

# 飞机静力试验用胶粘剂—FN-305胶

六二一所橡胶组

## 一、前言

飞机静力试验和疲劳试验是检验飞机结构强度的重要手段，特别对新机的研制，是考察设计是否可行的主要途径。试验时，加力系统是通过粘贴在飞机蒙皮外表面的帆布带而对整个飞机（或试验部件）施加预定载荷的，如图1所示。因此，粘贴帆布带所用的胶粘剂就成为一项十分重要的材料，必须具有足够的胶接强度，良好的耐老化性能及施工方便的工艺性，才能保证试验顺利进行，否则，如帆布带产生脱落（即使是小部份）将会因载荷不平衡而造成严重事故。

我国静力试验用胶粘剂一直采用 FN-303 胶或 XY-401 胶（二者均为仿苏88号胶），由于胶接强度低及存在其他一些问题，在实际应用中往往不能满足要求并出现一些重大质量事故。在工艺上则需进行45~50℃连续烘烤三天，给实际使用带来很大困难，特别是对大型飞机更加突出。

随着我国航空工业的迅速发展，根据使用单位的要求，我所与二三四厂一起共同进行了 FN-305 胶的研制。

研制过程中，得到六二三所、四川长寿化工厂、南京化工厂等兄弟单位的大力协作，在较短时间内取得了成果。

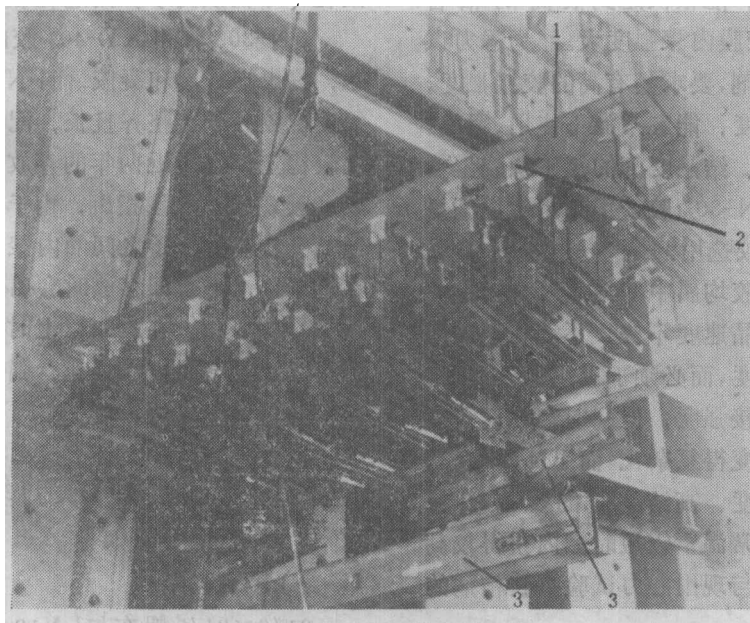


图1 静力试验组装实况

1—机翼；2—帆布带；3—加力杠杆系统

## 二、FN-305胶与现用

### 静力试验胶的不同点

FN-305胶是一种常温固化的胶粘剂，它与现用的FN-303胶或XY-401胶，从总体上讲，同属氯丁橡胶-树脂型胶粘剂，但主体材料氯丁橡胶型别不同，在其他组份方面也有差异。

众所周知，在胶粘剂领域中，氯丁橡胶胶粘剂占很大比重，主要是：由于它具有极性，对较大范围内的各种材料有粘合性；由于它具有结晶性，在不进行热处理和不硫化的情况下也能获得较高的内聚强度；还由于它具有良好的可挠性、耐老化性、耐水性等综合性能，所以在航空、汽车、造船工业中得到广泛应用。

但是，在制备胶粘剂时，选用什么类型的氯丁橡胶是一个十分重要的问题，对胶粘剂性能有很大影响。选择氯丁橡胶时，主要考虑的性能是它的结晶速度和结晶度。结晶速度快，常温及初粘强度高，能很快达到很高的粘合力；结晶度高，则胶膜内聚强度大。作为静力试验用常温固化胶粘剂，要求具有高的胶接强度，特别是高的初粘强度，能在常温下使用。因此，应选用结晶速度快、结晶度高的氯丁橡胶。然而，国内现用的FN-303胶选用的是通用型氯丁橡胶，XY-401胶选用的是54-1型氯丁橡胶，这两种氯丁橡胶均属中等结晶速度。这两种氯丁橡胶，因结晶速度不快，不能在短时间内达到高的胶接强度，而必须加以烘烤处理，这固然可以提高其胶接强度，但同时却加速了胶膜的老化，使工艺变得复杂化。而FN-305胶，则选用了高结晶速度、高结晶度的66-1型氯丁橡胶。因此，在常温下较短时间内获得较高的胶接强度。这是与现用静力试验用胶粘剂的主要不同点。

为了改善氯丁橡胶胶粘剂的性能，常常配

合多量树脂。在实际应用中，以叔丁酚甲醛树脂类型使用最多。配有这种树脂的胶接剂，能提高耐热性和改进粘合保持性，特别是对平滑无孔表面的粘合力有增强作用。当然配合量要适当，量多了胶膜会变脆，粘合力也降低，太少了起不到预期效果。树脂的聚合度也是对性能影响较大的一个因素。聚合度一般用滴点表示，滴点高表示聚合度大，滴点低表示聚合度小。滴点过高时胶接强度低，过低时会产生分层。针对与66-1氯丁橡胶的配合，FN-305胶较之FN-303胶及XY-401胶配入了较少量的树脂，并对其滴点范围进行了严格控制。这是不同点之二。

考虑到静力试验用胶粘剂使用周期较长，胶粘剂膜应具有好的耐老化性，因此，在FN-305胶中配入了一定量的防老剂RD。试验证明，对改善胶粘剂的耐老化性、耐水性有明显效果。这是不同点之三。

由于采取了上述配合措施，FN-305胶在性能上远远优于FN-303胶或XY-401胶。其主要特点是胶接强度高，工艺简便，可以常温固化（不需烘烤），耐老化和耐水性能良好。

FN-303胶和XY-401胶的相稳定性能较差，易出现分层和凝胶。而FN-305胶由于66-1氯丁橡胶分子链整齐且长，配成的胶粘剂也就比较稳定，经过近两年的存放，没有发现分层或凝胶现象。应该指出，由于66-1氯丁橡胶结晶度较高，分子之间的内聚力较大，胶粘剂在低于15℃下长期存放时会出现“冻胶”状态的可逆物理变化。在20℃以上时又可慢慢恢复，若用60℃以下的水暖化，则可以迅速恢复原状，并且性能保持不变。

## 三、FN-305胶的综合性能

### 1. 基本性能

#### 1) 剥离强度

21/6×21/5帆布与LY12铝合金

室温下48小时后 5.4公斤/厘米

## 2) 扯离强度

21/6×21/5 帆布与LY12 铝合金

室温下48小时后 33.8公斤/厘米<sup>2</sup>

3) 干燥剩余物: 30%

4) 对铝、钢不腐蚀

5) 帆布带与LY12铝合金胶接强度

帆布带规格: 90×100毫米

胶接强度: 715~840公斤

持久强度: 固定载荷150公斤

一个月无变化。

疲劳强度: 最大载荷200公斤

最小载荷20公斤

频率20次/分

垂直方向疲劳150000次, 切

向疲劳25000次, 共175000次, 胶

接面良好, 帆布带缝制线断。

## 2. FN-305 胶与现用 FN-303 胶性能对比

1) 帆布与各种材料之间的胶接

表1 FN-305、FN-303 胶粘结

帆布与其他材料试验结果

项 目	FN-303 胶	FN-305 胶
帆布-钢扯离强度 公斤/厘米 <sup>2</sup>	7.7	23.1
帆布-铝扯离强度 公斤/厘米 <sup>2</sup>	6.7	23.0
帆布-铝剥离强度 公斤/厘米	3.3	4.4
帆布-钢剥离强度 公斤/厘米	3.8	4.8
帆布-铜剥离强度 公斤/厘米	4.0	4.4
帆布-有机玻璃* 剥离 强度, 公斤/厘米	3.3	4.5
帆布-玻璃钢**剥离 强度, 公斤/厘米	3.7	4.7

\*有机玻璃表面打磨。

\*\*玻璃钢为酚醛型, 表面打磨。

说明: (1) 帆布为21/6×21/5, 铝为LY12, 钢  
为 30 CrMnSi。

(2) 帆布与其他材料各涂三层胶。

(3) 涂胶贴合并在室温下放置 48 小时后  
测定。

(4) 涂胶条件: 室温 16°C, 空气相对湿度  
59%。

由表 1 可见, FN-305 胶在粘结帆布与各种  
材料时, 性能优于 FN-303 胶, 均获得较高的  
胶接强度。

2) 耐热老化性能

耐热老化性能见表 2。

表2 FN-305、FN-303胶耐热老化试验结果

项 目	FN-303 胶	FN-305 胶
老化前胶接强度 公斤/厘米	3.6	4.7
50°C×1天	4.2	5.4
×3天	1.6	5.1
×7天	1.6	5.0
×15天	2.3	5.5
×30天	1.2	5.0
70°C×1天	2.6	5.1
×3天	2.8	5.4
×7天	1.7	4.9
×15天	0.8	5.3
×30天	0.5	4.2
100°C×1天	1.0	5.2
×3天	0.8	5.0
×5天	0.4	4.6
×7天	0.4	3.6
120°C×1天	0	2.9
×3天	0	0

注: 试片为帆布与铝粘贴, 从烘箱取出后冷却  
2 小时测其剥离强度

由表2可见, FN-305胶比FN-303胶具有较好的耐热老化性能。100℃老化试验结果证明, FN-305胶可以在100℃下短期使用。从外观看, FN-303胶热老化后胶膜易变脆, 而FN-305胶则较柔软。

### 3) 耐水试验

耐水试验结果见表3。

耐水试验是将试样浸入水中, 至规定时间取出测其胶接强度。从表3列出的对比试验结果可以看出, FN-305胶较FN-303胶具有良好的耐水性。从性能变化规律还可发现, 试样浸入水中后, 一周之内有较明显的变化, 其后渐渐稳定。

### 4) 对各种橡胶粘接试验结果

对各种橡胶粘接试验结果见表4。

从表4可以明显看出, 粘接天然胶, 氯丁胶、乙丙胶时, FN-305胶与FN-303胶性能近似(粘接1154天然胶时FN-303胶还略高于FN-305胶), 皆具有较好的粘合性。但在粘

表3 FN-305、FN-303胶耐水试验结果

项 目	FN-303 胶	FN-305 胶
浸水前胶接强度 公斤/厘米	4.1	3.9
浸自来水1天	3.9	3.7
3天	2.3	3.4
9天	0.6	3.4
30天	0.4	3.1
180天	0.7	3.3
浸海水1天	3.7	3.6
3天	3.5	3.6
9天	1.0	3.4
30天	0.7	3.1
180天	0.9	3.1

注: 试片为帆布与铝粘接, 试样取出后立即试验剥离强度。

表4 FN-305、FN-303胶对各种橡胶粘接试验结果

材 料	FN-303 胶		FN-305 胶	
	扯离强度 公斤/厘米 <sup>2</sup>	剥离强度 公斤/厘米	扯离强度 公斤/厘米 <sup>2</sup>	剥离强度 公斤/厘米
天然橡胶(1154)	—	6.4	—	4.8
氯丁橡胶	18.4	3.1	20.7	3.3
丁腈橡胶(3826)	4.8	0.4	19.2	0.7
丁腈-26橡胶加30份二丁酯	8.5	1.7	18.7	2.4
丁腈-26橡胶加10份二丁酯	5.9	—	16.8	—
丁腈胶加聚硫胶(5870)	10.2	1.6	20.7	2.5
丁腈胶加氯丁胶(5860)	4.8	0.4	16.7	1.4
氯丁橡胶(4172)	—	2.0	—	2.0
三元乙丙橡胶	19.4	0.9	19.5	0.7

注: 1. 扯离强度为橡胶与钢(未加压, 24小时后测定); 剥离强度为橡胶与铝(加压, 48小时后测定)。

2. 涂胶条件: 室温14~18℃, 湿度66%。

3. 以上各次试验 FN-303 胶为1976年151批, FN-305 胶为1975年12月扩试第一批。

接丁腈橡胶时，FN-305胶却远远优于FN-303胶。从胶膜外观看，FN-303胶总是不干（发粘），而FN-305胶没有此种现象。

### 3. 使用性能试验

为了考核FN-305胶能否满足各项设计要求，以便广泛用于飞机静力及疲劳试验，在试产批胶液各项基本性能检验合格之后，进行了使用试验。

#### 1) 不同气候条件对胶接性能的影响

我国幅员广大，各地气候条件不同，因此一种材料对气候的适应性显得十分重要。胶粘剂对气候的敏感性很强，进行不同地区、不同气候对其性能的影响检验尤为必要。为此，我们将二三四厂试产的同一批胶液分别在哈尔滨、沈阳、北京、陕西耀县、成都、贵阳、南昌、景德镇及济南等九个地区进行考察。结果列于表5和6。

从表5、6可见，在不同地区、不同气候条件下胶的性能比较稳定。即使在湿度达91%的极湿条件下，胶接性能仍变化不大，这对于我国南方各厂的应用带来了很大的方便。

#### 2) 带凸头铆钉试片胶接试验

一般飞机蒙皮多为平头铆钉铆接，但直升飞机及其他某些机种也有用凸头铆钉铆接的，这对胶接性能会有不利影响。为了考察FN-305胶能否用于这些飞机的静力试验，602所专门设计了一种带二排凸头铆钉的铝板试片与帆布带进行胶接试验，结果见表7。

从表7看出，FN-305胶与不平整的铝合金表面粘接时，仍能保持高的胶接强度，只要胶接面紧密地粘贴在一起，对强度影响不大。所做的三种不同规格的帆布带的胶接强度均超过设计使用载荷的三倍以上。

表5 不同地区试验结果

地 区	剥离强度 帆布-铝，48小时后 公斤/厘米	静拉强度			静载150公斤持久试验后		
		2号帆布带与铝，72小时后 公斤			外 观	静拉强度，公斤	
哈 尔 滨	4.7	585	530	640	持久90天 无变化	725	745 760
沈 阳	4.4	470	510 布断	550 布断	持久30天 无变化	—	
北 京	5.2	650 布断	620 布断	629	持久30天 无变化	平均580	
济 南	4.9	570 布断	580 布断	680 布断	持久5天 无变化	平均590	
南 昌	4.5	470~500 局部破坏			—	—	
贵 阳	4.2	500	515 皆为胶层坏	485	持久5天 无变化	575	511 485
成 都	4.0	490 布断	570 布断	540 胶层开	持久23天 无变化	—	

注：2号帆布带规格为60×100毫米。

表6 涂胶时空气相对湿度对胶接强度的影响

地 区	时 间	温度, °C	相对湿度, %	胶接强度, 公斤			备 注
济 南	1976.1	20	40	580	570	689	2号帆布带与铝
成 都	1976.4	21	83	490	570	540	
景 德 镇	1976.6	22.5	91	480	540	600	连绵雨天

注: 涂胶后, 干燥时间随着相对湿度的增加相应延长。

表7 带凸头铆钉铝板与帆布带胶接试验结果

帆布带型号	规格, 毫米	指 标 安全系数=3 公 斤	实际结果 公 斤
2号	90×100	450	480~600
5号	110×120	750	900~1260
6号	110×170	1200	1610~1910

注: 涂胶工艺: 室温22.5°C, 空气相对湿度91%, 6月14日下午涂第一遍, 6月15日上午涂第二遍, 下午涂第三遍。第三遍干燥1小时后贴合并压实, 6月20日测试。

### 3) 实际静力试验鉴定

在各项试验证明该胶性能可以满足飞机静力强度试验设计要求后, 我们在六二三所选用飞机右侧水平尾翼进行了实际静力试验。

试验按照平尾机动情况在需粘布带位置共粘贴了69块帆布带。帆布带的设计载荷按平尾机动情况设计载荷的150%选取:

$P_0 \text{ 帆布带} = P_0 \text{ 机动} \times 150\% = 3988 \text{ 公斤} \times 1.5 = 5982 \text{ 公斤}$

当试验加载至14500公斤时, 平尾5~6切面之间柱拉断, 这时全部帆布带未发现脱胶及撕裂现象。平尾破坏时, 载荷已达到帆布带设计载荷的242%。以后又做了三块2号帆布带的破坏试验, 结果分别为700、700、750公斤, 为使用载荷的4.7~5倍。

综合上述试验结果, 可以认为, FN-305胶可以用于各种飞机的静力、疲劳强度试验。相对于过去所用的同类胶粘剂, 有下述优点:

1. 有较高的胶接强度;
2. 工艺简便, 在常温下固化, 不需烘烤;
3. 有优良的耐老化、耐水性能。

## 四、结 论

FN-305胶经过试验室研制、转厂试产、使用试验之后, 于1977年1月召开了技术鉴定会。会议一致认为, FN-305胶粘剂胶接强度较高, 耐老化性能好, 可以常温固化, 不需烘烤, 粘贴工艺简单, 有良好的弹性和韧性, 对潮湿有较好的适应性。适用于帆布带与金属、非金属的粘贴。可以满足飞机静力强度及疲劳强度试验要求。

FN-305胶除作静力试验用胶粘剂外, 还可用于其他方面, 如粘接各种金属、橡胶、(硅、氟橡胶除外)、塑料、木材、皮革、玻璃、油漆涂层以及电影底片的对接等。

## 致 作 者

自从本刊去年复刊以来, 承蒙各位热心的作者大力支持踊跃投稿, 对此我们表示衷心感谢。

所收到的稿件, 均来自生产科研第一线, 大部分具有推广交流的价值, 我们准备陆续发表。

为了缩短出版周期, 建议今后来稿加盖公章, 表示作者所在单位的领导同意在本刊发表。

本刊编辑部

1978.2.14