

# 《废弃光伏发电设备拆除及循环利用环境管理规范》 标准研究探析

黄进<sup>1</sup> 程刚齐<sup>2</sup> 邓毅<sup>3</sup> 贾晓洁<sup>4</sup> 冯志刚<sup>2</sup> 方菲<sup>1</sup> 张晓昕<sup>1</sup> 林翎<sup>1</sup>

(1.中国标准化研究院; 2.中国物资再生协会风光设备循环利用专业委员会;  
3.生态环境部固体废物与化学品管理技术中心; 4.中国科学院电工研究所)

**摘要:**近年来,我国光伏产业迅猛发展,已连续多年位居世界首位。未来3~5年,将面临大批量的光伏发电设备及组件退役和废弃,报废光伏组件回收与绿色处置作为光伏产业链的最后一环,已成为光伏产业闭环绿色可持续发展的最终保障。有鉴于此,亟需以标准化手段规范废弃光伏发电设备拆除处置过程的环境管理工作。本文重点阐述了废弃光伏发电设备拆除及循环利用环境管理规范的研制思路和原则,基于对废弃光伏发电设备拆除、回收利用及处置基本流程及相关环境影响的分析,对光伏发电设备拆除及循环利用全过程的环境管理提出规范性要求,助力实现节约资源、保护生态环境和促进光伏发电产业可持续发展的绿色目标。

**关键词:**光伏发电设备,光伏组件,拆除,循环利用,环境管理

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2023.08.010

## Research and Analysis on the Environmental management specification for dismantling and recycling of waste photovoltaic equipments

HUANG Jin<sup>1</sup> CHENG Gang-qí<sup>2</sup> DENG Yi<sup>3</sup> JIA Xiao-jie<sup>4</sup>  
FENG Zhi-gang<sup>2</sup> FANG Fei<sup>1</sup> ZHANG Xiao-xin<sup>1</sup> LIN Ling<sup>1</sup>

(1. China National Institute of Standardization; 2. Wind and Solar Equipment Recycling Committee of China National Resources Recycling Association; 3. Solid Waste and Chemicals Management Center, Ministry of Ecological Environment; 4. Institute of Electrical Engineering, Chinese Academy of Sciences)

**Abstract:** In recent years, the photovoltaic industry in China has developed rapidly and has been ranked first in the world for many years. In the next 3-5 years, a large number of photovoltaic equipment and modules will be decommissioned and discarded. As the last link in the PV industry chain, recycling and green disposal of waste photovoltaic modules has become the ultimate guarantee for the closed-loop green sustainable development of photovoltaic industry. In view of this, it is urgent to standardize the environmental management of the dismantling and disposal process of waste photovoltaic power generation equipment. This paper focuses on the development ideas and principles of environmental management specification for dismantling and recycling of waste photovoltaic power generation equipment. Based on the analysis of the basic process of dismantling, recycling and disposal of waste photovoltaic power generation equipment and the related environmental impact, it proposes the normative requirements for the environmental management in the whole process of dismantling and recycling photovoltaic power generation equipment, which helps achieve the green goals of saving resources, protecting ecological environment and promoting the sustainable development of the photovoltaic power industry.

**Keywords:** photovoltaic equipments, photovoltaic module, dismantling, recycling, environmental management

**作者简介:** 黄进,中国标准化研究院资环分院研究员,全国环保产业标准化技术委员会(SAC/TC 275)和全国环境管理标准化技术委员会(SAC/TC 207)委员。长期从事环保产业、环境管理、资源循环利用等领域的标准化科研及重要技术标准研制工作,曾主持并参与30余项国家“十一五”和“十二五”重大科研项目,主持或参与制定环保产业、环境管理、资源综合利用等领域国家标准80余项。

## 1 行业发展及环境管理需求

目前,我国已成为全球最大的光伏组件生产国和全球最大的光伏发电应用国家。截至2021年底,我国光伏发电累计装机规模达3.06亿千瓦,已连续多年位居世界首位。太阳能发电设备组件的平均寿命约为25~30年,随着早期光伏电站的运营时限逐渐到期,加之技术进步较快,全球各地需要处理的废旧光伏组件与日俱增。当前,在全球范围内,处于报废阶段的约6000万吨太阳能电池板已成为废弃物。据国际可再生能源机构(International Renewable Energy Agency,IRENA)预测,2025年起我国开始面临大批量的光伏发电设备及组件退役,2030年报废光伏组件将达到150万吨,到2050年将超过2000万吨,其中,废钢铁、废铜、混凝土及复合材料等一般固体废物近1970万吨,废矿物油、废铅酸电池等危险废物约30万吨。我国光伏组件报废量在2060年前会以每年30%的速度增长。从当前我国光伏行业发展的状况看,大规模的光伏发电机集中退役和拆除工作即将展开,光伏发电设备的退役和回收将是整个光伏行业高质量发展绕不过去的重点。然而,目前国内外尚无相对应的指导方案或管理标准,造成业主单位缺乏光伏发电设备拆除处置相关的管理标准和依据。

从资源回收利用角度看,新兴固废物质组成与相应产品基本相同,均含有多种有价金属,资源回收价值相当之高。以光伏设备及组件为例,其中含有铜、铝、银、锡等多种有色金属,晶体硅光伏组件中玻璃、铝和半导体材料比重可达92%,另外还含约1%的银等贵金属。通过对报废晶硅光伏组件的高压研磨,可以获得洁净的整块玻璃、条状的焊带、颗粒状的电池片以及片状的EVA和背板等高分子材料。上述材料若能全量回收,据预测,到2030年,可从废弃光伏组件中得到145万吨碳钢、110万吨玻璃、54万吨塑料、26万吨铝、17万吨铜、5万吨硅和550吨银;而薄膜光伏组件中含有的碲、铟、镓等稀贵金属,主要依赖国外进口。因此,对光伏发电设备和组件进行高效回收利用不仅具有

巨大的经济效益,同时有利于减少相关资源的进口依赖,防范原材料供给风险,对保障国家战略金属资源安全具有重要战略意义。而积极探索可循环、高值化的再生利用途径,对其进行全组分的高值化清洁利用对于资源节约而言意义重大。

从环境保护角度看,退役光伏组件中的晶硅组件含有铅、锡等金属元素,具有较高浸出毒性,易导致土壤和水源污染,对于退役、技改或搬迁的废弃光伏设备进行拆除、回收利用处置过程中,如果操作粗放、管理不严、处置不当,其所带来的环境和生态影响也将极为严重。光伏发电设备拆除下来的各种固废,包括支架、逆变器、光伏组件、储能电池等各种材料,涵盖了一般固废、报废电子电器、危险废物等,需要对其一一进行固废属性的辨别,这样才能更好地在开展有针对性的资源化利用的同时做好环境污染防治工作。国内相关研究已经证实,规范高效的回收利用和处置,在保护生态环境和减少环境污染的同时,可实现光伏设备及组件95%以上的材料回收率,90%以上的材料可再生利用率;同时凭借着对光伏发电设备拆解过程中近乎100%的水循环利用率和废气零排放,无疑可以实现循环经济技术的环境友好性。

## 2 标准研制助力政策实施

为积极应对大量报废的光伏发电设备及组件等新型产业固废,国家相关部门高度重视,陆续出台政策部署相关工作。从顶层设计来看,相关的宏观政策和规划已对退役光伏设备的回收处置工作指明了方向。如何高效规范退役光伏设备拆除回收及循环利用已成为当前重要热点话题,也引起了我国固废资源化产业界和学术界的高度重视。

《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》规定:加快完善大宗固废综合利用标准体系,推动上下游产业间标准衔接。加强大宗固废综合利用行业统计能力建设,明确统计口径、统计标准和统计方法,提高统计的及时性和准确性。鼓励企业积极开展工业固体废物资源综合利用评价,不断健全评价机制,加强评价机构能力建设,

规范评价机构运行管理,积极推动评价结果采信,引导企业提高资源综合利用产品质量。

《“十四五”循环经济发展规划》指出,对包括退役光伏组件和风电机叶片等废旧物资进行分类循环利用和集中处置。《智能光伏产业创新发展战略行动计划(2021—2025)》指出,要推动废旧光伏组件回收利用技术研发及产业化应用,加快资源综合利用。《关于加快推进城镇环境基础设施建设的指导意见》指出,要持续推进固体废物处置设施建设,开展100个大宗固体废弃物综合利用示范。《加快推动工业资源综合利用实施方案》提出,要加大综合利用成套技术设备的研发推广力度,探索新兴固废综合利用技术路线。

《2030年前碳达峰行动方案》提出,要全面提高资源利用效率,充分发挥减少资源消耗和降碳的协同作用。报废光伏设备及组件拆解的主要物料为玻璃、铝边框、铜焊带、塑料等,再生利用对碳减排贡献显著,是实现碳减排、碳达峰的重要抓手。

2021年12月14日,工信部、国家发改委、科技部、生态环境部四部委共同编制了《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)》。目录共评选了94项工业资源综合利用先进适用工艺技术设备,其中再生资源利用工艺技术设备19项。

2022年10月31日,国家市场监督管理总局、国家发改委、工信部、自然资源部、生态环境部、住建部、交通运输部、中国气象局、国家林草局等九部门联合发布《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》,方案提出,加强重点领域碳减排标准体系建设,健全非化石能源技术标准。围绕风电和光伏发电全产业链条,开展关键装备和系统的设计、制造、维护、废弃后回收利用等标准制修订。建立覆盖制储输用等各环节的氢能标准体系,加快完善海洋能、地热能、核能、生物质能、水力发电等标准体系,推进多能互补、综合能源服务等标准的研制。

梳理有关光伏发电设备方面的国家标准,从1989年至今,已陆续发布近130项。其中,与光伏电

站设计、运行、运维、检修、监控、安全等有关的有20项左右,多为中国电力企业联合会提出并归口。

其中,与光伏电站有关的主要国家标准包括:GB/T 50796《光伏发电工程验收规范》、GB 50797《光伏发电站设计规范》、GB/T 38335—2019《光伏发电站运行规程》、GB/T 37658—2019《并网光伏电站启动验收技术规范》、GB/T 38946—2020《分布式光伏发电系统集中运维技术规范》、GB/T 36567—2018《光伏组件检修规程》、GB/T 36568—2018《光伏方阵检修规程》、GB/T 35694—2017《光伏发电站安全规程》、GB/T 34932—2017《分布式光伏发电系统远程监控技术规范》、GB/T 33599—2017《光伏发电站并网运行控制规范》、GB/T 32512—2016《光伏发电站防雷技术要求》、GB/T 36119—2018《精准扶贫 村级光伏电站管理与评价导则》、GB/T 36115—2018《精准扶贫 村级光伏电站技术导则》。与光伏组件有关的则包括:橡胶组件、真空玻璃、涂锡焊带、遮阳板等,分属不同的标准化技术委员会:GB/T 38391—2019《太阳能光伏橡胶组件》(全国橡胶及橡胶制品标委会SAC/TC35),GB/T 34337—2017《光伏真空玻璃》(建材联合会、工业玻璃和特种玻璃标委会SAC/TC447),GB/T 31985—2015《光伏涂锡焊带》(半导体设备和材料标委会SAC/TC203),GB/T 37268—2018《建筑用光伏遮阳板》(全国建筑构配件标委会SAC/TC454)。此外,还包括村镇光伏电站、精准扶贫项目、汇流箱、直流断路器、直流电源系统、继电保护、并网接口、并网技术要求、光伏用高纯石英砂、监控系统技术要求、低压熔断器等。

在环境管理方面,相关的国家标准由全国环境管理标准化技术委员会(SAC/TC207)提出并归口,主要涉及:GB/T 24001—2016《环境管理体系 要求及使用指南》、GB/T 24004—2017《环境管理体系 通用实施指南》、GB/T 24031—2021《环境管理 环境绩效评价 指南》等。而有关废弃产品回收利用和处置相关的国家标准和行业标准主要包括:GB/T 20861《废弃产品回收利用术语》、GB/T 21474《废弃电子电气产品再使用及再生利用体系评价导则》、GB/T 23685《废电器电子产品回收利

用通用技术要求》、GB/T 32357《废弃电器电子产品回收处理污染控制导则》、HJ 527《废弃电器电子产品处理污染控制技术规范》、HJ 2025《危险废物收集贮存运输技术规范》。政策的实施离不开标准化的技术支撑，在研制《废弃光伏发电设备拆除及循环利用环境管理规范》标准时，既要充分研究光伏发电设备方面的既有国家标准和行业标准，同时还要结合环境管理方面，以及有关废弃产品回收利用和处置相关的国家标准和行业标准，这样才能真正做到与现行的污染物排放标准，污染物治理技术、工艺、设备、检测、管理等相关标准紧密结合，在保持相互协调一致的前提下具有良好的可操作性。

### 3 标准核心技术内容

《废弃光伏发电设备拆除及循环利用环境管理规范》核心技术内容包括：光伏发电设备拆除、回收利用及处置环境管理规范的范围，规范性引用文件，术语和定义，拆除、回收利用及处置基本流程及其相关环境影响，通用环境管理要求，过程环境管理要求。

#### (1) 范围

《废弃光伏发电设备拆除及循环利用环境管理规范》适用于因光伏发电设备到达使用年限、失去维修价值，或升级更新、位置变更等原因对光伏发电设备进行拆除、回收利用及处置全过程的环境管理。

#### (2) 规范性引用文件

《废弃光伏发电设备拆除及循环利用环境管理规范》的规范性引用文件包括了光伏发电设备、组件相关的国家标准，水、气、声、渣污染物排放标准，危险废物焚烧、贮存、填埋污染控制标准，质量、环境、职业健康安全管理体系标准，废弃产品回收利用、再生利用、再制造相关标准，固体废物鉴别、危险化学品贮存及安全标准等。

#### (3) 术语和定义

《废弃光伏发电设备拆除及循环利用环境管理规范》给出了光伏发电设备、光伏组件、废弃光

伏发电设备、拆除、拆解、收集、贮存、处理、回收利用、再使用、梯次利用、再生利用、再制造、处置、参与方等15个术语和定义。

1) 参考GB/T 50796-2012《光伏发电工程验收规范》的2.0.2光伏电站的术语和定义，将“光伏发电设备”定义为“利用光伏组件的半导体界面，将太阳能、光能直接转化为电能的设备。通常由光伏组件、支撑结构（支架、水泥、钢筋）和电气设备（逆变器、线路、变压器、无功补偿设备、储能装置、继电保护、监控调度、通信）等设备组成”。

2) 按照GB 50797-2012《光伏发电站设计规范》的2.1.1光伏组件的术语和定义，将“光伏组件”定义为“具有封装及内部联结的，能单独提供直流电输出的，最小不可分割的太阳电池组合装置。又称太阳电池组件。目前常用的包括：单晶硅光伏组件、多晶硅光伏组件、薄膜光伏组件”。

3) 按照GB/T 20861-2007《废弃产品回收利用术语》的2.1废弃产品的术语和定义，将“废弃光伏发电设备”定义为“设备的拥有者不再使用且因达到使用年限、失去维修价值、升级更新、位置变更等原因放弃的光伏发电设备”。

4) “参与方”定义为“参与光伏发电设备拆除、回收利用及处置工作的相关各方。本文件所指参与方包括行业组织、光伏电站运营商、光伏发电设备制造商、零部件制造商、运行维护方、维修方、施工方、回收方、处理方、处置方等”。

5) 其余术语和定义均来源于GB/T 20861-2007《废弃产品回收利用术语》和GB/T 28619-2012《再制造术语》国家标准。

#### (4) 拆除、回收利用及处置基本流程及其相关环境影响

废弃光伏发电设备拆除、回收利用及处置的基本流程主要包括拆除阶段、回收利用阶段和处置阶段。拆除阶段主要包括对废弃光伏发电设备进行现场检查、拆除和拆解；回收利用阶段分为回收和利用两个子阶段。回收阶段主要包括对废弃光伏发电设备进行收集、分类、运输和贮存。利用阶段主要包括对光伏组件、支撑结构和电气设备进行分别利用。其中，对于光伏组件的利用，包括

对光伏组件进行外观检查和电学性能测试,对于满足再使用要求的组件进行再使用;对于不符合再使用要求的光伏组件,在回收处理工厂进行拆解、处理与组份的再生利用。对于支撑结构的利用,包括进行梯次利用和再生利用。而对于电气设备的利用,则遵循电子电器产品回收的相关法律法规进行再生利用或再制造。处置阶段主要包括对现有技术难以回收利用的固体废物进行的焚烧或填埋等无害化处理。

《废弃光伏发电设备拆除及循环利用环境管理规范》给出了废弃光伏发电设备拆除、回收利用及处置基本流程图(如图1所示),并对全过程中产生的相关环境污染及影响进行了概括描述,主要包括:扬尘、废液、噪声、有毒有害气体、散落、水源污染和土壤破坏等。危险废物主要包括:废旧铅酸蓄电池、废齿轮润滑油、废润滑脂、废液压油、废冷却液等。

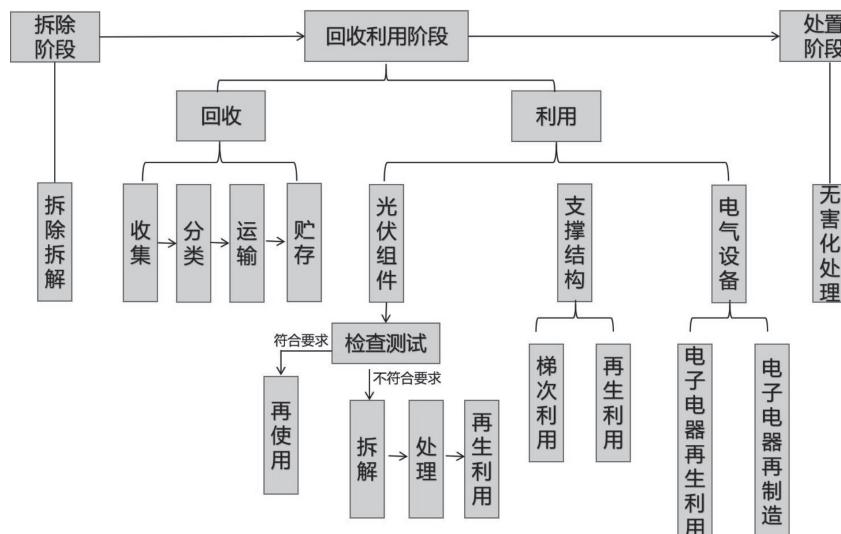


图1 废弃光伏发电设备拆除、回收利用及处置基本流程

### (5) 通用环境管理要求

《废弃光伏发电设备拆除及循环利用环境管理规范》主要对废弃光伏发电设备拆除、回收利用及处置全过程的通用环境管理要求做了统一规定。主要涉及:参与方应具备经营资质和特种作业资质的要求(应具备经营资质和与之对应的特种作业资质,包括营业执照的营业范围应包含回收处理的相关内容、与回收处理内容相对应的资质证

明文件等),从事拆除、回收利用及处置活动应满足国家、行业、地方法律法规、政策及强制性标准的要求,参与方的管理体系建设和实施要求,全过程监管和信息管理系统要求,作业设施、设备、技术和工艺的要求,采用的环境保护相关技术和设备的要求,现场环境污染防治和生态环境修复要求,危废管理要求,人员专业培训、资质上岗要求和劳动保护要求,以及不得将废弃光伏发电设备中光伏组件、支撑结构和电气设备及零部件直接进行焚烧、填埋或混入生活垃圾或其他工业固体废物中等要求。

### (6) 过程环境管理要求

废弃光伏发电设备拆除、回收利用及处置过程的环境管理遵循PDCA的管理模式,主要包括策划、实施、检查和改进。PDCA模式为参与方从事废弃光伏发电设备拆除、回收利用及处置过程的环境管理提供了一个循序渐进的过程,用以提

升环境绩效并实现环境管理工作持续改进。

#### 1) 策划(PLAN)

规定了废弃光伏发电设备进行拆除前应对其环境管理工作进行整体策划,策划的主要内容包括:检测并记录废弃光伏发电设备的各项性能,梳理并总结过去和现在的环境污染和生态破坏;对即将进行拆除、回收利用及处置可能产生的环境污染和生态破坏进行识别、确定和记录,并做好标识;策划即将采取的环境污染控制措施,识别各阶段环境管理工作存在的风险和机遇,以及应对策略;确定对废弃光伏发电设备拆除、回收利用及处置各阶段环境管理工作进行监视、测量、分析和评价的方法。对于策划工作所需收集的信息资料,本节也做出了具体规定。

#### 2) 实施(DO)

规定了废弃光伏发电设备拆除、回收利用及处置环境管理的实施,覆盖现场拆除和拆解阶段,

收集、分类、运输、贮存、再使用和梯次利用、再生利用和再制造等回收利用阶段,最终无害化处理处置阶段的环境管理工作,以及安全和应急响应工作。

### ①现场拆除和拆解阶段

按照“基本要求”中所规定的“从事回收利用和处置的参与方应优先考虑废弃光伏发电设备和零部件的再使用、梯次利用,其次考虑再生利用,采用最佳适用技术和设备提高再使用率、再生利用率,最大限度地减少对环境的影响”的规定,要求应“根据环境污染预防需求,选择并确定合适的拆除方法和工具”“对存在危险的拆除操作,应制定专门拆除方案”“应进行必要的试验和诊断,评估不同拆除或拆解方法可能产生的环境污染的程度,并制定相应的环境污染控制措施”;此外,《废弃光伏发电设备拆除及循环利用环境管理规范》还规定了“有毒有害物质进行识别”“拆除前采取合理的防漏保护措施和安全防护措施”“拆解场地,拆除、拆解设施和设备地面防护”“必须进行野外拆解时,应做好防尘、防风、防雨、防火等措施,并应有粉尘收集装置,如用水除尘时应对废水进行收集并达标排放,拆解完成后应收集所有废料”“拆除和拆解噪声、粉尘排放要求”“拆除后的光伏发电机基础及附属设施基础的合规处理”等环境管理要求;对于光伏电站运营商,还要求施工方、回收方、处理方、处置方等应向光伏电站运营商提供《光伏发电设备绿色拆除报告》,行业组织宜以信息系统方式对项目报告进行收集归档。

### ②回收利用阶段

针对“收集和分类”,规定了对拆除或拆解后的废弃光伏发电设备中的光伏组件、支撑结构和电气设备应分类收集,防火灾、防漏电等安全隐患的要求。对于存在结构或电气等方面安全问题的、丧失安全性能的光伏组件,应先消除安全隐患后再进行分类收集,并应与其他废弃光伏组件分开进行收集,避免造成人员伤害。此外,也提出了“零部件分类收集”“危废单独分类收集”“有毒有害物质不得随意丢弃、焚烧或存放”“集中放置并委托有资质的处理方或处置方处置”“记录处

理方式和最终流向”等要求。

针对“运输和贮存”,提出了“运输防护、避免二次污染”“一般工业固体废物贮存和填埋污染控制要求”“危险废物贮存污染控制要求”“贮存场所的环境管理要求”等,同时强调“拆除或拆解后的废弃光伏发电组件、支撑结构和电气设备应分类存放,明确标识并建立管理台账,分类记录入库、出库数量,保持‘账物卡’一致”。

针对“再使用和梯次利用”,提出了“评估再使用环境效果”“优先选择直接再使用”“梯次利用前性能检测和安全评估”“进行标识,做好台账管理”“再使用和梯次利用满足安全规范”等要求。

针对“再生利用和再制造”,提出了“环评资质审查”“企业选址环保要求”“具有节能低碳环保的再生利用设备和生产工艺流程”“具有专职技术人员和规范的化验评定手段”“光伏组件以及需要进行再制造的电气设备毛坯的环保型除污方法选择”“选用适宜的预处理技术”“破碎装备应采取防爆措施,破碎噪声和粉尘应满足的排放标准”“含卤阻燃剂的电线电缆、塑料和树脂机壳的处理”“剥离后的胶膜和背板材料的处置”“光伏组件和电气设备中的半导体材料、金属材料(包括电池中贵金属提纯、涂锡铜带和铝带、铝边框)、玻璃和高分子材料等的再生利用”“再生利用时,应根据添加应用比例,做好台账管理,实现可追溯、可查询”“涂锡铜带或铝带与光伏电池的分离”“有价成分和有害成分分离环境污染防治”“采用节能、高效的环境治理技术及装备”“废渣、废液的排污许可证管理”“危废属性判定和最终处置”“再制造所需环保型拆解方法的选择”“再制造处理方具备完善的环保和安全生产技术及设施,具备避免污染和质量安全事故发生的能力”等要求。

### ③处置阶段

针对有毒有害物质的“焚烧”,提出了“焚烧企业资质(应进行环境影响评价、安全生产评价和企业卫生评价。环境影响评价应符合HJ2.1的规定,安全生产评价应符合AQ 8001的规定,企业卫生评价应符合GBZ 1的规定)”“易燃危险废物不

得焚烧”“节能环保型焚烧设备的选取和清洁能源的使用”“应对焚烧过程产生的异味进行治理，污染物处理设施和排放标准要求”“炉渣的玻璃化处理”等要求。

针对有毒有害残余物质的“填埋”，提出了“被填埋的有毒有害残余物质的性质要求、安全性要求”“填埋场渗滤液的环保处置”和“填埋场环境噪声”等要求。

#### ④ 安全和应急响应工作

包括“风险及安全管理”和“应急准备和响应”两部分内容。“风险及安全管理”主要要求参与方确定其所处的环境、相关方需求和期望、合规义务，开展风险分析和研判，制定并实施相应的风险管理措施，建立健全并实施各阶段的安全管理制度和措施。“应急准备和响应”主要要求参与方识别废弃光伏发电设备拆除、回收利用及处置各阶段可能发生的潜在事故或紧急情况，制定适合各参与方特别需求的应急准备和响应计划或应急响应预案，定期试验预案并进行应急措施的演习，开展培训和信息交流；按照应急响应预案对实际发生的事故或紧急情况做出响应，以预防或减轻发生事故或紧急情况可能带来的不利环境影响和人身伤害。在事故或紧急情况发生后，或应急预案定期试验后，还应对应急响应预案及措施进行及时评审和调整改进。

#### 3) 检查 (CHECK)

规定了参与方应对废弃光伏发电设备拆除、回收利用及处置各阶段的环境管理过程及环境管理绩效进行检查，主要内容涉及了“监视和测量”、“分析和评价”。

##### ① 监视和测量

需要监视和测量的内容通常包括但不限于：各阶段环境影响及控制措施的运行、参与方合规义务、各阶段关键的环境绩效参数等，参与方应确定监视和测量的时机、频次和方法。

##### ② 分析和评价

要求参与方对环境管理过程及环境管理绩效进行分析和评价，需要考虑的事项包括分析和评价的时机、所采用的方法、所依据的准则或标准、

选取适当的环境绩效参数、环境管理的有效性评价、数据分析方法等。

#### 4) 改进 (ACTION)

规定了参与方应通过分析监视和测量结果识别不符合、合规义务规定的限定要求的遵守情况、环境管理绩效的趋势和持续改进的机会。主要内容涉及“不符合和纠正措施”“持续改进”。

##### ① 不符合和纠正措施

要求当一旦发生不符合时，从事废弃光伏发电设备拆除、回收利用及处置各阶段活动的参与方首先应对不符合做出响应，采取适当措施控制并纠正不符合，处理不符合所造成的后果，减轻不利的环境影响；其次，通过调查和评审不符合，确定不符合产生的原因，举一反三，避免或防止不符合再次产生；同时，可采取预防措施预防尚未构成不符合但存在潜在问题的事项发生。最后，还要跟踪所采取的纠正和预防措施，并评审其有效性，必要时，对纠正措施和预防措施予以调整。

##### ② 持续改进

要求参与方应持续评价废弃光伏发电设备拆除、回收利用及处置各阶段的环境管理绩效，以识别改进的机会。参与方应持续改进废弃光伏发电设备拆除、回收利用及处置环境管理工作的适宜性、充分性和有效性，以提升环境管理绩效水平。参与方对所识别的改进机会进行评价，以策划并确定改进措施。改进不必在环境管理工作的所有领域同时开展，鼓励参与方为改进献计献策。

## 4 结论

(1) 随着我国“3060”双碳目标的出台，可再生能源行业的发展备受瞩目，光伏发电产业全生命周期低碳发展更是其中焦点。推进退役光伏组件等新兴产业废物循环利用，探索规范回收、可循环、高值化的再生利用途径，健全区域性再生资源回收利用体系，是应对大规模退役，大宗固废、危废合规处置和生态环境保护的重要保障。报废光伏组件的拆除回收和循环利用作为光伏产业链的最后一环，是光伏产业闭环绿色可持续发展的最

终保障,因此,做好退役光伏组件的环境管理工作,已成为我们当前生态环境管理工作的一项重大课题。光伏发电设备循环利用不仅能够为退役装备赋予新的价值,在循环利用和环保技术创新的加持下,前沿的循环利用方法能够大量减少风光设备寿命尽头的二氧化碳排放及对环境的负面影响,助力新能源行业可持续绿色低碳发展。

(2) 在清洁能源新兴固废管理方面,亟需加强顶层制度设计,加大产业发展政策供给,建立健全退役风光发电设备相关标准政策管理体系,在

政策引领、标准完善、技术创新、提升和推广等方面协同发力,推动新兴固废综合利用产业加快实现绿色高质量发展。充分运用标准化手段规范并引领退役、技改或拆迁光伏发电设备、组件及其配套设施的拆除、回收利用及处置全过程的环境管理工作,对于节约资源、保护生态环境和促进光伏发电产业可持续发展具有十分重要的意义;同时,对于促进行业从粗放的回收处置向绿色高质量发展转型升级,尽快破解当前新型废弃物回收利用存在的诸多管理和技术难题也将发挥重大作用。

#### 参考文献

- [1] GB/T 21474, 废弃电子电气产品再使用及再生利用体系评价导则[S].
- [2] GB/T 23685, 废电器电子产品回收利用通用技术要求[S].
- [3] GB/T 26258, 废弃通信产品有毒有害物质环境无害化处理技术要求[S].
- [4] GB/T 32357, 废弃电器电子产品回收处理污染控制导则[S].
- [5] GB/T 37821, 废塑料再生利用技术规范[S].
- [6] GB/T 38785, 建筑用薄膜太阳能电池组件回收再利用通用技术要求[S].
- [7] GB/T 39753, 光伏组件回收再利用通用技术要求[S].
- [8] GB/T 50743, 工程施工废弃物再生利用技术规范[S].
- [9] HJ/T 181, 废弃机电产品集中拆解利用处置区环境保护技术规范(试行)[S].
- [10] HJ 527, 废弃电器电子产品处理污染控制技术规范[S].
- [11] HJ 2025, 危险废物收集贮存运输技术规范[S].
- [12] 国家危险废物名录(2021版)[Z].