

新型绝缘树脂的介绍及应用

(上海富晨化工有限公司 上海 200233)

摘要: 本文介绍了 FUCHEM 系列无溶剂绝缘树脂的性能及应用, 着重探讨了产品的阻燃、低收缩、高耐腐蚀、高耐热等级等特性。

关键词: 无溶剂; 绝缘树脂; 性能; 应用;

1、前言

绝缘材料是指电导率小, 可用以隔离不同电位带电体的材料。在实际使用中, 它能把电位不同的导体隔离开, 以保证电机电器的正常运行。随着国民经济的发展, 机电工业以及新的能源技术的发展, 对绝缘材料的新要求也日益突出, 其趋势主要表现在六个方面:

- 发展高介电性能与高力学性能的耐高压绝缘材料;
- 发展高耐腐蚀, 特别是耐电晕腐蚀、耐化学腐蚀等方面的绝缘材料;
- 发展高耐热性的绝缘材料;
- 发展阻燃型绝缘材料;
- 发展环保型绝缘材料;
- 发展高节能型绝缘材料, 逐渐向中低温成型工艺过渡。

在各种绝缘材料中, 绝缘树脂占很重要的位置, 它也是很多绝缘材料(例如: 板材、拉挤杆材、绝缘子、预浸材料以及 SMC、BMC 等)的基体主材, 固化的绝缘树脂的性能高低将直接影响到绝缘工业的发展水平, 影响到电机电器的质量。最近开发并成功应用的系列改性环氧无溶剂新型高性能新型绝缘材料, 具有低收缩、阻燃、耐热温度高、耐腐蚀性能好等特点, 能满足特殊性能的要求是一类具有发展前途的绝缘树脂。

2. 改性环氧无溶剂绝缘树脂性能及应用

改性环氧无溶剂绝缘树脂是采用高性能环氧树脂改性而成, 使它在具有保持环氧树脂的绝缘性能、力学性能、耐高压性能等优异特性的同时又具有聚酯的低温固化、工艺流动性好、耐热等级高等性能。其特色为:

- ◆ 由于环氧结构的存在保证了树脂固化体的力学性能和绝缘性能;
- ◆ 由于耐高温体的引入可以大大提高树脂的耐热温度和粘度可调节性, 比传统环氧树脂的耐热温度有提高, 并有效的改进了施工工艺性能, 减少固化过程中气泡的产生;
- ◆ 采用新型固化体系, 比传统的酸酐固化体系能在较低的温度下迅速固化(改性环氧无溶剂绝缘树脂一般可以根据要求在常温~80℃情况下 30 分钟~1 小时固化, 而传统的环氧酸酐固化体系需要 120℃以上, 2~4 小时才能固化), 很快得到使用强度, 得到具有高度耐腐蚀的低电导率聚合物, 比传统的高温固化绝缘树脂节省了大量能源和操作时间;
- ◆ 由于改性体的引入提高了树脂固化体的耐水解性能, 比传统的环氧和聚酯绝缘树脂提高了耐腐蚀性能;
- ◆ 由于改性后树脂的固化仅在分子两端交联, 因此分子链在应力作用下可以伸长, 以吸收外力或热冲击, 表现出耐微裂或开裂;
- ◆ 由于使用了活性稀释剂作为交联体, 在固化过程中参加交联反应, 无不良挥发, 故使用过程中对环境无不良影响, 同时又能保证树脂固化收缩率降低;

2.1 高耐热无溶剂绝缘树脂

随着现代高电压、大电网进入密集市区，电器设备日趋小型化、轻量化、高性能化，SF₆组合电器是适应现代电力工业发展的先进输变电设备。SF₆绝缘变电站包括电器开关、电缆、变压器等设备，在大城市和地下安装具有许多优点。1000kV SF₆绝缘的电器设备所用的绝缘材料除设计因素外，主要取决于所用绝缘材料的性能。SF₆组合电器用绝缘件如绝缘拉杆、绝缘支柱和灭弧筒国外 1980 年代就已经产业化，较为先进的厂家有瑞士的 Micafil 公司和 Cellpack 公司。以前各公司主要使用环氧树脂，但在耐腐蚀方面一直不够理想（主要是 SF₆在电弧作用下分解成：SF₄、SF₂、S₂、F₂、S、F、S⁺、S⁺⁺等，其中 SF₄是强活性化合物，在水存在下生成氢氟酸，它不仅腐蚀金属件，而且会侵蚀绝缘材料，导致绝缘损坏）。

898 高耐热无溶剂绝缘树脂具有较高的交联密度，固化后形成致密的结构，在防腐蚀方面得到突破，尤其在耐 SF₆方面性能突出，表 1 列举了 898 树脂在某些介质中的性能。另外也正因为 898 树脂的高交联密度特性使它有较高的热变形温度（155℃）和玻璃化温度（180℃），从而具有了较高的耐热温度，可以在 180℃下长期工作。表 2 是 898 高耐热无溶剂绝缘树脂与某国外同用途产品（以环氧-酸酐固化体系）的性能对比。从表 2 中我们可以看出 898 树脂和云母或玻纤配合可以制成耐热等级为 C 级的复合型绝缘材料。

表 1 898 树脂的耐腐蚀性能

介质	浓度	推荐使用温度	介质	浓度	推荐使用温度
氟硅酸	10%	75	四氯化碳	100%	80
湿氯气	—	110	氯化氢（湿）	—	100
氢氟酸	1%	65	ClO ₂	—	80
氢氟酸	100%	65	SO ₃ （干）	100%	150
氢氟酸	20%	40	硝酸烟气	60	80

由此可见，898 树脂可以适合各种耐 SF₆产品的制作，如：变压器、电器开关、绝缘拉杆等的制作，可以当浇铸材料使用，也可以与不同的纤维或填料配合制成各种 SMC 及 DMC 制品；同时还是耐 SF₆缠绕绝缘材料理想的树脂，特别是采用带缠绕成型、新型固化技术（红外线、微波等）制成的绝缘件既具有优良的机械性能，又具有优良的电性能。

表 2 898 树脂与国外同类用途产品比较

项目	某国外产品	898	测试标准
浇铸体 HDT °C	150	155	GB1634-79
浇铸体玻璃化温度 °C	178	182	GB11998-89
浇铸体耐热温度 °C	182	185	GB/T13464-92
与 E 玻璃方格布复合板材耐热温度 °C	195	201	GB/T13464-92
常态时浇铸体体积电阻率 Ω·m	2.2×10 ¹²	4.3×10 ¹³	GB1410-89
常态时浇铸体工频电气强度 MV/m	70	68	GB1408-89
浇铸体抗弯强度 Mpa	130	125	GB1449-83
浇铸体抗张强度 Mpa	68	70	GB1447-83
浇铸体抗冲强度 kJ/m ²	20	18	GB1451-83

另外，898 特有的耐热性能，使其成为许多在高温环境中长期工作的电机电器首选的绝缘材料，例如：炼钢厂的高炉电机和高炉水泵电机、某些军工行业耐热电机、焦炭工业的焦炉水泵电机、航天器电器等。在这些环境下工作的电机电器要有良好的耐高温老化性能，898

树脂特有的耐高温老化特性，使它可以适应 180℃ 条件下的绝缘保护作用，从而使电机电器能在 180℃ 的条件下正常工作不会绝缘失效，这就确定了其在高温特定条件下的工作的稳定地位。

2.2 阻燃型无溶剂绝缘树脂

随着社会经济的发展，公众的安全防范意识日益提高，对电器产品的阻燃要求越来越高，要求电器产品绝缘结构既能满足绝缘的要求，又能满足阻燃。892 是一种能有效满足这些性能要求的阻燃型无溶剂绝缘树脂。

892 阻燃型无溶剂绝缘树脂浇铸体氧指数可达 39，具有良好的化学阻燃性能和绝缘、耐腐蚀等特性，比传统的阻燃树脂（添加阻燃型树脂）阻燃效果更稳定，具有更低的发烟量，有效的保证了产品的阻燃性能，保护了人民的生命安全。表 3 是 892 阻燃型无溶剂绝缘树脂的性能指标，从表中可以看出 892 树脂有较高的热变形温度（125℃），从而其耐热等级可达到 F 级。同时 892 树脂还具有优良的机械性和突出的阻燃性、自熄性。

表 3 892 阻燃型无溶剂绝缘树脂性能指标

项目	单位	技术指标	测试标准
粘度	Pa · s	0.40±0.10	GB7193.1—87
胶凝时间（常温）	min	20±5	GB7193.6—87
工频电气强度 常态 23±2℃浸水	MV/m	≥50 ≥40	GB1408-89
体积电阻率 常态 23±2℃浸水 155±2℃	Ω · m	≥1.0×10 ¹² ≥1.0×10 ¹⁰ ≥1.0×10 ⁸	GB1410-89
粘结强度	N	≥100	GB/T15023-2000
阻燃性能	s	V-0 级	UL94-V 标准
热变形温度	℃	125	GB1634-79

实际应用表明，892 树脂在阻燃型电机、电器（尤其是耐高温阻燃型集成线路板、复合材料等）中应用良好，有效的保证了绝缘和阻燃两大性能，并能在 155℃ 的条件下，长期工作。

2.3 零收缩型无溶剂绝缘树脂

在某些特殊电机电器（例如：摩托车磁电机、小变压器等）中，电磁线比较细，又经常耐受交变温度，由于绝缘浸漆的收缩造成电磁线断裂，严重影响产品的质量。还有一些大面积或高精度要求的复合绝缘材料，由于制作的应力作用，经常会翘曲变形。881 零收缩无溶剂绝缘树脂，它能在冷热冲击环境中保证形状不变，具有良好的韧性和延伸性，较高的粘结力和耐冲击性，最大的特点是该树脂具有超低的固化线收缩率。表 4 列举了 881 树脂的性能，表 5 是 881 树脂与国内一知名品牌聚酯绝缘树脂的收缩性比较表。

数据表明，881 具有超低的固化收缩率，能有效的保证制品的尺寸精度，适合于制作各种大面积板材，以及制作各种高尺寸精度要求的绝缘配件。已经在电子行业（特别是电脑集成电路板等）得到广泛的肯定。另外，已在国内某大型摩托车厂做过试样，能够保证在常温~155℃ 交变工作温度下，长期工作，制品质量稳定，废品反修率降低 50%。

表 4 881 零收缩无溶剂绝缘树脂性能指标

项目	单位	技术指标	测试标准
粘度	Pa · s	0.50±0.10	GB7193.1—87
胶凝时间（常温）	min	20±5	GB7193.6—87
工频电气强度 常态 23±2℃浸水	MV/m	≥50 ≥40	GB1408—89
体积电阻率 常态 23±2℃浸水 155±2℃	Ω · m	≥1.0×10 ¹² ≥1.0×10 ¹⁰ ≥1.0×10 ⁸	GB1410—89
粘结强度	N	≥110	GB/T15023-2000
热变形温度	℃	105	GB1634-79
浇铸体拉伸强度	MPa	≥65	GB1449-83
浇铸体弯曲强度	MPa	≥110	GB1447-83
浇铸体 Barcol 硬度	—	≥35	GB3854-83

表 5 881 树脂与国内一知名品牌聚酯绝缘树脂的收缩性比较表

固化条件	固化线收缩率	
	881 树脂	对比树脂
常温固化	0.015%	2.8%
常温固化后，80℃2hr 后固化处理	0.16%	3.6%

*根据 HG/T2625-94《环氧浇铸树脂线性收缩率测定》进行试验。

3. 聚酯型高介电特种树脂的性能及应用

聚酯型高介电特种树脂是采用国际先进工艺合成的高性能聚酯型绝缘树脂，它是一种低粘度的无溶剂型绝缘树脂，具有低收缩、低吸湿、耐化学腐蚀、以及高频绝缘性和较低的价格等优异的特性，可以替代传统的环氧型或环氧聚酯型无溶剂绝缘树脂。988 树脂是这类树脂的代表产品。表 6 列举了 988 聚酯型无溶剂绝缘树脂的各方面性能。

20 世纪 70 年代中期，随着卫星技术与电子技术的飞跃发展，世界上出现了能直接进行大面积电视覆盖的新技术，这就是卫星电视广播技术。到了 80 年代中期，卫星通信技术也应运而生，并且发展十分迅速。在新的世纪中，这两项技术将展现出更为广阔的发展前景。随着这两项技术的发展，对天线罩的要求也越来越高。

天线罩是通信系统的重要装置之一，除了具备优异的介电性能外，还必须具有较高的力学性能。对于在水上工作的天线罩其要求更高，一是耐长期海水腐蚀，二是吸水率极低，此外还能耐较高的外压。天线罩性能好坏直接影响到通信系统的通信距离、效果、可靠性和使用寿命。988 与适当的纤维及合适的结构化树脂（例如：VPR 乙烯基聚酯树脂）配合能制出性能优异的天线罩。

除此之外 988 还适用于制作各种大面积电子绝缘板材，尤其是印刷线路板，由于它的低收缩性能它可以更好的消除板材的固化应力，有效的防止了板材的应力翘曲，使产品形状保持不变。同时，988 树脂具有较低的成型温度（80℃）和较短的成型时间，可以有效的节省能源和制作时间。与传统的环氧树脂和酚醛树脂相比 988 树脂的工艺性、机械强度和介电性能更好，该类型树脂制作绝缘板材已经在国外得到广泛的应用。

表 6 988 聚酯型无溶剂绝缘树脂性能指标

项目	单位	技术指标	测试标准
粘度	Pa · s	0.30±0.10	GB7193.1—87
胶凝时间（常温）	min	20±5	GB7193.6—87
工频电气强度 常态 23±2℃浸水	MV/m	≥50 ≥40	GB1408—89
体积电阻率 常态 23±2℃浸水 155±2℃	Ω · m	≥1.0×10 ¹² ≥1.0×10 ¹⁰ ≥1.0×10 ⁸	GB1410—89
粘结强度	N	≥90	GB/T15023-2000
热变形温度	℃	85	GB1634-79
浇铸体拉伸强度	MPa	≥220	GB1449-83
浇铸体弯曲强度	MPa	≥290	GB1447-83
浇铸体冲击强度	kg · cm/cm ³	≥190	GB1451-83
浇铸体 Barcol 硬度	—	≥35	GB3854-83

另外，988 还可以作为绝缘浸漆使用。由于它的价位合理，固化温度低（常温~80℃），工艺性能优异等特点，可以替代传统的环氧聚酯型绝缘树脂，试想在两种绝缘树脂价位相当的情况下，988 树脂的固化温度较低，在能源方面就要节省大量的成本。

4. 总结

正如我们在文章开头所说的，随着国民经济的发展，对绝缘材料的要求也会越来越高。人们迫切希望能够得到更加稳定安全的绝缘产品，达到高绝缘、高耐热、无环境污染等情况。本文所介绍的系列绝缘树脂具有阻燃、高耐热、高介电强度、低温快固化、低（无）毒，以及良好的机械性能和耐腐蚀性能，是新世纪理想的绝缘材料。

[1]沈开猷.不饱和聚酯树脂及其应用，化工工业出版社，1988 年

[2]周菊兴.不饱和聚酯树脂---生产及应用，化工工业出版社，2000 年

[3]张显友、陈伟.高压电器用耐 SF₆ 新型绝缘材料的研究进展，第七届绝缘材料学术会论文集，1999 年

Introduction of new type insulation resins

Wang Tiantang Wang Ligang Shen Wei Lu Shiping

(Shanghai Fuchen Chemicals Corp., Shanghai 200233, P.R.China)

Abstract: Series solvent less insulation resins are introduced including these properties and its application, especially shrinkage, anti-corrosion and heat resistance are discussed.

Keywords: solvent less; insulation resin; properties; application