

风电叶片用手糊环氧树脂

Hand laid epoxy resin for wind turbine blades resin

(征求意见稿)

2024-**-**发布

2024-**-**实施

中国石油和化学工业联合会发布

征求意见稿

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。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由中国石油和化学工业联合会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

征求意见稿

征求意见稿

风电叶片用手糊环氧树脂

1 范围

本文件规定了风电叶片用手糊环氧树脂的术语和定义、分类、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于由环氧树脂和胺类固化剂组成的环氧树脂混合体系。

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 190 危险货物包装标志
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 601 化学试剂标准滴定溶液的制备
- GB/T 2035 塑料术语及其定义
- GB/T 2567 树脂浇铸体性能试验方法
- GB/T 3961 纤维增强塑料术语
- GB/T 4612 塑料环氧化合物环氧当量的测定
- GB/T 6678 化工产品采样总则
- GB/T 6680 液体化工产品采样通则
- GB/T 12007.7 环氧树脂凝胶时间测定方法
- GB/T 15223 塑料液体树脂用比重瓶法测定密度
- GB/T 18191 包装容器危险品包装用塑料桶
- GB/T 19466.2 塑料差示扫描量热法（DSC）第2部分：玻璃化转变温度的测定
- GB/T 22314 塑料环氧树脂黏度测定方法
- GB/T 24148.9 塑料 不饱和聚酯树脂(UP-R) 第9部分：总体积收缩率测定

3 术语和定义

GB/T 2035 和 GB/T 3961 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

环氧树脂体系 epoxy resin system

环氧树脂和固化剂按照一定比例混合成环氧树脂体系。

4 分类

风电叶片用手糊环氧树脂分为常规固化和 UV 固化两种类型，其中常规固化又可以分为特快速型、快速型、中速型和慢速型。

5 要求

5.1 外观

环氧树脂和固化剂的外观在常温下为均质液体，无机械杂质。

5.2 技术要求

风电叶片用手糊环氧的技术要求应符合表 1 的规定。每项性能只允许有一个指定值。

表 1 环氧树脂体系技术要求

项目		常规固化型				UV 固化型
		特快速型	快速型	中速型	慢速型	
环氧树脂	环氧当量/(g/mol)	指定值±20.00				
	密度(g/cm ³)	指定值±0.10				
	黏度(25°C,mPa·s)	指定值±500				
固化剂	胺值(mgKOH/g)	指定值±100.00				
	密度(g/cm ³)	指定值±0.10				
	黏度(25°C,mPa·s)	指定值±100				
环氧树脂体系	初始混合黏度(25°C, mPa·s)	指定值±300				
	凝胶时间(25°C,min)	15±5	30±10	42.5±12.5	90±30	10±5

表 2 浇铸体技术要求

项目	指标	
浇铸体	体积收缩率%	≤6.5
	拉伸强度/MPa	≥65.0
	拉伸弹性模量/MPa	≥2800
	断裂伸长率/%	≥3.0
	压缩强度/MPa	≥80.0
	弯曲模量	≥2800
	弯曲强度/MPa	≥100.0
	冲击强度 KJ/m ²	≥30.0
	玻璃化转变温度 T _g (°C)	≥70.0

6 试验方法

警示——试验方法规定的一些试验过程可能导致危险情况，操作者应采取适当的安全和防护措施。试样制备时应在通风橱中进行。

6.1 外观

取适量样品倒入试管中，在自然光线或日光灯下目视观察测定；UV固化型环氧树脂只能在无紫外线波段的日光灯下进行目视观察测定。

6.2 环氧当量

按GB/T 4612的规定测试。

6.3 密度

按GB/T 15223的规定测试。

测试结果以两个平行试样测定值的算术平均值表示，取至小数点后两位。

6.4 黏度

按GB/T 22314 的规定测试，测试温度为 $25.0^{\circ}\text{C}\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。

6.5 初始混合黏度

按一定比例将环氧树脂和固化剂混合后均匀后，按GB/T 22314的规定立即测试，混合时间不大于3min，在2 min之内完成测试，测试温度为 $25.0^{\circ}\text{C}\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。

6.6 胺值

按附录A的规定测试。

6.7 凝胶时间

按GB/T 12007.7的规定测试，测试温度为 $25.0^{\circ}\text{C}\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 。

UV光固化环氧树脂固化时采用395nm波段的UV光源，光照高度为20cm，材料表面的辐照强度为 $20\text{mw}/\text{cm}^2$ ，凝胶时间小于1分钟。UV光固化环氧树脂的固化工艺可参考附录B的规定。

6.8 体积收缩率

按GB/T 24148.9的规定测试。

6.9 拉伸强度、拉伸模量、断裂伸长率、压缩强度、弯曲强度、弯曲模量、冲击强度

浇铸体试样制备时采用制造商推荐的固化条件，测试按 GB/T 2567 的规定进行，其中压缩测试采用 I 型试样，冲击测试采用 II 型试样。

6.10 玻璃化转变温度

按GB/T 19466.2的规定测试，取第一次扫描测得的 T_{mg} 值。

7 检验规则

7.1 型式检验

型式检验项目包括第5章所列的全部要求，有下列情况之一时应进行型式检验：

- 正常生产每年至少检验一次；
- 新产品试制定型鉴定时；
- 主要原材料或生产工艺有较大改变时；
- 停产半年以上恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

7.2 出厂检验

出厂检验项目包括手糊环氧树脂的外观、环氧当量、密度、黏度和固化剂的外观、胺值、密度、黏度。

7.3 组批

在相同原料、配比和工艺条件下，生产的具有同等质量的产品为一个组批。

7.5 抽样方案与采样方法

抽样方案按 GB/T 6678-2003 中 7.6 的规定进行，采样方法按 GB/T 6680 的规定进行。将所取样品充分混匀后，将样品分装于两个清洁、干燥的玻璃容器中密封并粘贴标签，注明：产品名称、批号、生产厂名、采样日期和采样者姓名。一份供检验用，另一份留存备查。

7.6 判定和复检规则

所有检验项目均符合要求，则判定该批产品检验合格；若检验结果有任何指标项不符合本文件的要求，产品应重新加倍取样进行复检，重新检验的复检结果仍有指标不符合本文件的要求，则该批产品判为不合格。

8 标志、包装、运输、贮存

8.1 标志

8.1.1 产品包装容器上应有清晰、牢固的标识，其内容包括：产品名称、产品牌号、环氧树脂和固化剂的配比、产品批号、净重、生产日期、储存期、本标准编号、生产企业名称和详细地址，并附有包括表 1 中的指定值的合格证。

7.1.2 产品包装储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定。

7.1.3 环氧树脂为对环境有害的液态物质，固化剂为腐蚀物质，产品包装件上应有符合 GB 190 规定的危险货物包装标志。

8.2 包装

环氧树脂和固化剂用容积为 1m³、密封良好的避光型高密度聚乙烯包装桶，能有效隔绝紫外光并满足 GB 18191 规定的包装桶。

8.3 运输

产品在运输过程中，应符合有关危险、易燃品贮运的规定，并不应在阳光下曝晒，针对 UV 固化型环氧树脂应注意全程避光。

8.4 贮存

8.4.1 产品应密封存放在通风、干燥的库房内，避光保存，并应隔绝火源，远离热源，贮存环境温度适宜。

8.4.2 自生产之日起，环氧树脂贮存期不应超过 24 个月，固化剂贮存期不应超过 24 个月。

附录A

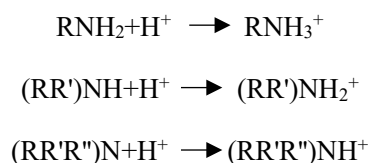
(规范性附录)

用交替指示剂法测定脂肪胺的总胺值

警告—使用本测试方法的人员应有正规实验室工作的实践经验。本测试方法并未指出所有可能的安全问题。使用者有责任采取适当的安全和健康措施，并保证符合国家有关法规规定的条件。

A.1 原理

胺值由盐酸标准滴定溶液滴定脂肪胺测得，其反应方程式如下：



A.2 试剂

A.2.1 除非另有说明，在分析中仅适用确认为分析纯的试剂和蒸馏水或去离子水或相当纯度的水。

A.2.2 无水乙醇。

A.2.3 盐酸标准滴定溶液，0.1mol/L，按GB/T 601-2002中4.2的规定制备。

A.2.4 溴酚蓝指示剂溶液，2g/L，将0.2g溴酚蓝溶解到100ml无水乙醇中。

A.3 仪器

A.3.1 电子天平，精确到0.1mg。

A.3.2 酸式滴定管，标称容量50ml。

A.3.3 广口锥形烧瓶，标称容量250ml。

A.3.4 量筒，标称容量50ml。

A.4 分析步骤

A.4.1 称取约1g试样，精确到0.1mg。将试样加入到250ml烧瓶中，并向其中加入50ml无水乙醇，混合均匀。

A.4.2 加入5滴溴酚蓝指示剂，用盐酸标准滴定溶液滴定至黄色终点。

A.4.3 同时进行空白试验，以相同的步骤和相同的试剂进行。

A.5 结果计算

总胺值X按公式（1）计算：

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \times C \times 56.1}{m} \dots\dots\dots (A.1)$$

T/CPCIF ****—2023

式中:

X——总胺值, 单位为毫克氢氧化钾每克 (mgKOH/g), 修约到小数点后第二位;

V_1 ——A4.2所消耗的盐酸的体积, 单位为毫升 (ml)。

V_2 ——A4.3所消耗的盐酸的体积, 单位为毫升 (ml)。

C——盐酸标准滴定溶液的浓度, 单位为克每摩尔 (g/mol)。

m——试样的质量, 单位为克 (g)。

征求意见稿

附录B

(资料性)

UV 固化条件

B.1 UV 光固化修复用环氧树脂的固化应符合下列规定：

B.1.1 固化使用的 UV 光源的波长为 365nm~405nm 紫外光；

B.1.2. 施工的辐照强度不应小于 20mw/cm²；

B.1.3. 灯具辐照距离宜为 200mm ~500mm；

B.1.4. 一次手糊 10mm 厚以内的玻纤层，光固化时间宜为 5min ~10min，一次手糊成型 10~15mm 厚的玻纤光固化时间宜为 10min ~15min；

B.2 紫外光固化设备应符合下列规定：

B.2.1 紫外光源应根据现场施工要求及施工面积配备紫外光灯；

B.2.2 紫外光波长及紫外光灯的辐照强度应满足光固化要求。

B.2.3 叶片修复前应对基材表面进行打磨清理处理。

B.3 UV 光固化环氧树脂对施工环境的要求：

B.3.1 使用环境温度可在-20℃~40℃；

B.3.2 施工全程中必须全程隔绝紫外线；

B.3.3 环境湿度应低于 80%。

征求意见稿

中国石油和化学工业联合会团体标准

《风电叶片用手糊环氧树脂》

编制说明

(征求意见稿)

征求意见稿

团体标准工作小组

2024年1月

目录

1 任务来源.....	3
2 目的和意义.....	3
2.1 产品及行业概况.....	3
2.2 标准编制的意义及必要性.....	4
3 标准制定过程.....	4
4 标准编制原则.....	5
4.1 编制原则.....	5
4.2 制定标准依据.....	5
5 主要条款的说明.....	5
5.1 标准适用范围.....	6
5.2 规范性引用文件.....	6
5.3 要求.....	6
5.3.1 外观.....	6
5.3.2 技术要求.....	6
5.4 指标项目的确定.....	7
5.5 试验方法的确定.....	9
5.5.1 环氧当量.....	9
5.5.2 密度.....	9
5.5.3 黏度.....	9
5.5.4 固化剂胺值检测法.....	9
5.5.5 初始混合黏度.....	11
5.5.6 凝胶时间.....	11
5.5.7 拉伸强度、拉伸模量、断裂伸长率、压缩强度、弯曲模量、弯曲强度、冲击强度 ...	11
5.5.8 玻璃化转变温度.....	11
6 知识产权说明.....	11
7 与现有法律法规的协调性.....	11
8 重大分歧意见的处理经过和依据.....	11
9 标准性质的建议说明.....	11
10 实施标准的经济、社会效益以及实施标准的要求、措施.....	11

《风电叶片用手糊环氧树脂》 团体标准编制说明

1 任务来源

根据中国石油和化学工业联合会印发中石化联质发（2023）141号《关于印发2023年第一批中国石油和化学工业联合会团体标准项目计划的通知》的要求，《风电叶片用手糊环氧树脂》被列入中国石油和化学工业联合会团体标准制定计划。

本标准由中国石油和化学工业联合会提出，中国石油和化学工业联合会标准化工作委员会归口，四川东树新材料有限公司、北京国化新材料研究院有限公司等单位组织制定。

2 目的和意义

2.1 产品及行业概况

风电叶片用手糊环氧树脂，以常见的双酚A型环氧树脂为主，复配双酚F环氧树脂、其他类型的特种环氧树脂，改善了手糊环氧树脂对纤维的浸润性，以及固化速度；同时通过合理添加相应的活性稀释剂和助剂，使得风电叶片用手糊环氧树脂体系在常温下具有较低的混合粘度、较快的反应速度、适当的可操作时间、良好的抗流挂效果，同时低温或常温下对玻璃纤维和碳纤维及其织物具有良好的浸润性，固化物具有较高的硬度和耐热性能等特性，适用于风电叶片的包边与修补。风电叶片结构图见下图1和图2所示：

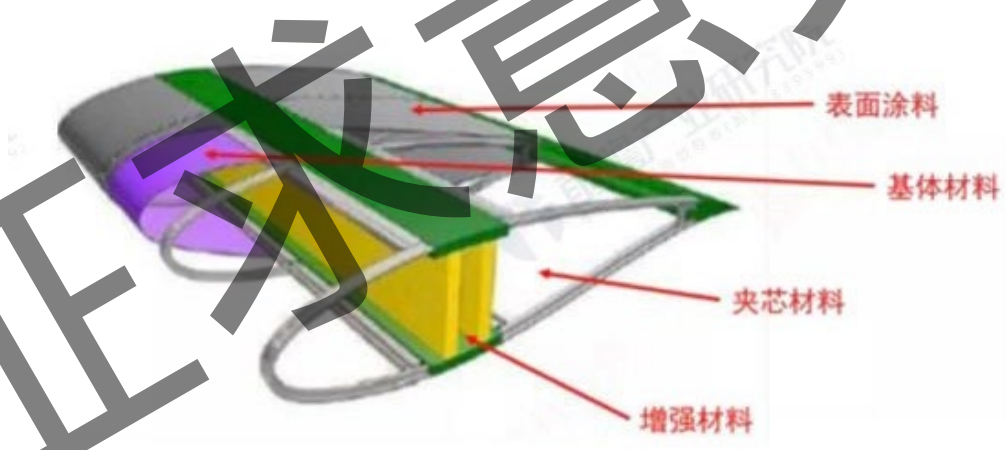


图1 风电叶片结构图

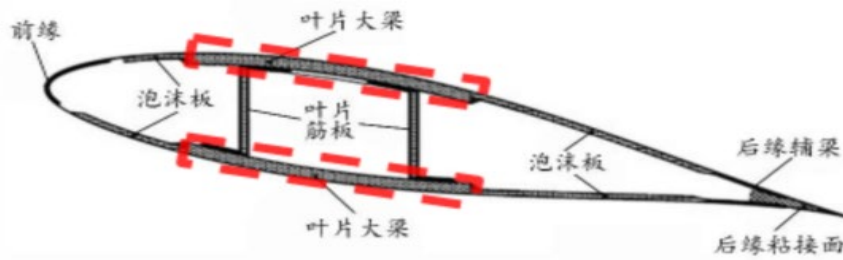


图2 风电叶片结构剖面图

风电叶片手糊环氧树脂专用于风电领域，需求受下游风电装机量的影响比较大。风力发电是构建新型电力系统的主体能源，是支持电力系统率先脱碳，进而推动能源系统和全社会实现碳中和的主力军。在政策引导和市场需求的双重驱动下，中国风电产业实现了快速发展。截止 2022 年底风电装机容量约 3.7 亿千瓦，同比增长 11.2%；根据《“十四五”可再生能源发展规划》、《“十四五”现代能源体系规划》等文件，到 2025 年，可再生能源发电量达到 3.3 万亿千瓦时，风电发电量较 2020 年实现翻倍，即超 5.64 亿千瓦时。风电叶片主要组成部分为环氧树脂和玻璃纤维的复合材料，1GW 风电叶片消耗约 6000 吨配方料和 700 吨结构胶，风电叶片用手糊环氧树脂未来也将随着风电行业发展而得到持续发展。

2.2 标准编制的意义及必要性

产品标准是企业产品生产的重要依据，是保证产品质量，提高产品市场竞争力的前提条件。目前，对风电叶片用手糊环氧树脂并无相关产品标准，企业无法建立起正常的生产和管理秩序，给产品的发展、规划和管理带来了诸多不便。因此，建立风电叶片用手糊环氧树脂的产品标准意义重大，实施后，才能按此标准进行产品检测、流通、消费、使用。

3 标准制定过程

为了切实做好《风电叶片用手糊环氧树脂》标准的编制工作，我们在接到任务时，成立了标准起草工作组，制定工作方案，主要工作过程如下：

(1) 2023 年 4 月 27 日，石化联合会印发中石化联质发（2023）16 号《关于征集 2023 年第一批中国石油和化学工业联合会团体标准计划项目的通知》。北京国化新材料研究院有限公司开展了对国内外相关标准、生产现状及下游应用等方面的调研工作，就风电叶片用手糊环氧树脂产品的主要产品指标、管理、运输、验收、贮存、使用、处置等环节进行了详细的研究，最终确定风电叶片用手糊环氧树脂产品团体标准的内容，在此基础上提交了《风电叶片用手糊环氧树脂》团体标准的项目建议书。

(2) 2023 年 7 月 18 日，中国石油和化学工业联合会通过腾讯会议召开团体标准立项审查会，起草单位重点就标准编制的背景意义、必要性及可行性进行了汇报。评审专家要求

标准起草单位在设置产品指标时需进行调研，并综合考虑行业实际情况进行制定。

(3) 2023年8月14日，石化联合会发布《关于印发2023年第一批中国石油和化学工业联合会团体标准项目计划的通知》，《风电叶片用手糊环氧树脂》等58项团体标准顺利通过立项审查。

(4) 立项审查通过后，标准起草工作组和技术小组人员对国家标准开展研究工作，结合风电行业对手糊环氧树脂的性能要求等，完成编制组讨论稿撰写工作。

(5) 2023年11月3日，编制组以视频方式召开第一次工作会议，会议邀请了四川东树新材料有限公司、安徽众博新材料有限公司、惠柏新材料科技(上海)股份有限公司、南京海拓复合材料有限责任公司、三一重能股份有限公司、广州聚合新材料科技股份有限公司代表参会，与会代表就技术内容进行深入交流，初步确定了该产品标准的指标项目，相应的试验方法等内容。

(6) 2023年12月-2024年1月，针对第一次会上讨论的问题，进行检测报告收集汇总，根据专家指导意见及企业反馈意见对文档进行修改形成草案。

4 标准编制原则

本标准的编制严格按照国家标准规范性文件的基本要求，在符合国家现行法律、法规以及行业政策要求的前提下，参照风电叶片用手糊环氧树脂生产、使用的相关资料，同时参考国内企业实际生产的相关要求，结合下游企业的实际使用要求，参照GL认证标准规范《DNVGL-CP-0089_Epoxy+resin+systems》文件里的指标设置，以确保标准的科学性、先进性、可操作性。

4.1 编制原则

(1) 标准要具有科学性、先进性和可操作性。标准的指标值确定应有充分依据，有利于新产品开发，有利于产品质量的提高；标准不能脱离行业实际情况，有70%企业能做到，30%企业需要经过努力才能做到。

(2) 与相关标准法规协调一致；与现有的相关标准，包括产品指标、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输、贮存等，都要与现行的相关法规保持一致。

(3) 促进行业健康发展与技术进步。制定风电叶片用手糊环氧树脂团体标准，是我国风电叶片用手糊环氧树脂行业以及使用单位一项重大举措，是从对最终产品的被动管控转向对整个生产过程实施主动标准化管控的标志。这将推动行业向更高效、更环保的方向发展，加快技术进步的步伐，提升整个行业的竞争力和可持续发展能力。

4.2 制定标准依据

(1) 国内生产企业及用户要求，调查阶段收到的建议。

(2) 生产厂家产品质量报告（参见附录）。

5 主要条款的说明

5.1 标准适用范围

本标准规定了风电叶片用手糊环氧树脂的术语和定义、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存。

本文件适用于风电叶片用手糊环氧树脂混合体系（简称手糊环氧树脂）。

5.2 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 190 危险货物包装标志

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 601 化学试剂标准滴定溶液的制备

GB/T 2035 塑料术语及其定义

GB/T 2567 树脂浇铸体性能试验方法

GB/T 3961 纤维增强塑料术语

GB/T 4612 塑料环氧化合物环氧当量的测定

GB/T 6678 化工产品采样总则

GB/T 6680 液体化工产品采样通则

GB/T 12007.7 环氧树脂凝胶时间测定方法

GB/T 15223 塑料液体树脂用比重瓶法测定密度

GB/T 18191 包装容器危险品包装用塑料桶

GB/T 19466.2 塑料差示扫描量热法（DSC）第2部分：玻璃化转变温度的测定

GB/T 22314 塑料环氧树脂黏度测定方法

GB/T 24148.9 塑料 不饱和聚酯树脂(UP-R) 第9部分：总体积收缩率测定

5.3 要求

5.3.1 外观

风电叶片用手糊环氧树脂和固化剂的外观在常温下为均质液体，无机械杂质。

5.3.2 技术要求

风电叶片用手糊环氧树脂的技术要求应符合表1的规定。每项性能只允许有一个指定值。

表 1 环氧树脂体系技术要求

项目		常规固化型				UV 固化型
		特快速型	快速型	中速型	慢速型	
环氧树脂	环氧当量/ (g/mol)	指定值±20.00				
	密度 (g/cm ³)	指定值±0.10				
	黏度 (25°C,mPa·s)	指定值±500				
固化剂	胺值 (mgKOH/g)	指定值±100.00				
	密度 (g/cm ³)	指定值±0.10				
	黏度 (25°C,mPa·s)	指定值±100				
环氧树脂体系	初始混合黏度 (25°C, mPa·s)	指定值±300				
	凝胶时间 (25°C,min)	15±5	30±10	42.5±12.5	90±30	10±5

表 2 浇铸体技术要求

项目	指标	
浇铸体	体积收缩率%	≤6.5
	拉伸强度/MPa	≥65.0
	拉伸弹性模量/MPa	≥2800
	断裂伸长率/%	≥3.0
	压缩强度/MPa	≥80.0
	弯曲模量	≥2800
	弯曲强度/MPa	≥100.0
	冲击强度 KJ/m ²	≥30.0
	玻璃化转变温度 T _g (°C)	≥70.0

5.4 指标项目的确定

检验项目的设定参照国内企业产品的性能指标、下游客户的使用要求、生产企业的验证实验数据和多批次检测数据等资源，确定了风电叶片用手糊环氧树脂的外观、环氧当量、密度、黏度，配套固化剂的外观、密度、黏度、胺值，手糊环氧树脂体系的初始混合黏度、凝胶时间，浇铸体的拉伸强度、拉伸模量、断裂伸长率、压缩强度、弯曲模量、弯曲强度、冲击强度、玻璃化转变温度，对产品质量进行系统的控制，分析方法选择现行有效的国家和行业标准方法。指标项目及参数的确定具体说明如下：

(1) 外观

外观用于对产品是否正常、是否有其它机械杂质混入进行直观和定性的考察。本产品的企业标准中均设置外观指标。本拟定标准规定风电叶片用手糊环氧树脂和配套固化剂外观均

为“均质液体，无机械杂质”。方法规定用目测法判定，对观测条件作出如下规定“取适量样品倒入试管中，在自然光线或日光灯下目视观察测定”。

(2) 环氧当量

根据下游用户的需求，同时调研生产企业的数据库，本标准规定了风电叶片用手糊环氧树脂的环氧当量设定为指定值 ± 20.00 (g/mol)。

(3) 密度

调研生产企业的数据库，本标准规定了风电叶片用手糊环氧树脂的密度为指定值 ± 0.10 (g/cm³)，配套固化剂的密度设定为指定值 ± 0.10 (g/cm³)。

(4) 黏度

根据下游用户的实际操作需求，黏度太高或太低都会影响下游用户操作；同时调研生产企业的数据库，本标准规定了风电叶片用手糊环氧树脂的黏度为指定值 ± 500 (25°C, mPa·s)，配套固化剂的黏度设定为指定值 ± 100 (25°C, mPa·s)。

(5) 胺值

本拟定标准中，手糊环氧树脂配套固化剂一般为胺类固化剂，根据调研固化剂生产企业的数据库，配套固化剂胺值设定为指定值 ± 100.00 (mgKOH/g)。

(6) 初始混合黏度

根据下游用户的需求，同时调研生产企业的数据库，本标准规定了风电叶片用手糊环氧树脂体系的初始混合黏度设定为指定值 ± 300 (25°C, mPa·s)。

(7) 凝胶时间

凝胶时间是树脂体系状态的改变的时间，一定程度上反应了树脂在使用过程中的可操作时间，根据下游用户的需求，同时调研生产企业的数据库，根据产品所配固化剂的不同，凝胶时间不同，可分为特快速型、快速型、中速型、慢速型四类，本标准规定了风电叶片用手糊环氧树脂体系在25.0°C \pm 1.0°C温度下，特快速型凝胶时间设定为15 \pm 5 min、快速型凝胶时间设定为30 \pm 10 min、中速型凝胶时间设定为42.5 \pm 12.5 min、慢速型凝胶时间设定为90 \pm 30 min。

(8) 体积收缩率、拉伸强度、拉伸模量、断裂伸长率、压缩强度、弯曲模量、弯曲强度、冲击强度

根据下游用户的需求，同时调研生产企业的数据库，本标准规定了风电叶片用手糊环氧树脂体积收缩率设定为 $\leq 6.5\%$ 、拉伸强度设定为 ≥ 65.0 MPa、拉伸模量设定为 ≥ 2800 MPa、断裂伸长率设定为 $\geq 3.0\%$ 、压缩强度 ≥ 80.0 MPa、弯曲模量设定为 ≥ 2800 MPa、弯曲强度设定为 ≥ 100.0 MPa、冲击强度 ≥ 30.0 KJ/m²。

(9) 玻璃化转变温度

玻璃化转变温度是高分子聚合物的特征温度之一，以玻璃化温度为界，高分子聚合物呈现不同的物理性质，直接影响到材料的使用性能和工艺性能，根据下游用户的需求，同时调研生产企业的数据库，本标准规定了风电叶片用手糊环氧树脂玻璃化转变温度设定为 ≥ 70.0 °C。

5.5 试验方法的确定

风电叶片用手糊环氧树脂的外观、环氧当量、密度、黏度，配套固化剂的外观、胺值、密度、黏度，手糊环氧树脂体系的初始混合黏度、凝胶时间，浇铸体的拉伸强度、拉伸模量、断裂伸长率、压缩强度、弯曲模量、弯曲强度、冲击强度、玻璃化转变温度，基本采用相关标准中的试验原理。企业反馈实验数据如下表2。

表2 企业反馈实验数据

项目	检验 1	检验 2	检验 3	
手糊环氧树脂	环氧当量/(g/mol)	176.67	176.67	180.8
	密度(g/cm ³)	1.16	1.16	1.16
	黏度(25°C,mPa·s)	3158	3158	3058
固化剂	胺值(mgKOH/g)	470.3	469.3	479.5
	密度(g/cm ³)	1.03	0.99	0.99
	黏度(25°C,mPa·s)	73	56	71
手糊环氧树脂体系	初始混合黏度(25°C, mPa·s)	900	841	924
	凝胶时间(25°C,min)	44	116	23
浇铸体	拉伸强度/MPa	81.8	77.8	85.7
	拉伸模量/MPa	3510	3140	3420
	断裂伸长率/%	5.4	7.81	6.3
	压缩强度/MPa	103.9	101.0	118.0
	弯曲模量	3620	3170	3470
	弯曲强度/MPa	135	125	136
	冲击强度 KJ/m ²	-	-	-
	玻璃化转变温度 T _g (°C)	96.8	97.9	102.6

5.5.1 环氧当量

按GB/T 4612的规定测试。

5.5.2 密度

按GB/T 15223的规定测试。测试结果以两个平行试样测定值的算术平均值表示，取至小数点后两位。

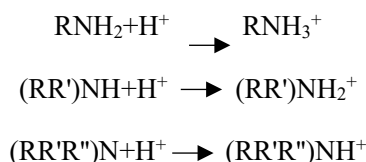
5.5.3 黏度

按GB/T 22314的规定测试，测试温度为25.0°C±0.2°C。

5.5.4 固化剂胺值检测法

5.5.4.1 原理

胺值由盐酸标准滴定溶液滴定脂肪胺测得，其反应方程式如下：



5.5.4.2 试剂

5.5.4.2.1 除非另有说明，在分析中仅适用确认为分析纯的试剂和蒸馏水或去离子水或相当纯度的水。

5.5.4.2.2 无水乙醇。

5.5.4.2.3 盐酸标准滴定溶液，0.1mol/L，按GB/T 601-2002中4.2的规定制备。

5.5.4.2.4 溴酚蓝指示剂溶液，2g/L，将0.2g溴酚蓝溶解到100ml无水乙醇中。

5.5.4.3 仪器

5.5.4.3.1 电子天平，精确到0.1mg。

5.5.4.3.2 酸式滴定管，标称容量50ml。

5.5.4.3.3 广口锥形烧瓶，标称容量250ml。

5.5.4.3.4 量筒，标称容量50ml。

5.5.4.4 分析步骤

5.5.4.4.1 称取约1g试样，精确到0.1mg。将试样加入到250ml烧瓶中，并向其中加入50ml无水乙醇，混合均匀。

5.5.4.4.2 加入5滴溴酚蓝指示剂，用盐酸标准滴定溶液滴定至黄色终点。

5.5.4.4.3 同时进行空白试验，以相同的步骤和相同的试剂进行。

5.5.4.5 结果计算

总胺值X按公式(1)计算：

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \times C \times 56.1}{m} \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中：

X——总胺值，单位为毫克氢氧化钾每克（mgKOH/g），修约到小数点后第二位；

V₁——5.5.4.4.2所消耗的盐酸的体积，单位为毫升（ml）。

V₂——5.5.4.4.3所消耗的盐酸的体积，单位为毫升（ml）。

C——盐酸标准滴定溶液的浓度，单位为克每摩尔（g/mol）。

m——试样的质量，单位为克（g）。

5.5.5 初始混合黏度

按一定比例将环氧树脂和固化剂混合均匀后，按GB/T 22314的规定立即测试，混合时间不大于3min，在2 min之内完成测试，测试温度为 $25.0^{\circ}\text{C}\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。

5.5.6 凝胶时间

风电叶片用手糊环氧树脂体系的凝胶时间按GB/T 12007.7的规定测试，测试温度为 $25.0^{\circ}\text{C}\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 。

5.5.7 体积收缩率

浇铸体的体积收缩率按GB/T 24148.9的规定测试。

5.5.8 拉伸强度、拉伸模量、断裂伸长率、压缩强度、弯曲模量、弯曲强度、冲击强度

浇铸体的拉伸强度、拉伸模量、断裂伸长率、压缩强度、弯曲模量、弯曲强度、冲击强度按GB/T 2567的规定进行。

5.5.9 玻璃化转变温度

按GB/T 19466.2的规定测试，取第一次扫描测得的 T_{mg} 值。

6 知识产权说明

无知识产权问题。

7 与现有法律法规的协调性

本标准符合现行相关法律、法规、规章及相关标准。

8 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准制定过程中无重大分歧意见，对于标准内容的制定部分，起草单位和其他相关单位均通过函电、会议等方式达成一致意见。

9 标准性质的建议说明

本标准在各项指标项目设置方面适应了目前国内已有生产企业的产品质量要求，保证了产品的使用安全，分析方法准确、适用，总体水平达到国内先进水平。根据我国对标准属性的划分原则，本标准为产品标准，标准的层次为推荐性团体标准。

10 实施标准的经济、社会效益以及实施标准的要求、措施

本标准的发布，将体现团体标准的创新性、先进性，并很好地切合了风电叶片用手糊环氧树脂生产企业的实际需要，有助于企业降低生产成本、提高企业利润率。同时将引领促进我国在风电叶片用手糊环氧树脂生产的创新和发展，提高我国技术水平和国际竞争力。本标准实施后将取得较为显著的经济效益和社会效益。