



国建联信认证中心协办

国建认证专栏

客座主编:尹靖宇 客座编辑:王瑞蕴

热线电话:57811136 57811107

电子信箱:yin jy@cqbm.com.cn/wangry@cqbm.com.cn

浅析生命周期评价在建材行业的应用

车咚咚,高雪

(北京国建联信认证中心有限公司,北京100831)

摘要:生命周期评价方法在国外的应用和发展已近40年,是国际标准化组织ISO14000系列标准的重要内容,它已成为企业和政府开展环境管理的重要工具之一。我国对生命周期评价方法的认识和研究逐渐从研究到应用,在建材行业的应用逐年扩大化,该文对生命周期评价方法的技术框架及其在建材行业中的应用(以陶瓷砖企业为例)作了简要论述。

关键词:生命周期评价;建材行业;环境影响

中图分类号:TP392;TQ17

文献标识码:A

文章编号:1671-8321(2019)05-0109-07

一、生命周期评价的概念

生命周期评价(LCA)的概念最早由国际环境毒理学和化学学会(SETAC)提出,描述为通过确定和量化与评估对象相关的能源消耗、物质消耗和废弃物排放,来评估某一产品、过程或事件的环境负荷;评价过程包括该产品、过程或事件的寿命全过程,包括原材料的提取与加工、制造、运输和销售、使用、再使用、维持、循环回收,直到最终的废弃。

国际标准化组织在SETAC基础上,对其描述为对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价。现如今是人们普遍应用的概念来源。

生命周期评价(LCA)是一种评价方法,其对产品、工艺或活动从原材料采集,到产品生产、运输、销售、使用、回用、维护和最终处置整个生命周期阶段有关的环境负荷的过程进行评价。它首先辨识和量化整个生命周期阶段中能量和物质的消耗以及环境释放,然后评价这些消耗和释放对环境的影响,最后辨识和评价减少这些

影响的机会。生命周期评价注重研究系统在生态健康、人类健康和资源消耗领域内的环境影响。

二、解析生命周期评价技术框架在建材行业应用(以陶瓷砖企业为例)

1997年,国际标准化组织(ISO)在SETAC三角形框架基础上进行完善,把LCA实施步骤分为目标和范围定义、清单分析、影响评价和结果解释四个相互关联的部分组成,通过ISO14040标准公诸于众,如图1所示。下面将依从技术框架的四个步骤以陶瓷砖企业为例分别加以描述。

1.目的和范围的确定

(1)明确目的和范围。目标定义即要清楚地说明开展此项生命周期评价的目的和意图,以及研究结果的可能应用领域(如是用于公司内部提高系统的环境性能,还是外部使用,如用于环境声明或获得环境标志等)是决定LCA研究意图的重要一步。

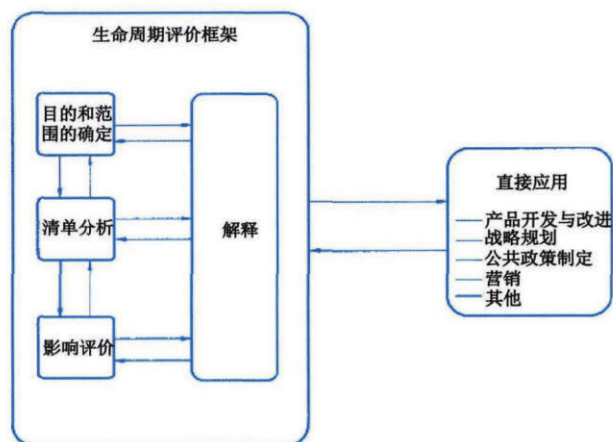


图1 LCA的评估过程及技术框架

如本文的陶瓷企业进行生命周期评价的目的是为了用于环境产品声明（Environmental Product Declaration, EPD），进而参与绿色建筑、绿色建材、绿色工厂的评价。

（2）范围界定。研究范围的界定要足以保证研究的广度、深度与要求的目标一致。包含的项目涉及但不限于以下项目：系统的功能、系统边界、功能单位、数据分配程序、环境影响类型、数据要求、假定的条件、限制条件、原始数据质量要求、对结果的评议类型、研究所需的报告类型和形式等。

①确定产品系统。在LCA中，任何产品和服务都需要作为一个系统来描述。一个系统被定义为完成一定特定功能并与物质和能量相关的操作的集合（例如制造过程、运输过程和燃料采集过程）。为便于后续数据收集，可将不同的工艺进行组合。如将一个公司所有的生产过程放到同一框图中，便于分析工艺流程图的复杂程度及能收集到的数据的方式，应重点关注对环境影响大的工艺过程。对缺乏信息的环节或工艺过程做好标记暂存待后研究。

本实例以流程图形式来描述产品系统，参见陶瓷砖产品生产工艺流程简图及生命周期评价的系统边界图（见图2）。

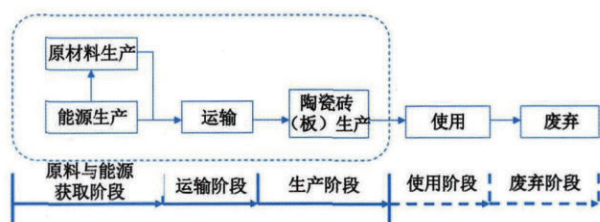


图2 陶瓷砖产品生产工艺流程及生命周期评价的系统边界图

②界定系统边界。对系统开展研究必须将系统从包围它的边界外的所有区域，也就是将系统与系统环境进行区分，进而界定系统的边界。

以本实例分析，系统边界包含从原料与能源获取、运输、产品生产到产品出厂为止，不包括产品的使用和废弃阶段，如图2所示。

③确定功能单位和基准流。考虑瓷质砖产品的功能属性，习惯采用铺设多少平米的空间所需要的陶瓷砖（板）产品对其进行功能定义，进而明确 1m^2 的陶瓷砖（板）产品为研究的基准， 1m^2 的陶瓷砖（板）产品生产它所造成的环境影响作为功能单位。

（3）描述每个单元过程。

①每个单元过程必须包括输入和输出；包括产品流和基本流。

②以本实例，陶瓷砖产品各单元过程确定如下，并逐一进行解释：

- 原材料生产：产品生产过程中用到的主要原材料的生产过程；
- 能源生产：所用原煤、原油、天然气、电力、汽油、燃料油等能源的生产过程；
- 运输：主要原材料及能源的运输过程；
- 产品生产：产品生产所涵盖的全部工序。

（4）明确每个单元工程的输入和输出。依据第一步骤确定的研究边界，该陶瓷砖生产企业的陶瓷砖产品生产涉及原料球磨、制浆、喷雾干燥、压机成型、施釉、烧成、切割修边、包装出厂等具体环节，本研究实例将上述过程统一为生产阶段，这里以生产阶段作为一个单元过程为例，明确其输入/出的产品、物质或能量，具体参见图3。

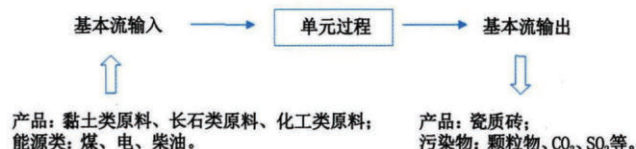


图3 陶瓷产品生产过程单元流输入、输出图

（5）数据来源、种类和质量要求。数据是开展LCA的基础且十分重要的，数据来源、种类及其质量很大可能会影响到后续清单分析、生命周期评价的各个步骤，甚至于会改变原有的研究范围和目标。因为要处理众多工艺过程，每个工艺过程都可能涉及到许多项目，合适的数



解研究结果的可靠性和解释研究结果十分重要。数据的特征决定了数据的质量,因此在目的和范围的确定阶段对数据来源种类及质量要求要进行明确,后续根据评价进展随时进行反复调整,到满足研究目的为止。

因为LCA研究是一个反复的过程,反复性是其固有特性,在ISO14040和ISO14044标准中均多次重复使用反复、不断等文字,强调贯穿于整个评价过程中。因此在数据和信息的收集过程中,可能修正预先界定的范围来满足研究的目标;在某些情况下,也可能修正研究目标本身。

本实例数据收集经过多次反复,研究目标未修订。

2. 清单分析

清单分析是量化和评价所研究的产品、工艺或活动整个生命周期阶段资源和能量使用以及环境释放的过程。一种产品的生命周期评价将涉及到其每个部件的所有生命阶段,这包括从地球采集原材料和能源、把原材料加工成可使用的部件、中间产品的制造、将材料运输到每一个加工工序、研究对象的制造、销售、使用和最终废弃物的处置(包括循环、回用、焚烧或填埋等)等过程。生命周期评价的第二部分——清单分析,简言之就是对给定的一个产品系统,在其生命周期内汇编或者说罗列输入、输出的过程。

本实例分为数据收集、数据计算和数据分配三步完成。

(1) 数据收集。

①明确信息源是开展数据收集的第一步。信息源要充分利用公共信息,如正式出版的文献或其它研究论文,各类统计年鉴、报表等,环境数据手册,工厂内部技术交流资料,行业协会提供的资料,以及其它已完成的生命周期评价或公开的数据库信息。

②制作数据、收集表格,每个工艺需要收集与输入输出有关的环境信息。根据流程图可大概知道各单元过程的输入和输出数据种类和关系。据此可结合研究的目的和范围制作一套数据收集表格,如概况信息表、系统输入输出数据表、运输数据表等。

a.概况信息表:内容包括如产品名称、产品总产值、年总产量、公司名称、生产时段、再生资源情况等。

b.系统输入数据表:包括原材料(名称、质量、体积),提供系统运转的能源(名称如电、煤、汽油天然气等消耗量),其它输入(新鲜水、中水消耗量)等内容。

c.系统输出数据表:内容有主要产品、副产品(名

称、年产量、年产值、质量、主要成分等),固体废物(名称、质量、体积等),废气排放(成分如颗粒物、硫化物、氮氧化物、CO₂等质量或体积),废水(如COD、BOD、SS、其它烃类、酸、碱等体积或质量),其它输出(名称如挥发、滴漏质量或体积)。

d.运输数据表:包括输送方式、运输工具、运输距离等。

③本实例通过现场收集及背景数据调研两种途径,并反复进行了数据收集、修订工作。

a.企业现场数据收集。企业现场数据包括瓷质砖产品生产阶段:

原材料消耗、能耗、污染物排放以及运输(运输方式、距离、运输量)等,现场数据采集,数据统计时间周期为2017年1月至2017年12月共1个财务年,数据真实有效。采集到的原料消耗与能源消耗数据以声明单位(Declare Unit)进行核算。

污染物排放方面,CO₂数据取自企业碳排放报告,SO₂、NO_x与PM排放采用企业在线监控数据。

其它排放数据根据企业生产用化石能源(燃煤与柴油)的消耗量、缺省热值(取自中国能源统计年鉴)与排放因子(取自碳排放系数和欧洲经济区报告)估算。

b.背景数据收集。背景数据指企业运营边界外与产品生产相关的原材料获取、运输、能源生产等过程的资源、能源消耗与污染物排放数据。背景数据主要来源于北京工业大学Sino-center生命周期基础清单数据库与欧洲Ecoinvent数据库,收集的数据最终以输入、输出物质流清单形式呈现,参见表1。

表1 输入输出物质流清单

工段	输入物质流	输出物质流
原料获取阶段	资源类:黏土类矿物、长石类矿物等; 能源类:煤、油、气、电等。	原料:黏土类原料、长石类原料、化工类原料等; 各类陶瓷生产原料污染物:颗粒物、CO ₂ 、SO ₂ 、NO _x 、重金属排放等。
能源生产阶段	初级能源:原煤、原油等。	二级能源:电、煤、柴油; 污染物:颗粒物、CO ₂ 、SO ₂ 、NO _x 、重金属排放等。
运输阶段能源类	汽油、柴油	污染物:颗粒物、CO ₂ 、SO ₂ 、NO _x 、重金属排放等。
生产阶段	原料类:黏土类原料、长石类原料、化工类原料; 能源类:煤、电、柴油。	产品:瓷质砖; 污染物:颗粒物、CO ₂ 、SO ₂ 、NO _x 、重金属排放等。

(2) 数据计算。

在收集数据基础上,对于原材料数据、产品生产数据、产品运输数据分别按照不同的数据属性,对数据进行确认,采用不同的方法进行分析计算,并完成数据与单元过程和功能单位的关联。

①数据计算及确认。

a.原材料数据。采掘与生产产品制造所用原材料一般是通过市场直接购得的,其环境性能由社会生产的总体水平决定,因此应以社会生产的平均水平作为清单分析的数据来源。这些数据在收集基础上还要通过计算分析获得。一般处理方法有三种:

- 产量污染系数:即用行业的产量污染系数(污染排放量/单位产量)进行污染计算。该法不受市场价格差别和波动的影响,常用方法。

- 产值污染系数法:即用行业的产值排放系数(如万元产值废水排放量),再根据企业单位产品所消耗的原材料成本进行单位产品的原材料加工、生产阶段的污染计算。这是一种简单而粗糙的计算方法,统计资料均由全国典型企业的典型工艺中获得,能体现社会生产的平均水平。

- 行业污染系数法:各行业的典型排污数据可以代表全行业实际的污染排放水平。这些数据比较规范,避免了不同行业、产品间的模糊对比,具有较好的确定性。同样根据材料的资源消耗系数(资源、能源),也可获得产品的资源消耗清单数据。这一系数并可从行业统计资料中获得。

b.产品生产数据。产品生产数据是清单分析中难度最大也是最重要的一部分,借助于企业生产流程图,将产品的整个生产过程划分为若干个相互联系的单元过程。根据预先设定的数据调查表格,对每一个单元过程输入输出的各种物质、能源和环境排放数据进行收集(数据来源于企业的年度统计报表、环境监测报告、物料供应定额等)、计算(如进行数据分配等),然后再按功能单位进行换算,即可获得该单元过程的清单数据。最后将所有单元的清单数据进行分类汇总,得到该产品生产阶段的清单数据。单元过程的输入基本流是矿产、煤、原油等自然资源。输出基本流就是三废排放、噪声、辐射污染等。而中间品则是辅助材料或零部件等。

c.产品运输数据。运输清单数据如运输工具、燃料消耗、水消耗、平均运输距离、装载率等,根据实测或

相关资料可得各种运输工具的排放系数。这样根据收集的数据和定义的功能单位,即可计算得到有关的污染排放清单数据。

②数据确认。对收集到的数据进行确认,核实其完整性和不同渠道的数据的相符性。系统的数据检验可发现数据质量存在的问题并予以改进。简单的数据核查方法是对每个工艺过程作简单的物料和能量衡算,过程输入=过程产出+逃逸+废物排放。这种衡算可根据质量守恒定律和热力学定律,检查数据的有效性。本实例通过建立物质和能量平衡对数据的有效性进行核算。

③数据与单元过程和功能单位的关联。

a.数据与单元过程的关联。必须对每一单元过程确定适宜的基准流,并据此计算出单元过程的定量输入和输出数据。

b.数据与功能单位的关联和数据的合并。在得到各单元清单数据后,还必须按照预先定义的功能单位对各单元过程的数据进行换算,再按数据类型将单元过程的数据累加,可得到功能单位一致生命周期总的资源、能源和污染排放清单数据。简言之即以统一的功能单位作为物流、能量流的共同基础,求得系统中所有的输入和输出数据。

④本实例通过输入输出物质流一览表,将数据与单元过程、功能单位的关联计算以及数据的合并过程联系在一起,参见表2。其中为了更好地描述陶瓷砖产品的使用功能,用声明单位的提法替代标准中的功能单元。

(3) 分配。

当系统同时涉及到多种产品时,需要进行数据分配计算。物质能量消耗以及相关环境排放数据应根据预先确定的分配原则(如按产值比、质量比、摩尔质量比、体积比、所含热值比等)分配给不同产品。能量的计算应考虑到不同的燃料类型及能源的转换和传输效率,以及与该种能源的生产和使用相关的输入输出数据。

以本实例,企业陶瓷砖生产过程不涉及共生产品,但企业2017年投产3条生产线,其中两条生产瓷质砖,另一条生产陶质砖。由于计量手段限制,新鲜水消耗与污染物排放数据无法实现瓷质砖产品的单独计量,企业提供瓷质砖和另一类产品(陶质砖)在2017年的新鲜水消耗以及SO₂、NO_x等污染物排放总量,在计算时利用瓷质砖与陶质砖2017年的总产量(重量)分配新鲜水消耗与污染物排放。



表2 输入输出物质一览表

产量	7432192	m ²			
流名称	流向	单位	声明单位	单位	数据来源/ 计算方法
长石(含砂)	原料输入	kg	2.44E+01	kg/D.u.	企业填报
黏土 (含黑泥)	原料输入	kg	1.24E+01	kg/D.u.	企业填报
石英	原料输入	kg	0.00E+00	kg/D.u.	企业填报
化工料	原料输入	kg	1.07E-01	kg/D.u.	企业填报
包装箱 (瓦楞纸)	原料输入	kg	0.00E+00	kg/D.u.	企业填报
石灰石	原料输入	kg	8.00E-03	kg/D.u.	企业填报
新鲜水	原料输入	kg	1.40E+02	kg/D.u.	企业填报
煤	能源输入	kg	6.61E+00	kg/D.u.	企业填报
电力	能源输入	kWh	5.49E+00	kwh/D.u.	企业填报
柴油	能源输入	kg	2.70E-02	kg/D.u.	企业填报
CO ₂	空气排放	kg	1.34E+01	kg/D.u.	企业填报
CH ₄	空气排放	kg	7.73E-02	kg/D.u.	估算, IPCC
N ₂ O	空气排放	kg	3.29E-05	kg/D.u.	估算, IPCC
NO _x	空气排放	kg	1.14E-02	kg/D.u.	企业填报
CO	空气排放	kg	1.05E-03	kg/D.u.	估算, EEA
NM VOC	空气排放	kg	5.18E-05	kg/D.u.	估算, EEA
SO _x	空气排放	kg	2.56E-03	kg/D.u.	企业填报
PM	空气排放	kg	2.31E-03	kg/D.u.	企业填报
Pb	空气排放	kg	1.96E-08	kg/D.u.	估算, EEA
Cd	空气排放	kg	1.49E-10	kg/D.u.	估算, EEA
Hg	空气排放	kg	8.95E-08	kg/D.u.	估算, EEA
As	空气排放	kg	1.66E-08	kg/D.u.	估算, EEA
Cr	空气排放	kg	2.15E-09	kg/D.u.	估算, EEA
Ni	空气排放	kg	2.15E-08	kg/D.u.	估算, EEA
Se	空气排放	kg	9.61E-09	kg/D.u.	估算, EEA
Cu	空气排放	kg	4.31E-10	kg/D.u.	估算, EEA
Zn	空气排放	kg	1.21E-07	kg/D.u.	估算, EEA
NH ₃	空气排放	kg	3.51E-07	kg/D.u.	估算, EEA, 柴油排放因子 1.30E-

3.生命周期影响评价

该步骤按照ISO、SETAC和美国环境保护署(EPA)都划分为必备要素和可选要素两部分,这里分别称为“必选动作”和“自选动作”。上述三家研究机构都倾向于将“必选动作”和“自选动作”按照“三步走”的模型来实施。具体化之“必选动作”三步是:影响类型、类型参数及特征化模型的选择、生命周期清单结果的分配和类型参数结果的计算(又称特征化)。“自选动作”三步是:归一、分组和加权。

(1) 必备要素(必选动作)。

①影响类型、类型参数及特征化模型的选择。

a.影响类型。

以全面反映产品的环境问题为出发点,影响类型通常包括资源耗竭、生态影响和人类健康三个大类,在每一个大类下又有许多子类,如在生态影响这一大类下有全球变暖、臭氧层破坏、酸雨、光化学烟雾和水体富营养化等亚类;在人类健康这一大类下有中枢神经系统效应、生殖系统效应、呼吸系统效应和致癌效应等亚类。经定义的每一种具体类型,对环境的贡献可能会同时具有直接和间接两种影响效应。

b.类型参数及特征化模型。

● 类型参数,最常涉及:

——把CO₂、CH₄等温室气体排放量折算为kg CO₂ eq.;

——把毒性用1,4-二氯苯的当量折算为1,4-DBeq.;

——对臭氧层的影响用氯氟烃当量折算为kg CFCeq.;

——对土地的影响用m²a: area表征等。

● 特征化模型,主要是开发一种或多种模型,这些模型能将清单分析提供的数据和其它辅助数据,转译成描述影响的叙词。生命周期各阶段所使用的物质和能量以及所排放的污染物经分类整理后,可作为胁迫因子,如清单分析中CO₂和CH₄的量可转换成全球变暖潜力。目前国际上常用的特征模型主要有如下五种。

——负荷评估模型:这类模型仅根据物理量大小来评价清单提供的数据。其原理即假定量越少,产生影响既越小。如一个制造系统产生的二氧化硫为1kg,另一个系统生产等效量的产品时释放二氧化硫为2kg,则认为前者对大气的的影响更小。

——当量评价模型:这类模型使用当量系数来汇总清单提供的数据。前提是汇总的当量系数能测度潜在的环境影响。其原理是利用不同的环境胁迫因子(在质量相同的情况下)对同一种环境影响类型(如臭氧破坏)的贡献量差异,以其中某一种胁迫因子为基准,把其影响潜力看作1,然后将等量的其它污染物与其比较,这样就得到各类胁迫因子相对于基准物的影响潜力大小,即当量系数,最后可以根据各胁迫因子间的当量关系,汇总得到以基准物质量为单位的影响潜力大小,比如1kg甲烷相当于69kg二氧化碳产生的全球变暖潜力。

——固有的化学特性模型：这类模型以释放物的化学特性，如毒性、可燃性、致癌性和生物富集等为基础来汇总清单数据。前提是这些标准能将清单数据归一化，以测度潜在的环境影响。

——总体暴露效应模型：这类模型以一般的环境和人类健康信息为基础来估计潜在的环境影响。

——点源暴露效应模型：这类模型以点源相关区域或场所的影响信息为基础来确定产品系统实际的影响。

c.本实例，选取全球变暖、臭氧层破坏、人体毒性、颗粒物形成、农业土地占用等18类影响类型，利用上述模型，最终以环境影响指标与量化单位表呈现，参见表3。

表3 环境影响指标与量化单位表		
影响评价指标	指标英文	指标单位
全球变暖	Climate change	kg CO ₂ eq.
臭氧层破坏	Ozone depletion	kg CFC-11 eq.
人体毒性	Human toxicity	kg 1, 4-DB eq.
光化学氧化物形成	Photochemical oxidant formation	kg NMVOC eq.
颗粒物形成	Particulate matter formation	kg PM10 eq.
辐射	Ionising radiation	kg U235 eq.
陆地生态系统酸化	Terrestrial acidification	kg SO ₂ eq.
淡水富营养化	Freshwater eutrophication	kg P eq.
海洋富营养化	Marine eutrophication	kg N eq.
陆地生态系统毒性	Terrestrial ecotoxicity	kg 1, 4-DB eq.
淡水生态系统毒性	Freshwater ecotoxicity	kg 1, 4-DB eq.
海洋生态系统毒性	Marine ecotoxicity	kg 1, 4-DB eq.
农业土地占用	Agricultural land occupation	m ² a
城市陆地占用	Urban land occupation	m ² a
自然土地转化	Natural land transformation	m ²
水资源耗竭	Water depletion	m ³
金属矿产资源耗竭	Metal depletion	kg Fe eq.
化石能源耗竭	Fossil depletion	kg oil eq.

②生命周期清单结果的分配（分类）。

a.是个定性的过程，分类是将清单分析中的输入和输出数据组合成相对一致的环境影响类型的活动。

b.以陶瓷砖生产四个阶段为例，均输出CO₂、SO₂、NO_x，但是它们影响类型却不尽相同。

● 仅涉及一种影响类型：如，CO₂分组到全球气候变暖；

● 涉及不止一种影响类型：如，SO₂按照比例划归到人体健康和酸化。

③类型参数结果的计算，又称特征化。

a.是个定量的过程，是确定不同环境影响类型的相对贡献大小或权重，以期得到总的环境影响水平的活动。

b.根据确定的特征化模型，对类型参数结果进行计算又分为两步：

● 对清单分析结果进行统一单位换算，例如煤（吨）、油（升）实物消耗，统一成标煤耗。

● 相同影响类型内对换算结果进行合并，煤油电标煤耗合并为产品综合能耗。

最终的经过特征化输出的计算结果是一个带有特定参数类型单位可以比较的量化指标。

c.本实例，以能源资源及特征污染物指标形式呈现特征化后的量化结果，参见表4。

表4 能源资源及特征化污染物指标			
序号	指标类型		数值
1	能耗限额 / (kgce/m ²)	单位产品综合能耗	4.1552
2	水资源消耗 / (kg/m ²)		139.554 52
3	大气污染物 / (kg/m ²)	颗粒物	0.0023
		二氧化硫	0.0026
		氮氧化物	0.0114
4	二氧化碳 / (kg/m ²)		13.3644

生命周期影响评价的该部分工作，可以借助于数据库系统，直接输入清单分析数据结果，依靠特征数据模型，得出特征值，且单位一致。

(2) 选择性步骤自选动作。

①根据基准计算类型参数结果的相对值（归一化）。

a.归一的目的：为了更好地认识研究系统中每个参数的影响大小。

b.归一化：是根据基准信息对类型参数结果的大小进行比较。例如多少年生态系统可以恢复，用yr表示。

②分组。

a.分组：把影响类型划归在目的和范围确定阶段预先规定的一个或若干组影响类型中去，包括分类和排序。

b.分类：通常根据国际环境毒理学和化学学会SETAC的分类，分为生态健康、人类健康、资源耗竭、社会福利。



c.排序:基于价值选择,按照预先的规则分为高、中、低级。

③加权。

a.加权:基于价值选择,对不同影响类型参数结果进行转化的过程。

赋权重依据各个分类的重要性进行。

b.基于价值选择。

4.生命周期解释

生命周期解释,是识别、评价并选择能减少研究系统整个生命周期内能源和物质消耗以及环境释放的机会的过程,这些机会包括如改变产品设计、原材料的使用、工艺流程、消费者使用方式及废物管理等。简言之是检查清单分析、影响评价是否符合前面设定的目标范围,并得出结论和建议。

ISO建议将改进评价分成三个步骤来完成,即重大问题识别、评估、结论、局限和建议。按照上述三步在进行分析时,必须包括完整性、敏感性分析和一致性分析的内容。

(1)对重大问题的辨识。

①清单数据,能源消耗比较多或污染物的排放多;

②影响类型,资源消耗或气候变暖;

③生命周期各阶段,明确那个对清单分析或清单分析结果主要贡献是哪个阶段(过程),例如陶瓷企业对全球变暖的贡献是生产阶段最为突出。

(2)评估。

①目的:提高最终结果的可信度。

②考虑使用以下三种技术:

a.完整性检查:数据完整;

b.敏感性检查:评估最终结果和结论的可靠性;

c.一致性检查:同一目标和范围下。

(3)得出解释结论、建议和最终报告。

①旨在针对LCA的沟通对象形成结论、识别局限,并提出建议。

②结论提出的合理顺序。

——辨识出重大问题;

——评估方法与结果的完整性、敏感性及一致性分析;

——提出初步结论并检查其各步骤与实施目的及范围的要求是否一致;

——结论如果具有一致性,则可以作为完整结论。否则应视具体状况,返回前述前三个步骤;

——建议宜和应用意图相关。

(4)在瓷质砖产品的系统边界内,从原料与能源获取、运输、产品生产到产品出厂为止,本实例最终得出如下结论。

①陶瓷生产过程对全球变暖环境影响的贡献最大,主要由陶瓷生产过程中燃料燃烧直接排放的CO₂造成;其次,发电过程中产生CO₂及其它温室气体排放也贡献了约20%的全球变暖影响;第三为原煤开采过程造成温室气体排放。瓷质砖原材料获取过程中长石类资源的开采对全球变暖影响最大,化工料生产过程次之;

②各过程对颗粒物形成贡献为:发电过程排放的大量颗粒物造成;其次为陶瓷生产过程;第三为长石类资源开采过程造成;

③对人体毒性影响的贡献为:原煤开采过程对该类影响的贡献比例最大;其次为发电过程;长石类资源、化工料等资源获取过程次之;

④对陆地生态系统酸化的贡献为:发电过程在陶瓷砖系统边界内贡献比例最大;其次为陶瓷生产过程;长石类资源、化工料等原料获取过程次之;

⑤对陆地生态系统毒性的贡献为:原煤开采过程在陶瓷砖系统边界内贡献比例最大,其它过程的贡献均较小;

⑥对资源耗竭的贡献为:资源耗竭为长石类原材料、化工类原材料以及黏土类原材料开采过程中贡献比例最大。

三、结 语

尽管LCA本身还存在方法学不完善、研究周期长、完成费用高等诸多缺陷,但它并没有因此而阻碍其在企业、政府和国际组织中的应用。可以相信,随着ISO14000系列标准中LCA标准的不断更新和实施,LCA方法将会变得更加可行、更加规范;随着实践经验的不断积累,该方法学将会在各个应用领域得到进一步拓展应用,其对于环境管理的重要性也会进一步凸显。总之,生命周期评价方法必将成为有生命力和发展前途的“绿色”管理工具,为可持续发展研究继续做出贡献。

*本文所有标注陶瓷企业信息获取渠道为建材工业节能与绿色发展信息平台(www.greenjc.cn)。