

铝塑复合板和单铝板的 LCA 研究

赵春芝¹, 蒋 荃¹, 刘儒平²

(1 中国建筑材料科学研究院, 北京 100024; 2 武汉材料保护研究所, 武汉 430030)

摘要 采用国内杨建新生命周期评价(LCA)和国外荷兰的EI99两种方法比较了新兴装饰材料铝塑板和单铝板的相对环境负荷。采用EI99方法得出的铝塑板与单铝板的环境负荷的相对值与采用国内杨建新LCA方法计算得出的结果近似相等,由此可知,如果为了检验某种评价方法的准确性时,对类似产品/材料进行环境影响评估对比,采用两套以上的方法加以相对误差比较的做法是可行的。

关键词 铝塑板 单铝板 环境负荷

Life Cycle Assessment of Aluminium-plastic Composite Panel and Pure Aluminium Panel

ZHAO Chunzhi¹, JIANG Quan¹, LIU Ruping²

(1 China Building Material Academy, Beijing 100024; 2 WuHan Material-protected Academy, Wuhan 430030)

Abstract By both domestic Yang Jianxin LCA and overseas Eco-indicator 99 LCA methods, this article compared the environmental load of Aluminium-plastic composite pane, which was newly developing as the decorative material, with pure Aluminium panel. Relative numerical value of environmental load was equality approximately adopting domestic and overseas LCA methods. If proving veracity of certain assessable method, it was feasible to compare relative error adopting double or more when assessing homologous product/material.

Keywords aluminium-plastic composite pane, aluminium pane, environmental loading

据资料介绍,我国建筑业目前每年竣工面积约 14 亿平方米,其中建筑幕墙业(外墙)每年为 2000 万~3000 万平方米,加上旧楼翻新改造工程,总量约为 4000 多万平方米。内墙装饰潜力更为巨大,由于装饰使用周期短,很难预期其具体数字。我国建筑装饰业总产值为 7200 亿人民币,每年增加率达 20%,可见建筑装饰业有很大的市场潜力。铝塑复合板作为幕墙装饰材料是 20 世纪 80 年代末引进中国的,目前我国已是全球铝塑复合板使用和出口量最大的国家,铝塑复合板以自身的优越性全面替代沿用多年的木材、石材装饰板(甲醛,放射性污染严重,原材料资源匮乏等),是市场发展的必然趋势。

同样作为幕墙装饰材料的铝塑板除了具有与其相同的用途外,是否还具有比其更优越的环境协调性?在铝板幕墙中单层铝板使用得很多,4mm 厚的外墙铝塑板与 3.3mm 厚的单铝板的机械性能相当,故采用国外和国内两种 LCA 方法对铝塑板和单铝板的生产过程进行环境负荷评价,既可验证不同 LCA 方法评价后得出结论的一致性与可行性,而且也可以后铝塑板的生产工艺改进提供科学依据。

1 目标和范围的确定

1.1 研究目的

本文的研究目的主要是采用 LCA 方法比较铝塑板和单铝板整个生产过程对环境的影响,以便更深入的认识铝塑板的环保性,为新材料的产生提供了绿色设计思路。

1.2 研究范围

①本评价选用的功能单元是万平方米的铝塑板(以外墙板厚度为 4mm,铝板厚为 0.5mm 的铝塑板(氟碳喷涂)为例),即评价每万平方米铝塑板和单铝板(以厚度为 3.3mm 的单铝

板(氟碳喷涂)为例)的寿命周期所造成的环境负荷。②铝塑板和单铝板整个生产过程主要的原料分别为铝、聚乙烯、氟碳树脂和铝。将铝和塑料的输入和输出即铝和塑料的环境负荷考虑在内。③能源方面为电力、煤炭。④气体废弃物。⑤固体废弃物。⑥废水排放、有毒有害离子等。

由于 LCA 是一个简化模型,在本研究中使用以下假设:

(1) 按照 LCA 的原则,在产品系统中属于资本投资的部分排除在评价体系之外,即评价中不列入由于建造厂房及设备的生产和运输所产生的环境负荷。

(2) 比较次要的辅助材料如氟碳涂料所涉及的产品系统排除在评估体系之外,因为次要辅助材料的用量少,产生的环境负荷较少,而且大多数辅助材料的环境数据不易获得,因此可在 LCA 研究时进行这样的简化处理。如此简化后的生产过程如图 1 和图 2 所示。

本评价中使用的数据来源:(1)正式出版的文献或其它研究论文;(2)各类统计年鉴、报表等;(3)环境数据手册;(4)百科全书;(5)工厂自己内部的工艺信息;(6)其它可完成的 LCA 或公开的数据库。

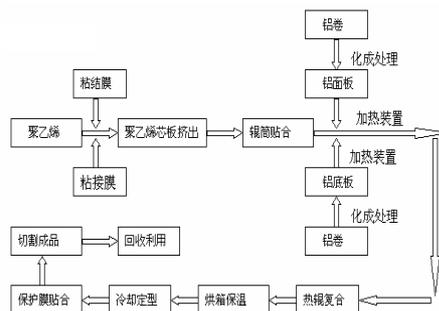


图 1 铝塑板生产工艺过程流程图^[1]

赵春芝: 女, 1980 年生, 硕士研究生, 环境材料

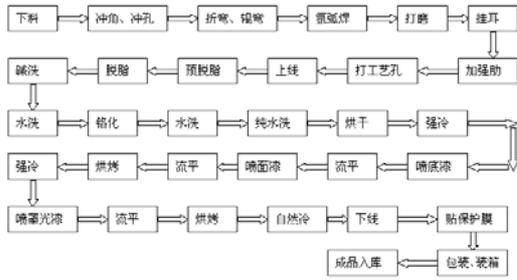


图 2 单铝板生产工艺流程图^[2]

2 编目分析

根据图 1 和图 2 所示的工艺流程图，整理每一生产过程的数据，可得到生产 1 万平方米铝塑板和单铝板的环境介质的比较报表，见表 1。

表 1 生产 1 万平方米铝塑板和单铝板的环境介质的比较报表

环境介质		铝塑板	单铝板
资源	铝, 千克/万平方米	30700	111222
	水, 吨/万平方米	120	266
	原油, 千克/万平方米	43326.25	
能源	原煤, 千克/平方米	562101	1844643
	CO ₂ , 千克/万平方米	1769117	5201893
废气	SO _x , 千克/万平方米	12465	36892
	苯, 克/万平方米	1.98	—
	甲苯, 克/万平方米	31	—
	二甲苯, 克/万平方米	332	1260
废水	化学需氧量 千克/万平方米	7.8	9.5
	悬浮物含量 千克/万平方米	6	64.9
	六价铬含量 克/万平方米	0.36	16
	有害废弃物 千克/万平方米	3.8	900
固体废物	一般废弃物 千克/万平方米	2632	3590

注：PE 生产中消耗的资源转化为原油的消耗量，即 1kg PE 塑料耗原油 1.507kg 原油， $28750 \times 1.507 = 43326.25\text{kg}$

国内吨铝能耗为 1.40 万千瓦时电/吨铝（14 千瓦时/每千克铝），生产 1000kgPE 塑料能耗为 32427.92mJ（1549kg 原煤）^[3]。由原油直接生产的 PE，CO₂ 的排放为 6399.72kg/t，SO₂ 的排放为 42.53kg^[4,5]。加工 1t 颗粒实际耗电约 300 千瓦时，清洗 1t 废旧塑料约需用水 10t，可循环利用，废旧塑料再生颗粒率 96%^[6]。

3 影响评价

采用国内杨建新等编著的《产品生命周期评价方法及应用》介绍的 LCA 影响评价模型方法，这是针对中国资源与环境状况建立的符合中国国情的评价产品生命周期环境影响的方法，确定了资源消耗、全球变暖、臭氧层损耗、酸化、富营养化、光化学臭氧合成、固体废弃物、有害危险废弃物的基准和权重值。为了使环境影响表现的更加直观，采用了不同的 LCA 方法将材料的环境影响表示为单一的环境负荷值，鉴于采用的影响因子需具有可比性，故选取了国际上通

常采用的环境指数方法 EI99（The Eco-indicator 99 A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment）。这两种方法均采用 SETAC 的思想将环境影响进行分类表征，归一化后取权重，从而得到单一的环境负荷值。

塑板和单铝板的环境影响的比较（国内杨建新 LCA 方法）见图 3、图 4 和图 5。

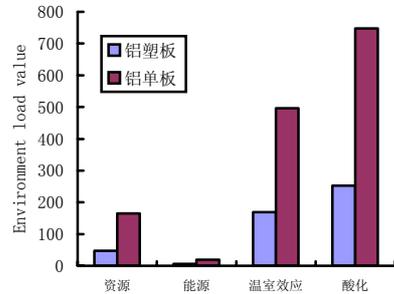


图 3 资源、能源、温室效应、酸化效应的比较影响种类

Fig.3 The comparison of resource depletion, energy consumption, global warming and acidification

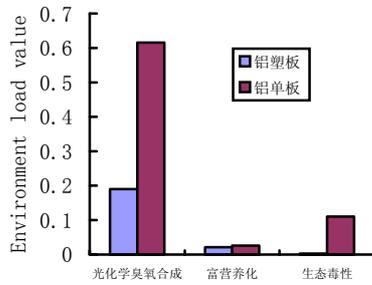


图 4 光化学臭氧合成、富营养化、生态毒性的比较影响种类

Fig.4 The comparison of Photo-oxidant formation, eutrophication and ecotoxicity

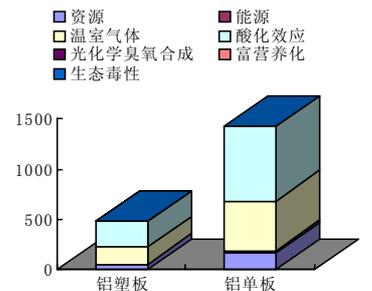


图 5 环境负荷单一值的比较材料名称

Fig.5 The comparison of environment load value of two kinds of materials

塑板和单铝板的环境影响的比较（荷兰 EI99 方法）见图 6、图 7 和图 8。

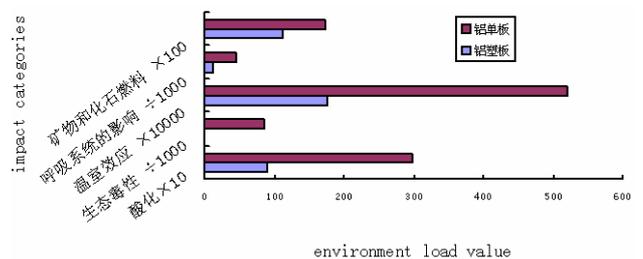


图 6 铝塑板和单铝板的环境负荷 (EI99)

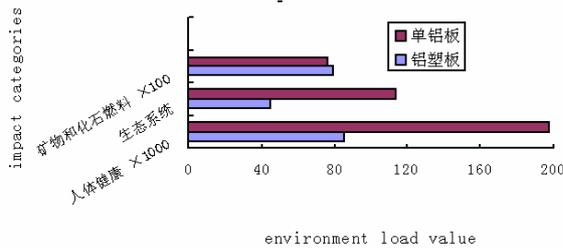


图7 铝塑板和单铝板的环境负荷 (EI99)

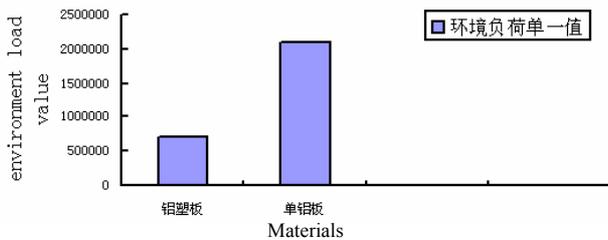


图8 铝塑板和单铝板的环境负荷单一值比较 (EI99)

4 评价结果解释

由于收集数据的局限性，只能从所列出的标准分类模型中选择资源消耗、能源消耗、废气、废水4个方面环境影响评价。按照所给出的计算模型，对所选择的环境影响进行表征。如图3和图4所示，单铝板在资源消耗、能源消耗、废气、废水方面对环境的影响大。与单铝板相比，铝塑板在资源、能源、温室效应、酸化效应、光化学臭氧层合成、富营养化、生态毒性分别减少72%、70%、66%、66%、69%、19%、98%。铝塑板与单铝板的酸化效应、温室效应高这主要因为铝的生产中SO₂、CO₂的排放多。说明铝塑板生产过程中要产生大量的SO₂、CO₂，所以在生产过程中要加强对SO₂、CO₂的减少控制，加强对工艺设施的改进，尽量采用循环再生铝。

单铝板的废气多主要是因为单铝板的涂装工艺采用喷涂，该工艺效率低、劳动强度高、涂料浪费大、利用率低，一般为30%~50%，喷涂过程中氟碳涂料的有机溶剂挥发，对环境造成污染。铝塑板则采用辊涂涂装工艺，该工艺适应大批量重复性涂装，易于实现自动化和机械化，涂料的利用率很高，一般在95%以上，且对环境基本无污染。单铝板生产过程中用水较多，采用喷涂涂装工艺挥发性有机物多，单铝板废水中的有害物质比铝塑板的高，故在生态毒性、呼吸系统两方面比铝塑板环境负荷大。如图5所示，采用国内杨建新LCA方法得出，铝塑板的环境负荷仅为单铝板的33%，即铝塑板/单铝板的环境负荷的相对大小为0.33。

国内的杨建新产品生命周期评价方法基于本国特有的国情，目前虽已应用于国内轿车生命周期评价研究以及移动电话机壳生命周期研究，是否与用国外成熟的LCA方法计算出的负荷相对接近还有待研究，因此，用铝塑板/单铝板的环境负荷的相对值进行验证。

根据荷兰生态指数99方法，从酸化效应、生态毒性、温室效应、呼吸系统的影响、矿物和化石燃料5个方面比较了铝塑板和单铝板的环境负荷，如图6~8所示。单铝板在人体健康、资源、生态系统方面的影响比铝塑板高。各环境

影响因子的排序为：温室效应>资源>酸化效应>生态毒性>呼吸系统的影响。铝塑板的环境负荷仅为单铝板的34%，即铝塑板/单铝板的环境负荷的相对大小为0.34。

采用EI99方法，由于CO₂的归一化因子与权重(均为1)的影响远大于SO_x (2.03×10⁻⁴, 8.12×10⁻²)的归一化因子与权重的影响，使CO₂成为决定环境负荷大小的决定性因素，从而使得温室效应高于酸化效应。而采用国内杨建新LCA方法，由于归一化因子及权重系数的影响，使得酸化效应高于温室效应的影响。但用这两种方法计算出的总的环境负荷的影响是一致的，铝塑板<单铝板，采用EI99方法计算出的铝塑板/单铝板为0.34，而采用国内的标准人当量方法计算出的铝塑板/单铝板为0.33，相对误差为(0.34-0.33)/0.34=3%。

采用这两种方法得出的相对值说明：①进行类似产品或材料的环境影响评价是可行的；②对类似产品/材料进行环境影响评估对比时，为了检验某种评价方法的准确性时，采用两套以上的方法加以相对误差比较的做法是可行的。

5 结论

(1) 单铝板在资源消耗、能源消耗、废气、废水这四方面对环境的影响影响大。铝塑板与单铝板相比，在资源、能源、温室效应、酸化效应、光化学臭氧层合成、富营养化、生态毒性分别减少72%、70%、66%、66%、69%、19%、98%。

(2) 首次对建筑装饰材料进行生命周期评价，在铝塑板和单铝板生产过程中较严重的温室效应和酸化效应主要由原材料铝的生产过程造成的，建议企业在实际生产中尽量采用再生铝，这有利于降低产品的环境负荷。

(3) 首次采用了国内的基于中国国情的产品生命周期评价方法，既具有实际意义，又验证了此方法的正确性和可行性。

(4) 采用国内的生命周期评价方法得出酸化效应对环境的影响较严重，采用荷兰EI99方法得出温室效应对环境的影响较严重，可见运用LCA的方法不同，所得的指导改善环境负荷的方向可能不同。

(5) 通过采用国内杨建新的生命周期评价方法和荷兰EI99方法对铝塑板和单铝板进行生命周期评价比较得出的铝塑板和单铝板的相对环境负荷大小近似相等可知，如果为了检验某种评价方法的准确性时，对类似产品/材料进行环境影响评估对比时，采用两套以上的方法加以相对误差比较的做法是可行的。但是是否正确无误，还需通过3种以上的方法加以验证。

参考文献

- 1 任磊.中国建材科技, 2003, 12(4): 44
- 2 中国建材科技, 2002, 62: 30
- 3 中国建筑材料科学研究院编著.绿色建材与建材绿色化.北京: 化学工业出版社, 2002.271
- 4 陈红.典型高分子材料及镍的环境负荷评估: [学位论文].北京: 北京航空航天大学, 2004.23
- 5 寇昕莉.高分子材料的环境负荷评价: [硕士学位论文].兰州: 兰州大学, 2001.23
- 6 <http://www.jfart.com/qianjing.htm> 市场分析.中国.北京. 特丽洁国际企业集团机械部