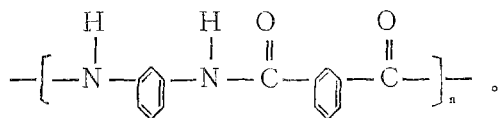


新型 Nomex 蜂窝芯材及其制造

许潮华 张小珍 宋桂枝

芳香尼龙纸蜂窝（国外称Nomex蜂窝），是近期发展起来的轻质蜂窝芯材。其基体是芳香尼龙纸，浸渍以树脂制得。芳香尼龙纸，国内简称芳纶纸，其学名为聚间苯二甲酰间苯二胺，化学结构式为



Nomex 是美国杜邦公司芳香尼龙纸的注册商标。它以具有高强度、低密度、耐高温、难燃和绝缘性能而著称，广泛用作绝缘材料和蜂窝芯材。目前国内生产芳纶纸的单位有上海造纸研究所和西安绝缘材料厂，产品主要用于电机绝缘。Nomex 蜂窝芯材在国外由于质轻和本身的独特性能，在航空、航天、交通运输、电信通讯和建筑等方面均有相当的应用。

Nomex蜂窝芯材的特点

1. 容重轻 Nomex蜂窝容重最低达25kg/m³。

2. 比强度、比刚度高 在相同容重下，其压缩强度和剪切强度与玻璃布蜂窝相当，稍低于铝蜂窝。但在抗冲击性能和抗疲劳性能方面都明显地优于后者，有着独特的吸收振动能量的特性。

3. 良好的自熄性能 该材料比一般高聚物难于点燃，而且一经离开火源后，能立即自行熄灭。浸渍阻燃性树脂的 Nomex 蜂窝芯材，其自熄性能更佳。

4. 优良的化学惰性 能经受一般浓度的酸、碱、盐溶液的作用，而不变质；在湿热环境下，不出现霉变现象；在耐海水腐蚀方面，优于铝蜂窝；在耐老化和耐雨蚀性能方面，却优于玻璃布蜂窝。

5. 优异的绝缘性能 Nomex 蜂窝芯材对

声、热、电等有很好的绝缘作用，是隔音、隔热、电绝缘和透过电磁波的良好材料。

6. 良好的成型性和机加工性能 Nomex 蜂窝有良好的粘接性能和成型性能，各种类型的高强度粘接剂都能适用。制品可用常规机械加工方法进行，加工精度高，适用于成型尺寸精度高度的制品。

7. 耐温性能随浸渍树脂类型而异 通常酚醛型 Nomex 蜂窝的耐温性可达 160℃；聚酯型 Nomex 蜂窝的耐温性达 80℃；聚酰亚胺型 Nomex 蜂窝的耐温性可达 200℃。

Nomex蜂窝不足之处是：刚性低于铝蜂窝和玻璃布蜂窝。

由于Nomex蜂窝具有上述特点，它与玻璃钢、碳纤维、有机纤维和铝薄板等复合成的蜂窝夹层材料，国外在运输机、客机和直升机上有着广泛的应用。如法国“海豚”直升机，由于大面积采用这类夹层材料，因此极大地减轻了飞机的重量，机身总重仅为2吨。在飞机上的使用部位如下：

主受力构件，如尾梁、尾翼、雷达罩、座舱顶棚、旋翼、襟翼、地板等。

次受力构件，如内壁板、雷达天线、副油箱、舱门、容器等。

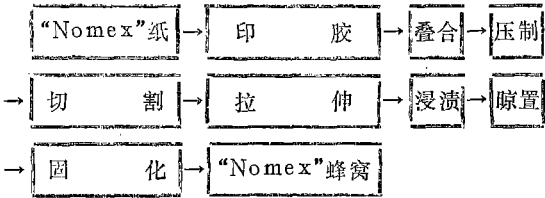
另外，Nomex蜂窝不受海水腐蚀，又不受湿热环境的霉菌作用，因此，在船舶上广泛用作壁板材料，以减轻重量。此外，该蜂窝芯材具有良好的吸收振动能量的特性，国外也已用作空投时的缓冲包装材料。

Nomex蜂窝的制作工艺

鉴于Nomex蜂窝具有上述优异的综合性能，国内还没有这类材料，为此，我们于1981年开始着手进行研制。Nomex蜂窝芯材的制作工艺，我们主要采用自动印胶拉伸法进

行。基体材料选用美国杜邦公司生产的Nomex纸,其厚度为0.08mm;芯条胶采用我所研制的环氧型胶粘剂;蜂窝浸渍液为酚醛树脂溶液。

蜂窝的制作工艺流程如下:



我所制作的 Nomex蜂窝性能见表1和表2。

表 1 Nomex蜂窝机械性能

孔 格 边 长 mm	容 重 kg/m ³	压缩性能		剪切性能 kgf/cm ²			
		kgf/cm ²		纵 向		横 向	
		强度	模量	强度	模量	强度	模量
3.5	48	16	780	9.0	130	5.7	117
3.5	64	24	1030	12.4	167	7.7	132
4.5	42	16	920	9.3	190	6.0	176
4.5	48	20	1140	11.5	240	6.7	190
4.5	56	24	1210	12.3	285	7.8	210
4.5	64	26	1360	14.6	306	9.5	230

表 2 Nomex蜂窝介电性能

孔格边长 mm	容 重 kg/m ³	介电常数 ϵ	介质损耗 $\text{tg}\delta$
3.5	48	1053	4.3×10^{-3}
3.5	64	1075	4.8×10^{-3}
4.5	42	1065	2.5×10^{-3}
4.5	48	1069	2.6×10^{-3}
4.5	56	1073	2.9×10^{-3}
4.5	64	1090	3.6×10^{-3}

为了验证Nomex蜂窝芯材的性能特点,同时掌握我所研制的蜂窝芯材的使用情况,1982年我所开始和电子工业部有关工厂协作,进行了机载雷达天线的研制。通过选材、成型工艺和性能测试等一系列试验工作,于1983年底已向工厂交付了五套机载雷达天线。其中天线抛物体的重量为8.5~9kg;扭转板反射体重量约1kg。等效平板的透波率在95%以上,天线的性能达到设计要求,现正在进行地面和整机试

飞试验。

综上所述, Nomex 蜂窝 在减轻飞机 结构重量、改善飞机性能和增加机舱内部的有效空间方面都有较好的效果,是目前较理想的蜂窝芯材,正引起人们的注视。

参加本工作的有李惠金,李勇。

三种航空导线与HF复合薄膜 通过部级鉴定

辽宁省机械工业厅受机械工业部的委托于1984年4月在沈阳主持召开了“航空用聚酰亚胺薄膜绝缘电线”,“航空用聚四氟乙烯绝缘安装电线”(AF-250-1型),“彩色聚四氟乙烯薄膜绕包小截面安装线”等三种航空用导线及配套用的HF复合薄膜鉴定会。参加会议的有:航空部、辽宁省机械厅、沈阳市经委、沈阳市机电局、常熟市科委、601所、112厂等14个厂、所和沈阳电缆厂、常熟绝缘材料厂的领导和代表共50余人。

与会代表认真讨论,审查三种导线及一种薄膜的试制总结及其相应的技术标准(草案)认为:沈阳电缆厂为航空部试制的三种导线均具有外径小、重量轻、电性能好等特点,深受用户欢迎。特别是该厂为了赶超世界先进水平和满足航空工业的需要,经过两年多的艰苦努力,终于研制成功航空用聚酰亚胺薄膜绝缘电线,经过测试检验在主要技术指标上基本达到美国MIL-W-81381-7E的要求。在国外该种导线在航空、航天等部门应用的较广泛。该导线具有高温下的机械强度高,耐热变形好,电性能好,可在高温200°C下长期工作等优点。同时还有突出的绝缘薄、外径小、重量轻等特点,因此有着很大的使用潜力。该导线鉴定委员会认为:它的试制成功填补了我国航空导线生产的一项空白,对航空、航天工业的发展有着非常重要的意义。

会议还对常熟绝缘材料厂为聚酰亚胺导线生产配套的原材料HF复合薄膜进行了鉴定,认为该厂试制的薄膜能满足航空用导线的要求。

与会代表对三种航空导线及一个薄膜的“技术鉴定证书”进行了认真、细致的审议,一致通过技术鉴定。

(孔宪贵)