

电解铝行业清洁生产评价指标体系

(征求意见稿)

国家发展和改革委员会
生态环境部 发布
工业和信息化部

目 录

前 言.....	I
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 评价指标体系.....	1
5 评价方法.....	7
6 指标解释与数据来源.....	8

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国清洁生产促进法》，指导和推动电解铝企业依法实施清洁生产，提高资源利用率，减少和避免污染物的产生，保护和改善环境，制定电解铝行业清洁生产评价指标体系（以下简称“指标体系”）。

本指标体系依据综合评价所得分值将企业清洁生产等级划分为三级，Ⅰ级清洁生产水平为清洁生产先进（标杆）水平；Ⅱ级清洁生产水平为清洁生产准入水平；Ⅲ级清洁生产水平为清洁生产一般水平。随着技术的不断进步和发展，本指标体系将适时修订。

本指标体系起草单位：中国环境科学研究院、本溪市环境科学研究所、辽宁石油化工大学。

本指标体系由国家发展和改革委员会、生态环境部会同工业和信息化部联合提出。

本指标体系由国家发展和改革委员会、生态环境部会同工业和信息化部负责解释。

1 适用范围

本指标体系规定了电解铝企业清洁生产的一般要求。本指标体系将清洁生产评价指标分为九类，即生产工艺及装备、能源消耗、水资源消耗、原/辅料消耗、资源综合利用、污染物产生与排放、温室气体排放、产品特征、清洁生产管理。

本指标体系适用于电解铝企业的清洁生产审核、清洁生产潜力与机会的判断以及清洁生产绩效评定和清洁生产绩效公告制度，也适用于环境影响评价、排污许可证管理、环保领跑者等环境管理制度。

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。凡是注明日期的引用文件，仅注明日期的版本适用于本文件。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 18597	危险废物贮存污染控制标准
GB 18599	一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准
GB 24789	用水单位水计量器具配备和管理通则
GB/T 17167	用能单位能源计量器具配备和管理通则
GB/T 23331	能源管理体系要求
GB/T 24001	环境管理体系要求及使用指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本指标体系。

3.1 电解铝企业

指利用氧化铝为原料生产电解铝的冶炼企业或生产设施，生产产品包括铝液、铝锭。

3.2 生产水重复利用率

指在一定的计量时间内，生产过程中使用的重复利用水量与用水量百分比。

3.3 残极

指预焙阳极炭块在铝电解槽上使用一个周期后，更换下来的残阳极炭块。

4 评价指标体系

4.1 指标选取说明

本评价指标体系根据清洁生产的原则要求和指标的可度量性，进行指标选取。根据评价指标的性质，可分为定量指标和定性指标两种。

定量指标选取了有代表性的、能反映“节能”、“降耗”、“减污”和“增效”等有关清洁生产最终目标的指标，综合考评企业实施清洁生产的状况和企业清洁生产程度。定性指标根据国家有关推行清洁生产的产业发展和技术进步政策、资源环境保护政策规定以及行业发展规划选取，用于评价企业对有关政策法规的符合性及其清洁生产工作实施情况。

4.2 指标基准值及说明

在定量评价指标中，各指标的评价基准值是衡量该项指标是否符合清洁生产基本要求的评价基准。本评价指标体系确定各定量评价指标的评价基准值的依据是：凡国家或行业在有关政策、规划等文件中对该项指标已有明确要求的应执行国家要求的数值；凡国家或行业对该项指标尚无明确要求的，则根据国内电解铝企业近年来清洁生产所实际达到的水平确定 I 级基准值、II 级基准值、III 级基准值。

在定性评价指标中，衡量该项指标是否贯彻执行国家有关政策、法规的情况，符合程度来评定。

4.3 指标体系

电解铝企业清洁生产评价指标体系的评价指标、评价基准值和权重值见表 1。

表 1 电解铝企业清洁生产评价指标、权重及基准值表

序号	一级指标	一级指标权重	二级指标	单位	二级指标权重	I 级清洁生产水平基准值	II 级清洁生产水平基准值	III 级清洁生产水平基准值
1	生产工艺与装备要求	0.25	氧化铝、氟化盐贮存		0.10	原料贮存采用密闭贮库（仓）		
2			氧化铝输送		0.10	浓相输送或其它封闭输送方式		
3			氟化盐输送		0.10	浓相输送		
4			氧化铝上料段		0.10	浓相输送		
5			氟化盐上料段		0.10	浓相输送或加料车等封闭加料方式		天车加料或其它机械加料方式
6			*电解电流强度	kA	0.10	≥500	≥400	≥160
7			电解槽平均电压	V	0.10	≤3.9	≤4.0	≤4.1
8			电解槽集气效率	%	0.10	≥99.3	≥99	≥98.5
9			电解烟气净化系统		0.20	全密闭集气，机械排烟，氧化铝吸附干法回收净化系统加脱硫净化措施		全密闭集气，机械排烟，氧化铝吸附干法回收净化系统
10	能源消耗	0.20	*电流效率	%	0.20	≥94	≥93	≥92
11			*铝液交流电耗	kw·h/t	0.20	≤12650	≤12750	≤13350
12			氧化铝单耗	kg/t	0.15	≤1910	≤1915	≤1920
13			炭阳极单耗(净)	kg/t	0.10	≤400	≤405	≤410
14			氟化铝单耗	kg/t	0.25	≤13	≤15	≤16
15			冰晶石单耗	kg/t	0.10	≤0.5	≤1.0	≤1.5
16	水资源消耗	0.01	生产水重复利用率	%	1	≥99.5	≥99.0	≥98.5

序号	一级指标	一级指标权重	二级指标	单位	二级指标权重	I级清洁生产水平基准值	II级清洁生产水平基准值	III级清洁生产水平基准值
17	原/辅料消耗	0.01	原辅材料合格率	%	1	100		
18	资源综合利用指标	0.14	粉尘综合利用率	%	0.40	≥99.5	≥99.0	≥98.5
19			废电解质回收加工利用率	%	0.30	100		
20			残极回收并加工利用率	%	0.30	100		
21	污染物排放指标	0.20	全氟排放量*	kg/t	0.30	≤0.2	≤0.3	≤0.6
22			*电解烟气净化系统排放口全氟排放浓度	mg/Nm ³	0.20	≤0.5	≤1	≤3
23			*电解烟气净化系统排放口颗粒物排放浓度	mg/Nm ³	0.20	≤5	≤10	≤20
24			*电解烟气净化系统排放口二氧化硫排放浓度	mg/Nm ³	0.20	≤35	≤100	≤200
25			单位产品排水量	m ³ /t	0.10	≤0.5	≤0.8	≤1.0
26	温室气体排放	0.03	*温室气体二氧化碳排放总量	kg/t	1	≤8994	≤9188	≤9926
27	产品特征指标	0.01	原铝合格率	%	1.00	100		
28	清洁生产管理指标	0.15	环保法律法规标准执行情况		0.10	符合国家和地方有关环境法律、法规；污染物排放达到国家和地方排放标准；满足环境影响评价、环保“三同时”制度、总量控制和排污许可证管理要求。		
29			*产业政策符合性		0.10	生产规模符合国家和地方相关产业政策，不使用国家和地方明令淘汰或禁止的落后工艺和装备，未生产国家明令禁止的产品。		

序号	一级指标	一级指标权重	二级指标	单位	二级指标权重	I级清洁生产水平基准值	II级清洁生产水平基准值	III级清洁生产水平基准值
30			清洁生产管理		0.10	按照 GB/T 24001 建立并运行环境管理体系,通过环境管理体系第三方认证,建有专门负责清洁生产的领导机构,各成员单位及主管人员职责分工明确;有健全的清洁生产管理制度和奖励管理办法,有执行情况检查记录;制定有清洁生产工作规划及年度工作计划,对规划、计划提出的目标、指标、清洁生产方案,认真组织落实;资源、能源、环保设施运行统计台账齐全;建立、制定环境突发性事件应急预案(预案要通过相应环保部门备案)并定期演练。按行业无组织排放监管的相关政策要求,加强对无组织排放的防控措施,减少生产过程无组织排放。		
31			清洁生产审核		0.10	按政府规定要求,制订有清洁生产审核工作计划,对原料及生产全流程定期开展清洁生产审核活动,中、高费方案实施率100%。	按政府规定要求,制订有清洁生产审核工作计划,对原料及生产全流程定期开展清洁生产审核活动,中、高费方案实施率≥90%。	按政府规定要求,制订有清洁生产审核工作计划,原料及生产全流程中部分生产工序定期开展清洁生产审核活动,中、高费方案实施率≥80%。
32			节能管理		0.10	按照GB/T23331建立并运行能源管理体系,通过能源管理体系第三方认证,建立能源管控中心,按国家规定要求,组织开展节能评估与能源审计工作,实施节能改造项目完成率为90%。	按照GB/T23331建立并运行能源管理体系,通过能源管理体系第三方认证,按国家规定要求,组织开展节能评估与能源审计工作,实施节能改造项目完成率≥70%。	按照GB/T23331建立并运行能源管理体系,按国家规定要求,组织开展节能评估与能源审计工作,实施节能改造项目完成率≥50%。
33			污染物排放监测		0.10	按照排污许可证规定的自行监测方案自行或委托第三方监测机构开展监测工作,安排专人专职对监测数据进行记录、整理、统计和分析,公开自行监测信息。		
34			*固体废物处理处置		0.10	采用符合国家规定的废物处置方法处置废物;一般固体废物按照 GB 18599 相关规定执行;危险废物按照 GB 18597 相关规定执行。对一般工业固废进行妥善处理并加以循环利用。应		

序号	一级指标	一级指标权重	二级指标	单位	二级指标权重	I级清洁生产水平基准值	II级清洁生产水平基准值	III级清洁生产水平基准值
						制定并向当地环保主管部门备案危险废物管理计划，申报危险废物产生种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。制定意外事故防范措施预案，并向当地环保主管部门备案。		
35			计量器具配备情况		0.05	计量器具配备率符合 GB 17167、GB 24789 三级计量要求。	计量器具配备率符合 GB 17167、GB 24789 二级计量要求	
36			*危险化学品管理		0.05	符合《危险化学品安全管理条例》相关要求		
37			突发环境事件预防		0.10	按照国家相关规定要求，建立健全环境管理制度及污染事故防范措施，无重大环境污染事故发生		
38			环境信息公开		0.05	按照排污许可证规定的信息公开要求定期开展信息公开。		
39			土壤污染隐患排查		0.05	参照国家有关技术规范，建立土壤污染隐患排查制度，保证持续有效防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散。		
注：带*的指标为限定性指标。								

5 评价方法

5.1 指标无量纲化

不同清洁生产指标由于量纲不同，不能直接比较，需要建立原始指标的隶属函数，如公式 5-1 所示。

$$Y_{g_k}(x_{ij}) = \begin{cases} 100, x_{ij} \in g_k \\ 0, x_{ij} \notin g_k \end{cases} \quad (5-1)$$

式中： x_{ij} —为第 i 个一级指标下的第 j 个二级指标；

g_k —为二级指标基准值，其中 g_1 为 I 级水平， g_2 为 II 级水平， g_3 为 III 级水平；

$Y_{g_k}(x_{ij})$ —为二级指标 x_{ij} 对于级别 g_k 的函数。

如公式 5-1 所示，若指标 x_{ij} 属于级别 g_k ，则隶属函数的值为 100，否则为 0。

5.2 综合评价指数计算

通过加权平均、逐层收敛可得到评价对象在不同级别 g_k 的得分 Y_{g_k} ，如公式 5-2 所示。

$$Y_{g_k} = \sum_{i=1}^m (w_i \sum_{j=1}^{n_i} \omega_{ij} Y_{g_k}(x_{ij})) \quad (5-2)$$

式中， w_i —第 i 个一级指标的权重， ω_{ij} 为第 i 个一级指标下的第 j 个二级指标的权重，其中

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1, \sum_{j=1}^{n_i} \omega_{ij} = 1, m \text{ 为一级指标的个数；}$$

n_i —第 i 个一级指标下二级指标的个数；

Y_{g_1} —等同于 Y_I ， Y_{g_2} 等同于 Y_{II} ， Y_{g_3} 等同于 Y_{III} 。

当电解铝企业实际生产过程中某类一级指标项下某些二级指标不适用于该企业时，需要对该类一级指标项目下二级指标权重进行调整，调整后的二级指标权重值计算公式为：

$$\omega'_{ij} = \frac{\omega_{ij}}{\sum \omega_{ij}} \quad (5-3)$$

式中， ω'_{ij} —调整后的二级指标权重；

$\sum \omega_{ij}$ —参与考核的指标权重之和。

5.3 综合评价指数计算步骤

第一步：将新建企业或新建项目、现有企业相关指标与 I 级限定性指标进行对比，全部符合要求后，再将企业相关指标与 I 级基准值进行逐项对比，计算综合评价指数得分 Y_I ，当综合指数得分 $Y_I \geq 85$ 分时，可判定企业清洁生产水平为 I 级。当企业相关指标不满足 I 级限定性指标要求或综合指数得分 $Y_I < 85$ 分时，则进入第二步计算。

第二步：将新建企业或新建项目、现有企业相关指标与 II 级限定性指标进行对比，全部符合要求后，再将企业相关指标与 II 级基准值进行逐项对比，计算综合评价指数得分 Y_{II} ，当综合指数得分 $Y_{II} \geq 85$ 分时，可判定企业清洁生产水平为 II 级。当企业相关指标不满足 II 级限定性指标要求或综合指数得分 $Y_{II} < 85$ 分时，则进入第三步计算。

新建企业或新建项目不再参与第三步计算。

第三步：将现有企业相关指标与 III 级限定性指标基准值进行对比，全部符合要求后，再将企业相关指标与 III 级基准值进行逐项对比，计算综合指数得分，当综合指数得分 $Y_{III} = 100$ 分时，可判定企业清洁生产水平为 III 级。当企业相关指标不满足 III 级限定性指标要求或综合指数得分 $Y_{III} < 100$ 分时，表明企业未达到清洁生产要求。

5.4 电解铝企业清洁生产水平评定

对新建电解铝企业或新扩改建项目、现有电解铝企业清洁生产水平的评价，是以其清洁生产综合评价指数为依据，对达到一定综合评价指数的企业，分别评定为国际清洁生产先进（标杆）水平、清洁生产准入水平和清洁生产一般水平。根据我国国内电解铝企业实际情况，不同等级清洁生产水平综合评价指数判定值规定见表2。

表2 电解铝企业清洁生产水平判定

企业清洁生产水平	清洁生产综合评价指数
I 级（清洁生产先进（标杆）水平）	同时满足： —— $Y_I \geq 85$ ； 限定性指标全部满足 I 级基准值要求。
II 级（清洁生产准入水平）	同时满足： —— $Y_{II} \geq 85$ ； 限定性指标全部满足 II 级基准值要求及以上。
III 级（清洁生产一般水平）	同时满足： —— $Y_{III} = 100$ ； 限定性指标全部满足 III 级基准值要求及以上。

6 指标解释与数据来源

6.1 指标解释

6.1.1 电解槽集气效率

电解槽集气效率（%）单位时间内系列电解槽密闭集气烟气的数量与该系列电解槽产生的全部烟气数量的百分比。

(1) 当单槽排烟量与净化系统设计烟气量一致时，计算公式：

$$\eta_{\text{集气}} = \frac{C_f}{C_F} \times 100\% \quad (6-1)$$

式中：

$\eta_{\text{集气}}$ —电解槽密闭槽罩的集气效率（%）；

C_f —实际烟气（未净化前）含氟浓度（ mg/m^3 ）；

C_F —集气效率为100%时的烟气含氟浓度（ mg/m^3 ）。

(2) 当实际单槽排烟量与净化系统设计烟气量不同时，计算公式：

$$\eta_{\text{集气}} = \frac{C_f \cdot n \cdot Q_i \cdot 24}{N \cdot A_d \cdot F_y \cdot 10^6} \quad (6-2)$$

式中：

$\eta_{\text{集气}}$ —实际烟气（未净化前）含氟浓度（ mg/m^3 ）；

n —净化系统集气的实际槽数，（台）；

Q_i —单槽实际排烟量，（ Nm^3/h ）；

N —净化系统集气的设计槽数，（台）；

A_d —电解槽日产铝量，（ t/d ）；

F_y —吨铝排氟量，（ kg/t ）。

6.1.2 电流效率

电流效率按公式6-3进行计算。

$$\eta = \frac{P_{\text{实}}}{P_{\text{理}}} \times 100\% \quad (6-3)$$

式中：

η —电流效率，%；

$P_{\text{实}}$ —实际铝产量，t；

$P_{\text{理}}$ —理论铝产量，t，按公式6-4计算。

$$P_{\text{理}} = C \times I \times t \times 10^{-6} \quad (6-4)$$

式中：

C —铝电化当量，0.3356 g/（A·h）；

I —电解槽系列平均电流强度，A（经国家授权部门标定后核实整流效率为准，确定电流强度）；

t —电解时间，h。

6.1.3 铝液交流电耗

$$W_j = \frac{Q_j - (Q_{tj} + Q_{qj})}{P_{ly}} \quad (6-5)$$

式中：

W_j —电解铝液交流电耗，kw·h/t；

Q_j —电解系列工艺消耗的交流电量，kw·h；

Q_{tj} —电解系列中停槽导电母线及短路口损耗交流电量，kw·h；

Q_{qj} —电解系列中电解槽焙烧、启动期间消耗的交流电量，kw·h；

P_{ly} —电解系列电解铝液年产量，t/a。

6.1.4 氧化铝单耗

$$P_1 = \frac{W_1}{M} \quad (6-6)$$

式中：

P_1 —氧化铝单耗，kg/t；

W_1 —原铝年耗量，kg/a；

M —铝锭年产量，t/a。

6.1.5 炭阳极碳块单耗（净）

$$P_2 = \frac{W_2 - X}{M} \quad (6-7)$$

式中：

P_2 —炭阳极单耗（净），kg/t；

W_2 —炭阳极年耗量，kg/a；

X —残极年回收量，kg/a；

M —铝锭年产量，t/a。

6.1.6 氟化铝单耗

$$P_3 = \frac{W_3}{M} \quad (6-8)$$

式中：

P_3 —氟化铝单耗，kg/t；

W_3 —氟化铝年耗量，kg/a；

M —铝锭年产量，t/a。

6.1.7 冰晶石单耗

$$P_4 = \frac{W_4}{M} \quad (6-9)$$

式中：

P_4 —冰晶石单耗，kg/t；

W_4 —冰晶石年耗量，kg/a；

M —铝锭年产量，t/a。

6.1.8 全氟排放量

全氟是指铝电解槽烟气中的无机氟化物（以氟计），包括气氟（氟化氢等气体）和固氟（氟化铝等固体氟化盐）。

$$P_5 = \frac{W_5}{M} \quad (6-10)$$

式中：

P_5 —全氟（以氟计）排放量，kg/t；

W_5 —电解铝生产系统的电解烟气净化系统排放口有组织氟化物（以氟计）排放量和电解车间（天窗或通风器）无组织氟化物（以氟计）排放量之和，kg/a；

M —铝锭年产量，t/a。

6.1.9 单位产品排水量

$$P_6 = \frac{W_6}{M} \quad (6-11)$$

式中：

P_6 —单位产品排水量， m^3/t ；

W_6 —电解铝生产系统生产废水和厂区生活污水排放量， m^3/a ；

M —铝锭年产量，t/a。

6.1.10 生产水重复利用率

$$R = \frac{W_5}{W_{\text{总}}} \times 100\% \quad (6-12)$$

式中：

R —生产水重复利用率，（%）；

W_5 —重复利用水量（循环水量和串级使用水量）， m^3/a ；

$W_{\text{总}}$ —生产总用水量， m^3/a 。

6.1.11 粉尘综合利用率

$$P_7 = \frac{W_7}{M_{\text{总}}} \times 100\% \quad (6-13)$$

式中：

P_7 —粉尘综合利用率，%；

W_7 —电解铝生产系统通风除尘系统回收后粉尘综合利用量，kg/a；

$M_{总}$ —电解铝生产系统通风除尘系统回收的粉尘总量，kg/a。

6.1.12 温室气体二氧化碳排放总量

$$E = E_{\text{阳极}} + EPFC_S + E_{\text{外购电}} \quad (6-14)$$

式中：

E —温室气体二氧化碳排放总量，kg/t；

$E_{\text{阳极}}$ —阳极消耗二氧化碳排放量，kg/t，按公式 6-15 计算；

$$E_{\text{阳极}} = P_2 \times 0.95 \times 0.83 \times (44 \div 12) \quad (6-15)$$

P_2 —炭阳极单耗（净），kg/t；

$EPFC_S$ —阳极效应二氧化碳排放量，单位：kg/t，按公式 6-16 计算；

$$EPFC_S = 7390 \times 0.143 \times AEM + 9200 \times 0.1 \times 0.143 \times AEM \quad (6-16)$$

AEM —平均每天每槽阳极效应持续时间，分钟；

$E_{\text{外购电}}$ —外购电力二氧化碳排放量，kg/t，按公式 6-17 计算；

$$E_{\text{外购电}} = W_J \times 0.6101 \quad (6-17)$$

W_J —电解铝液交流电耗，kw·h/ t。

6.2 数据来源

6.2.1 统计

企业的原材料及能源使用量、产品产量、废水和固体废物产生量及相关技术经济指标等，以年报或考核周期报表为准。

6.2.2 实测

如果统计数据严重短缺，资源综合利用指标也可以在考核周期内用实测方法取得，考核周期一般不少于一个月。

6.2.2 采样和监测

污染物排放指标是指污染物进入末端处理设施后污染物的浓度或总量指标，其采样点应设在末端处理设施出口处。本指标体系污染物排放指标的采样和监测按照相关技术规范执行，并采用国家

或行业标准指定分析方法。