

# 铝生命周期环境影响评估报告

行政人事部 编

## 1 前言

生命周期评价(LCA)是针对一个产品系统(包括产品、工艺和服务过程)所进行的,通过对评价对象在其全生命周期内的能源消耗、原材料投入、污染物排放进行识别和量化分析,以确定和评估该产品系统对环境安全所存在的潜在影响。生命周期评价的重要内容是通过识别产生主要环境负荷的关键影响因子,对其进行减量化控制,以寻求减少环境污染的方法。材料或产品的生命周期包括从原材料获取到最终处置,或是更理想的以原来或其它形式循环再生的整个过程。铝在社会经济系统中的生命周期可划分为以下四个阶段:

- (1)生产阶段:包括铝土矿开采、氧化铝冶炼、原生铝生产;
- (2)加工与制造阶段:包括铝半成品(铝加工材与铝铸件)生产和含铝产品制造;
- (3)使用阶段:包括含铝产品使用与铝的社会累积;
- (4)报废与循环阶段:包括报废产品回收、铝废料预处理、再生铝熔铸。

本报告将从这四个阶段介绍铝型材的生命周期,并解读铝型材在各个阶段产生的环境影响。

## 2 研究内容

研究对象选用铝型材生产的整个产业链生命周期进行评价,可分为以下4个部分:

- (1)LCA的目标、生命周期的范围和系统边界确定;
- (2)清单分析,即确定整个流程的输入与输出。输入包括原材料、辅助材料、能源等;输出包括向自然界排放的废水、废气、废渣等;
- (3)影响评价,即对清单数据进行定量评价;
- (4)结果解释,即对影响评价的结果进行说明。

## 3 研究方法

### 3.1 目标和系统边界界定

#### 3.1.1 研究对象

本报告的研究对象为1吨铝型材产品的整个铝产业链全生命周期。

### 3.1.2 研究范围

铝型材产品生产整个铝产业链的全生命周期包括氧化铝生产、电解铝生产、铝型材生产。

氧化铝产品的生产在社会经济系统中的生命周期研究范围可划分为五个阶段：原料获取（铝土矿获取）、原料运输、产品加工（氧化铝生产加工）、产品使用（发往客户生产）和产品处置（赤泥库堆存）。产品处置包括运输、赤泥压滤两个过程。

电解铝生产在社会经济系统中的生命周期研究范围划分为五个阶段：原料获取（氧化铝获取、炭阳极制备）、原料运输、产品加工（电解生产）、产品使用（发往客户生产）和产品处置（大修废料处置）。电解铝大修废料委托具有相关处理资质单位进行专业化处理。

铝型材产品生产在社会经济系统中的生命周期研究范围划分为五个阶段：原料获取（铝锭获取）、原料运输、产品加工（铝型材生产加工）、产品使用（发往客户生产）和产品处置（再生铝熔铸）。产品处置包括废料重熔过程。铝型材废料可以经过熔铸车间进行重熔，重熔所得铝水可直接用于再铸造；重熔精练产生的铝灰渣委托具有相关处理资质单位经行专业利用，可作为复化锭行业的原材料重复利用。

铝型材全生命周期范围如图 1 所示，包括了电解铝、再生铝过程中所需的资源和能源投入，以及材料运输过程的消耗和污染物排放。

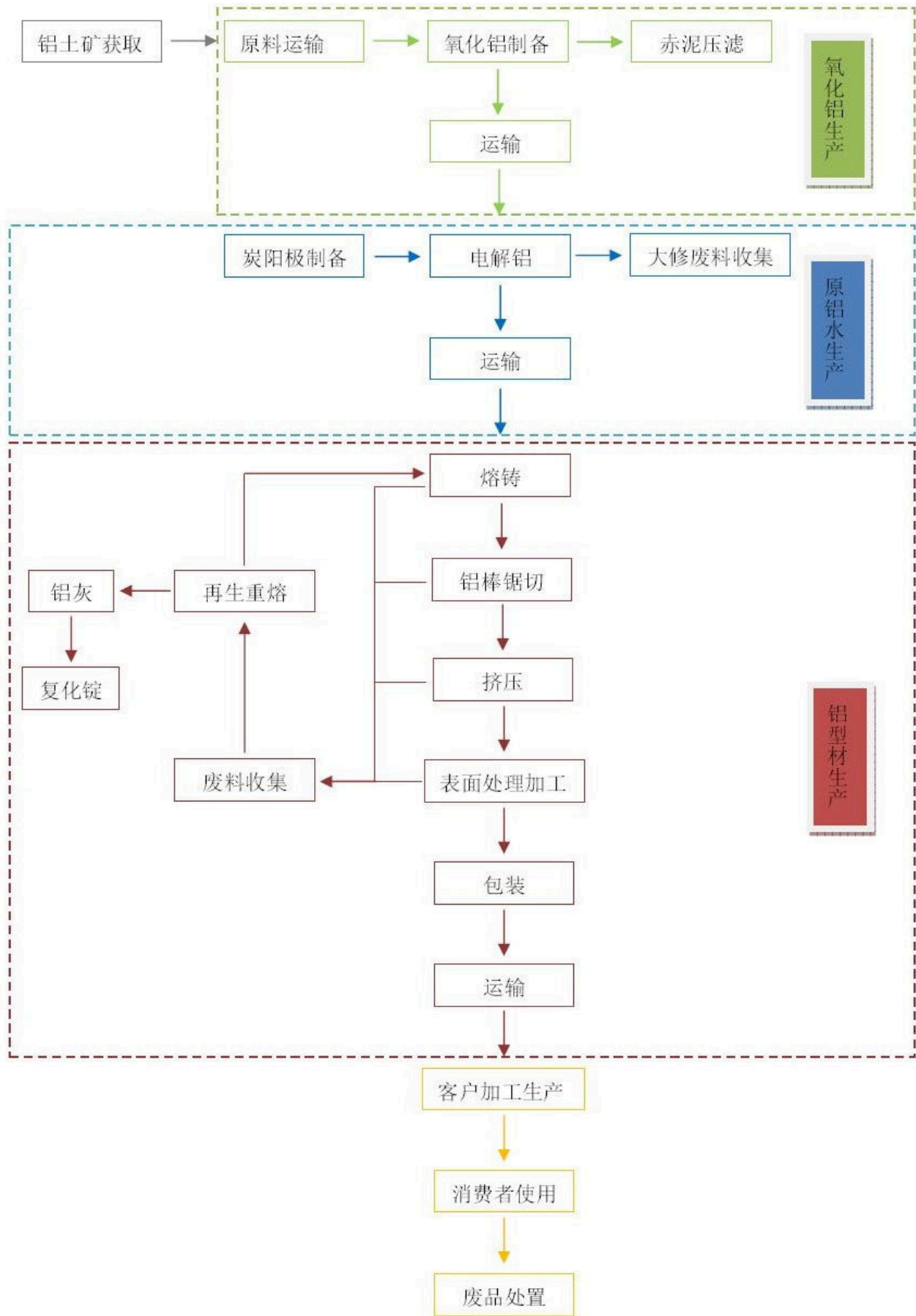


图1 铝型材生命周期评价范围（全产业链）

### 3.2 清单分析

依据 ISO 14040:2006 标准，铝型材产品整个铝产业链全生命周期的清单数据如表 1-表 3 所示。氧化铝与电解铝的清单数据主要来自文献中对国家数据的统计，以及 CPLCID 数据库。铝型材的清单数据主要根据本厂的现场调研获得。表 4 为整个铝型材生产过程的输入输出及环境影响清单。

表 1 氧化铝生命周期清单

类别	物质	用量	
		数值	单位
资源消耗	铝土矿	4.64	t
	石灰石	0.28	t
	氢氧化钠	0.18	t
	电	1.38×10 <sup>4</sup>	kWh
	天然气	287.67	m <sup>3</sup>
	热能	0.12	MJ
	蒸汽	0.41	kg
	水	10.06	m <sup>3</sup>
	焦炭	0.50	t
	沥青	0.10	t
	柴油	1.61	kg
	煤	6.36	kg
	氟化盐	20.03	kg
废气排放	二氧化硫	6.00	kg
	颗粒物	2.78	kg
	四氟代甲烷	0.29	kg
	乙烷	2.90×10 <sup>-2</sup>	kg
	化学需氧量	90.06	g
废水排放	氨氮	5.24	g
	汽油	7.32	g
固体废弃物	赤泥	2.32	t
	废渣	14.69	kg

表 2 电解铝生命周期清单

类别	物质	用量	
		数值	单位
资源消耗	废旧铝	1.18	t
	电	319	kWh
	天然气	100	m <sup>3</sup>
	水	0.88	m <sup>3</sup>
废气排放	无机物	6.00	kg
	颗粒物	0.64	kg
	氯化物	0.19	kg
	氟化物	4.25×10 <sup>-2</sup>	kg
	化学需氧量	3.66×10 <sup>-3</sup>	g

废水排放	石油	2.32×10 <sup>-4</sup>	kg
	悬浮物	2.53×10 <sup>-3</sup>	kg

表 3 铝型材生命周期清单

类别	物质	用量	
		数值	单位
资源消耗	原铝锭	0.737	t
	中间合金	0.029	t
	重熔废料	0.299	t
	柴油	1.84	L
	电	60	kWh
	天然气	57.1	m <sup>3</sup>
废气排放	二氧化硫	<7	mg/m <sup>3</sup>
	氟化物	0.76	mg/m <sup>3</sup>
	颗粒物	3.1	mg/m <sup>3</sup>
	氮氧化物	153	mg/m <sup>3</sup>
	烟气黑度	<1	林格曼, 级

表 4 铝型材生产输入输出清单表

类别	物质	用量	
		数值	单位
资源消耗	铝土矿	4.64	t
	石灰石	0.28	t
	氢氧化钠	0.18	t
	废旧铝	1.18	t
	电	387.95	kWh
	天然气	473.57	m <sup>3</sup>
	热能	0.12	MJ
	蒸汽	0.41	kg
	水	10.94	m <sup>3</sup>
	焦炭	0.50	t
	沥青	0.10	t
	柴油	3.45	kg
	煤	6.36	kg
	氟化盐	20.03	kg
废气排放	二氧化硫	<7	mg/m <sup>3</sup>
	氟化物	0.76	mg/m <sup>3</sup>
	颗粒物	3.1	mg/m <sup>3</sup>
	氮氧化物	153	mg/m <sup>3</sup>
	烟气黑度	<1	林格曼, 级
废水排放	氨氮	7.7×10 <sup>-3</sup>	mg/L
	PH	0.17	无量纲
	化学需氧量	1.4	mg/L
	石油类	3.3×10 <sup>-3</sup>	mg/L

	悬浮物	1.18	mg/L
	五日生化需氧量	0.25	mg/L
	总氮	0.15	mg/L
固体废弃物	碱渣	0.085	t
	铝灰渣	0.069	t

### 3.3 生命周期影响评价

选取了 12 种中间点(致癌性、非致癌性、淡水生态毒性、全球变暖、土地占用、陆地酸化、水体富营养化、呼吸性无机物、呼吸性有机物、臭氧层破坏、金属资源耗竭和化石资源耗竭)进行了 LCA 分析。表 5 为常用的环境影响评价模型标准因子。

表 5 评价模型标准因子

影响类别	当量因子	正规化值
致癌性	CTUh	$1.38 \times 10^{-7}$
非致癌性	CTUh	$1.93 \times 10^{-9}$
淡水生态毒性	CTUe	$1.27 \times 10^{-14}$
全球变暖	kg CO <sub>2</sub> eq	$2.24 \times 10^{-14}$
土地占用	ha.yr arable	$2.02 \times 10^{-14}$
陆地酸化	kg SO <sub>2</sub> eq	$4.95 \times 10^{-12}$
水体富营养化	kg PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> eq	$6.33 \times 10^{-12}$
呼吸性无机物	kg PM <sub>2.5</sub> eq	$4.12 \times 10^{-11}$
呼吸性有机物	kg NMVOC eq	$3.40 \times 10^{-12}$
臭氧层破坏	kg CFC-11 e	$4.62 \times 10^{-9}$
金属资源耗竭	kg Fe eq	$4.04 \times 10^{-13}$
化石资源耗竭	kg oil eq	$1.12 \times 10^{-13}$

表 6 分别列出了每生产 1 吨氧化铝、电解铝所造成的中间点特征化潜在环境影响值。对于对于全球变暖这一环境影响类别来说，在铝工业生产过程中，每生产 1 吨氧化铝、电解铝、对全球变暖所造成的潜在环境影响值分别为 703.62、 $1.58 \times 10^4$  kg CO<sub>2</sub> eq。对于陆地酸化来说，每生产 1 吨氧化铝、电解铝所产生的陆地酸化污染物折合二氧化硫的量分别为 2.40kg、49.02kg。

表 6 氧化铝、电解铝特征化结果

影响类别	当量因子	氧化铝	电解铝
致癌性	CTUh	$2.12 \times 10^{-5}$	$3.23 \times 10^{-4}$
非致癌性	CTUh	$3.05 \times 10^{-4}$	$7.89 \times 10^{-4}$
淡水生态毒性	CTUe	$1.75 \times 10^3$	$1.31 \times 10^4$
全球变暖	kg CO <sub>2</sub> eq	703.62	$1.58 \times 10^4$
土地占用	ha.yr arable	$1.74 \times 10^{-3}$	$4.88 \times 10^{-3}$
陆地酸化	kg SO <sub>2</sub> eq	2.40	49.02
水体富营养化	kg PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> eq	0.38	1.43
呼吸性无机物	kg PM <sub>2.5</sub> eq	0.23	6.98
呼吸性有机物	kg NMVOC eq	3.06	46.22
臭氧层破坏	kg CFC-11 e	$9.71 \times 10^{-6}$	$1.02 \times 10^{-4}$
金属资源耗竭	kg Fe eq	15.91	51.56
化石资源耗竭	kg oil eq	364.94	$4.01 \times 10^3$

## 4 结论

### 4.1 氧化铝

氧化铝的生命周期对环境的影响主要集中在铝土矿的开采中，电力和天然气的消耗、氢氧化钠的使用、固体废弃物的排放是产生氧化铝产业潜在环境影响的关键环节，运输及其它环节产生的影响较小。

其中，天然气的消耗主要对非致癌性、水体富营养化和金属资源耗竭类别产生较大的环境影响作用；电力消耗则在全球变暖、陆地酸化、呼吸性无机物和有机物类别造成不容忽视的环境影响；氢氧化钠的使用主要对呼吸性有机物和臭氧层破坏类型产生影响；固体废弃物的排放主要集中在对土地占用类别的影响上。

### 4.2 电解铝

氧化铝生产过程不同的是，电解铝生产中的直接排放和运输环节所造成的环境影响也是不容忽视的，直接排放主要影响了致癌性、淡水生态毒性、全球变暖、陆地酸化、呼吸性无机物类别，运输过程则对土地占用、臭氧层破坏、化石资源耗竭类别的影响明显。其他类别的物质消耗(柴油、蒸汽、铝土矿、焦炭)造成的影响都比较小。

### 4.3 铝型材

铝型材的生命周期对环境的影响主要集中在铝土矿的开采中，我公司直接向外采购高纯铝锭。在选择供应商时，除了铝锭质量外，首要考虑的是供应商对铝锭生产过程中的环境影响评估及处理方式，并对供应商的铝锭生产过程严格把控。而铝型材的生产过程对气候变化和生态毒性方面的影响较小。

铝型材过程中主要的资源消耗是用电和天然气，产生的环境污染主要为二氧化碳和颗粒物。我公司本着节约资源、保护环境的生产原则，一直致力于提高产品的成品率，减少废料回收处置的能源消耗，降低环境污染。

为了使公司发展成为对环境友好、对资源高效利用的绿色型产业模式，公司针对各个部门制定了节约资源、保护环境的节能减排方案。公司的废料回收目标是 100%，通过工艺和生产管理，铝型材生产过程中产生的废料全部回收并回炉重熔。回收的废料在合金上进行分类管理。型材生产过程会产生部分铝灰渣，我司固体废弃物的回收处理，100%委托具有专业危废处理资质单位进行处理。