

废风电叶片回收与再生利用污染控制技术规范

(征求意见稿)

编制说明

二零二四年六月

目录

1 目的意义.....	1
1.1 目的.....	1
1.2 意义.....	2
2 任务来源.....	5
3 编制过程.....	6
4 调研情况.....	8
4.1 产生与再生利用.....	8
4.1.1 产生概况.....	8
4.1.2 再生利用概况.....	10
4.1.3 再生利用企业.....	10
4.2 再生利用工艺概述.....	11
4.2.1 机械法.....	11
4.2.2 热解法.....	13
4.2.3 化学法.....	14
5 主要内容及技术指标确定的依据.....	16
5.1 范围.....	16
5.2 规范性引用文件.....	16
5.3 术语和定义.....	16
5.4 总体要求.....	17
5.5 收集、预处理、运输、贮存.....	18
5.6 工艺过程.....	20
5.7 环境保护.....	23
5.8 再生利用产物.....	26
5.9 运行管理要求.....	27
6 重大分歧意见的处理过程和依据.....	30

7 与相关法律法规和标准的关系	31
8 推广实施建议.....	32

1 目的意义

1.1 目的

近年来，我国多部门印发了相关政策指导文件，多次强调将推进风机叶片等新型固体废物的回收利用。

2021年7月，国内19家机构和企业发起成立风电叶片绿色回收与应用联合体，将推动叶片及玻璃钢制品退役回收相关工作环节评价标准的制定；2021年9月，国家发展改革委关于向社会公开征集《中华人民共和国循环经济促进法》修订意见和建议，提及需进一步重点规范风机叶片回收体系建设；2021年3月，国家发展改革委印发《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》，提出，“针对退役光伏组件、风电机组叶片等新兴产业固废，探索规范回收以及可循环、高值化的再生利用途径”。2021年12月，国家能源局发布《风电场改造升级和退役管理办法（征求意见稿）》，要求开发企业依法做好风电机组叶片、发电机、主轴承、齿轮箱、塔架，升压站电气设备和场内电缆等风电场改造升级和退役项目废旧物资的循环利用工作。鼓励并网运行超过15年的风电场开展改造升级和退役，并明确了改造升级项目补贴方案。2022年1月，工信部、国家发改委等八部门联合印发《关于加快推动工业资源综合利用的实施方案》，明确提出推动废旧光伏组件、风电叶片等新兴固废综合利用技术研发及产业化应用，这是废旧光伏组件、风电叶片、动力电池等新能源产业固废回收再利用首次被纳入国家顶层设计文件，侧面反映了发展回收产业的紧迫。2022年5月，中国物资再生协会批准《退役风力发电设备拆除处置环境管理指南》立项，并于2023年1月发布征求意见稿。2024年2月，国务院印发《国务院办公厅关于加快构建废弃物循环利用体系的意见》，提出，“探索新型废弃物循环利用路径。促进退役风电、光伏设备循环利用，建立健全风电和光伏发电企业退役设备处理责任机制”。

我国现行政策法规主要是从整体上对叶片退役后的处置作出原则性规

定，在实践中缺乏可操作性。因此本课题通过明确风电叶片回收、再生利用过程中的工艺技术、污染防治、日常监管等方面的规范和要求来弥补全国在废风电叶片的回收与再生利用污染防治技术控制规范方面的空白，进一步提升省内固体废物综合利用与处置行业环境管理水平。

1.2 意义

我国风电行业经过三十余年的迅猛发展，目前已成为全球最大的风力发电设备生产国和全球最大的风力发电应用国。根据国家能源局最新数据，截至 2022 年 6 月底，全国风电累计装机 3.42 亿千瓦，其中陆上风电累计装机 3.16 亿千瓦、海上风电累计装机 2666 万千瓦。“双碳”目标下，我国风电市场获得了史无前例的巨大发展，与之相呼应的，包含风电运维、技改升级、以大代小的风电后市场服务也将迎来新一轮增长。风力发电机组设计寿命通常为 20 年，实际情况是国内生产的叶片多在 15 年后开始退役报废。按装机量测算，到 2025 年，退役的风电叶片将达 8112 吨；2025 年之后，退役叶片总量更是将迅猛增长，2028 年总量将达 412784 吨，2029 年更是高达约 715664 吨。

自 2003 年江苏如东 10 万千瓦作为国家特许权示范项目以来，江苏风电装机规模不断增加。《江苏省“十四五”可再生能源发展专项规划》要求：到 2025 年，全省风电装机要达到 2800 万千瓦以上。“十四五”时期，我省早期安装的风电机组将迎来集中退役，同时按照国家能源局的规定，超过 5000MW 机组将面临淘汰，我省大约将产生废风电叶片 7 万吨，还有 13 家风电叶片制造企业产生的废料，预计每年产生废料 7-8 万吨，废风电叶片的批量化利用处置问题日益突出。若这部分固体废物得不到及时、恰当的处理，将给我省风电产业的长远健康发展带来不利影响。

风电叶片的主要材质是玻璃纤维/碳纤维树脂复合材料，其具有耐腐蚀、质量轻、强度高等优点。复合材料中的树脂一般选用热固性树脂（聚酯树脂、乙烯基树脂以及环氧树脂），热固性树脂中存在网状高分子交联

链结构，不能被再熔化或重塑，导致其难以再循环利用。传统的处置手段是露天堆放、填埋、焚烧。然而，这些简单的处理方法给环境带来巨大压力，同时限制了风电叶片的合理再利用，造成了巨大的资源浪费。

国家高度重视新兴固体废物综合利用行业健康发展，《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》提出针对退役风电机组叶片等新兴产业固废，探索规范回收以及可循环、高值化的再生利用途径；《加快推动工业资源综合利用实施方案》要求探索新兴固废综合利用路径。推动废旧光伏组件、风电叶片等新兴固废综合利用技术研发及产业化应用，加大综合利用成套技术设备研发推广力度，探索新兴固废综合利用技术路线。《工业领域碳达峰实施方案》再次提到加强再生资源循环利用，研究退役光伏组件、废弃风电叶片等资源化利用的技术路线和实施路径。

目前初步形成的再生利用技术方法主要有物理再生法和化学再生法等，由于市场规模小、运行成本高，影响到企业的投资积极性，导致此类技术尚未实现产业化。除此之外，现行政策法规主要是从整体上对叶片退役后的处置作出原则性规定，在实践中缺乏可操作性。特别是缺少相关制度、标准规范对废风电叶片回收、再生利用过程中的工艺技术、污染防治、日常监管等方面的规范和要求，导致现有的多数项目技术工艺落后、污染防治措施不到位，行业内存在劣币驱逐良币的逆淘汰现象。

废风电叶片的回收与再生利用，不仅能解决废风电叶片环境污染的现实问题，而且具有资源再利用的经济效应，既满足环保需求，又符合资源节约的战略总方向，是推动我省“无废城市”建设和实现碳减排、碳达峰的重要抓手。

鉴于国家、其他省份均未就废风电叶片的回收与再生利用过程制定相关的污染防治技术规范，我省制定废风电叶片的回收与再生利用污染防治技术控制规范为全国首创。标准的制定不仅可以更好的贯彻《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》《加快推动工业资源综合利用实施方案》《工业领域碳达峰实施方案》等文件要求，以标准支撑我国环保

法律法规的落实；而且有利于提高我省废风电叶片回收与再生利用生产工艺及污染防治水平，减少废风电叶片从产生到最终处置全生命周期过程中的二次污染，将对规范废风电叶片再生利用行业起到积极作用，实现经济、环境和社会效益的最大化。总体而言，本课题研究具有以下重要意义：

（1）废风电叶片属于一般工业固体废物，通过梳理我国现行有关一般工业固体废物的环保法律法规和国家标准规范，同时结合江苏省已出台的管理政策文件要求，提出适用于废风电叶片回收与再生利用的全过程污染控制技术规范，实施后能够推动行业绿色环保发展。

（2）国家、其他省份均未就废风电叶片的回收与再生利用过程制定相关的污染防治技术规范，我省制定废风电叶片的回收与再生利用污染防治技术控制规范将填补此领域空白，避免不规范利用处置带来的土地占用和环境风险。

（3）有效应对区域环境污染，促进环境质量改善的要求。梳理废风电叶片回收与再生利用污染控制要求、综合利用产物控制技术要求，能够为江苏省控制区域性大气、水环境污染提供有效的依据和手段，有利于环境质量的改善，保障公众健康和环境安全，推进我省生态文明建设。

2 任务来源

为贯彻落实《国家标准化发展纲要》，深入实施标准化战略，进一步健全江苏省高质量发展标准体系，江苏省市场监管局组织开展了 2023 年度省地方标准申报立项工作。根据《地方标准管理办法》和《江苏省标准监督管理办法》要求，经项目征集、材料初审、征求意见、论证评估和公示，江苏省市场监督管理局与 2023 年 8 月印发《省市场监管局关于下达 2023 年度江苏省地方标准项目计划的通知》（苏市监标〔2023〕173 号），下达了 327 项地方标准制定项目、16 项修订项目计划。《废风电叶片回收与再生利用污染控制技术规范》列为地方标准项目地 52 条，对口行政主管部门（标准化技术委员会）为江苏省生态环境厅，起草单位为江苏省固体废物监督管理中心。

附件

2023 年拟立项江苏省地方标准项目名单

一、地方标准制定项目

序号	标准项目名称	起草单位	对口行政主管部门（标准化技术委员会）
52	废风电叶片回收与再生利用污染控制技术规范	江苏省固体废物监督管理中心、南京大学环境规划设计研究院集团股份有限公司、江苏中信世纪新材料有限公司	江苏省生态环境厅

苏市监标〔2023〕173 号附件 2023 年度拟立项江苏省地方标准项目名单

3 编制过程

本文件编制过程按照《国家生态环境标准制修订工作规则》（国环法规〔2020〕4号）、《江苏省生态环境厅标准制修订工作管理办法》（苏环办〔2019〕242号）、《省市场监管局关于印发江苏省地方标准管理规定的通知》（苏市监规〔2023〕7号）等相关要求开展。

（1）成立编制组

2023年初，江苏省固体废物监督管理中心牵头成立了编制组，开展《废风电叶片回收与再生利用污染控制技术规范》的课题研究工作。

（2）国内外资料调研及梳理

2023年1月至2月，编制组通过资料搜集、文献调研等方式，积极获取国内外废风电叶片再生利用的技术、管理制度及政策等材料，经过梳理总结编制《废风电叶片回收与再生利用污染控制技术规范》标准草案及立项报告。

（3）申报立项

根据调研结果，编制组以《废风电叶片回收与再生利用污染控制技术规范》进行了立项申报；2023年8月，省市场监管局下达了2023年度江苏省地方标准项目计划。《废风电叶片回收与再生利用污染控制技术规范》列入其中。

（4）标准草案、开题

2023年12月，江苏省生态环境厅组织召开开题技术审查会，对标准开题报告及草案进行审查，专家建议进一步完善标准条款。

（5）典型企业补充调研

2024年3月至4月，编制组赴南通、盐城等地开展实地调研，重点关注企业收集、贮存管理、再生利用工艺、产品去向、污染控制等情况。

（6）征求意见稿编制

2024年5月至6月，编制组根据调研情况进一步完善《废风电叶片回

收与再生利用污染控制技术规范》(征求意见稿)。

(7) 征求意见稿技术审查

2024年6月18日,江苏省生态环境厅组织召开征求意见稿技术审查会,对标准及编制说明进行审查。技术审查会审查结论为通过,专家建议按照GB/T 1.1-2020进一步规范标准,并按照苏市监规〔2023〕7号文进一步完善编制说明。

4 调研情况

4.1 产生与再生利用

4.1.1 产生概况

1、退役风电叶片产生概况

结合国家能源局、国家能源局江苏监管办公室以及省工信厅各年度公布的电力建设情况，2010年、2015年江苏省风电累计并网容量分别为146.775万千瓦、412万千瓦；根据《江苏省“十四五”可再生能源发展专项规划》，2020年江苏省风电累计并网容量为1547万千瓦。

表 4.1-1 江苏省主要风电运营商信息统计表

序号	运营商	装机容量（万千瓦）
1	龙源	133.85
2	国华	93.47
3	国电投	103.57
4	华电	52.04
5	华能	54.09
6	大唐	14.75
7	中广核	44.45
8	国信	98.67
9	其他开发商	508.11
合计		1103

根据江苏省能源局的风电项目上大压小的政策，2023年江苏省首个上大压小的项目是盐城东台市国华项目开始实施，装机容量20万千瓦，134台1.5MW机组，退役叶片402支，共计产生3000吨退役废弃物。

截止2024年4月，江苏省目前计划有4个上大压小项目，分别是东台国华项目20万千瓦，南通启东龙源项目10万千瓦，南通如东龙源项目40万千瓦，盐城大丰中电国际项目20万千瓦，盐城响水三峡项目20万千瓦，共计110万千瓦，这批项目将在2023-2025年陆续实施完成，共计产生1.57万吨退役叶片废弃物。

按照风电叶片涉及寿命20年进行估算：2030年、2035年、2040年江

苏省弃风电量预计分别为 147 万千瓦、265 万千瓦、1135 万千瓦。1.5MW 每个风电叶片重量 6-8 吨，取中间值 7 吨计算并对最终结果进行取整，2030 年（2010 年投入使用）、2035 年（2015 年投入使用）、2040 年（2020 年投入使用）江苏省退役风电叶片重量将达到 2 万吨、4 万吨、16 万吨。

2、风电叶片边角料产生概况

目前，全省主要共有 12 家生产风电叶片的企业，具体见下表。

表 4.1-2 江苏省主要风电叶片生产企业信息统计表

序号	企业名称	地理位置	生产能力（套）
1	江苏双瑞风电叶片有限公司	盐城市大丰区经济开发区	340
2	连云港双菱风电设备科技有限公司	连云港市连云经济开发区	320
3	中复连众风电科技有限公司	连云港经济技术开发区	92（276 支）
4	江苏九鼎风电复合材料有限公司	南通市如东县小洋口	1000
5	重通成飞风电设备江苏有限公司	如东经济开发区	6000
6	远景能源（扬州）有限公司	扬州经济技术开发区	1200 支
7	迪皮埃风电叶片(扬州)有限公司	扬州经济技术开发区	1200 支
8	中材科技（阜宁）风电叶片有限公司	盐城市阜宁经济开发区	800
9	苏州天顺风电叶片技术有限公司	常熟梅李镇通港工业园	1000
10	美泽风电设备制造(江苏)有限公司	通州湾江海联动开发区	300
11	射阳中车风电叶片工程有限公司	射阳县射阳港经济开发区	300
12	南通艾郎风电科技发展有限公司	南通市海门港新区	2000

南通艾郎风电科技发展有限公司 2023 年实际年产量以 1000 套计算，2023 年废风电叶片边角料产生量约 5000 吨。以艾郎产废量为基准进行计算，目前江苏省内风电叶片制造企业产能约 13000 套/年，则江苏省风电叶片生产企业产生的废风电叶片边角料预估量为 6.5 万吨，后续持续增加，到 2030 年产能基本保持稳定。

综上，预计 2025 年江苏省废风电叶片产生量将达到 8.5 万吨。

表 4.1-3 江苏省废风电叶片产生统计表 单位：万吨

序号	年份	退役风电叶片产生量	风电叶片边角料等产生量	总产生量
1	2023 年	0.3	6.5	6.8
2	2025 年	1.5	7	8.5
3	2030 年	2	7.5	9.5
4	2035 年	4	7.5	11.5
5	2040 年	16	7.5	23.5

4.1.2 再生利用概况

截止目前，我省仅国华（东台）风电有限公司于 2022 年 9 月开始对原有的 134 台 1.5MW 老旧机组进行拆除重建大机组，产生退役废风电叶片 200 多只（约 3000 吨），由丰诺（江苏）环保科技有限公司进行再生利用。其他运营单位暂无产生废风电叶片。

风电叶片生产企业产生的废风电叶片边角料等一般由第三方收集企业收集后委托综合利用，或直接委托给废风电叶片再生利用企业，如南通艾郎风电科技发展有限公司产生的 5000 吨废风电叶片边角料均由江苏德之道环保科技有限公司再生利用。

4.1.3 再生利用企业

据调研，江苏省现有 6 家废风电叶片回收利用企业，总设计能力为 23.5 万吨/年，根据目前废风电叶片的产生情况，全省总处理能力过剩。具体信息见表 4.1-4 所示。

表 4.1-4 主要风电叶片再生利用企业信息统计表

序号	单位名称	项目名称	建设地点	工艺流程	再生利用产品	设计能力 (万吨/年)
1	连云港蓝雨资源循环利用有限公司	报废风电叶片及边角料循环利用项目	连云港灌云县四队镇工业集中区	报废叶片 ：分拣-切割-拼装 废边角料 ：分拣-破碎-热熔-液压-冷却	托盘、井盖、托板、拼装板房	9（报废叶片7，废边角料2）
2	江苏德之道环保科技有限公司	玻璃钢边料循环利用加工项目	如皋市白蒲镇	破碎-撕碎-粉碎-投料 搅拌-模压	托盘	5
3	丰诺（江苏）环保科技有限公司	热固性复合材料回收和综合利用项目（一期）	盐城市大丰区经济开发区	废叶片 经切割、组装形成托盘；剩余材料经切割-粉碎-模压形成板材。	循环包装箱、托盘	0.5
4	盐城广明环保建材有限公司	年产10000万块水泥砖、20万立方米水泥预制构件项目	盐城市纺织染整产业园	废边角料 ：破碎、粉碎、筛分、配料、搅拌、压制成型	水泥砖、水泥预制件	6
5	兆源环境工程滨海有限公司	废风电叶片回收利用项目	盐城市滨海县八滩镇民营创业园	切割-破碎-水洗-包装	木材（巴沙木）	2

序号	单位名称	项目名称	建设地点	工艺流程	再生利用产品	设计能力 (万吨/年)
6	志福环保产业(江苏)有限公司	碳纤维复合材料资源化项目	扬州市邗江区杨庙环保产业园	退役风电叶片:切割、破碎、粉碎、气流分选、模压	玻璃钢制品	1
合计						23.5

按地区划分,再生利用企业主要集中在连云港、盐城和南通等沿海地区,其中连云港9万吨,占比38.2%,南通5万吨,占比21.3%,盐城8.5万吨,占比36.2%。

按工艺划分,6家再生利用企业中,全部采用机械法,总规模23.5万吨/年。

表 4.1-5 江苏省废风电叶片再生利用企业工艺汇总(按工艺)

序号	处置工艺类别	数量	处置规模(吨/年)	规模占比(%)
1	机械法	6	23.5	100
2	热解法	0	0	0
3	化学法	0	0	0
合计			23.5	100

4.2 再生利用工艺概述

废风电叶片再生利用工艺主要包括机械法、热解法以及化学法。

4.2.1 机械法

机械法是将废弃物粉碎后作为原材料二次使用的方法。该方法简单且经济可行,是我省废风电叶片再生利用最普遍的方法。机械法回收风电叶片的首要程序是将复合材料进行碎化处理。根据应用场合,碎化的叶片材料大小不尽相同。

(1) **机械粉碎法**: 将废风电叶片切碎或研磨成不同尺寸的块状颗粒、短纤维和其他材料,可用作新复合材料中的填料或增强材料。如江苏德之道环保科技有限公司,将废风电叶片破碎后与其他物料整体放入产品模具中,模压成托盘等多种产品。

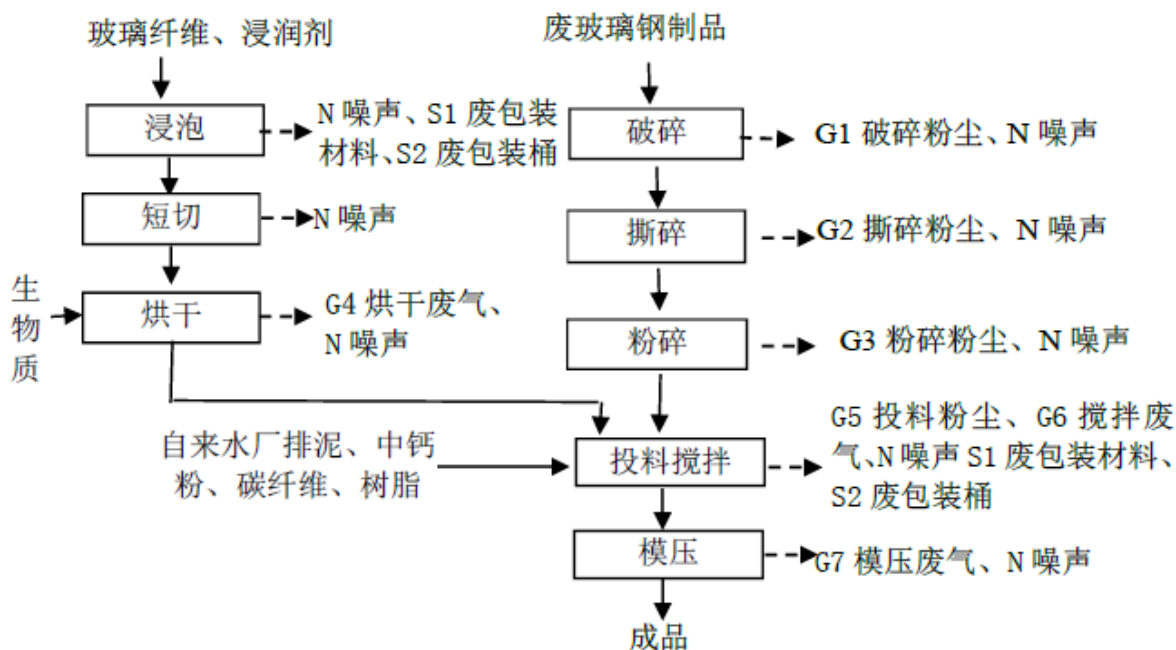


图 4.2-1 德之道机械粉碎法工艺流程图

(2) 切割加工再利用法：回收利用废风电叶片的金属部件，其余部分制成成为具有相同或不同功能用途的新产品或新材料。例如重复使用叶片用于托盘、游乐场或街道长椅、自行车停放处、包装箱、花坛围栏、建筑再利用等。如丰诺（江苏）环保科技有限公司，将废风电叶片切割后变成板材，经精细加工后变成包装材料重复利用，其他剩余物经多级破碎后制成板材产品。

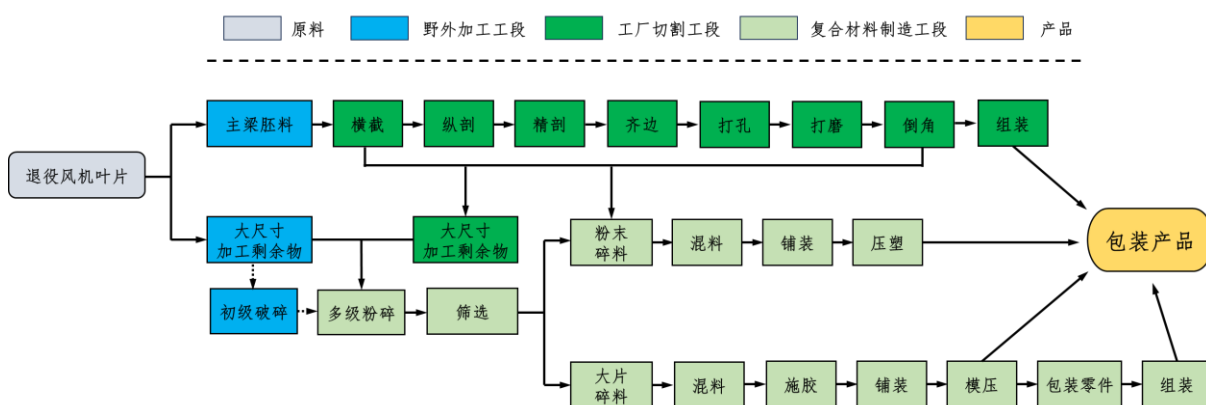


图 4.2-2 丰诺环保切割加工再利用法工艺流程图

4.2.2 热解法

热解法是将嵌入的纤维通过热处理从交联的聚合物基体中释放出来，从而将复合材料分解为基体和增强成分，并将其转化为有用产品，如用于新型复合材料的基本化学产品和聚合物。主要方法是热解法、流化床法和微波热解法。这些技术的操作温度条件介于 450~700℃，能够从复合材料中回收玻璃纤维和碳纤维，目前已有部分工业应用。

(1) 热解法：热解法近年来已发展到工业水平。废弃风电叶片热解回收工艺如图 4.2-3 所示。一般而言，热解过程是在惰性气氛中（通常在大气压下），在受控温度下聚合物基质的分解。通过这种方式，可以将基质分解成固体（纤维和填料）、油（例如苯、甲苯、乙苯和苯酚）、气体（例如 H_2 、 CH_4 、 CO 和 CO_2 ）和聚芳烃炭的混合物；而纤维仍保持惰性，随后可以将其回收。同时，热解所产生的高热值液体和气体可以被收集并用作不同制造步骤的燃料或二次资源。为消除聚合物热解后纤维表面形成的热解炭层，还需要对热解后的产物进行氧化。回收纤维机械性能的优劣在很大程度上取决于关键工艺参数，如热解和氧化温度、停留时间及反应气氛。通过优化工艺参数，可以实现机械性能损失最小化。

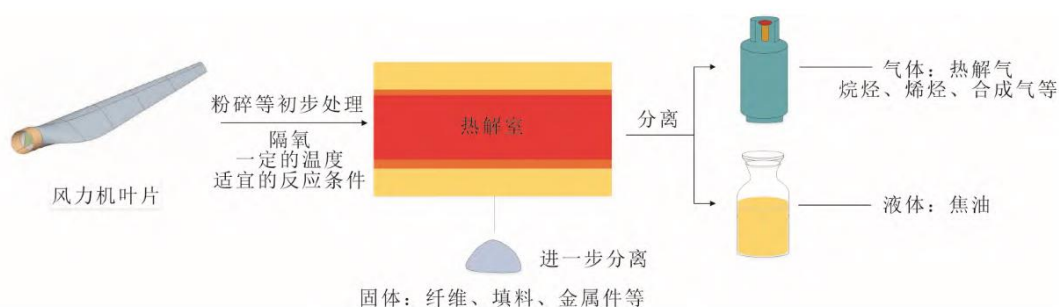


图 4.2-3 热解法典型工艺流程图

(2) 流化床法：流化床热处理是在硅砂存在情况下，使用热空气流将聚合物基体与嵌入的纤维分离的技术。该方法将废料或废弃材料复合物的尺寸减小到 25mm，并首先将其送入流化床或硅砂床中；在 450~550℃ 的温度下，以 0.4~1.0m/s 的速度，用空气或氮气的热气流进行流化；复合材料中的聚合物基质挥发，从而释放出纤维和填料，并将其作为悬浮在气

流中的单个颗粒带出流化床。纤维和填料最终通过旋风分离器从气流中分离出来，然后进入在高温（即 1000°C ）下工作的二次燃烧室，在该燃烧室中聚合物被完全氧化并回收热量。采用流化床方法可以回收清洁的纤维，但难以获得连续纤维，再生纤维的机械性能相对较低。

（3）微波热解法：微波热解法是指通过微波辐射分解复合材料中的树脂基质。树脂通过吸收来自碳纤维的微波能量进行内部加热，可以更快地分解树脂。与其他热分解技术相比，该方法所需设备更少，时间更短。作为一种新兴技术，微波热解具有清洁环保的优点，是一种易于控制、高效的碳纤维回收技术。到目前为止，这种回收技术只对碳纤维经济可行。然而，由于叶片中碳纤维增强复合材料的用量还很少，目前尚未大规模实施。

4.2.3 化学法

化学法是指聚合物通过化学反应转化为可溶性低分子量产物的过程。主要有溶剂分解法和超/亚临界流体法 2 种。通过化学法回收可以获得干净的纤维而不会显著降低其机械性能。但是化学法的回收过程成本高昂，要求特定类型反应器和设施既能够在高温和高压下运行，也能在腐蚀性介质中运行，而且大部分溶剂都很昂贵，废液的化学成分非常复杂，其处理也是一个很大的挑战；另外，化学法反应时间长，流程复杂，很难工业化应用。因此，化学法的整体工业准备度低于热解法和机械法，目前还处于实验阶段。

（1）超临界流体法：指流体的温度和压力超过其固有临界温度和临界压力的特殊状态。超临界流体的优异溶解性和传质特性可用于分解或降解聚合物废物，并获得气体、液体和固体产物。超临界流体法主要使用水或醇作为分解介质。该方法是一种新型的回收方法，具有回收工艺清洁无污染，再生纤维表面清洁、性能优良等优点。但超临界条件要求更加严格，大多数超临界流体要求高温高压，对反应设备要求高、成本高、安全系数低。综上所述，超临界流体技术回收热固性树脂复合材料仍处于实验

室阶段。

(2) 溶剂溶解法：指采用溶剂（水、醇和/或酸）在特定温度和压力下破坏树脂大分子键，从而达到分离和回收树脂玻璃纤维的目的。回收的纤维性能较好，表面比较干净。该方法易于放大，但投资和运行成本很高，并且技术成熟度相对较低。

5 主要内容及技术指标确定的依据

5.1 范围

本文件规定了废风电叶片的收集、运输、预处理、贮存、再生利用和产物污染控制技术要求以及再生利用企业运行管理要求。

本文件适用于废风电叶片回收与再生利用项目选址、工程设计及建设、运行管理以及与废风电叶片回收与再生利用有关的建设项目环境影响评价、环境保护设施设计、竣工环境保护验收、排污许可管理、清洁生产审核等，产废企业（含风电生产、运营企业）自建含废风电叶片回收与再生利用设施参照执行。

5.2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

5.3 术语和定义

本部分给出了 6 个术语和定义。其中，再生利用参照《废弃产品回收利用术语》（GB/T20861-2007）相关术语给出定义；结合实际对废风电叶片、再生利用、机械法、热解法、化学法、再生利用产物进行了定义。

3.1 废风电叶片 waste wind turbine blade

包括退役的风电机组叶片,以及在生产、运输、销售、使用过程中产生的不合格品、报废品及废边角料等。

条文说明:

本文件所指的废风电叶片不仅包括退役的风电机组叶片，还包括在生产、运输、销售、使用过程中产生的不合格品、报废品及废边角料等。

3.2 再生利用 recycling

通过机械、热解、化学等，使之能够作为原材料重新利用的过程，但

不包括对能量的回收和利用。

条文说明:

源自《废弃产品回收利用术语》(GB/T20861-2007), 2.10, 有修改。

3.3 机械法 mechanical process

通过切割、粉碎等物理方式将废风电叶片加工成大小不等的板状、块状、条状或颗粒状等原材料的过程。

条文说明:

源自文献材料中的“机械回收法”, 有修改。

3.4 热解法 thermal process

将废风电叶片中的复合材料(主要为树脂基体)在无氧或缺氧环境中热处理为液态、气态及固态产物的过程。

条文说明:

源自文献材料中的“热回收法”, 有修改。

3.5 化学法 chemical process

利用酸、碱、有机溶剂、催化剂等化学试剂的溶解作用或催化作用, 破坏废风电叶片的结构, 使部件、材料之间相互解离的过程。

条文说明:

源自文献材料中的“化学回收法”, 有修改。

3.6 再生利用产物 recycled product

废风电叶片(3.1)经过再生利用(3.2)产生的具有利用价值的目标产物。

条文说明:

源自《废弃产品回收利用术语》(GB/T 20861-2007) 2.10 条, “再生利用, 对废弃产品进行处理, 使之能够作为原材料重新利用的过程, 但不包括对能量的回收和利用”, 有修改。

5.4 总体要求

4.1 应加强风电叶片易拆解、易回收利用的绿色设计，以便于重复使用和再生利用。

条文说明：

从风电叶片设计前端提出要求，使得后续风电叶片可以重复利用或者减轻回收与再生利用的难度。参照《废塑料污染控制技术规范》（HJ 364-2022）“4.1 应加强塑料制品的绿色设计，以便于重复使用和利用处置”，提出此条文。

4.2 废风电叶片再生利用项目选址应符合生态环境保护法律法规、规划和“三线一单”生态环境分区管控的要求，并进入工业园区或工业集中区。

条文说明：

本条规定了设施选址时应考虑的主要影响因素：法律法规、规划、“三线一单”等。此外，依据《农用地土壤环境管理办法（试行）》“从事固体废物和化学品储存、运输、处置的企业，应当采取措施防止固体废物和化学品的泄露、渗漏、遗撒、扬散污染农用地。”依托工业园区或工业集中区完善的配套和政策支持，能够更好的推动相关产业发展，优化工业生态链，提出此条文。

4.3 收集、运输、贮存、再生利用过程除应满足生态环境保护相关要求外，还应符合国家安全生产、职业健康、交通运输、消防等法规、标准的相关要求。

条文说明：

废风电叶片作为新兴固废，其收集、运输、贮存、再生利用过程应满足环境保护相关要求，确保环境风险可控。

5.5 收集、预处理、运输、贮存

5.1 收集、预处理

5.1.1 废风电叶片应单独收集，不应混入生活垃圾、建筑垃圾等固体

废物收集设施中。

条文说明:

废风电叶片可回收与再生利用，不应与生活垃圾、建筑垃圾等固体废物放在同一固体废物收集设施中。

5.1.2 拆卸后的废风电叶片应根据叶片结构、材料构成和再生利用方式等进行现场切割，不同切割段应分类收集，宜包装后整齐码放。

条文说明:

为便于运输，通常会采取现场切割后再进行运输的方式，此条针对废风电叶片的现场切割、收集、堆放提出要求。

5.1.3 现场切割应避让优先保护类耕地集中区域，采用高效节能工艺技术及设备，做好地面硬化，设置粉尘围挡、粉尘收集、雨水导排等设施。宜对初期雨水进行收集、经沉淀处理后循环使用或接管至城市污水管网，切割屑宜进行综合利用。

条文说明:

此条为针对废风电叶片收集后运输前，涉及现场切割工艺提出的要求现场切割场所应避让优先保护类耕地集中区域。现场收集贮存多为露天堆放，切割过程会产生大量的粉尘，因此要配集尘设备，做好场地地面硬化，设置粉尘围挡，对粉尘和初期雨水进行收集，且要求达标排放，以此来减少粉尘和初期雨水对周边环境及土壤地下水的影响。对切削屑提出综合利用的建议，减少固体废物产生的同时提高废风电叶片的综合利用率。

5.2 运输、贮存

5.2.1 运输过程应小心轻放，采取覆盖和固定措施，不得对废风电叶片采取任何形式的二次拆解、处理。

条文说明:

此条为针对废风电叶片运输、贮存过程的安全和防护措施提出的要求。

5.2.2 废风电叶片及其部件、切割段应根据种类分开贮存，贮存场地

应设置固定的区域边界，并在显要位置设置标识。

条文说明：

废风电叶片及其部件、切割段等应按不同种类和特性分类存放，并在显要位置设置标识。

5.2.3 应建立巡检制度，贮存过程中若出现异常现象应立即采取应急处置措施妥善处理。

条文说明：

同时因废风电叶片体积较大，贮存过程中存在一定的安全隐患，贮存时应合理布局，定期巡查，确保稳定，避免发生坍塌、滑落等安全意外。如若出现异常现象应立即采取应急处置措施妥善处理。

5.6 工艺过程

6.1 一般要求

6.1.1 优先采用成熟可靠、具有良好的经济适用性、具备显著的节能降碳和环境保护、资源高效利用效果的再生利用技术。

条文说明：

此条为废风电叶片回收与再生利用方法的总体要求，参照《国家发展改革委办公厅等 8 部门关于组织推荐绿色技术的通知》（发改办环资〔2024〕528 号），“推荐技术应具备显著的节能降碳和环境保护、资源高效利用效果，能够有效提升相关行业的绿色化水平，在行业内具有先进性、引领性和示范性，具有良好的推广价值和应用前景。推荐技术应成熟可靠，具有良好的经济适用性，在国内已有至少 2 个应用实例并已应用 1 年以上。”，提出此条文。

6.1.2 应按照设计规模、工艺类型配置再生利用生产线，宜采用自动控制系统。

条文说明：

此条文目的在于提高企业生产水平，减少人工作业。

6.2 机械法

6.2.1 宜采用多级切割、撕碎、碾磨粉碎，振动分选及旋风分离等装置，实现高效切割、破碎和分离，通过控制切割、对撞力度、频率等，输出满足再利用的不同产物。

条文说明：

参照《国家工业资源综合利用先进适用工艺技术设备目录（2021年版）》“（三）废旧风电叶片拆解处理技术采用绳锯切割机将废旧风电叶片切割成1米大小的矩形块，经过多级撕碎、振动分选及旋风分离，实现高效破碎和分离，通过控制对撞力度、频率等，将直径小于1cm的材料磨制成200~2000目数的粉剂，混合物经过筛分、浮选，输出满足再利用的不同产物。”，提出此条文。

6.2.2 宜采用干法破碎，破碎后收集的粉尘及碎屑宜进行综合利用。

条文说明：

参照《固体废物再生利用污染防治技术导则》（HJ1091-2020）“5.4.4，废塑料、废橡胶等固体废物的破碎宜采用干法破碎”，提出此条文。

6.2.3 针对工艺过程中的颗粒物、非甲烷总烃等，应合理确定除尘设备的集气罩风速、风量、风压、尺寸等各项参数，配套废气处理设施，保证车间整体环境整洁。

条文说明：

参照《固体废物再生利用污染防治技术导则》（HJ1091-2020）“5.1.4产生粉尘和有毒有害气体的作业区应采取除尘和有毒有害气体收集措施。扬尘点应设置吸尘罩和收尘设备，有毒有害气体逸散区应设置吸附(吸收)转化装置，保证作业区粉尘、有害气体浓度满足GBZ2.1的要求。”，提出此条文。

6.3 热解法

6.3.1 热解前应对废风电叶片进行破碎、分选等预处理，提高废物的

热解效率，减少热解废气的产生。

条文说明：

参照《固体废物再生利用污染防治技术导则》（HJ1091-2020）“5.8.3 固体废物氧化/还原前应对其进行必要的预处理，以保证固体废物粒度的均匀性，提高固体废物在氧化/还原处置过程中的转化效率。”，提出此条文。

6.3.2 热解设备应配备温度自动控制装置，应具备良好的密封性，应防止热解过程中的气体外泄，热解设备和烟气管道应采取绝热措施。

条文说明：

参照《固体废物再生利用污染防治技术导则》（HJ1091-2020）“5.11.4 热解设备应配备温度自动控制装置，应具备良好的密封性，操作过程应防止裂解气体外泄，热解设备和烟气管道应采取绝热措施。”，提出此条文。

6.3.3 热解过程中的气体应优先循环利用作为热解的燃料，不能回收利用的应焚烧处理后排放。

条文说明：

参照《固体废物再生利用污染防治技术导则》（HJ1091-2020）“5.11.7 固体废物热解产生的气体应优先循环利用作为热解的燃料，不能回收利用的应焚烧处理后排放。”，提出此条文。

6.4 化学法

6.4.1 应根据废风电叶片材质类别、特性等确定使用的化学药剂等，宜选用水、醇类等高效、环保的化学药剂，在密闭环境中进行，加强药剂的回收及重复利用，减少消耗和挥发。

条文说明：

化学法中不同的复合材料需要特定的溶剂，大部分溶剂昂贵且存在较大的化学毒性，而且会导致最终废液的化学成分复杂，其处理也是一个很大的挑战，因此在满足需要的前提下，优先选用高效、环保的溶剂，加强

其回收及重复利用，减少废气和最终废液的产生量，节约处置成本。

6.4.2 应根据化学药剂性质和反应条件采用防腐蚀、耐高温高压、抗氧化性材料，宜在温和条件下实现树脂、纤维和芯材的分离与回收。

条文说明：

化学法反应过程部分需要在高温和高压下，且涉及到腐蚀性介质，因此需要采用防腐蚀、耐高温高压、抗氧化性材料，保证反应过程的安全性。

6.4.3 应使用连续生产设备（包含连续进料系统、连续再生系统和连续出料系统），根据工艺控制要求安装液位、温度、pH 值、氧化还原电位、反应时间等工艺参数在线监控设备。

条文说明：

要求使用连续生产设备，安装液位、温度、pH 值、氧化还原电位、反应时间等工艺参数在线监控设备，旨在提高企业的工艺水平，以便进一步对相关参数进行优化和了解。

5.7 环境保护

7.1 废气

7.1.1 再生利用过程中的切割、粉碎、研磨、造粒、加工成型、热解、化学溶解等工艺过程中应设置全密闭废气收集处理设施。

7.1.2 应根据废气的性质，采用过滤、催化氧化、活性炭吸附、吸收等处理技术。颗粒物、一氧化碳、氯化氢、NMHC 等污染因子应满足 DB32/4041 标准要求；颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氟化物、重金属及其化合物等污染因子应满足 DB32/3728 标准要求；臭气浓度、硫化氢、氨等污染因子应满足 GB14554 标准要求。

条文说明：

机械法主要产生颗粒物，热解法主要产生酸性气体、颗粒物、氮氧化物、重金属等，化学法主要产生有机溶剂、非甲烷总烃等，因此企业应根

据生产特点，在相应区域配套建设废气收集处理装置。

根据现有日期规范版本，本条文中部分指标如下。

表 7.1-1 大气污染物排放浓度限值

序号	污染物项目	排放标准	排放限值
1	颗粒物	DB32/4041-2021 大气综合排放标准	20mg/m ³
2	一氧化碳		1000mg/m ³
3	氯化氢		10mg/m ³
4	NMHC		60mg/m ³
5	颗粒物	DB32/3728-2020 工业炉窑大气污染物排放标准	20mg/m ³
6	二氧化硫		80mg/m ³
7	氮氧化物		180mg/m ³
8	氟化物（以 F 计）		6.0mg/m ³
9	铅及其化合物		0.10mg/m ³
10	汞及其化合物		0.01mg/m ³
11	铍及其化合物		0.010mg/m ³
12	臭气浓度	GB14554-1993 恶臭污染物排放标准	排气筒高度 15m2000 排气筒高度 25m6000 排气筒高度 35m15000 排气筒高度 40m20000
13	硫化氢		排气筒高度 15m0.33kg/h 排气筒高度 20m0.58kg/h 排气筒高度 25m0.90kg/h 排气筒高度 30m1.3kg/h
14	氨		排气筒高度 15m4.9kg/h 排气筒高度 20m8.7kg/h 排气筒高度 25m14kg/h 排气筒高度 30m20kg/h

7.2 废水

7.2.1 再生利用过程产生的生产废水和生活污水，应有配套的废水收集和预处理设施。收集到的清洗废水、分选废水、冷却水等，应根据废水污染物的情况选择分别处理或集中处理。

7.2.2 应根据废水性质、处理目标等，采用物化、生化组合处理工艺、膜处理等废水处理技术，减少药剂的使用和污泥的产生。处理后废水中的悬浮物、COD、总氮、氨氮、总磷等污染因子，应达到 GB/T 19923 标准或相应的污水处理厂接管要求。

条文说明：

企业应根据废水水质、处理需达到的目标，选择适宜的污水处理技术，在相应区域配套建设废水处理设施。水污染物主要为悬浮物、COD、总氮、氨氮、总磷等常规因子，应达到 GB/T 19923 标准或相应的污水处理厂接管要求。

7.3 次生固体废物

7.3.1 再生利用过程中产生的次生固体废物应根据固体废物属性进行管理，经鉴别属于危险废物的，应按照危险废物的要求管理。

条文说明：

废风电叶片再生利用企业产生的次生固体废物主要为废油、废水处理污泥、废液、废活性炭、废包装材料等，废水处理污泥、废包装材料等如无法根据《国家危险废物名录》直接判定，但又无法排除危险特性的，应根据《危险废物鉴别标准》《危险废物鉴别技术规范》要求开展鉴别工作，经鉴别属于危险废物的，按照危险废物的要求管理。

7.3.2 应对次生固体废物的产生、贮存及去向进行详细记录，每年至少开展一次各类次生固体废物中的特征污染物含量检测，数据保存 10 年以上。

条文说明：

参照《一般工业固体废物管理台账制定指南（试行）》“一、目的和依据产生工业固体废物的单位（以下简称产废单位）建立工业固体废物管理台账，如实记录工业固体废物的种类、数量、流向、贮存、利用、处置等信息，可以实现工业固体废物可追溯、可查询的目的，推动企业提升固体废物管理水平。”，提出此条文。

7.4 噪声

7.4.1 应选用低噪声的设备，并采用合理的降噪、减噪措施，确保设备运转时厂界噪声符合 GB 12348 的要求。

条文说明：

废风电叶片再生利用设施中存在破碎机、搅拌机、风机等噪声较大的设备，提出此条文，以减少环境影响。

7.4.2 对于搬运、车辆运输等非机械噪声产生环节，应采取减少固体振动和碰撞过程噪声产生的管理措施。

条文说明：

因废风电叶片体积较大，因此应关注搬运和车辆运输等非机械噪声的影响，提出此条文。

5.8 再生利用产物

8.1 废风电叶片再生利用产物应根据产物类型、使用途径等，采用分级管控措施。

8.1.1 再生利用产物为托盘、包装材料的，应满足应用领域的相关产品质量标准，托盘应满足 GB/T 4995 等标准，循环包装箱应满足 GB/T 43283 等标准。

8.1.2 再生利用产物为型材、块状颗粒物、短纤维的，应满足纤维材料的机械性能标准，根据不同粒径应用于工业、建筑领域。

8.1.3 再生利用产物为热解油、热解炭的，应根据 HJ 1091 的要求，满足 GB 34330 中要求的国家、地方制定或行业通行的产品质量标准或进行环境风险定性评价。

条文说明：

根据现场调研及文献调研等，废风电叶片再生利用产物包括型材、块状颗粒物、短纤维和其他材料等，不同的产物的去向各有不同，其中：托盘、包装材料等有产品质量标准的，应根据应用的具体领域，满足相应的

产品质量标准。如托盘应满足 GB/T 4995 标准，循环包装箱应满足 GB/T 43283 标准等。型材、块状颗粒物、短纤维等应根据纤维的强度、伸长、弹性、耐磨性、弹性模量等机械性能，应用于不用的工业或建筑领域，不能流向饮用水、食品、药品等相关领域。热解油以及热解炭等，根据《固体废物再生利用污染防治技术导则》（HJ1091-2020）“4.7 固体废物再生利用产物作为产品的，应符合 GB34330 中要求的国家、地方制定或行业通行的产品质量标准，与国家相关污染控制标准或技术规范要求，包括该产物生产过程中排放到环境中的特征污染物含量标准和该产物中特征污染物的含量标准。当没有国家污染控制标准或技术规范时，应以再生利用的固体废物中的特征污染物为评价对象，综合考虑其在固体废物再生利用过程中的迁移转化行为以及再生利用产物的用途进行环境风险定性评价，依据评价结果来识别该产物中的有害成分。根据定性评价结果开展产物的环境风险定量评价。环境风险定量评价的主要步骤应包括：确定环境保护目标、建立评价场景、构建污染物释放模型、构建污染物在环境介质中的迁移转化模型、影响评估等。对于无法明确产品用途时，应根据最不利暴露条件开展环境风险评价”。

8.4 应建立再生利用产物的台账记录制度，内容包括再生利用产物生产时间、名称、数量、流向（使用单位及用途）等，并进行月度和年度汇总。宜对再生利用产品利用二维码手段进行管理。

条文说明：

为有效管控再生利用产物风险、促进企业规范化管理，提出此条文。

5.9 运行管理要求

9.1 一般要求

9.1.1 宜按照 GB/T 19001、GB/T 24001、GB/T 45001 等标准建立管理体系，设置专门的部门或者专（兼）职人员，负责废风电叶片回收和再生利用过程中的相关环境管理工作，并加强对从业人员的环境保护培训。

条文说明：

为完善再生利用企业管理体系及培养合格的运营人员，提升企业运行管理水平，提出此条文。

9.1.2 应建立健全废风电叶片产生、收集、贮存、运输、再生利用全过程的污染防治责任制度，建立管理台账，如实记录废风电叶片的种类、数量、流向、贮存、再生利用等信息，相关台账应保存至少3年。

条文说明：

依据《中华人民共和国固体废物污染防治法》等的要求，提出此条文。

9.2 清洁生产要求

9.2.1 新建和改扩建的废风电叶片再生利用企业，应严格按照国家清洁生产相关规定等确定的生产工艺及设备指标、资源和能源消耗指标、资源综合利用指标、产品特征指标、污染物产生指标（末端处理前）、清洁生产管理指标等进行建设和生产。

9.2.2 实施强制性清洁生产审核的废风电叶片再生利用企业，应按照《清洁生产审核办法》的要求开展清洁生产审核，逐步淘汰技术落后、能耗高、资源综合利用率低和环境污染严重的工艺和设备。

9.2.3 废风电叶片的再生利用企业，应积极推进工艺、技术和设备提升改造，积极应用先进的清洁生产技术。

条文说明：

依据《清洁生产审核办法》“第二条本办法所称清洁生产审核，是指按照一定程序，对生产和服务过程进行调查和诊断，找出能耗高、物耗高、污染重的原因，提出降低能耗、物耗、废物产生以及减少有毒有害物料的使用、产生和废弃物资源化利用的方案，进而选定并实施技术经济及环境可行的清洁生产方案的过程。”，提出此条文。

9.3 监测要求

9.3.1 废风电叶片再生利用企业，应按照排污许可证、HJ1200 以及本

标准的要求，制定自行监测方案，对废风电叶片再生利用过程污染物排放状况及周边环境质量的影响开展自行监测，保存原始监测记录，并依规进行信息公开。

条文说明：

为有效管控环境风险、促进企业规范化管理，提出此条。依据《固体废物再生利用污染防治技术导则》（HJ1091）相关要求，企业应废风电叶片的预处理和再生利用过程污染物排放状况及周边环境质量的影响开展自行监测以判断废风电叶片再生利用过程是否对大气、土壤、地表水和地下水造成二次污染。

9.3.2 不同污染物的采样监测方法和频次执行相关国家和行业标准，保留监测记录以及特殊情况记录。

条文说明：

企业应依据《排污单位自行监测技术指南总则》（HJ819）、《排污单位自行监测技术指南工业固体废物和危险废物治理》（HJ1250）中相关要求，编制自行监测方案并开展自行监测。

6 重大分歧意见的处理过程和依据

无。

7 与相关法律法规和标准的关系

废风电叶片主要来源风运营企业产生的退役风电叶片和叶片生产企业产生的废边角料等，属于一般工业固废。梳理我国现行有关固体废物管理的法律法规和国家标准体系，主要包括《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《固体废物鉴别标准通则》（GB34330-2017）、《固体废物再生利用污染防治技术导则》（HJ1091-2020）、《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）等。

本文件与现行的法律法规及强制性标准无冲突。为填补国家固体废物综合利用标准规范的空白，进一步提升省内固体废物综合利用与处置行业环境管理水平，省固体废物监督管理中心策划逐步建立健全以《危险废物综合利用与处置技术规范通则》为引领的危险废物综合利用技术标准体系，形成具有我省特色的综合利用产物分级管控标准规范。因此，本文件制定过程中依照上述法律法规和标准的相关条款，以《危险废物综合利用与处置技术规范通则》为指导，提出适用于废风电叶片再生利用的全过程污染控制技术规范。

8 推广实施建议

标准文本和编制说明在通过召开征求意见稿技术审查会后，形成征求意见稿，上报厅务会后，根据厅务会意见进一步修改完善，形成报批稿，报省市场监督管理局批准同意后发布。

本标准调研、分析和借鉴了国内废风电叶片管理现状。本标准应与国家、地方及行业各废风电叶片再生利用管理要求配合使用。

关于标准培训工作的要求和建议：废风电叶片再生利用单位、运营人员、管理部门等进行相关理论和实践培训，保证各环节操作的正确性和规范性，保障回收与再生利用过程的污染防治。