

ICS 27.180

F 11

# 团体标准

T/CMIF 58-2019

## 绿色设计产品评价技术规范 齿轮传动风力发电机组

Technical specifications for green-design product assessment—  
Wind turbines of gearbox transmission

2019 - 12 - 03 发布

2019 - 12 - 31 实施

中国机械工业联合会 发布

## 目 次

前 言.....	IIII
引 言.....	IIV
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语及定义.....	1
4 评价原则.....	2
5 评价方法.....	2
6 评价指标.....	2
7 评价流程.....	4
8 评价要求.....	4
9 评价报告.....	6
10 文档管理.....	7
附 录 A（资料性附录） 生命周期评价方法.....	8
附 录 B（规范性附录） 指标计算方法.....	16
参考文献.....	17
图 1 齿轮传动风力发电机组绿色设计评价流程.....	4
图 2 齿轮传动风力发电机生命周期评价系统边界.....	5
表 1 齿轮传动风力发电机组评价指标.....	3

## 前 言

本标准按照 GB/T1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出并归口。

本标准起草单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司、北京鉴衡认证中心有限公司、重庆大学、东方电气风电有限公司、上海电气风电设备有限公司、明阳智慧能源集团股份公司、重庆市节能技术服务中心、上海环翼环境科技有限公司。

本标准参加起草人：韩花丽、刘静、傅新鸿、杨妍妮、李勉、金鑫、杜静、邓良、刘平、陈晓静、陈艳、李玉志、席敏、杨德祥、龚万彬、孙赵鑫。

本标准为首次发布。

## 引 言

绿色设计又称为生态设计、环境意识设计，是指按照全生命周期的理念，在产品的设计开发阶段系统考虑原材料选用、生产、销售、使用、回收、处理等各个环节对资源环境造成的影响，力求产品在全生命周期中最大限度降低资源消耗、尽可能少用或不用含有毒有害物质的原材料，减少污染物产生和排放，从而实现环境保护的活动。符合生态设计理念和评价要求的产品，即为绿色设计产品。创建绿色设计产品是绿色制造体系建设的一个重要组成部分，大力推进绿色设计产品的生产和制造有利于推动绿色消费和绿色经济发展。而制定各行业各类别产品的绿色设计产品评价标准和规范是创建绿色设计产品的基础，完善的标准体系是顺利推动绿色设计产品的保障。

齿轮传动风力发电机组具有增速齿轮箱，多极同步发电机或双馈发电机，全容量变流，输入轴与风轮轮毂联接，增速箱输出轴与发电机主轴直联等特点，制定齿轮传动风力发电机组绿色设计产品评价技术规范，有利于推动齿轮风力发电机组生产制造行业的绿色发展和带动整条产业链的绿色转型升级。

为规范陆地齿轮传动风力发电机组从风电机组装配到现场安装及运行维护的全生命周期的绿色设计产品评价，特制定本标准。

# 绿色设计产品评价技术规范 齿轮传动风力发电机组

## 1 范围

本标准规定了齿轮传动风力发电机组绿色设计产品的评价原则、评价方法、评价指标、评价流程、评价要求、评价报告及文档管理。

本标准适用于齿轮传动风力发电机组绿色设计产品评价。

## 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。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 8702—2014 电磁环境控制限值

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB 18451.1-2016 风力发电机安全要求

GB/T 22516-2015 风力发电机组 噪声测量方法

GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南

GB/T 24256 产品生态设计通则

GB 24789 用水单位水计量器具配备和管理通则

GB/T 26572-2016 电子电气产品中限用物质的限量要求

GB 30981—2014 建筑钢结构防腐涂料中有害物质限量

GB 30982—2014 建筑胶粘剂有害物质限量

GB/T 31268 限制商品过度包装 通则

GB/T 32161-2015 生态设计产品评价通则

GB/T 33635-2017 绿色制造 制造企业绿色供应链管理 导则

GB/Z 35482 风力发电机组时间可利用率

GB/T 36994 风力发电机组 电网适应性测试规程

GB/T 36995 风力发电机组 故障电压穿越能力测试规程

## 3 术语及定义

国标 GJB 451A、GB/T 20862、GB/T 31518.1、GB/T 32161、GB/Z 35482 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 齿轮传动风电机组 wind turbine with gearbox transmission

将风能转换为机械能，通过齿轮箱增速作用实现功率特性匹配，机械功带动转子旋转，最终输出交流电的电力设备。一般由风轮、齿轮箱、发电机、塔架、安全控制系统和储能装置等组成。

### 3.2

#### 绿色设计 green design

绿色设计也称为生态设计。按照全生命周期的理念，在产品的设计开发阶段系统考虑原材料选用、生产、销售、使用、回收、处理等各个环节对资源环境造成的影响，力求产品在全生命周期中最大限度降低资源消耗、尽可能少用或不用含有有毒有害物质的原材料，减少污染物产生和排放，从而实现环境保护的活动。

[GB/T 32161-2015, 定义 3.2]

### 3.3

#### 产品生命周期评价报告 report for products life cycle assessment

依据产品生命周期评价方法编制的，用于披露产品生态设计情况以及生命周期环境影响信息的报告。

[GB/T 32161-2015, 定义 3.7]

## 4 评价原则

### 4.1 科学性

齿轮传动风力发电机组的绿色设计评价方法要科学，注重数据详实，采集样本应具有代表性和广泛性。

### 4.2 先进性

齿轮传动风力发电机组的绿色设计评价，重点应考虑产品全生命周期的资源、能源、环境及产品绿色属性，选取具有影响大、关注度高的关键工艺环节作为评价关注点。

### 4.3 规范性

评价流程应覆盖所界定的产品全生命周期评价系统，确保指标的准确性和有效性。

### 4.4 适用性

齿轮传动风力发电机组的绿色设计评价，应考虑相关标准的协调性和可操作性。

## 5 评价方法

评价应采用定量和定性相结合的方法，具体参见附录 A。

## 6 评价指标

齿轮传动风力发电机组的绿色设计产品评价指标应按照 GB/T 32161-2015 从资源能源消耗，以及对

环境和人体健康造成影响的角度选取，包括资源属性、能源属性、环境属性和产品属性，评价指标见表 1，评价指标计算方法见附录 A。

表 1 齿轮传动风力发电机组评价指标

一级指标	二级指标	单位	基准值/要求	判定依据
资源属性	原材料可回收利用率	%	$\geq 86\%$	依据附录 B.1 计算并披露原材料可回收利用率的计算过程
	单位发电量的原材料消耗量	t/kwh	不大于 0.004	依据附录 B.2 计算并披露单位发电量的原料消耗量的计算过程
能源属性	风电机组能耗设计与 管理	瓦 (W)	运行温度在 20℃至 30℃时，整机额定功率下，机组 1 小时平均耗电 $\leq 2\%Pr$ ； 待机（空转）1 小时平均耗电 $\leq 0.3\%Pr$ （Pr 为额定功率）	在风力发电机组二次侧用电关口处加装电能表计量整机能耗，并提供报告说明采取的节能降耗措施及取得的效果评价满足基准值要求
	发电系统效率	—	$\geq 95\%$	发电机效率乘以变流器效率
	风能转化为机械能的 传动效率	—	$\geq 46.6\%$	叶片气动效率乘以齿轮箱的效率
环境属性	产品碳足迹	kgCO <sub>2</sub> eq/ kwh	$\leq 0.0387$	依据 B.3 计算
	整机运行噪声	dB (A)	$\leq 110$	按照 GB/T 22516 的方法测量，提供检测报告
	零部件的环保(如回收性)说明	—	在使用说明书等随机文件中说明了主要产品零部件的材料类别及受限物质符合性声明及环保使用期限	提供零部件环保符合性说明材料
	风电机组报废处理	—	编制风电机组废弃时的处理方案	提供方案，内容至少应包含： 风电机组拆解技术指导信息、含有毒有害物质或有危险零部件的处理、可使用、再制造、再利用零部件的处理、其它废弃物的无害化处理
	光影污染反光率	—	机组叶片塔架等反光率的考虑，防止光污染。1.叶片反光率 $\leq 30\%$ ；2.机舱、塔架、叶轮、发电机（直驱）60°入射角几何条件下的反光率 60-80 单位	提供光污染预防措施及解决方案。设计参照标准 GB/T 9754
	施工环境污染	—	开展施工过程环境影响评价，制定环境污染预防措施，预防由于施工所造成的环境影响。	提供施工过程环境影响评价及污染防治措施证明材料
产品属性	故障电压穿越性能	—	按照 GB/T 36995 测试风电机组故障穿越性能	提供第三方机构出具的测试报告

一级指标	二级指标	单位	基准值/要求	判定依据
	电网适应性		按照 GB/T 36994 测试风电机组电网适应性	提供第三方机构出具的测试报告
	机组可利用率	—	≥99%	依据 GB/Z 35482 风力发电机组 时间可利用率

## 7 评价流程

齿轮传动风力发电机组的绿色设计评价流程应包括界定评价范围、收集数据、分析数据、符合性评价、全生命周期评价及评价报告、结论，具体见图 1：

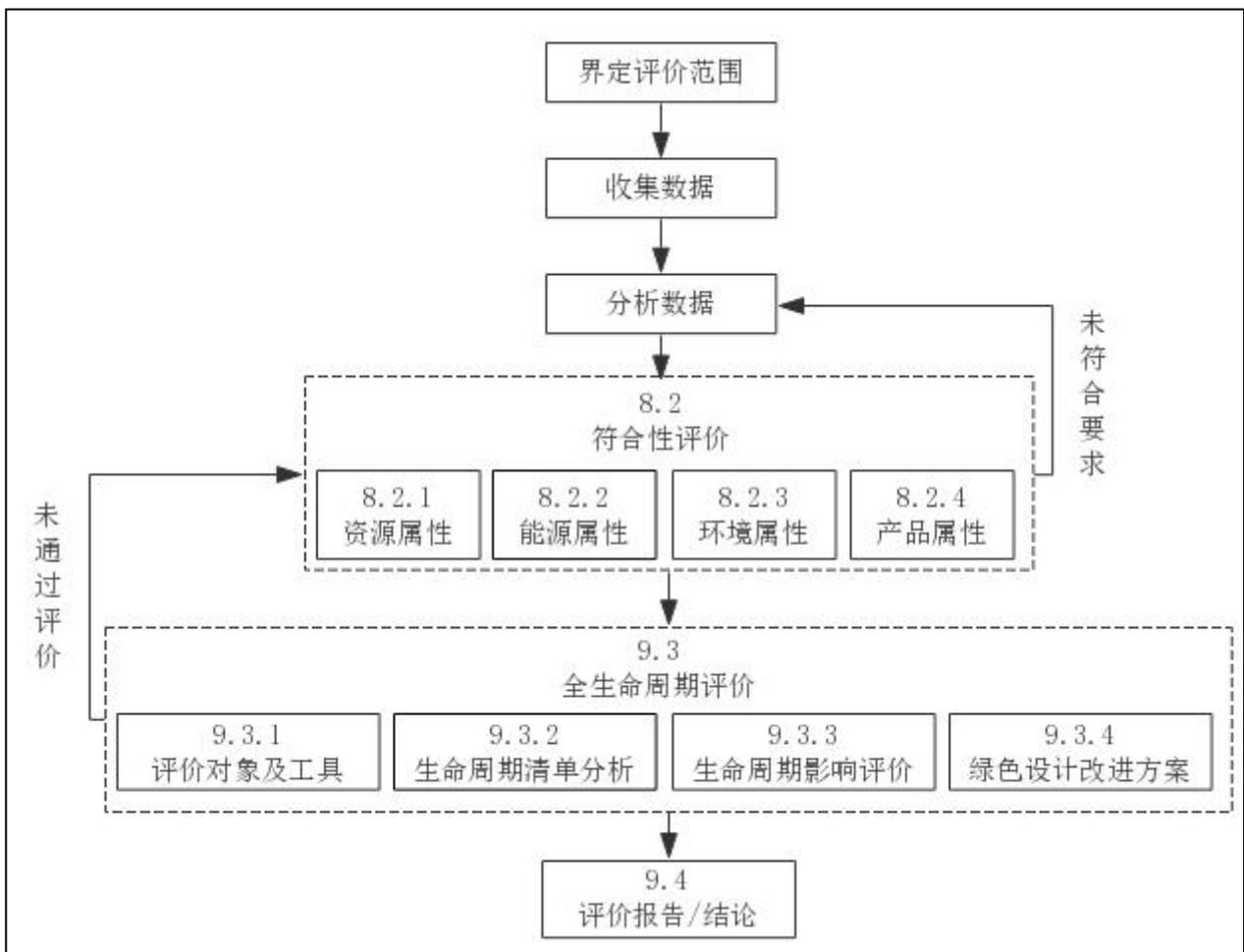


图 1 齿轮传动风力发电机组绿色设计评价流程

## 8 评价要求

### 8.1 基本评价

8.1.1 评价系统边界界定应包括原辅料采购、原辅料准备、产品生产和运输阶段，见图2。

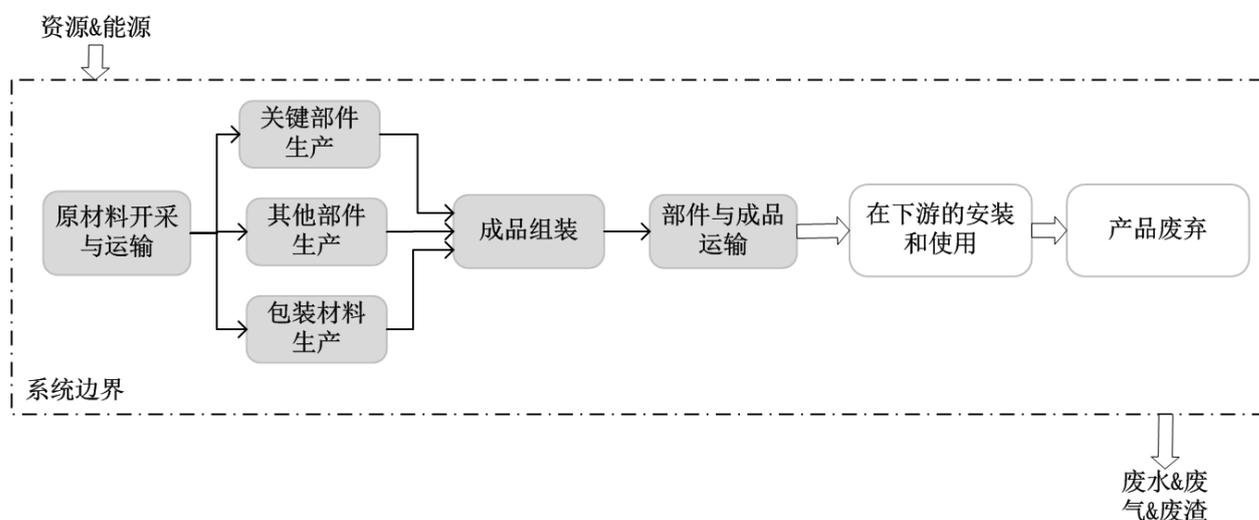


图2 齿轮传动风力发电机组生命周期评价系统边界

8.1.2 生产企业的污染物排放应达到国家或地方污染物排放标准要求，且近三年无重大质量、安全和环境污染事故。

8.1.3 生产企业应采用国家鼓励的先进技术工艺、装备，不应使用国家或有关部门发布的淘汰或禁止的技术、工艺、装备。

8.1.4 生产企业应达到 GB/T 19001、GB/T 24001、GB/T 28001 三个管理体系（质量管理体系、环境管理体系和职业健康安全管理体系）的要求，并同时按 GB/T 23331 的要求逐步建立企业能源管理等体系。

8.1.5 生产企业应按照 GB/T 24256 的相关要求开展产品绿色设计工作，设计工作在考虑环境要求的同时，还应考虑产品的耐用性、可靠性、可维修性、可重复使用性、可再制造性和易回收性等，应形成产品绿色设计方案。

8.1.6 生产企业应按照 GB/T 33635—2017 的要求开展绿色供应链管理，并对产品主要原材料供应方、生产协作方、相关服务方等提出相关质量、环境、能源和安全等方面的管理要求。

8.1.7 生产企业应按照 GB 17167 要求配备能源计量器具，按照 GB 24789 要求配备水计量器具。

## 8.2 符合性评价

### 8.2.1 资源属性评价

资源属性评价要求依据 GB/T 32161-2015 中 5.2.2.1 相关条款评价。评价指标包括原材料可回收利用率、单位发电量的原材料消耗量、包装、轻量化设计、有害物质等指标，具体情况见表1。

### 8.2.2 能源属性评价

能源属性评价要求依据 GB/T 32161-2015 中 5.2.2.2 相关条款评价。评价指标包括机组能耗管理、

发电系统效率、风能转化为机械能的传动效率等指标，具体情况见表 1。

### 8.2.3 环境属性评价

环境属性评价要求依据 GB/T 32161-2015 中 5.2.2.3 相关条款评价。评价指标包括产品碳足迹、电磁场污染、零部件的环保（如回收性）说明、风电机组废弃时的处理方案、含限用物质、有害或危险废弃物的废弃处理、光污染、施工环境污染等指标，具体情况见表 1。

### 8.2.4 产品属性评价

产品属性评价要求依据 GB/T 32161-2015 中 5.2.2.4 相关条款评价。评价指标包括产品安全性、噪声、机组可修复再制造、机组可利用率等指标，具体情况见表 1。

## 9 评价报告

### 9.1 基本信息

报告应提供报告信息、企业信息、评估对象信息、采用的标准信息等基本信息，其中报告信息包括报告编号、编制人员、审核人员、发布日期等，企业信息包括公司全称、组织机构代码、地址、联系人、联系方式等。在报告中应标注齿轮传动风力发电机组的主要技术参数和功能，包括生产厂家、使用说明、产品简图、产品重量、包装和材质。在报告中应包括以下内容：

- (1) 企业采用的先进技术工艺和装备；
- (2) 企业节能、节水、减污、资源综合利用等方面的措施和成效；
- (3) 企业在产品开发及节能减排方面的研发成果及专利；
- (4) 其他。

### 9.2 符合性评价

报告中应提供对基本要求和评价指标要求的符合性情况，并提供所有评价指标报告期比基期改进情况的说明。其中报告期为当前评价的年份，一般是指产品参与评价年份的上一年；基期为一个对照年份，一般比报告期提前1年。

### 9.3 生命周期评价

#### 9.3.1 评价对象及工具

报告中应详细描述评估的对象、功能单位和产品主要功能，提供产品的材料构成及主要技术参数表，绘制并说明产品的系统边界，披露所使用的软件工具。

#### 9.3.2 生命周期清单分析

报告中应说明包含的生命周期阶段，说明每个阶段所包含的各项消耗与排放清单数据、以及生命周期模型所使用的背景数据，涉及到副产品分配的情况应说明分配方法和分配系数。

#### 9.3.3 生命周期影响评价

报告中应提供产品生命周期各阶段的不同影响类型的特征值，并对不同影响类型在各生命周期阶段的分布情况进行比较分析。

#### 9.3.4 绿色设计改进方案

在分析指标的符合性评价结果以及生命周期评价结果的基础上，提出齿轮传动风力发电机组绿色设计改进的具体方案。

#### 9.4 评价报告主要结论

报告应说明齿轮传动风力发电机组对评价指标的符合性结论、生命周期评价结果、提出的改进方案，并根据评价结论初步判断该产品是否为绿色设计产品。

#### 9.5 附件

评价报告中应在附件中提供如下文件：

- 1) 产品生产材料清单；
- 2) 产品工艺表（产品生产工艺过程等）；
- 3) 各工艺过程的数据收集表；
- 4) 其他。

### 10 文档管理

10.1 存档内容应包括自我评价报告、生命周期评价报告、专家评价结论、相关评价依据、重要数据。

10.2 存档文件的保存期限应至少 5 年。

## 附录 A

### (资料性附录)

### 生命周期评价方法

#### A.1 目的与范围定义

##### A.1.1 评价目的

评价目的是评价齿轮传动风电机组生产、运输到出售的过程中对环境造成的影响，通过评价齿轮传动风电机组全生命周期的环境影响大小，提出绿色设计改进方案，从而提升齿轮传动风电机组的环境友好性。

##### A.1.2 评价范围

根据评价目的确定评价范围，确保两者相适应。定义生命周期评价范围时，应考虑以下内容并作出清晰描述。

###### A.1.2.1 功能单位

功能单位必须是明确规定并且可测量的。本部分以“1套齿轮传动风电机组，设计运行参考寿命为陆上风电机组 20 年”为功能单位来表示和评价。

###### A.1.2.2 系统边界

本附录界定的齿轮传动风电机组生命周期系统边界，分以下几个阶段：原辅料与能源开采、运输、生产阶段，其中可选的生命周期阶段包括下游的安装和使用以及产品废弃处理阶段，具体生命周期阶段见图 A.1。

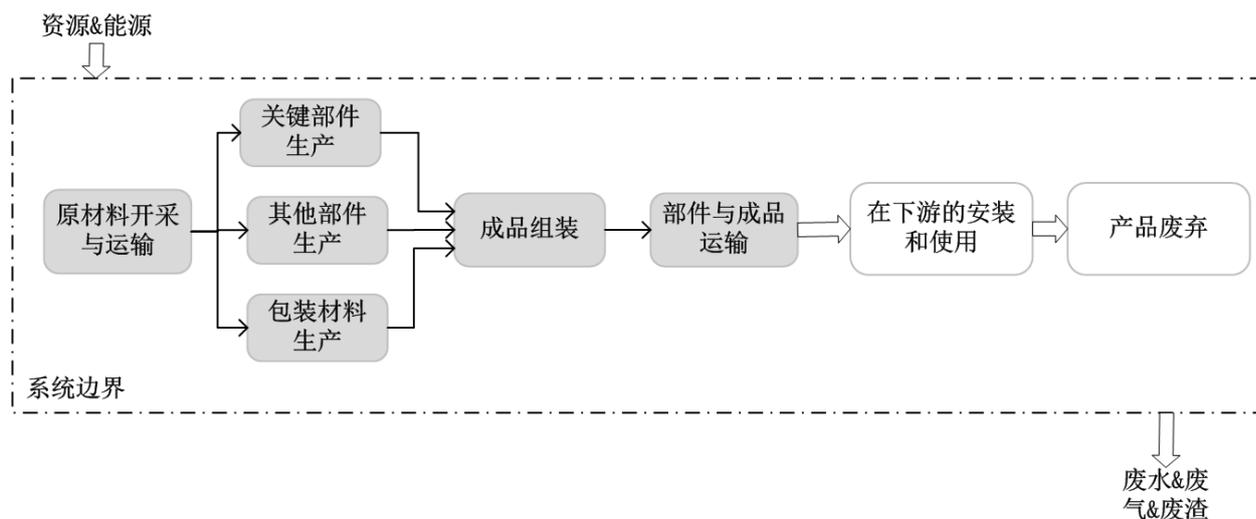


图 A.1 齿轮传动风电机组生命周期系统边界图

生命周期评价的覆盖时间应在规定的期限内。数据应反映具有代表性的时期（取最近三年内，最短一年周期的有效值）。如果未能取得三年内有效值，应做具体说明。原材料数据应是在参与产品的生产

和使用的地点/地区。生产过程数据应是在最终产品的生产中所涉及的地点/地区。对于可选阶段（安装、使用以及报废阶段）的数据，按照发电机的实际使用参考年限，依据设计参数及可靠场景进行合理假设输入输出，开展 LCA 评估计算。

### A. 1. 2. 3 取舍原则

单元过程数据种类很多，应对数据进行适当的取舍，原则如下：

- a) 能源的所有输入均列出；
- b) 原料的所有输入均列出，小于原料总质量 0.3% 的项目输入可忽略；
- c) 辅助材料质量小于原料总消耗 0.3% 的项目输入可忽略；
- d) 大气、水体的各种排放均列出；
- e) 小于固体废弃物排放总量 1% 的一般性固体废弃物可忽略；
- f) 道路与厂房的基础设施、各工序的设备、厂区内人员及生活设施的消耗和排放，均忽略；
- g) 任何有毒有害材料和物质均应包含于清单中，不可忽略。

## A. 2 生命周期清单分析

### A. 2. 1 总则

应编制齿轮传动风力发电机组系统边界内的所有材料/能源输入、输出清单，作为产品生命周期评价的依据。如果数据清单有特殊情况、异常点或其他问题，应在报告中明确说明。

当数据收集完成后，应对收集的数据进行审定。然后，确定每个单元过程的基本流，并据此计算出单元过程的定量输入和输出。此后，将每个单元过程的输入输出数据除以产品的产量，得到功能单位（即每套齿轮传动风电机组）的资源消耗和环境排放。最后，将产品各单元过程中相同的影响因素的数据求和，以获取该影响因素的总量，为产品级的影响评价提供必要的数据库。

### A. 2. 2 数据收集

齿轮传动风力发电机组生命周期清单分析应根据产品包含的生产过程，从 A. 2. 4. 1 中选择对应单元过程的数据收集表进行数据的收集和整理。主要包括现场数据的收集和背景数据的选择。

#### A. 2. 2. 1 概况

根据 A. 1. 2. 2 生命周期系统边界的选择，相应地应将以下要素纳入数据清单：

- a) 原材料采购和预加工；
- b) 生产；
- c) 产品分配和储存；
- d) 使用阶段（可选）；
- e) 原材料运输（必选）以及产品运输至安装场所（可选）；
- f) 寿命终止的处置（可选）。

生命周期评价所需数据分为两类：现场数据和背景数据。主要数据尽量使用现场数据，如果“现场数据”收集缺乏，可以选择“背景数据”。

现场数据是在现场具体操作过程中收集，主要包括生产过程的能源与水消耗、产品原材料的使用量、

产品主要包装材料的使用量和废弃物产生量等。现场数据还应包括运输数据，即产品原料、主要包装等从制造地点到最终交货点的运输距离。

背景数据应当包括主要原料的生产数据、电力供应数据（如火力、水、风力发电等）、不同运输类型造成的环境影响以及产品成分在环境中降解或在本企业污水处理设施内处理过程的排放数据。

#### A. 2. 2. 2 现场数据收集

应描述代表某一特定设施或设施的活动而直接测量或收集的数据相关采集规程。可直接对过程进行测量或者通过采访或问卷调查从经营者处获得的测量值为特定过程最具代表性的数据来源。

现场数据的质量要求包括：

- a) 代表性：现场数据应按照企业生产单元收集所确定范围内的生产统计数据。
- b) 完整性：现场数据应采集完整的生命周期要求数据。
- c) 准确性：现场数据中的资源、能源、原材料消耗数据应该来自于生产单元的实际生产统计记录；环境排放数据优先选择相关的环境监测报告，或由排污因子或物料平衡公式计算获得。所有现场数据均须转换为单位产品，即每吨产品为基准计算，且需要详细记录相关的原始数据、数据来源、计算过程等。
- d) 一致性：企业现场数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径、处理规格等。典型现场数据来源包括：

- 齿轮传动风电机组的原材料采购和预加工；
- 齿轮传动风电机组的原材料由原材料供应商运输至生产商处的运输数据；
- 齿轮传动风电机组原材料分配及用量数据；
- 齿轮传动风电机组包装材料数据，包括原材料包装数据；
- 齿轮传动风电机组生产及组装过程的能耗、水耗等资源消耗以及污染物排放数据；

#### A. 2. 2. 3 背景数据选择

背景数据不是直接测量或计算而得到的数据。所使用数据的来源应有清楚的文件记载并载入产品生命周期评价报告。

背景数据的质量要求包括：

- a) 代表性：背景数据应优先选择企业的原材料供应商提供的符合相关LCA标准要求的、经第三方独立验证的上游产品LCA报告中的数据。若无，须优先选择代表中国国内平均生产水平的公开LCA数据，数据的参考年限应优先选择近年数据。在没有符合要求的中国国内数据的情况下，可以选择国外同类技术数据作为背景数据。
- b) 完整性：背景数据的系统边界应该从资源开采到原辅材料或能源产品出厂为止。
- c) 一致性：所有被选择的背景数据应完整覆盖本部分确定的生命周期清单因子，并且应将背景数据转换为一致的物质名录后再进行计算。

#### A. 2. 2. 4 原材料采购和预加工

该阶段始于从大自然提取资源，结束于原料进入产品生产设施，包括：

- a) 开采和提取；
- b) 材料预加工；
- c) 转换回收的材料；
- d) 提取或与加工设施内部或与加工设施之间的运输。

#### A. 2. 2. 5 生产

该阶段始于齿轮传动风电机组进入生产设施，结束于产品离开生产设施。生产活动包括化学处理、物理处理、制造、制造过程中半成品的运输、材料组成包装等。

#### A. 2. 2. 6 产品分配（可选）

该阶段将齿轮传动风电机组分配给各地经销商，可沿着供应链将其储存在各点，包括运输车辆的燃料使用等。

#### A. 2. 2. 7 使用阶段（可选）

该阶段始于发电机组投入发电，结束于发电机组寿命终止开始报废的过程。

#### A. 2. 2. 8 寿命终止（可选）

该阶段始于齿轮传动风电机组报废，结束于产品寿命结束后的运输、处理处置过程。

#### A. 2. 2. 9 物流

应考虑运输参数包括运输方式、车辆类型、燃料消耗量、装货速率、回空数量、运输距离、根据负载限制因素（即高密度产品质量和低密度产品体积）的商品运输分配以及燃料用量。

#### A. 2. 2. 10 用电量计算

对于产品系统边界上游或内部消耗的电力，应使用区域供应商数据。

### A. 2. 3 数据分配

在进行齿轮传动风电机组生命周期评价的过程中涉及到数据分配问题，特别是齿轮传动风电机组的生产环节。对于齿轮传动风电机组生产而言，由于厂家往往同时生产多种类型的产品，一条工艺线上或一个车间里会同时生产多种规模齿轮传动风电机组。很难就某一个配方的产品生产来收集清单数据，往往会就某个车间、某条工艺线来收集数据，然后再分配到具体的产品上。针对齿轮传动风电机组生产阶段，因生产的产品主要成分相对一致，因此本研究选取“重量分配”作为分摊的比例，即重量越大的产品，其分摊额度就越大。

### A. 2. 4 生命周期影响评价

#### A. 2. 4. 1 数据分析

根据表A. 1—表A. 7对应需要的数据进行填报：

a) 现场数据可通过企业调研、上游厂家提供、采样监测等途径进行收集，所收集的数据要求为企业三年内其中一年或者更长时间的平均统计数据，并能够反映企业的实际生产水平。

b) 从实际调研过程中无法获得的数据，即背景数据，采用相关数据库进行替代，在这一步骤所涉及的单元过程包括齿轮传动风电机组行业相关原材料生产、包装材料、能源消耗以及产品的运输。

表 A. 1 原材料成分、用量及运输清单

制表人：                      制表日期：                      起始时间： 年 月 日至 年 月 日

原材料	单位产品原料含量	单位产品原料消耗	原材料产地	运输方式	运输距离/km
-----	----------	----------	-------	------	---------

	/%(每台)	量(每台)			
钢铁					
铝合金					
铜合金					
油漆涂料					
复合材料					
.....					

表 A.2 生产过程所需清单

制表人： 制表日期： 起始时间： 年 月 日至 年 月 日

能源种类	单位	统计周期内总消耗量	单位产品消耗量(每台)
电	kwh		
天然气	m <sup>3</sup>		
柴油	L		
汽油	L		
.....			

表 A.3 包装过程所需清单

制表人： 制表日期： 起始时间： 年 月 日至 年 月 日

材料	总消耗量	单位产品消耗量(每台)
钢铁		
聚乙烯		
聚丙烯		
.....		

表 A.4 使用过程物质消耗清单

制表人： 制表日期： 起始时间： 年 月 日至 年 月 日

材料	单位	单位产品消耗量(每台)
电力	kwh	
冷却剂	Kg	
润滑油	Kg	
润滑脂	Kg	
.....		

表 A.5 生产及使用过程排放清单

制表人： 制表日期： 起始时间： 年 月 日至 年 月 日

排放种类	排放污染物描述	单位	单位产品排放量（每台）
水污染物 （间接排 放）	纳管排放的污水里污染 物质的种类，数量	kg	
水污染物 （直接排 放）	直接排放到地表或江河 湖海的污水里污染物质 的种类，数量	kg	
大气污染 物	如 SO <sub>2</sub> ， NO <sub>x</sub> 等	L	
固废	一般废弃物	Kg	
危废	如废油	Kg	
.....			

表 A.6 运输过程所需清单

制表人： 制表日期： 起始时间： 年 月 日至 年 月 日

过程	运输方式	运输距离/km	单位产品运距/（t*km（每台）
从生产地到总经销商			
从总经销商到分经销商			
从生产地到分经销商的总 运输距离			

齿轮传动风电机组成分在环境中分解过程的排放相关的排放因子如表 A.5 所示。

表 A.7 废弃物处理过程物质输出清单

制表人： 制表日期： 起始时间： 年 月 日至 年 月 日

废弃物种类	单位	排放量（每台）	处置类型 回收/再制造/焚 烧/填埋	运输距离
废钢板	kg			
废铝屑	kg			

总氮	L			
总磷	L			
二氧化硫	L			
氮氧化物	L			
.....				

#### A.2.4.2 清单分析

所收集的数据进行核实后，利用生命周期评价软件进行数据的分析处理，用以建立生命周期评价科学完整的计算程序。目前生命周期评价软件有SimaPro，一米一LCA平台等，企业可根据实际情况选择软件。通过建立各个过程单元模块，输入各过程单元的数据，可得到全部输入与输出物质和排放清单，选择表A.8各个清单因子的量（以kg为单位），为分类评价做准备。

### A.3 环境影响评价

#### A.3.1 环境影响类型

环境影响类型分为资源能源消耗、生态环境影响和人体健康危害三大类。齿轮传动风电机组产品的环境影响类型采用化石能源消耗、气候变化、酸化效应、富营养化、光化学烟雾和人体健康危害6个指标。

#### A.3.2 清单因子归类

根据清单因子的物理化学性质，将对某环境影响类型有贡献的因子归到一起，见表A.9。例如，将对气候变化有贡献的二氧化碳、甲烷等清单因子归到气候变化影响类型里面。

表 A.8 齿轮传动风电机组产品生命周期清单因子归类

影响类型	清单因子归类
化石资源消耗	煤、石油、天然气、
气候变化	CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O
富营养化	NO <sub>x</sub>
人体健康危害	烷基酚聚氧乙烯醚、颗粒物
酸化效应	SO <sub>2</sub> 、NO <sub>2</sub> 、H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 、NH <sub>3</sub>
光化学烟雾	CO、NO <sub>x</sub>

#### A.3.3 分类评价

计算出不同影响类型的特征化模型。分类评价的结果采用表B.9中的当量物质表示。

表 A.9 齿轮传动风电机组产品生命周期影响评价

影响类别	单位	指标参数（举例）	特征化因子
化石资源消耗	铈当量 · kg <sup>-1</sup>	Sb	1
		煤	5.69 × 10 <sup>-8</sup>
		石油	1.42 × 10 <sup>-4</sup>
		天然气	1.42 × 10 <sup>-4</sup>
气候变化	CO <sub>2</sub> 当量 · kg <sup>-1</sup>	CO <sub>2</sub>	1

		CH <sub>4</sub>	25
富营养化	NO <sub>3</sub> -当量 · kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>	1
人体健康危害	1, 4-二氯苯当量 · kg <sup>-1</sup>	SO <sub>x</sub>	0.096
		颗粒物	0.82
酸化效应	SO <sub>2</sub> 当量 · kg <sup>-1</sup>	SO <sub>2</sub>	1
光化学烟雾	NO <sub>x</sub> 当量 · kg <sup>-1</sup>	NO <sub>x</sub>	1

#### A.3.4 计算方法

影响评价结果计算方法见式 B-1

$$EP_i = \sum EP_{ij} = \sum Q_j \times EF_{ij} \dots\dots\dots(A.1)$$

式中：

EP<sub>i</sub>——第 i 中影响类型特征化值；

EP<sub>ij</sub> ——第 i 种影响类别中第 j 种清单因子的贡献；

Q<sub>j</sub>——第 j 种清单因子的排放量；

EF<sub>ij</sub>——第 i 种影响类型中第 j 种清单因子的特征化因子。

附录 B  
(规范性附录)  
指标计算方法

B.1 原材料可回收利用率

产品在废弃阶段的原材料可回收利用率，考虑的主要部件有轮毂、机舱、塔筒。按公式 B-1 计算：

$$L = \frac{M_i}{M_c} \dots \dots \dots (B.1)$$

式中：

L——1 台齿轮传动风电机组的原材料可回收利用率，单位为百分比（%）；

$M_i$  ——一台齿轮传动风电机组中主要部件（轮毂、机舱、塔筒）中回收的原材料总量，单位为吨（t）；

$M_c$  ——一台齿轮传动风电机组中主要部件（叶片、轮毂、机舱、塔筒）的总重，单位为吨（t）。

## B.2 风电机组单位发电量的原材料消耗量

发电机组单位发电量的原材料消耗量按公式 B-2 计算:

$$R = \frac{G}{P_c} \dots\dots\dots(B.2)$$

式中:

R——风电机组单位发电量的原材料消耗量, t/kWh;

G——单位产品原材料总重, 吨 (t);

$P_c$  ——在寿命内 (陆上风电机组 20 年) 一台产品发电量 (kW·h), 发电时间按年等效满负荷运行时数 2100h 计算。

## B.3 单位产品碳足迹

单位产品碳足迹按公式 A-2 计算:

$$C_{ui} = \frac{C_i}{P_c} \dots\dots\dots(B.3)$$

式中:

$C_{ui}$ ——单位产品碳足迹, kg/ kWh;

$C_i$  ——一台产品在寿命内 (海上风电机组 25 年, 陆上风电机组 20 年) 从原材料获取到报废的生命周期阶段所造成的碳排放量, kg CO<sub>2</sub> 当量;

$P_c$  ——在寿命内 (海上风电机组 25 年, 陆上风电机组 20 年) 一台产品发电量 (kW·h), 发电时间按年等效满负荷运行时数 2100h 计算。

## 参考文献

工信厅节函〔2016〕586号:《工业和信息化部办公厅关于开展绿色制造体系建设的通知》

---