

XM-28密封胶在飞机结构密封中的应用

郭 玉 瑛

几年来,在飞机设计、材料研究和生产使用三方面有关单位紧密结合互相支持的情况下,对 XM-28 密封胶进行了不断地研究和改进,通过工艺试验、模拟试验和装机试用,其全面性能基本满足设计要求,一九七八年四月由三机部组织鉴定,同意在飞机气密、水密及油密结构密封中使用。我们采用 XM-28 密封胶,主要是在飞机气密舱和机翼整体油箱结构的密封。现仅就这方面情况作一简要介绍。

一、结构密封及对密封胶的要求

在整架飞机气密、油密结构中,除采用气、油密干涉铆钉密封外,主要是使用 XM-28 密封胶实现密封,用量可达数百公斤,其密封形式主要是缝外密封,在重要部位及不开敞处也辅以缝内密封,再涂缝外胶。从结构特点和飞机重量考虑,我们没有采用表面刷稀胶这一密封形式。按密封缝的长度计,缝外密封占相当大的比例,包括边缝、钉头、气动整流等;缝内密封量虽小,但也是不可缺少的,如铆接前的预涂、铆接后从注射孔或下陷处注射密封胶。

不同的密封形式,对密封胶的工艺性能有着不同的要求。例如在保证良好的注射、刮抹性能的前提下,要求缝外密封胶不流淌、易堆砌,即使在垂直面或仰面向上涂胶时,也能保持涂敷的密封胶型面尺寸不变,整齐干净;要求缝内密封胶有良好的流动、渗透能力,有较长的施工期等。对这些要求,目前仅为单一粘度的密封胶是难以满足的。同时,从密封施工和维修的需要出发,密封胶需具有两种以上颜色,以便于检查涂胶质量。

此外,飞机机身和机翼都是主要承力结构,在飞行中由于受气动外力而变形,振动、交变应力和高低温的变化,都对密封结构产生作用,这就要求密封胶在物理-机械性能方面,特别是相对伸长率、粘合强度等,应达到规定的指标。另一方面,从使用环境、条件出发,又必须要求密封胶耐水、耐航空煤油、耐空气老化,对所接触的材料不引起腐蚀,有很长的使用寿命。

综合以上要求,提出了 XM-28 密封胶的有关技术指标,作为研制和考核的基础,而这些指标又在研制、试验和试用中,不断修改、补充,达到更加完善和合理。

二、机身气密结构特点和密封

由于飞机高空性能的要求,机身结构除了机头雷达罩、尾翼安装接头及起落架轮舱外,全部需要密封,使机身成为一个增压的气密舱(见图1)。应用 XM-28 密封胶的部位主要是蒙皮对缝、门框、观察窗、天窗等开口周缘,型板、型材下陷以及一些漏气空穴等。根据理论估算用胶量约100公斤左右。

结构密封大致有以下几种典型情况:

蒙皮采用横搭接,纵向在框缘处对接,在压力面处蒙皮和缘条端头涂密封胶(图2);板的对接缝按图3涂胶密封;多层连接缝按图4涂胶;纵横交错的缝隙,如长桁下陷搭到框缘上,而这个框正好是蒙皮的对缝,必须进行密封,那么在长桁下陷处必须进行注射密封,即用注胶枪在下陷的一端注胶,使胶在另一端挤出5毫米左右为止(图5);如果需要注射

密封的缝隙很长，如蒙皮在框缘处的搭接，则在框缘上开 $\phi 4$ 的注射孔，以保证密封胶充满孔隙（图 6）；纵横零件立体交叉引起的空穴以及由三个面或三个以上面汇交引起的多面角上，先用高堆砌性 XM-29 密封胶填充密封，而后在 XM-29 密封胶表面再涂一层 XM-28 密封胶进行密封（图 7）。

有些重要部位，由于通路较多，单用缝外密封无法保证气密可靠性时，则采用缝内、缝外双道密封，如天窗的顶盖蒙皮等。缝内密封要求在零件的两贴合面之间涂一层 XM-28 密封胶，而后装配铆接。为防止铝屑等杂物进入缝内胶中，必须在涂胶前将全部钉孔制成精孔

并彻底清洁。

对于螺栓及铆钉（专用气密铆钉除外）均需涂胶密封，如图 8 所示。



图 1

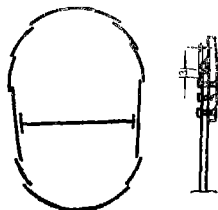


图 2

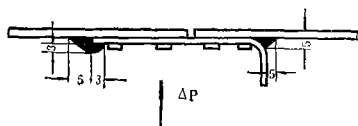


图 3

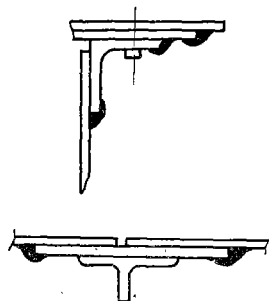


图 4

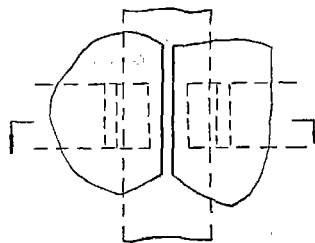


图 5

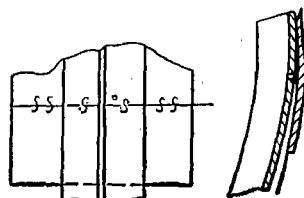


图 6

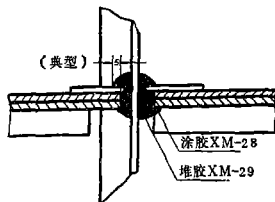
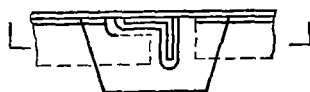


图 7

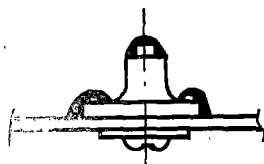
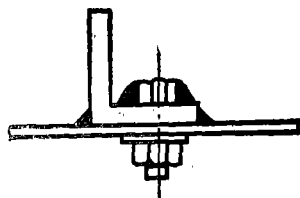


图 8

三、机翼整体油箱结构特点和密封

飞机的整体油箱设计在机翼上，中央翼内为软油箱舱（图9）。整体油箱由机翼结构上、下壁板和前、后梁构成，结构完全密封，就形成贮存燃油的空间。整个机翼又可被密封的翼肋（密封隔板）依次隔开，分别形成主燃油箱、转输燃油箱和通气防溢油箱。要求整体油箱必须达到绝对可靠密封。

结构涂胶密封的部位，主要是前、后梁，上、下壁板和各密封肋。前后梁是由上下缘条、

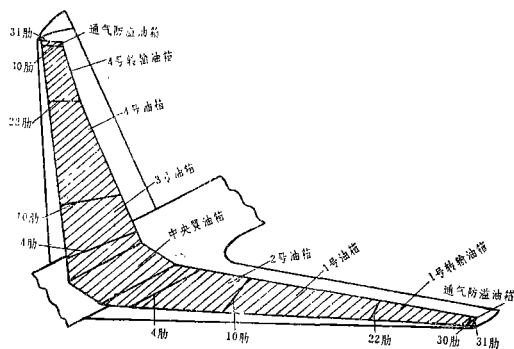


图 9

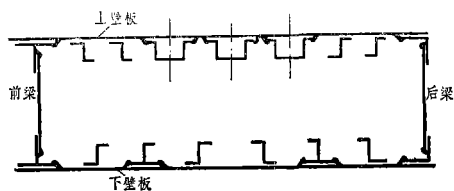


图 10

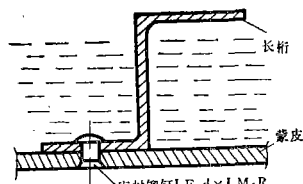


图 11 普通长桁与蒙皮的连接

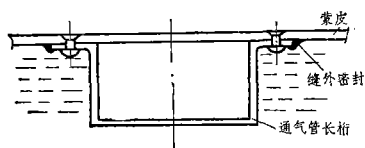


图 12 通气管长桁与蒙皮的连接

腹板和支柱组成；上壁板是由蒙皮、普通长桁和通气长桁组成；下壁板是由蒙皮、普通长桁和对接长桁组成（图10）。涂胶密封的方式，主要是采用单道缝外密封（如图11~14）。这种密封形式和经常采用的缝内、缝外和表面混合密封相比，用胶量大大减少，密封施工工艺也简化了，特别是用喷涂环氧类防腐底漆的措施，省去大量的表面胶。除缝外密封，涂胶形式还有钉头密封、缝内密封（或隔离密封）、注射密封、预填密封和填隙密封等。在重要的密封面要进行双道或多道密封，详见图15、16。

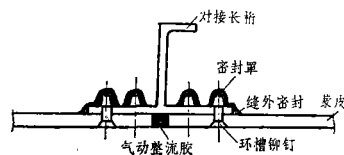


图 13 对接长桁与蒙皮的连接

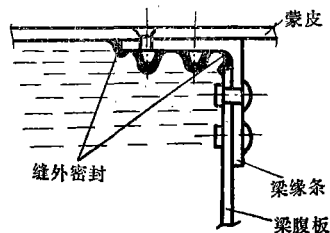


图 14 大梁缘条与蒙皮和梁腹板的连接

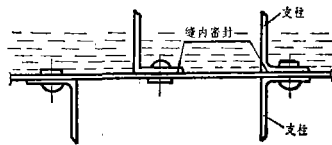


图 15 梁腹板与支柱的连接

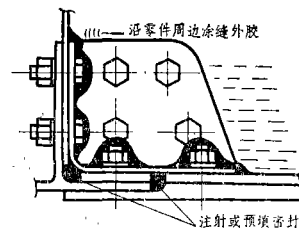


图 16 箱角密封

四、涂胶密封工艺特点

从飞机结构特点可知,在确保密封的前提下,尽可能简化密封工艺,减少用胶量,因而大部分采用缝外涂胶。由于涂胶面积大、有各种型面和复杂的涂胶部位,特别是不开敞处,侧面或仰面涂胶操作,不但要求密封胶具有良好的施工工艺性,以保证一定型面和尺寸要求,而且要求涂胶操作人员有较高的涂胶工艺水平,通过缝外密封就能达到密封要求。

在设计上对不同部位涂敷的密封胶,都各有规定和要求,由施工工艺来保证达到,如各

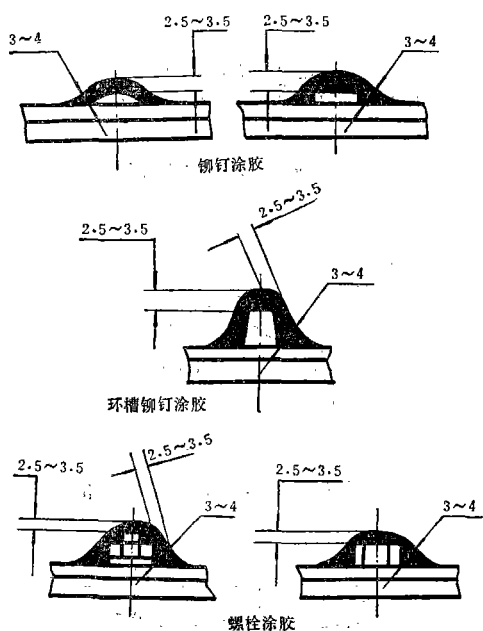


图 17

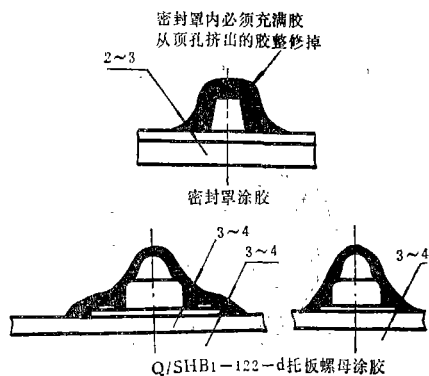


图 18

种紧固件密封胶的型面尺寸,必须符合图17~18的规定;所有缝外胶型面必须光滑、流线,不允许出现凹边,其尺寸应符合图19及表列数据范围;缝内(贴合面)密封和隔离密封的胶层厚度为0.2毫米,夹层之间的胶要与缝外胶相衔接;填隙密封与外形有关的气动表面必须填平,在结构内部涂胶的要求见图20;当密封的紧固件与邻近结构过近,妨碍缝外胶涂敷时,密封胶应涂敷成图21所示型面。

为了实现良好的结构密封,在操作工艺上确保密封质量,车间老师付根据不同涂胶部位自制了各种型面刮刀和修补铲胶刀等工具(见图22)以满足密封要求。

型 别	δ	W	a
I	≤ 1.2	4~8	$W-\delta$
	$> 1.2 \leq 3.2$	6~8	$W-\delta$
	$> 3.2 \leq 6.5$	8~10	$W-\delta$
II	$> 6.5 \leq 10$	6~10	0
	> 10	9~12	0

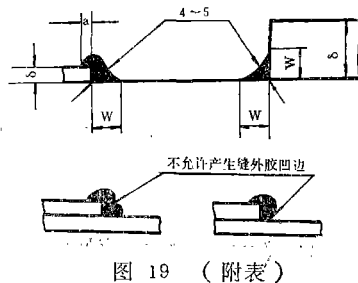


图 19 (附表)

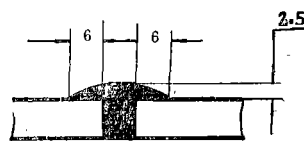


图 20

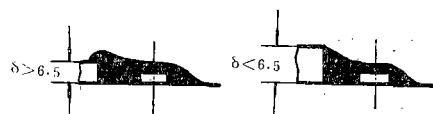


图 21

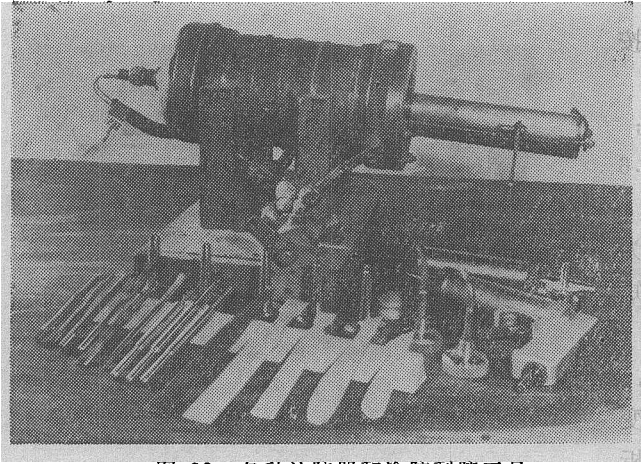


图 22 各种注胶器和涂胶刮胶工具

从密封胶本身的工艺性能上,进行了配方调整,当加入一定量添加剂后,可以满足堆砌、成型要求。根据施工时的环境温湿度、缝内外涂胶等的不同条件,对添加剂用量加以调节,如缝内密封要求流动性好,则添加剂可不加;对特大缝隙则在 XM-28 密封胶中加入软质填料,使其流动性减到最低限度。采取了这些措施,使 XM-28 密封胶基本满足了不同条件下的施工工艺要求。

五、模拟试验

材料基本性能和施工工艺满足设计要求的前提下,还必须通过必要的模拟试验,才能用于飞机上,为此我们对机身气密和机翼油箱分别作了二个试验件,试验结果都符合设计提出的试验大纲要求。因此 XM-28 密封胶可以用于飞机气密、油密部位。现将试验结果分述如下:

1. 机身气密圆筒试验结果

1) 静态压漏试验

要求: ΔP 从 0.6 公斤/厘米² 降至 0.2 公斤/厘米² 的时间 ≥ 55 分钟。

试验结果: 126 分钟。

2) 动态压漏试验

当气密圆筒内气压为 0.6 公斤/厘米² 时,逐渐加大外载荷,每级 500 公斤,直至 3700 公

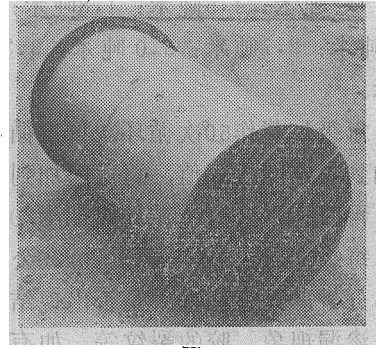


图 23

斤。温度 26℃, 流量表压力 0.63 公斤/厘米² 时, 要求补充气量 ≤ 1.05 公斤/小时。

试验结果: 0.66 公斤/小时。

3) 动态压漏试验后重测静态压漏试验

试验结果: 降压时间为 100 分钟。

机身气密圆筒试验件试验后的照片, 见图 23。

2. 机翼整体油箱模拟试验结果

1) 气密试验

在室温下, 对油箱充压至 0.42 公斤/厘米², 保持 2 小时, 经检查无任何渗漏现象。

2) 低温压力循环试验

油箱内充以 95~98% 容积的燃油, 在 $-55 \pm 5^\circ\text{C}$ 温度下, 保持 48 小时, 然后在此温度下, 对油箱充压至 0.42 公斤/厘米², 退到 -0.105 公斤/厘米², 再升到 0.42 公斤/厘米², 以此循环 1000 次。每隔 200 次检查一次, 到 1000 次时, 打开口盖经全面检查, 结果无渗漏。

3) 加温充压试验

油箱内充以 95~98% 容积的燃油, 在 $70 \pm 5^\circ\text{C}$ 温度下, 充压到 0.42 公斤/厘米², 保持七天, 进行检查, 发现腹板缘条一侧有 6 只环槽钉轻微渗漏, 经分解剖面观察胶层太薄, 厚度未达到规定尺寸要求, 故燃油渗出。后经重新补胶硫化, 充以 0.42 公斤/厘米² 压力检查, 结果无渗漏。

4) 动载循环试验

油箱内充满燃油, 在 $-55 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 温度下, 按下列数值逐级加载扭矩:

1.2吨米; 1.5吨米; 1.8吨米; 2.1吨米;
2.4吨米; 2.7吨米; 3.0吨米; 3.3吨米; 3.6吨米。

每级加载作50次循环, 每次循环从扭矩为零加到规定的扭矩值, 再反向加到规定的扭矩值, 再回到零, 每个循环周期为20秒。

每级加载以后, 需充压0.28公斤/厘米², 停15分钟, 进行检查, 是否出现结构的残余变形、渗漏现象、胶的裂纹等。如有微渗, 分析原因, 作好详细记录。加载到扭矩为2.4吨米后, 应放出燃油, 对油箱进行一次全面检查, 观察密封胶有无裂纹、脱落等现象, 作好记录, 继续进行试验, 直到扭矩为3.6吨米为止。

这次低温加载试验, 在扭矩为1.8~2.1吨米时出现1只钉有微渗, 当加载到2.4吨米时(结构屈服前)又有1只钉出现微渗, 取下模拟件, 清除燃油, 进行全面检查, 并未发现胶层有剥落、龟裂和脱胶等现象, 涂胶质量基本良好。然后将模拟件重新试验直至3.6吨米破坏载荷, 结果表明常温硫化的XM-28密封胶与SF-9底漆相容性良好, 试验全过程未发现胶层剥落、龟裂、撕裂以及脱胶现象。基本符合试验大纲要求。XM-28密封胶可在整体油箱上使用。

试验后的油箱模拟件如图24所示。

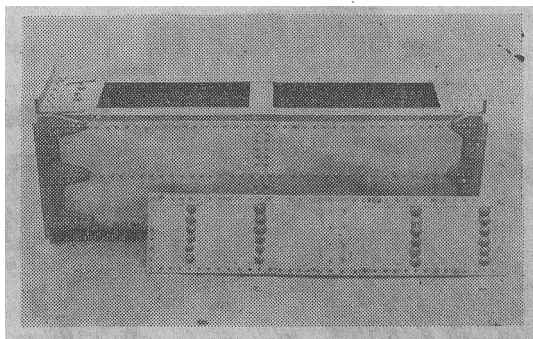


图 24

六、几点看法

XM-28密封胶已基本满足设计要求, 通过鉴定, 可用于飞机。但在试用中还 存在一定问题, 如与脂肪族聚氨酯底漆在常温硫化后的粘合不够稳定, 有待解决; 为适应不同要求, 如缝内、缝外、底层胶等, 密封胶应以几种不同粘度提供。此外, 为便于外场维修的需要, 建议能研制一种单组分或双组分在较低温度下快速硫化的密封胶; 考虑到密封胶长期在燃油中工作, 防止霉菌的侵蚀造成胶层穿孔而引起金属腐蚀, 是一项很重要的研究工作, 以便在整体油箱中使用防霉防腐的专用密封胶, 从而延长密封胶的使用寿命。为此希望材料研究部门在国内XM系列密封胶的研制中, 为赶超世界先进水平出现新的突破, 在实现四个现代化中为航空工业的发展作出新贡献。

◇ 预 告 ◇

苏制ЭП220 涡轮叶片涂层分析

利用X-射线衍射和照相技术、金相及电子探针等方法, 对苏制ЭП220涡轮叶片的涂层进行了分析。在实验中采用分层剥落的办法对ЭП220涡轮叶片的防护工艺、渗层中某些主要元素分布及不同区域中的相结构作了测试。实验结果表明, 苏制ЭП220涡轮叶片的防护涂层为Al-Si共渗层。该项分析报告本刊将予发表。