂基体的断裂韧性和导电性,也采用将碳纳米管喷涂或枝接在纤维表面以改善界面强度或者在复合材料层合结构各单层间铺设碳纳米管增韧层,起到增强层间剪切强度作用。目前,已经成功制备碳纳米管纤维和薄膜结构材料。

3.3 热塑性复合材料

与热固性复合材料(密度1.7~2.0g/cm³)相比,热塑性复合材料具有非常明显优势,包括密度更低(1.4~1.6g/cm³)、减重更明显、比刚度和比强度更高、韧性更好、抗蠕变和抗冲击能力更强、成形周期短(以分钟计)、生产效率高、使用成本更低、耐水性极优、储存要求低、维修性好和可回收再利用等优点,是一种很有发展前途的飞机和发动机结构材料。由于热塑性树脂基体熔点高、熔融时黏度大,树脂基体对纤维的浸润性差、层间孔隙难以排除、成形过程中树脂流动不均匀、易造成纤维弯曲等因素使得热塑性复合材料预浸料制造难度大,材料成本高且制件成形需要高温高压,对设备和辅料要求苛刻,因此在相当一段时期里制约了其广泛的应用。以美国为首的西方发达国家经过多年研究,获得重大技术突破,尤其成功制备出碳纤维增强聚酰亚胺(C/PEI)复合材料,使热塑性复合材料在飞机结构上应用成为现实。典型案例就是湾流G550公务机压力舱壁板。另外,F-22战斗机上热塑性复合材料用量也占到10%。F-117A的全自动尾翼、C-130机身腹部壁板、法国“阵风”发动机周围蒙皮、F/A-18机翼壁板等结构均使用了热塑性复合材料。

3.4 金属层合结构材料

金属层合结构就是将不同金属或者金属与非金属材料在一定的温度和压力下进行固化而形成的一种层间混杂复合材料结构。目前在飞机结构上主要采用金属薄板和纤维

复合材料交替铺层后进行混杂复合,也称纤维金属层板(Fiber Metal Laminates, FMLs)。这类层板既有金属的高损伤容限和抗冲击性,又有复合材料的低密度、高比强度、高耐疲劳、阻燃、抗疲劳腐蚀及可设计性强等特点,适用于受疲劳载荷为主、有外物冲击和高温环境下使用的结构中,可减轻结构重量、提高使用寿命、降低生产成本。

第一代纤维金属层板——芳纶纤维铝合金层板(ARALL),兼顾重量、价格和疲劳性能,使其在Foker27下机翼蒙皮和C-17飞机货舱门等结构上成功应用,实现减重达30%左右,疲劳寿命提高三倍。第二代纤维金属层板——玻璃纤维铝合金层板(GLARE),经过多年发展,形成六大系列,广泛应用于波音777货舱地板和空客A380机身壁板结构,使A380飞机减重近794kg。第三代纤维金属层板——碳纤维钛合金层板(TiCr)主要是解决超光速飞机构件材料的耐高温和疲劳问题,经过对钛合金表面处理以及高韧高耐热碳纤维预浸料研制,改善了钛—树脂界面,已应用于波音787机身及机翼结构中。

3.5 表面减阻材料

空气阻力是影响飞机航速与航程等性能指标的重要因素,优化飞行器气动布局,减小飞行阻力是提高飞行器性能的有效技术途径。飞行阻力包括压差阻力和摩擦阻力。要减少摩擦阻力可以通过减少结构浸润面积和控制气流边界层。减少浸润面积一般通过翼身融合体设计。控制气流边界层则是利用层流摩擦阻力远远小于湍流摩擦阻力的技术原理,在飞行器表面实施湍流控制,以降低摩擦阻力。主要方法是在飞行器表面顺气流方向形成细小沟槽或凸起,以降低气流转捩。也可以通过在飞行器表面涂覆疏水涂层或纳米涂层以改善气流边界效应。据资料显示,该方法可以将飞行器表面摩擦阻力最大降低5%左右。

3.6 功能结构材料

功能结构材料就是将材料力学性能与其实现的结构功能融为一体的新型材料。这种结构材料往往是对已有材料进行改性、添加或者结构复合,形成具有一定功能效果的结构材料。如隐身结构材料、防除冰结构材料、防雷电结构材料和耐高温结构材料等。这种材料不同于一般的结构涂层,它具有一定的甚至是良好的结构承力性能。二维石墨烯片层自组装而成的三维支撑多孔结构泡沫就是一种宽频带高性能吸波结构,不仅体密度($\leq 3\text{mg/cm}^3$)极低,具有超高的压缩性(循环压缩应变达90%以上)。厚度10mm的三维多孔石墨烯的反射损耗率均低于-10dB。这种吸波材料与传统结构材料复合,就可以形成很好的隐身结构。同样,

利用材料的疏水性能和导电性能,可以复合形成防除冰结构材料、防雷电结构材料等。

4 结论

先进飞行器设计离不开先进的结构设计和先进的结构材料应用,正所谓一代飞行平台、一套设计体系、一代材料应用。先进结构材料是先进结构设计基础,先进结构是先进飞行平台的技术保证,未来新一代作战飞机研制论证离不开先进的结构设计和新材料应用,因此,未来新一代作战飞机立项研制,材料技术必须先行。

鉴于技术发展的不确定性,特别是第六代战斗机总体定位、技术指标和装备构想都还不够明确,因此,需要发展的结构强度技术以及新材料应用需求均处于探索研究阶段,只能抛砖引玉,引起大家思考和争鸣。

AST

参考文献

- [1] 张伟. 现代空军装备概论[M]. 北京: 航空工业出版社, 2010.
Zhang Wei. Introduction to modern air force equipment [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2010. (in Chinese)

- [2] 李航航, 高宏建. 先进战斗机结构选材与制造工艺需求分析[J]. 航空制造技术, 2004(Z1): 35-38.

Li Hanghang, Gao Hongjian. Structural material selection and manufacturing requirement analysis for advanced fighter[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2004 (Z1) : 35-38. (in Chinese) (责任编辑 王为)

作者简介

李航航(1967-)男, 博士, 高级工程师。主要研究方向: 飞行器总体与结构强度技术。

Tel: 18910205770 E-mail: li_hanghang@163.com

阎勇(1975-)男, 硕士, 高级工程师。主要研究方向: 飞机结构强度技术。

Tel: 13501117525

E-mail: yany03@sohu.com

尹航(1986-)男, 博士, 工程师。主要研究方向: 无人机总体技术。

Tel: 13810488155

E-mail: yinhang321@163.com

New Structure Application and New Material Requirement Analysis for Fighter Aircraft

Li Hanghang*, Yan Yong, Yin Hang

Beijing Aeronautical Technology Research Center, Beijing 100076, China

Abstract: One generation aircraft platform, one design system, one generation material. Aircraft structures and materials have always evolved with the development of aircraft platforms, and provide material guarantee for aircraft platforms performance improvement. Structures and materials are the technical basis of advanced aircraft design and development. With the evolution of fighter aircraft, aircraft structure design and material system show obvious generational characteristics. Through the research and analysis of the structure characteristics of aircraft generation, the possible structure forms and technical characteristics of the next generation fighter aircraft in the future are explored, and the preliminary requirements for advanced structures and materials development are proposed.

Key Words: fighter aircraft; structure characteristics; new material; requirement

Received: 2019-09-10; Revised: 2019-10-23; Accepted: 2020-01-20

*Corresponding author. Tel. : 18910205770 E-mail: li_hanghang@163.com