



分析

报道

飞机结构腐蚀控制

王仁法

飞机结构设计从 50 年代的静强度刚度设计准则到 70 年代的损伤容限准则,使运输机的使用寿命不断延长,至今已达到 36,000 个起落,或 60,000 个飞行小时,以及 20 年的自然寿命,这是非常令人高兴的事。然而,如果结构腐蚀控制不好,那也难以达到这个寿命指标,因为结构腐蚀的严重程度与使用时间密切相关。

近年来对一些飞机发生的事故分析表明,很多事故起因于结构腐蚀的破坏。例如,1982 年 9 月,一架日航 DC-8 客机,满载旅客在上海降落时冲出跑道,造成事故,其直接原因是飞机的紧急刹车高压气瓶内壁产生应力腐蚀所致。1988 年 4 月 28 日,美国阿洛哈航空公司的一架已飞行 35,496 个小时的波音 737-200 客机在夏威夷上空机身突然破坏,前舱上部大片结构飞掉,一名乘务员被吸出机外,另有一名乘务员和 7 名乘客负重伤,原因是机身蒙皮搭接缝处开胶、腐蚀和有疲劳裂纹。而英国慧星号客机和美国的 F-111 战斗机坠毁事件,则是国际上著名的应力腐蚀事故。在水上飞机的疲劳定寿中,考虑腐蚀影响而进行的修正,甚至可使其寿命降低 40%~60%。难怪美国联邦快运公司的一位专家说:“我们被一些飞机的腐蚀极大地震惊了,……腐蚀正如炸弹一样降临。”

另外,由于腐蚀而造成的经济损失也是十分惊人的。在发达国家,一个公认的事实是,每年因腐蚀带来的经济损失占本年度国民生产总值(GNP)的 3~5%。随着工业的发展,腐蚀损失随之增加。据报道,美国 1986 年因腐蚀损失约 1,760 亿美元,1995 年

Battelle 实验室统计损失约 3,000 亿美元。在我国,1980 年粗略统计,腐蚀损失约占国民生产总值的 4%,1995 年损失约 1,500 亿元人民币,到 1998 年则高达 2,800 亿元人民币。美国空军每年用于与腐蚀有关的检查与维修费用高达十多亿美元。国际航空运输协会的报告指出,由于腐蚀导致民用飞机的定期维修和部件更换的直接经费每飞行小时为 5~12 美元。

腐蚀所造成的危害如此之大,人们因此而采取各种措施,想方设法防止或减缓结构的腐蚀。对于民用飞机而言,由于结构腐蚀破坏所带来的灾难性事故,对人们心理的冲击非常之大,这是很难用经济来衡量的。因此,更应引起飞机结构设计人员的高度重视。

要使飞机在运行环境中经得住长期使用的考验,飞机结构的腐蚀控制必须从设计、制造、使用、维修直至退役这样一个全过程来考虑。虽然,结构的腐蚀破坏,大多出现在使用阶段,但就其产生的原因却蕴育于设计阶段,所谓“腐蚀是从图板上开始的”就是这个道理。因此,解决好结构腐蚀问题应当从设计阶段开始。

结构防腐蚀设计,主要从两个方面来考虑:一是根据结构使用环境,应采用何种措施来防止或减缓结构腐蚀破坏;二是如何设计出合理的结构,使所采用的防腐蚀措施加工方便而且效果更好。

腐蚀控制的手段和方法很多,主要从以下三个方面着手:(1)正确地选择材料;(2)合

理的结构设计;(3)可靠的表面防护。

一、正确地选择材料

1. 正确选材的基本原则

正确选材是按飞机使用性能和要求,使用环境和条件,选择合适的结构材料。它是一个调查研究、综合分析、比较鉴别的复杂而细致的过程,是结构防腐设计成功与否的关键一环。选材时应遵循以下基本原则:

(1)材料的耐蚀性能及采取腐蚀控制以后的耐蚀性能要满足结构的使用环境要求;

(2)材料的物理机械性能以及工艺性能要满足结构的强度、刚度、疲劳与加工制造的要求;

(3)应当考虑到材料的经济性和保障性。

图1为选材顺序示意图。

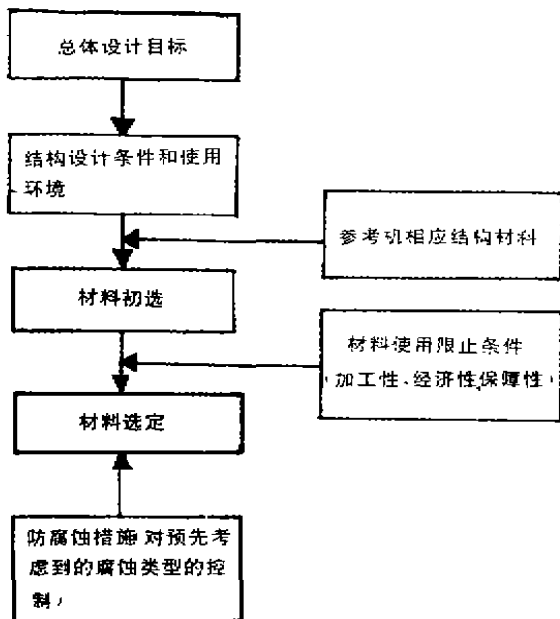


图1 选材顺序示意图

2. 选材的误区

根据腐蚀专家的调查与估计,大量腐蚀损坏是设计人员对腐蚀知识不具备而引起的。在结构设计时,一旦遇到腐蚀问题,选材者往往理解不够,或步入误区,以至造成重大

损失。选材者易犯的错误主要有以下几点:

(1)选材事先不查阅资料。认为选材是件简单的事,只要物理机械性能合格就行,全然不顾使用环境。

(2)认为不锈钢是万能的耐蚀材料。这是一个误解,因为一切金属与合金,对于某些特定环境是可以耐蚀的。但在另一些环境中却对腐蚀又很敏感。到目前为止,世界上还没有真正的万能耐蚀材料。即使是不锈钢,其种类也很多,像含铬18%以下的不锈钢,它在大气及海水中的耐蚀性就不高。

(3)认为大气、水对腐蚀必然轻微。实际上,大气、水也是腐蚀介质。

(4)认为材料腐蚀与结构形式无关。其实,结构形式是造成材料腐蚀的重要原因。一些结构缺陷,如排液通风不畅、缝隙的存在以及易积液的死角等,都是容易产生材料腐蚀的不良构型。

(5)不重视两种不同材料的接触腐蚀。两种不同材料的零件连接在一起,在飞机结构中是十分普遍的。但由于不同材料的电位不同而引起电偶腐蚀。必须注意的是,不同的紧固件材料及镀层材料的接触腐蚀。

(6)忽视加工制造对材料腐蚀的影响。加工制造不当是材料腐蚀的重要因素。如7075铝合金,在热处理T6状态强度最高,但易产生应力腐蚀开裂,故应采用T73或T76状态。钛合金具有良好的耐蚀性,但镀镉和镀银则会引起镉脆和银脆。

二、合理的结构设计

预防结构腐蚀的最有效的办法是在结构设计阶段采取措施,尽力将腐蚀问题决在图板上。结构防腐设计的基本流程图如图2。

在结构防腐设计阶段,主要注意以下几点:

●结构的工作环境和腐蚀类型及应力水

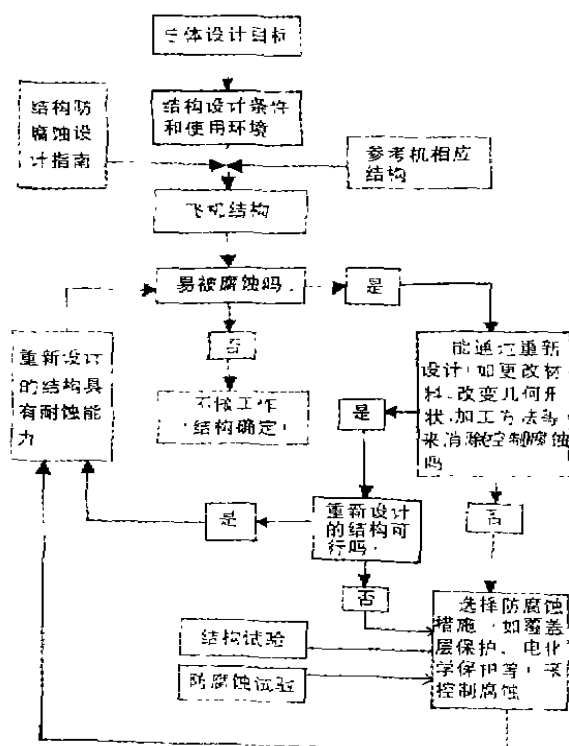


图2 结构防腐蚀设计基本流程图

平;

- 材料的耐蚀性能;
- 涂层及表面处理;
- 零件几何形状及连接形式;
- 消除缝隙及积水表面;
- 隔离不同金属的接触;
- 制造工艺技术;
- 维修性。

三、可靠的表面保护

在可供选择的防腐蚀措施中,大体上可分为三类:覆盖层保护;电化学保护和改善环境。虽然,三类措施的联合使用可以得到最好的防腐效果,然而覆盖层保护在飞机结构的防腐蚀措施中用得最多,方法也是最多的。

覆盖层保护就是在飞机零部件的表面镀上耐蚀的金属或合金镀层,或在其表面涂上有机涂层(涂漆),这不仅增加了零部件及整架飞机的美观,更重要的是防护飞机结构不

被腐蚀,保证飞行安全,这比外观好看重要得多。在选择防护层时以下几方面问题应当注意:

- 1.尽可能选择阳极性防护层;
- 2.所选用的镀覆层在其使用条件下(包括飞行和停放时),能否满足结构零件耐蚀性的要求;
- 3.所选用的镀覆层的工艺是否会对基体材料带来不良的影响(如使零件产生氢脆等),影响程度以及采取消除或减少这些影响的措施;
- 4.镀覆层在使用时,由于环境介质、温度、应力、相接触的零件等因素的影响,是否会带来有害的影响,以及解决的方法;
- 5.应考虑镀覆层的生产性(包括工艺过程的毒性),使用维护性及经济性;
- 6.对于不同材料的零件应选用不同的涂层系统。

另外,必须注意的是,在某些情况下,往往几种镀层都可以满足同一防护目的,但由于各种金属特性互不相同,镀覆工艺也各异。因此,每种镀层都有自己的合适使用范围。而涂层质量的优劣,不仅取决涂料本身的质量,还取决于施工工艺的质量,“三分材料,七分工艺”之说,足以表明施工工艺的重要性。

现在,仅仅在维护和修理阶段来排除飞机结构腐蚀的做法早已过时,在设计阶段就解决好飞机结构的防腐蚀设计才是上策。一些航空大国,已经提出了“优先搞好腐蚀政策”,对军用飞机甚至提出“在最恶劣的使用条件下运行十年而无需进行与腐蚀有关的定期维修”的设计要求。设计出一架高性能、长寿命、安全可靠、维修性能好的飞机是每个飞机设计人员的共同追求,也是进行飞机结构防腐蚀设计的战略目的。当然,飞机的安全使用,除了有好的结构防腐蚀措施外,还应包括良好的腐蚀管理。

主要参考资料 (略)