

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXX—XXXX

高导热环氧树脂

High thermal conductivity epoxy resin casting composition or compound

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 要求 2

5 检验方法 2

 5.1 凝胶时间 2

 5.2 黏度 3

 5.3 液体密度 3

 5.4 混合黏度和黏度增长时间 3

 5.5 固化物拉伸性能 3

 5.6 固化物弯曲性能 3

 5.7 玻璃化转变温度 3

 5.8 阻燃性能 3

 5.9 线性膨胀系数 3

 5.10 双扭曲抗开裂试验 3

 5.11 吸水性 3

 5.12 导热系数 3

 5.13 体积电阻率 4

 5.14 工频电气强度 4

 5.15 相比电痕化指数（CTI） 4

 5.16 温度指数 4

 5.17 耐热等级 4

6 检验规则 4

7 标志、包装、运输、贮存 4

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中蓝晨光化工研究设计院有限公司提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

高导热环氧树

1 范围

本文件规定了高导热环氧树脂的要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存。
本文件适用于高导热电机、电子灌封、干式变压器等电气设备用预混填料型高导热环氧树脂复合物。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1034 塑料吸水性的测定
GB/T 1040.1 塑料拉伸性能的测定第1部分：总则
GB/T 1408.1 绝缘材料电气强度试验方法第1部分：工频下试验
GB/T 4207 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法
GB/T 5990 耐火材料 导热系数、比热容和热扩散系数试验方法（热线法）
GB/T 9341 塑料弯曲性能的测定
GB/T 11021 电气绝缘耐热性和表示方法
GB/T 11026 （所有部分）电气绝缘材料耐热性
GB/T 15022.2—2017 电气绝缘用树脂基活性复合物第2部分：试验方法
GB/T 15223 塑料液体树脂 用比重瓶法测定密度
GB/T 21298—2007 实验室玻璃仪器 试管
GB/T 29313 电气绝缘材料热传导性能试验方法
GB/T 22314 塑料环氧树脂黏度测定方法
GB/T 22472 仪表和设备部件用塑料的燃烧性测定
GB/T 24148.4 塑料不饱和聚酯树脂（UP-R） 第4部分：黏度的测定
GB/T 31838.2 固体绝缘材料介电和电阻特性第2部分：电阻特性（DC方法）体积电阻和体积电阻率

GB/T 36800.2 塑料热机械分析法（TMA）第2部分：线性热膨胀系数和玻璃化转变温度的测定
ISO 13586: 2018 塑料断裂韧性（GIC和KIC）的测定线弹性断裂力学（LEFM）方法（Plastics – Determination of fracture toughness (GIC and KIC) – Linear elastic fracture mechanics (LEFM) approach)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

导热系数 thermal conductivity
稳态时，在法向单位温度梯度下，通过单位面积的热流，单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)]。
[来源：GB/T 29313—2012，3.1.6]

3.2

高导热环氧树脂 epoxy resin compounds with high thermal conductivity

浇注类干式变压器、干式电抗器和干式互感器等设备用，通过特定工艺和配方使固化后导热系数大于等于 $0.8\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的环氧树脂复合物。

3.3

预混填料型高导热环氧树脂 Pre-mixed filler type high thermal conductivity epoxy resin
预先将导热填料与环氧树脂/固化剂混合均匀的双组分或单组分体系。

4 要求

4.1 预混填料的高导热环氧树脂固化前的要求，见表1。

4.2 预混填料的高导热环氧树脂固化后的要求，见表2。

表1 预混填料的高导热环氧树脂固化前的要求

序号	性能		单位	技术要求	试验方法
1	凝胶时间（过快）		$\text{h}/120^{\circ}\text{C}$	6~10	5.1
2	密度	树脂混合物/固化物密度	g/cm^3	标称值 ± 0.05	GB/T 15223, $25^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$
3	树脂复合物混合黏度		$\text{mPa}\cdot\text{s}$	≤ 8000	GB/T 15022.2—2017, $80^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$
4	复合后黏度增长时间（到达初始黏度两倍）		h	≥ 5	

表2 预混填料的高导热环氧树脂固化后的要求

序号	性能		单位	技术要求	试验方法
1	拉伸强度		MPa	干式变压器：70~80 干式电抗器：55~65	GB/T 1040.1
2	断裂伸长率		%	≥ 0.5	
3	拉伸弹性模量		MPa	16000~20000（需要下调）	
4	弯曲强度		MPa	110~130	GB/T 9341
5	弯曲表面应变		%	0.7~1.1	
6	弯曲弹性模量		MPa	15000~18000	
7	玻璃化转变温度 T_g		$^{\circ}\text{C}$	≥ 80 （需要上调）	GB/T 36800.2
8	线性热膨胀系数（ $<T_g$ ）		$10^{-6}/\text{K}$	30~70（需要下调）	GB/T 36800.2
9	阻燃性		—	$V\sim 0$ （13mm）	GB/T 22472
10	吸水率		%	≤ 0.1 （0.2-0.25）	GB/T 1034
11	双扭曲抗开裂试验	临界应力密度因数 (K_{IC})	$\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$	≥ 2.5	ISO 13586: 2018
		断裂比能 (G_{IC})	J/m^2	≥ 450	
12	导热系数		$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	≥ 1.1	GB/T 5990
13	体积电阻率（ 25°C ）		$\Omega\cdot\text{m}$	$\geq 1.0\times 10^{14}$ （下调 10^{13} ）	GB/T 31838.2
14	工频电气强度		MV/m	≥ 2018	GB/T 1408.1
15	相比电痕化指数（CTI）		—	CTI600	GB/T 4207
16	温度指数		—	≥ 155	GB/T 11026（弯曲强度至初始值50%）
	耐热等级		级	F	GB/T 11021

5 检验方法

5.1 凝胶时间（凝胶法）

5.1.1 实验器材

使用如下试验器材：

- 试管：符合 GB/T 21298—2007 标准的 I 类试管，规格尺寸为 $\phi 18\text{mm} \times 180\text{mm}$ ；
- 恒温油浴：工作槽容积不少于 5L，温度波动度不大于 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。恒温油浴应选用低黏度、在试验温度下不挥发的导热介质，如硅油等；
- 玻璃棒： $\phi 6\text{mm} \times 230\text{mm}$ ；
- 秒表。

注：允许使用自动凝胶化时间测试仪。

5.1.2 试验步骤

将恒温油浴加热至试验温度并保持恒温15 min以上，试验温度由产品标准规定。将玻璃棒放入试管，加入试样至液面高 $(75 \pm 5)\text{mm}$ （从试管圆底算起），然后将试管放入恒温油浴内，试样液面应低于油浴液面10 mm以上，开动秒表计时。测试过程中，玻璃棒以2次/5 s的速度对试样进行上下搅动，当玻璃棒带动试管一起拉起10 mm以上时，或当试样出现明显的凝胶时，或当试样变成果冻状时，停止计时，该时间即为试样的凝胶时间。

5.1.3 结果与报告

试验两个试样，报告两个试验结果的平均值。

5.2 黏度

按GB/T 22314中的规定测定。

5.3 液体密度

按GB/T 15223中的规定测定，使用比重瓶法进行试验。

5.4 混合黏度和黏度增长时间

按GB/T 24148.4中的规定测定。

5.5 固化物拉伸性能

按GB/T 1040.1中的规定测定，试验速度2mm/min。

5.6 固化物弯曲性能

按GB/T 9341中的规定测定，试验速度为2mm/min。

5.7 玻璃化转变温度

按GB/T 36800.2中的规定测定，升温速率 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ ，取三次升温测试结果的平均值为玻璃化转变温度。（是否规定具体的测试方法，不同测试方法所测差异大，影响规定的指标）TMA法

5.8 阻燃性能

按GB/T 22472中的规定测定。

5.9 线性膨胀系数

按GB/T 36800.2中的规定测定。

5.10 双扭曲抗开裂试验

按ISO 13586：2018中规定测定。

5.11 吸水性

按GB/T 1034中的规定测定，试样尺寸为 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 4\text{mm}$ ，采用方法1。（补充条件：ex室温下10d， 100°C 1小时）

5.12 导热系数

T/CWDPA XXX—XXXX

按GB/T 29313中的规定测定。

5.13 体积电阻率

按GB/T 31838.2中的规定测定。

5.14 工频电气强度

按GB/T 1408.1中规定的试验方法进行。

5.15 相比电痕化指数（CTI）

按GB/T 4207中的规定测定。

5.16 温度指数

按GB/T 11026.1中的规定测定。

5.17 耐热等级

按GB/T 11021中的规定测定。

6 检验规则

6.1 用相同的原材料、工艺和设备系统连续生产的树脂为一批。每批树脂应进行出厂检验，出厂检验项目包括但不限于以下项目：外观、黏度、凝胶时间、拉伸强度、工频电气强度、体积电阻率、导热系数。

6.2 型式检验为表1中除温度指数以外的全部性能，温度指数、线性热膨胀系数和导热系数为产品鉴定检验项目。型式检验在正常生产时每一年进行一次。有下列情况之一时，一般应进行型式检验：

- a) 生产设备、材料、工艺条件有较大改变，可能影响产品性能时；
- b) 产品停产六个月后，恢复生产时；
- c) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- d) 质量监督机构提出进行型式检验要求时。

6.3 试样应从一批树脂中不少于包装桶总数5%的桶中抽取。若批量较小，试样应从至少三个包装桶中抽取，若包装桶总数少于三桶，则应从每桶中抽取。抽取前应先将选中的包装桶内的树脂搅拌均匀，然后从中各取出500g，并对取出的树脂进行充分混合，之后再从中取出所需数量的树脂装在洁净干燥的磨口瓶中作为试样。

6.4 若有任何一项试验结果不符合要求，则应从该批树脂另外5%的桶中按6.3重新取样进行该项检验，若结果仍不符合要求，则判定该批树脂为不合格品。

6.5 所有检验项目均符合要求时，判定该批产品为合格品。

6.6 每批产品均应附有产品检验合格证。在用户有要求时，制造厂应提供型式检验报告。

7 标志、包装、运输、贮存

7.1 树脂应装在洁净而干燥的铁桶或塑料桶中，并密封好。容器的优先容积为：20L和200L。

7.2 桶上应标明：制造厂名称，产品型号及名称，制造日期或批号，毛重及净重，以及“小心轻放”等字样和图示标识。

7.3 树脂应存放在清洁、干燥、通风良好、防止日光直接照射，并隔绝火源。

7.4 树脂贮存在原密封容器中，25℃下保质期一年，超过贮存期则对重要性能如外观、黏度、电气强度、导热率、（玻璃化转变温度），合格者仍可使用。

7.5 运输时应装载在有篷的车船中，不得靠近火源、暖气和受日光直射。