

ICS 27.180

F 11

团 体 标 准

T/CMIF 57-2019

T/CEEIA 387-2019

---

# 绿色设计产品评价技术规范 直驱永磁风力发电机组

Technical specifications for green-design product assessment

Wind turbine of direct drive permanent magnet

2019 - 12 - 03 发布

2019 - 12 - 31 实施

---

中国机械工业联合会 发布



## 目 次

目 次.....	I
前 言.....	II
引 言.....	III
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.....	3
5 评价方法.....	3
6 评价指标.....	3
7 评价流程.....	5
8 评价要求.....	5
9 评价报告.....	7
10 文档管理.....	8
附 录 A （资料性附录） 直驱永磁风力发电机组生命周期评价方法.....	9
附 录 B （规范性附录） 指标计算方法.....	16
附 录 C （规范性附录） 生命周期现场数据收集清单表.....	18
参考文献.....	20
图 1 直驱永磁风力发电机组绿色设计评价流程.....	5
图 2 直驱永磁风力发电机生命周期评价系统边界.....	6
表 1 直驱永磁风力发电机组评价指标.....	3

## 前 言

本标准依据GB/T 1.1—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：新疆金风科技股份有限公司、北京金风科创风电设备有限公司、北京天诚同创电气有限公司、中国农业机械化科学研究院呼和浩特分院有限公司、湘电风能有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、山东国创风能装备有限公司、北京鉴衡认证中心有限公司、中国农业机械工业协会风能设备分会、北京天润新能投资有限公司。

本标准主要起草人：杨炯明、黎焱、李立山、周连俊、成艳梅、阳雪兵、王璟、刘登峰、韩笑、任君、时伟、刘政、徐涛、张朝。

本部分为首次发布。

## 引 言

绿色设计产品是指按照产品全生命周期绿色管理理念，遵循能源资源消耗最低化、生态环境影响最小化、可再生率最大化原则生产的产品，是绿色制造体系的重要组成部分，作为绿色制造的最终产出，它与消费者结合最为紧密。大力开展工业产品绿色设计是实现经济增长方式转变和可持续发展的重要举措，也是加快推动我国工业绿色发展的重要内容。

直驱永磁风力发电机组具有发电效率高、可靠性高、运行及维护成本低、电网接入性能优异等优点，是目前风力发电装备市场上主力发展的大型风力发电机组装备类型。制定直驱永磁发电机组绿色设计产品评价技术规范，有利于推动直驱永磁风力发电机组生产行业的绿色化发展，带动生产企业生产制造绿色程度更高的直驱永磁风力发电机组，实现风力发电全生命周期绿色发展。

为规范陆地直驱永磁风力发电机组，从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规范，特制定本标准。



# 绿色设计产品评价技术规范 直驱永磁风力发电机组

## 1 范围

本标准规定了直驱永磁风力发电机组绿色设计产品评价的评价原则、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。

本标准适用于直驱永磁风力发电机组绿色设计产品全生命周期的评价。

## 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。

- GJB 451A 可靠性维修性保障性术语
- GB/T 2589 综合能耗计算通则
- GB/T 9754 色漆和清漆 不含金属颜料的色漆漆膜的 20°、60° 和 85° 镜面光泽的测定
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB/T 19001 质量管理体系 要求
- GB/T 20319 风力发电机组 验收规范
- GB/T 20862 产品可回收利用率计算方法导则
- GB/T 22516 风力发电机组 噪声测量方法
- GB/T 23331 能源管理体系 要求
- 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 28001 职业健康安全管理体系 要求
- GB/T 31518.1 直驱永磁风力发电机组
- GB/T 32161 生态设计产品评价通则
- GB/T 33635 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

**直驱永磁风力发电机组** direct-drive permanent magnet type wind turbine generator system

T/CMIF 57-2019

T/CEEIA 387-2019

采用永磁发电机且风轮与永磁发电机耦合的风力发电机组。

[GB/T 31518.1-2015, 定义 3.2]。

### 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]。

### 3.4

**产品单位千瓦综合能耗 comprehensive energy consumption for unit kilowatt value of product**

统计报告期内，用能单位生产某种产品单位千瓦的综合能耗。

综合能耗以标准煤当量来统计。tce(ton of standard coal equivalent)是 1 吨标准煤当量，是按标准煤的热值计算各种能源量的换算指标(标准煤是为了便于相互对比和在总量上进行研究而定为低位发热量 7000 大卡/kg 的能源标准)。

### 3.5

**平均故障间隔时间 mean time between failure (MTBF)**

可修复产品的一种基本可靠性参数。其度量方法为：在规定的条件下和规定的期间内，产品寿命单位总数与故障总次数之比。

[GJB 451A-2005, 定义 2.5.2.14]。

### 3.6

**可回收利用率 recoverability rate**

新产品中能够被回收利用部分（包括再使用部分、再生利用部分和能量回收部分）的质量之和占新产品质量的百分比。

[GB/T 20862-2007, 定义 3.2]。

### 3.7

**可再利用率 recyclability rate**

新产品中能够被再利用部分（包括再使用部分、再生利用部分，但不包括能量回收部分）的质量之和占新产品质量的百分比。

### 3.8

**可利用率 availability**

给定时间段内，风力发电机组在设计规范范围内执行预期服务的运行时间所占的比例。

[GB/Z 35482-2017, 定义 3.1.1]。



## 4 评价原则

### 4.1 科学性

直驱永磁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

直驱永磁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

直驱永磁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。

### 4.5 总则

4.5.1 生产企业应采用国家鼓励的先进技术和工艺，不得使用国家或有关部门发布的淘汰或禁止的技术、工艺、装备及相关物质；

4.5.2 参与绿色设计产品评价的直驱永磁风力发电机组产品，其基本性能应符合相应国家或行业标准的规定，并满足设计和使用的要求；

4.5.3 直驱永磁风力发电机组的绿色设计评价应考虑整个生命周期各阶段的资源消耗、生态环境、人体健康影响因素，选取不同阶段的、可评价的指标构成评价指标体系，包括资源属性、能源属性、环境属性和产品属性评价指标。

4.5.4 在满足评价指标要求的基础上，采用生命周期评价方法，编制生命周期评价报告并作为评价绿色设计产品的必要条件。

## 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

直驱永磁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 B。

表 1 直驱永磁风力发电机组评价指标

一级指标	二级指标	基准值	判定依据	所属生命周期阶段
------	------	-----	------	----------

一级指标	二级指标	基准值	判定依据	所属生命周期阶段
资源属性	单位扭矩重量 (kg/kNm)	≤30 kg/kNm	依据附录 B.2 计算	产品开发
	可回收利用率	≥98%	依据附录 B.3.1 计算	产品报废
	可再利用率	≥85%	依据附录 B.3.2 计算	产品报废
能源属性	风电机组能耗设计与管理	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 ≤ 2%Pr; 待机(空转) 1 小时平均耗电 ≤ 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	产品开发/产品运行
	单位千瓦能耗	单位千瓦能耗 ≤ 0.001tce/kW	1.按照 C.3 对生产耗能进行统计 2.定量指标满足基准值要求	产品运行
环境属性	整机运行噪音	按照 GB/T 20319 中的 7.2 条选项 g 的要求: 机组在输出功率为 1/3 额定功率时排放的噪声(等效声功率级)应小于或等于 110dB (A)	按 GB/T 22516 的方法测量, 提供检测报告	产品开发/产品运行
	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 ≤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。	提供光影污染控制与解决方案。设计参照标准 GB/T 9754	产品开发
	产品碳足迹	≤0.0387 kgCO <sub>2</sub> eq/ kWh	依据 B.4 计算	产品运行
	度电废弃物排放量	≤3.8×10 <sup>-4</sup> kg/kWh	依据 B.5 计算	产品运行
	风电机组报废处理	编制风电机组废弃时的处理方案	方案至少应包含: 拆解技术指导信息、可使用、可再制造、再利用零部件的处理、其他废弃物的无害化处理	产品报废
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	产品开发/产品运行
	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	产品开发/产品运行
	机组可利用率	≥99%	依据 GB/Z 35482 风力发电机组 时间可利用率	产品开发/产品运行

一级指标	二级指标	基准值	判定依据	所属生命周期阶段
	平均故障间隔时间	$\geq 4000h$	依据 B.6 计算	产品开发/产品运行

## 7 评价流程

直驱永磁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：

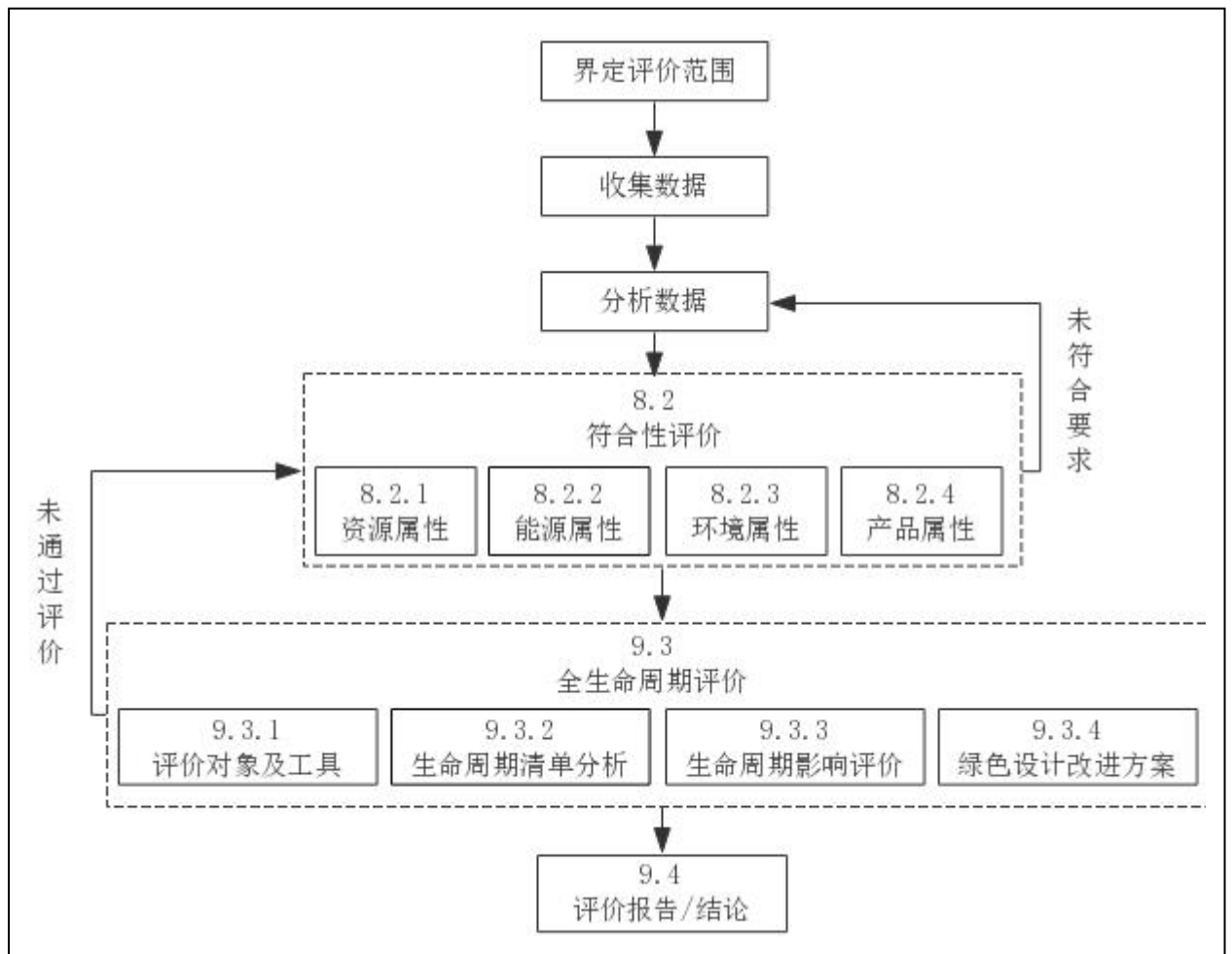


图 1 直驱永磁风力发电机组绿色设计评价流程

## 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、产品生产和后处理阶段，见图 2。

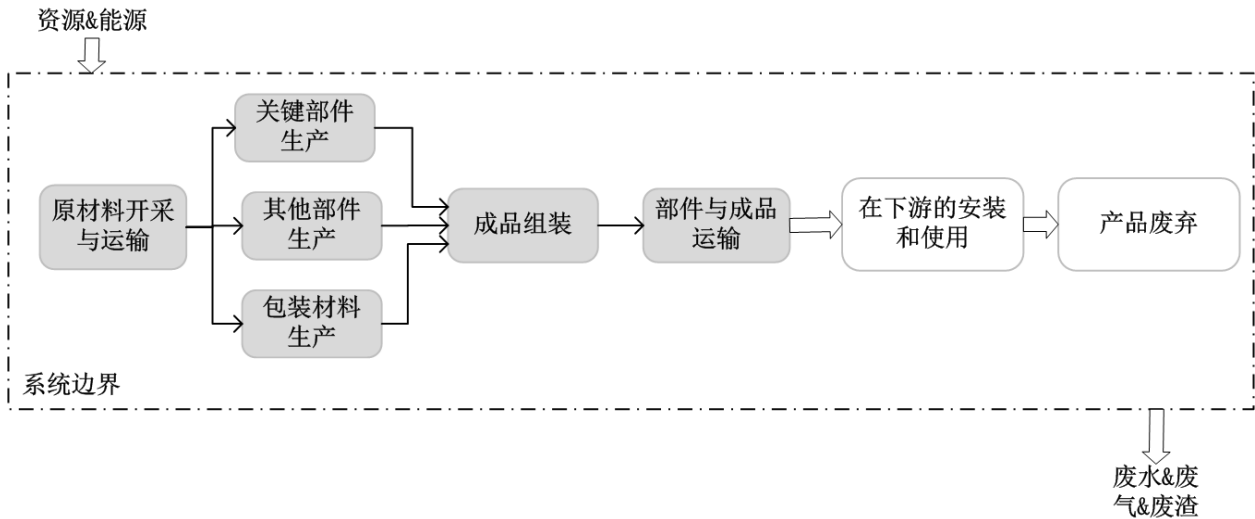


图 2 直驱永磁风力发电机生命周期评价系统边界

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 生产企业宜按照 GB/T 33635 绿色供应链管理标准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。

### 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。

### 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。

### 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。

## 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。在报告中应标直驱永磁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

T/CMIF 57-2019

T/CEEIA 387-2019

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,提出直驱永磁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

报告应说明直驱永磁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)

#### 直驱永磁风力发电机组生命周期评价方法

##### A.1 目的

分析直驱永磁风力发电机组从系统装配、销售运输、使用、维修到报废回收的生命周期各阶段过程中对资源、能源及环境造成的影响，通过大量重点数据的收集，评价生命周期环境影响大小，改进直驱永磁风力发电机组的设计和产品结构改善的途径和措施，优化原材料选择、产品设计和制造方案，提出生态化改进方案，从而大幅提升产品的生态友好性。

##### A.2 范围

应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，应考虑以下内容并做出清晰描述。

###### A.2.1 过程单元和基本流

本标准以单台直驱永磁风力发电机组为功能单位进行评价，需要说明直驱永磁风力发电机组的主要加工对象、加工范围、执行的主要标准（预期质量水平）以及正常使用条件下的产品寿命。

###### A.2.2 系统边界

本标准界定的产品生命周期系统边界包括：生产、使用、维修、废弃处理等从资源开采到废弃处理为止阶段的生命周期。

生命周期研究的时间应在规定的期限内。数据应反映具有代表性的时期（取最近一年内有效值）。如果未能取到最近一年内有效值，应做具体说明。

原材料数据采集应在参与产品的生产和使用的地点/地区。

生产过程数据采集应在产品的生产中所涉及的地点/地区。

###### A.2.3 数据取舍原则

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：

- 能源的所有输入均列出；
- 原料的所有输入均列出；
- 任何有毒有害的材料和物质均应包含于清单中，不可忽略；
- 辅助材料质量小于原料总消耗 0.3% 的项目输入可忽略；
- 大气、水体的各种排放均列出；
- 小于固体废弃物排放总量 1% 的一般性固体废弃物可忽略；
- 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。

### A.3 生命周期清单分析

#### A.3.1 总则

应编制直驱永磁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、异常点或其它问题，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，将各个单元过程的输入输出数据除以产量，得到功能单位的资源消耗和环境排放。最后，将各单元过程中相同影响因素的数据求和，以获取该影响因素的总量，为影响评价提供必要的数据库。

#### A.3.2 数据收集

##### A.3.2.1 概况

应将以下要素纳入数据清单：

- 原材料采购和预加工；
- 运输；
- 生产、加工和装配；
- 使用；
- 回收处理。

基于 LCA 的信息中要使用的数据可分为两类：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。背景数据可参考直驱永磁风力发电机组行业权威生命周期数据库。

现场数据是在现场具体操作过程中收集来的，主要包括生产过程的能源与水资源消耗、产品原料的使用量、产品主要包装材料的使用量和废物产生量等等。此外，还应包括运输数据，即产品原料、主要包装的部分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、权威的电力组合数据（如火力、水、风力发电等）、不同运输类型造成的环境影响等数据。

##### A.3.2.2 现场数据采集

应描述代表某一特定设施或一组设施的活动而直接测量或收集的数据相关采集规程。可选取对过程进行测量，或者通过采访、问卷调查从经营者处获得的测量值等，作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，且需要详细记录相关的原始数据、数据来源、计算过程等等；
- 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、处理规则等。

典型现场数据来源包括：

- 原材料采购和预加工；
- 原材料由原材料供应商运输至生产商处的运输数据；
- 生产过程的材料、能源与水资源消耗及废水、废气和固废排放数据。

##### A.3.2.3 背景数据采集

背景数据不是直接测量或计算而得到的数据。背景数据可为行业现场数据，即对产品生命周期研究



所考虑的特定部门，或者为跨行业背景数据。背景数据宜用于后台进程，除非背景数据比现场数据更具代表性或更适合前台进程。所使用数据的来源应有清楚的文件记载并应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生命周期评价报告中的数据，若无，须优先选择代表中国国内平均生产水平的公开生命周期数据，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这些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标准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.3.2.4 资源获取

该阶段始于从大自然提取资源，结束于直驱永磁风力发电机组零部件进入产品生产设施，包括：

——资源开采和提取；

——所有材料的预加工；

——转换回收的材料；

——提取或预加工设施内部或预加工设施之间的运输。

#### A.3.2.5 运输

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.3.2.6 生产

该阶段始于直驱永磁风力发电机组原材料、零部件、半成品进入生产场址，结束于直驱永磁风力发电机组零部件成品离开生产设施。生产活动包括原材料的生产，零部件的生产，及各种材料、成品和半成品的运输等。

#### A.3.2.7 使用阶段

该阶段主要是直驱永磁风力发电机组使用过程中的资源、能源消耗与噪声、油雾、粉尘等的排放，零部件的维修和保养，易损件的更换等。

#### A.3.2.8 废弃处理阶段

该阶段包括直驱永磁风力发电机组报废后的回收、拆解、破碎、分拣，各种废弃零部件和废弃材料的回收利用，及废弃物的焚烧和填埋等。

### A.3.3 数据分配

在进行生命周期评价的过程中涉及到数据分配问题，特别是零部件的生产环节，由于厂家往往同时生产多种类型的产品，一条流水线上或一个车间里会同时生产多种型号，很难就某个型号的产品生产来收集清单数据，往往会就某个车间、某条流水线或某个工艺来收集数据，然后再分配到具体的产品上。在零部件全生命周期中尽可能地避免分配，如果分配不可避免，优先按产品的物理特性（如数量、质量、面积、体积等）进行分配，系统中相似的输入输出，采用同样的分配程序。

### A.3.4 生命周期清单分析

#### A.3.4.1 数据分析

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最近一年内的平均统计数据，并能够反映企业的实际生产水平。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，在这一步骤中所涉及到的单元过程包括行业相关材料的生产、能源

T/CMIF 57-2019

T/CEEIA 387-2019

消耗以及产品的运输等。数据按表 A.1~表 A.7 进行填报，具体项目根据各单位实际情况进行增减。

表 A.1 物料、用量及运输清单表

材料名称	单位	用量	运输方式	运输距离/km	数据来源说明
钢铁	kg				
铝合金					
磁钢					
铜					
电缆					
玻纤树脂类					
.....					

表 A.2 生产过程能源和水资源消耗清单

能耗种类	单位	用量	数据来源说明
电	万 kWh		
水	t		
氧气	m <sup>3</sup>		
乙炔	m <sup>3</sup>		
柴油	t		
天然气	m <sup>3</sup>		
.....			

表 A.3 生产过程污染物输出清单

材料名称	单位	用量	处置方式	运输方式	运输距离/km	数据来源说明
危险废弃物 (废油漆桶 HW49)	t					
危险废弃物 (废树脂 HW13)	t					
危险废弃物 (废有机溶剂 HW06)	t					
有机废气 (以 VOCs 计)	t					
.....						

表 A.4 包装材料清单

材料种类	单位	用量	数据来源说明
木材	kg		
发泡材料			
PVC 涂层布材料			
缠绕膜			
.....			

表 A.5 使用过程物质消耗清单

材料种类	单位	用量	数据来源说明
电力			
润滑油、润滑脂			
冷却液			
.....			

表 A.6 使用过程输出清单

材料种类	单位	用量	数据来源说明
噪声			
振动			
.....			

表 A.7 产品废弃处置过程物质输出清单

材料种类	单位	用量	数据来源说明
废磁钢	kg		
废钢	kg		
废铜	kg		
废铝	kg		
废电缆	kg		
玻纤树脂类（叶片、导流罩、机舱罩）			
润滑油、润滑脂、冷却液、乙二醇			
高分子复合材料（刹车片、绑扎带、油漆、润滑膏、导电膏、清洗剂、机械密封胶、缠绕膜）			
.....			

#### A.3.4.2 清单分析

所收集的数据进行核实后，利用生命周期评估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。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 中各个清单因子的量，为分类评价做准备。

### A.4 生命周期影响评价

#### A.4.1 影响类型

直驱永磁风力发电机组产品绿色设计评价的影响类型采用能源消耗、金属资源消耗、水资源消耗、可吸入颗粒物、光化学臭氧生成潜势、酸化和富营养化-水体等 7 个方面。

#### A.4.2 清单因子归类

根据清单因子的物理化学性质，将对某影响类型有贡献的因子归到一起，见表 A.8。

表 A.8 产品生命周期清单因子归类

影响类型	清单因子归类
能源消耗	电力、天然气、燃油等
金属资源消耗	铸铁、铝材等
水资源消耗	工业用水
可吸入颗粒物	各种工业粉尘等
光化学臭氧生产潜势	二氧化硫、氮氧化物、非甲烷总烃等
酸化	二氧化硫、氯化氢等
富营养化-水体	氨氮、总氮、总磷等
.....	

#### A.4.3 分类评价

参照 GB/T 32161-2015 的附录 B，表 A.9 给出了不同影响类型的特征化模型和类型参数，产品生命周期影响分类评价应按表 A.9 的要求进行。

表 A.9 产品生命周期影响类型和类型参数

影响类型	特征化模型	类型参数
能源消耗	Cumulative Energy DemandV1.09	MJ
金属资源消耗	CML2002 模型	kg, 锑 (Sb) 当量
水资源消耗	瑞士生态匮乏模型	m <sup>3</sup>
可吸入颗粒物	RiskKPoll 模型	kg, 直径为 2.5 μm 或更小的颗粒物 (PM2.5) 当量
光化学臭氧生产潜势	LOTOS-EUROS 模型	kg, 非甲烷挥发性有机化合物 (NMVOC) 当量
酸化	累计超过数模型	摩尔, H <sup>+</sup> 当量

影响类型	特征化模型	类型参数
富营养化—水体	EUTREND 模型	淡水, kg, P 当量; kg, N 当量
.....		

附录 B  
(规范性附录)  
指标计算方法

B.1 总则

本标准的各项指标采样和计算方法按照国家标准检测方法执行。

B.2 永磁直驱发电机单位扭矩重量

直驱机组的发电机单位扭矩重量，按公式 (B.1) 计算：

$$V=m/T\text{.....(B.1)}$$

式中：

V ——单位扭矩重量，单位为千克每千牛米 (kg/kNm)；

m ——发电机重量 (含线圈、磁极、支架、轴系等所有附件)，单位为千克 (kg)；

T ——发电机电气扭矩，单位为千牛米 (kNm)。

B.3 可回收利用率与可再利用率

B.3.1 可回收利用率，按公式 (B.2) 计算：

$$R_r = \frac{m_u+m_c+m_e}{m} \times 100\%\text{.....(B.2)}$$

式中：

$R_r$  ——可回收利用率；

$m_u$  ——产品报废时可继续使用或维修后可直接使用的零部件或元器件的总质量，kg；

$m_c$  ——产品报废时材料或零部件能够作为原材料重新利用的材料总质量，kg；

$m_e$  ——产品报废时通过焚烧、热解等方式处理进行能量回收的材料总质量，kg。

B.3.2 可再利用率，按公式 (B.3) 计算：

$$R_c = \frac{m_u+m_c}{m} \times 100\%\text{.....(B.3)}$$

式中：

$R_c$  ——可再利用率；

$m_u$  ——产品报废时可继续使用或维修后可直接使用的零部件或元器件的总质量，kg；

$m_c$  ——产品报废时材料或零部件能够作为原材料重新利用的材料总质量，kg。

B.3.3 根据本标准进行的可回收利用率与可再利用率计算的数据，按照附录表 C.1 规定记录，计算结果精确到小数后 1 位。

B.4 单位产品碳足迹

根据本标准进行的可回收利用率与可再利用率计算的数据，按照附录表 C.2 规定记录，计算结果精确到小数后 1 位。单位产品碳足迹按公式 (B.4) 计算：

$$C_{ui} = \frac{C_i}{P_c} \dots\dots\dots(B.4)$$

式中：

$C_{ui}$ ——单位产品碳足迹，kg/kWh；

$C_i$  ——一台产品在寿命期内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；

$P_c$  ——在寿命期内一台产品发电量 (kWh)，发电时间按年等效满负荷运行时数 2100h 计算。

### B.5 度电废弃物排放量

废弃物排放量，按公式 (B.5) 计算：

$$P = \frac{W}{Q_c} \dots\dots\dots(B.5)$$

式中：

$P$ ——度电废弃物排放量，kg/kWh；

$W$ ——单台机组废弃物年排放量，kg；

$Q_c$ ——单体机组发电量；发电时间按年等效满负荷运行时数 2100h 计算。

### B.5 平均无故障运行时间

直驱永磁风力发电机组平均无故障运行时间  $MTBF$  是指风电机组两次相邻故障之间的无故障运行时间。它直接衡量风电机组整体可靠性水平，综合评估风电机组故障频次和故障维修能力。其计算方法为：在规定的条件下和规定的期间内，风电机组无故障运行时间和风电机组故障次数的比值。具体计算方法如下：

- a) 统计样本项目故障名称、故障时间等信息，故障数据选取风电机组故障(含远程人工强制复位)；
- b) 使用风电场工作票/作业单和维修记录校核故障名称、故障时间及停机小时数等信息；
- c) 删除电网类故障，以及其他发生原因视为非机组本身造成的故障；
- d) 对于剩余故障，按公式 (B.6) 计算：

$$MTBF = \frac{\text{统计周期内小时} \times \text{机组数量} - \text{SCADA系统无连接时间} - \text{故障停机小时数}}{\text{总故障次数}} \dots\dots\dots(B.6)$$

注：

- 1) 如果故障次数为 0，则需要扩大统计周期或者样本范围直至故障次数不为 0，才能进行计算。对于统计周期和样本范围均已确定的情况，应标明“无故障”。
- 2) 在国标中定义  $MTBF$  为平均失效间隔时间，国军标中定义  $MTBF$  为平均故障间隔时间，与本办法定义含义一致。

附录 C

(规范性附录)

生命周期现场数据收集清单表

表 C.1 可回收利用率及可再利用率数据收集表

可再使用材料 ( $m_u$ )	序号	名称		质量/kg	总质量/kg
	1			$m_{u1}$	
	2			$m_{u2}$	
	3			$m_{u3}$	
	4-N			$m_{u4-n}$	
可重新利用材 料 ( $m_c$ )	序号	名称		质量/kg	总质量/kg
	1			$m_{c1}$	
	2			$m_{c2}$	
	3			$m_{c3}$	
	4-N			$m_{c4-n}$	
可进行能量回 收的材料( $m_e$ )	序号	名称		质量/kg	总质量/kg
	1			$m_{e1}$	
	2			$m_{e2}$	
	3			$m_{e3}$	
	4-N			$m_{e4}$	
可再利用率	$R_c = \frac{m_u + m_c}{m} \times 100\%$				
可回收利用率	$R_r = \frac{m_u + m_c + m_e}{m} \times 100\%$				

表 C.2 度电废弃物排放量数据搜集表

单台机组年废弃物数量				
序号	废弃物名称	来源描述	产生量/kg	总质量/kg
1			$W_1$	
2			$W_2$	
3			$W_3$	
4-N			$W_{4-N}$	
机组功率		年满负荷运行时间	2100h	
单台机组年发电量 $Q_c$				
度电废弃物排放量 (P)		$P = \frac{W}{Q_c}$		

表 C.3 单位千瓦综合能耗换算表



序号	名称	单位	年耗量	换算关系	折合标准煤/t	备注
1	电	万 kWh				当量值
2	水	t				
3	氧气	m <sup>3</sup>				
4	乙炔	m <sup>3</sup>				
5	柴油	t				
6	天然气	m <sup>3</sup>				
.....						
年综合能耗（合计）						当量值
1	年产量	kW				
2	单位千瓦综合能耗	tce/kW				当量值
注：按照《综合能耗计算通则》（GB/T 2589）规定的折标系数进行折算。						

T/CMIF 57-2019  
T/CEEIA 387-2019

### 参考文献

- [1] 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》
-