

飞机加装翼梢小翼的结构适航验证

王兆东

(民航上海航空器适航审定中心结构强度室 中国 上海 200335)

【摘要】翼梢小翼在商用飞机上的应用越来越广泛,目前很多现役飞机或机型,申请加装翼梢小翼以达到减阻增升的目的,提高运营的经济性。加装翼梢小翼需要从多个专业角度进行适航验证已确保飞机的安全水平。本文主要从机体结构方面研究分析了翼梢小翼的安装对飞机结构的影响,指出了需要关注的问题,为适航审查人员提供指导。

【关键词】飞机;翼梢小翼;适航验证;结构

Structural Certification for Winglet Installation

【Abstract】Winglets are widely used on commercial aircraft now. Many in-service aircrafts or aircraft models apply installation of winglets to get more lift and less drag which can increase operation economy. Consideration in many fields should be made to ensure that the aircraft keeps an equivalent safety level. This article gives some research on the influence of winglet installation on aircraft structure and points out the attention problems all of which can act as a guidance for the certification staff.

【Key words】Aircraft; Winglet; Certification; Structure

翼梢小翼技术逐渐在公务喷气机和商用飞机领域广泛使用。翼梢小翼是在小展弦比机翼的翼梢处装一个小翼片,从而既提高了展弦比,又不会使结构质量和摩擦阻力增加很多。翼梢小翼的安装有直立或斜置等几种方式,有上单小翼、下单小翼、上下双小翼等布局形式。

据波音文件,为飞机选装翼梢小翼主要五个方面优点。

- (1)大大降低了飞行成本,每架飞机全年可节省 300 吨燃油;
- (2)提高了安全裕度,改善了飞机起降性能;
- (3)在飞机起降时是飞机推力降低 3%,巡航时降低 3.4%,增加了降落的稳定性能,特别有利于山区降落;
- (4)降低了发动机推力,延长了发动机使用寿命,同时增加了飞机业载和航程,提高了飞机本身残值;
- (5)飞机起飞噪音降低 6.5%,废弃排放减少 5%,更加环保清洁。

据有关资料显示,波音 737-800 型飞机加装翼梢小翼后,在巡航阶段即高空平稳飞行时节省燃油,航程增加 4%-6%,约 130 海里,装载量增加约 6000 磅。

安装翼尖小翼将涉及飞机的多个方面考虑包括结构、颤振、操纵、电子电气专业,本文着重研究对翼梢小翼需要考虑的结构问题。

1 翼梢小翼对机翼载荷的影响

对大型运输机来说,在巡航和较低的飞行速度下,飞机的诱导阻力约占全机总阻力的 40%,如能减小飞机的诱导阻力对节约油耗和降低飞机的运行成本具有很大意义。尽管翼梢小翼可以增加燃油里程,但是安装翼梢小翼也会引起结构方面的问题。翼梢小翼减少阻力的方式会导致机翼外段弯矩和剪切载荷增加。

翼梢小翼的参数主要有高度、后掠角、尖削比、倾斜角、安装角和扭转角,其中翼梢小翼高度和倾斜角对机翼载荷有着重要影响。增加翼梢小翼高度即增加其展长,可产生较大的小翼升力。但过高的翼梢小翼会产生大的翼根弯矩,一般翼梢小翼的高度为机翼半展长的 10% 左右。

翼梢小翼的弦平面与地平面的垂直面之间的夹角定义为倾侧角。为了使翼梢小翼能有效地减小诱导阻力并使机翼翼尖和小翼根部交界处在超临界状态流动干扰较小,就要求翼梢小翼外倾。但也不能使外倾角过大,因为这会引起翼梢小翼上的力对机翼根部的弯矩过大,致使结构重量增大。一般翼梢小翼的倾侧角为 15°-20°。

机翼翼梢加装翼梢小翼可以降低飞机的诱导阻力,但同时,翼梢小翼也产生升力使整个机翼的压心外移,翼根弯矩增大。一般在中等展弦比的机翼上(如展弦比为 7-7.5)加装翼梢小翼的效果较高,原因是中等展弦比的机翼其诱导阻力较大,而翼梢小翼引起的机翼弯矩也较小。在大展弦比飞机像 A300-600、A310-300、A320 等,在翼尖只加装较小的涡扩散器,虽然阻力降低小一些(约 1%-1.5%),但引起的翼根弯矩也小。

图 1 中可以看出加装翼梢小翼后飞机展向相对压心明显向内移动。

2 小翼对全机结构的影响

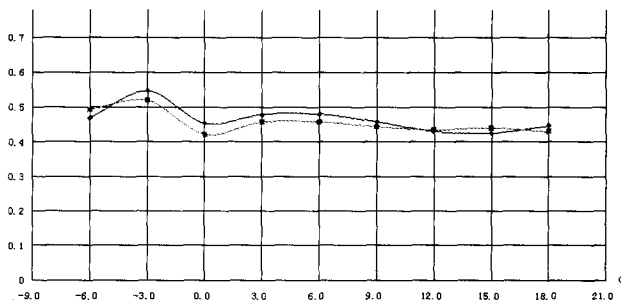


图 1 加装翼梢小翼后飞机展向压心的变化

安装翼梢小翼不但需要考虑对飞机机翼结构产生的影响,同时也需要考虑安装小翼后改变了全机的气动特性所造成飞机其他部件的结构载荷变化。

首先,由于全机气动特性变化可能使飞机原有的设计包线发生改变。从飞机结构的角度来说,飞机结构承载能力是在包线范围内进行验证,需验证的是飞机结构在新的包线范围内,结构依然有足够的承载能力。

其次,安装小翼改变了全机气动特性,可能使飞机的结构载荷严重情况发生变化,全机载荷分布发生变化,需要进行充分验证工作,以表明结构在新的载荷分布情况下,结构有足够的承载能力。

最后,需要在变化后的包线范围内,验证机体内部所有仪器设备的连接情况是否仍能满足原有的安装和连接要求。

3 翼梢小翼鸟撞考虑

对翼梢小翼鸟撞的考虑首先需要识别翼梢小翼的重要性,分析小翼是否可以损坏。如果小翼可以损坏,则需要证明其损坏不影响飞机的安全飞行,如果不能损坏则必须验证其在鸟撞后结构完整性。

小翼的损坏不影响安全性可以从以下几个方面考虑。

- (1)鸟击后小翼的损坏形式不会影响到主要结构部件的承载;
- (2)小翼的损坏不会使飞机气动特性发生显著的不利改变;
- (3)小翼鸟撞的发生不会使内部系统元件发生显著损坏。

4 翼梢小翼的闪电防护要求

飞机遭受雷击后产生强大的电流,它严重威胁飞机的飞行安全。大型飞机,就会在飞机主翼或尾翼装上“静电释放器”,它能够经由尖端放电,在飞行时将过量累积的静电荷释放至大气中,有的飞机的静电释放器甚至多达 10 个以上。对于飞机机身外表为金属部分的,对放电刷的要求不是非常高,但对于复合材料部分在放电刷的要求方面是比较高的。这是因为金属材料是电的导体,电荷可以自由流动,而复合材料是电的不良导体,容易积聚电荷。

应根据翼梢小翼的材料特性,分析所加装翼梢小翼的导电特性,表明其符合性原有的导电特性要求,并且在小翼上的(下转第 11 页)

3 颗粒图像分析技术在黄河泥沙分析研究中的应用探讨

当前,黄河水文泥沙粒度粒形测试与分析技术已发展到激光粒度分析仪,然而得到的仍是粒度统计数据,描述的是泥沙颗粒的群体特性,而把泥沙颗粒的个体特性予以概化,可能会失去深入了解泥沙颗粒的某些重要信息。因此,利用颗粒图像分析技术研究黄河泥沙颗粒特性十分必要,笔者认为在以下几个方面的黄河泥沙应用研究中可以开展有益的探索和尝试。

3.1 分析河流泥沙复杂的不规则外形,深入研究泥沙颗粒运动基本规律

近年来,为塑造协调的黄河水沙关系,先后开展了调水调沙试验与生产运用、小北干流淤积试验,主要来沙区粗沙来源区界定等治黄实践,急需对泥沙颗粒及其运动的基本规律有更深入的认识。为此,在保证实验室快速精确分析泥沙粒度的前提下,借助颗粒图像分析技术,可以动态、直观地观察泥沙颗粒形状,分析河流泥沙复杂的不规则外形,对深入研究泥沙颗粒运动规律具有重要意义。

3.2 研究不同来沙区泥沙形状的区别,分析探寻泥沙输移规律及水土流失情况

黄河流经世界上水土流失面积最广、侵蚀强度最大的黄土高原,水土流失面积 45.4 万平方公里。黄河中游的水土流失带来黄河下游的严重淤积,这些淤积的泥沙哪一粒径级别最多?它们又产自何处?借助颗粒图像泥沙粒形分析技术,通过进一步研究不同来沙区泥沙形状的区别,可以帮助更好地解答泥沙颗粒的不规则程度如何,不同来沙区的泥沙颗粒形状有何异同,不同形状泥沙颗粒的运动情况及其对沙波和水流运动的影响,在不同水流条件下泥沙颗粒的形状变化情况是大家比较关注的问题,为研究水库河道淤积物的特征并分析探查泥沙颗粒的输移规律提供粒度粒形资料,为探寻水土流失情况及评价水土保持效益提供有效技术支持。

3.3 研究认识水沙运动基本规律提供基础资料

分析表明,黄河上、中、下游泥沙由于化学成分、矿物组成不同,密

度明显不同,从而造成泥沙粒形的差异。不同的泥沙来源开始进入河流时其不规则型和棱角比较明显,随着水流的运动泥沙会出现不同程度的磨损,进而引起水流挟沙能力和沙波运动形态的改变。借助颗粒图像泥沙粒度粒形同步分析技术,通过对泥沙粒形变化的研究,可以丰富和促进泥沙运动基本规律的研究,为研究不同粗细颗粒的泥沙在不同水沙条件下的粒形变化规律及其对水流运动的影响提供粒度粒形资料。

3.4 分析研究污染物对泥沙沉降及挟沙能力的影响

面污染或点污染源所造成的黄河水体污染事故和水质下降具有随机性和经常性,由于黄河属于多沙河流,污染物的化学成份多种多样,污染物与泥沙颗粒之间的相互影响关系复杂:泥沙颗粒通过吸附、吸收污染物,可以降低河流水体的污染程度;污染物的化学成份可能与泥沙颗粒发生一定的化学反应,进而影响泥沙颗粒的质地与形态;泥沙颗粒吸附污染物也直接地改变了其几何形态,从而对泥沙沉降和水流的挟沙能力都会产生影响。借助颗粒图像泥沙粒形分析技术,可为研究泥沙颗粒形状对污染物吸附、絮凝以及对泥沙沉降及挟沙能力的影响情况提供粒度粒形资料。

3.5 检验筛分析法中泥沙颗粒形态的完整一致性影响

目前,黄河水文粗泥沙的颗粒分析最基本的手段仍是筛分析法,该方法经济、适用。但使用该法需要对泥沙进行高温烘干,利用机械振动滤筛得到各级沙重以求其粒度分布,而长时间的高温加热和高强度的机械振动可能会对泥沙颗粒的原始形态产生一定破坏,进而影响到其粒度分布特性。借助颗粒图像泥沙粒形分析技术,可以检验筛分析方法中泥沙样品颗粒在高温烘干和机械振动下是否产生了变形或破损,以及对平均粒径、粒度分布等分析成果的影响程度。

作者简介:陈卫芳(1976—),2006年毕业于华北水利水电学院水利水电工程专业,工程师,主要从事水文水资源测报工作。

[责任编辑:江广霞]

(上接第9页)防护。对有电缆入室接设备的,应穿金属管埋地敷设,在入室端将电缆金属外皮、金属管与防雷接地有效连接。对有光纤线缆连接的,虽光纤本身不会感应和传递过电压,但其金属加强筋和金属铠层却易感应、传递雷击过电压,因此光纤入室也要有接地保护。传输数据的以太网线、微波下线、视频线和传感器数据线,收感应雷的影响较多,采用 F 级(FINE)防雷器。当线路暴露在户外时,需另外加装防雷器,形成二级保护。对所有用户的双绞线两段加装防雷器。

3 结束语

总之,黄河下游涵闸远程监控系统的雷电防护问题,是一项综合而复杂的系统工程,建立行之有效的防雷措施,才能保证系统长期稳定的运行。

[责任编辑:江广霞]

(上接第21页)适当位置加装放电刷,或将原有翼尖的放电刷安装在翼梢小翼的合适位置上。

5 翼梢小翼对飞机颤振特性的影响

翼梢小翼可能对飞机全机的颤振特性产生影响,安装翼梢小翼后,飞机的机翼固有频率发生变化,全机的动态气动特性发生变化,上述原因综合作用后,使飞机的颤振边界发生改变,从而影响到飞机的运行边界限制。

在加装翼梢小翼后,需要对全机的颤振特性进行重新分析,验证原来的颤振边界。以满足安全性的要求。颤振分析应覆盖正常情况、丢失单边小翼的情况及无小翼的情况。必要时需要补充进行飞机的颤振飞行试验来表明对颤振要求的符合性。

6 对翼梢小翼自身结构的验证

对加装的翼梢小翼,其结构应满足基本的适航规章要求,具有规定的承载能力,材料的使用满足规章要求。需要验证小翼的连接结构(包括原机翼的翼尖结构部位)是否具有足够的强度和疲劳性能,能够承受和传递安装翼梢小翼后所产生的载荷。

此外,翼梢小翼的外形比较复杂,需要根据小翼的材料对其生产

加工工艺进行关注。

7 结语

加装翼梢小翼需要根据综合考虑小翼对飞机各方面的影响,从适航安全性上,使加装小翼后的飞机仍满足原有审定基础中的各项要求,具有同等的安全性水平。从结构上主要关注其带来的载荷变化和结构是否有相应的承载能力。此外,还需要考虑到丢失小翼的故障情况和闪电直接效应对结构损伤。在适航验证过程中需要根据实际情况发现不安全因素,必要时需要进行补充飞行试验来作为符合性验证的方法。

【参考文献】

- [1]CCAR-25 中国民用航空规章第 25 部:运输类飞机适航标准。
- [2]CS-25 Certification Specifications for Large Aeroplanes.

作者简介:王兆东(1979,8—),男,工程硕士,工程师,研究方向为飞机载荷、飞机金属结构的疲劳与强度、民机适航规章。

[责任编辑:王洪泽]