

## Nomex 芳香聚酰胺 410 型绝缘纸特性数据

410 型是一种压光绝缘纸，具有很强的固有介电强度、机械韧性、柔性和回弹力。410 型是 NOMEX 绝缘纸（聚间苯二甲酰间苯二胺纤维）最早期的产品，现为大量电工设备所广泛使用。410 型产品有十一种不同厚度可供选择（由 2 密耳 mils 到 30 密耳 mils，即 0.05 到 0.76 毫米 mm），差不多各种类型的电绝缘板都有采用。

本数据表所载数据均属典型的或是平均值，因此不能作为设计规范。除非另外特别注明所有数据均在标准状态下的空气中测出（温度 23°C，相对湿度为 50% 的平衡状态）。跟其他造纸技术的产品一样，NOMEX 绝缘纸在造纸机方向（简称为 MD）和横向（简称为 XD）上，许多特性参数略有不同。在某些情况下（如用作电动机的绝缘槽衬），有必要调整好纸的方向，充分发挥其功能。

### 电气特性

410 型绝缘纸的电气特性值见表 1，表列的交流电压急升的介电强度代表了在 60Hz 频率下，耐压 10 到 20 秒钟产生的电压应力水平。这些数据和长期耐压强度值不同。杜邦公司建议：变压器的持续的电场强度不应超过 50 伏特/密耳（V/mil）（即 2KV/mm），以免发生局部放电（电晕放电）。表 1 所示的**全波脉冲**介电强度数据是在平板上测得的数据，与薄层和阻挡层的情况相似。系统的几何形状对材料的实际

脉冲强度有影响。介电强度的数据都是特定值，不宜用于设计。杜邦备有设计参数，欢迎索取。

表 1：典型的电气特性参数

产品型号		410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410
公称厚度	mils	2	3	5	7	10	12	15	20	24	29	30
介电强度												
交流电压急升	V/mil	435	540	635	845	800	840	810	790	820	755	695
(ASTM D-149)	KV/mm	17	21	25	33	31	33	32	31	32	30	27
全波脉冲	V/mil	1000	1000	1400	1400	1600	N/M	1400	1400	N/A	N/A	1250
(ASTM D-3426)	KV/mm	39	39	55	55	63	N/A	55	55	N/A	N/A	49
介电常常	60Hz	1.6	1.6	2.4	2.7	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7	3.7	3.7
(ASTM D-150)												
损耗因数	60Hz	0.004	0.005	0.006	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
(ASTM D-150)												

介电强度值是用 2 时半电极测出的数据，不能用设计。

如图 1 所示，**温度**对介电强度和介电常数的影响较小，高达  $10^4$ Hz 的交流**频率**，基本上对 410 型绝缘纸的介电常数没有影响。温度和频率对干燥、10 密耳（0.25 毫米）厚的 410 型绝缘纸损耗因数的影响见图 2，厚度低于 10 密耳（0.25 毫米）的绝缘纸，在 200° C 下、60Hz 时的损耗因数和 10 密耳厚的绝缘纸的数值是差不多的，在更高的频率和温度下，厚度高于 10 密耳的绝缘纸，损耗因数则稍高。

干燥、10 密耳（0.25 毫米）厚的 410 型绝缘纸，在不同温度下的**表面电阻率**和**体积电阻率**的数值见图 3。不同厚的 410 型绝缘纸的相应数值是非常相似的。

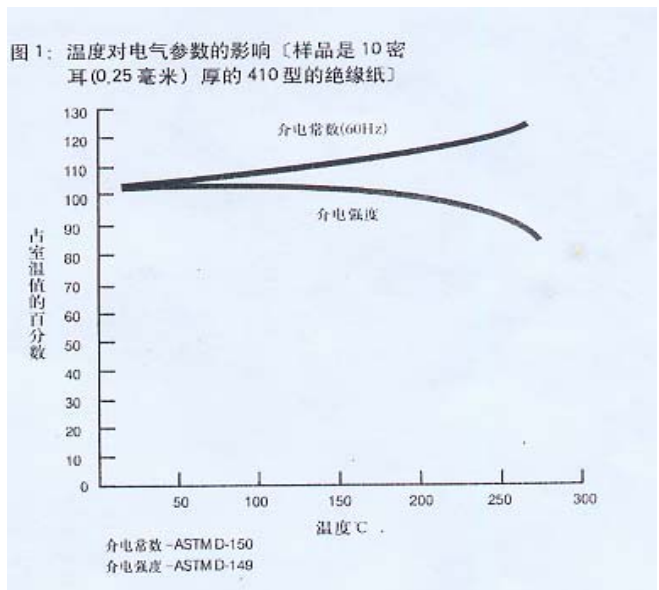


图 2: 损耗因数和温度、频率的关系  
〔样品是干燥, 10 密耳(0.25 毫米) 厚的 410 型的绝缘纸〕

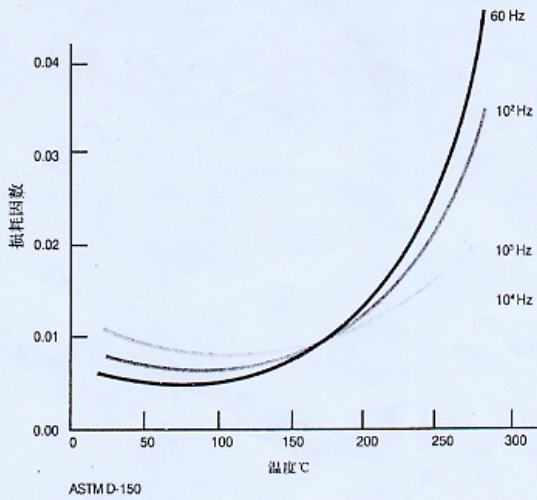
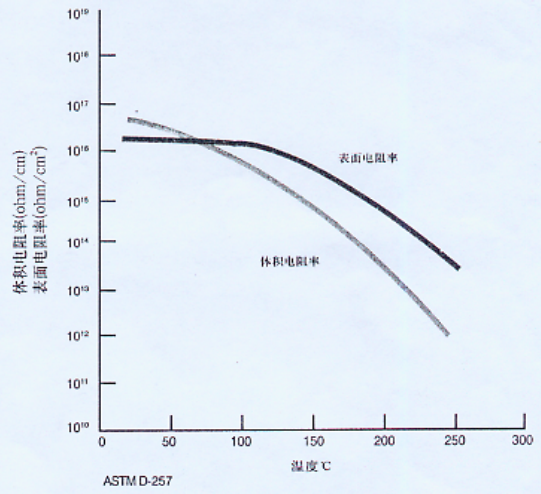


图 3: 温度对电阻率的影响 (ASTM D-257)  
〔样品是 10 密耳(0.25 毫米) 厚的干燥 410 型绝缘纸〕



湿度对 10 密耳 (0.25 毫米) 厚的绝缘纸的电气特性参数影响不大, 详情见表 2。

和其他绝缘材料一样, 电晕放电现象促使 NOMEX 芳香聚酰胺绝缘纸逐渐被侵蚀。电晕放电密度是电压应力的函数, 而电压应力又完全取决于设计参数, 例如电路元器件的间距、外形的光滑度等等。尽管设计准确的设备在正常工作中不会发生电晕放电这情况, 但是任何设备都可能会意处超载因而导致短促的电晕放电。在这种情况下, 最重要的是, 绝缘体经得超压力, 不要过早给击穿。与其他常用的有机绝缘材料相比, NOMEX410 型绝缘纸的耐压时间 (即是指在电晕放电下可以支持不给击穿的时间) 显然占优, 甚至和一些无机材料相比也毫不逊色 (结果见表 3)。

表 2: 湿度参电气特性参数的影响

相对湿度%	60Hz 下的介电常数 (ASTM D-150)	60Hz 下的损耗因数 (ASTM D-150)	体积电阻率 (ASTM D-257)
烘干	2.5	0.006	10 <sup>16</sup>
50	2.7	0.006	10 <sup>16</sup>
96	3.2	0.011	10 <sup>14</sup>

表 3: 典型的机械性能参数

产品型号			410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410
公称厚度	mils		2	3	5	7	10	12	15	20	24	29	30
实际厚度*	mils		2.2	3.2	5.3	7.3	10.3	12.3	15.3	20.4	24.2	28.8	30.6
(ASTM D-374)	mm		0.06	0.08	0.13	0.18	0.26	0.31	0.39	0.52	0.61	0.73	0.78
标准重量	oz/yd <sup>2</sup>		1.2	1.9	3.4	5.1	7.3	9.1	11.6	16.1	20.5	25.0	24.8
(ASTM D-646)	gm/m <sup>2</sup>		41	64	115	173	248	309	393	546	695	848	841
比重**			0.72	0.80	0.87	0.94	0.96	0.99	1.01	1.05	1.14	1.16	1.08
抗张强度 (ASTM D-828)	lb/in	MD	25	40	80	130	175	220	275	375	470	535	520
		XD	10	20	40	65	85	115	150	215	305	380	350
	N/cm	MD	43	70	140	228	306	385	482	657	823	937	911
		XD	18	34	70	114	149	201	263	377	534	665	613
延伸率 (ASTM D-828)	%	MD	11	11	16	19	20	23	21	22	21	20	20
		XD	8	9	13	15	16	19	17	17	15	15	16
初始拉断力 (ASTM D-1004)	lb	MD	2.5	3.5	7.3	11.0	16.0	21.0	26.0	36.4	42.0	46.8	54.1
		XD	1.3	1.9	3.6	5.6	9.2	11.4	16.0	24.1	32.9	38.5	43.0
	N	MD	11	16	32	49	71	93	116	162	187	208	241
		XD	6	8	16	25	41	51	71	107	145	171	191
埃尔门多夫撕力 (ASTM D-1004)	gm	MD	70	120	240	370	525	660	830	1170	N/A	N/A	N/A
		XD	160	230	520	720	1010	1250	1500	2000	N/A	N/A	N/A
	N	MD	0.7	1.2	2.4	3.6	5.1	6.5	8.1	11.5	N/A	N/A	N/A
		XD	1.6	2.3	5.1	7.1	9.9	12.3	14.7	19.6	N/A	N/A	N/A
300°C 收缩率	%	MD	2.0	1.1	0.7	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
		XD	1.3	0.9	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

\*D 方法, 25 磅/平方英寸 (psi)

\*\*采用标准重量和厚度的计算值