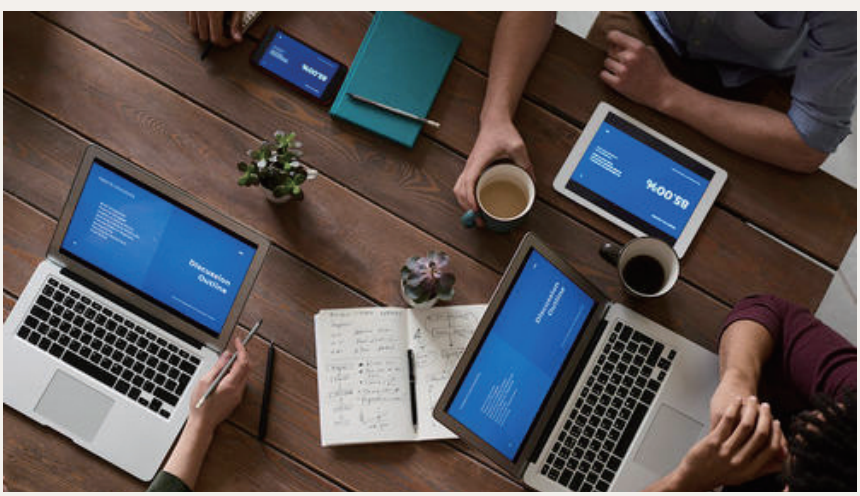
在IEC制定适用于电子电气产品生命周期评价的产品种类规则国际标准的可行性研究

/ 机械工业北京电工技术经济研究所　张亮 /

摘要：本文汇总并对比分析了国际标准以及区域/国家标准中关于Ⅲ型环境声明、生命周期评价、产品种类规则、具体产品规则的定义和规定，对IEC开展的具体电子电气产品生命周期评价标准进行了比对，初步得出了关于制定适用于电子电气产品生命周期的产品种类规则国际标准的可行性的结论。



1　背景情况

随着全球不可再生资源消费的不断增长和环境问题的日益严重，世界各国逐渐将生命周期评价（Life Cycle Assessment，LCA）和Ⅲ型环境声明（Type Ⅲ Environmental Declaration）作为重要的环境管理工具，开展广泛的研究和应用。LCA是对一个产品系统生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价，Ⅲ型环境声明是提供基于预设参数的量化环境数据的环境声明，必要时包括附加环境信息。两者均作为有效的环境管理工具，是推动循环经济和可持续发展的重要的市场化手段之一。

在国际标准领域，ISO/TC 207（环境管理）在其环境管理系列标准中对LCA进行了定义并规定了方法，继1997年发布了第一个LCA国际标准ISO 14040《环境管理 生命周期评价 原则与框架》后，先后发布了ISO 14041《环境管理 生命周期评价 目的与范围的确定、清单分析》、ISO 14042《环境管理 生命周期评价 生命周期影响评价》、ISO 14044《环境管理 生命周期评价 要求与指南》和ISO/TR 14047《环境管理 生命周期评价 如何应用ISO14044标准进行影响评价状况的应用示例》等标准。对于Ⅲ型环境声明，ISO/TC 207发布了ISO 14025《环境标志和声明 Ⅲ型环境声明 原则和程序》、ISO/TS 14027《环境标志和声明 产品种类规则的制定》等标准。上述国际标准系统性地在LCA、Ⅲ型环境声明、产品种类规则（Product Category Rules，PCR）之间建立了联系，并提供了适用于所有产品和服务的基础通用的标准化信息。

我国在LCA标准化领域紧跟国际步伐，已将ISO/TC 207发布的多数ISO 14040系列标准转化为国家标

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

准，并遵循GB/T 24040—2008《环境管理 生命周期评价 原则与框架》和GB/T 24044—2008《环境管理 生命周期评价 要求与指南》等国家标准的基本要求，制定了板材、玻璃、钢铁等产品的LCA技术规范。目前我国电子电气行业的产品大量出口，在国际产品供应链中具有重要地位，但是我国生产企业在绿色制造和环境认证等方面容易受到国外绿色贸易壁垒阻碍，在此背景下，如果存在国际通用的电子电气产品的LCA标准，并应用于指导我国电子电气产品开展LCA工作，将有效地帮助我国企业满足国外客户提出的环境声明及认证要求。

2 Ⅲ型环境声明对LCA和PCR/具体产品规则的规定

2.1 Ⅲ型环境声明对LCA的规定

在ISO 14025中对Ⅲ型环境声明做出了如下定义和规定：

引言

在编制Ⅲ型环境声明的过程中，可能赋予计划或其声明以各种名称，例如：生态绿叶、生态概貌、产品环境声明、环境产品声明（EPD）和环境概貌。

第3章 术语和定义

3.2

Ⅲ型环境声明 Type Ⅲ environmental declaration提供基于预设参数的量化环境数据的环境声明，必要时包括附加环境信息。

注1：预设参数基于ISO 14040系列标准，包括ISO 14040和ISO 14044。

注2：附加环境信息可以是定性的也可以是定量的。

从上述规定可以得知，Ⅲ型环境声明通过使用预设参数来提供量化的环境数据，而预设参数基于ISO 14040和ISO 14044。

2.2 Ⅲ型环境声明对PCR的规定

在ISO 14025中对PCR中做出了下列定义和规定：

第3章 术语和定义

3.5

产品种类规则 product category rules

PCR

对一个或多个产品种类进行Ⅲ型环境声明所必须满足的一套具体的规则、要求和指南。

PCR文件应包括以下内容：

6.7.1 PCR文件内容的制定

a) 产品种类的定义及其描述（如：功能、技术性能和用途）；

b) 根据ISO14040系列标准的产品的LCA的目的与范围的确定，包括：

– 功能单位；

– 系统边界；

– 数据的描述；

– 输入和输出的选择准则；

– 数据质量要求，包括覆盖范围、准确性、完整性、代表性、一致性、可再现性、来源和不确定性；

– 单位。

c) 清单分析，包括：

– 数据收集；

– 计算程序；

– 材料、能流和释放的分配。

d) 如适用，影响种类选择和计算的准则。

e) 报告LCA数据的预设参数（清单数据种类和影响种类参数）（详见注）。

f) 提供附加环境信息的要求，包括任何方法学的要求（例如：危害和风险评价的规定），见7.2.3。

g) 需声明的材料和物质（例如：有关产品成分的信息，包括生命周期各阶段对人类健康或环境产生负面影响的材料和物质的规定）。

h) 声明所需数据的产生指令（LCA、LCI、信息模块和附加环境信息）。

i) Ⅲ型环境声明内容和格式的指令（见7.2）。

j) 如果声明基于的LCA未覆盖所有生命周期阶段，则应包括未被考虑的生命周期阶段的信息。

k) 有效期。

注：预设参数是PCR中确定的参数，产品的环境信息依据这些参数提供。

除此以外，ISO/TS 14027为制定、复审、注册和更新PCR提供了原则、要求和指南。

ISO 14025对Ⅲ型环境声明的可

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

比性做出了下列规定：

6.7.2 可比性要求

当满足以下条件时，不同的Ⅲ型环境声明应被视为具有可比性：

a）产品种类的定义和描述（例如：功能、技术性能和用途）是相同的；

b）根据ISO 14040系列标准的要求，产品LCA的目的与范围的确定具有以下特点：

– 功能单位是相同的；

– 系统边界是等同的；

– 数据的描述是等同的；

– 输入和输出的选择准则是相同的；

– 数据质量要求是等同的；

– 单位是相同的。

c）对于清单分析：

– 数据收集方法是等同的；

– 计算程序是相同的，而且

– 材料、能流和释放的分配是等同的。

d）影响种类选择和计算准则是相同的。

从上述规定可以得知，PCR适用于对一个或多个产品种类进行Ⅲ型环境声明。通过对比PCR的内容要求和Ⅲ型环境声明的可比性要求可以得知，PCR可以促进Ⅲ型环境声明的可比性。

2.3 PCR与具体产品规则的关系

IEC在IEC/TR 62839-1《环境声明 第1部分：电线电缆和附件产品具体规则》中规定了具体产品规则（Product Specific Rules，PSR）的定义，如下：

第3章 术语和定义

3.2

具体产品规则

PSR

用于对一个产品种类进行Ⅲ型环境声明的一套具体的规则、要求和指南。

PSR可以在某种意义上作为PCR的补充内容，为某一具体产品种类提供更多的具体要求。IEC的产品标委会已经开展了若干PSR标准的研制。另外，欧盟的PEP Ecopassport项目发布了1项PCR标准和17项PSR标准。

ISO/TS 14027:2017规定了PCR与PSR之间的关系规则，具体如下：

6.5.5 核心规则与产品种类规则

如果制定产品种类规则时使用了一个或多个核心规则，则产品种类规则应：

a）满足核心规则的全部要求；

b）确定它与同一项目中基于相同核心规则制定的其它产品种类规则之间的分级位置。

基于相同核心规则制定的产品种类规则的分级规则如图1所示。该分级规则宜与项目执行者采用的分级体系相一致，但在有需要时也可包括更多细节。

在此框架中，产品种类规则的层级位置应表现出与层次结构中所有上级文件的一致性。

产品种类规则宜与同一层级的其它产品种类规则保持一致。

通常而言，为了避免过度制定产品种类规则，制定产品种类规则的方法宜尽量减少产生下一级产品种类规则的需求。

注1：例如羊毛织物地板的产品种类规则需要包括与实木地板的产品种类规则相同的规则，以应对具体的环境影响（如生物碳）。

注2：在任一层级上的产品种类都可以被视为上层种类的“下属种类”，即使它们没有使用相同的功能单位。

在上述的层级结构中，处在底层位置，适用于某一具体产品种类的PCR实际上是PSR。

PCR与PSR可以被理解为是相互关联的概念，类似于系统相对于产品，或产品相对于零件。处于上层（例如电子电气产品）的PCR可以为制定具体产品种类（例如电机）的PSR提供便利和一致性。

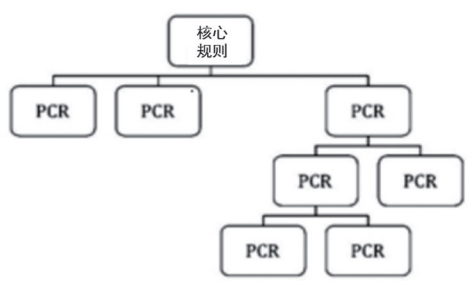


图1 核心规则与产品种类规则的关系示意图

3 地区/国家层面的PCR/PSR标准

3.1 概述

目前世界上部分地区/国家已经开展了若干项目以鼓励行业对产品实施LCA以及提供Ⅲ型环境声明。在此工作中的一个关键因素是制定PCR/PSR，以确保LCA结论和环境声明的一致性。

3.2 欧盟标准制定情况

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2013年，欧盟“建立统一绿色产品市场”（COM/2013/196）发起了产品环境足迹（Product Environmental Footprint，PEF）和组织环境足迹（Organization Environmental Footprint，OEF）项目，在欧盟指令2013/179/EU中最早规定了用于衡量PEF和OEF项目生命周期环境绩效的通用方法。

基于上述通用方法，欧盟从2013年至2018年间实施了环境足迹试点项目，验证并改进了PEF和OEF指南，随后自2019年开始了转型阶段。

转型阶段的主要目标是为下列工作建立总体规划：

—— 对现有的PEF种类规则（PEFCRs）和OEF行业规则（OEFSRs）的实施进行监管；

—— 制定新的PEFCR/ OEFSR；

—— 制定新的方法学。

欧盟于2019年发布了欧盟标准EN 50693《适用于电子电气产品与系统生命周期评价的产品种类规则》，即电子电气产品的PCR标准。该标准的目的是通过采用为电子电气产品与系统评价环境绩效和提供环境声明的通用方法，确保评价工作的协调性和一致性。该标准基于PEF/OEF项目的核心方法因素（例如纳入了PEF指南中推荐的生命末期情景），目标用户包括有意向在自身领域内制定PSR标准的产品标委会，以及开展产品LCA的专业人员（没有现成的PSR标准时）。

该欧盟标准最终草案（FDIS）中对范围的规定是：

范围：本文件定义了适用于电子电气产品与系统（EEPS）的产品种类规则（PCR）。本文件规定了在环境声明范围内实施LCA的程序和要求。
额外的具体产品规则（PSR）是对PCR的补充。PSR做出了进一步的规定，例如在具体产品范围内的功能单位和默认情景。因此，PCR也提供了如何在相应的技术委员会中制定PSR的指导。
本文件为下列内容提供了通用准则：
a）LCA，包括建立默认情景的要求；
b）LCA报告；
c）制定PSR。
本文件为开展环境声明提供了进一步的指南。
基础的LCA原则和框架基于EN ISO 14040系列标准（例如EN ISO 14040和ISO 14044），因而不包含在本文件的范围之内。

该欧盟标准的主要内容包括：

第4章 产品生命周期评价
4.2 PCR
4.2.2 对功能单位和基准流的描述
4.2.3 系统边界（包括从系统边界中的排除情况及取舍准则）
4.2.4 生命周期清单（应在LCA中予以考虑的对应于每个生命周期阶段环境因素的输入和输出）
4.2.5 分配原则
4.2.6 单位
4.2.7 数据质量（初级数据来源、次级数据来源、数据质量要求等）
4.3 建立情景
4.4 生命周期影响评价（在附录B中给出了推荐的环境影响类别和指标）
4.5 LCA报告
4.5.1 概述
4.5.2 LCA的范围
4.5.3 生命周期清单
4.5.4 环境影响评价
4.5.5 附加环境信息

3.3 中国标准制定情况

工业和信息化部于2016年发布了《绿色制造工程实施指南（2016-2020年）》，其中一项重要组成部分是“开发绿色产品”。在开展绿色设计产品评价时，要求申报单位对产品开展LCA并提交LCA报告，作为必要的支持文件。中国于2019年发布了国家标准GB/T 37552—2019《电子电气产品的生命周期评价导则》，即电子电气产品的产品种类规则，该国家标准的范围为：

范围：
本标准规定了电子电气产品生命周期评价的术语和定义、生命周期评价和生命周期报告。
本标准适用于指导制定用于具体电子电气产品生命周期评价的产品种类规则。
注：没有具体产品种类规则时，也可参照使用本标准开展生命周期评价并依据GB/T 24025做出Ⅲ型环境声明。

该国家标准的目的是：

—— 帮助、指导和协调对绿色制造工程范围内各种类型的电子电气产

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

品开展LCA并提供报告；

——简化电子电气产品PSR标准的制定工作并保证其统一性。

该国家标准的目标用户为：

—— 主要目标用户为PSR 标准的制定者；

—— 从事LCA的专业人员（无产品PSR时）。

国家标准在第4章规定了LCA的框架，主要基于ISO 14025规定的PCR文件内容，并增加了预设参数和对实施及报告LCA的具体步骤的要求。无论如何，因为这些预设参数和要求对所有电子电气产品都是通用的，国家标准建议对具体种类的产品开展PSR标准的制定，以提供更为详细的参数（例如默认情景以及产品生产工艺等）。

第4章 产品生命周期评价框
4.1 概述
对如何描述产品功能单位和基准流的要求（在描述中应包含哪些信息）。
4.2 系统边界
生命周期评价中应考虑哪些生命周期阶段以及每个生命周期阶段相应的输入和输出；
对于“摇篮到坟墓”还是“摇篮到大门”的选择；
系统边界中排除的内容。
4.3 数据收集
默认情景，例如电力消费、运输、产品使用、生命末期处理等；
数据单位；
对于原始数据和次级数据的收集要求，包括输入和输出、数据来源等。
4.4 数据质量评估
4.5 取舍准则
4.6 环境影响指标
对电子电气产品推荐的环境影响指标。
4.7 同质环境家族推断准则
判断基准产品的同质家族产品的具体步骤。
第5章 生命周期报告
5.1 概述
生命周期报告应包含的基本信息。
5.2 通用信息
5.3 基准流和功能单位
5.4 生命周期清单
5.5 环境指标

3.4 日本

日本工业环境管理协会（JEMAI）负责实施和管理JEMAI环境标志项目，该项目包括Ecoleaf项目和碳足迹沟通项目（CFP项目）。

EcoLeaf项目遵守ISO 14025和ISO 14040系列标准中的规定，并开始于PCR的制定和基于PCR的量化。鉴于该项目将PCR用作为每个产品种类设定生命周期计算方法原则及开展环境声明的具体准则，PCR实际上是作为PSR使用。

在EcoLeaf项目中，制定PCR的目的是确保下列定义的一致性：

—— LCA计算的要求和规则；

—— 产品使用和处置的情景；

——数据收集、处理和使用的方法；

—— 可以披露的数据。

电子电气产品在Ecoleaf项目的产品类别中占有很大比重，例如：消费类产品、IT设备和办公设备等。

3.5 美国

EPEAT（电子产品环境影响评估工具）项目采用IEEE 1680.1—2018评价电脑和显示器的环境绩效，该标准将LCA和产品碳足迹作为评价指标中的可选项。

无论如何，IEEE 1680.1—2018对LCA仅要求了制造商使用ISO 14044和ISO14040对其任一产品实施LCA，并未针对产品种类规定具体的PSR。对于产品碳足迹，该标准要求制造商对产品的生命周期温室气体排放进行评估（例如，使用国际认可的出版物（如PAS 2050、WRI 温室气体公约产品生命周期核算和报告标准等）评价产品碳足迹（Product Carbon Footprint，PCF））。

4 现有地区/国家PCR标准的对比

图2是欧盟PCR标准和中国PCR标准的对比，虽然两者之间在关注的要求和对要求的规定程度上存在若干差异，但是可以在两者的技术内容中看出更多的相同点，如下：

—— 范围：两个标准均为电子电气产品LCA的实施和报告规定了通用规则；

—— 目标用户：产品标准化技术委员会和LCA专业人员；

—— 对于PCR本身规定了：

对功能单位和基准流的描述；

系统边界；

生命周期清单；

数据质量；

默认情景；

环境影响评价和指标；

生命周期报告。

两个标准具有共同点的原因可能为：

——两者均基于ISO 14025:2006对PCR内容的规定；

——两者在编制过程中均采用了PEP Ecopassport PCR 第三版作为重要的参考文献；

—— 电子电气产品的设计功能或服务可以用类似的方式予以描述；

—— 电子电气产品的物质流和价值流在生命周期中的转移方式是相似的；

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

—— 电子电气产品的主要生命周期阶段（系统边界）以及每个生命周期阶段相应的环境影响（例如材料消耗、能源消耗、温室气体排放等）是相似的；

—— 电子电气产品的数据收集、数据质量和取舍准则的要求是相似的。

5 对IEC现有PSR标准的比对分析

IEC/TC46（电缆）已经以技术报告（Technical Report，TR）的形式发布了两项PSR标准：IEC/TR 62839-1:2014《环境声明 第1部分：电线电缆及附件产品 具体规则》以及IEC/TR 62839-2:2019《环境声明 第2部分：光学/铜质通信附件产品 具体规则》。两个标准具有一致的结构（见图3），而且规定的内容相对简单，主要注重于功能单位、基准流、系统边界和默认情景。

TC105（燃料电池技术）也正在以技术规范（Technical Specification，TS）的形式制定PSR标准，但是他们的PSR标准的结构比TC46复杂得多，将在标准中为特定产品种类提供更为详细的说明并细化对每个生命周期阶段的要求（见图4）。这些细化的要求有助于提升PSR标准的可实施性和可操作性，但是在制定标准时需要投入大量的专家资源、提高工作强度、延长工作时间，并且会降低IEC各标委会的标准之间的一致性。

6 制定适用于电子电气产品的PCR国际标准的可行性分析

鉴于目前世界各国家/地区已经实施了鼓励和推广LCA及Ⅲ型环境声明的项目/措施，同时也在国际/区域层面制定发布了若干适用于电子电气产品的PCR/PSR标准（见附录A），为了保证环境声明的一致性和可比较性，应在国际层面统一电子电气产品的PCR标准。根据对欧盟PCR标准和中国PCR标准的对比，看出电子电气产品的PCR标准的使用范围和技术内容结构基本固定，可以作为制定通用国际标准的基础。根据对IEC内部不同产品标委会制定的PSR标准的对比，为了避免在IEC的同类标准之间产生过多分歧，需要一项横向的PCR国际标准来统一PSR标准的形式、结构和内容。综上，目前有必要、也有条件在国际层面制定一项协调统一的电子电气产品PCR国际标准。

具体到IEC工作领域，则应由IEC/TC111（环境标准化技术委员会）制定

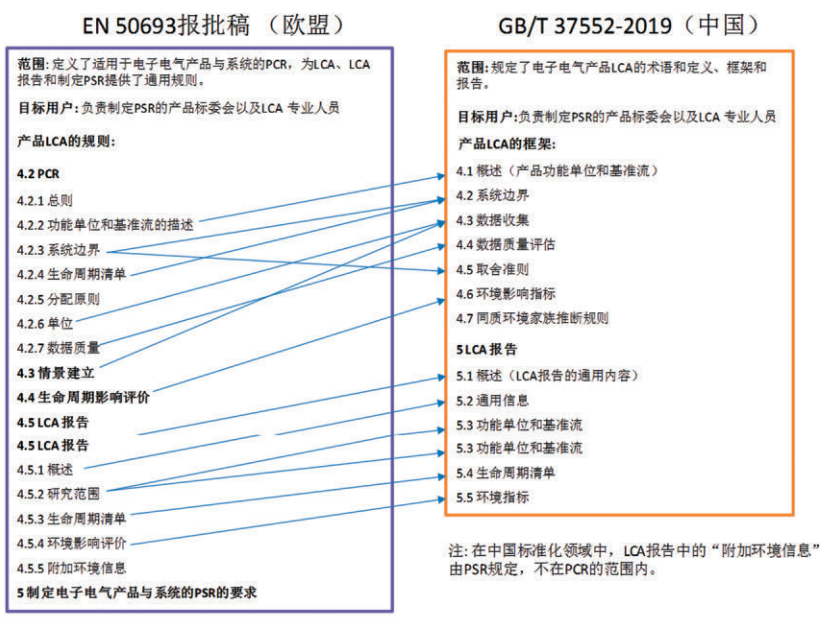


图2 欧盟关于电子电气产品的PCR标准与中国PCR标准的对比

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

电子电气产品PCR标准作为横向标准，由各产品标委会制定针对具体产品种类的PSR标准。该PCR国际标准将主要应用于指导具体电子电气产品PSR标准的编写。实施PCR国际标准可以在IEC内部产生下列收益：

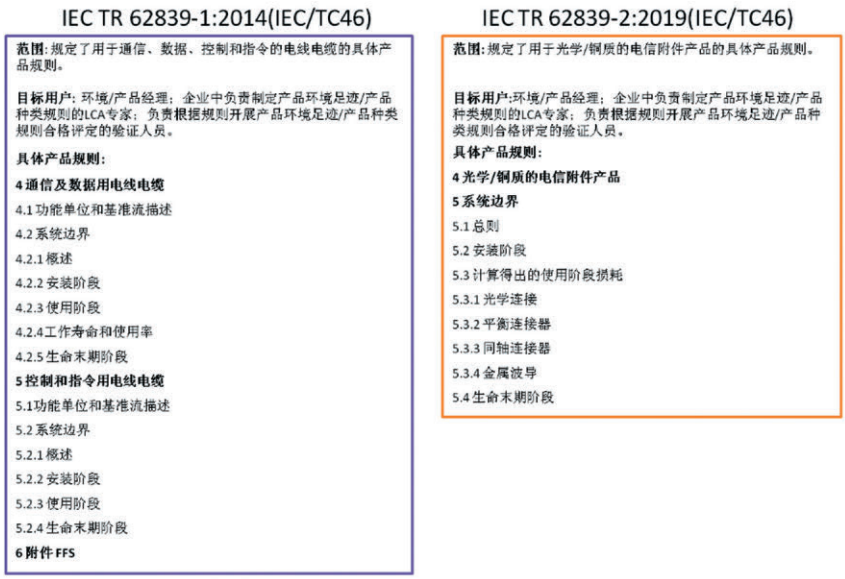


图3　IEC/TC46的两项PSR标准的对比

图4　IEC/TC46与IEC/TC105的PSR标准对比

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

—— 有助于产品标委会理解LCA的概念、内容以及如何实施LCA；

—— 通过在PCR标准中提供的通用指标，有助于简化制定PSR标准的工作；

—— 有助于确保和提升IEC领域内PSR标准的一致性。

除了IEC标准化领域，在世界市场上实施IEC制定的PCR国际标准将产生的积极影响包括：

—— PCR国际标准中规定的通用要求可以在不同产品的供应链中简化信息/数据收集工作并保持一致性，因为就电子电气产品而言，同一中间产品可以被分配至各种各样最终产品的供应链中；

—— PCR国际标准中规定的通用要求可以简化回收处理服务中的信息/数据收集工作并保持一致性，因为多数电子电气产品可以应用类似的回收处理技术和工艺；

—— 通过促进PSR标准的制定，推广LCA在电子电气产品领域的实施。

除此以外，未来的IEC PCR标准还可以确保在IEC/TC111的循环经济工作组中规定的循环经济标准在各产品PSR标准中得到充分应用，从而使LCA为循环经济的建设和提质做出持续贡献。

附录A

LCA/PCR相关标准/项目列表

A.1 LCA和环境声明

标准化组织	标准/项目名称
ISO/TC207	ISO 14040:2006环境管理 生命周期评价 原则与框架
ISO/TC207	ISO 14044:2006环境管理 生命周期评价 要求与指南
ISO/TC207	ISO 14025:2006 环境标志和声明 Ⅲ型环境声明 原则和程序
IEC/TC111	IEC TR 62725:2013 电子电气产品与系统的温室气体排放量化分析方法
/	欧盟产品环境足迹试点指南
/	PEP ecopassport 项目，电子电气产品和暖通空调制冷产品的产品种类规则
/	JEMAI 环境标志项目/Ecoleaf项目
/	EPEAT

A.2 PCR 标准

标准化组织	标准/项目名称
ISO/TC207	ISO/TS 14027:2017 环境标志和声明 制定产品种类规则
CLC/TC111X	EN 50693:2019适用于电子电气产品与系统生命周期评价的产品种类规则
PEP Ecopassport	PCR-ed3-EN-2015 04 02电子电气产品和暖通空调制冷产品的产品种类规则
SAC/TC297	GB/T 37552-2019电子电气产品的生命周期评价导则

A.3 PSR标准

标准化组织	标准/项目名称
IEC/TC46	IEC/TR 62839-1:2014 环境声明 第1部分：电线电缆和附件产品 具体规则
IEC/TC46	IEC/TR 62839-2:2019 环境声明 第2部分：光学/铜质通信附件产品 具体规则
IEC/TC105	IEC TS 62282-9-101 ED1（DTS 阶段） 燃料电池技术 第9-101部分：基于生命周期思想的燃料电池动力系统环境绩效评价方法 住宅用固定燃料电池动力系统的考虑简化生命周期的环境绩效表征
IEC/TC105	IEC TS 62282-9-102 ED1（DTS 阶段） 燃料电池技术 第9-102部分：基于生命周期思想的燃料电池动力系统环境绩效评价方法 住宅用固定燃料电池动力系统及替代系统的产品种类规则
	EN 50598-3电力驱动系统、电动机起动器、电力电子及其驱动应用的生态设计 基于生命周期评价的定量化生态设计方法（包括产品种类规则及环境声明内容）
	PSR-0001电线电缆及附件
	PSR-0002直接、可视化、固定的电热器具
	PSR-0003 电缆管理
	PSR-0004独立式家用储水式热水器
	PSR-0005电气开关及控制设备解决方案
	PSR-0006建筑物中安装的窗帘和封闭装置的驱动装置
	PSR-0007自备应急电气设备
	PSR-0008通风空气处理过滤及机械排烟设备
	PSR-0009 舒适设备终端装置
	PSR-0010 不间断电源（UPS）
	PSR-0011 热水散热器或毛巾散热器
	PSR-0012 燃气、燃油或生物质锅炉
	PSR-0013用于房屋供暖和/或制冷和/或生产生活热水的电压缩热力发电机
PEP Ecopassport	PSR-0014 灯具
PEP Ecopassport	PSR-0015独立住宅用木制供暖系统设备
PEP Ecopassport	PSR-0016 储水罐
PEP Ecopassport	PSR-0017 太阳能集热器

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net