

T/GDAA

团体标准

T/GDAA —

环保型环氧乙烯基酯树脂

Environmentally Friendly Epoxy Vinyl Ester Resin

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2026-01-28）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2026 – XX – XX 发布

2026 – XX – XX 实施

广东省防腐蚀协会 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 2

4 分类 2

5 产品技术要求 2

6 生产 3

7 试验方法 4

8 检验规则 5

9 标志、包装、运输、贮存 6

10 施工 6

11 环保与安全要求 8

附录 A（资料性） 常用试验介质选用表 9

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XXXXXX提出。

本文件由广东省防腐蚀协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

环保型环氧乙烯基酯树脂

1 范围

本标准规定了环保型环氧乙烯基酯树脂的术语和定义、分类、产品技术要求、生产要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输、贮存和施工应用。

注：本标准中未明确的技术要求，参照GB/T 8237-2005《纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂》及HG/T 5876-2021《环氧乙烯基酯树脂》执行。

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 191-2008 包装储运图示标志
- GB/T 1634.2-2004 塑料 负荷变形温度的测定 第2部分：塑料和硬橡胶
- GB/T 2567-2008 树脂浇铸体性能试验方法
- GB/T 2895-2015 塑料 聚酯树脂 部分酸值和总酸值的测定
- GB/T 3854-2017 增强塑料巴柯尔硬度试验方法
- GB/T 3857-2017 玻璃纤维增强热固性塑料耐化学介质性能试验方法
- GB/T 3915-2021 工业用苯乙烯
- GB/T 7193-2022 不饱和聚酯树脂试验方法
- GB/T 8237-2005 纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂
- GB/T 12688.7-1990 工业用苯乙烯中阻聚剂（对-特丁基邻苯二酚）含量的测定 比色法
- GB/T 12688.8-2011 工业用苯乙烯试验方法 第8部分：阻聚剂（对-叔丁基邻苯二酚）含量的测定 分光光度法
- GB/T 13657-2011 双酚A型环氧树脂
- GB 15258-2009 化学品安全标签编写规定
- GB 15603-2022 危险化学品仓库储存通则
- GB/T 14520-2025 不饱和聚酯树脂基增强塑料中残留苯乙烯单体及其他挥发性芳烃含量的测定 气相色谱法
- GB/T 17529.1-2023 工业用丙烯酸及酯 第1部分：丙烯酸
- GB/T 17530.5-1998 工业丙烯酸及酯中阻聚剂的测定
- GB/T 22314-2008 塑料 液态酚醛树脂 非挥发物含量的测定
- GB/T 23986-2009 色漆和清漆 挥发性有机化合物（VOC）含量的测定 差值法
- GB/T 23990-2009 涂料中苯、甲苯、乙苯和二甲苯含量的测定 气相色谱法
- GB/T 24134-2009 塑料 不饱和聚酯树脂增强塑料 残留苯乙烯单体含量的测定 气相色谱法
- GB/T 30799-2014 食品用洗涤剂试验方法 重金属的测定
- GB/T 50046-2018 工业建筑防腐蚀设计标准
- GBZ 2.1-2019 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素
- HG/T 2305-2017 工业用甲基丙烯酸
- HG/T 5876-2021 环氧乙烯基酯树脂
- JT/T 617-2018 危险货物道路运输规则
- ISO 4901:2011 不饱和聚酯树脂中苯乙烯含量的测定（Determination of styrene content in unsaturated polyester resins）
- ASTM D4526-18 气相色谱法测定不饱和聚酯树脂中残留苯乙烯含量（Standard Test Method for Residual Styrene Monomer in Unsaturated Polyester Resins by Gas Chromatography）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

环氧乙烯基酯树脂

环氧树脂和不饱和一元羧酸经加成反应生成的产物，溶于苯乙烯等活性交联单体中的一类热固性树脂。

3.2

环保型环氧乙烯基酯树脂

通过配方优化及工艺控制，采用其他环保型活性稀释剂替代部分苯乙烯单体，使树脂中苯乙烯质量含量 $\leq 10\%$ ，且固化后未反应的苯乙烯单体残留量低于 1.0% （质量分数）的环氧乙烯基酯树脂。该树脂因苯乙烯含量及残留量降低，可减少对大气环境的污染，同时降低生产和使用过程中对人体健康的潜在危害，具备污染物排放少的环境友好特性。

3.3

苯乙烯残留量

树脂中未参与聚合反应的游离苯乙烯单体含量（质量分数）。

4 分类

环保型环氧乙烯基酯树脂的分类参照HG/T 5876-2021中表1的环氧乙烯基酯树脂分类规定执行，具体分为通用型、耐热型、阻燃型、增韧改性型、可增稠型。

5 产品技术要求

5.1 液体树脂

液体树脂的技术要求应符合表1的规定。

表 1 液体树脂的技术要求

项目	技术要求	试验方法
外观	无杂质，无异状	目测观察
酸值/（mgKOH/g）	± 3.0	GB/T 2895-2015
黏度（25℃）/（MPa·s）	$\pm 20\%$	GB/T 7193-2022
凝胶时间/min	$\pm 25\%$	GB/T 7193-2022
固体含量/%	± 2.5	GB/T 7193-2022
苯乙烯含量（质量分数）/%	≤ 10	ISO 4901:2011、GB/T 14520-2025

注：一种牌号的树脂仅允许设定一个苯乙烯含量指定值，需在产品说明书中明确标注。

5.2 树脂浇铸体的物理性能

树脂浇铸体物理性能的技术要求应符合表2的规定，在行业标准基础上提升了关键指标，并明确苯乙烯含量及残留量限值。

表 2 树脂浇铸体物理性能的技术要求

项目	技术要求	试验方法
巴柯尔硬度	≥ 33	GB/T 3854-2017
负荷变形温度（1.8 MPa）/℃	≥ 75	GB/T 1634.2-2004
弯曲强度/MPa	≥ 90	GB/T 2567-2008
弯曲弹性模量/MPa	≥ 2500	GB/T 2567-2008
拉伸强度/MPa	≥ 72	GB/T 2567-2008
拉伸弹性模量/MPa	≥ 2700	GB/T 2567-2008
断裂伸长率/%	≥ 2.2	GB/T 2567-2008
冲击强度（无缺口）/（kJ/m ² ）	≥ 7.0	GB/T 2567-2008

项目	技术要求	试验方法
苯乙烯残留量（质量分数）/%	≤1.0	GB/T 14520-2025、ASTM D4526-18

5.3 树脂浇铸体耐化学腐蚀性能

树脂浇铸体耐化学腐蚀性能的技术要求应符合表3的规定，在行业标准基础上提升了尚耐腐蚀等级的弯曲强度保留率指标，新增酸碱介质耐受阈值与耐腐蚀等级判定。

表 3 树脂浇铸体耐化学腐蚀性能的技术要求

项目	耐腐蚀	尚耐腐蚀	试验方法
外观变化	无明显异状	表面模糊、发黏，光泽暗淡，透明度变差等	GB/T 3857-2017
质量变化/%	增重<2.5或失重<0.5	增重2.5~6.0或失重0.5~2.5	GB/T 3857-2017
弯曲强度保留率/%	>85	75~85	GB/T 3857-2017

6 生产

6.1 生产原料要求

环保型环氧乙烯基酯树脂生产原料的技术要求应符合表4的规定。

表 4 生产原料要求

项目	用量范围（质量分数）	纯度要求	试验方法
环氧树脂	20%~55%	≥95%（以环氧基团有效含量计）	GB/T 13657-2011
不饱和一元羧酸	4%~30%	≥98%	GB/T 17529.1-2023、HG/T 2305-2017
苯乙烯	≤10%	≥99.5%	GB/T 3915-2021
环保型活性稀释剂	—	符合相关行业标准，与树脂相容性良好	/
添加剂和助剂	—	符合相关安全标准	/
改性原料	—	由供需双方商定	/

注：“—”指标由供需双方在合同中明确约定。

6.2 生产工艺技术要求

6.2.1 设备要求

环保型环氧乙烯基酯树脂的合成属于高分子化学反应过程，核心设备需满足反应控制精度、物料兼容性及安全防护要求，具体如下：

- 反应釜：材质为 316L 不锈钢（耐有机酸、有机溶剂腐蚀）；配套电气设备按车间防爆等级要求进行防爆设计与配置，符合 GB 3836《爆炸性环境》系列标准；容积按产能设计，配备机械密封或磁力密封搅拌装置（防止物料泄漏和空气进入）；具备加热（夹套/盘管蒸汽加热）、冷却（夹套/盘管通水）功能，温度控制精度±2℃。
- 搅拌系统：搅拌桨类型为锚式、桨式或螺带式，搅拌速率可调节，确保物料混合均匀，避免局部过热导致树脂凝胶。
- 冷凝回收装置：采用蛇形或列管式冷凝器，与反应釜连接，减少反应物质的挥发，回收效率≥95%。
- 安全环保设施：生产区域配备苯乙烯在线监测装置、强制通风系统（风速≥0.5m/s）及应急处理设备，符合 GBZ 2.1-2019 职业卫生要求。

6.2.2 工艺要求

环保型环氧乙烯基酯树脂的核心工艺为“环氧树脂与不饱和一元羧酸的加成反应”，后续经稀释、调配实现性能调控，具体流程及要求如下：

- 原料预处理：环氧树脂预热至 40~100℃（降低黏度便于投料），必要时过滤除杂；不饱和一元羧酸检测纯度≥98%；环保型活性稀释剂检测阻聚剂含量及聚合物含量，确保符合原料要求。
- 加成反应（核心步骤）：投料顺序为环氧树脂→不饱和一元羧酸→催化剂；反应条件为常压、温度 120~150℃；搅拌速率 80~120r/min；反应时间 3~6h；通过测定酸值判断反应终点（酸值降至理论值±2mgKOH/g）。
- 稀释与调配：反应结束后降温至 110~120℃，加入环保型活性稀释剂（总用量 25%~45%，苯乙烯≤10%），搅拌 30~60min 至均匀；加入阻聚剂（≤0.1%）、消泡剂（按需添加）等，搅拌均匀；检测黏度、固体含量、苯乙烯含量等指标，调整至符合表 1 要求。
- 过滤与包装：采用 5~10 μm 滤网过滤，去除机械杂质和凝胶颗粒；装入干燥密封容器（铁桶或塑料桶），容器标注产品名称、型号、苯乙烯含量、生产日期、安全警示及环保标识，符合 GB 15258-2009 要求，避免阳光直射和高温环境。
- 注意事项：反应过程隔绝水分和氧气（防止环氧基水解）；精确控制苯乙烯与替代稀释剂比例，验证相容性；生产区域苯乙烯挥发浓度≤ GBZ 2.1-2019 职业接触限值；生产废水、废气经处理后达标排放，符合 GB 8978《污水综合排放标准》、GB 16297《大气污染物综合排放标准》。

7 试验方法

7.1 原料检测方法

- 7.1.1 环氧树脂：按 GB/T 13657-2011 的规定执行。
- 7.1.2 不饱和一元羧酸：按 GB/T 17529.1-2023（丙烯酸类）或 HG/T 2305-2017（甲基丙烯酸）的规定执行。
- 7.1.3 苯乙烯：按 GB/T 3915-2021 的规定执行。
- 7.1.4 环保型活性稀释剂：按该物质的相关检测标准执行。
- 7.1.5 添加剂和助剂、改性原料：按该物质的相关检测标准执行。

7.2 液体树脂试验方法

- 7.2.1 外观检查：将树脂样品倒入 100mL 标准比色管，液面高度 100mm，肉眼观察有无杂质、分层等异状；添加型树脂搅拌后均质视为“无异状”。
- 7.2.2 酸值测定：按 GB/T 2895-2015 的规定执行。
- 7.2.3 黏度测定：按 GB/T 7193-2022 的规定执行。
- 7.2.4 凝胶时间测定：按 GB/T 7193-2022 的规定执行。
- 7.2.5 固体含量测定：按 GB/T 7193-2022 的规定执行。
- 7.2.6 苯乙烯含量测定：按 ISO 4901:2011 或 GB/T 14520-2025 的规定执行，仲裁方法为 GB/T 14520-2025。
- 7.2.7 树脂浇铸体中苯乙烯残留量测定：按 GB/T 14520-2025 或 ASTM D4526-18 的规定执行，仲裁方法为 GB/T 14520-2025。

7.3 树脂浇铸体试验方法

7.3.1 试样制作（含后固化步骤）

- 按树脂生产厂指定比例，依次加入促进剂和引发剂，搅拌均匀。
- 用厚度适宜、不易变形的钢板或玻璃板制作内空尺寸为 24cm×18cm×1.5cm 的敞口模具，涂覆脱模剂并干燥后，倒入树脂，避免产生气泡。
- 按树脂生产厂指定的固化程序固化。

- 浇铸板冷却至室温后脱模，按 GB/T 2567-2008 规定裁切成标准试样。
- 检视试样，剔除带气泡、裂纹、凹坑等缺陷的不合格试样。
- 将试样在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(50 \pm 5)\%$ 的标准环境中放置 24h。
- 后固化：将试样置于 $(80 \pm 2)^\circ\text{C}$ 烘箱中烘烤 2h，取出自然冷却至室温后使用。

7.3.2 巴柯尔硬度测定

按 GB/T 3854-2017 的规定执行。

7.3.3 负荷变形温度测定

按 GB/T 1634.2-2004 的规定执行。

7.3.4 弯曲强度和弯曲弹性模量测定

按 GB/T 2567-2008 的规定执行。

7.3.5 拉伸强度、拉伸弹性模量和断裂伸长率测定

按 GB/T 2567-2008 的规定执行。

7.3.6 冲击强度测定

按 GB/T 2567-2008 的规定执行。

7.3.7 耐化学腐蚀性能测试

7.3.7.1 试样按 GB/T 2567-2008 的规定制作。

7.3.7.2 试验条件按 HG/T 5876-2021 的规定执行。

7.3.7.3 试验介质按产品实际使用环境选用，常用介质参照附录 A，试验温度及期限由供需双方商定。

7.3.7.4 试验步骤和结果计算按 GB/T 3857-2017 的规定执行。

8 检验规则

8.1 检验分类和检验项目

8.1.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

8.1.2.1 出厂检验

检验项目包括外观、酸值、黏度、凝胶时间、固体含量、苯乙烯含量、苯乙烯残留量。

8.1.2.2 型式检验

检验项目包括本标准第 5 章规定的全部技术要求。有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 新产品投产或老产品转产时；
- 原料、工艺发生重大变化，可能影响产品性能时；
- 产品停产 6 个月以上恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- 国家市场监督管理总局提出型式检验要求时。

8.2 组批、抽样

8.2.1 组批

同一配方、同一工艺、同一生产周期生产的产品为一批，每批不超过 50t。

8.2.2 抽样

从每批产品中随机抽取3桶，每桶抽取不少于500mL样品，混合均匀后分为两份，一份用于检验，一份留样（留样期6个月）。

8.3 判定规则

所有出厂检验项目均符合本标准要求时，判定该批产品合格；若有一项指标不合格，应加倍抽样复检，复检结果仍不合格，则判定该批产品不合格。

8.4 复检规则

供需双方对检验结果有异议时，可在收到检验报告后15日内提出复检申请，复检机构由双方协商确定；复检项目为不合格项目，复检结果为最终判定依据，按HG/T 5876-2021的规定执行。

9 标志、包装、运输、贮存

9.1 标志

产品包装容器上应标明以下内容：

- 产品名称（环保型环氧乙烯基酯树脂）、型号
- 苯乙烯含量（质量分数）、苯乙烯残留量（质量分数）
- 生产厂家名称、地址、联系方式
- 生产日期、批号、保质期
- 净含量
- 安全警示标志（符合 GB 15258-2009）、环保标识
- 运输、贮存所依据的标准编号（GB/T 191-2008、JT/T 617-2018、GB 15603-2022）
- 适用场景

9.2 包装

产品采用干燥、密封的铁桶或塑料桶包装，每桶净含量通常为20kg、200kg，也可按供需双方约定；包装容器应清洁、无破损、无渗漏，符合GB/T 191-2008包装储运图示标志要求。

9.3 运输

运输过程中应避免阳光直射、雨淋、高温和剧烈碰撞；严禁与强氧化剂、强酸、强碱等危险品混运；运输车辆应配备通风设施和应急处理设备，符合JT/T 617-2018《危险货物道路运输规则》及GB 12463《危险货物运输包装通用技术条件》要求；若产品归为危险化学品范畴，需严格遵守危险化学品运输相关规定。

9.4 贮存

产品应贮存在阴凉、干燥、通风的库房内，库房温度控制在25℃以下，相对湿度≤85%；远离火源、热源及氧化剂；贮存符合GB 15603-2022《危险化学品仓库储存通则》（若涉及危险化学品贮存）及HG/T 5876-2021的规定；贮存期自生产日期起为3个月，超过贮存期的产品，经检验合格后方可使用。

10 施工

10.1 施工方法

10.1.1 施工环境要求

10.1.1.1 环境温度：5℃～35℃；温度低于5℃时，采用低温固化体系；高于35℃时，缩短施工间隔，加快施工节奏。

10.1.1.2 相对湿度：≤85%（避免水汽导致涂层起泡）。

10.1.1.3 通风条件：施工区域强制通风（风速≥0.5m/s）或采用局部排风装置，确保苯乙烯及其他挥发物浓度≤50mg/m³（符合GBZ 2.1-2019职业接触限值）。

10.1.1.4 基层处理：基层需干燥（含水率 $\leq 6\%$ ）、无油污、无松动杂质；混凝土基层打磨至表面粗糙；金属基层除锈至 Sa2.5 级（喷砂）或 St3 级（手工除锈），符合 GB/T 8923《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》要求；施工场景需符合 GB/T 50046-2018《工业建筑防腐蚀设计标准》相关规定。

10.1.2 材料准备与配比

10.1.2.1 树脂调配：按产品说明书要求，依次加入 $\leq 1.5\%$ 的促进剂（如钴盐溶液）和 $\leq 2.0\%$ 的引发剂（如过氧化甲乙酮），搅拌均匀；调配后需在凝胶时间内用完（通常 $\leq 30\text{min}$ ）。

10.1.2.2 辅料匹配：增强材料选用无碱玻璃纤维（布、毡），使用前干燥；填料（如石英砂）过筛除杂，确保与树脂相容性良好。

10.1.3 常用施工工艺

10.1.3.1 手糊法（适用于小型构件或复杂形状）：

- 基层涂刷一层树脂（厚度 0.2~0.5mm）打底；
- 逐层铺覆增强材料，用辊筒碾压排除气泡，含胶量控制在 30%~60%；
- 多层铺覆时，在前一层凝胶后（未完全固化）进行下一层施工，避免层间剥离。

10.1.3.2 喷射法（适用于大面积施工）：

采用专用喷射设备，将树脂与切割后的玻璃纤维（长度 25mm~50mm）同步喷射至基层，压实固化；单次喷射厚度 $\leq 3\text{mm}$ ，避免流挂。

10.1.3.3 缠绕法（适用于管道、储罐等圆柱形构件）：

按设计缠绕角度，将浸胶玻璃纤维带缠绕在芯模上，控制张力均匀，确保树脂分布一致，固化后层间无空隙。

10.1.4 固化与后处理

- 初固化：按照 10.1.1.1 中施工环境温度下静置固化，凝胶时间参考第 5.1 条指标（通常 2~8h），期间避免外力碰撞。
- 后固化：耐热型、耐化学腐蚀型产品初固化后，采用 $(80 \pm 2)^\circ\text{C}$ 烘烤 2h 或常温固化 7d，确保固化完全。
- 质量检查：固化后表面应平整、无气泡、无裂纹，按 GB/T 50224《建筑防腐蚀工程质量验收标准》进行验收。

注：特殊型号产品（如阻燃型）的施工要求，由供需双方在施工方案中细化。

10.2 施工废弃物处理

10.2.1 废弃物分类

- 危险废物：未固化/半固化废树脂、残留化学品的固化剂/促进剂容器、沾染树脂的抹布/手套（属于 HW13 有机树脂类废物，符合 GB 5085.3《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》）。
- 一般废物：固化完全的玻璃钢边角料、未沾染树脂的包装材料（如塑料膜、纸板）。

10.2.2 收集与暂存

- 危险废物装入防渗漏、密封的专用容器，贴危险废物标识，暂存于防雨、防渗、防高温的危废暂存间（存放时间 $\leq 90\text{d}$ ），符合 GB 18597《危险废物贮存污染控制标准》。
- 一般废物分类收集，交由再生资源单位回收利用（如玻璃钢边角料粉碎后作为填料）。

10.2.3 处置要求

危险废物必须委托持有《危险废物经营许可证》的单位处置，转移过程遵守《危险废物转移联单管理办法》；禁止随意倾倒、焚烧（未固化树脂焚烧产生有毒气体）；处置符合 GB 18484《危险废物焚烧污染控制标准》要求。

11 环保与安全要求

11.1 生产和施工区域必须配备强制通风设施（风速 $\geq 0.5\text{m/s}$ ），操作人员按作业场景规范佩戴防护装备：自吸过滤式防毒面具（半面罩，选用有机蒸气滤毒盒）、化学安全防护眼镜、耐化学品防护手套（丁腈或氯丁橡胶材质）、防静电防护服、防化学品围裙、防尘/防毒口罩及防化防滑型防护鞋；密闭空间施工时，需佩戴空气呼吸器等应急防护装备，并安排专人现场监护，符合 GB/T 23466《呼吸防护用品 通用技术条件》要求。

11.2 生产废水、废气处理后达标排放，符合 GB 8978《污水综合排放标准》、GB 16297《大气污染物综合排放标准》要求。

11.3 废弃物按 GB 5085.3 危险废物标准分类处理，严禁随意丢弃；危险废物处置需符合 GB 18484《危险废物焚烧污染控制标准》。

11.4 产品安全技术说明书（SDS）按 GB/T 16483《化学品安全技术说明书 内容和项目顺序》编制，明确环保指标及安全防护要求。

11.5 生产和施工过程中，苯乙烯及其他挥发性有机物排放需符合当地环保部门规定的限值要求。

附 录 A
(资料性)
常用试验介质选用表

A.1 基本试验介质 (质量浓度)

- a) 30%硫酸溶液;
- b) 10%硝酸溶液;
- c) 10%盐酸溶液;
- d) 10%氢氧化钠溶液;
- e) 10%氨水溶液;
- f) 饱和氯化钠溶液;
- g) 饱和碳酸钠溶液;
- h) 蒸馏水;
- i) 苯;
- j) 丙酮;
- k) 四氯化碳。

注: 推荐选用化学纯 (CP) 试剂。

A.2 增选试验介质 (质量浓度)

- a) 70%硫酸溶液;
- b) 50%硫酸溶液;
- c) 30%硝酸溶液;
- d) 30%盐酸溶液;
- e) 磷酸溶液;
- f) 20%乙酸溶液;
- g) 饱和草酸溶液;
- h) 30%铬酸溶液;
- i) 20%氢氧化钠溶液;
- j) 甲苯;
- k) 氯苯;
- l) 无水乙醇;
- m) 120号汽油;
- n) 乙酸乙酯;
- o) 37.5%甲醛溶液;
- p) 5%双氧水溶液;
- q) 5%次氯酸钠溶液。

注: 推荐选用化学纯 (CP) 试剂。