

四川省工业能碳指南

（ 2026 年版 ）

2026 年 10 月

前 言

《四川省工业能效指南（2024 年版）》发布至今已有两年，作为固定资产投资项目节能审查能效准入管理的参考依据，在推动全省重点产业建圈强链，提升产业发展水平，规范新上项目精细化管理方面发挥了积极作用。硅单晶，三氧化二钒、五氧化二钒产品能效成功升级为国家能耗限额标准及我省地方能耗限额标准，为项目投资决策、节能审查、节能监察以及重点用能单位节能目标评价考核等实际工作提供了能效水平参考。

随着《固定资产投资项目节能审查和碳排放评价办法》《四川省固定资产投资项目节能审查和碳排放评价实施办法》印发实施，碳效评价及对标管理成为项目节能审查及建设运行的明确要求。为贯彻落实新形势下能效及碳效管理要求，突出标准引领作用，以能碳标准赋能重点产业建圈强链，经济和信息化厅组织编制了《四川省工业能碳指南（2026 年版）》，聚焦新型显示、高端能源装备、新能源汽车及动力电池等 9 条重点产业链，结合行业、企业实际发展情况确定了 118 种产品（工序）能效基准水平和标杆水平及 19 种产品碳效基准值和引领值。其中，19 种产品碳效水平为我省首次提出，15 个产品（工序）能效水平填补国家能耗限额标准空白，24 个产品（工序）能效水平严于现行能耗限额标准。我省将每两年更新和调整《工业能碳指南》，以更好服务和指导工业领域能效、碳效提升工作，助力支撑 2030 年碳达峰目标顺利实现。

目 录

前 言.....	1
1 重点行业主要产品（工序）能效.....	3
1.1 说明.....	3
1.2 主要产品（工序）能效.....	4
2 重点行业主要产品（工序）碳效.....	16
2.1 说明.....	16
2.2 主要产品（工序）碳效.....	19
3 重点用能设备能效.....	22
附录 1 产品能效参考标准.....	23
附录 2 折标系数说明.....	25
附录 3 二氧化碳排放因子相关说明.....	28
附录 4 碳效核算方法及范围.....	29
附录 5 工业气体空分单位产品能耗计算方法.....	42
附录 6 可比铸铁单位产品能耗修正系数.....	45
附录 7 白酒单位产品能耗计算.....	47
附录 8 晶圆单位产品能耗修正.....	51
附录 9 集成电路封装单位产品能耗计算.....	53
附录 10 液晶显示器件单位产品能耗计算.....	55
附录 11 蒸汽焓熵表.....	56

1 重点行业主要产品（工序）能效

1.1 说明

1、指标说明

本章所列产品能效主要包括标杆水平、基准水平两种指标。能效标杆水平主要是参考现有单位产品能耗限额标准确定的先进值，对标国内生产企业先进能效水平确定；能效基准水平主要是参考现有单位产品能耗限额标准确定的准入值或限定值，并结合四川省行业实际情况、发展预期、生产装置整体能效水平等，统筹考虑如期实现碳达峰目标、保持生产供给平稳、便于企业操作实施等因素确定。

2、数据来源

数据主要取自四川省规模以上工业企业能源统计数据、节能诊断数据及相关企业的能源审计报告、能源利用状况报告等，参考国家、行业、地方标准及相关参考文献等数据，结合四川省工业生产特点及行业发展特色，确定能效标杆水平及基准水平。当工业产品同时适用国家、行业、地方能效标准时，取较严指标。

3、折标系数

本章所采用的电力折标系数如无特殊说明，均采用当量值，能源品种和折标系数，参照综合能耗计算通则，能源的低位发热量和耗能工质耗能量，应按实测值或供应单位提供的数据折标准煤。无法获得实测值的，其折标准煤系数可参照国家统计局公布的数据或参考附录 2 和附录 11。

1.2 主要产品（工序）能效

表 1 主要产品（工序）能效

序号	重 点 产业链	产品名称		工艺（工序）	指标名称	指标单位	基准水平	标杆水平	备注
1	新能源 汽车及 动力电 池	上游 产品	磷精矿	采矿	单位产品能耗	kgce/t	4.0	1.3	开采深度 700-1900m
2			镍精矿	采矿-选矿	单位产品能耗	kgce/t	105	97	
3			锂矿（锂辉石）	采矿-选矿	单位产品能耗	kgce/t	160	82	
4				选矿	原矿单位处理量 综合能耗	kgce/t 原矿	7.75	7	
5			鳞片石墨	采矿、破碎工序单位产 品综合能耗		单位产品能耗	kgce/t	3.5	3
6				浮法提 纯工序	粒度大于 150μm 占比 ≥20%	单位产品能耗	kgce/t	45	40
7					粒度大于 150μm 占比 <20%	单位产品能耗	kgce/t	60	55
8				不包括开采及产品深加 工工序		单位产品能耗	kgce/t	215	125
9			微晶石墨	不包括产品深加工工序		单位产品能耗	kgce/t	95	60
10			煅后石油焦	/		单位产品能耗	kgce/t	20	10
11			针状焦	/		单位产品能耗	kgce/t	150	120

序号	重 点 产业链	产品名称		工艺（工序）		指标名称	指标单位	基准水平	标杆水平	备注	
12			沥青	氧化沥青装置		单位产品能耗	kgce/t	25	20		
13				溶剂脱 沥青装 置	丁烷	单位产品能耗	kgce/t	30	24		
14					丙烷	单位产品能耗	kgce/t	32	28		
15	新能源 汽车及 动力电 池	中 游 产 品	金属锂	粗金属锂		单位产品能耗	kgce/t	5980	5780		
16				工业级金属锂				6130	5900		
17				电池级金属锂				6840	6330		
18			碳酸锂	锂辉石提锂工艺		单位产品能耗	kgce/t	2600	2200		
19				锂云母提锂工艺				3400	3000		
20				卤水提锂工艺				1400	1300		
21			氢氧化锂		锂辉石提锂工艺	单位产品能耗	kgce/t	2300	2000		
22			前驱 体	三元系	黑粉—含镍、钴、锰或 铝金属盐溶液		单位产品能耗	kgce/t	570	450	
23					含镍、钴、锰或铝金属 盐—前驱体（氢氧化物）		单位产品能耗	kgce/t	1100	760	
24				磷酸铁	铵法		单位产品能耗	kgce/t	650	600	
25					钠法		单位产品能耗	kgce/t	630	600	
26					铁法		单位产品能耗	kgce/t	600	550	
27			正极	磷酸铁锂	/		单位产品能耗	kgce/t	1240	800	

序号	重 点 产业链	产品名称		工艺（工序）	指标名称	指标单位	基准水平	标杆水平	备注	
28			材料	锰酸锂	/	单位产品能耗	kgce/t	500	315	
29				钴酸锂	/	单位产品能耗	kgce/t	1250	1065	
30			三元系材料	自产压缩空气或外购氧气	单位产品能耗	kgce/t	1385	1200		
31				自产氧气	单位产品能耗	kgce/t	1700	1490		
32		硫酸钴		钴原料到硫酸钴晶体	单位产品能耗	kgce/t	2790	2700		
33		氟化锂		以碳酸锂为原料	单位产品能耗	kgce/t	1500	500		
34		负极材料	硅碳负极材料		单位产品能耗	kgce/t	2300	1750		
35			石墨化工序		单位产品能耗	kgce/t	1264	960		
36		电解液		/	单位产品能耗	kgce/t	50	20		
37		隔膜	湿法		单位产品能耗	kgce/万 m²	646	513		
38			干法		单位产品能耗	kgce/万 m²	57.60	43.20		
39		陶瓷电容器		/	单位产品能耗	kgce/亿片	2300	1900		
40	新 能 源 汽 车 及 动 力 电 池	下 游 产 品	锂离子电池	消费锂离子电池	单位产品生产能耗	kgce/kwh	11.00	9.00	应用于手机、平板电脑、笔记本电脑、可穿戴设备等领域的锂离子电池。	
41				小动力锂离子电池	单位产品生产能耗	kgce/kwh	11.00	9.00	应用于电动自行车、电动滑板车、	

序号	重 点 产业链	产品名称		工艺（工序）	指标名称	指标单位	基准水平	标杆水平	备注
	42								电动平衡车、电动摩托车等领域的锂离子电池，其电池组额定能量通常不超过 5 kWh。
				大动力锂离子电池	单位产品生产能耗	kgce/kwh	6.89	4.74	应用于电动汽车、电动船舶、电动飞机以及无人机等领域的锂离子电池。
43				储能锂离子电池	单位产品生产能耗	kgce/kwh	5.60	3.74	应用于家庭储能、工商业储能、新能源储能等领域的锂离子电池。
44	新能源	上游产品	单晶硅棒（方棒）		单位产品能耗	kgce/kg	2.58	1.90	
45			硅多晶	三氯氢硅法	单位产品能耗	kgce/kg	6.3	5.0	不适用于半导体用电子级硅多晶、区熔级硅多晶
				硅烷流化床法	单位产品能耗	kgce/kg	4.6	3.6	
46			多晶硅方锭		工序电耗	kwh/kg	6.5	6.2	
47			单晶硅片	整片硅片标片以182mm×210mm 为基准计算，半片硅片标片以	单位产品可比综合能耗	kgce/百万片	9525	5900	

序号	重 点 产业链	产品名称		工艺（工序）	指标名称	指标单位	基准水平	标杆水平	备注
				182mm×105mm 为基准 计算					
48			多晶硅片	M2 （156.75mm×156.75mm /180um）为基准	工序可比电耗	万 kwh/百万 片	20	19.5	其他规格硅片可 比产量在实物量 基础上乘以折标 系数，折标系数 为该硅片规格除 以 M2
49		中 游 产 品	光伏压延玻璃	熔窑设计日熔化玻璃液 量（不包括全氧燃烧的 玻璃熔窑）≤300t/d	单位产品能耗	kgce/t	300	290	
50				熔窑设计日熔化玻璃液 量（不包括全氧燃烧的 玻璃熔窑）>300t/d	单位产品能耗	kgce/t	260	250	
51			电池片	/	工序电耗	万 kWh/MWp	7.0	6.9	
52			电池组件	/	工序电耗	万 kWh/MWp	2.5	2	
53	先进材 料	上 游 产 品	制氧	大中型空分设备 ≥1000m³/hO₂	当量单位制氧电 耗	kwh/m³	0.48	0.30	β表示压缩机工 作压力修正系 数，见附录 5；空 分企业同时生产 多种空分产品 时，应将多种空 分产品折算成单 位基准产品（气）
54				小型空分设备< 1000m³/hO₂	当量单位制氧电 耗	kwh/m³	0.68	0.50	
55			制氮	大中型空分设备 ≥1000m³/hO₂	单位制氮电耗	kwh/m³	0.40	0.28	
56				小型空分设备< 1000m³/hO₂	单位制氮电耗	kwh/m³	0.40	0.28	

序号	重 点 产业链	产品名称		工艺（工序）	指标名称	指标单位	基准水平	标杆水平	备注
57			压氧或压氮	大中型空分设备 ≥1000m ³ /hO ₂	单位压氧或压氮 电耗	kwh/m ³	0.30β	0.28β	即当量氧气，折 算方法见附录 5
58				小型空分设备< 1000m ³ /hO ₂	单位压氧或压氮 电耗	kwh/m ³	0.30β	0.28β	
59		再生铜	粗铜冶炼 工艺	阳极铜工 艺（粗铜- 阳极铜）	单位产品能耗	kgce/t	190	140	
60				粗铜冶炼 工艺（粗铜 -阴极铜）	单位产品能耗	kgce/t	280	240	
61			杂铜冶炼 工艺	粗铜工艺 （杂铜-粗 铜）	单位产品能耗	kgce/t	170	140	
62				阳极铜工 艺（杂铜- 阳极铜）	单位产品能耗	kgce/t	190	160	
63				杂铜冶炼 工艺（杂铜 -阴极铜）	单位产品能耗	kgce/t	310	290	
64		再生铅	再生铅（废电池-再生铅 工艺）		单位产品能耗	kgce/t	150	120	
65			废电池预处理工序（废 电池-铅屑、 铅膏）		单位产品能耗	kgce/t	3.5	3	
66			铅膏冶炼工序（铅膏-再 生粗铅）		单位产品能耗	kgce/t	180	145	

序号	重 点 产业链	产品名称		工艺（工序）			指标名称	指标单位	基准水平	标杆水平	备注
67				铅屑冶炼工序（铅屑-再生粗铅）			单位产品能耗	kgce/t	13	12	
68				火法精炼工艺（再生粗铅-再生铅）			单位产品能耗	kgce/t	16	10	
69				金属态铅废料-再生铅工艺			单位产品能耗	kgce/t	18	15	
70		再生锌		含锌二次资源-富集氧化锌（含锌二次资源-富集氧化锌）	入炉二次资源锌含量为 12% 时		单位产品能耗	kgce/t	1600	1300	当入炉二次资源锌含量为 5%～8% 及 8%～12% 时，采用插值法计算该原料火法富集应符合的能耗限额。
71					入炉二次资源锌含量为 8% 时		单位产品能耗	kgce/t	2500	2200	
72					入炉二次资源锌含量为 5% 时		单位产品能耗	kgce/t	2800	2500	
73				富集锌焙砂（富集氧化锌-富集锌焙砂）（进一步富集并脱除氟、氯）			单位产品能耗	kgce/t	330	300	
74				富集锌焙砂	入炉二次资源锌含量为 12%		单位产品能耗	kgce/t	1930	1600	当入炉二次资源锌含量为 5%～8% 及 8%～12%

序号	重 点 产业链	产品名称		工艺（工序）			指标名称	指标单位	基准水平	标杆水平	备注
					（含 锌二 次资 源-富 集锌 焙 砂）	时					时，采用插值法 计算该原料火法 富集应符合的能 耗限额。
75						入炉二次 资源锌含 量为 8% 时	单位产品能耗	kgce/t	2830	2500	
76						入炉二次 资源锌含 量为 5% 时	单位产品能耗	kgce/t	3130	2800	
77				湿法 炼锌 工序	电镀锌锭（含渣 处理工艺）（富 集氧化锌-电锌 锌锭）		单位产品能耗	kgce/t	1200	1100	
78					电镀锌锭（含渣 处理工艺）（富 集锌焙砂-电锌 锌锭）		单位产品能耗	kgce/t	1040	1010	
79					电镀锌锭（不含 渣处理工艺）（富 集氧化锌-电锌 锌锭）		单位产品能耗	kgce/t	800	750	
80					电镀锌锭（不含 渣处理工艺）（富 集锌焙砂-电锌 锌锭）		单位产品能耗	kgce/t	660	550	

序号	重 点 产业链	产品名称		工艺（工序）		指标名称	指标单位	基准水平	标杆水平	备注
81				火法 炼锌 工序	粗锌锌锭（富集 锌焙砂-粗锌锭）	单位产品能耗	kgce/t	1400	1250	
82					粗锌锌锭（富集 锌焙砂-精锌锭）	单位产品能耗	kgce/t	1700	1540	
83			再生铝	铝液		单位产品能耗	kgce/t	125	118	
84				铸造锭		单位产品能耗	kgce/t	130	123	
85			粗钢（电弧炉冶炼 含钒钛渣钢、渣 铁）	电弧炉公称容量≥70t		单位产品能耗	kgce/t	97	86	废普碳钢的添加 比例不超过 10%。
86				50t≤电弧炉公称容量＜ 70t		单位产品能耗	kgce/t	97	86	
87				30t＜电弧炉公称容量＜ 50t		单位产品能耗	kgce/t	111	92	
88				电弧炉公称容量≤30t		单位产品能耗	kgce/t	123	107	公称容量不大于 30 t 的电弧炉冶 炼含钒钛渣钢、 渣铁时，仅用于 机械铸造。
89	先进材 料	中 游 产 品	海绵钛		全流程生产	单位产品能耗	kgce/t	4820	4400	
90			五氧化二钒	钠化 焙烧	入炉钒渣（以 TV 计）品位为 ≥4%时	单位产品能耗	kgce/t	4800	4000	当入炉钒渣（以 TV 计）品位为 2%～4%（钠化焙 烧）时和 2%～ 7%（钙化焙烧） 时，采用线性插
91					1.5%≤入炉钒渣 （以 TV 计）品 位为≤2%时	单位产品能耗	kgce/t	9000	5000	

序号	重 点 产业链	产品名称		工艺（工序）		指标名称	指标单位	基准水平	标杆水平	备注
92				钙化 焙烧	入炉钒渣（以 TV 计）品位为 ≥7%时	单位产品能耗	kgce/t	3300	3100	值法计算该原料 焙烧工艺应符合 的能耗要求
93					1.5%≤入炉钒渣 （以 TV 计）品 位为≤2%时	单位产品能耗	kgce/t	8800	4800	
94	高端能 源装备	中 游 产 品	不 锈 钢	电弧 炉工 序	30t<电炉容量 <50t	单位产品能耗	kgce/t	94.6	73.7	
95					电炉容量≥50t	单位产品能耗	kgce/t	79.2	67.1	
96				热轧 带钢 工序	宽带不锈钢宽 度>1000mm	单位产品能耗	kgce/t	65	55	
97					窄带不锈钢宽度 ≤1000mm	单位产品能耗	kgce/t	80	60	
98				棒材工序		单位产品能耗	kgce/t	70	60	
99				线材工序		单位产品能耗	kgce/t	75	65	
100			铸铁件	/		可比单位产品能 耗	kgce/t	380	220	铸铁件可比产量 需要根据铸铁件 复杂程度、铸铁 件重量、铸铁件 材质、铸铁件机 械化、企业生产 的合格铸件种数 等进行修正，具 体修正见附录 6

序号	重 点 产业链	产品名称		工艺（工序）	指标名称	指标单位	基准水平	标杆水平	备注
101			热浸锌管	/	单位产品能耗	kgce/t	24	22	
102			高频焊管	/	单位产品能耗	kgce/t	10	4	
103	软件和 信息服 务	/	数据中心	/	数据中心电能比		1.3	1.2	
104	绿色建 材	中 游 产 品	建筑石膏	以磷石膏、脱硫石膏等 工业副产石膏为原料， 以煤为燃料	单位产品能耗	kgce/t	35	28.5	
105	农产品 精深加 工	下 游 产 品	白酒	酱香型	千升原酒产品耗 标准煤	kgce/kl	1700	1675	白酒产量统一折 成标准酒精度 （65%vol）的产 量，具体折算方 法见附录 7
106				浓香型	千升原酒产品耗 标准煤	kgce/kl	1200	1000	
107			啤酒		单位产品能耗	kgce/kl	60	26	
108			红茶		加工单位产品电 耗	kwh/kg	5.0	4.0	
109			绿茶		加工单位产品电 耗	kwh/kg	3.5	3.0	
110	通信及 量子科 技	上 游 产 品	集成电路晶圆	6 寸（150mm）	单位产品能耗	kwh/cm ²	0.80	0.51	晶圆单位产品能 耗需要根据产能 利用率及光刻层 数进行修正，具 体修正方法见附
111				8 寸（200mm）	单位产品能耗	kwh/cm ²	1.20	0.77	
112				12 寸（300mm）	单位产品能耗	kwh/cm ²	2.50	1.54	

序号	重 点 产业链	产品名称		工艺（工序）		指标名称	指标单位	基准水平	标杆水平	备注
										录 8
113			集成电路封装	单一的单芯片封装		单位产品能耗	kgce/千个引脚	0.19	0.15	单芯片封装与多芯片封装的混合生产：基准水平 $\leq 0.15+$ $(0.19-0.15) \times$ 单芯片封装产品数/单芯片与多芯片封装产品总数
114				单一的多芯片封装		单位产品能耗	kgce/千个引脚	0.15	0.12	标杆水平 $\leq 0.12+$ $(0.15-0.12) \times$ (单芯片封装产品数/单芯片与多芯片封装产品总数)，集成电路封装单位产品能耗具体计算见附录 9
115	新型显示	中游产品	液晶显示器	6 代线及以下	不含彩膜工序	单位产品能耗	kgce/m ²	31.0	27.0	单位产品能耗需要根据产能利用率进行修正，具体修正方法见附录 10
116					包含彩膜工序	单位产品能耗	kgce/m ²	35.0	30.0	
117				8.5（8.6）代线		单位产品能耗	kgce/m ²	12.0	11.0	
118			OLED 显示器	6 代线		单位产品能耗	kgce/m ²	150	130	

2 重点行业主要产品（工序）碳效

2.1 说明

1、碳效（单位产品碳排放量）

核算年度内，核算主体二氧化碳排放总量与合格产品产量的比值。

注：①合格产品是指合格的最终产品或中间产品（工序）。

②单位产品碳效根据产品产量量纲不同可包括：吨二氧化碳每吨（ tCO_2/t ）、吨二氧化碳每平方米（ tCO_2/m^2 ）、吨二氧化碳每千升（ tCO_2/kL ）、千克二氧化碳每重量箱（ $\text{kgCO}_2/\text{重量箱}$ ）等。

2、核算种类

本指南温室气体核算仅包含二氧化碳（ CO_2 ）。

3、适用范围

本指南主要适用于四川境内工业企业生产电弧炉炼钢、高碳铬铁、水泥熟料（硅酸盐水泥熟料）、平板玻璃（普通浮法平板玻璃）、焦炭、合成氨（以天然气为原料）、尿素（以氨和二氧化碳为原料）、黄磷、磷酸一铵（以磷矿石为原料，使用料浆法制粉末状，产量按五氧化二磷折算）、草甘膦（IDA法）、电解铝（铝液）、工业硅、白酒（浓香型、酱香型）、氢氧化锂（锂精矿硫酸法）、碳酸锂（锂精矿硫酸法）、磷酸铁锂（以碳酸锂为锂源，磷酸铁为铁源的固相法工艺）、单晶硅棒（方棒）、五氧化二钒（钠法焙烧， $3\% \leq \text{入炉钒渣以钒计品位} \leq 5\%$ ）、钛白粉

（硫酸法生产金红石型）等重点行业的 19 类产品（工序）的碳效水平。

4、指标说明

本章所列产品碳效主要包括基准值、引领值两种指标。碳效基准值主要依据省内生产企业一般碳效水平确定，引领值主要依据省内生产企业领先碳效水平确定。同时，结合四川省行业实际情况、发展预期及生产装置整体水平，并统筹考虑如期实现碳达峰目标、保障生产供给平稳、便于企业操作实施等因素，综合进行确定。

5、数据来源

重点产品（工序）数据主要取自对四川境内 200 余家企业 19 类产品“十四五”期间实际生产数据的碳效核算，参考国家标准、行业标准、地方标准及相关参考文献等相关数据，结合四川工业自身生产特色，制定重点行业产品碳效的基准值及引领值。当已正式发布的国家标准、行业标准、地方标准与指南取值存在差异时，取较严指标。

6、排放因子选取

按照《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T32150-2025）要求，排放因子优先选用实测值或测算值，其次选取各行业核算国家标准（GB/T32151、GB/T32150）或四川省标准（DB51/T3259-2025）中的缺省值。电力二氧化碳排放因子选取《关于发布 2023 年电力二氧化碳排放因子的公告》（公

告 2025 年第 47 号) 中 2023 年四川省级电力平均二氧化碳排放因子 $0.1564\text{kgCO}_2/\text{kWh}$ 。

2.2 主要产品（工序）碳效

表 2 主要产品（工序）碳效

序号	重点产业链	产品名称（工序）			指标名称	指标单位	基准值	引领值
1	先进材料	上游产品	电弧炉炼钢	电炉炼钢工序 （以钢水计）	单位产品碳效	tCO ₂ /t	0.15	0.13
				粗钢产品	单位产品碳效	tCO ₂ /t	0.21	0.18
2			高碳铬铁		单位产品碳效	tCO ₂ /t	1.67	1.43
3			电解铝	铝液	单位产品碳效	tCO ₂ /t	3.57	3.49
4			工业硅		单位产品碳效	tCO ₂ /t	6.29	5.71
5			焦炭		单位产品碳效	tCO ₂ /t	0.30	0.22
6			合成氨	以天然气为原料	单位产品碳效	tCO ₂ /t	2.162	1.383
7			黄磷		单位产品碳效	tCO ₂ /t	9.28	8.19
8		中游产品	五氧化二钒	钠法焙烧	单位产品碳效	tCO ₂ /t	10.76	6.74

序号	重点产业链	产品名称（工序）			指标名称	指标单位	基准值	引领值
9			钛白粉	硫酸法生产金红石型	单位产品碳效	tCO ₂ /t	2.75	1.98
10	绿色建材	上游产品	水泥熟料	硅酸盐水泥熟料	单位产品碳效	tCO ₂ /t	0.848	0.812
11			平板玻璃	普通浮法平板玻璃	单位产品碳效	kgCO ₂ /重量箱	35.29	30.75
12	农产品精深加工	下游产品	白酒	浓香型	单位产品碳效	tCO ₂ /千升	1.84	1.16
				酱香型	单位产品碳效	tCO ₂ /千升	3.97	1.74
13	新能源汽车及动力电池	中游产品	氢氧化锂	锂精矿硫酸法	单位产品碳效	tCO ₂ /t	5.17	3.20
14			碳酸锂	锂精矿硫酸法	单位产品碳效	tCO ₂ /t	6.43	3.93
15			磷酸铁锂	固相法工艺	单位产品碳效	tCO ₂ /t	1.36	1.05
16	新能源	上游产品	单晶硅棒	方棒	单位产品碳效	tCO ₂ /t	3.76	3.10

序号	重点产业链	产品名称（工序）			指标名称	指标单位	基准值	引领值
17	/	/	磷酸一铵	料浆法制粉末状	单位产品碳效	tCO ₂ /tP ₂ O ₅	0.484	0.346
18		/	尿素	以氨和二氧化碳为原料	单位产品碳效	tCO ₂ /t	0.41	0.34
19		/	草甘膦	IDA 法	单位产品碳效	tCO ₂ /t	2.60	1.18

3 重点用能设备能效

本章主要涵盖《重点用能产品设备能效先进水平、节能水平和准入水平（2024年版）》和变压器、锅炉、电动机、风机、水泵、空压机等七大类重点用能设备的国家标准,详见标准索引。

表 3 标准索引

序号	类别	标准编号	标准名称
1	变压器	GB20052-2024	电力变压器能效限定值及能效等级
2	锅炉	GB24500-2020	工业锅炉能效限定值及能效等级
3	电动机	GB18613-2020	电动机能效限定值及能效等级
4		GB30253-2024	永磁同步电动机能效限定值及能效等级
5		GB30254-2024	高压三相笼型异步电动机能效限定值 及能效等级
6	风机	GB19761-2020	通风机能效限定值及能效等级
7		GB28381-2026	鼓风机能效限定值及能效等级
8	水泵	GB19762-2025	离心泵能效限定值及能效等级
9		GB 32030-2022	潜水电泵能效限定值及能效等级
10	空压机	GB19153-2019	容积式空气压缩机能效限定值及能效等级
11	冷水机组	GB19577-2024	热泵和冷水机组能效限定值及能效等级
12	单路输出式交流-直流和交流-交流外部电源	GB20943-2025	交流-直流和交流-交流电源能效限定值及能效等级
13	交流接触器	GB21518-2022	交流接触器能效限定值及能效等级
14	生活垃圾焚烧炉及余热锅炉	GB/T18750-2022	生活垃圾焚烧炉及余热锅炉
15	除尘器	GB37484-2019	除尘器能效限定值及能效等级
16	电焊机	GB28736-2019	电焊机能效限定值及能效等级
17	水解制氢	GB 32311-2015	水电解制氢系统能效限定值及能效等级

附录 1 产品能效参考标准

表 1.1 产品能效参考标准

序号	类别	标准编号	标准名称
1	国家标准	GB40879-2021	数据中心能效限定值及能效等级
2		GB25323-2023	有色重金属冶炼企业单位产品能源消耗限额
3		GB21340-2019	玻璃和铸石单位产品能源消耗限额
4		GB 29448-2022	海绵钛和钛锭单位产品能源消耗限额
5		GB29447-2026	硅多晶和锗单位产品能源消耗限额
6		GB32047-2025	啤酒单位产品能源消耗限额
7		GB45549-2025	石墨和萤石单位产品能源消耗限额
8		GB47835-2026	硅单晶单位产品能源消耗限额
9	行业标准	YS/T 708-2020	镍精矿单位产品能源消耗限额
10		YS/T1543-2022	金属锂单位产品能源消耗限额
11		YS/T 1432-2021	锂盐单位产品能源消耗限额
12		HJ 443-2008	清洁生产标准 石油炼制业（沥青）
13		SJ/T 12001-2025	锂离子电池正极材料单位产品能源消耗技术要求（报批稿）
14		YB/T 6230-2024	不锈钢单位产品能源消耗技术要求
15		HJ/T 402-2007	清洁生产标准白酒制造业
16		SJ/T 12277-2026	锂离子电池单位产品能耗计算方法及限额（报批稿）
17	地方标准	DB/T64 1147- 2022	工业企业单位产品能源消耗限额
18		DB11/T 982-2022	液晶显示器件单位产品能源消耗限额
19		DB32/2768-2015	白酒原酒单位产品能耗限额及计算方法
20		DB43/T 1338-2017	铸铁件单位产品能源消耗限额及计算方法
21		DB31738-2020	集成电路封装单位产品能源消耗限额
22		DB31506-2020	集成电路晶圆制造单位产品能源消耗限额
23		DB51/T 3330-2025	单晶硅单位产品能源消耗限额
24		DB51/T 3341-2025	电弧炉冶炼含钒钛渣钢、渣铁单位产品能源消耗限额

序号	类别	标准编号	标准名称
25		DB51/T 3206-2024	三氧化二钒和五氧化二钒单位产品能源消耗限额

附录 2 折标系数说明

表 2.1 各种能源折标准煤系数（参考值）

能源名称	平均低位发热量	折标准煤系数	备注
原煤	20934kJ/kg（5000kcal/kg）	0.7143kgce/kg	
洗精煤	26377kJ/kg（6300kcal/kg）	0.9000kgce/kg	
洗中煤	8374kJ/kg（2000kcal/kg）	0.2857kgce/kg	
煤泥	8374kJ/kg~12560kJ/kg （2000kcal/kg~3000kcal/kg）	0.2857kgce/kg~0.4286kgce/kg	
煤矸石（用作能源）	8374kJ/kg（2000kcal/kg）	0.2857kgce/kg	
焦炭（干全焦）	28470kJ/kg（6800kcal/kg）	0.9714kgce/kg	
煤焦油	33494kJ/kg（8000kcal/kg）	1.1429kgce/kg	
原油	41868kJ/kg（10000kcal/kg）	1.4286kgce/kg	
燃料油	41868kJ/kg（10000kcal/kg）	1.4286kgce/kg	
汽油	43124kJ/kg（10300kcal/kg）	1.4714kgce/kg	
煤油	43124kJ/kg（10300kcal/kg）	1.4714kgce/kg	
柴油	12705kJ/kg（10200kcal/kg）	1.4571kgce/kg	
天然气	32238kJ/m ³ ~38979kJ/m ³ （7700kcal/m ³ ~9310kcal/m ³ ）	1.1000kgce/m ³ ~1.3300kgce/m ³	结合四川省的统计情况，建议采用 1.2143kgce/m ³
液化天然气	51498kJ/kg（12300kcal/kg）	1.7572kgce/kg	
液化石油气	50242kJ/kg（12000kcal/kg）	1.7143kgce/kg	
炼厂干气	16055kJ/kg（11000kcal/kg）	1.5714kgce/kg	
焦炉煤气	16747kJ/m ³ ~18003kJ/m ³ （4000kcal/m ³ ~4300kcal/m ³ ）	0.5714kgce/m ³ ~0.6143kgce/m ³	
高炉煤气	3768kJ/m ³ （900kcal/m ³ ）	0.1286kgce/m ³	
发生炉煤气	5234kJ/m ³ （1250kcal/m ³ ）	0.1786kgce/m ³	
重油催化裂解煤气	19259kJ/m ³ （4600kcal/m ³ ）	0.6571kgce/m ³	

能源名称	平均低位发热量	折标准煤系数	备注
重油热裂解煤气	35588kJ/m ³ (8500kcal/m ³)	1.2143kgce/m ³	
焦炭制气	16329kJ/m ³ (3900kcal/m ³)	0.5571kgce/m ³	
压力气化煤气	15072kJ/m ³ (3600kcal/m ³)	0.5143kgce/m ³	
水煤气	10467kJ/m ³ (2500kcal/m ³)	0.3571kgce/m ³	
粗苯	41868kJ/kg (10000kcal/kg)	1.4286kgce/kg	
甲醇 (用作燃料)	19913kJ/kg (4756kcal/kg)	0.6794kgce/kg	
乙醇 (用作燃料)	26800kJ/kg (6401kcal/kg)	0.9144kgce/kg	
氢气 (用作燃料 ，密度为 0.082kg/m ³)	9756kJ/m ³ (2330kcal/m ³)	0.3329kgce/m ³	
沼气	20934kJ/m ³ ~24283kJ/m ³ (5000kcal/m ³ ~5800kcal/m ³)	0.7143kgce/m ³ ~0.8286kgce/ m ³	
电力 (当量值)	/	0.1229kgce/kwh	
电力 (等价值)	/	按上年电厂发电标准煤耗 计算	四川省 2020 年为 0.328kgce/kwh
热力 (当量值)	/	0.03412kgce/MJ	
热力 (等价值)	/	按供热煤耗计算	

表 2.2 主要耗能工质折标准煤系数（按能源等价值计）（参考值）

耗能工质名称	单位耗能工质耗能量	折标准煤系数
新水	7.54MJ/t（1800kcal/t）	0.2571kgce/t
软化水	14.24MJ/t（3400kcal/t）	0.4857kgce/t
除氧水	28.47MJ/t（6800kcal/t）	0.9714kgce/t
压缩空气	1.17MJ/m ³ （280kcal/m ³ ）	0.0400kgce/m ³
氧气	11.72MJ/m ³ （2800kcal/m ³ ）	0.4000kgce/m ³
氮气（做副产品时）	11.72MJ/m ³ （2800kcal/m ³ ）	0.4000kgce/m ³
氮气（做主产品时）	19.68MJ/m ³ （4700kcal/m ³ ）	0.6714kgce/m ³
二氧化碳气	6.28MJ/m ³ （1500kcal/m ³ ）	0.2143kgce/m ³
乙炔	243.76MJ/m ³ （58220kcal/m ³ ）	8.3143kgce/m ³
电石	60.92MJ/kg（14550kcal/kg）	2.0786kgce/kg

注：单位耗能工质耗能量和折标准煤系数是按照电厂发电标准煤耗为 0.404kgce/（kW·h）计算的折标准煤系数。实际计算时，推荐考虑上年电厂发电标准煤耗和制备耗能工质设备效率等影响因素，对折标准煤系数进行修正。

附录 3 二氧化碳排放因子相关说明

表 3.1 常见化石燃料特性参数缺省值

燃料名称		NCVi 平均低位发热量 (GJ/t, GJ/万 Nm ³)	CCi 单位热值含碳量 (tC/GJ)	OFi 碳氧化率 (%)
固体燃料	无烟煤	26.7	0.0274	94
	烟煤	19.57	0.0261	93
	褐煤	11.9	0.028	96
	洗精煤	26.344	0.02541	90
	其他洗煤	12.545	0.02541	90
	型煤	17.46	0.0336	90
	其他煤制品	17.46	0.0336	98
	焦炭	28.435	0.0295	93
	石油焦	32.5	0.0275	98
液体燃料	原油	41.816	0.0201	98
	燃料油	41.816	0.0211	98
	汽油	43.07	0.0189	98
	柴油	42.652	0.0202	98
	一般煤油	43.07	0.0196	98
	液化天然气	51.498	0.0153	98
	液化石油气	50.179	0.0172	98
	石脑油	44.5	0.02	98
	焦油	33.453	0.022	98
	粗苯	41.816	0.0227	98
	其它石油制品	41.031	0.02	98
气体燃料	天然气	389.31	0.0153	99
	高炉煤气	33	0.0708	99
	转炉煤气	84	0.0496	99
	焦炉煤气	179.81	0.01358	99
	炼厂干气	45.998	0.0182	99
	其他煤气	52.27	0.0122	99

注：取自《碳排放核算与报告要求 第 10 部分：化工生产企业》（GB/T 32151.10-2023）附录 C

表 3.2 常见碳酸盐的 CO₂ 排放因子缺省值

碳酸盐	排放因子 (tCO ₂ /t 碳酸盐)
CaCO ₃	0.4397
MgCO ₃	0.522
Na ₂ CO ₃	0.4149
NaHCO ₃	0.5237
FeCO ₃	0.3799
MnCO ₃	0.3829
BaCO ₃	0.223
Li ₂ CO ₃	0.5955
K ₂ CO ₃	0.3184
SrCO ₃	0.298
CaMg (CO ₃) ₂	0.4773

注：取自《碳排放核算与报告要求 第 10 部分：化工生产企业》（GB/T 32151.10-2023）附录 C

附录 4 碳效核算方法及范围

本次《工业能碳指南》涉及重点行业主要产品（工序）碳效计算，温室气体排放总量计算主要参照国家标准和四川省地标，根据所属行业参考 GB/T32151 中相关行业核算方法，无对应行业的参考《工业企业温室气体排放核算和报告通则》

（GB/T32150-2025）中的温室气体排放核算方法，白酒行业参照《白酒行业企业温室气体排放核算报告和披露规范》（DB51/T3259-2025）。

考虑的排放源类别和气体种类主要包括燃料燃烧二氧化碳排放、生产过程二氧化碳排放、二氧化碳回收利用、固碳产品隐含的二氧化碳排放以及净购入电力、热力产生的二氧化碳排放等。

表 4.1 产品核算标准表

序号	所属行业	涉及产品	核算标准
1	钢铁	电弧炉炼钢	GB/T32151.5-2026 温室气体排放核算与报告要求第 5 部分：钢铁生产企业
2		高碳铬铁	GB/T32151.5-2015 温室气体排放核算与报告要求第 5 部分：钢铁生产企业
3	建材	水泥熟料	GB/T32151.8-2023 碳排放核算与报告要求第 8 部分：水泥生产企业
4		平板玻璃	GB/T 32151.7-2023 碳排放核算与报告要求第 7 部分：平板玻璃生产企业
5	化工	焦炭	GB/T 32151.13-2023 碳排放核算与报告要求第 13 部分：独立焦化企业
6		合成氨	GB/T 32151.10-2023 碳排放核算与报告要求第 10 部分：化工生产企业
7		尿素	

8		黄磷	
9	农药化肥	磷酸一铵	GB/T 32151.45-2024 温室气体排放核算与报告要求第 45 部分：磷酸及磷酸盐企业
10		草甘膦	GB/T 32151.10-2023 碳排放核算与报告要求第 10 部分：化工生产企业
11	有色金属	电解铝	GB/T 32151.4-2026 温室气体排放核算与报告要求第 4 部分：铝冶炼企业
12		工业硅	GB/T 32151.41-2024 温室气体排放核算与报告要求第 41 部分：工业硅生产企业
13	食品饮料	浓香型白酒	DB51/T3259-2025 白酒行业企业温室气体排放核算报告和披露规范
		酱香型白酒	
14	锂电池	氢氧化锂	GB/T 32151.10-2023 碳排放核算与报告要求第 10 部分：化工生产企业
15		碳酸锂	GB/T 32151.10-2023 碳排放核算与报告要求第 10 部分：化工生产企业
16		磷酸铁锂	GB/T 32151.45-2024 温室气体排放核算与报告要求第 45 部分：磷酸及磷酸盐企业
17	晶硅光伏	单晶硅棒	GB/T 32150-2025 工业企业温室气体排放核算和报告通则
18	钒钛	五氧化二钒	GB/T 32151.14-2023 碳排放核算与报告要求第 14 部分：其他有色金属冶炼和压延加工企业
19		钛白粉	GB/T 32151.10-2023 碳排放核算与报告要求第 10 部分：化工生产企业

4.1.1 规范性引用文件

本指南引用的文件主要包括：

《工业企业温室气体排放核算和报告通则》

（GB/T32150-2025）

《温室气体排放核算与报告要求 第 4 部分：铝冶炼企业》

（GB/T 32151.4-2026）

《温室气体排放核算与报告要求 第 5 部分：钢铁生产企业》

（GB/T 32151.5-2026）

《碳排放核算与报告要求 第 7 部分：平板玻璃生产企业》
(GB/T 32151.7-2023)

《碳排放核算与报告要求 第 8 部分：水泥生产企业》(GB/T
32151.8-2023)

《碳排放核算与报告要求 第 10 部分：化工生产企业》(GB/T
32151.10-2023)

《碳排放核算与报告要求 第 13 部分：独立焦化企业》(GB/T
32151.13-2023)

《碳排放核算与报告要求 第 14 部分：其他有色金属冶炼和
压延加工企业》(GB/T 32151.14-2023)

《温室气体排放核算与报告要求 第 41 部分：工业硅生产企
业》(GB/T 32151.41-2024)

《温室气体排放核算与报告要求 第 45 部分：磷酸及磷酸盐
企业》(GB/T 32151.45-2024)

《白酒行业企业温室气体排放核算报告和披露规范》
(DB51/T3259-2025)

《用能单位能源计量器具配备和管理通则》(GB 17167-2025)

《煤的发热量测定方法》(GB/T 213-2008)

《天然气能量的测定》(GB/T 22723-2024)

《气体分析 气体中微量一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物
含量的测定 火焰离子化气相色谱法》(GB/T 8984-2025)

《石灰石及白云石化学分析方法第 1 部分：氧化钙和氧化镁

含量的测定络合滴定法和火焰原子吸收光谱法》（GB/T 3286.1-2012）

《石灰石及白云石化学分析方法第9部分：二氧化碳含量的测定烧碱石棉吸收重量法》（GB/T 3286.9-2014）

4.1.2 术语和定义

下列术语和定义适用于本指南。

1、温室气体

指大气中吸收和重新放出红外辐射的自然和人为的气态成分。本指南涉及的温室气体仅包含二氧化碳（CO₂）。

2、温室气体排放总量

核算主体在核算年度内温室气体排放总量，包括燃料燃烧排放、生产过程排放、二氧化碳回收利用、固碳产品隐含的排放，以及净购入的电力和热力产生的排放。

3、燃料燃烧排放

化石燃料与氧气进行充分燃烧产生的二氧化碳排放。

4、生产过程排放

在生产、废弃物处理处置等过程中除燃料燃烧之外的物理或化学变化造成的温室气体排放。

5、二氧化碳回收利用

从化石燃料燃烧、过程排放或其他排放源中回收利用的二氧化碳量，从报告主体的总排放量中予以扣除。

6、固碳产品隐含排放

固化在外销产品中的碳所对应的二氧化碳排放。

7、净购入电力、热力产生的排放

净购入电力、热力所对应的生产环节产生的二氧化碳排放。

8、活动水平

指会导致某种温室气体排放或清除的人为活动量，例如各种燃料的消耗量、原料的使用量、产品产量、外购电力的数量、外购蒸汽的数量等。

9、排放因子

表征单位生产或消费活动量的碳排放量的系数。

10、碳氧化率

燃料中的碳在燃烧过程中被完全氧化的百分比。

4.1.3 核算方法

1、核算步骤

本次《工业能碳指南》按照如下步骤核算产品碳效：

- (1) 确定核算边界；
- (2) 识别核算主体所涵盖的温室气体排放源类别及气体种类；
- (3) 选择相应的温室气体排放量计算和碳效计算公式；
- (4) 收集活动水平和排放因子数据；
- (5) 将收集的数据代入计算公式得到各个排放源的温室气体排放量；
- (6) 汇总计算核算主体温室气体排放总量；

(7) 根据核算主体温室气体排放总量和合格产品产量，计算产品碳效。

2、核算边界确定

核算主体的核算边界应包括重点产品（工序）涉及的所有生产场所和生产设施，核算处于其所有生产场所和生产设施产生的温室气体排放，设施范围包括直接生产工艺装置、辅助生产系统，其中辅助生产系统包括生产涉及的动力、供电、供水、采暖、制冷、机修、化验、仪表、仓库（原料场）、厂内运输、环保设施等，不包含附属生产系统。

3、排放源和气体种类识别

根据实际从事的产业活动和设施类型识别应进行核算的排放源和气体种类。对于监测成本较高、不确定性较大、且贡献细微（合计排放量占核算主体总排放量的比例 $<1\%$ ）的排放源，可暂不进行核算。根据以上原则，本次《工业能碳指南》中重点产品（工序）核算的排放源和气体种类包括但不限于：

(1) 燃料燃烧排放，主要指用于动力或热力供应的化石燃料燃烧过程产生的排放，例如煤炭、天然气等化石燃料在各种类型燃烧设备（锅炉、窑炉、内燃机等）中发生氧化燃烧过程产生的二氧化碳排放。

(2) 生产过程排放，主要指能源和其他碳氢化合物用作原材料产生的二氧化碳排放、含碳原辅料使用过程（如石灰石、白云石等用作原材料、助熔剂或脱硫剂等）分解产生的二氧化碳排

放以及二氧化碳气体作保护焊焊接过程中的逸散量等。

（3）二氧化碳回收利用，指回收燃料燃烧或工业生产过程中产生的二氧化碳作为生产原料自用或作为产品外供给其他单位，从而免于排放到大气中的二氧化碳量；

（4）固碳产品隐含排放，指固化在外销产品中的碳所对应的二氧化碳排放。

（5）净购入电力、热力产生的排放，该部分排放实际上发生在生产这些电力或热力的企业，但由核算主体的消费活动引起，依照约定也计入核算主体名下。

4、核算方法

（1）温室气体排放总量计算

本次《工业能碳指南》温室气体排放源主要包含 5 类（见下图），总量核算采用下式进行计算。所有数据均以核算主体生产实际数据为主，排放因子及燃料热量缺乏实测值时依据行业分类参考附表一中的参考值。

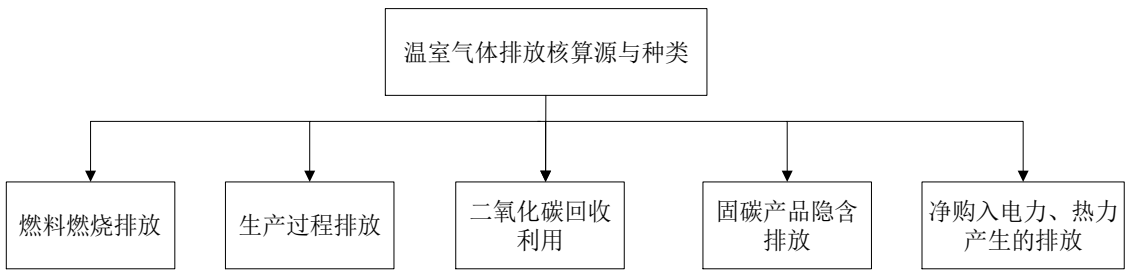


图 4-1 温室气体排放源及种类示意图

$$E_{GHG}=E_{CO_2\text{燃烧}}+E_{CO_2\text{生产过程}}-R_{CO_2\text{固碳产品}}+E_{CO_2\text{电力、热力}} \\ \dots\dots\dots (1)$$

式（1）中：

E_{GHG} 为核算主体温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳（ CO_2 ）；

$E_{CO_2\text{燃烧}}$ 为核算主体化石燃料燃烧 CO_2 排放，单位为吨 CO_2 ；

$E_{CO_2\text{生产过程}}$ 为核算主体生产过程中能源作为原材料或含碳原辅料使用过程中分解产生的温室气体排放，单位为吨 CO_2 ；

$R_{CO_2\text{回收}}$ 为核算主体的 CO_2 回收利用量，单位为吨 CO_2 ；

$R_{CO_2\text{固碳产品}}$ 为核算主体固化在外销产品中的碳所对应的 CO_2 量，单位为吨 CO_2 ；

$E_{CO_2\text{电力、热力}}$ 为核算主体净购入电力、热力产生的 CO_2 排放，单位为吨 CO_2 。

①燃料燃烧二氧化碳排放

燃料燃烧二氧化碳排放量主要基于分品种的化石燃料燃烧量、单位燃料的含碳量和碳氧化率计算得到，公式如下：

$$E_{CO_2\text{燃烧}}=\sum_i(AD_i\times CC_i\times OF_i\times 44/12)\dots\dots\dots (2)$$

式（2）中，

i 为化石燃料的种类；

AD_i 为化石燃料品种 i 明确用作燃料燃烧的消费量，对固体或液体燃料以吨为单位，对气体燃料以万 Nm^3 为单位；

CC_i 为化石燃料 i 的含碳量，对固体和液体燃料以吨碳/吨燃料为单位，对气体燃料以吨碳/万 Nm^3 为单位；

OF_i 为化石燃料 i 的碳氧化率，取值范围为 $0 \sim 1$ 。

②生产过程二氧化碳排放

生产过程中能源和其他碳氢化合物用作原材料产生的温室气体排放、含碳原辅料使用过程（如石灰石、白云石等用作原材料、助熔剂或脱硫剂等）分解产生的二氧化碳排放以及二氧化碳气体作保护焊焊接过程中的逸散量，可根据排放因子法或物料平衡法计算：

1) 排放因子法

$$E_{\text{过程}} = \sum_{i=1}^n (M_i \times EF_i) \times GWP \dots\dots\dots (3)$$

式（3）中，

M_i 为第 i 种含碳原辅料的购入量，单位为吨（t）；

EF_i 为第 i 种购入含碳原辅料的二氧化碳排放因子，单位为 tCO_2/t 原料；

GWP 为全球变暖潜势，取值参考国家标准。

2) 物料平衡法

$$E_{\text{过程}} = [\sum (M_j \times CC_j) - \sum (M_o \times CC_o)] \times w \times$$

GWP]..... (4)

式(4)中,

M_j 为输入物料的量,单位根据具体排放源确定;

CC_j 为输入物料的含碳量,单位与输入物料的量单位相匹配;

M_o 为输出物料的量,单位根据具体排放源确定;

CC_o 为输出物料的含碳量,单位与输入物料的量单位相匹配;

w 为碳质量转化为温室气体质量的转换系数。

③二氧化碳回收利用量

二氧化碳回收利用量按下式计算:

$$R_{CO_2 \text{回收}} = (Q_{\text{外供}} \times PUR_{CO_2 \text{外供}} + Q_{\text{自用}} \times PUR_{CO_2 \text{自用}}) \times 19.77$$

..... (5)

式(5)中,

$Q_{\text{外供}}$ 为核算主体回收且外供给其他单位的 CO_2 气体体积,单位为万 Nm^3 ;

$PUR_{CO_2 \text{外供}}$ 为 CO_2 外供气体的纯度(CO_2 体积浓度),取值范围为 0~1;

$Q_{\text{自用}}$ 为核算主体回收且自用作生产原料的 CO_2 气体体积,单位为万 Nm^3 ;

$PUR_{CO_2 \text{自用}}$ 为回收自用原料的 CO_2 气体纯度(CO_2 体积浓度),取值范围为 0~1;

19.77 为标准状况下 CO₂ 气体的密度,单位为吨 CO₂/万 Nm³。

④固碳产品隐含的二氧化碳排放

固化在外销产品中的碳所对应的二氧化碳排放,可根据每种含碳产品的产量及其 CO₂ 排放因子计算:

$$R_{\text{固碳}} = AD_{\text{固碳}} \times EF_{\text{固碳}} \dots\dots\dots (6)$$

式(6)中,

$AD_{\text{固碳}}$ 为固碳产品的产量,单位为吨(t);

$EF_{\text{固碳}}$ 为固碳产品的碳排放因子,单位为吨二氧化碳每吨(tCO₂/t)。

⑤净购入电力、热力产生的二氧化碳排放

净购入的电力、热力产生的二氧化碳排放按下式计算:

$$E_{\text{CO}_2\text{电力、热力}} = AD_{\text{电力}} \times E_{\text{电力}} + AD_{\text{热力}} \times E_{\text{热力}} \dots\dots\dots (7)$$

式(7)中,

$AD_{\text{电力}}$ 为核算主体净购入的电力消费量,等于购入电量与外供电量的净差,单位为 MWh;

$E_{\text{电力}}$ 为电力供应的 CO₂ 排放因子,单位为 tCO₂/MWh。电力供应的 CO₂ 排放因子取值《关于发布 2023 年电力二氧化碳排放因子的公告》(公告 2025 年第 47 号)中 2023 年全国电力平均二氧化碳排放因子 0.5306kgCO₂/kWh 以及 2023 年四川省级电力平均二氧化碳排放因子 0.1564kgCO₂/kWh。

$AD_{\text{热力}}$ 为核算主体净购入的热力消费量,等于购入蒸汽、热

水的总热量与外供蒸汽、热水的总热量之差，单位为 GJ；

$E_{\text{热力}}$ 为热力供应的 CO₂ 排放因子，单位为 CO₂/GJ。热力供应的 CO₂ 排放因子按 0.11 吨 CO₂/GJ 计。

(2) 单位产品碳效计算

单位产品碳效按下式计算：

$$E_i = E_{\text{GHG}} \div P \dots\dots\dots (8)$$

式 (8) 中，

E_i 为单位产品碳效，单位为吨二氧化碳每吨 (tCO₂/t)、吨二氧化碳每平方米 (tCO₂/m²)、吨二氧化碳每千升 (tCO₂/kL) 等；

E_{GHG} 为核算主体温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳 (tCO₂)；

P_i 为核算时间内合格产品产量，单位为吨 (t)、平方米 (m²)、千升 (kL)、重量箱等。

附录 5 工业气体空分单位产品能耗计算方法

（一）压缩机工作压力修正系数

表 5.1 压缩机工作压力修正系数 β 表

序号	氧、氮压缩后压力/MPa	工作压力修正系数 β
1	0.5	0.45
2	1.0	0.50
3	1.5	0.55
4	2.0	0.60
5	2.5	0.65
6	3.0	0.70
7	5.0	0.76
8	8.0	0.85
9	10.0	0.90
10	12.0	0.95
11	15.0	1.0
12	16.5	1.05

（二）当量氧气产量

表 5.2 产量折算系数 α 值表

产品名称	α 值	产品名称	α 值	产品名称	α 值
GOX _{LP} （低压氧）	0.76	GAN _{LP} （低压氮）	0.13	Kr&Xe（氪氙混合气）	6.20
GOX _{MP} （中压氧）	0.90	GAN _{MP} （中压氮）	0.23	Compressed air _{LP} （低压压缩空气）	0.13
GOX _{HP} （高压氧）	1.00	GAN _{HP} （高压氮）	0.33	Compressed air _{MP} （中压压缩空气）	0.23
GOX _{VHP} （超高压氧）	1.10	GAN _{VHP} （超高压氮）	0.43	Compressed air _{HP} （高压压缩空气）	0.33
GOX _{impureLP} （低压不纯氧）	见不纯氧气的计算	GAR（气氩）	3.10	Compressed air _{VHP} （超高压压缩空气）	0.43

GOXimpure _{MP} (中压不纯氧)	公式	LOX (液氧)	1.65	—	—
GOXimpure _{HP} (高压不纯氧)		LIN (液氮)	1.20	—	—
GOXimpure _{VHP} (超高压不纯氧)		LAR (液氩)	3.20	—	—

注 1：本表以出空分装置的高压气氧（GOX_{HP}，2.4 MPa<P≤7.0 MPa）为基准产品，其产量折算系数为 1.00。其他产品对于高压气氧（GOX_{HP}，2.4 MPa<P≤7.0 MPa）的产量折算系数 a 值分别在表中列出。

注 2：产品名称的下角标（LP、MP、HP、VHP）表示产品压力状态的范围。LP（0.1 MPa≤P≤0.8 MPa），MP（0.8 MPa<P≤2.4 MPa），HP（2.4 MPa<P≤7.0 MPa），VHP（P>7.0 MPa）。

项目空分装置同时生产多种产品，需多种空分产品折算成单位基准产品（氧气）即当量氧气产量，按下式计算：

$$V_E = \alpha_1 GOX_{LP} + \alpha_2 GOX_{MP} + \alpha_3 GOX_{HP} + \alpha_4 GOX_{VHP} + \alpha_5 GOX_{impure_{LP}} + \dots + \dots$$

式中：

V_E ——统计报告期内空分企业同时生产多种空分产品时的当量氧气产量，单位为标准立方米（Nm³）；

α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 、 α_5 ...——同时生产多种空分产品时，考虑其分离、液化和压缩等过程效率之差后各个产品与基准产品（如氧气）的产量折算系数。产量折算系数 α 值见附表 4.2。在式中，因为 GOX_{HP}（高压氧）被选为基准产品，因此它自身的产量折算系数是 1.00；其他产品的 α 值（ α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 、 α_5 ...），就是各产品对应 GOX_{HP}（高压氧）的产量折算系数。

GOX_{LP}、GOX_{MP}、GOX_{HP}、GOX_{VHP}、GOX_{impure_{LP}}——各种气体产品的产量，单位为立方米（m³）

（三）不纯氧气产量折算系数

对于氧纯度低于 GB/T3863 所规定的技术指标要求的，产量折算系数 α 按下式计算：

$$\alpha = \frac{A + (B \times C - D)/P}{B}$$

式中：

A —不纯氧气的分离能耗， $GOX_{\text{impure LP}}=0.32 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ 。

B —纯氧的分离能耗， $GOX_{\text{纯}}(4.0 \text{ MPa})=0.5251 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ 。

C —压力修正系数：

下角标 LP ($0.1 \text{ MPa} \leq P \leq 0.8 \text{ MPa}$) $C=0.76$ ；

下角标 MP ($0.8 \text{ MPa} < P \leq 2.4 \text{ MPa}$) $C=0.90$ ；

下角标 HP ($2.4 \text{ MPa} < P \leq 7.0 \text{ MPa}$) $C=1.00$ ；

下角标 VHP ($P > 7.0 \text{ MPa}$) $C=1.10$ ；

D —纯氧的分离耗 $GOX_{\text{LP}}=0.3417 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ 。

P —氧纯度（百分比）。

（四）当量单位制氧电耗

$$N_{O_2\text{基}} = 0.76 \times \frac{N}{V_E}$$

式中：

$N_{O_2\text{基}}$ —当量单位制氧电耗，单位为千瓦时每立方米 ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$)。

注：式中 $N_{O_2\text{基}}$ 是 GOX_{LP} （低压氧）的单位制氧电耗，0.76 是 GOX_{LP} （低压氧）对 GOX_{HP} （高压氧）的能源消耗比值。

附录 6 可比铸铁单位产品能耗修正系数

(一) 可比铸铁件产量下列公式计算：

$$N_{bz} = \sum_{i=1}^n k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times N_i$$

式中：

N_{bz} —可比铸铁件产量，单位为吨；

N_i —生产的第 i 类合格铸铁件产量，单位为吨；

k_1 —铸铁件复杂程度修正系数；

k_2 —铸铁件重量修正系数；

k_3 —铸铁件材质修正系数；

k_4 —铸铁件机械化修正系数；

n —企业生产的合格铸件种数。

其中，各类修正系数分别按表 6.1、表 6.2、表 6.3、表 6.4 取值。

表 6.1 铸铁件复杂程度修正系数

分类	铸铁件含 1 级坭芯	铸铁件含 2 级坭芯	铸铁件含 3 级坭芯	其余
k_1	1.2	1.1	1.05	1

注 1：含 1 级坭芯，芯间壁厚≤10mm，含 3 个以上坭芯组合成复杂坭芯，内部结构复杂，如多缸发动机和变速箱的机壳等

注 2：含 2 级坭芯，芯间壁厚≤20mm，含 2 个以上坭芯组合成复杂坭芯，内部结构复杂，如机床床身、发动机变速箱、汽车排气管等。

注 3：含 3 级坭芯，含 1 个以上简单坭芯组，如圆柱齿轮、减速机箱体箱盖，需由坭芯形成的空腔的铸件等。

注 4：：其他，无单独坭芯，部分可由外模自带坭芯形成曲线外表的铸件。

表 6.2 铸铁件重量修正系数(C：铸件重量)

分类	C≤10kg	10kg <C≤100 kg	C>100 kg
k ₂	1.04	1.02	1

表 6.3 铸铁件材质修正系数

分类	球墨铸铁 蠕墨铸铁	合金铸铁(< 10%)	可锻铸铁	高合金铸铁 (≥10%)	其余
k ₃	1.10	1.10	1.20	1.15	1.00

表 6.4 铸铁件机械化修正系数

分类	k ₄
人工配砂送砂，人工地滩造型，人工浇注，人工清理。	1
机械化配砂送砂，人工地滩造型，人工浇注，人工清理。	1.05
机械化配砂送砂，造型机地滩造型，人工浇注，人工清理。	1.1
机械化配砂送砂，造型机地滩造型，轨道输送人工浇注，机械清理。	1.15
机械化配砂送砂，造型线自动化机造型，轨道输送人工浇注，机械清理。	1.2
机械化配砂送砂，造型线自动化机造型，浇注机浇注，智能清理。	1.25

(二) 可比铸铁件单位产品能耗按下列公式计算：

$$U_{kc} = \frac{U_q}{N_{bz}}$$

式中：

U_{kc} —可比铸铁件单位产品综合能耗，单位为千克标准煤每吨；

U_q —铸铁件综合能耗，单位为千克标准煤；

N_{bz} —可比铸铁件产量，单位为吨。

附录 7 白酒单位产品能耗计算

(一) 白酒折 65%vol 容量的计算按下列公式进行：

$$V = \frac{m \times \eta}{0.89765}$$

式中：

V—白酒折65%vol的容量，单位为千升；

m—白酒重量，单位为吨；

η— 65%vol 白酒标准折算系数，见表 7.1。

表 7.1 65%vol 白酒标准折算表

原酒度 原酒度 小数	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
20	0.2837	0.2810	0.2866	0.2880	0.2895	0.2909	0.2924	0.2938	0.2953	0.2967
21	0.2982	0.2997	0.3011	0.3026	0.3040	0.3055	0.3069	0.3084	0.3098	0.3113
22	0.3127	0.3142	0.3157	0.3171	0.3186	0.3200	0.3215	0.3229	0.3244	0.3259
23	0.3273	0.3288	0.3302	0.3317	0.3332	0.3346	0.3361	0.3376	0.3390	0.3405
24	0.3420	0.3434	0.3449	0.3463	0.3478	0.3493	0.3507	0.3522	0.3537	0.3551
25	0.3566	0.3581	0.3596	0.3610	0.3625	0.3640	0.3654	0.3669	0.3684	0.3698
26	0.3713	0.3728	0.3743	0.3757	0.3772	0.3787	0.3802	0.3816	0.3831	0.3846
27	0.3861	0.3875	0.3890	0.3905	0.3920	0.3934	0.3949	0.3964	0.3979	0.3994
28	0.4008	0.4023	0.4038	0.4053	0.4068	0.4083	0.4097	0.4112	0.4127	0.4142
29	0.4157	0.4172	0.4186	0.4201	0.4216	0.4231	0.4246	0.4261	0.4276	0.4291
30	0.4306	0.4320	0.4335	0.4350	0.4365	0.4380	0.4395	0.4410	0.4425	0.4440
31	0.4455	0.4470	0.4485	0.4500	0.4515	0.4530	0.4545	0.4560	0.4575	0.4590
32	0.4605	0.4620	0.4635	0.4650	0.4665	0.4680	0.4695	0.4710	0.4725	0.4740
33	0.4755	0.4770	0.4785	0.4800	0.4815	0.4831	0.4846	0.4861	0.4876	0.4891
34	0.4906	0.4921	0.4936	0.4952	0.4967	0.4982	0.4997	0.5012	0.5027	0.5043

原酒度 原酒度 小数	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
35	0.5080	0.5073	0.5088	0.5104	0.5119	0.5134	0.5149	0.5164	0.5180	0.5195
36	0.5210	0.5226	0.5241	0.5256	0.5271	0.5287	0.5302	0.5317	0.5333	0.5348
37	0.5363	0.5379	0.5394	0.5409	0.5425	0.5440	0.5455	0.5471	0.5486	0.5502
38	0.5517	0.5532	0.5548	0.5563	0.5579	0.5594	0.5610	0.5625	0.5641	0.5656
39	0.5671	0.5687	0.5702	0.5718	0.5733	0.5749	0.5764	0.5780	0.5795	0.5811
40	0.5827	0.5842	0.5858	0.5873	0.5889	0.5904	0.5920	0.5936	0.5951	0.5967
41	0.5982	0.5998	0.6013	0.6029	0.6045	0.6061	0.6076	0.6092	0.6108	0.6132
42	0.6139	0.6155	0.6171	0.6186	0.6202	0.6218	0.6234	0.6249	0.6265	0.6281
43	0.6297	0.6312	0.6328	0.6344	0.6360	0.6376	0.6392	0.6407	0.6423	0.6439
44	0.6455	0.6471	0.6487	0.6503	0.6519	0.6535	0.6550	0.6566	0.6582	0.6598
45	0.6614	0.6630	0.6646	0.6662	0.6673	0.6694	0.6710	0.6726	0.6742	0.6758
46	0.6774	0.6790	0.6806	0.6822	0.6839	0.6855	0.6871	0.6887	0.6903	0.6919
47	0.6935	0.6951	0.6967	0.6984	0.7000	0.7016	0.7032	0.7048	0.7064	0.7081
48	0.7097	0.7113	0.7129	0.7146	0.7162	0.7178	0.7194	0.7210	0.7227	0.7233
49	0.7260	0.7276	0.7292	0.7309	0.7325	0.7341	0.7358	0.7374	0.7390	0.7407
50	0.7423	0.7440	0.7456	0.7472	0.7489	0.7505	0.7522	0.7538	0.7555	0.7571
51	0.7588	0.7604	0.7621	0.7637	0.7654	0.7670	0.7687	0.7704	0.7720	0.7737
52	0.7753	0.7770	0.7786	0.7803	0.7820	0.7836	0.7853	0.7870	0.7886	0.7903
53	0.7920	0.7936	0.7953	0.7970	0.7987	0.8003	0.8020	0.8037	0.8054	0.8070
54	0.8087	0.8104	0.8121	0.8138	0.8154	0.8171	0.8188	0.8205	0.8222	0.8239
55	0.8256	0.8273	0.8290	0.8306	0.8323	0.8340	0.8357	0.8374	0.8391	0.8408
56	0.8425	0.8442	0.8459	0.8476	0.8493	0.8510	0.8527	0.8545	0.8562	0.8579
57	0.8596	0.8613	0.8630	0.8647	0.8664	0.8681	0.8699	0.8716	0.8733	0.8750
58	0.8767	0.8785	0.8802	0.8819	0.8836	0.8854	0.8871	0.8888	0.8905	0.8923
59	0.8940	0.8957	0.8975	0.8992	0.9010	0.9027	0.9044	0.9062	0.9079	0.9096
60	0.9114	0.9131	0.9149	0.9166	0.9184	0.9201	0.9219	0.9236	0.9254	0.9271
61	0.9289	0.9306	0.9324	0.9341	0.9359	0.9377	0.9394	0.9412	0.9429	0.9447
62	0.9465	0.9482	0.9500	0.9518	0.9536	0.9553	0.9571	0.9589	0.9607	0.9624

原酒度 原酒度 小数	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
63	0.9642	0.9660	0.9678	0.9695	0.9713	0.9731	0.9749	0.9767	0.9785	0.9803
64	0.9820	0.9838	0.9856	0.9874	0.9892	0.9910	0.9928	0.9946	0.9964	0.9982
65	1.0000	1.0018	1.0036	1.0054	1.0072	1.0090	1.0108	1.0127	1.0145	1.0163
66	1.0181	1.0199	1.0217	1.0235	1.0254	1.0272	1.0290	1.0308	1.0326	1.0345
67	1.0363	1.0381	1.0399	1.0418	1.0436	1.0454	1.0473	1.0491	1.0509	1.0528
68	1.0546	1.0564	1.0583	1.0601	1.0620	1.0638	1.0657	1.0675	1.0694	1.0712
69	1.0731	1.0749	1.0768	1.0786	1.0805	1.0827	1.0842	1.0861	1.0878	1.0898
70	1.0917	1.0935	1.0954	1.0973	1.0992	1.1010	1.1029	1.1048	1.1066	1.1085
71	1.1104	1.1123	1.1142	1.1160	1.1179	1.1198	1.1217	1.1236	1.1255	1.1274
72	1.1292	1.1311	1.1330	1.1349	1.1368	1.1387	1.1406	1.1425	1.1444	1.1463
73	1.1483	1.1502	1.1521	1.1540	1.1559	1.1578	1.1597	1.1617	1.1636	1.1655
74	1.1674	1.1693	1.1713	1.1732	1.1751	1.1770	1.1790	1.1809	1.1829	1.1848
75	1.1867	1.1887	1.1906	1.1926	1.1945	1.1964	1.1984	1.2003	1.2033	1.2042
76	1.2062	1.2081	1.2100	1.2120	1.2140	1.2160	1.2179	1.2199	1.2218	1.2238
77	1.2258	1.2277	1.2297	1.2317	1.2337	1.2357	1.2376	1.2396	1.2416	1.2436
78	1.2456	1.2476	1.2496	1.2515	1.2535	1.2555	1.2575	1.2595	1.2615	1.2635
79	1.2655	1.2675	1.2695	1.2715	1.2736	1.2756	1.2776	1.2796	1.2816	1.2836
80	1.2857	1.2877	1.2897	1.2917	1.2938	1.2958	1.2978	1.2999	1.3019	1.3039
81	1.3060	1.3080	1.3101	1.3121	1.3142	1.3162	1.3183	1.3203	1.3224	1.3244
82	1.3265	1.3286	1.3306	1.3327	1.3348	1.3368	1.3389	1.3410	1.3430	1.3451
83	1.3472	1.3493	1.3514	1.3534	1.3555	1.3576	1.3597	1.3618	1.3639	1.3660
84	1.3681	1.3702	1.3732	1.3774	1.3765	1.3787	1.3808	1.3829	1.3851	1.3871
85	1.3892	1.3914	1.3935	1.3956	1.3978	1.3999	1.4020	1.4042	1.4063	1.4085
86	1.4106	1.4128	1.4149	1.4147	1.4192	1.4214	1.4236	1.4257	1.4279	1.4301
87	1.4322	1.4344	1.4366	1.4388	1.4410	1.4432	1.4453	1.4475	1.4497	1.4519
88	1.4541	1.4563	1.4585	1.4608	1.4630	1.4652	1.4674	1.4696	1.4718	1.4741
89	1.4763	1.4785	1.4808	1.4830	1.4853	1.4875	1.4898	1.4920	1.4943	1.4965
90	1.4988	1.5011	1.5033	1.5056	1.5079	1.5102	1.5125	1.5147	1.5170	1.5193

原酒度 原酒度 小数	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
91	1.5216	1.5239	1.5262	1.5285	1.5308	1.5332	1.5355	1.5378	1.5401	1.5424
92	1.5447	1.5471	1.5494	1.5518	1.5541	1.5565	1.5588	1.5612	1.5636	1.5659
93	1.5683	1.5707	1.5731	1.5755	1.5779	1.5802	1.5827	1.5851	1.5875	1.5899
94	1.5923	1.5947	1.5972	1.5996	1.6021	1.6045	1.6070	1.6094	1.6119	1.6143
95	1.6168	1.6193	1.6218	1.6243	1.6268	1.6293	1.6318	1.6364	1.6368	1.6393
96	1.6418	1.6444	1.6469	1.6490	1.6521	1.6546	1.6572	1.6598	1.6623	1.6649
97	1.6675	1.6701	1.6727	1.6754	1.6780	1.6806	1.6833	1.6859	1.6886	1.6912
98	1.6939	1.6965	1.6993	1.7021	1.7048	1.7075	1.7103	1.7130	1.7157	1.7185
99	1.7212	1.7240	1.7269	1.7297	1.7336	1.7354	1.7383	1.7411	1.7440	1.7468

注：表中主栏为原白酒度数，宾栏为原白酒度数的小数位。如查 38.5 度白酒折 65 度白酒的折算系数，主栏查 38,宾栏查 0.5, 两者交叉的 0.5594,即为折算系数。

（二）白酒原酒单位产品能耗按下列公式进行计算：

$$e = \frac{E}{V}$$

式中：

e—白酒原酒单位产品综合能耗，kgce/kl；

E—统计报告期内白酒原酒综合能耗，kgce；

V—企业检验合格白酒原酒产品折成标准酒精度（65%vol）的产量。

附录 8 晶圆单位产品能耗修正

晶圆制造单位综合能耗按下列公式计算：

$$e=\frac{E}{P\times\alpha\times\beta}$$

式中：

e —统计期内晶圆制造单位产品综合能耗，单位为千瓦时每平方厘米（kWh/cm²）；

E —统计期内晶圆制造产品综合能耗，单位为千瓦时（kWh）；

P —统计期内生产合格硅基晶圆制造产品的总面积，单位为平方厘米（cm²）；

α —产能利用率能耗修正系数，见表 8.1；

β —光刻层数能耗修正系数，见表 8.2。

表 8.1 产能利用率能耗修正系数

产能利用率	能耗指标修正系数 α
≥80%	1.00
70%	1.10
60%	1.20
50%	1.30
40%	1.40

注：当产能利用率不为整十数时，应采用内插法确定修正系数，如产能利用率 75%时修正系数为 1.05。

表 8.2 光刻层数能耗修正系数

光刻层数	能耗指标修正系数 β
3	0.90
4	0.92
5	0.94
6	0.96
7	0.98
8	1.00
9	1.02
10	1.04
11	1.06
12	1.08
13	1.10
14	1.12
15	1.14

注：1.光刻层数以加权平均确定。

2.以 8 层为基数 1.0，每增（减）1 层，修正系数增（减）2%，以此类推。

3.当光刻层数不为整数时，应采用内插法确定修正系数。

附录 9 集成电路封装单位产品能耗计算

(一) 封装产品引脚总数 M 按下列公式计算：

$$M=M_{\text{单}}+M_{\text{多}}$$

式中：

$M_{\text{单}}$ —各种单芯片封装产品的引脚数之和(计算方法见表 1)，单位为千个引脚；

$M_{\text{多}}$ —各种多芯片封装产品的引脚数之和（计算方法见表 9.1），单位为千个引脚。

表 9.1 单芯片封装与多芯片封装产品的引脚数计算方法

分类	引脚数计算方法
单芯片封装（球型外引线）	封装体外部引脚数之和
单芯片封装（针型外引线）	封装体外部引脚数之和，并乘以 2.5
多芯片封装	封装体内部各种芯片引脚数与封装体外部引脚数之和

(二) 产能利用率修正系数

集成电路封装单位产品能耗随着企业产能利用率的下降而增大，在计算单位产品能耗时引入产能利用率修正系数，见表 9.2。

表 9.2 企业产能利用率的修正系数

产能利用率 L	100%	90%	80%	75%	70%	60%	50%	40%	<40%
产能修正系数 C_{RC}	0.75	0.85	0.95	1.00	1.05	1.10	1.20	1.30	不计算

注：产能修正系数按内插法取值。

表 9.2 中产能利用率 L 的计算见下列公式：

$$L=P\div P_0$$

式中：

L —企业产能利用率，单位为百分数（%）；

P —企业在自然考核年度内，实际产出的合格封装产品数；

P_0 —企业在建造时，设计的年产出合格封装产品数。

（三）集成电路封装单位产品能耗按下列公式计算：

$$e=\frac{E}{M}\div C_{RC}$$

式中：

e —集成电路封装单位产品能耗，单位为千克标准煤/千个引脚（ kgce/kl ）；

C_{RC} —产能修正系数。

附录 10 液晶显示器件单位产品能耗计算

液晶显示器件单位能耗按下列公式计算：

$$e=\frac{E}{P\times\alpha}$$

式中：

e —统计期内液晶显示器件单位产品综合能耗，单位为千克标准煤每平方米（ kgce/m^2 ）；

E —统计期内液晶显示器件综合能耗，单位为千克标准煤（ kgce ）；

P —同期阵列工序实际投入玻璃基板面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α —产能利用率能耗修正系数，见表 10.1；

表 10.1 产能利用率 β 能耗修正系数

6 代线以下	8.5 或 8.6 代线	K^c
$\beta\geq60\%$	$\beta\geq90\%$	1.0
$50\%\leq\beta<60\%$	$75\%\leq\beta<90\%$	1.2
$40\%\leq\beta<50\%$	$60\%\leq\beta<75\%$	1.5

注： K^c 设定在 a-Si-TFT-LCD 工艺下通用光刻次数 5 次。

附录 11 蒸汽焓熵表

表 11.1 饱和蒸汽热焓表

压力 (MPa)	温度 (°C)	焓 (kJ / kg)	压力 (MPa)	温度 (°C)	焓 (kJ / kg)
0.001	6.98	2513.8	1	179.88	2777
0.002	17.51	2533.2	1.1	184.06	2780.4
0.003	24.1	2545.2	1.2	187.96	2783.4
0.004	28.98	2554.1	1.3	191.6	2786
0.005	32.9	2561.2	1.4	195.04	2788.4
0.006	36.18	2567.1	1.5	198.28	2790.4
0.007	39.02	2572.2	1.6	201.37	2792.2
0.008	41.53	2576.7	1.4	204.3	2793.8
0.009	43.79	2580.8	1.5	207.1	2795.1
0.01	45.83	2584.4	1.9	209.79	2796.4
0.015	54	2598.9	2	212.37	2797.4
0.02	60.09	2609.6	2.2	217.24	2799.1
0.025	64.99	2618.1	2.4	221.78	2800.4
0.03	69.12	2625.3	2.6	226.03	2801.2
0.04	75.89	2636.8	2.8	230.04	2801.7
0.05	81.35	2645	3	233.84	2801.9
0.06	85.95	2653.6	3.5	242.54	2801.3
0.07	89.96	2660.2	4	250.33	2799.4
0.08	93.51	2666	5	263.92	2792.8
0.09	96.71	2671.1	6	275.56	2783.3
0.1	99.63	2675.7	7	285.8	2771.4
0.12	104.81	2683.8	8	294.98	2757.5
0.14	109.32	2690.8	9	303.31	2741.8

0.16	113.32	2696.8	10	310.96	2724.4
0.18	116.93	2702.1	11	318.04	2705.4
0.2	120.23	2706.9	12	324.64	2684.8
0.25	127.43	2717.2	13	330.81	2662.4
0.3	133.54	2725.5	14	336.63	2638.3
0.35	138.88	2732.5	15	342.12	2611.6
0.4	143.62	2738.5	16	347.32	2582.7
0.45	147.92	2743.8	17	352.26	2550.8
0.5	151.85	2748.5	18	356.96	2514.4
0.6	158.84	2756.4	19	361.44	2470.1
0.7	164.96	2762.9	20	365.71	2413.9
0.8	170.42	2768.4	21	369.79	2340.2
0.9	175.36	2773	22	373.68	2192.5

表 11.2 过热蒸汽热焓表

(单位: KJ/kg)

温度	压力									
	0.01 MPa	0.1 MPa	0.5 MPa	1 MPa	3 MPa	5 MPa	7 MPa	10 MPa	25 MPa	30 MPa
0 °C	0	0.1	0.5	1	3	5	7.1	10.1	25.1	30
10 °C	42	42.1	42.5	43	44.9	46.9	48.8	51.7	66.1	70.8
20 °C	83.9	84	84.3	84.8	86.7	88.6	90.4	93.2	107.1	111.7
40 °C	167.4	167.5	167.9	168.3	170.1	171.9	173.6	176.3	189.4	193.8
60 °C	2611.3	251.2	251.2	251.9	253.6	255.3	256.9	259.4	272	276.1
80 °C	2649.3	335	335.3	335.7	337.3	338.8	340.4	342.8	354.8	358.7
100 °C	2687.3	2676.5	419.4	419.7	421.2	422.7	424.2	426.5	437.8	441.6
120 °C	2725.4	2716.8	503.9	504.3	505.7	507.1	508.5	510.6	521.3	524.9
140 °C	2763.6	2756.6	589.2	589.5	590.8	592.1	593.4	595.4	605.4	603.1
160 °C	2802	2796.2	2767.3	675.7	676.9	678	679.2	681	690.2	693.3
180 °C	2840.6	2835.7	2812.1	2777.3	764.1	765.2	766.2	767.8	775.9	778.7
200 °C	2879.3	2875.2	2855.5	2827.5	853	853.8	854.6	855.9	862.8	856.2
220 °C	2918.3	2914.7	2898	2874.9	943.9	9444.4	945	946	951.2	953.1
240 °C	2957.4	2954.3	2939.9	2920.5	2823	1037.8	1038	1038.4	1041.5	1024.8
260 °C	2996.8	2994.1	2981.5	2964.8	2885.5	1135	1134. 7	1134.3	1134.3	1134.8
280 °C	3036.5	3034	3022.9	3008.3	2941.8	2857	1236. 7	1235.2	1230.5	1229.9
300 °C	3076.3	3074.1	3064.2	3051.3	2994.2	2925.4	2839. 2	1343.7	1331.5	1329
350 °C	3177	3175.3	3167.6	3157.7	3115.7	3069.2	3017	2942.9	1626.4	1611.3
400 °C	3279.4	3278	3217.8	3264	3231.6	3196.9	3159. 7	3098.5	2583.2	2159.1
420 °C	3320.96	3319.6 8	3313.8	3306.6	3276.9	3245.4	3211	3155.9 8	2730.7 6	2424.7
440	3362.52	3361.3	3355.9	3349.3	3321.9	3293.2	3262.	3213.4	2878.3	2690.3

(单位: KJ/kg)

温度	压力									
	0.01 MPa	0.1 MPa	0.5 MPa	1 MPa	3 MPa	5 MPa	7 MPa	10 MPa	25 MPa	30 MPa
℃		6					3	6	2	
450 ℃	3383.3	3382.2	3377.1	3370.7	3344.4	3316.8	3288	3242.2	2952.1	2823.1
460 ℃	3404.42	3403.3 4	3398.3	3392.1	3366.8	3340.4	3312. 4	3268.5 8	2994.6 8	2875.2 6
480 ℃	3446.66	3445.6 2	3440.9	3435.1	3411.6	3387.2	3361. 3	3321.3 4	3079.8 4	2979.5 8
500 ℃	3488.9	3487.9	3483.7	3478.3	3456.4	3433.8	3410. 2	3374.1	3165	3083.9
520 ℃	3531.82	3530.9	3526.9	3521.8 6	3501.2 8	3480.1 2	3458. 6	3425.1	3237	3166.1
540 ℃	3574.74	3573.9	3570.1	3565.4 2	3546.1 6	3526.4 4	3506. 4	3475.4	3304.7	3241.7
550 ℃	3593.2	3595.4	3591.7	3587.2	3568.6	3549.6	3530. 2	3500.4	3337.3	3277.7
560 ℃	3618	3617.2 2	3613.6 4	3609.2 4	3591.1 8	3572.7 6	3554. 1	3525.4	3369.2	3312.6
580 ℃	3661.6	3660.8 6	3657.5 2	3653.3 2	3636.3 4	3619.0 8	3601. 6	3574.9	3431.2	3379.8
600 ℃	3705.2	3704.5	3701.4	3697.4	3681.5	3665.4	3649	3624	3491.2	3444.2

注: 取自《碳排放核算与报告要求 第 10 部分: 化工生产企业》(GB/T 32151.10-2023)附录 C