

# 小型飞机铝合金结构修理简析<sup>①</sup>

罗裕富

(中国民用航空飞行学院绵阳分院机务工程部 四川绵阳 621000)

**摘要:**随着飞机使用时间的逐渐增加,飞机结构受力部件由于疲劳、过载、重着陆等原因,结构件损伤将日益突显,主要表现为变形、裂纹、缺损等情况。该文以铝合金结构为例,通过对飞机结构材质、损伤形式、及修理措施合理性进行分析,可提高对结构损伤认识,提高结构损伤维护可靠性。

**关键词:**变形 裂纹 缺损 断裂

**中图分类号:** TG172.9

**·文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-098X(2013)06(c)-0050-02

## 1 飞机铝合金结构的材料

### 1.1 飞机结构材料包括合金结构和复合材料两大类,合金材料主要为

铝合金、镁合金、钛合金、碳钢类等。随着航空器材料发展,复合材料被不断应用,但铝合金仍然占着主要位置。铝合金成为航空器如此重要基材与其材料性能是分不开的。铝合金材料性能特点:较高的比强度( $\sigma_b/\rho$ )、比刚度( $E/\rho$ )、疲劳强度、机械加工性能、抗腐蚀、脆化、环境稳定性良好。

### 1.2 部分铝合金在飞机结构中的应用

机身蒙皮(2024-T3、7475-T6、LY12);机身桁条(7150-T77、7075-T6、LY11、LY12);机身隔框(2024-T3、7055-T6、LY12、LC4、LC9);机翼蒙皮(2024-T3、7055-T77、LY12);翼肋翼梁(2024-T3、7010-T76、LY16、LC4)。

## 2 铝合金结构损伤形式及修复方法分析

小型飞机构型大多为半硬壳式,使用铝合金的部件有蒙皮、翼肋、隔框、桁、梁。蒙皮用来构成机身、机翼气动外形,承受局部气动载荷,并承载机身、机翼扭矩,受力形式为拉伸、压缩。机身结构主要由隔框和梁桁组成,其作用是承受气动载荷,以及机翼、尾翼、机身所产生的弯矩,保持机身气动布局。机翼构件包括翼肋和梁桁等,主要用来保持机翼截面形状,维持气动外形,承受剪切、弯矩。

下面从飞机蒙皮、翼肋隔框、桁梁损伤形式和修理方法进行分析。

### 2.1 蒙皮损伤修理

(1)小型飞机多为半硬壳式结构,蒙皮也承担着部分载荷,蒙皮损伤会破坏飞机气动性能,降低蒙皮强度,危及飞行安全。

(2)蒙皮损伤形式:变形、划伤、裂纹和破孔等。

(3)蒙皮损伤修理。

①蒙皮变形(压坑、鼓包)。蒙皮变形指损伤处蒙皮在正常使用或受到意外撞击时刚度不足而引起塑性变形。此类损伤应先确认损伤位置、损伤程度,承载要求。采用整形修复损伤区域,对承载要求较高区域应

整形后加强处理。压坑、鼓包严重,无法整形恢复气动外形,应考虑挖补增强方式。

②蒙皮划伤。蒙皮划伤,应先确认损伤位置,划痕宽度、长度及深度,根据损伤情况判定损伤级别,及修理方式。蒙皮厚度不同,允许划伤深度也不同。如蒙皮划伤深度达到修理规定,用砂布将划伤部位打磨成圆滑过渡,避免应力集中,然后喷涂铝粉漆填平损伤部位。如划伤严重,除打磨喷涂外,还应在其内部铆接加强片。

③蒙皮裂纹。裂纹能降低了蒙皮强度,且在受力过程中,裂纹因应力集中而继续扩展。修理时应根据裂纹损伤程度、裂纹位置等情况采用不同修理方法。

钻止裂孔:蒙皮裂纹较短时,采用钻止裂孔方法。钻孔前应确定裂纹扩展方向、裂纹区域载荷分布情况综合考虑决定止裂孔位置。完成止裂孔后对裸露金属进行保护,防止腐蚀。

铆接加强:蒙皮裂纹较长或损伤蒙皮区域承载较大时,除钻止裂孔外,还需在裂纹部位内部铆接增补片加强。增补片应考虑以下因素:材料、厚度与损伤部位蒙皮相同;增补片紧固件孔设置;紧固件选取;增补片形状和尺寸,计算增补片强度,保证蒙皮和增补片强度(如图1)。

④蒙皮破孔修复。蒙皮破孔直径较小,对蒙皮强度无影响情况下,根据破孔位置可采用无强度修理,即不考虑强度,只恢复蒙皮表面气动外形的修理方法。

如蒙皮破孔损伤出现在承载区域或结构件连接区域时,应根据构架损伤情况,采用合理的修理方式。应先修理内部构件,再修理蒙皮。切割损伤区域,制作衬片和增补片,对紧固件连接形式、紧固件选取、连接强度、以及载荷传递合理性等方面进行设计,保证蒙皮和增补片强度,防止局部增补后强度改变而引起应力集中。增补片应考虑材料、厚度、形状和尺寸等因素。

⑤蒙皮严重或大范围损伤修理。蒙皮裂纹、破孔损伤程度达到飞机SRM手册规定的更换标准;或当手册无标准时,因损伤面积过大,修理后引起飞机质量变化较大、改变蒙皮结构强度、以及改变飞行中气

动载荷传递途径等情况时都应更换损伤蒙皮。此类修理,首先应检查蒙皮内部连接结构件有无损伤,若发现损伤应先修理内部结构受力件,再更换蒙皮。完成蒙皮更换前应落实蒙皮安装相应的工装设备、型架、及施工工艺,保证飞机设计要求的气动外形。

### 2.2 翼肋、隔框的修理

(1)翼肋、隔框用来保持机翼、及机身截面形状,承受并传递局部气动载荷、扭矩等。修理要求:恢复损伤变形、保持结构强度。

(2)损伤形式:变形、裂纹。

①变形修理。肋、框的腹板变形是常见变形损伤,可采用局部整形以恢复变形。如整形后仍有鼓包或凹陷,可在损伤部位铆接加强片或型材,以提高其结构强度、防止失稳。翼肋腹板通常受到沿翼肋高度方向剪切力;隔框通常承受沿隔框径向压应力。加强片或型材的材料、厚度应与基体材质相同。应根据损伤区域设计强度计算加强片尺寸、形状,及设计紧固件位置、数量。

②裂纹修理。i 裂纹长度较小(参见厂家飞机SRM手册规定标准);对翼肋和隔框结构件强度影响较小,可采用临时修理措施,即在裂纹端头扩展方向钻止裂孔后使用。对不承载区域的工艺孔、减轻孔、槽口边缘处较小裂纹,可使用锉修方法,不需加强。ii 裂纹长度较大:在裂纹末端钻止裂孔,在损伤区域铆接与基体材料、厚度相同的加强片。根据损伤位置及损伤情况计算加强片的尺寸、形状,以及设计紧固件数量、位置(如图2)。

(3)严重损伤处理。

严重损伤指损伤面积较大,损伤形式复杂,通过修理后不能恢复变形设计气动外形或加强措施会引起其他损伤形式(如应力集中)风险;或超过飞机SRM手册规定更换标准。面对此类损伤的修理方式是直接更换损伤构件。

### 2.3 桁梁修理

(1)桁梁损伤形式:缺口、裂纹、断裂等。

(2)缺口修理:缺口损伤宽度较窄(飞机

(下转52页)

①作者简介:罗裕富(1983.12—),男,四川.遂宁,助理工程师,大学本科,研究方向:飞行器结构。

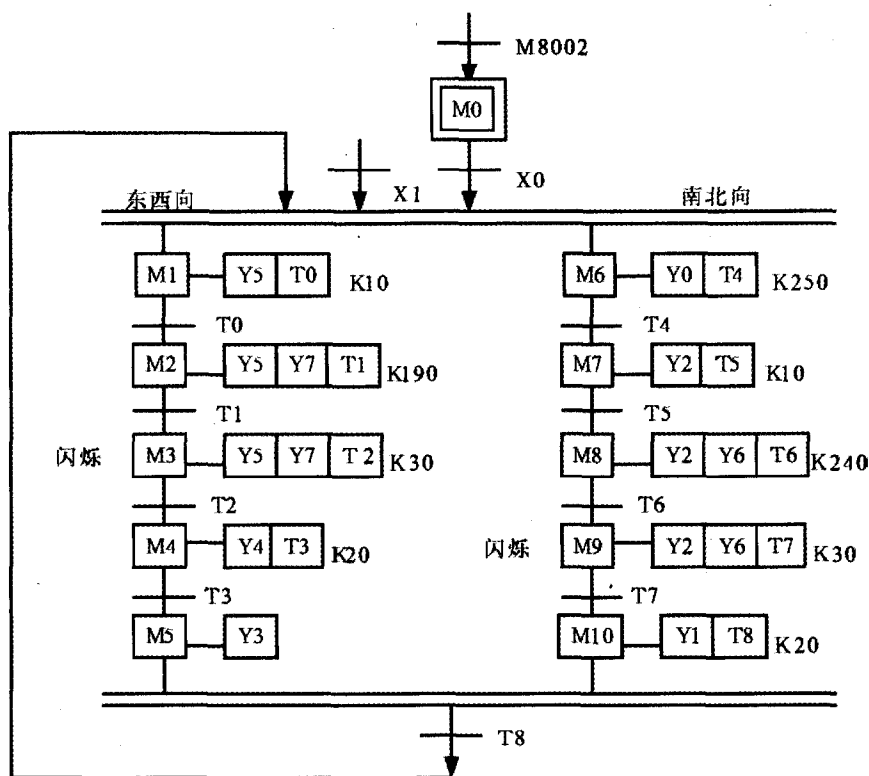


图1 顺序功能图

结构,画出程序流程图,它是编程的主要依据,应尽可能地准确和详细。然后根据流程图完成PLC控制程序的设计。

#### 2.2.1 顺序功能图

顺序功能图是对整个控制系统的总结,准确绘制顺序功能图是完成控制程序设计

的前提。顺序功能图如图1所示。

### 3 结语

针对该设计中的交通红绿灯控制系统,设计中的许多功能还有待于扩展、完善。例如没有对所控制LED灯的调光问题进行研究。另外,系统仅限于逻辑开关量的控制,对于PLC的许多高级指令没有应用到。以上问题有待于今后进一步研究解决。

### 参考文献

- [1] 耿良田.PLC的现状与发展趋势[J].数字化,2005(8):20-22.
- [2] 陈忠华.可编程控制器新谈第一讲PLC的发明和发展过程[J].自动化博览,2005(1):94-95.
- [3] 陈忠华.可编程控制器新谈第二讲PLC的定义和硬件的基本构成(一)[J].自动化博览,2005(2),86-87.
- [4] 李国屏.谈PLC可编程控制器的原理和工业应用[J].宁波职业技术学院学报,2005(2):25-27.
- [5] 胡学林.可编程控制器教程[M].北京:电子工业出版社,2004:11-14.
- [6] 张桂香,张至军.PLC的选型与系统配置[J].微计算机信息,2005(9):81-83.

(上接50页)

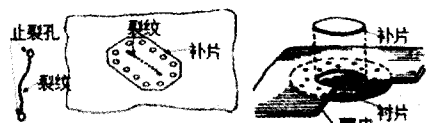


图1 止裂孔及挖补形式

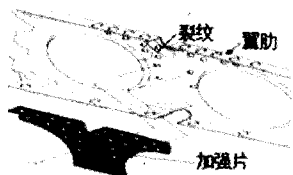


图2 翼肋加强片形式

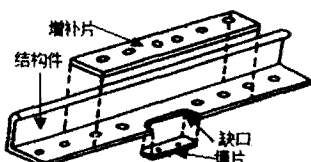


图3 桁梁缺口修理图示

SRM手册规定标准),只需将缺口锉修成光滑弧形,用砂纸打光后涂上底漆。损伤缺口宽度较宽(沿构件的截面方向测量),经计算对结构受到的弯、剪、扭载荷影响较大

时,需把缺口切割整齐,用填补片安装于缺口,并铆接加强增补片(如图3)。

(3)裂纹修理:根据裂纹(沿构件截面方向)长短采用不同的修理措施。较短裂纹(飞机SRM手册标准)时采用锉修法,打磨损伤区域,防止应力集中。较长裂纹,首先在裂纹末端钻止裂孔,然后根据构建截面结构尺寸大小,视情决定增强修理方式,可使用增补片或使用构件基体相同的型材进行加强。

#### (4)断裂修理。

①更换:对于拆装方面的结构件,且维修基地工装设备能满足部装要求,在飞机制造厂家技术工艺支援情况下应采用直接更换的修理方法。

②接补(型材)修理:在不能满足更换条件下,应在厂家手册指导下采用接补型材方法进行修理。接补型材分为:外侧接补(接补型材安装在构件的外侧)、内侧接补、两侧接补。接补型材应选用构件基体相同的型材,为保证构件基体与接补型材紧密贴合,应将接补型材进行倒角处理。

接补修理通常会改变结构件损伤区域内部应力分布、以及局部承受载荷的形式,

因此制作接补型材要求进行强度、尺寸、链接形式等计算。同时此类修理一般会伴随飞机质量的变化,应做好相应重量、平衡计算,或飞机称重工作。

### 3 结语

发现任何结构损伤,首先应确定损伤区域、损伤形式、及损伤程度,其次是查阅飞机厂家发布最新有效的《飞机结构修理手册》,确定损伤等级,查询对应修理方法。对于厂家未提供修理信息的损伤部位或损伤形式,应将飞机相关损伤信息及时、准确、全面的报告厂家,咨询相关修理方法及修理工艺。最后是准备修理航材、工具、工装设备,安排具有资质修理人员完成修理工作。

### 参考文献

- [1] CESSNA172R MAINTENANCE MANUNAL R18.
- [2] 黄昌龙.波音飞机金属结构修理使用技术[M].航空工业出版社,2001.
- [3] 航空器结构修理(STR01金属结构修理),2007.