

---

附件五:

# 铝行业清洁生产 评价指标体系（试行）

---

国家发展和改革委员会 发布

---

## 目 录

前 言 .....	1
1 铝行业清洁生产评价指标体系的适用范围 .....	2
2 铝行业清洁生产评价指标体系的结构与内容 .....	2
3 铝行业清洁生产评价指标的评价基准值及权重分值 .....	14
4 铝工业企业清洁生产评价指标的考核评分计算方法 .....	26
4.1 定量评价指标的考核评分计算 .....	26
4.2 定性评价指标的考核评分计算 .....	28
4.3 企业清洁生产综合评价指数的考核评分计算 .....	28
4.4 铝行业清洁生产企业的评定 .....	29
5 指标解释 .....	29

## 前 言

为了贯彻落实《中华人民共和国清洁生产促进法》，指导和推动铝工业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，特制定铝行业清洁生产评价指标体系（试行）（以下简称“指标体系”）。

本指标体系用于评价氧化铝厂、电解铝等企业的清洁生产水平，作为创建清洁生产先进企业的主要依据，并为企业推行清洁生产提供技术指导。

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两级，即代表国内先进水平的“清洁生产先进企业”和代表国内一般水平的“清洁生产企业”。随着技术的不断进步和发展，本指标体系每 3~5 年修订一次。

本指标体系由中国铝业公司起草。

本指标体系由国家发展和改革委员会负责解释。

本指标体系自公布之日起试行。

## 1 铝行业清洁生产评价指标体系的适用范围

本评价指标体系适用于铝行业，包括氧化铝厂、电解铝厂、铝用碳素厂(含阳极和阴极)。

## 2 铝行业清洁生产评价指标体系的结构与内容

根据清洁生产的原则要求和指标的可度量性，本评价指标体系分为定量评价和定性评价两大部分。

定量评价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，建立评价模式。通过对各项指标的实际达到值、评价基准值和指标的权重值进行计算和评分，综合考评企业实施清洁生产的状况和企业清洁生产程度。

定性评价指标主要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，用于定性考核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。

定量指标和定性指标分为一级指标和二级指标。一级指标为普适性、概括性的指标，二级指标为反映铝工业企业清洁生产各方面具有代表性的、内容具体、易于评价考核的指标。

本评价指标体系分氧化铝生产系统、电解铝生产系统、铝用碳素阳极生产系统、铝用碳素阴极生产系统，氧化铝生产系统分拜尔法氧化铝生产系统、烧结法氧化铝生产系统、联合法氧化铝生产系统。

拜尔法生产氧化铝的企业定量评价指标体系框架见图 1，烧结法生产氧化铝的企业定量评价指标体系框架见图 2，联合法生产氧化铝的企业定量评价指标体系框架见图 3，拜尔法氧化铝生产企业定性评价指标体系框架见图 4，烧结法氧化铝生产企业定性评价指标体系框架见图 5，联合法氧化铝生产企业定性评价指标体系框架见图 6。

电解铝生产企业定量评价指标体系框架见图 7，电解铝生产企业定性评价指标体系框架见图 8。

阳极生产企业定量评价指标体系框架见图 9，阴极生产企业定量评价指标体系框架见图 10，铝用碳素生产企业定性评价指标体系框架见图 11。

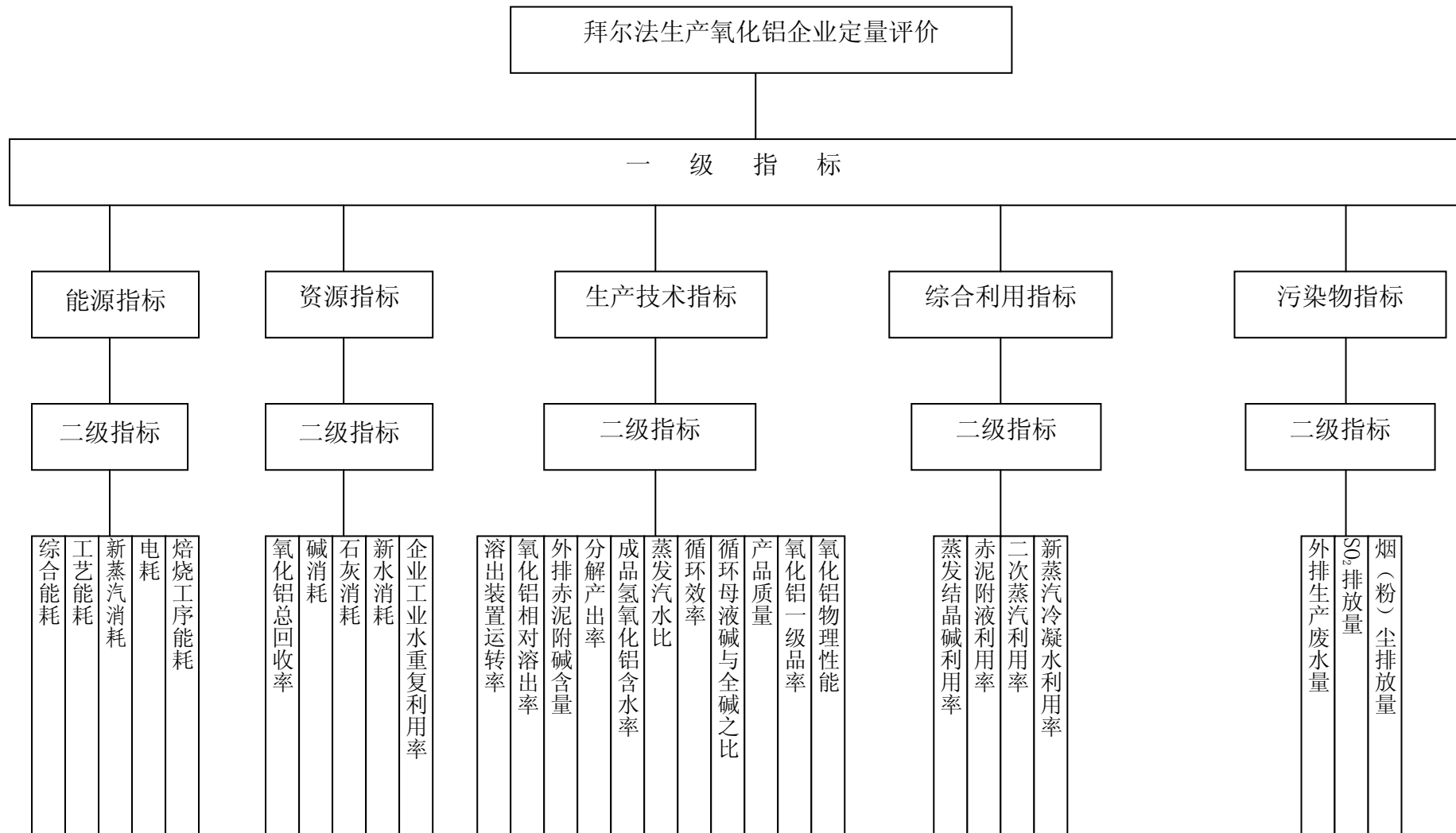


图 1 拜尔法生产氧化铝企业定量评价指标体系框架

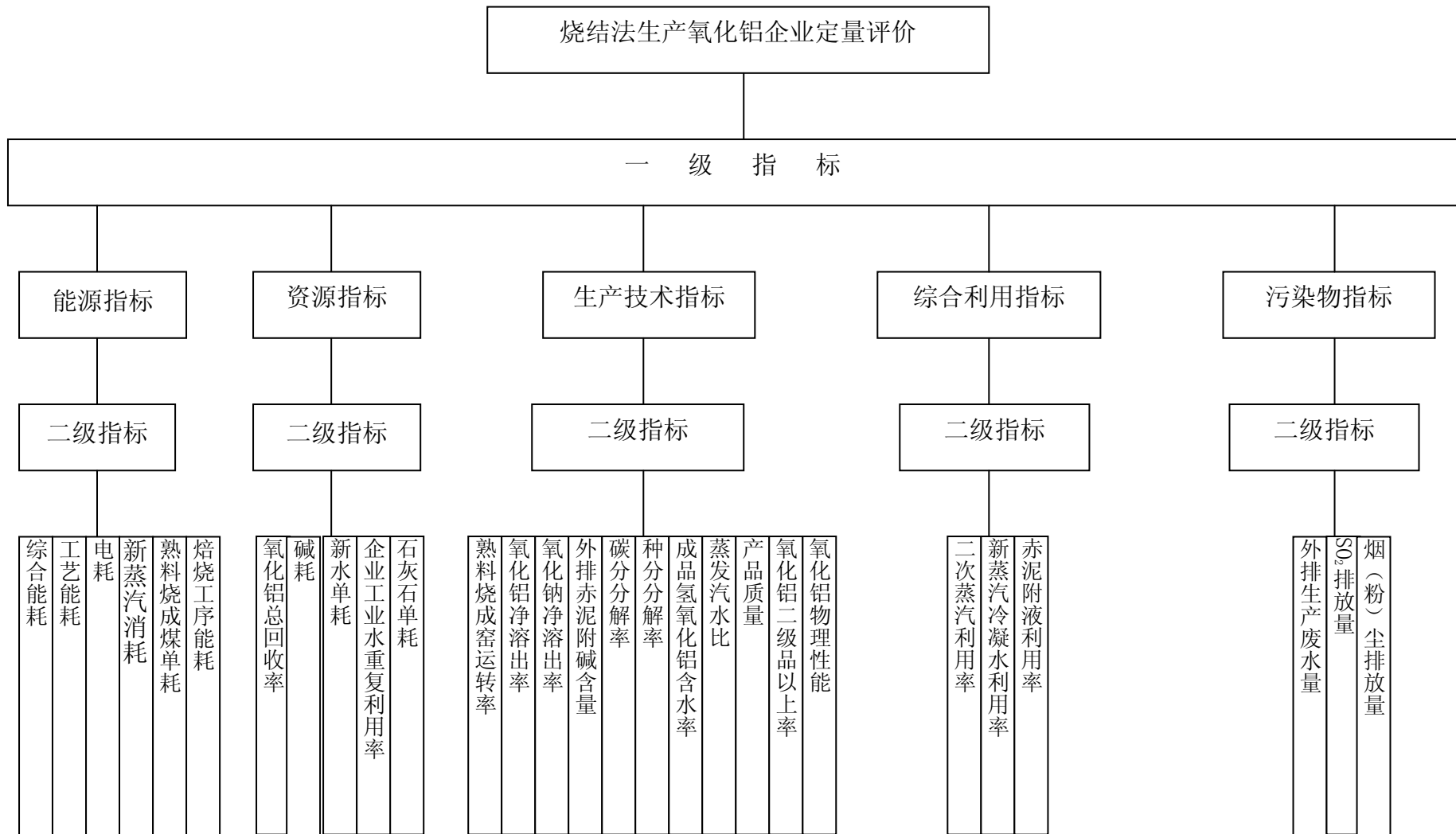


图 2 烧结法生产氧化铝企业定量评价指标体系框架

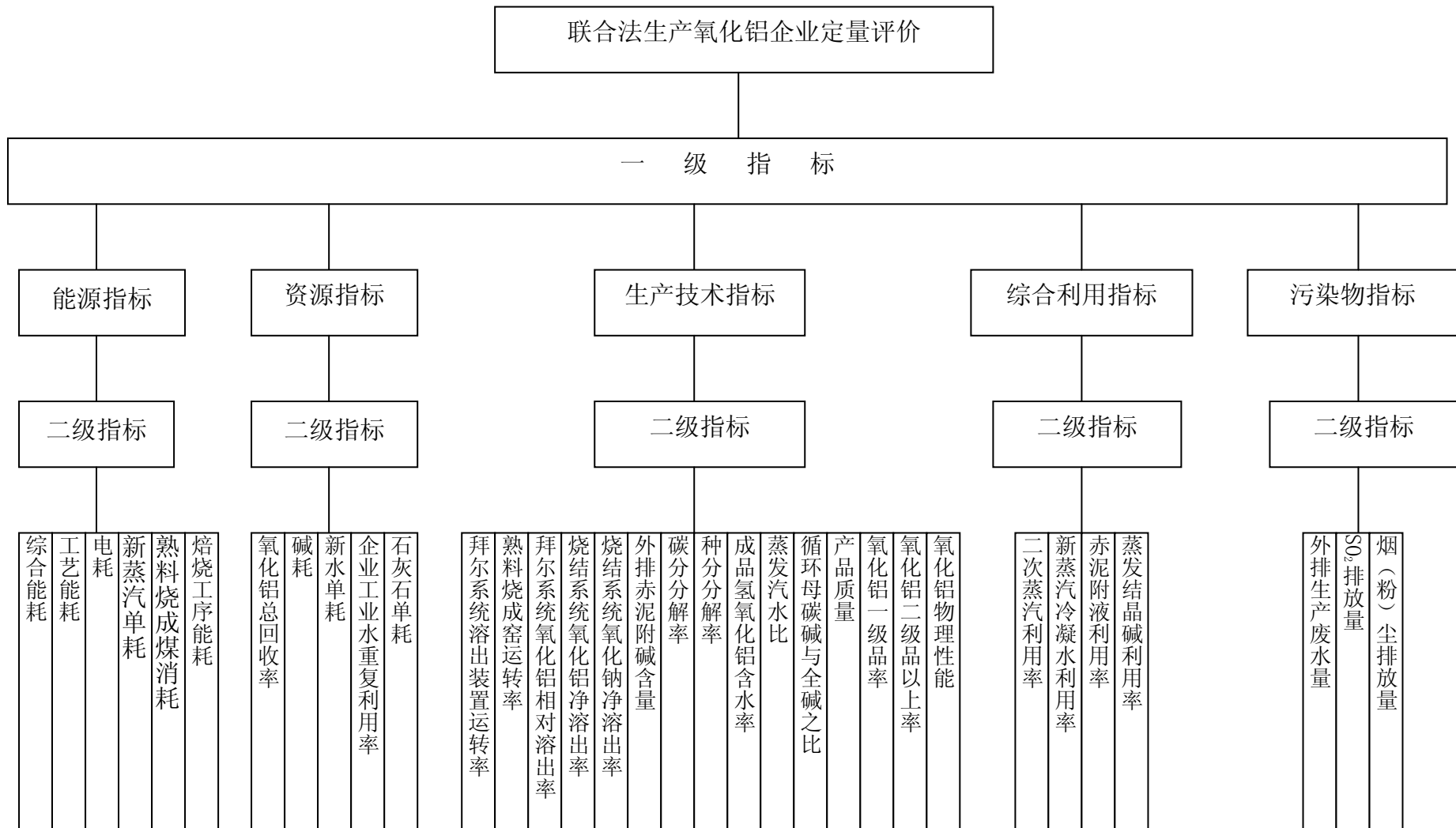


图 3 联合法生产氧化铝企业定量评价指标体系框架

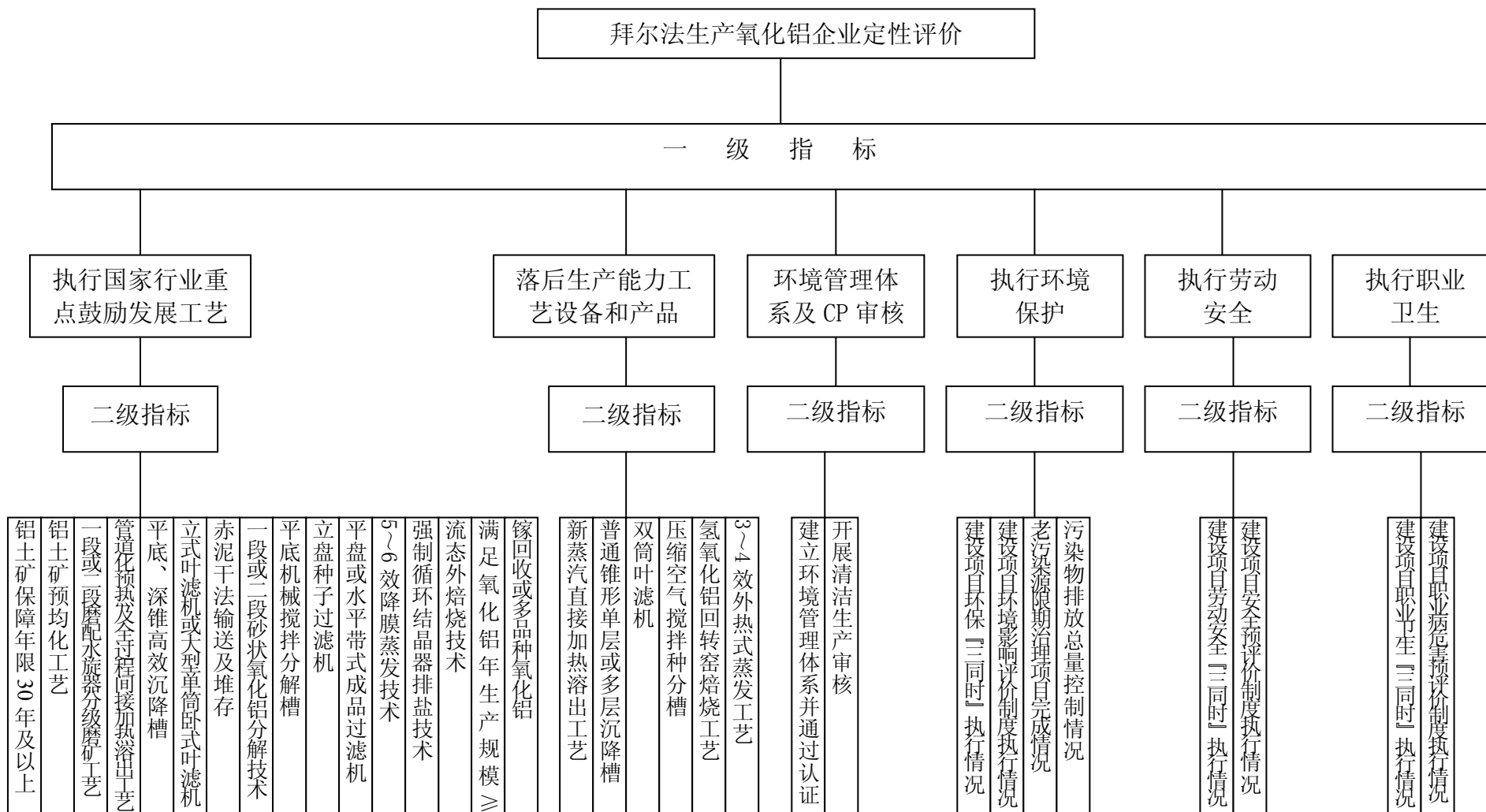


图 4 拜尔法氧化铝生产企业定性评价指标体系框架



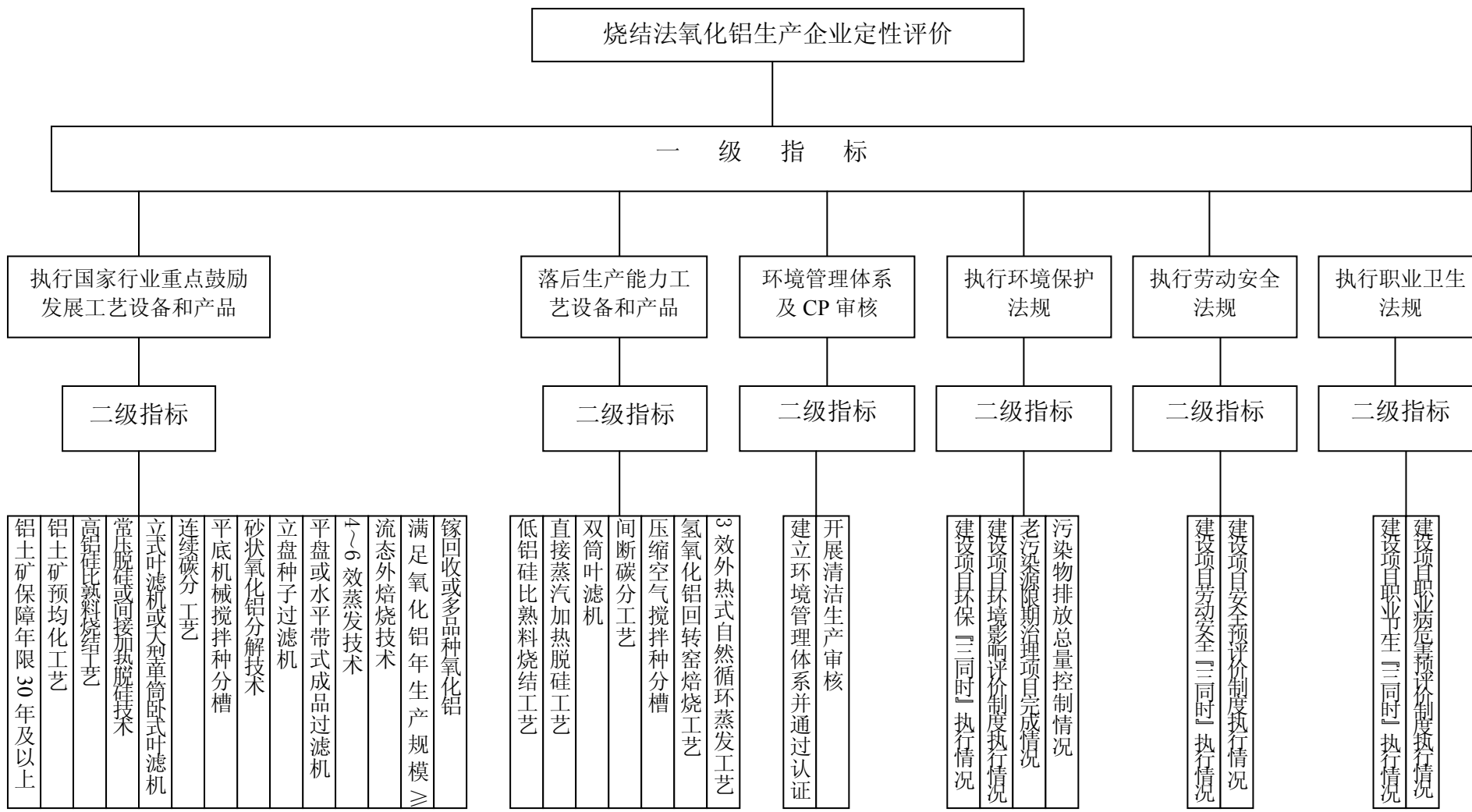


图5 烧结法氧化铝生产企业定性评价指标体系框架

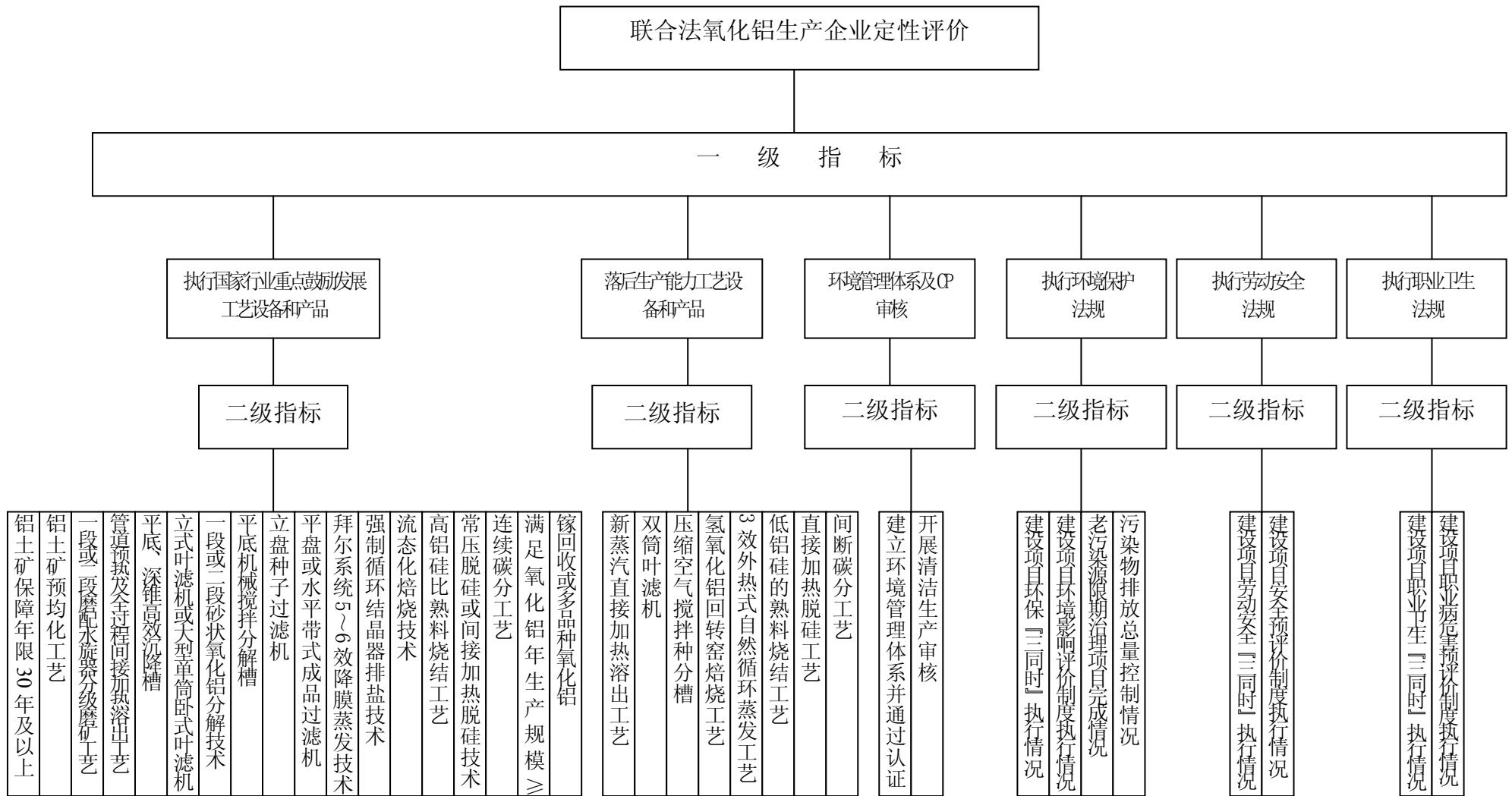


图 6 联合合法氧化铝生产企业定性评价指标体系框架

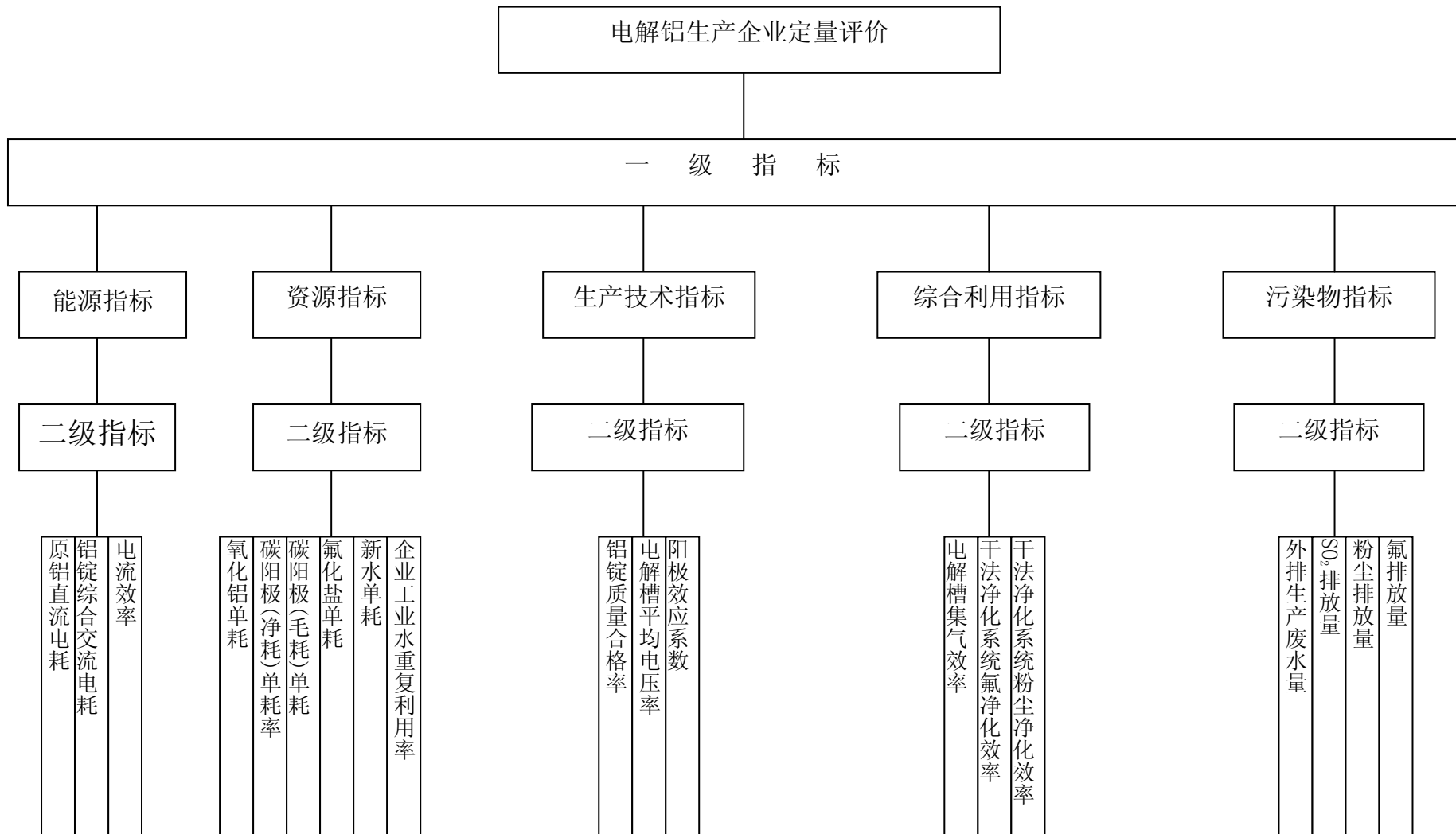


图7 电解铝生产企业定量评价指标体系框架

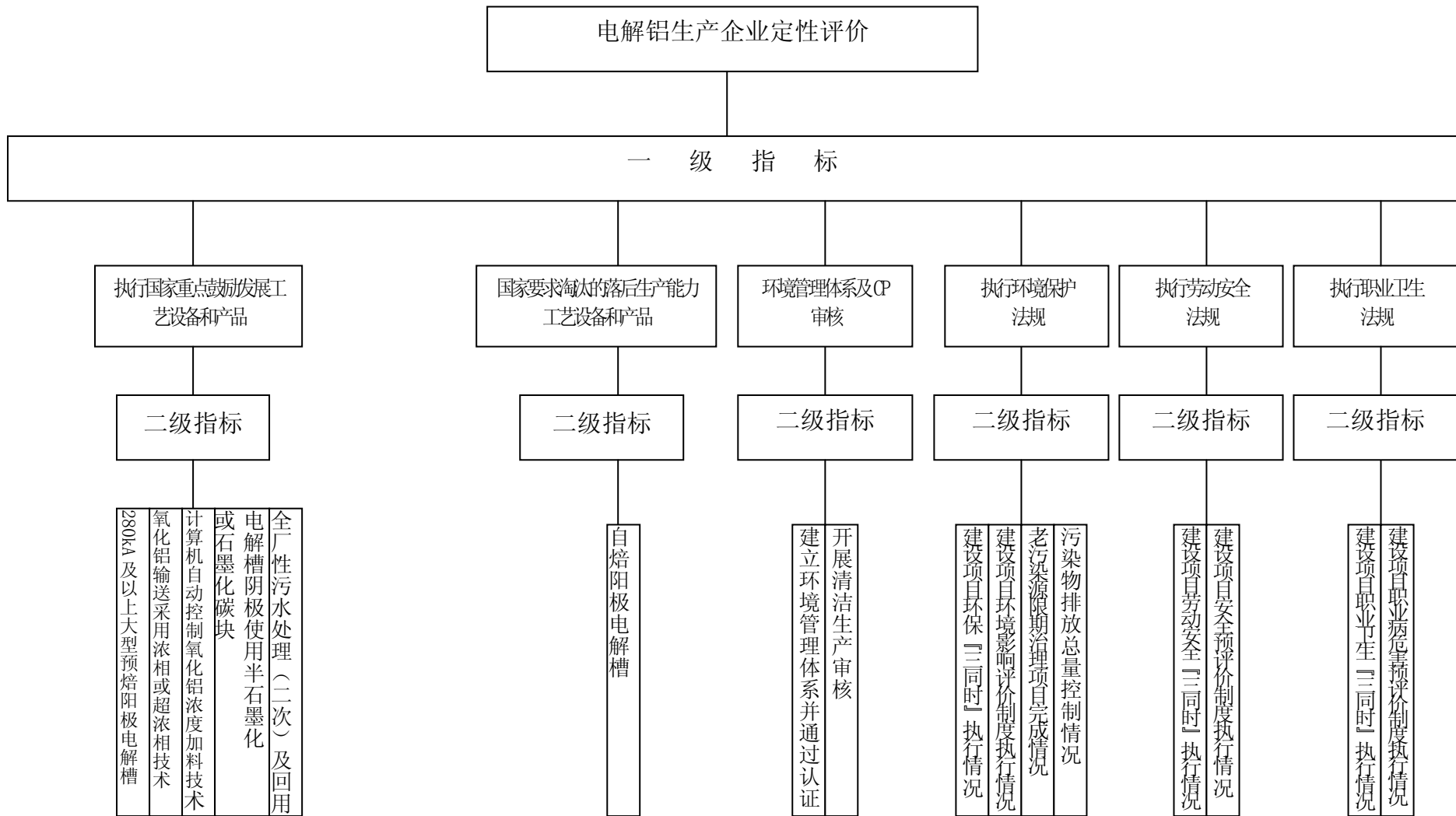


图8 电解铝生产企业定性评价指标体系框架

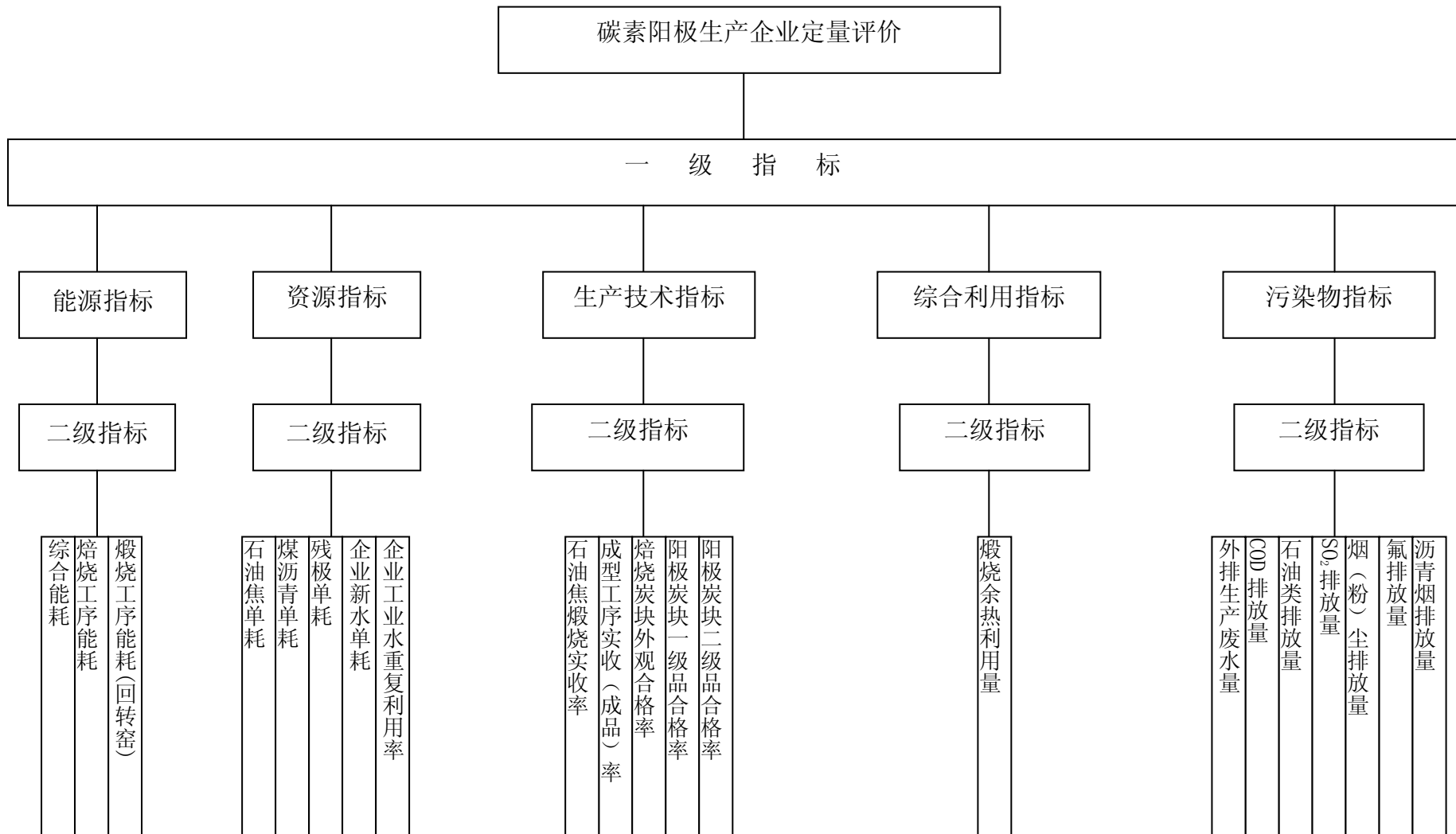


图 9 碳素阳极生产企业定量评价指标体系框架

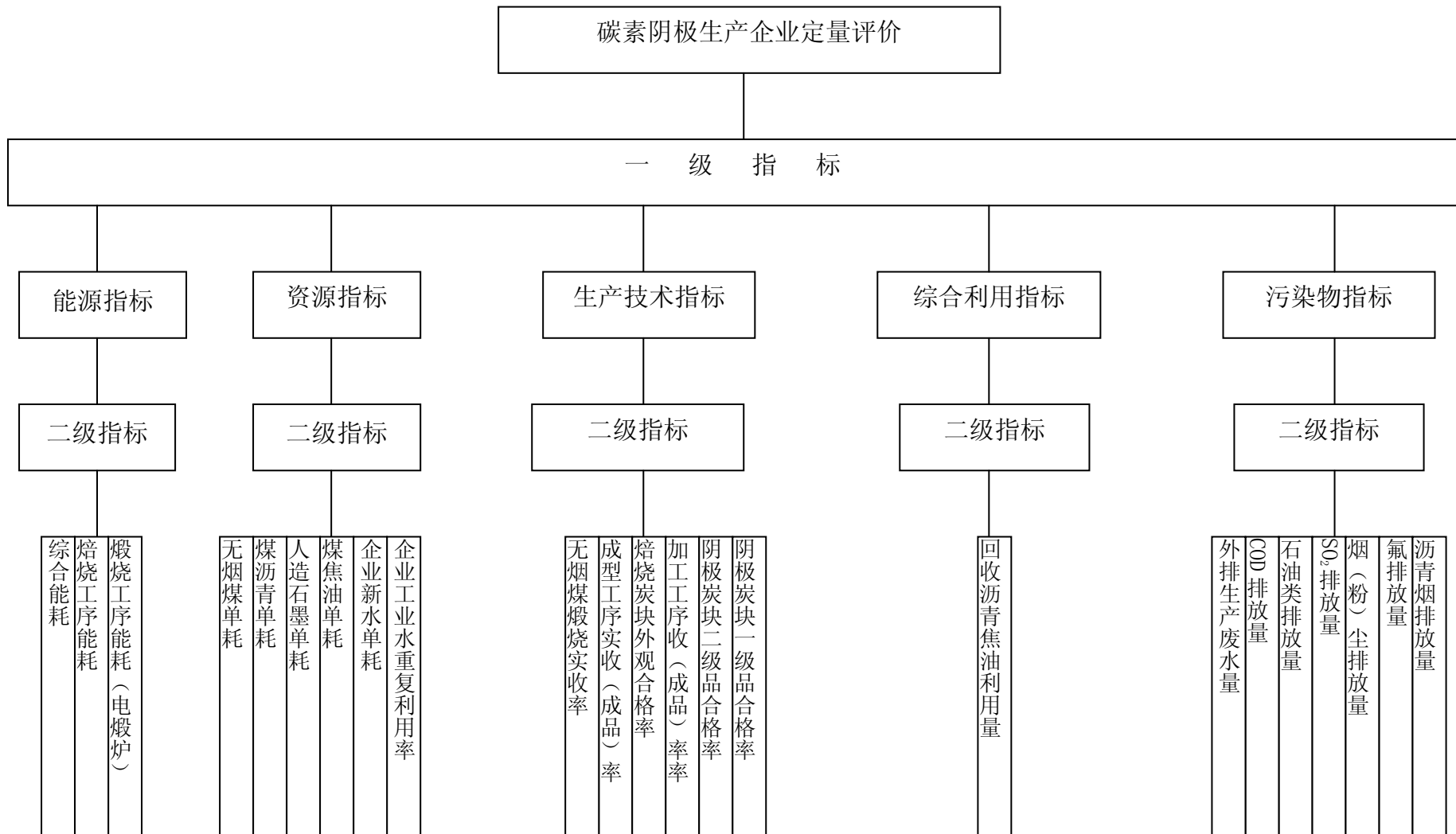


图 10 碳素阴极生产企业定量评价指标体系框架

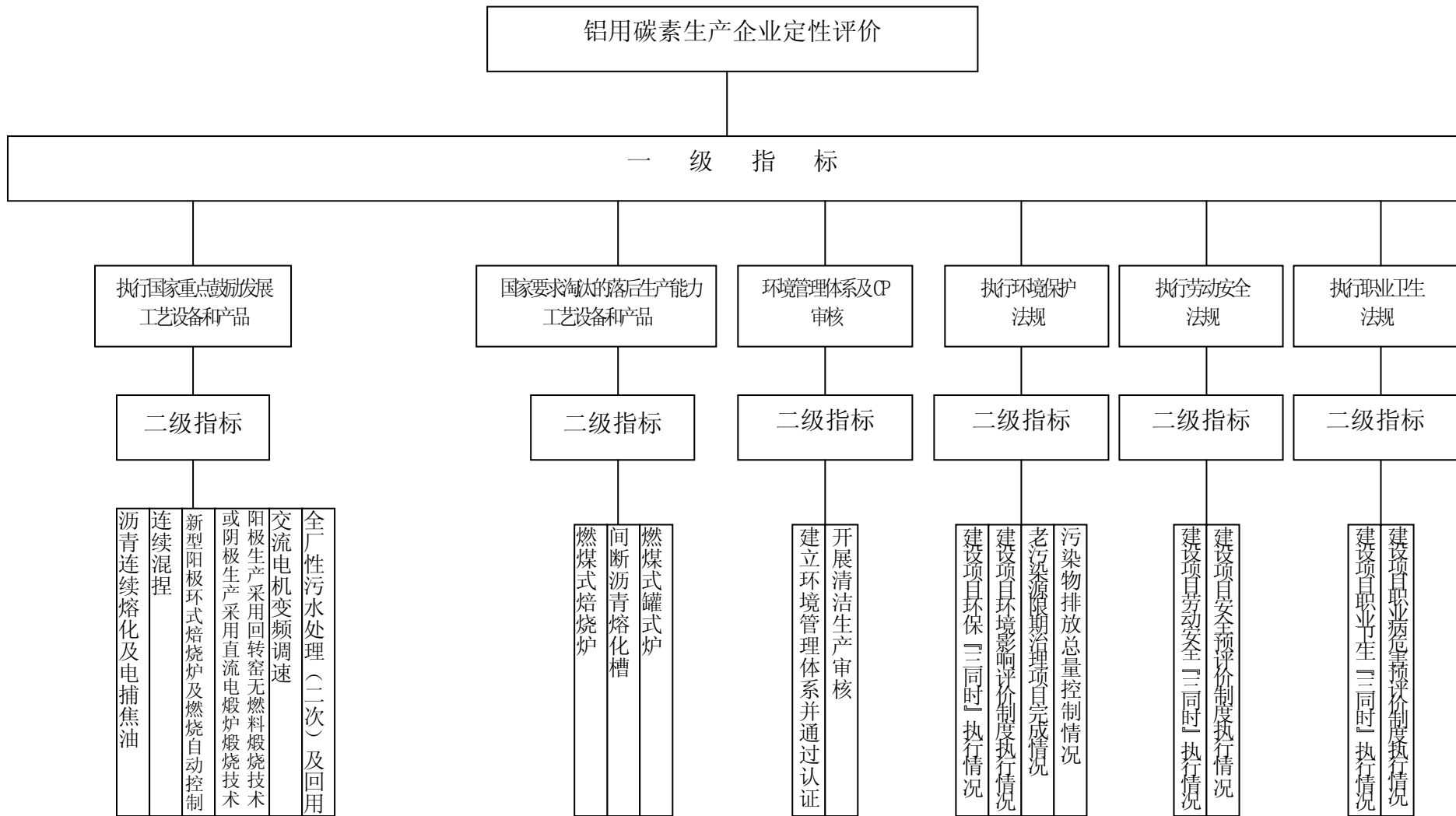


图 11 铝用碳素生产企业定性评价指标体系框架

### 3 铝行业清洁生产评价指标的评价基准值及权重分值

在定量评价指标体系中，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值的就选用国家要求的数值；凡国家或行业对该项指标尚无明确要求值的，则选用国内企业近年来清洁生产所实际达到的中上等以上水平的指标值。本定量评价指标体系的评价基准值代表了行业清洁生产的平均先进水平。

在定性评价指标体系中，衡量该项指标是否贯彻执行国家有关政策、法规的情况，按“是”或“否”两种选择来评定。

清洁生产评价指标的权重分值反映了该指标在整个清洁生产评价指标体系中所占的比重。它原则上是根据该项指标对铝工业企业清洁生产实际效益和水平的影响程度大小及其实施的难易程度来确定的。

铝工业生产企业清洁生产评价指标体系的各评价指标、评价基准值和权重分值见表 1~11。

清洁生产是一个相对概念，它将随着经济的发展和技术的更新而不断完善，达到新的更高、更先进水平，因此清洁生产评价指标及指标的基准值，也应视行业技术进步趋势进行不定期调整，其调整周期一般为 3 年，最长不应超过 5 年。



表 1 拜尔法生产氧化铝企业定量评价指标

一级指标	权重分值	二级指标	单位	权重分值	评价基准值 <sup>1</sup>
(1) 能耗 指标	30	综合能耗	kgce/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10	490
		工艺能耗	kgce/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10	470
		新蒸汽消耗 <sup>2</sup> (若溶出用熔盐新蒸汽消耗)	t/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	2.8 (1.5)
		电耗	kwh/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4	250
		焙烧工序能耗	kgce/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	105
(2) 资源 指标	20	氧化铝总回收率	%	8	81
		碱消耗	kg/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	65
		石灰消耗	kg/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	250
		新水消耗	m <sup>3</sup> /t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	5
		企业工业水重复利用率	%	3	95
(3) 生产 技术 指标	25	溶出装置运转率 (若熔盐加热溶出运转率)	%	3	95 (90)
		氧化铝相对溶出率	%	3	93
		外排赤泥附碱含量	kg /t. 干赤泥	3	4.0
		分解产出率	kg/m <sup>3</sup>	3	90
		成品氢氧化铝含水率	%	2	4.5
		蒸发汽水比	t/t. 蒸汽	3	0.33
		循环效率	kg/m <sup>3</sup>	2	145
		循环母液碱与全碱之比		2	7.0
		产品质量:			
		氧化铝一级品率	%	2	100
		氧化铝物理性能:			
		(1) 粒度: -45 μm 含量	%	1	12
		(2) 比表面积	m <sup>2</sup> /g	1	70
(4) 综合 利用 指标	10	蒸发结晶碱利用率	%	3	100
		赤泥附液利用率	%	3	100
		二次蒸汽利用率	%	2	100
		新蒸汽冷凝水利用率	%	2	100
(5) 污染物 指标 <sup>3</sup>	15	外排生产废水量	m <sup>3</sup> /t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	0
		SO <sub>2</sub> 排放量	kg/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	0.2
		烟(粉)尘排放量	kg/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	0.6

注：1 评价基准值的单位与其相应指标的单位相同。

2 原矿浆采用熔盐加热时评价指标使用表 1 中括号内数字。

3 污染物排放指标不包括自备热电站部分。

表 2 烧结法生产氧化铝企业定量评价指标

一级指标	权重分值	二级指标	单位	权重分值	评价基准值 <sup>1</sup>
(1) 能耗 指标	30	综合能耗	kgce/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10	1200
		工艺能耗	kgce/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10	1120
		电耗	kwh/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4	430
		新蒸汽消耗	t/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	2.8
		熟料烧成煤单耗	kg/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	440
		焙烧工序能耗	kgce/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	105
(2) 资源 指标	20	氧化铝总回收率	%	8	89
		碱耗	kg/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	65
		新水单耗	m <sup>3</sup> /t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	5.0
		企业工业水重复利用率	%	3	92
		石灰石单耗 <sup>2</sup>	kg/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	1100
(3) 生产 技术 指标	25	熟料烧成窑运转率	%	3	90
		氧化铝净溶出率	%	3	92
		氧化钠净溶出率	%	3	97
		外排赤泥附碱含量	kg /t · 干赤泥	2	4.0
		碳分分解率	%	3	91
		种分分解率	%	2	50
		成品氢氧化铝含水率	%	2	7
		蒸发汽水比	t/t. 蒸汽	3	0.28
		产品质量:		0	
		氧化铝二级品以上率	%	2	100
		氧化铝物理性能:		0	
		(1) 粒度: -45 μm 含量	%	1	12
(2) 比表面积	m <sup>2</sup> /g	1	70		
(4) 综合利用 指标	10	二次蒸汽利用率	%	4	100
		新蒸汽冷凝水利用率	%	3	100
		赤泥附液利用率	%	3	100
(5) 污染物 指标 <sup>3</sup>	15	外排生产废水量	m <sup>3</sup> /t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	0
		SO <sub>2</sub> 排放量	kg/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	0.5
		烟(粉)尘排放量	kg/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	3.5

注: 1 评价基准值的单位与其相应指标的单位相同。

2 表 2 中石灰石单耗指标, 若采用了部分石灰, 应统一折算为石灰石。

3 污染物排放指标不包括自备热电站部分。

表3 联合法生产氧化铝企业定量评价指标

一级指标	权重分值	二级指标	单位	权重分值	评价基准值 <sup>1</sup>
(1) 能耗 指标	30	综合能耗	kgce/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10	1050
		工艺能耗	kgce/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10	980
		电耗	kwh/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4	350
		新蒸汽单耗	t/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	3.0
		熟料烧成煤消耗	kg/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	230
		焙烧工序能耗	kgce/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	105
(2) 资源 指标	20	氧化铝总回收率	%	8	91
		碱耗	kg/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	65
		新水单耗	m <sup>3</sup> /t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	5.0
		企业工业水重复利用率	%	3	92
		石灰石消耗 <sup>2</sup>	kg/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	700
(3) 生产 技术 指标	25	拜尔系统溶出装置运转率	%	2	95
		熟料烧成窑运转率	%	2	90
		拜尔系统氧化铝相对溶出率	%	2	93
		烧结系统氧化铝净溶出率	%	2	90
		烧结系统氧化钠净溶出率	%	2	95
		外排赤泥附碱含量	kg /t. 干赤泥	2	4.0
		碳分分解率	%	2	91
		种分分解率	%	2	50
		成品氢氧化铝含水率	%	2	7
		蒸发汽水比	t/t. 蒸汽	2	0.35
		循环母碳碱与全碱之比		1	8.5
		产品质量:		0	
		氧化铝一级品率	%	1	80
		氧化铝二级品以上率	%	1	100
		氧化铝物理性能:		0	
(1) 粒度: -45 μm 含量	%	1	12		
(2) 比表面积	m <sup>2</sup> /g	1	70		
(4) 综合 利用 指标	10	二次蒸汽利用率	%	3	100
		新蒸汽冷凝水利用率		3	100
		赤泥附液利用率	%	2	100
		蒸发结晶碱利用率	%	2	100
(5) 污染物 指标 <sup>3</sup>	15	外排生产废水量	m <sup>3</sup> /t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	0
		SO <sub>2</sub> 排放量	kg/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	0.5
		烟(粉)尘排放量	kg/t. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	2.5

注: 1 评价基准值的单位与其相应指标的单位相同。

2 表3中石灰石单耗指标,若采用了部分石灰,应统一折算为石灰石。

3 污染物排放指标不包括自备热电站部分。

表 4 拜尔法氧化铝生产企业定性评价指标项目及分值

一级指标	指标 分值	二级指标	指标 分值	备注
(1) 执行国家行业重点鼓励发展生产能力、工艺设备和产品的符合性	32	铝土矿保障年限 30 年及以上	2	定性评价指标无评价基准值,其考核按对该指标的执行情况给分。 对一级指标“(1)”所属各二级指标,凡采用的按其指标分值给分,未采用的不给分。 对一级指标“(2)”所属各二级指标,凡该项目原未存在或业已淘汰的按其指标分值给分,尚存在的不给分。 对一级指标“(3)”所属二级指标,凡已建立环境管理体系并通过认证的给 10 分,只建立环境管理体系但尚未通过认证的则给 5 分;凡已进行清洁生产审核并实施无/低费方案的给 10 分,实施中/高费方案的再给 5 分。 对一级指标“(4)”所属各二级指标,如能按要求执行的,则按其指标分值给分; 对建设项目环保“三同时”、建设项目环境影响评价、老污染源限期治理指标未能按要求完成的则不给分; 对污染物排放总量控制要求,凡水污染物和气污染物均有超总量要求的则不给分。 对一级指标“(5)、(6)”所属各二级指标,如能按要求执行的,则按其指标分值给分。
		铝土矿预均化工艺	2	
		一段或二段磨配水旋器分级磨矿工艺	2	
		管道化预热及全过程间接加热溶出工艺	2	
		平底、深锥高效沉降槽	2	
		立式叶滤机或大型单筒卧式叶滤机	2	
		赤泥干法输送及堆存	2	
		一段或二段砂状氧化铝分解技术	2	
		平底机械搅拌分解槽	2	
		立盘种子过滤机	2	
		平盘或水平带式成品过滤机	2	
		5~6 效降膜蒸发技术	2	
		强制循环结晶器排盐技术	2	
		流态化焙烧技术	2	
		满足氧化铝年生产规模≥800kt/a	2	
镓回收或多品种氧化铝	2			
(2) 淘汰落后生产能力、工艺设备和产品的符合性	8	新蒸汽直接加热溶出工艺	2	
		普通锥形单层或多层沉降槽	1	
		双筒叶滤机	1	
		压缩空气搅拌种分槽	2	
		氢氧化铝回转窑焙烧工艺	1	
		3~4 效外热式蒸发工艺	1	
(3) 环境管理体系建立及清洁生产审核	20	建立环境管理体系并通过认证	10	
		开展清洁生产审核	10	
(4) 贯彻执行环境保护法规的符合性	20	建设项目环保“三同时”执行情况	4	
		建设项目环境影响评价制度执行情况	4	
		老污染源限期治理项目完成情况	5	
		污染物排放总量控制情况	7	
(5) 贯彻执行劳动安全法规的符合性	10	建设项目劳动安全“三同时”执行情况	5	
		建设项目安全预评价制度执行情况	5	
(6) 贯彻执行职业卫生法规的符合性	10	建设项目职业卫生“三同时”执行情况	5	
		建设项目职业病危害预评价制度执行情况	5	

表 5 烧结法氧化铝生产企业定性评价指标项目及分值

一级指标	指标 分值	二级指标	指标 分值	备注
(1) 执行国家行业重点鼓励发展生产能力、工艺设备和产品的符合性	32	铝土矿保障年限 30 年及以上	2	定性评价指标无评价基准值，其考核按对该指标的执行情况给分。 对一级指标“(1)”所属各二级指标，凡采用的按其指标分值给分，未采用的不给分。 对一级指标“(2)”所属各二级指标，凡该项目原未存在或业已淘汰的按其指标分值给分，尚存在的不给分。 对一级指标“(3)”所属二级指标，凡已建立环境管理体系并通过认证的给 10 分，只建立环境管理体系但尚未通过认证的则给 5 分；凡已进行清洁生产审核并实施无/低费方案的给 10 分，实施中/高费方案的再给 5 分。 对一级指标“(4)”所属各二级指标，如能按要求执行的，则按其指标分值给分； 对建设项目环保“三同时”、建设项目环境影响评价、老污染源限期治理指标未能按要求完成的则不给分； 对污染物排放总量控制要求，凡水污染物和大气污染物均有超总量要求的则不给分。 对一级指标“(5)、(6)”所属各二级指标，如能按要求执行的，则按其指标分值给分。
		铝土矿预均化工艺	2	
		高铝硅比熟料烧结工艺	3	
		常压脱硅或间接加热脱硅技术	3	
		立式叶滤机或大型单筒卧式叶滤机	2	
		连续碳分工艺	3	
		平底机械搅拌种分槽	2	
		砂状氧化铝分解技术	3	
		立盘种子过滤机	2	
		平盘或水平带式成品过滤机	2	
		4~6 效蒸发技术	2	
		流态化焙烧技术	2	
		满足氧化铝年生产规模 $\geq 800\text{kt/a}$	2	
镓回收或多品种氧化铝	2			
(2) 国家要求淘汰的落后生产能力、工艺设备和产品	8	低铝硅比熟料烧结工艺	1	
		直接蒸汽加热脱硅工艺	2	
		双筒叶滤机	1	
		间断碳分工艺	1	
		压缩空气搅拌种分槽	1	
		氢氧化铝回转窑焙烧工艺	1	
		3 效外热式自然循环蒸发工艺	1	
(3) 环境管理体系建立及 CP 审核	20	建立环境管理体系并通过认证	10	
		开展清洁生产审核	10	
(4) 贯彻执行环境保护法规的符合性	20	建设项目环保“三同时”执行情况	4	
		建设项目环境影响评价制度执行情况	4	
		老污染源限期治理项目完成情况	5	
		污染物排放总量控制情况	7	
(5) 贯彻执行劳动安全法规的符合性	10	建设项目劳动安全“三同时”执行情况	5	
		建设项目安全预评价制度执行情况	5	
(6) 贯彻执行职业卫生法规的符合性	10	建设项目职业卫生“三同时”执行情况	5	
		建设项目职业病危害预评价制度执行情况	5	

表 6 联合法氧化铝生产企业定性评价指标项目及分值

一级指标	指标 分值	二级指标	指标 分值	备注
(1) 国家行业重点鼓 励发展技术和行 业先进技术	32	铝土矿保障年限 30 年及以上	2	定性评价指标无评价 基准值,其考核按对该指标的 执行情况给分。 对一级指标“(1)”所属 各二级指标,凡采用的按其 指标分值给分,未采用的不 给分。 对一级指标“(2)”所属 各二级指标,凡该项目原未 存在或业已淘汰的按其指 标分值给分,尚存在的不给 分。 对一级指标“(3)”所属 二级指标,凡已建立环境管 理体系并通过认证的给 10 分,只建立环境管理体系但 尚未通过认证的则给 5 分; 凡已进行清洁生产审核并 实施无/低费方案的给 10 分,实施中/高费方案的再 给 5 分。 对一级指标“(4)”所属 各二级指标,如能按要求执 行的,则按其指标分值给 分; 对建设项目环保“三同 时”、建设项目环境影响评 价、老污染源限期治理指标 未能按要求完成的则不给 分; 对污染物排放总量控制 要求,凡水污染物和气污染 物均有超总量要求的则不 给分。 对一级指标“(5)、(6)” 所属各二级指标,如能按要 求执行的,则按其指标分值 给分。
		铝土矿预均化工艺	1	
		一段或二段磨配水旋器分级磨矿工艺	1	
		管道预热及全过程间接加热溶出工艺	2	
		平底、深锥高效沉降槽	2	
		立式叶滤机或大型单筒卧式叶滤机	2	
		一段或二段砂状氧化铝分解技术	2	
		平底机械搅拌分解槽	2	
		立盘种子过滤机	1	
		平盘或水平带式或成品过滤机	2	
		拜尔系统 5~6 效降膜蒸发技术	2	
		强制循环结晶器排盐技术	1	
		流态化焙烧技术	2	
		高铝硅比熟料烧结工艺	2	
		常压脱硅或间接加热脱硅技术	2	
连续碳分工艺	2			
满足氧化铝年生产规模 $\geq 800\text{kt/a}$	2			
镓回收或多品种氧化铝	2			
(2) 国家要求淘汰的 落后生产能力、工 艺设备和产品	8	新蒸汽直接加热溶出工艺	1	
		双筒叶滤机	1	
		压缩空气搅拌种分槽	1	
		氢氧化铝回转窑焙烧工艺	1	
		3 效外热式自然循环蒸发工艺	1	
		低铝硅的熟料烧结工艺	1	
		直接加热脱硅工艺	1	
		间断碳分工艺	1	
(3)环境管理体系 建立及 CP 审核	20	建立环境管理体系并通过认证	10	
		开展清洁生产审核	10	
(4)贯彻执行环境 保护法规的符合 性	20	建设项目环保“三同时”执行情况	4	
		建设项目环境影响评价制度执行情况	4	
		老污染源限期治理项目完成情况	5	
		污染物排放总量控制情况	7	
(5)贯彻执行劳动 安全法规的符合 性	10	建设项目劳动安全“三同时”执行情况	5	
		建设项目安全预评价制度执行情况	5	
(6)贯彻执行职业 卫生法规的符合 性	10	建设项目职业卫生“三同时”执行情况	5	
		建设项目职业病危害预评价制度执行情况	5	

表7 电解铝生产企业定量评价指标项目、权重及基准值

一级指标	权重分值	二级指标	单位	权重分值	评价基准值 <sup>1</sup>
(1) 能源指标	35	原铝直流电耗	kw. h/t. Al	15	13300
		铝锭综合交流电耗	kw. h/t. Al	10	14500
		电流效率	%	10	93.5
(2) 资源指标	20	氧化铝单耗	kg/t. Al	3	1920
		碳阳极(净耗)单耗	kg/t. Al	2	420
		碳阳极(毛耗)单耗	kg/t. Al	2	540
		氟化盐单耗	kg/t. Al	3	22
		企业新水单耗	m <sup>3</sup> /t. Al	5	4.5
		企业工业水重复利用率	%	5	95
(3) 生产技术指标	10	铝锭质量合格率	%	2	100
		电解槽平均电压	V	4	4.13
		阳极效应系数	次/台. 日	4	0.2
(4) 综合利用指标	15	电解槽集气效率	%	8	98.5
		干法净化氟净化效率	%	4	99
		干法净化粉尘净化效率	%	3	99.2
(5) 污染物指标	20	外排废水量	m <sup>3</sup> /t. Al	3	1.6
		SO <sub>2</sub> 排放量	kg/t. Al	2	5
		粉尘排放量	kg/t. Al	5	1.3
		氟排放量	kg/t. Al	10	0.8

注：1 评价基准值的单位与其相应指标的单位相同。

表 8 电解铝生产企业定性评价指标项目及分值

一级指标	指标分值	二级指标	指标分值	备注
(1) 执行国家重点鼓励发展生产能力、工艺设备和产品的符合性	30	280kA 及以上大型预焙阳极电解槽	10	<p>定性评价指标无评价基准值,其考核按对该指标的执行情况给分。</p> <p>对一级指标“(1)”所属各二级指标,凡采用的按其指标分值给分,未采用的不给分。</p> <p>对一级指标“(2)”所属各二级指标,凡该项目原未存在或业已淘汰的按其指标分值给分,尚存在的不给分。</p> <p>对一级指标“(3)”所属二级指标,凡已建立环境管理体系并通过认证的给 10 分,只建立环境管理体系但尚未通过认证的则给 5 分;凡已进行清洁生产审核并实施无/低费方案的给 10 分,实施中/高费方案的再给 5 分。</p> <p>对一级指标“(4)”所属各二级指标,如能按要求执行的,则按其指标分值给分;</p> <p>对建设项目环保“三同时”、建设项目环境影响评价、老污染源限期治理指标未能按要求完成的则不给分;</p> <p>对污染物排放总量控制要求,凡水污染物和气污染物均有超总量要求的则不给分。</p> <p>对一级指标“(5)、(6)”所属各二级指标,如能按要求执行的,则按其指标分值给分。</p>
		氧化铝输送采用浓相或超浓相技术	5	
		计算机自动控制氧化铝浓度加料技术	5	
		电解槽阴极使用半石墨化或石墨化碳块	5	
		全厂性污水处理(二次)及回用	5	
(2) 执行国家要求淘汰的落后生产能力、工艺设备和产品的符合性	10	自焙阳极电解槽	10	
(3) 环境管理体系建立及清洁生产审核	20	建立环境管理体系并通过认证	10	
		开展清洁生产审核	10	
(4) 贯彻执行环境保护法规的符合性	20	建设项目环保“三同时”执行情况	5	
		建设项目环境影响评价制度执行情况	5	
		老污染源限期治理项目完成情况	5	
		污染物排放总量控制情况	5	
(5) 贯彻执行劳动安全法规的符合性	10	建设项目劳动安全“三同时”执行情况	5	
		建设项目安全预评价制度执行情况	5	
(6) 贯彻执行职业卫生法规的符合性	10	建设项目职业卫生“三同时”执行情况	5	
		建设项目职业病危害预评价制度执行情况	5	



表 9 碳素阳极生产企业定量评价指标项目、权重及基准值

一级指标	权重分值	二级指标	单位	权重分值	评价基准值 <sup>1</sup>
(1) 能源指标	25	综合能耗	kgce/t. 阳极	5	163
		焙烧工序能耗	kgce/t. 阳极	10	95
		煅烧工序能耗(回转窑)	kgce/t. 阳极	10	12
(2) 资源指标	25	石油焦单耗	t/t. 阳极	7	0.952
		煤沥青单耗	t/t. 阳极	5	0.181
		残极单耗	t/t. 阳极	2	0.240
		企业新水单耗	m <sup>3</sup> /t. 阳极	6	10
		企业工业水重复利用率	%	5	90
(3) 生产技术 指标	24	石油焦煅烧实收率	%	6	77.5
		成型工序实收(成品)率	%	5	98.5
		焙烧炭块外观合格率	%	4	98
		阳极炭块一级品合格率	%	5	80
		阳极炭块二级品合格率	%	4	99
(4) 综合利用 指标	6	煅烧余热利用量	kgce/t. 阳极	6	120
(5) 污染物指 标	20	外排废水量	m <sup>3</sup> /t. 阳极	4	2.0
		COD 排放量	kg/t. 阳极	2	0.1
		石油类排放量	g/t. 阳极	2	0.01
		SO <sub>2</sub> 排放量	kg/t. 阳极	2	0.8
		烟(粉)尘排放量	kg/t. 阳极	3	1.5
		氟排放量	kg/t. 阳极	3	0.04
		沥青烟排放量	kg/t. 阳极	4	0.38

注：1 评价基准值的单位与其相应指标的单位相同。

表 10 碳素阴极生产企业定量评价指标项目、权重及基准值

一级指标	权重分值	二级指标	单位	权重分值	评价基准值 <sup>1</sup>
(1) 能源指标	25	综合能耗	kgce/t. 阴极	5	351
		焙烧工序能耗	kgce/t. 阴极	10	143
		煅烧工序能耗(电煅炉)	kgce/t. 阴极	10	270
(2) 资源指标	25	无烟煤单耗	t/t. 阴极	6	0.936
		煤沥青单耗	t/t. 阳极	4	0.243
		人造石墨单耗	t/t. 阴极	2	0.122
		煤焦油单耗	t/t. 阴极	3	0.123
		企业新水单耗	m <sup>3</sup> /t. 阴极	6	6
		企业工业水重复利用率	%	4	90
(3) 生产技术指标	24	无烟煤煅烧实收率	%	4	84
		成型工序实收(成品)率	%	2	86.5
		焙烧炭块外观合格率	%	2	98
		加工工序实收(成品)率	%	5	72
		阴极炭块二级品合格率	%	6	100
		阴极炭块一级品合格率	%	8	80
(4) 综合利用指标	6	回收沥青焦油利用量	kgce/t. 阴极	6	30
(5) 污染物指标	20	外排废水量	m <sup>3</sup> /t. 阴极	5	2.5
		COD 排放量	kg/t. 阴极	2	0.125
		石油类排放量	kg/t. 阴极	2	0.01
		SO <sub>2</sub> 排放量	kg/t. 阴极	3	0.8
		烟(粉)尘排放量	kg/t. 阴极	3	1.2
		沥青烟排放量	kg/t. 阴极	5	0.3

注：1 评价基准值的单位与其相应指标的单位相同。

表 11 铝用碳素生产企业定性评价指标项目及分值

一级指标	指标分值	二级指标	指标分值	备注
(1) 执行国家重点鼓励发展技术的符合性	31	沥青连续熔化及电捕焦油	4	<p>定性评价指标无评价基准值,其考核按对该指标的执行情况给分。</p> <p>对一级指标“(1)”所属各二级指标,凡采用的按其指标分值给分,未采用的不给分。</p>
		连续混捏	4	
		新型阳极环式焙烧炉及燃烧自动控制	9	
		阳极生产采用回转窑无燃料煅烧技术或阴极生产采用直流电煅炉煅烧技术	9	
		交流电机变频调速	2	
		全厂性污水处理(二次)及回用	3	
(2) 执行国家要求淘汰的落后生产能力、工艺设备和产品的符合性	9	燃煤式焙烧炉	3	<p>对一级指标“(2)”所属各二级指标,凡该项目原未存在或业已淘汰的按其指标分值给分,尚存在的不给分。</p> <p>对一级指标“(3)”所属</p>
		间断沥青熔化槽	3	
		燃煤式罐式炉	3	
(3) 环境管理体系建立及清洁生产审核	20	建立环境管理体系并通过认证	10	<p>二级指标,凡已建立环境管理体系并通过认证的给 10 分,只建立环境管理体系但尚未通过认证的则给 5 分;凡已进行清洁生产审核并实施无/低费方案的给 10 分,实施中/高费方案的再给 5 分。</p>
		开展清洁生产审核	10	
(4) 贯彻执行环境保护法规的符合性	20	建设项目环保“三同时”执行情况	5	<p>对一级指标“(4)”所属各二级指标,如能按要求执行的,则按其指标分值给分;</p> <p>对建设项目环保“三同时”、建设项目环境影响评价、老污染源限期治理指标未能按要求完成的则不给分;</p> <p>对污染物排放总量控制要求,凡水污染物和气污染物均有超总量要求的则不给分。</p> <p>对一级指标“(5)、(6)”所属各二级指标,如能按要求执行的,则按其指标分值给分。</p>
		建设项目环境影响评价制度执行情况	5	
		老污染源限期治理项目完成情况	5	
		污染物排放总量控制情况	5	
(5) 贯彻执行劳动安全法规的符合性	10	建设项目劳动安全“三同时”执行情况	5	
		建设项目安全预评价制度执行情况	5	
(6) 贯彻执行职业卫生法规的符合性	10	建设项目职业卫生“三同时”执行情况	5	
		建设项目职业病危害预评价制度执行情况	5	

## 4 铝工业企业清洁生产评价指标的考核评分计算方法

### 4.1 定量评价指标的考核评分计算

铝工业企业生产系统清洁生产定量评价指标的考核评分，以企业各生产系统在考核年度（一般以一个生产年度为一个考核周期，并与生产年度同步）各项二级指标实际达到的数值为基础进行计算，综合得出该企业各生产系统定量评价指标的考核总分值。定量评价的二级指标从其数值情况来看，可分为四类情况：一类是该指标的数值越低（小）越符合清洁生产要求（如能耗、物耗、水耗、污染物排放量等指标）；另一类是该指标的数值越高（大）越符合清洁生产要求（如能源回收量及其利用率、工业水重复利用率、固体废物利用率、产品合格率等指标）；三类是电解铝电耗指标，该指标的数值越小越符合清洁生产要求，但电耗指标数据以万计，而各企业差距以百计，单项指标指数特殊对待；四类为氧化铝生产企业外排废水量，其评价基准数为零。因此，对二级指标的考核评分，根据其类别采用不同的计算模式。

#### 4.1.1 定量评价二级指标的单项评价指数计算

对指标数值越高（大）越符合清洁生产要求的指标，其计算公式为：

$$S_i = S_{xi} / S_{oi}$$

对指标数值越低（小）越符合清洁生产要求的指标，其计算公式为：

$$S_i = S_{oi} / S_{xi}$$

对直流电耗和综合交流电耗指标：

当  $S_{xi} < S_{oi}$ ，其计算公式为：

$$S_i = S_{xi} / S_{oi}$$

当  $S_{xi} - S_{oi} > 100$  时，其计算公式为：

$$S_i = \frac{100}{S_{xi} - S_{oi}}$$

当  $S_{xi} - S_{oi} \leq 100$  时，其计算公式为：

$$S_i = S_{oi} / S_{xi}$$

对氧化铝系统生产废水排放指标，

当  $S_{xi} = 0$  时， $S_i = 1$

当  $S_{xi} > 1$  时，其计算公式为：

$$S_i = \frac{1}{2 \times S_{xi}}$$

当  $S_{xi} < 1$  时，其计算公式为：

$$S_i = \frac{2 - S_{xi}}{2}$$

式中：

$S_i$ —第  $i$  项评价指标的单项评价指数。如采用手工计算时，其值取小数点后两位；

$S_{xi}$ —第  $i$  项评价指标的实际值（考核年度实际达到值）；

$S_{oi}$ —第  $i$  项评价指标的评价基准值。

本评价指标体系各二级指标的单项评价指数的正常值一般在 1.0 左右，但当其实际数值远小于（或远大于）评价基准值时，计算得出的  $S_i$  结果就会偏离实际，对其他评价指标的单项评价指数产生较大干扰。为了消除这种不合理影响，应对此进行修正处理。修正的方法是：当  $S_i > k/m$  时（其中  $k$  为该类一级指标的权重分值， $m$  为该类一级指标中实际参与考核的二级指标的项目数），取该  $S_i$  值为  $k/m$ 。

#### 4.1.2 定量评价考核总分值计算

定量评价考核总分值的计算公式为：

$$P_1 = \sum_{i=1}^n (S_i \times k_i)$$

式中：

$P_1$ —定量评价考核总分值；

$n$ —参与定量评价考核的二级指标项目总数；

$S_i$ —第  $i$  项评价指标的单项评价指数；

$K_i$ —第  $i$  项评价指标的权重分值。

若某项一级指标中实际参与定量评价考核的二级指标项目数少于该一级指标所含全部二级指标项目数（由于该企业没有与某二级指标相关的生产设施所造成的缺项）时，在计算中应将这类一级指标所属各二级指标的权重分值均予以相应修正，修正后各相应二级指标的权重分值以  $K_i'$  表示：

$$K_i' = K_i \times A_j$$

式中：

$A_j$ —第  $j$  项一级指标中，各二级指标权重分值的修正系数。 $A_j = A_1/A_2$ 。 $A_1$  为第  $j$  项一级指标的权重分值； $A_2$  为实际参与考核的属于该一级指标

的各二级指标权重分值之和。

如由于企业未统计该项指标值而造成缺项，则该项考核分值为零。

#### 4.2 定性评价指标的考核评分计算

定性评价指标的考核总分值的计算公式为：

$$P_2 = \sum_{i=1}^n F_i$$

式中： $P_2$ —定性评价二级指标考核总分值；

$F_i$ —定性评价指标体系中第  $i$  项二级指标的得分值；

$n$ —参与考核的定性评价二级指标的项目总数。

#### 4.3 企业清洁生产综合评价指数的考核评分计算

为了综合考核铝工业企业清洁生产的总体水平，在对该企业各生产系统分别进行定量和定性评价考核评分的基础上，将这两类指标的考核得分按不同权重（以定量评价指标为主，以定性评价指标为辅）予以综合，得出该生产系统评价指数、企业综合评价指数和相对综合评价指数。

##### 4.3.1 生产系统评价指数（P）

生产系统评价指数是描述和评价被考核企业生产系统在考核年度内清洁生产总体水平的一项综合指标。综合评价指数的计算公式为：

$$P=0.7P_1+0.3P_2$$

式中： $P$ —生产系统清洁生产的评价指数，其值一般在 0~100 之间；

$P_1$ 、 $P_2$ —分别为定量评价指标中各二级指标考核总分值和定性评价指标中各二级指标考核总分值。

##### 4.3.2 企业综合评价指数（D）

企业综合评价指数是描述和评价被考核企业生产系统在考核年度内清洁生产总体水平的一项综合指标。企业综合评价指数的计算公式为：

$$D = \left( \sum_{i=1}^n P_i \right) / n$$

式中： $D$ —企业清洁生产的综合评价指数，其值一般在 100 左右；

$P_i$ —企业  $i$  生产系统综合评价指数；

$n$ —参与考核企业生产系统的总数。

### 4.3.3 相对综合评价指数 (D')

相对综合评价指数是企业考核年度的综合评价指数与企业所选对比年度的综合评价指数的比值。它反映企业清洁生产的阶段性改进程度。相对综合评价指数的计算公式为：

$$D' = D_b / D_a$$

式中：D'—企业清洁生产相对综合评价指数；

D<sub>a</sub>、D<sub>b</sub>—分别为企业所选定的对比年度的综合评价指数和企业考核年度的综合评价指数。

### 4.4 铝行业清洁生产企业的评定

对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的，对达到一定综合评价指数的企业，分别评定为清洁生产先进企业或清洁生产企业。根据目前我国铝行业的实际情况，不同等级的清洁生产企业的综合评价指数列于表 12。

表 12 铝行业不同等级清洁生产企业综合评价指数

清洁生产企业等级	清洁生产综合评价指数
清洁生产先进企业	$P \geq 90$
清洁生产企业	$80 \leq P < 90$

按照现行环境保护政策法规以及产业政策要求，凡参评企业被地方环保主管部门认定为主要污染物排放未“达标”（指总量未达到控制指标或主要污染物排放超标），生产淘汰类产品或仍继续采用要求淘汰的设备、工艺进行生产的，则该企业不能被评定为“清洁生产先进企业”或“清洁生产企业”。

考虑到现行劳动安全和职业卫生政策法规要求，凡参评企业被地方劳动安全卫生主管部门认定为不符合劳动安全卫生要求的，则该企业不能被评定为“清洁生产先进企业”或“清洁生产企业”。

## 5 指标解释

《铝行业清洁生产评价指标体系》的各项指标解释如下：

### 5.1 氧化铝生产系统

#### (1) 综合能耗 (kgce/t. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

除包含工艺能耗外，并包括氧化铝厂及车间办公、采暖降温等能源消耗、能源输送过程的损耗等。

(2) 工艺能耗(kgce/t. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

指氧化铝厂工艺生产过程的能源消耗, 包括: 焦碳、各种煤、高压蒸汽、低压蒸汽、工艺电耗、新水、循环水、压缩空气、重油、煤气、熔盐、瓦斯气等。

热电厂供蒸汽、水厂供新水、循环水站供循环水均统一按规定折算为单位产品能耗, 以每吨氧化铝产品折算为千克标准煤计算。而这些工段的电耗、煤耗等能源消耗不再重复计算在工艺能耗中。

(3) 焙烧工序能耗(kgce/t. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

指氢氧化铝焙烧工序消耗的燃料, 以所用燃料如重油、煤气、瓦斯气并按发热值折算, 单位折算为每吨氧化铝产品消耗的千克标准煤。

(4) 氧化铝总回收率(%)

以铝土矿中带入的氧化铝计算, 不考虑石灰中带入的氧化铝。

(5) 碱耗(kg/t. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

指每吨氧化铝产品消耗碱量。由于国内各氧化铝厂使用的碱不一样, 本定量评价指标统一按工业碱粉 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 进行折算。

(6) 企业工业水重复利用率(%)

企业工业水重复利用率 =  $\frac{\text{企业工业重复利用水量(包括循环用水量和串级使用水量)}(m^3/a)}{\text{生产工程总用水量}(m^3/a)} \times 100\%$

(7) 外排赤泥附碱含量(kg /t · 干赤泥)

碱以 Na<sub>2</sub>O 计, 赤泥以干基计。

(8) 分解产出率(%)

它是反映拜尔循环过程中循环效率高低的一个重要指标。分解产出率指单位体积的精液分解析出的氢氧化铝量, 并将分解析出的氢氧化铝折算为氧化铝, 单位为 kg/m<sup>3</sup>。计算公式如下:

$$P = Na_2O_k (R_{P1} - R_{P2})$$

P — 分解产出率, 单位: kg/m<sup>3</sup>

Na<sub>2</sub>O<sub>k</sub> — 精液 Na<sub>2</sub>O<sub>k</sub> 浓度, 单位: g/l

R<sub>P1</sub> — 精液 R<sub>P</sub> 值

R<sub>P2</sub> — 母液 R<sub>P</sub> 值

(9) 电耗(kWh/t. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

指工艺电耗。



(10) 二次蒸汽利用率 (%)

在溶出、蒸发等用新蒸汽的工序上，生产过程中产生的二次蒸汽能全部在生产工艺过程中得到充分应用而不排空浪费，即可认为 100%的利用率。

(11) 新蒸汽冷凝水利用率 (%)

在溶出、蒸发等用新蒸汽的工序上，得到的新蒸汽冷凝水能全部返回锅炉房，或大部分返回锅炉房，少部分补充到生产工艺过程中而不外排浪费，即可认为 100%的利用率。

(12) 赤泥附液利用率 (%)

对赤泥堆场进行了防渗处理，赤泥附液不发生渗漏，并定期将赤泥堆场的附液返回氧化铝厂合理利用，即可认为 100%的利用率。

(13) 蒸发结晶碱利用率 (%)

蒸发过程中析出的结晶碱，能在本车间得到苛化并重新返回生产流程中，结晶碱不外排即可认为 100%的利用率

(14) 镓回收或多品种氧化铝

氧化铝生产过程中,若设有镓回收车间、或设有多品种氧化铝生产线，提高了资源利用率或产品的附加值，即可给予此项评分。

(15) 氧化铝净溶出率 (%)

指熟料中溶解于铝酸钠溶液的氧化铝量与熟料中氧化铝总量之比。

(16) 氧化钠净溶出率 (%)

指熟料中溶解于铝酸钠溶液的氧化钠量与熟料中氧化钠总量之比。

(17) 外排生产废水量 ( $m^3/t \cdot Al_2O_3$ )

$$\text{外排生产废水量} = \frac{\text{氧化铝生产系统生产废水排放量}(m^3/a)}{\text{氧化铝年产量}(t/a)}$$

(18)  $SO_2$  排放量 ( $kg/t \cdot Al_2O_3$ )

$$SO_2\text{排放量} = \frac{\text{氧化铝生产系统}SO_2\text{排放量}(kg/a)}{\text{氧化铝年产量}(t/a)}$$

(19) 粉尘排放量 ( $kg/t \cdot Al_2O_3$ )

$$\text{粉尘排放量} = \frac{\text{氧化铝生产系统粉尘排放量}(kg/a)}{\text{氧化铝年产量}(t/a)}$$

## 5.2 电解铝系统

### (1) 电流效率 $\eta$

电流效率大小是用实际铝产量和理论铝产量之比来表示，即：

$$\eta = (P_{\text{实}}/P_{\text{理}}) \times 100\%$$

式中  $P_{\text{理}} = C \times I \times \tau \times 10^{-3}$  (kg)

$C$  --- 铝的电化当量,  $C = 0.3356 \text{g} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

$I$  --- 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)

$\tau$  --- 电解时间 (h)

### (2) 原铝直流电耗 $W$ (kwh/t. Al)

电耗是电解生产中一项综合技术指标, 用下面公式表示:

$$W = \frac{V_{\text{电解槽平均电压}}}{0.3356 \times \eta}$$

式中:  $V_{\text{电解槽平均电压}} = V_{\text{工作电压}} + V_{\text{线路分摊电压}} + V_{\text{效应电压}}$

### (3) 铝锭综合交流电耗 (kwh/t. Al)

$$\text{铝锭综合交流电耗} = \frac{\text{电解铝生产系统年耗电量 (kW} \cdot \text{h/a)}}{\text{铝锭年产量 (t/a)}}$$

### (4) 氧化铝单耗 (kg/t. Al)

$$\text{氧化铝单耗} = \frac{\text{电解铝年耗量 (kg/a)}}{\text{铝锭年产量 (t/a)}}$$

### (5) 碳阳极 (净耗) 单耗 (kg/t. Al)

$$\text{碳阳极(净耗)单耗} = \frac{(\text{碳阳极年耗量} - \text{残极年回收量}) (\text{kg/a})}{\text{铝锭年产量 (t/a)}}$$

### (6) 碳阳极 (毛耗) 单耗 (kg/t. Al)

$$\text{碳阳极(毛耗)单耗} = \frac{\text{碳阳极年耗量 (kg/a)}}{\text{铝锭年产量 (t/a)}}$$

### (7) 氟化盐单耗 (kg/t. Al)

$$\text{氟化盐单耗} = \frac{\text{氟化盐年耗量 (kg/a)}}{\text{铝锭年产量 (t/a)}}$$

### (9) 企业新水用量 ( $\text{m}^3/\text{t. Al}$ )

$$\text{企业新水用量} = \frac{\text{企业新水年用量}(m^3/a)}{\text{铝锭年产量}(t/a)}$$

(10) 企业工业水重复利用率 (%)

$$\text{企业工业水重复利用率} = \frac{\text{企业工业重复利用水量(包括循环水量和串级使用水量)}(m^3/a)}{\text{生产总用水量}(m^3/a)} \times 100\%$$

(11) 铝锭合格率：铝锭质量符合国家标准比率。

(12) 阳极效应系数：指每台电解槽每天发生的阳极效应次数，用“次/台·天”表示。

(13) 电解槽集气效率 (%)：单位时间内系列电解槽密闭集气烟气(污染物)的数量与该系列电解槽产生的全部烟气(污染物)数量的百分比，计算公式：

$$\text{电解槽集气效率} = \frac{\text{系列电解槽集气系统捕集烟气量}}{\text{系列电解槽烟气产生量}} \times 100\%$$

$$\text{或：电解槽集气效率} = \frac{\text{系列电解槽集气系统捕集烟气中氟量}}{\text{系列电解槽烟气产生氟量}} \times 100\%$$

(14) 外排废水量 ( $m^3/t$ . Al)

$$\text{外排废水量} = \frac{\text{电解铝生产系统生产废水和厂区生活污水排放量}(m^3/a)}{\text{铝锭年产量}(t/a)}$$

(15)  $SO_2$ 排放量 (kg/t. Al)

$$SO_2\text{排放量} = \frac{\text{电解铝生产系统}SO_2\text{排放量}(kg/a)}{\text{铝锭年产量}(t/a)}$$

(16) 粉尘排放量 (kg/t. Al)

$$\text{粉尘排放量} = \frac{\text{电解铝生产系统粉尘排放量}(kg/a)}{\text{铝锭年产量}(t/a)}$$

(17) 氟化物(以氟计)排放量 (kg/t. Al)：

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

$$\text{氟化物(以氟计)排放量} = \frac{\text{电解铝生产系统氟化物(以氟计)排放量}(kg/a)}{\text{铝锭年产量}(t/a)}$$

### 5.3 铝用预焙阳极和阴极系统

(1) 焙烧工序能耗 (kgce/t·产品)

焙烧工序每生产 1 吨合格焙烧阳极（或阴极），消耗的燃料折合标准煤量。其计算公式为：

$$\text{阳极焙烧工序能耗} = \frac{\text{阳极焙烧工序消耗燃料折合标准煤量 (kgce/a)}}{\text{合格焙烧阳极年产量 (t/a)}}$$

$$\text{阴极焙烧工序能耗} = \frac{\text{阴极焙烧工序消耗燃料折合标准煤量 (kgce/a)}}{\text{合格焙烧阴极年产量 (t/a)}}$$

(2) 煅烧工序能耗 (kgce/t · 煅烧焦或煅后煤)

煅烧工序每生产 1 吨合格煅烧石油焦(或无煤烟)，消耗的燃料(或电)折合标准煤量。其计算公式为：

$$\text{阳极煅烧工序能耗} = \frac{\text{阳极煅烧工序消耗燃料折合标准煤量 (kgce/t)}}{\text{合格煅烧焦年产量 (t/a)}}$$

$$\text{阴极煅烧工序能耗} = \frac{\text{阴极电煅炉煅烧消耗电能折合标准煤量 (kgce/a)}}{\text{合格煅烧煤年产量 (t/a)}}$$

(3) 综合能耗 (kgce/t · 产品)

每生产 1 吨合格阳极（或阴极），消耗的新水、循环水、蒸汽、压缩空气、燃料（扣除煅烧和焙烧工序用燃料）、电（阴极扣除电煅炉用电）等项折合标准煤总量。其计算公式为：

$$\text{阳极综合能耗} = \frac{\text{新水} + \text{循环水} + \text{蒸汽} + \text{压缩空气} + \text{燃料} + \text{电等消耗折合标准煤量 (kgce/a)}}{\text{合格阳极年产量 (t/a)}}$$

$$\text{阴极综合能耗} = \frac{\text{新水} + \text{循环水} + \text{蒸汽} + \text{压缩空气} + \text{燃料} + \text{电等消耗折合标准煤量 (kgce/a)}}{\text{合格阴极年产量 (t/a)}}$$

(4) 石油焦单耗 (t/t. 阳极)

每生产 1 吨合格阳极，消耗的石油焦干基量（包括焙烧填充石油焦用量）。其计算公式为：

$$\text{石油焦单耗} = \frac{\text{消耗石油焦(干基)量 (t/a)}}{\text{合格阳极年产量 (t/a)}}$$

石油焦单耗按干料配方中返回残极量占 25%计，若返回残极配比大于或小于 25% 时，石油焦单耗按下式进行修正计算：

$$C_a' = C_a - C_b \times (B_a - 25) \times 1.30/25$$

式中：C<sub>a</sub>'—修正后的石油焦（干基）单耗（t）。

C<sub>a</sub>—表 7 中石油焦单耗评价基准值

C<sub>b</sub>—表 7 中残极单耗评价基准值

B<sub>a</sub>—干料配方中实际配入返回残极百分值

1.30—折合系数

(5) 煤沥青单耗 (t/t. 产品)

每生产 1 吨合格阳极（或阴极），消耗的煤沥青量。其计算公式为：

$$\text{煤沥青单耗} = \frac{\text{消耗煤沥青量 (t/a)}}{\text{合格阳 (阴) 极产量 (t/a)}}$$

(6) 残极单耗 (t/t. 阳极)

每生产 1 吨合格阳极，消耗返回的残极量(含焙烧碎)。其计算公式为：

$$\text{残极单耗} = \frac{\text{消耗返回的残极量 (t/a)}}{\text{合格阳极年产量 (t/a)}}$$

残极单耗是按干料配方中返回残极量(含焙烧碎)占 25%计，若返回残极配比大于或小于 25%时，残极单耗按下式进行修正计算：

$$C_b' = C_b \times B_a \div 25$$

式中： $C_b'$ —修正后的残极单耗 (t)。

$C_b$ —表 7 中残极单耗评价基准值

$B_a$ —干料配方中实际配入返回残极百分值

(7) 无烟煤单耗 (t/t. 阴极)

每生产 1 吨合格阴极，消耗无烟煤（干基）量。其计算公式为：

$$\text{无烟煤单耗} = \frac{\text{消耗无烟煤干基量 (t/a)}}{\text{合格阴极年产量 (t/a)}}$$

无烟煤单耗按干料配方中人造石墨量占 10%计，若人造石墨量配比大于 10%时，无烟煤单耗按下式进行修正计算：

$$C_a' = C_a - C_b \times (B_a - 10) \times 1.21/10$$

式中： $C_a'$ —修正后的无烟煤（干基）单耗 (t)。

$C_a$ —表 8 中无烟煤单耗评价基准值

$C_b$ —表 8 中人造石墨单耗评价基准值

$B_a$ —干料配方中实际配入人造石墨百分值

1.21—折合系数

(8) 人造石墨单耗 (t/t. 阴极)

每生产 1 吨合格阴极，消耗的人造石墨量。其计算公式为：

$$\text{人造石墨单耗} = \frac{\text{消耗人造石墨量 (t/a)}}{\text{合格阴极年产量 (t/a)}}$$

人造石墨单耗是按干料配方中人造石墨量占 10%计，若人造石墨配比大于 10%时，人造石墨单耗按下式进行修正计算：

$$C_b' = C_b \times B_a \div 10$$

式中：C<sub>b</sub>'—修正后的人造石墨单耗（t）。

C<sub>b</sub>—表 8 中人造石墨单耗评价基准值

B<sub>a</sub>—干料配方中实际配入人造石墨百分值

(9) 煤焦油单耗(t/t. 阴极)

每生产 1 吨合格阴极，消耗的煤焦油量。其计算公式为：

$$\text{煤焦油单耗} = \frac{\text{消耗煤焦油量 (t/a)}}{\text{合格阴极产量 (t/a)}}$$

(10) 石油焦(或无烟煤)煅烧实收率(%)

指产出合格的煅烧石油焦(或无烟煤)与煅烧工序石油焦干基(或无烟煤干基)用量之比。其计算公式为：

$$\text{石油焦煅烧实收率} = \frac{\text{合格的煅烧石油焦年产量 (t/a)}}{\text{煅烧工序石油焦干基年用量 (t/a)}} \times 100\%$$

$$\text{无烟煤煅烧实收率} = \frac{\text{合格的煅烧无烟煤年产量 (t/a)}}{\text{煅烧工序无烟煤干基年用量 (t/a)}} \times 100\%$$

注：因各厂所用的石油焦(或无烟煤)的水分不同，统一按干基计。

(11) 企业新水单耗(m<sup>3</sup>/t. 产品)

每生产 1 吨合格阳极（或阴极），消耗的新水量。其计算公式为：

$$\text{企业新水用量} = \frac{\text{企业新水年用量}(m^3/a)}{\text{阳极或阴极年产量}(t/a)}$$

(12) 企业工业水重复利用率(%)

$$\text{企业工业水重复利用率} = \frac{\text{企业工业重复利用水量(包括循环水量和串级使用水量)}(m^3/a)}{\text{生产总用水量}(m^3/a)} \times 100\%$$

(13) 成型工序实收（成品）率(%)

指成型工序产出的合格阳极（或阴极）成型块糊料量与成型工序糊料用量之比。

其计算公式为：

$$\text{成型工序实收（成品）率} = \frac{\text{合格阳(阴)极成型块糊料用量 (t/a)}}{\text{成型工序糊料年用量 (t/a)}} \times 100\%$$

(14) 焙烧炭块外观合格率(%)

指焙烧工序的焙烧炭块外观合格块数与焙烧装炉炭块数之比。其计算公式为：

$$\text{焙烧炭块外观合格率} (\%) = \frac{\text{年焙烧炭块外观合格块数量 (块)}}{\text{年焙烧装炉炭块数量 (块)}} \times 100\%$$

(15) 阴极加工工序实收率 (%)

指加工工序产出的合格阴极炭块用料量与工序用料量之比。其计算公式为：

$$\text{加工工序实收率} = \frac{\text{合格成品炭块年用料量 (t/a)}}{\text{加工工序炭块年用料量 (t/a)}} \times 100\%$$

(16) 阳极（或阴极）炭块一级（或二级）品合格率 (%)

指阳极（或阴极）炭块一级（或二级）品以上合格块数量与合格总块数量之比。

其计算公式为：

$$\text{一级品合格率} = \frac{\text{年一级品以上合格块数量 (块)}}{\text{年合格总块数量 (块)}} \times 100\%$$

$$\text{二级品合格率} = \frac{\text{年二级品以上合格块数量 (块)}}{\text{年合格块总数量 (块)}} \times 100\%$$

注：一级（或二级）品以上合格炭块以批量不定期抽样检测

(17) 煅烧余热利用量（阳极）(kgce/t·阳极)

每生产 1 吨合格阳极，煅烧工序余热利用折合标准煤量。其计算公式为：

$$\text{煅烧余热利用量} = \frac{\text{煅烧工序年余热利用量折合标准煤 (kgce/a)}}{\text{合格阳极年产量 (t/a)}}$$

(18) 回收沥青焦油利用量（阴极）(kgce/t·阴极)

每生产 1 吨合格阴极，回收的沥青焦油利用折合标准煤量。其计算公式为：

$$\text{回收沥青焦油利用量} = \frac{\text{年回收的沥青焦油利用量折合标准煤 (kgce/a)}}{\text{合格阴极年产量 (t/a)}}$$

注：焦油利用以返回焙烧作为燃料。

(19) 外排废水量 (m<sup>3</sup>/t. 产品)

$$\text{外排废水量} = \frac{\text{生产系统生产废水和厂区生活污水排放量 (m}^3\text{/a)}}{\text{阳极或阴极年产量 (t/a)}}$$

(20) COD 排放量 (kg/t. 产品)

$$\text{COD排放量} = \frac{\text{阳极或阴极生产系统COD排放量 (kg/a)}}{\text{阳极或阴极年产量 (t/a)}}$$

(21) 石油类排放量 (kg/t. 产品)

$$\text{石油类排放量} = \frac{\text{阳极或阴极生产系统石油类排放量 (kg/a)}}{\text{阳极或阴极年产量 (t/a)}}$$

(22) SO<sub>2</sub>排放量 (kg/t. 产品)

$$SO_2\text{排放量} = \frac{\text{阳极或阴极生产系统}SO_2\text{排放量}(kg/a)}{\text{阳极或阴极年产量}(t/a)}$$

(23) 烟(粉)尘排放量(kg/t. 产品)

$$\text{烟(粉)尘排放量} = \frac{\text{阳极或阴极生产系统烟(粉)尘排放量}(kg/a)}{\text{阳极或阴极年产量}(t/a)}$$

(24) 氟化物(以氟计)排放量(kg/t. 产品):

氟化物是指阳极焙烧炉烟气中的无机氟化物, 包括气氟(氟化氢等气体)和固氟(氟化铝等固体氟化盐)。

$$\text{氟化物(以氟计)排放量} = \frac{\text{阳极生产系统氟化物(以氟计)排放量}(kg/a)}{\text{阳极年产量}(t/a)}$$

(25) 沥青烟排放量(kg/t. 产品)

$$\text{沥青烟排放量} = \frac{\text{阳极或阴极生产系统沥青烟排放量}(kg/a)}{\text{阳极或阴极年产量}(t/a)}$$