

ICS XX XXX

CCS X XX

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—202X

绿色设计产品评价技术规范 再制造三相永磁电动机

Specification for green-design product assessment

Remanufacturing three-phase permanent magnet motor

(征求意见稿)

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

СЛЕДСТВИЕ

目 次

前 言.....	II
引 言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 评价要求.....	3
4.1 评价原则.....	3
4.2 基本要求.....	3
4.3 评价指标及要求.....	3
5 产品生命周期评价报告编制方法.....	5
5.1 方法.....	5
5.2 报告内容.....	5
5.2.1 基本信息.....	5
5.2.2 符合性评价.....	5
5.2.3 生命周期评价.....	5
5.2.4 评价报告主要结论.....	6
5.2.5 附件.....	6
6 绿色设计产品评价方法.....	6
附 录 A（资料性）再制造三相永磁化电动机生命周期评价方法.....	7
A.1 目的.....	7
A.2 范围.....	7
A.3 生命周期清单分析.....	8
A.4 生命周期影响评价.....	13
A.5 生命周期解释.....	14

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。

本文件由瑞昌市森奥达科技有限公司提出。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会归口。

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。

本文件起草单位：瑞昌市森奥达科技有限公司、清华大学天津高端装备研究院、佳木斯电机股份有限公司、山西高米麦恩工业科技有限公司、广州数控设备有限公司、中科院电工研究所、沈阳宇城环保科技有限公司。

本文件主要起草人：王贤长、张晓昊、常颜芹、郭能勇、刘文辉、连广坤、王伟、李笋、王超、张政、王维、白聚勇、何林洲、陈昊。

引 言

绿色设计是指在产品及其生命周期全过程的设计中,充分考虑对资源和环境的影响,在充分考虑产品的功能、质量、开发周期和成本的同时,优化各有关设计因素,使得产品及其制造过程对环境的总体影响和资源消耗到最小。这要求设计人员必须良好的环境意识,既综合考虑了产品 TQCS(Time Quality Cost ,Service)属性,还要注重产品的 E(Environment)属性,即产品使用的绿色度。

三相永磁化电机再制造绿色设计的建立将在新品电机制造中起到降低生产成本和制造过程资源能源消耗的作用。传统永磁化电机生产过程借助固定模具,磁钢用量大,磁钢材料性能差,转子结构不可调,导致电机产品生产成本高,同时存在漏磁消耗。三相永磁化再制造绿色设计制造的电机可应用于新品电机制造,特别是对转子结构的优化,可实现节约磁钢材料,摆脱磁钢模具限制的作用,进而显著降低新品电机的制造成本,提高产品绿色化水平。

本文件适用于低效率三相异步电动机再制造成高效率三相同步电机,从机组装配到现场安装及运行维护,全生命周期的三相永磁化电机绿色设计产品评价。其他符合能效等级的电动机产品的再制造也可参照执行。

СЛЕДСТВИЕ

绿色设计产品评价技术规范 再制造三相永磁电动机

1 范围

本文件规定了再制造三相永磁电动机绿色设计产品的评价要求、生命周期评价报告编制方法和评价方法。

本文件适用于再制造三相永磁电动机绿色设计产品的评价。

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。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 755-2019/IEC 60034-1:2017 旋转电机 定额和性能
- GB/T 977-2008 旋转电机结构型式、安装型式及接线盒位置的分类（IM 代码）
- GB 1971 旋转电机 线端标志与旋转方向
- GB/T 1993-1993 旋转电机冷却方法
- GB/T 2589 综合能耗计算通则
- GB/T 4772.1-1999 旋转电机尺寸和输出功率等级 第1部分：机座号 56~400 和凸缘号 55~1 080
- GB/T 4772.2-1999 旋转电机尺寸和输出功率等级 第2部分：机座号 355~1 000 和凸缘号 1 180~2 360
- GB/T 4942.1-2006 旋转电机整体结构的防护等级（IP 代码）分级
- GB/T 5226.1-2019/IEC 60204-1:2016 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
- GB 5226.3-2005/IEC 60204-11:2000 机械安全 机械电气设备 第11部分：电压高于1000V a. c. 或1500V d. c. 但不超过36kV 的高压设备的技术条件
- GB 8702 电磁环境控制限值
- 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/T 10068-2020/IEC 60034-14:2018 轴中心高为56mm及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值
- GB/T 10069.1-2006 旋转电机噪声测定方法及限值 第1部分：旋转电机噪声测定方法
- GB 14711 中小型旋转电机通用安全要求
- GB/T 15706-2012/ ISO 12100:2010 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
- GB/T 16855.1-2018/ISO 13849-1:2015 机械安全 控制系统有关安全部件 第1部分：设计通则
- GB/T 16855.2-2015/ISO 13849-2:2012 机械安全 控制系统有关安全部分 第2部分：鉴定
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB/T 17888.1 机械安全 接近机械的固定设施 第1部分：固定设施的选择及接近的一般要求

T/CIECCPA XXX—202X

- GB/T 19001 质量管理体系 要求
- JB/T 12993-2018 三相异步电动机再制造技术规范
- GB/T 22669-2008 三相永磁同步电动机试验方法
- GB/T 22715-2016 旋转交流电机定子成型线圈耐冲击电压水平
- GB/T 23331-2020/ISO 50001:2018 能源管理体系 要求及使用指南
- GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南
- GB/T 24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架
- GB/T 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南
- GB/T 24256 产品生态设计通则
- GB/T 26125-2011/IEC 62321:2008 电子电气产品 六种限用物质（铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯和多溴二苯醚）的测定
- GB/T 26572 电子电气产品中限用物质的限量要求
- GB/T 28612-2012 机械产品绿色制造 术语
- GB 30253-2013 永磁同步电动机能效限定值及能效等级
- GB 30981-2020 工业防护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 生态设计产品评价通则
- GB/T 32162 生态设计产品标识
- GB/T 33635-2017 绿色制造 制造企业绿色供应链管理 导则
- GB/T 45001-2020/ISO 45001:2018 职业健康安全管理体系 要求及使用指南
- GB 50054 低压配电设计规范
- JB/T 12731 中小电机单位产品能源消耗限额
- T/CEEIA 410-2019 绿色设计产品评价技术规范 交流电动机

3 术语和定义

T/CEEIA 410-2019《绿色设计产品评价技术规范 交流电动机》界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

电动机再制造 Refabrication of motor

将低效率三相异步电动机通过重新设计、更换零部件等方法，再制造成高效率三相异步电动机、风机水泵专用高效率三相异步电动机和运用于（其他）特定负载和工况的系统节能电动机。

注：引用JB/T 12993，定义3.1。

3.2

绿色制造 Green manufacturing

绿色制造现代制造业的可持续发展模式，其目标是使得产品在其整个生命周期中，资源消耗极少、生态环境负面影响极小、人体健康与安全危害极小，并最终实现企业经济效益和社会效益的持续协调优化。

注：GB/T 28612-2012，定义2.1。

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。

注: 引用GB/T 32161, 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)。

4 评价要求

4.1 评价原则

产品评价应遵循如下原则

——生命周期思想原则:运用生命周期思想,系统地考虑产品整个生命周期中各阶段对环境影响较大的重要环境因素;

——定性和定量评价相结合原则:实施绿色设计产品评价应提出定性或定量的评价准则。如可行,应选取定量的评价要求,从而更加准确的反映产品的环境绩效。

4.2 基本要求

生产企业应满足(但不限于)以下要求:

a) 生产企业应达到 GB/T 19001、GB/T 24001、GB/T 45001 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 要求及使用指南)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;

b) 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;

c) 参与绿色设计产品评价的三相永磁电动机,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;

d) 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的要求,污染物总量控制应达到国家和地方污染物排放总量控制指标;近三年无重大质量、安全和环境事故。

e) 生产企业应按 GB 17167 配备能源计量器具,并根据环保法律、法规及标准要求配备污染物检测及在线监控设备。

f) 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,还应适当考虑产品的耐用性、可靠性、可维修性、可重复使用性、可再制造、模块化以及对环境产生不良影响部件的易拆解(分离)性和易回收性等,参与绿色设计产品评价的再制造三相永磁电动机,应进行生命周期评价,并提出持续改进方案。

g) 生产企业应开展绿色供应链管理,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、环境和安全等方面的管理要求。

h) 产品包装应符合 GB/T 191 和 GB/T 31268 的有关要求。

4.3 评价指标及要求

产品的评价指标应按 GB/T 32161 要求从资源能源的消耗、生产效率的提高以及对环境和人体健康造成影响的角度进行选取,应包括资源属性指标、能源属性指标、环境属性指标和产品属性指标。再制造三相永磁化电动机产品的评价指标名称、基准值、判定依据(污染

物监测方法、产品检验方法以及各指标的计算方法)等要求见表1。

表1 三相永磁电动机绿色产品评价指标

一级指标	二级指标	基准值	测试依据和确认条件	所属生命周期阶段
资源属性	有毒有害物质	电气部件及机组使用的消耗品中,有毒有害物质含量满足以下要求: 1、电子电气部件中有害物质限量满足 GB/T 26572 标准要求; 2、涂料中有害物质限量满足 GB 30981 标准要求; 3、胶黏剂中有害物质限量满足 GB 30982 标准要求。	要求供应商提供原材料有害物质含量表,按照 GB/T 26125 标准中推荐测试方法进行测试,并提供测试结果符合度证明材料。	原材料获取
	材料可再生率	磁钢、铜材等金属材料可回收率 $\geq 90\%$ 。	满足基准值要求	
	产品包装	应符合 GB/T 31268 规定的要求	三相永磁化电动机的包装符合 GB/T 31268 的要求。	
能源属性	单位产品综合能耗	应不大于 JB/T 12731 准入值的要求	按 JB/T 12731 测算,并提供相关符合性证明材	产品生产
	电机效率	永磁同步电动机应符合 GB 30253-2013 的能效规定	1、依据 GB/T 22669-2008《三相永磁同步电动机试验方法》确认相关性能。 2、提供中国节能产品认证试验报告。	产品使用
环境属性	产品噪声	产品的空载噪声应不大于 GB/T 10069.3 要求	按 GB/T 10069.1 测试,并提供测试报告	产品使用
产品属性	电机振动	按照 GB/T 10068-2020/IEC 60034-14:2018 轴中心高为56mm及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值	依据 GB/T 22669-2008《三相永磁同步电动机试验方法》确认相关性能	产品使用
	容差	产品效率容差 150KW 及以下电机容差值: $-15\%(1-\eta)/150KW$ 以上电机容差值: $-10\%(1-\eta)$ 电机额定励磁电流范围为规定值的+15%, 电机堵转电流保证值+20%,电机转矩为保证值-15%/+25%	依据 GB/T 755-2019《旋转电机 定额和性能》要求确认产品容差数据。	
	安全性能	电机的设计和结构应尽可能地按照国际上公认对应用合适的最佳设计方案。电机整体结构防护等级及安全性也应按国标或国际标准执行。	1、电机应符合 GB/T 5226.1 或 GB/T 5226.3 的要求。 2、电机防护等级参照 GB/T 4942.1-2006/IEC 60034-5:2000 旋转	

一级指标	二级指标	基准值	测试依据和确认条件	所属生命周期阶段
			电机整体结构的防护等级（IP 代码）分级 3、电机安全性能应参照 GB/T 5226.1-2019/IEC 60204-1:2016 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分：通用技术条件 4、符合安全生产评价要求	
	标志	每台电机应有一块或多块、应采用耐久性材料制造的铭牌。	依据应按 GB755-2019 第十章要求的内容设置铭牌，	

5 产品生命周期评价报告编制方法

5.1 方法

依据 GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 32161 给出的生命周期评价方法学框架及总体要求编制三相永磁电动机的生命周期评价报告。

5.2 报告内容

5.2.1 基本信息

报告应提供报告信息、申请者信息、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，申请者信息包括公司全称、组织机构代码、地址、联系人、联系方式等。

在报告中应提供产品的主要技术参数和功能，包括：物理形态、生产厂家、使用范围等。产品重量、包装的大小和材质也应在生命周期评价报告中阐明。

5.2.2 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，或同等功能产品对比情况的说明。

5.2.3 生命周期评价

5.2.3.1 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，披露所使用的基于中国生命周期数据库的软件工具。

5.2.3.2 生命周期清单分析

报告中应提供考虑的生命周期阶段，说明每个阶段所考虑的清单因子及收集到的现场数据或背景数据，涉及到数据分配的情况应说明分配方法和结果。

5.2.3.3 生命周期影响评价

报告中应提供三相永磁电动机生命周期各阶段的不同影响类型的计算值，并对不同影响类在各生命周期阶段的分布情况进行比较分析。

5.2.3.4 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，提出三相永磁电动机绿

色设计改进的具体方案。

5.2.4 评价报告主要结论

应说明该产品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。

5.2.5 附件

报告应在附件中提供：

- 产品生产材料清单；
- 产品工艺表（产品生产工艺过程示意图等）；
- 各单元过程的数据收集表；
- 其他。

6 绿色设计产品评价方法

可按照 4.1 基本要求和 4.2 评价指标要求开展评价，绿色设计产品同时满足以下条件，按照相关程序要求经过公示无异议后的可称为绿色设计产品。

- a) 满足基本要求（见 4.1）和评价指标要求（见 4.2）；
- b) 按照 5 提供生命周期评价报告。

按照 GB/T 32162 要求粘贴标识的产品以各种形式进行相关信息自我声明时，声明内容应包括但不限于 4.1 和 4.2 的要求，但需要提供一定的符合有关要求的验证证明材料。

附录A

(资料性附录)

再制造三相永磁化电动机生命周期评价方法

A.1 目的

通过分析再制造三相永磁化电动机原料的获取、生产、运输、销售、使用到最终废弃处理的过程中对环境造成的影响,进而评价再制造三相永磁化电动机全生命周期的环境影响大小,探讨电机再制造设计改进的途径和措施,预测改造后电机的各项性能,从而缩短设计周期、减少试错成本、节约资源能源,提高电机永磁化再制造过程的绿色化率,降低再制造过程对资源环境的影响度。

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。

2.1 过程单元和基本流

本标准以单台三相永磁化电动机为功能单位进行评价,需要说明三相异步电动机再制造的主要加工对象、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。

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(对旧电动机和零部件进行检测、评估、零部件拆解、清洗、修复、确定再制造方案,更换绕组及其他需要更换的部件,再制造电动机在装配、检测、入库)、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。

旧电机的拆解应采用无损、环保、无污染的工艺技术,最大程度地利用和回收原电动机的零部件,同时减少拆解过程中对环境的污染。

再制造电动机旧件利用率,按重量计算宜在90%以上,永磁化再制造高效高压电机效率符合国家一级能效标准,综合节电率大于15%,功率因素大于0.95。

应对再次使用的电动机零部件进行检测、评估、机座、端盖等铸件应进行表面清洁处理、修复,所有配合尺寸应检测合格后再使用。

再制造电动机中影响电动机使用寿命的主要材料和零部件应更新为新的。

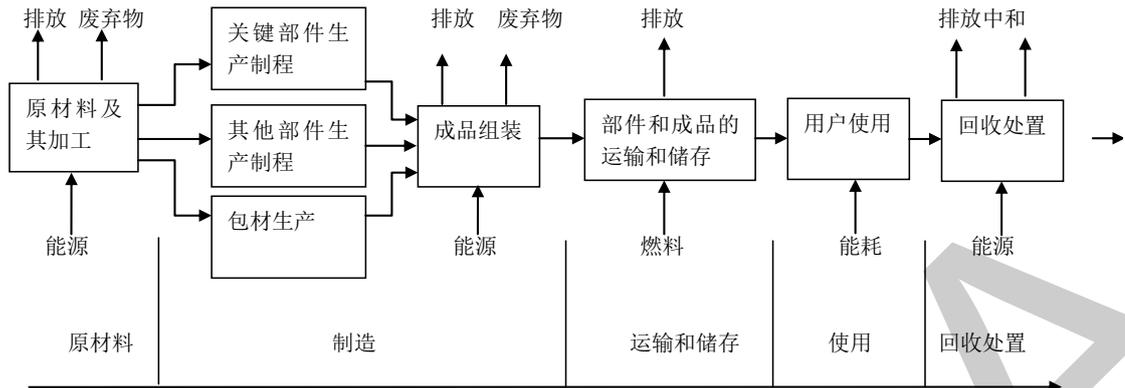
拆解定子线圈应采用专用设备和工装模具,防止破坏铁心和机座质量。

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。



三相永磁电动机生命周期系统边界图

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

3.1 总则

应编制再制造三相永磁化电动机系统边界内的所有材料/能源输入、物料/资源回收利用、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。

3.2 数据收集

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。

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。现场数据还应包括运输数据，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。

背景数据应当包括主要原料的生产数据、权威的电力的组合的数据（如火力、水、风力发电等）、不同运输类型造成的环境影响以及电动机回收处理和生产过程的排放数据。

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，即 1 台电动机为基准折算，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(零部件)出入库记录；

——产品 BOM 清单；

——生产统计报表；

——原材料由原材料上游供应商配合调查提供给原材料成份组成数据；

——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；

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。

3.2.4 原材料、零部件采购和预加工

该阶段始于从大自然提取资源，包括：

——资源开采和提取；

——所有材料的预加工；

——零部件生产；

- 材料、零部件的采购；
- 材料、零部件的运输。

3.2.5 工艺规划

产品制造过程的工艺方案不一样,物料和能源的消耗将不一样,对环境的影响也不一样。绿色工艺规划就是要根据制造系统的实际,尽量研究和采用物料和能源消耗少,废弃物少,噪声低、对环境污染小的工艺方案和工艺路线。

3.2.6 材料选择

绿色材料选择技术是一个很复杂的问题。绿色材料尚无明确界限,实际中选用很难处理。要考虑产品的功能、质量、成本、噪声等多方面的要求。减少不可再生资源 and 短缺资源的使用量,尽量采用各种替代物质和技术。如果从原材料选择的源头就尽可能选取废旧材料回收再利用,无疑将最大限度的减少对材料及能源等资源的消耗,减少废气物处理的投入以及对环境的影响,具有最佳的经济效益和社会效益。

3.2.7 废弃处理阶段

产品生命周期终结后,若不回收处理,将造成资源浪费并导致环境污染。产品寿命终结后,可以有多种不同的处理方案,如再使用、再利用、废弃等,各种方案的处理成本和回收价值不一样,确定出最佳的回收处理方案,从而以最小的成本代价,获得最高的回收价值。

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,特别是零部件再制造的生产环节,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,很难就某单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。

3.4 生命周期清单分析

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、能源消耗以及产品的运输等。

LCA 单元过程数据收集的基本步骤

1. 单元过程的划分与目标代表性
2. 得到完整的输入输出清单
3. 逐条得到清单数据表
4. 数据集检查与记录,包括消耗的完整性和排放的完整性

数据处理:

单元过程	企业调查与常用算法	行业/文献调查与常用方法
能耗	生产记录:统计平均	行业总量统计平均,或引用文献(单耗数据)
主要原物料	生产记录:统计平均	行业总量统计平均,或引用文献(单耗数据)
辅料	生产记录:统计平均或配料计算	配料计算,或引用文献(单耗数据)
主要污染物	监测并换算为单位产品排放	行业排污因子、行业统计平均、模型计算
其他污染物	平衡计算,或引用文献	平衡计算,或引用文献

数据按表 1~表 3 进行填报，具体项目根据各单位实际情况进行增减。

表 1 电机材料 LCA 清单表

清单数据	原料/预制 部件名称	单位	用量	运输方式	运输距离/km	数据来源说明
产品	磁瓦					
消耗与投入	轴承					
消耗与投入	漆包线					
消耗与投入	绝缘纸					
消耗与投入	钢套					
消耗与投入	收缩带					
消耗与投入	机壳					
消耗与投入	转子					
消耗与投入	前端盖					
消耗与投入	后端盖					
消耗与投入	定子					
消耗与投入	风罩					
消耗与投入	风扇					
消耗与投入	接线盒					
消耗与投入	接线柱					
消耗与投入	502 胶水					
消耗与投入	AB 胶					
消耗与投入	绝缘油漆					

表 2 磁瓦材料 LCA 清单

清单数据	名称	数值	单位	上游过程数据/末端治理	参考文献	备注
产品	磁瓦					
消耗与投入	钇					
消耗与投入	镧					
消耗与投入	铈					
消耗与投入	镨					
消耗与投入	钕					
消耗与投入	钐					
消耗与投入	钷					
消耗与投入	铽					
消耗与投入	镱					
消耗与投入	铕					
消耗与投入	钆					

废气与排放	废水			直排-水体	《工业源产排污系数手册》	
废气与排放	废气			直排-大气	《工业源产排污系数手册》	

表 3 再制造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 ³		
.....			

表 3.1 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 3.2 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 3.3 使用过程中物质消耗清单

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 3.4 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 3.5 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		
.....			

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

4.1 影响类型

再制造三相永磁化电动机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、光化学臭氧生产潜势等 5 个方面。

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 4。

表 4 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
.....	

4.3 综合指标

当存在多个指标时，各指标常常相互冲突，使得 LCA 对比分析无明确结论。为进一步合并指标，最直接的方法是用权重因子衡量不同指标的“相对环境影响或损害”的大小。

综合指标=多种指标加权求和

overall score = w1 *GWP/N_{GWP} + w2 *AP/N_{AP} + w3 *NP/N_{NP} + ...

权重因子 w: 常采用专家调查 (panel method), 或调查普通受访者的环境损害支付意愿 (panel method), 或调查普通受访者的环境损害支付意愿 (willingness-to-pay), 或目标距离法 (distance-to-target), 都是基于对环境损害主观判断的加权算法。

特征化因子和权重因子都是当量因子, 用于合并指标。前者试图基于科学依据, 后者则直接依据主观价值判断。

节能减排综合指标 ECER: 依据政策目标的加权算法。

4.4 计算方法

$$EP_j = \sum EP_{ij} = \sum Q_j \times EF_{ij}$$

式中 EP_i ——第 i 种环境类别特征化值;

EP_{ij} ——第 i 种环境类别中第 j 种污染物的贡献;

Q_j ——第 j 种污染物的排放量;

EF_{ij} ——第 i 种环境类别中第 j 种污染物的特征化因子。

A.5 生命周期解释

5.1 灵敏度: 即清单数据 Inventory_j 对各指标 Index_j 的贡献率 (线性关系下)

$$\text{Sensitivity}_{ij} = \frac{\Delta \text{Index}_i / \text{Index}_i}{\Delta \text{Index}_j / \text{Index}_j}$$

改进潜力 = 灵敏度 × 可能的改进幅度

5.2 过程贡献分析:

过程直接贡献: 过程排放或资源消耗对指标结果的贡献

过程累积贡献: 直接贡献+原料生命周期贡献=本过程产品作为下游原料的贡献率

过程总贡献: 各分支相同消耗 (如电耗) 的总贡献

5.3 方案对比分析:

如存在多种可选方案, 可建立多个模型对比分析。

管理改进、技术改进、结果调整等具体措施, 通常会引起多个变量的变化

基于情景分析, 也可以进行对比分析。

如果分析全行业改进潜力, 还需考虑市场占有率。