

**烧碱、聚氯乙烯行业
清洁生产评价指标体系
(征求意见稿)
编制说明**

**《烧碱、聚氯乙烯行业清洁生产评价指标体系》编制组
二零二二年七月**

目 录

1 前言	1
2 烧碱和聚氯乙烯行业概况.....	3
3 建立指标体系的原则和依据.....	17
4 编制技术路线和适用范围.....	18
5 评价指标体系的建立.....	20
6 评价方法	39
7 指标体系实施的可行性.....	42
8 指标体系实施的污染减排潜力分析.....	43

1 前言

1.1 指标体系编制背景

为贯彻落实《清洁生产促进法》（2012年修正案），满足行业推行清洁生产的迫切需求，加快形成统一规范的清洁生产评价指标体系文件。国家发展改革委同生态环境部、工业和信息化部提出要加快清洁生产评价指标体系修编整合工作，指导重点行业推行清洁生产。按照国家发展改革委办公厅《关于清洁生产评价指标体系整合修编方案及工作分工的通知》（发改办环资[2013]1907号）的要求，对已发布的和正在编制的清洁生产标准或评价指标体系进行整合修编。中国石油和化学工业联合会受发改委、工信部、生态环境部等国家部委的委托，组织对石油和化工行业清洁生产评价指标体系的整合修编工作。

中国氯碱工业协会按照中国石油和化学工业联合会《关于加快编制清洁生产评价指标体系的通知》（中石化联质发[2013]258号）的要求，承担了“烧碱、聚氯乙烯行业清洁生产评价指标体系”的编制任务。为完成上述任务协会成立了指标体系编制工作小组，制订指标体系编制工作计划，组织开展指标体系编制工作。计划于2021年12月31日前完成烧碱和聚氯乙烯行业清洁生产评价指标体系文本及编写说明等编制工作。

1.2 指标体系编制的必要性

生态环境是关系党的使命宗旨的重大政治问题，也是关系民生的重大社会问题。清洁生产是实施可持续发展战略的重要组成部分，是实现经济和生态环境协调发展的一项重要措施。它以提高资源能源利用率、减少污染物产生量为目标，从源头抓起，实行生产全过程的污染控制，把污染物最大限度地消灭在生产过程中，既有环境效益，又有经济效益，是工业污染防治的最佳模式。近年来，许多工业企业积极推行清洁生产方面，在节能、降耗、减污、增效方面取得了很好的效果。

为加快形成统一、系统、规范的清洁生产技术支持文件体系，促进行业清洁生产深入开展，有必要对原编制的清洁生产评价指标体系进行整合修编，结合当前形势发展的需求，整合、深化原有的清洁生产标准和评价指标体系的相关内容，修编完善清洁生产评价指标体系。中国氯碱工业协会通过函调和实地调研，收集了相关产品的大量数据，经过筛选梳理，并依据相关标准、规范和要求编制初稿，广泛征求烧碱和聚氯乙烯行业专家、企业意见，并在部

分企业进行测算的基础上，于 2021 年 11 月完成《烧碱、聚氯乙烯行业清洁生产评价指标体系（送审稿）》（以下简称“指标体系”）。

本指标体系用于评价烧碱和聚氯乙烯生产企业清洁生产水平，为企业开展清洁生产提供技术支持和导向，促进国内烧碱和聚氯乙烯行业的清洁生产。

1.3 指标体系编制的主要依据

本指标体系编制主要依据以下文件：

（1）《关于启动清洁生产评价指标体系编制工作的通知》——中国环科院清洁生产与循环经济研究中心，2013 年 9 月 3 日；

（2）《关于加快编制清洁生产评价指标体系的通知》——中石化联质发[2013]258 号，2013 年 9 月 9 日。

1.4 编制过程

本标准严格遵循清洁生产的基本指导思想，项目组通过行业相关法律法规标准政策的调研、行业现状分析，综合考虑行业专家及企业对指标体系的修订建议，在全面系统研究的基础上，完成了指标体系的修订。具体工作过程如下：

2021 年 7 月 15 日，成立项目组，启动指标体系制定工作；

2021 年 8 月 26 日，通过邮件、电话等形式面向行业专家及主要企业征集制定建议；

2021 年 9 月 7 日，召开了烧碱、聚氯乙烯清洁生产评价指标体系编制启动会，正式开启了评价指标体系的指定工作。

2021 年 10 月 22 日，《烧碱、聚氯乙烯行业清洁生产评价指标体系》开题论证及初稿咨询会议组织召开，重点对指标选取和指标项进行了讨论。

2021 年 11 月 15 日，根据专家意见，修改完善指标体系及编制说明，完成修改稿；

2021 年 12 月 1 日一至今，根据三部委内部征求意见，修改完善指标体系及编制说明，完成征求意见稿，上报国家发展和改革委员会。

2 烧碱和聚氯乙烯行业概况

氯碱工业是以盐、电和电石为原料生产烧碱、氯气、氢气和聚氯乙烯的基础原材料工业，氯碱产品种类多，关联度大，其下游产品达到上千个品种，具有较高的经济延伸价值，产品广泛应用于农业、石油化工、轻工、纺织、化学建材、电力、冶金、国防军工、建材、食品加工等国民经济各命脉部门，在我国经济发展中具有举足轻重的地位。据不完全统计，世界上约 60% 化学品生产与氯相关。另外，氯产品也是我们生活饮用水处理、日用化学品的主要原料，与人民生活息息相关。由于氯碱工业所具有的特殊地位，自建国以来，我国一直将主要氯碱产品产量及作为我国国民经济统计的重要指标。

我国氯碱行业主要产品烧碱和聚氯乙烯产能分别位居世界首位，氯碱企业主要生产 200 余种氯产品，形成漂白消毒剂系列、环氧化合物、甲烷氯化物、氯化聚合物、光气系列、氯代芳烃系列以及精细化学品等十余个大系列，其中聚氯乙烯、环氧氯丙烷、甲烷氯化物、环氧丙烷、MDI/TDI 等产能规模位居世界前列。

2.1 烧碱行业概况

2.1.1 烧碱行业产能及产量

2020 年底，我国烧碱生产企业 158 家，较 2019 年新增 5 家，退出 8 家，总产能 4470 万吨，较前一年新增 205 万吨，退出 115 万吨，产能净增长 90 万吨。2007-2020 年我国烧碱行业产能统计见图 1。

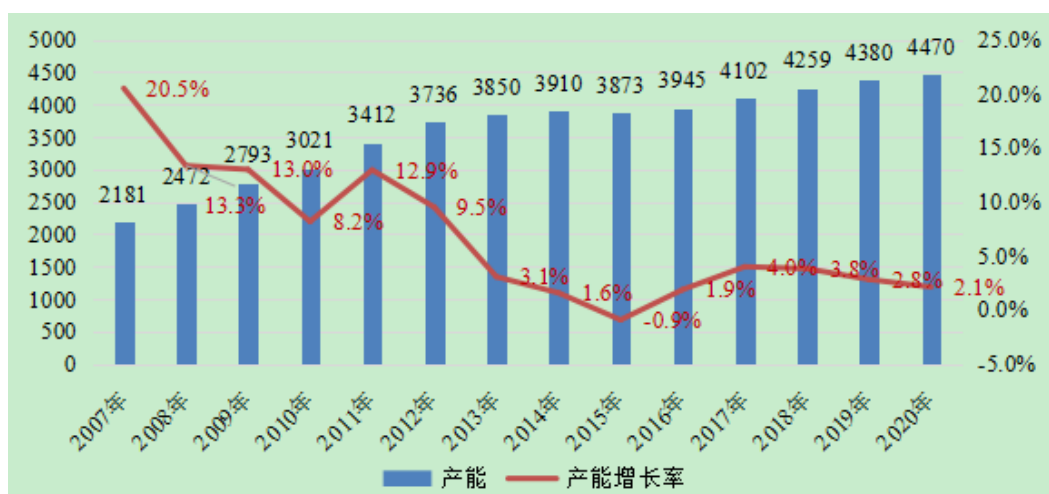


图 1 2007-2020 年我国烧碱行业产能统计（单位：万吨）

我国烧碱产量变化主要受经济形势、新增产能数量、市场景气程度、“碱氯平衡”制约等

因素影响，产量增长速度近几年呈现较大差异。2020年，我国烧碱总产量为3463万吨，较前一年比出现一定增长。2007-2020年我国烧碱行业产量统计见图2。

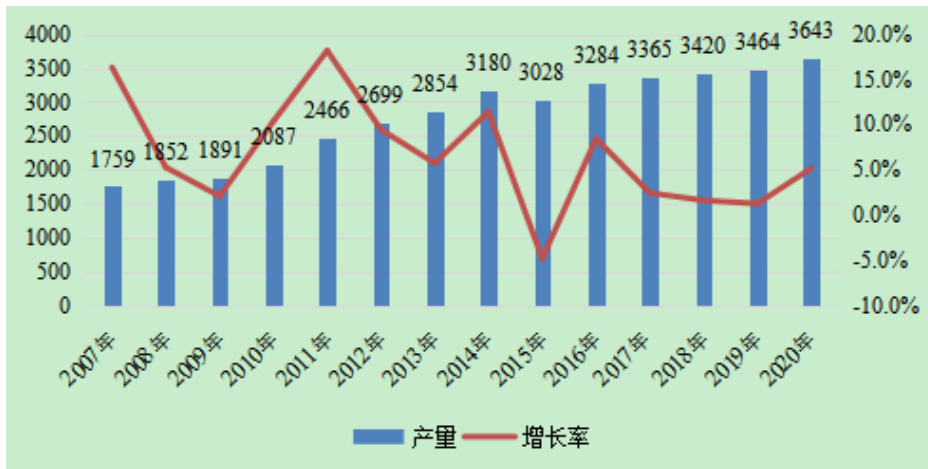


图2 2007-2020年我国烧碱产量统计（单位：万吨）

近些年，我国烧碱行业呈现四个不同发展阶段：

（1）快速增长阶段：2007年之前为我国烧碱产能增长高峰期，随着经济持续增长，带动烧碱行业规模不断提升，烧碱行业产能年均增长率达到20%以上。

（2）稳定发展阶段：经济危机严重影响世界经济与我国经济的发展，与国民经济息息相关的烧碱行业的产能增长速度也由迅猛逐渐过渡到放缓的趋势。2008-2013年，产能增长率稳定在10%左右。

（3）增速下降阶段：失去了高额利润的吸引，烧碱行业新增及扩建更加理性，另外按市场规律进行的优胜劣汰、落后产能的退出速度加快，烧碱产能净增长呈现快速下降的态势，2015年烧碱产能首次出现负增长。

（4）回升后小幅下滑阶段：2016年三季度起，国内烧碱市场持续上涨，企业盈利状况好转，前期滞留的产能加速投产，尽管仍有部分烧碱产能退出，但整体仍出现正增长，2017年产能增加率回升至4%。随着烧碱价格持续走低，个别企业盈利状况不佳，前期停产的装置很难恢复生产，老旧装置处理后产能退出。此外，不在化工园区的烧碱企业停产搬迁，也是2020年国内烧碱产能退出的主要原因之一。

2.1.2 烧碱行业产能布局情况

我国烧碱行业产能分布逐渐清晰，产能主要集中在华北、西北和华东三个地区，上述三个区域烧碱产能占全国总产能的81%。西南、华南及东北地区烧碱产能相对较低，每个区

域产能占总产能 5%及以下水平。2020 年我国烧碱产能分布及区域产能占比见图 3-图 4。

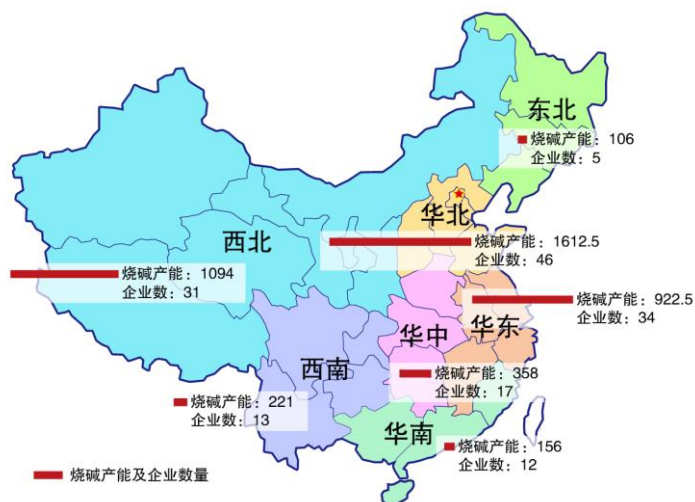


图 3 2020 年我国烧碱行业产能分布 (单位: 万吨)

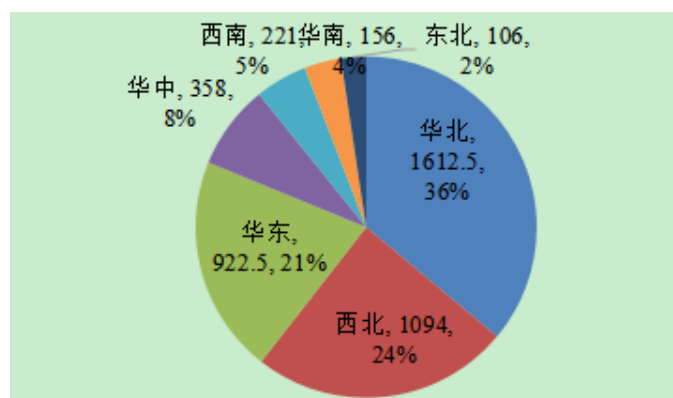


图 4 2020 年我国烧碱各区域产能占比 (单位: 万吨)

我国华东、华北等东部地区烧碱行业发展历史悠久，也是下游消费的主要市场。并且当地氯碱企业配套耗氯产品品种较多，有一定的消耗氯气能力，以解决碱氯平衡问题，此外地理位置的条件使得出口外销方面有一定的优势；西北地区主要依托资源优势，配套 PVC 产品发展，烧碱生产成本优势较为突出。

2.1.3 烧碱行业进出口情况

我国一直是烧碱的净出口国，随着我国烧碱产能持续提升及烧碱价格优势逐步体现，我国烧碱出口数量持续增长，2006 年出口量首次超过 100 万吨，2010 年以后，我国烧碱的出口数量基本稳定在 200 万吨左右水平。2017 年，由于烧碱内贸价格持续上涨，出口企业更多关注国内市场，出口积极性不高，当年烧碱出口量出现明显下滑。2018-2020 年，尽管国内烧碱内贸价格持续下滑，但随着出口价格的走低，我国烧碱出口量延续走低趋势。

2020 年，我国烧碱累计进口量为 4.4 万吨，同比减少 37.6%；其中固碱累计进口量为

0.8 万吨，同比减少 8.6%，液碱累计进口量为 3.6 万吨，同比减少 41.6%。

2020 年，烧碱出口累计达 115.5 万吨，与 2019 年 114.7 万吨相比增长 0.6%。其中，液碱出口 59.4 万吨，较 2019 年同比增长 5.9%；固碱出口 56.1 万吨，较 2019 年同比减少 4.3%。

2010-2020 年我国烧碱进出口量统计表表 1。

表1 2010-2020年我国烧碱进出口量统计（单位：万吨）

类别	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
进口量	2	2	1	1	1	1	1	1	4	7	4
出口量	154	216	208	207	201	177	191	152	148	115	115

进口方面：印度于 2018 年 9 月份开始实施所有液碱进口需提供印度标准局（BIS）许可证，办理许可证时间 3-6 个月，东北亚生产商推迟对印度的合同船货出口，而运抵印度受阻的日本货源部分低价销至我国，造成 2018 年 11 月起我国进口液碱数量骤增，2019 年我国烧碱进口量达到 7 万吨，成为近几年最高水平。2020 年我国烧碱进口基本恢复至正常水平，但 12 月份来自沙特的液碱运抵国内，造成当月液碱进口量达 2.6 万吨，为当年烧碱进口量较多的主要原因。

出口方面：2010-2020 年，国内烧碱出口呈现阶段性变化：

（1）2011 年，由于日本大地震导致部分装置关停，全球烧碱供应格局发生变化，我国烧碱出口数量明显增加，216 万吨的出口数量也为历年最高。

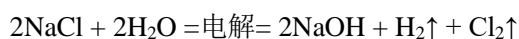
（2）2012-2014 年，随着东北亚地区日本、韩国的烧碱装置逐步复产，我国烧碱企业出口所面对的压力增大，2012 年我国烧碱出口未出现继续提升。2015 年由于外盘表现较差，出口企业更多关注内贸市场，出口量较前一年有所下滑。同时天津港爆炸事件，使得固体烧碱出口严重受阻，也一定程度对出口总量产生影响。

（3）近几年，随着我国烧碱内外盘市场价格发生倒挂，企业出口意向不强，大多企业以执行长期定单为主，以维持老客户居多，出口量未恢复至几年前水平。

2.1.4 烧碱生产工艺

目前，国内烧碱企业已经全部采用离子膜法生产工艺，烧碱离子膜工艺主要产品为液碱，同时副产氯气和氢气，离子膜法工艺技术水平已将达到世界先进水平。

主反应方程式如下：



烧碱生产离子膜法工艺流程示意图见图 5。

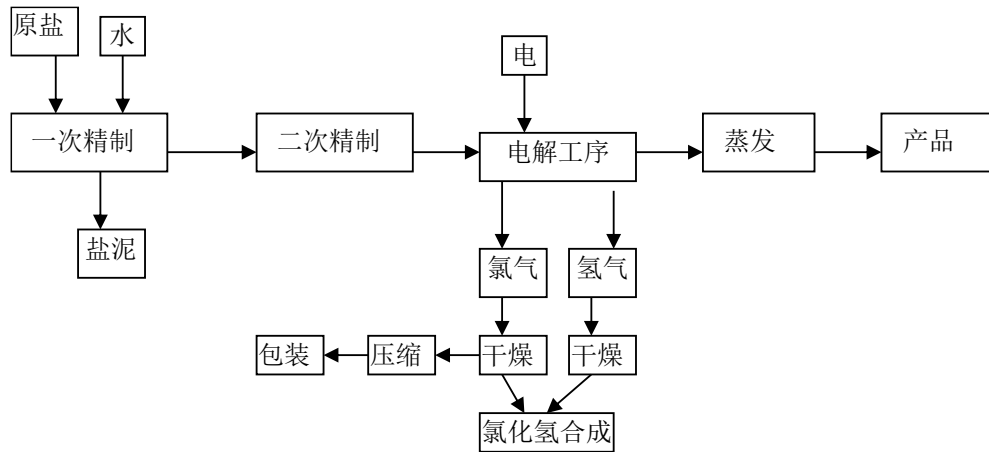


图 5 离子膜法烧碱生产工艺流程图

副产的氯气和氢气，干燥处理之后，在石墨合成炉中反应生成氯化氢，可以作为生产聚氯乙烯的原料之一，没有聚氯乙烯的生产企业，氯气和氢气作为产品出售。

2.2 聚氯乙烯行业概况

2.2.1 聚氯乙烯产能及产量

截至 2020 年底，我国聚氯乙烯行业现有产能为 2664 万吨（其中包含聚氯乙烯糊状树脂 127 万吨）。年内新增加产能 201 万吨，退出规模为 55 万吨。继 2014-2016 年和 2018 年产能净减少之后，2019 年底开始转为净增长。2021-2022 年预计中国将有 474 万吨的新增聚氯乙烯项目投产（含糊树脂），其中乙烯法扩能为 233 万吨，约占扩能总量的 49%。

我国聚氯乙烯产量变化主要受经济形势、新增产能数量、市场景气程度、“碱氯平衡”制约以及近两年的新冠肺炎疫情影响等因素影响，产量增长速度近几年平稳中略有增长。2020 年，我国聚氯乙烯总产量为 2074 万吨，较前一年比稍有一定增长。



图6 2007-2020年中国PVC产能产量及开工率走势图（单位：万吨；%）

2007-2020年间，国内PVC行业开工率最低为51%，产能产量及开工率走势图见图6。当时大量闲置产能未退出，不少没有竞争力的产能维持在低负荷状态。2010-2013年，国内PVC整体开工率徘徊在55%-62%，2014-2016年PVC产能连续三年实现净减少，行业开工率也逐步提升至70%以上。近三、四年行业效益取得明显好转，开工率也顺势上涨至80%左右。但分析认为，我国氯碱行业发展将进入从规模增长向质量提升的重要窗口期，企业发展也将紧密围绕高质量发展而调整，国内局部地区或个别企业因缺乏竞争力、资产重组等原因仍存在停车频繁或长期停车现象，但成本控制良好、管理先进完善的企业会保持长满优运行。

2.2.2 聚氯乙烯行业产能布局情况

当前我国氯碱行业的布局更趋清晰。东部省份氯碱产业发展历史悠久，同时东南部沿海地区也是我国氯碱产品主要消费市场，依托下游需求支撑和相对便利的对外贸易条件，当地氯碱产业逐渐探索出与石化行业、氟化工、精细化工和农药等行业结合发展的模式；西部地区依托资源优势建设大型化、一体化“煤电盐化”项目，逐渐形成几个大型氯碱产业集群，在我国氯碱行业整体布局中重要地位日益突出；中部地区依托自身区位特点，利用临近下游重点消费领域优势发展氯碱化工，并重点发展精细耗氯产品，形成多个具有特色氯碱精细产业园，我国东部、中部和西部地区不同成长路径和发展特点的氯碱产业带更趋清晰。

从近两年及未来国内乙烯法聚氯乙烯企业布局特点来看，多选择在沿海地区进行项目建

设，并且主要在具有港口资源的地域，适宜进出口大宗原材料，如：石油、乙烯、二氯乙烷和氯乙烯等。2020年我国PVC地理分布及区域产能占比见图7-图8。

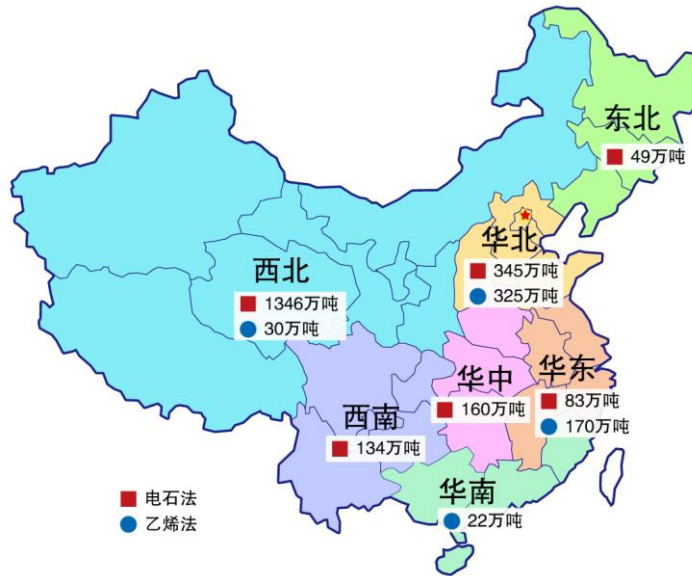


图7 2020年中国PVC地理分布图

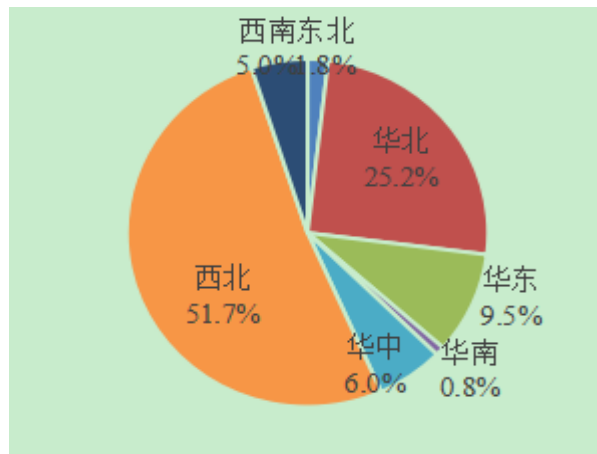


图8 2020年国内七大区PVC产能占比

从地区分布上看，现有70家PVC生产企业分布在21个省市、自治区及直辖市，平均规模为38万吨。由于各区域的经济水平、资源禀赋和市场情况存在很大的差异，各地PVC产业发展并不均衡，局部地区企业数量众多，产能密集。

当前，西北地区依托丰富的资源能源优势，是业内公认的电石法PVC的低成本地区，在中国PVC产业格局中具有一定的领先地位。当前除青海盐湖集团具有一套30万吨/年的煤制烯烃工艺为原料来源的乙烯法PVC生产装置外，全部为电石法生产工艺。华北、华东地区呈现出电石法和乙烯法并存的状态，而且得益于进口乙烯渠道和乙烯生产来源的多样化，未来两至三年内河北、山东、江苏、浙江地区的乙烯法工艺的扩能会更加集中。

2.2.3 聚氯乙烯进出口情况

2012 年之前我国聚氯乙烯的进口量明显大于出口量，2012 年之后我国聚氯乙烯进口和出口量逐渐趋于平衡，随着我国近几年聚氯乙烯行业产业结构调整，2014 年出口量首次超过进口量，并且出口量超过 100 万吨，2014-2017 年我国聚氯乙烯出口量连续四年超过进口量，2017 年之后，随着国内市场利好，聚氯乙烯出口量趋势减弱，与进口量趋于平衡。

2020 年，我国聚氯乙烯累计进口量为 95 万吨，同比减少 41.8%，2020 年，聚氯乙烯出口累计达 63 万吨，与 2019 年 51 万吨略有增长。2020 年中国 PVC 表观消费量为 2106 万吨，同比上年实现增长 3.9%。面对国内外经济社会环境变化和新冠肺炎疫情的冲击，我国将充分发挥国内超大规模市场优势和需求潜力，逐步形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局。将坚持把扩大内需作为对冲疫情影响的重要着力点，积极促进消费回补和潜力释放，加快培育新的消费增长点。2007-2020 年中国 PVC 表观消费量列表见表 2。

表2 2007-2020年中国PVC表观消费量列表（单位：万吨）

年份	产量	进口	出口	表观消费	
				消费量	增长率
2007年	972	110	71	1011	13.2%
2008年	882	80	60	902	-10.8%
2009年	916	163	24	1055	17.0%
2010年	1130	120	22	1228	16.4%
2011年	1295	105	37	1363	11.0%
2012年	1318	94	39	1373	0.7%
2013年	1530	76	66	1540	12.2%
2014年	1630	68	111	1587	3.1%
2015年	1609	71	77	1603	1.0%
2016年	1669	65	104	1630	1.7%
2017年	1790	77	96	1771	8.7%
2018年	1874	74	59	1889	6.7%
2019年	2011	67	51	2027	7.3%
2020年	2074	95	63	2106	3.9%

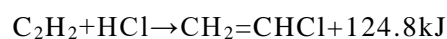
2.2.4 聚氯乙烯生产工艺

聚氯乙烯生产工艺主要有电石法生产工艺和乙烯法生产工艺两种，电石法生产工艺还是聚氯乙烯行业的主流生产工艺，2020年电石法聚氯乙烯产能占2020年聚氯乙烯总产能的79%，乙烯法PVC产能占比上升至21%，较上年增加2个百分点。2021-2022年预计中国将有474万吨的新增聚氯乙烯项目投产（含糊树脂），其中乙烯法扩能为233万吨，约占扩能总量的49%。

两种生产工艺主要中间产品为氯乙烯，氯乙烯进行聚合生产聚氯乙烯，在合成和聚合反应中产生的副产品都已经通过变压吸附等相关技术进行回收处理。

（1）电石法工艺流程

乙炔通过与氯化氢发生加成反应得到氯乙烯，主反应方程式如下：



其中加成反应是在气相中进行的，反应为放热反应，反应器撤方式为热水撤热和庚烷撤热两种。

电石聚氯乙烯生产工艺流程示意图见图 9:

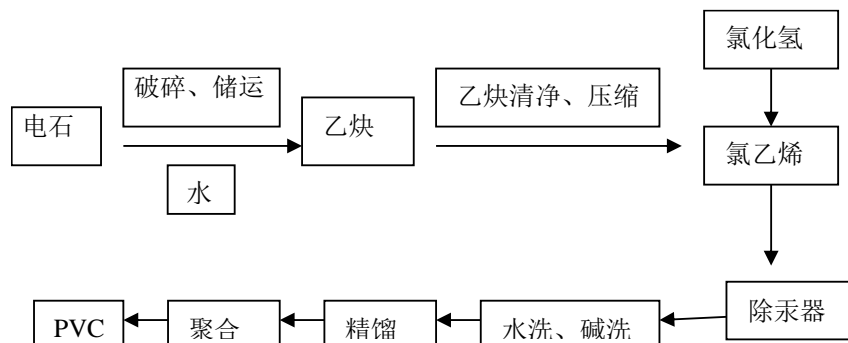
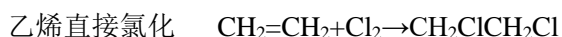


图 9 电石聚氯乙烯生产工艺流程示意图

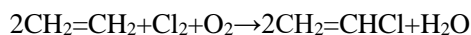
电石经破碎在乙炔发生器中与水反应生产乙炔气，产生的乙炔气经过洗涤冷却、净化、干燥等工序后送氯乙烯合成装置。氯乙烯与乙炔在氯乙烯合成装置中混合，在氯化汞催化剂的催化作用下反应生成氯乙烯，氯乙烯经过净化、压缩、精馏后送至聚氯乙烯生产装置，氯乙烯进行聚合生产聚氯乙烯。

(2) 乙烯法工艺流程

乙烯氧氯化法生产氯乙烯，包括三步反应：



总反应方程式如下：



乙烯法聚氯乙烯生产工艺流程示意图见图 10:

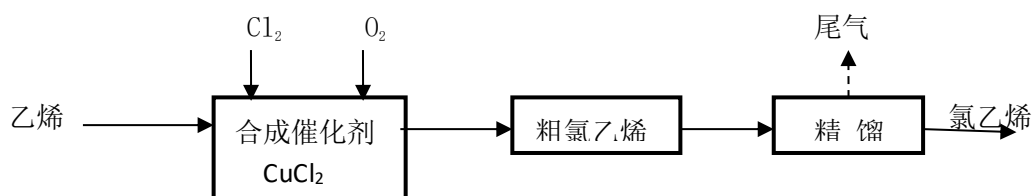


图 10 乙烯法聚氯乙烯生产工艺流程示意图

乙烯原料路线生产氯乙烯过程中乙烯与氯气、氧气在催化剂 CuCl_2 作用下生产粗氯乙

烯。因此会产生废 CuCl_2 催化剂。在粗氯乙烯精馏中会产生尾气，精馏尾气为工业废气。

2.3 烧碱和聚氯乙烯行业清洁生产现状

2.3.1 烧碱行业清洁生产工艺及技术

离子膜法烧碱是当今世界最先进的烧碱生产技术，是公认的环保型生产技术。尤其是我国的大部分烧碱生产企业都已经采用更为先进的膜极距离子膜电解槽，进一步降低了能耗。

离子膜法制烧碱具有直流电耗低、电流效率高的特点，并且离子膜碱产出浓度即为 30%~35%，可直接作为成品碱出售，减少了蒸发工序，节约了蒸汽消耗。清洁生产工艺及技术如下。

(1) 膜法脱硝技术

膜法除硝是通过膜过滤将硫酸根离子脱除的新技术。主要是利用过滤膜将硫酸根阻止在浓缩液中，再通过冷冻技术使浓缩液中的硫酸根以硫酸钠的形式结晶分离出来，达到脱除硫酸根的目的并得到副产物芒硝。

该技术用于一次盐水精制系统，在除去钙、镁离子以后，盐水进入膜法脱硝系统去除硫酸根。出来的盐水进入二次盐水精制进一步除杂。

盐水制备是烧碱生产的第一道工序，其中脱除硫酸根离子是盐水精制过程的重要步骤。传统工艺是采用化学沉淀法，主要是在盐水中加入氯化钡，利用钡离子和硫酸根离子发生化学反应，通过沉淀、澄清、分离将硫酸根离子脱除。

该膜法除硝技术避开了采用化学法钡盐毒性大、引入了新的杂质离子、设备管路容易结垢、有固形物排出、盐水澄清较困难、二次精盐水中残存的金属离子容易超标、影响离子膜寿命的问题，是一种清洁生产技术。该技术已经完全成熟，目前大部分企业都已经该技术。

(2) 离子膜烧碱技术

离子交换膜法是 20 世纪 70 年代发展起来的烧碱生产方法。目前行业内应用的离子膜有全氟离子膜、全氟羧酸膜和全氟羧酸膜/磺酸复合膜，这种膜只允许钠离子通过，产生的碱液纯度高，质量好。离子膜法制烧碱具有直流电耗低、电流效率高的特点。目前可以生产离子膜的厂家有国内的东岳集团，国外的有日本的旭硝子、旭化成以及美国的杜邦化学。离子膜的使用必须配套离子膜电解槽，目前国内能生产离子膜电解槽的厂家有北京化工机械有限公司。国外的有氯工程、伍迪、旭化成等。

离子膜法具有生产工艺简单、产品纯度高、污染少、节约能源、利于规模化等优点，是

一种能耗低、清洁生产技术。也是目前最先进成熟的烧碱生产技术。

（3）膜极距离子膜电解槽

离子膜法烧碱电解装置中，电解单元的阴阳极间距（极距）是一项非常重要的技术指标，其极距越小，单元槽电解电压越低，相应的生产电耗也越低，当极距达到最小值时，即为“膜极距”，亦称之为“零极距”。

用该技术制造或改造的离子膜电解槽与普通极距电解槽相比，可节电 70~100 kW h/t-烧碱。这种槽型节能效果更加显著，使离子膜法制碱技术达到了一个更先进水平。目前，大部分氯碱企业已经采用该清洁生产技术。

（4）氧阴极技术

氧阴极技术是多年来世界上很多国家都在开发的一项离子膜法烧碱的节能新技术。是通过降低离子膜电解槽的分解电压达到节能的目的。

氧阴极烧碱电解槽理论分解电压能降低 1.2 V 左右，表示食盐电解的能耗理论上可以降低 850~900 kW h/t-烧碱，可比目前离子膜法烧碱节电约 30%左右。

（5）三效逆流膜式蒸发技术

离子膜法烧碱由于没有盐结晶问题的困扰，因此可以最大限度地利用有效温差，采用膜式蒸发工艺，而三效逆流降膜蒸发技术已实现国产化。

每吨烧碱可比双效蒸发技术节约蒸汽 0.2 t，在行业内推广可较大幅度降低综合能耗，应该加以引导和支持。

（6）氯化氢合成余热利用技术

氢气和氯气的化合反应会放出较大的能量，多年来氯化氢合成余热利用是氯碱企业非常渴望的，以前传统的方法都是靠合成炉炉体、翅片及冷却蛇管散失在周围环境中，这样不仅造成能源浪费，又影响了工作环境，少部分厂家利用氯化氢合成余热生产热水和低压蒸汽，但是生产低压蒸汽和热水在氯碱厂中并不能被有效充分的利用。

目前，盐酸合成炉已从最初的铁合成炉发展到“二合一”石墨合成炉、“三合一”石墨合成炉到最新的副产蒸汽全石墨四合一盐酸合成炉。随着装置水平的不断提升和安全环保要求的不断提高，铁合成炉已基本淘汰。现有企业几乎全部采用石墨合成炉。二合一合成炉指合成和冷却在炉体内完成，吸收在炉体外进行，既可以生产氯化氢气体，又可以部分吸收生产盐酸。三合一合成炉指合成、冷却和吸收在炉体内完成。四合一合成炉指合成、冷却和尾气处理在炉体内完成。单台盐酸合成炉最大规模为 450 t/d（13.5 万 t/a），国内氯碱生产企业一

般根据企业工艺需求、盐酸自用量和商品量等情况确定盐酸合成炉选型。

(7) 国产化离子膜生产技术

离子膜法烧碱是当今最先进的烧碱生产工艺，而离子膜是离子交换膜又是烧碱生产中的核心。多年来离子交换膜生产技术都掌握在国外的杜邦、旭硝子、旭化成三家公司。我国在 90 年代开始研发离子交换膜生产技术直到 2009 年才获得重大突破，攻克了树脂和膜的重大生产技术。2009 年 9 月国产化离子膜的工业化生产装置试运行。我国有了自己的离子交换膜生产技术，2010 年国产化一代膜 DF988 首次工业应用，效果良好，2012 年完成二代树脂升级并推出 DF2800 系列及工业应用；2014 年完成三代树脂的开发，完成全流程工业生产；2016 年国产三代膜 DF2806 推向市场；2018 年国产第四代膜 DF2807 推向市场；目前，第五代膜 DF2808 也已经进入市场，通过与国外离子膜的对比及试验效果可知，我国的国产化离子膜质量和使用效果良好。

2.3.2 聚氯乙烯行业清洁生产工艺及技术

聚氯乙烯生产工艺有乙烯法和电石法两种，乙烯法聚氯乙烯生产工艺已经是国际最先进的聚氯乙烯生产技术，电石法聚氯乙烯生产工艺是中国特有的聚氯乙烯生产工艺，因为我国“富煤、贫油、少气”的能源结构特点，决定了电石法生产工艺在我国聚氯乙烯生产工艺中占据主流，电石法聚氯乙烯总产能占聚氯乙烯总产能的 80%左右，随着近几年的国家节能、降耗、清洁生产等相关政策的引导，我国电石法生产工艺也已经达到国家先进水平。聚氯乙烯行业清洁生产工艺及技术如下。

(1) 低汞触媒的生产与应用

低汞触媒汞含量在 6%左右，是采用多次吸附氯化汞及多元络合助剂技术将氯化汞固定在活性炭有效孔隙中的一种新型催化剂，大大提高了催化剂的活性、降低了汞升华的速度，使用寿命比传统的高汞触媒还要长，汞的消耗量和排放量均大幅度下降，目前已经完全替代传统的高汞触媒。

(2) 高效汞回收工艺

在氯乙烯的生产过程中由于高温、汞易升华等因素致使汞触媒失效。升华的氯化汞蒸气随着氯乙烯气体进入汞吸附系统（包括冷却器、特殊结构的汞吸附器以及新型汞吸附剂），采用高效吸附工艺及吸附剂可回收大部分氯化汞，这是有效截止氯化汞进入下道工序的关键。

（3）盐酸深度脱吸工艺技术

氯乙烯混合气中混有约 5%~10%的 HCL 气体,经过水洗后产生一定量的含汞副产盐酸,目前处理副产盐酸的最好方法即采用盐酸深度脱吸技术,将脱除的氯化氢重新回收利用,废水进吸收塔重新回到水洗工序,从而充分的利用了氯化氢资源,少量排除系统的含汞废酸通过沉淀法回收处理,形成的含汞沉淀物送往具有资质的汞回收企业回收利用,杜绝了系统汞的外排。

（4）VCM 单体回收技术

在电石法生产 PVC 过程中,氯乙烯精馏尾气中含有少量的氯乙烯和乙炔气体,直接排放不仅产生浪费,而且污染环境。

氯乙烯精馏尾气变压吸附技术采用复合吸附床,可以将尾气中的氯乙烯和乙炔气体基本从尾气中吸附脱除出来,排放气中氯乙烯和乙炔含量完全符合国家规定的排放标准,而被脱除的氯乙烯和乙炔几乎可以完全回收,同时吸附剂得到再生,形成连续、稳定的循环操作。采用变压吸附方法处理电石法生产 PVC 的精馏尾气,可以充分回收氯乙烯、乙炔和氢气,进一步降低生产成本,而且解决了生产中的环保问题,取得很好的经济效益和环保效益。

（5）PVC 母液回收技术

国内外处理该废水的方法主要以混凝沉淀等物化法为主,但效果并不理想。聚氯乙烯生产企业一般将聚氯乙烯离心母液废水和其他生产废水混合后一起处理排放,近年来,随着各种预处理新工艺的出现,PVC 母液回收技术已经将母液废水全部回收利用。

3 建立指标体系的原则和依据

3.1 原则

建立烧碱和聚氯乙烯行业清洁生产评价指标体系，是推动烧碱和聚氯乙烯生产企业清洁生产向纵深发展和客观、科学地考查企业清洁生产工作进行科学总结、定量考核，进而找出差距、积累经验、推动清洁生产工作持续有效地向前发展。

制订本评价指标的基本原则是：要能够体现全过程污染预防思想，并基本覆盖生产过程的各个环节。具体原则如下：

- 符合清洁生产思路。即体现全过程的污染预防，不单纯考虑污染物的末端处理和处置；
- 评级指标的基准值设定考虑国际先进水平、国内的现有技术水平和管理水平，并有一定的激励作用；
- 注重实用和可操作性，尽量选择烧碱和聚氯乙烯企业生产管理部门和环境管理部门日常采用的指标，以易于企业的理解和掌握；
- 满足政府环保主管部门对烧碱和聚氯乙烯企业新扩改建项目环评以及产能置换实施的要求；
- 促进现有烧碱和聚氯乙烯企业完善清洁生产长效机制，持续提升企业清洁生产水平。

3.2 依据

建立本指标体系的依据是国家有关产业发展、技术进步、环境保护政策和化学工业发展规划等有关文件。这些文件涉及到企业的清洁生产工作，明确了鼓励和限制的技术发展方向，指出了加快和淘汰的内容，并且提出了一些具体指标。这些均为本指标体系的建立奠定了基础。相关文件列出如下：

- (1) 《中华人民共和国清洁生产促进法》（2002年6月29日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过中华人民共和国主席令 第七十二号）；
- (2) 《“十三五”生态环境保护规划》（国务院国发[2016]65号）；
- (3) 《产业结构调整指导目录（2011年本）》（国家发展和改革委员会令 第9号）；

(4)《石化和化学工业发展规划(2016—2020年)》(工业和信息化部工信部规[2016]318号);

(5)《工业和信息化部关于印发工业绿色发展规划(2016-2020年)的通知》(工信部规〔2016〕225号);

(6)《烧碱、聚氯乙烯工业污染物排放标准》(GB 15581—2016);

(7)《大气污染物综合排放标准》(GB16297—1996);

(8)《烧碱单位产品能源消耗限额》(GB 21257-2014);

(9)《聚氯乙烯树脂单位产品能源消耗限额》(GB 30527-2014)。

4 编制技术路线和适用范围

4.1 编制技术路线

烧碱和聚氯乙烯行业清洁生产评价指标体系编制技术路线图见图 11。

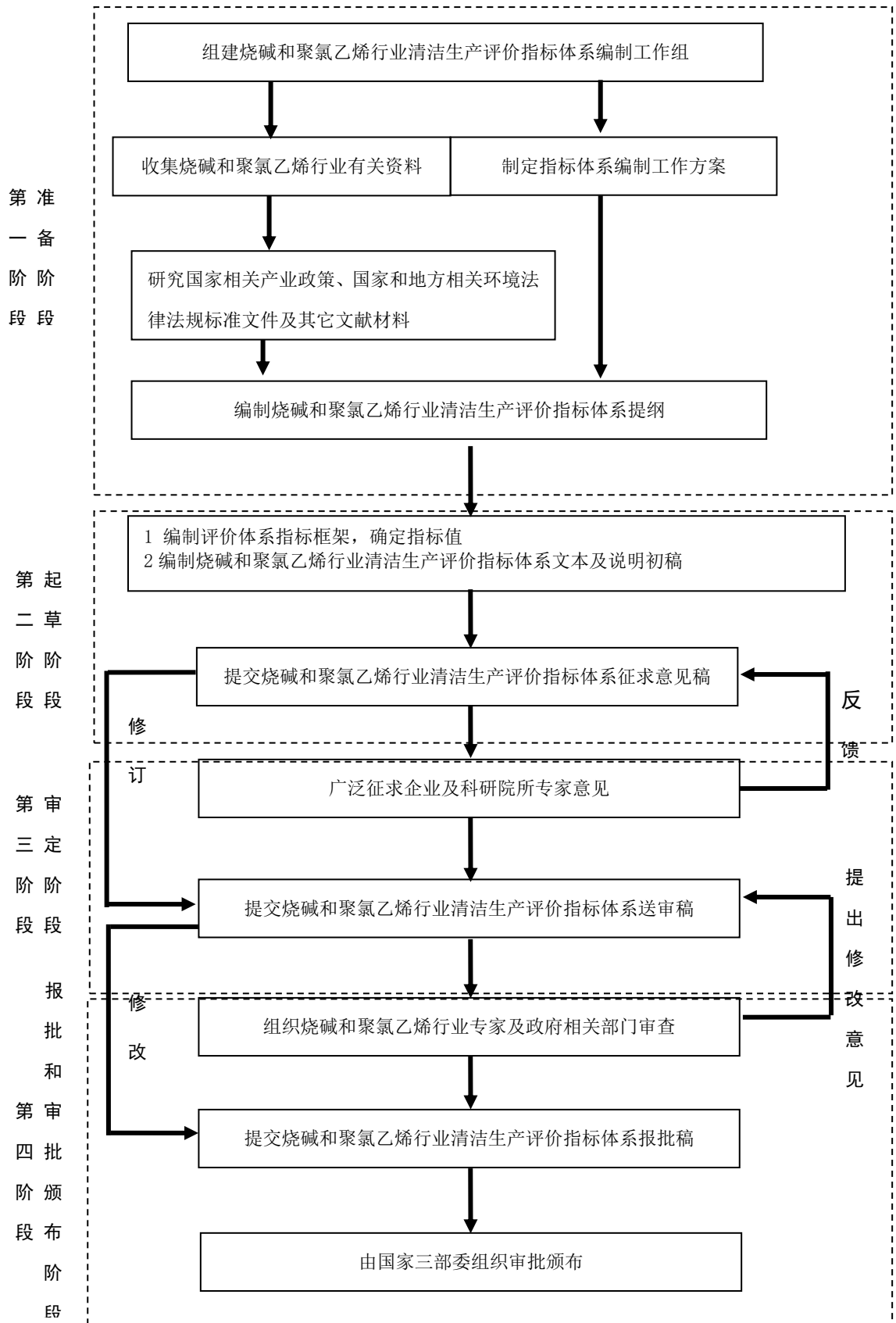


图 11 烧碱和聚氯乙烯行业清洁生产评价指标体系编制技术路线图

4.2 适用范围

本指标体系规定了烧碱和聚氯乙烯工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。

本指标体系适用于评价烧碱和聚氯乙烯企业的清洁生产水平，为企业推行清洁生产提供技术指导，适用于烧碱和聚氯乙烯企业清洁生产审核和清洁生产潜力与机会的判断、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和环保领跑者等环境管理制度。

本清洁生产评价指标体系适用于以盐和电石/乙烯为原料生产烧碱和聚氯乙烯的氯碱生产企业，其中烧碱生产指采用离子交换膜电解法生产液碱、固碱的生产过程，聚氯乙烯生产指用氯气、氢气、乙烯、电石生产聚氯乙烯的生产过程。

5 评价指标体系的建立

本指标体系主要是为指导和推进我国烧碱和聚氯乙烯工业实施清洁生产，可作为烧碱和聚氯乙烯工业在生产过程中，或进行清洁生产审核时分析污染状况以及对所使用的工艺和技术评估的主要依据。指导企业分析污染物产生的原因，找出物料流失的环节，从而制定切实可行的清洁生产措施，选择清洁生产技术与装备，使烧碱和聚氯乙烯工业的发展与环境保护相协调，从而使其达到可持续发展的要求。

5.1 评价指标体系的结构

根据清洁生产的原则要求和指标的可度量性，本指标体系重点考察生产装备选择的先进性、资源能源利用的可持续性、污染物产生的最小化、资源回收利用和清洁生产管理的有效性。本指标体系分为定量评价指标和定性评价指标。

定量评价指标选取有代表性的、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。一级指标为普遍性、概括性的指标，二级指标为反映烧碱和聚氯乙烯企业清洁生产各方面具有代表性的、易于评价考核的指标。

本指标体系选用资源能源消耗指标（能源消耗、水资源消耗以及原辅料消耗）、资源综合利用指标、污染物产生指标、温室气体排放指标、产品特征指标等 5 个方面，作为烧碱和聚氯乙烯行业的清洁生产定量评价指标。选用生产工艺及装备指标和清洁生产管理指标作为烧碱和聚氯乙烯行业的清洁生产定性评价指标。

烧碱/聚氯乙烯行业清洁生产评价指标体系结构见图 12-图 14。

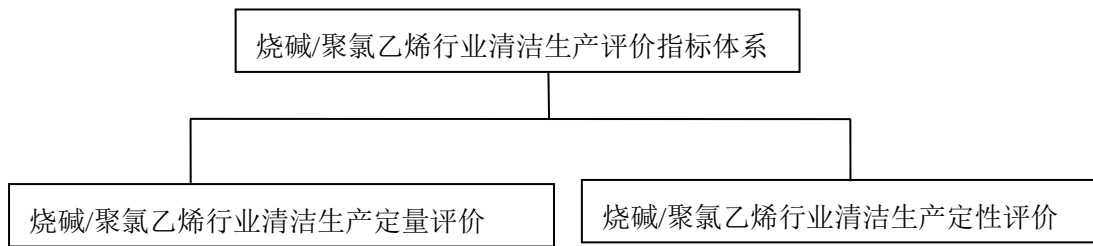


图 12 烧碱/聚氯乙烯行业清洁生产评价指标体系结构

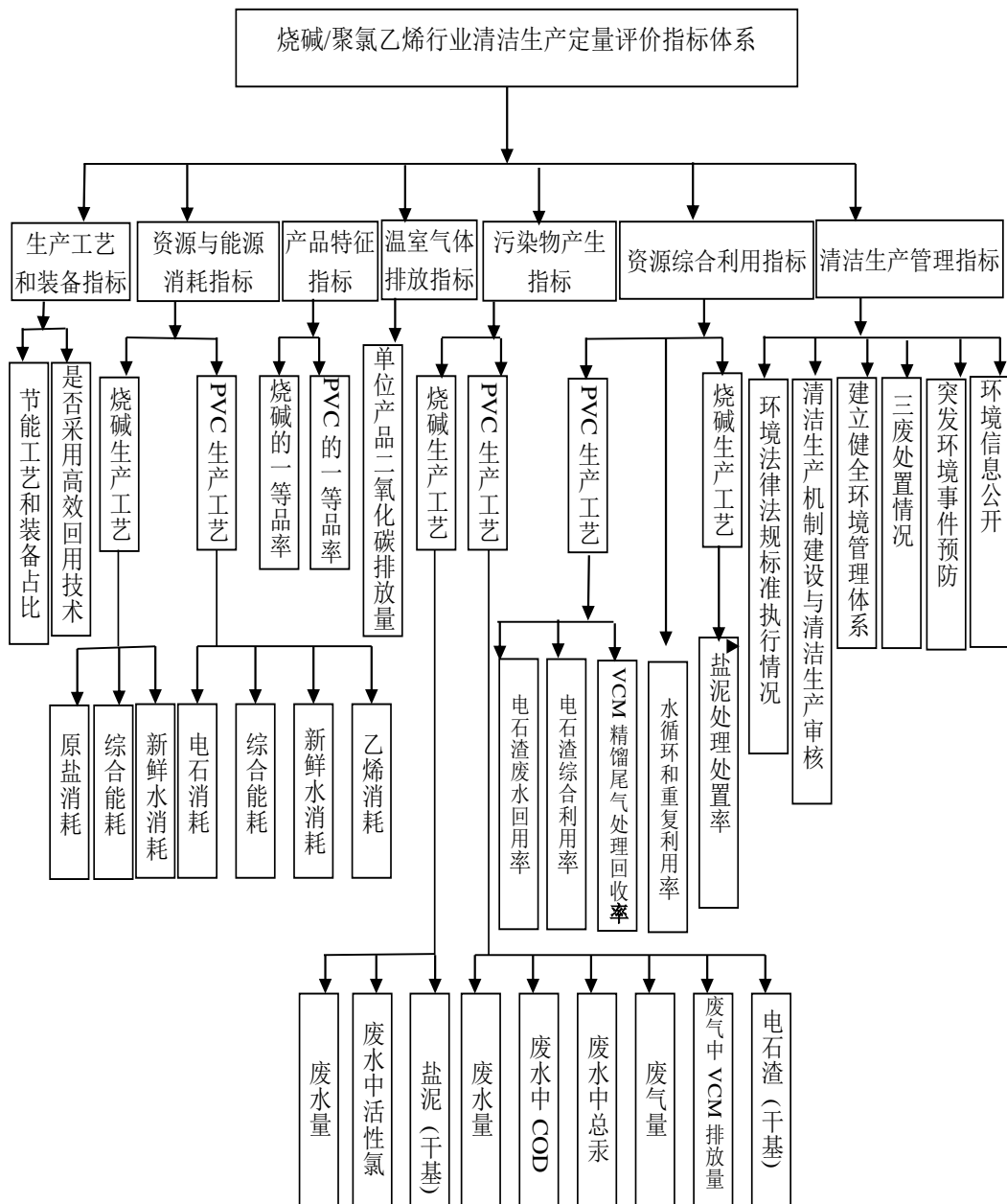


图 13 烧碱/聚氯乙烯行业清洁生产定量评价指标体系框架

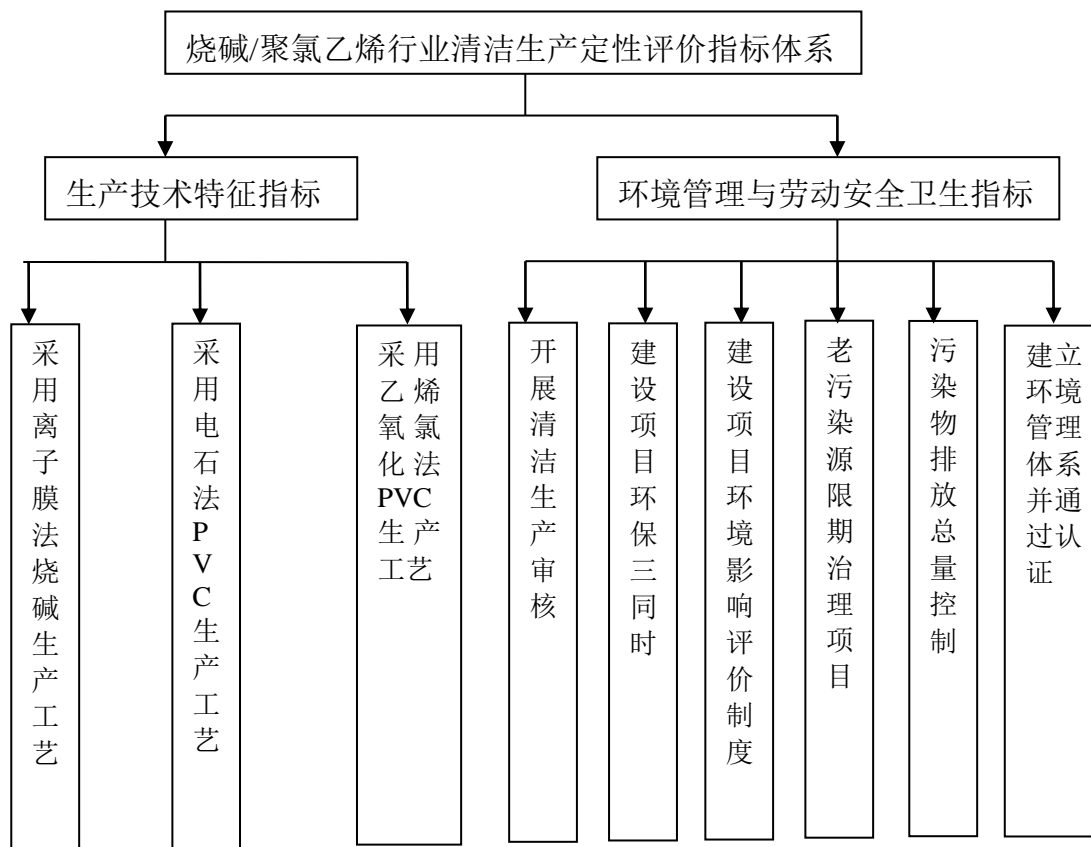


图 14 烧碱/聚氯乙烯行业清洁生产定性评价指标体系框架

定量评价指标分为正向指标和逆向指标。其中，资源能源消耗指标（能源消耗、水资源消耗以及原辅料消耗）、污染物产生指标和温室气体排放指标均为逆向指标，数值越小越符合清洁生产的要求；资源综合利用指标均为正向指标，数值越大越符合清洁生产的要求；产品特征指标中既有正向指标，也有逆向指标。

5.2 指标选取说明

本标准在对国内烧碱和聚氯乙烯工业现行数据统计分析的基础上，最终确定分产品从九个方面提出指标体系作为一级指标。包括：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。

- 生产工艺与装备要求（定性指标）；
- 资源能源消耗指标（能源消耗、水资源消耗以及原辅料消耗）（定量指标）；
- 资源综合利用指标（定量指标）；

- 污染物产生指标（定量指标）；
- 温室气体排放指标（定量指标）；
- 产品特征指标（定量指标）；
- 清洁生产管理指标（定性指标）。

5.2.1 生产工艺与装备要求

生产工艺与装备要求是定性指标。产能利用率体现该企业某种产品生产能力的利用程度；装置采用自动化控制程度，体现企业生产平稳程度，有利于企业减少消耗和排污。故确定该类二级指标包括：

- 产能利用率；
- 自动化水平。

5.2.2 资源能源消耗指标

资源能源消耗指标是定量指标。资源消耗指标又包括能源消耗、水资源消耗以及原/辅料消耗。

烧碱的资源消耗主要是综合能耗、新鲜水和原盐等。聚氯乙烯的资源消耗是综合能耗、新鲜水以及电石、乙烯等，选择不同的资源消耗指标作为该类的二级指标。

5.2.3 资源综合利用指标

烧碱和聚氯乙烯工业资源综合利用是在企业严格生产管理的基础上，对各生产环节产生的盐泥、电石渣、各种废水、VCM 精馏尾气以及废触媒的相关资源进行回收、循环使用或再利用，最大限度减少资源消耗量和排污量。确定其二级指标如下：

- 各种废水处置及重复利用率；
- 盐泥处置率；
- 电石渣处置率。

5.2.4 污染物产生指标

烧碱和聚氯乙烯工业污染物排放控制指标包括单位产品废水产生量、单位产品废水中 COD 产生量、单位产品废水中总汞产生量，单位产品废水中活性氯产生量；单位产品废气排放量，单位产品废气中 VCM 排放量；单位产品盐泥（干基）产生量，单位产品电石渣（干

基)产生量。

本指标用于考核烧碱和聚氯乙烯生产装置清洁生产措施的效果。本标准对烧碱和聚氯乙烯生产企业主要污染物产生或排放控制量做出具体要求。

5.2.5 温室气体排放指标

本指标在烧碱和聚氯乙烯行业的二级指标只有单位产品二氧化碳排放量指标,烧碱行业因为烧碱产品规格不同,耗能不同,因此在烧碱行业选取的二级指标规定为电解单元的单位产品二氧化碳排放量指标,因为,电解单元的能耗占整个烧碱行业能耗的90%以上,以此可以体现企业之间二氧化碳排放量的不同。

在聚氯乙烯行业,无论是电石法还是乙烯法,选取的都是生产界区内电力、蒸汽以及天然气的消耗来计算二氧化碳的排放量,这三种能源消耗已经占据单位产品综合能耗的99%以上,因此,聚氯乙烯的温室气体排放指标的二级指标统一为单位产品二氧化碳排放量指标。

5.2.6 产品特征指标

产品特征指标主要按照烧碱产品、聚氯乙烯树脂产品质量方面的主要特性进行确定,二级指标主要包括产品的合格品率以及一等品率等。

5.2.7 清洁生产管理指标

针对烧碱和聚氯乙烯企业实际情况,主要从企业是否符合国家和地方有关环境法律法规、是否进行了清洁生产审核、环境管理制度是否健全、清洁生产管理是否完善、环境管理相关方面是否满足要求、三废处置是否符合先关标准等方面考虑。

5.3 指标权重的确定

清洁生产评价指标的权重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。是根据该项指标对烧碱和聚氯乙烯企业清洁生产中所起的作用、影响程度大小以及其实施的难易程度来确定的。指标权重的准确与否在很大程度上影响评价指标体系的准确性和科学性。随着研究的深入,指标权重值的确定方法也由最初的依据研究者的实践经验和主观判断来确定权重,逐步发展为层次分析法(AHP)确定权重。

烧碱和聚氯乙烯企业清洁生产评价指标体系中一级、二级指标的各项指标的权重值见下表3-表5。

表3 烧碱企业清洁生产评价指标项目、权重及基准值表

序号	一级指标	一级指标权重	二级指标	二级指标单位	二级指标权重	I级基准值	II级基准值	III级基准值
1	生产工艺及装备	0.1	①节能型离子膜电解槽占比	%	0.7	100%	≥75%	≥50%
2			除硝工艺	—	0.3	采用膜法除硝工艺		采用氯化钡去除硫酸根
3	能源消耗	0.1	*单位产品综合能耗	kgce/t	1	≤315	≤330	≤350
4	水资源消耗	0.1	单位产品取水量	m ³ /t	1	≤4	≤4.5	≤5.5
5	原/辅料消耗	0.1	②原盐消耗 (折百计算)	kg/t	1	≤1500	≤1525	≤1540
6	资源综合利用	0.1	盐泥处理处置率	%	0.5	100%		
7			水重复利用率	%	0.5	≥90%	≥80%	≥70%
8	污染物产生	0.2	单位产品废水产生量	t/t	0.5	≤4	≤4.5	
9			盐泥(干基)	kg/t	0.5	≤40	≤45	≤50
10	温室气体排放	0.1	电解单元单位产品(以100%烧碱计)二氧化碳排放量	t/t	1	≤1.34	≤1.40	≤1.46
11	产品特征	0.05	合格品率	%	1	100%		
12	清洁生产管理	0.15	*产业政策符合性	—	0.1	未采用国家明令禁止和淘汰的生产工艺、装备。		
13			*达标排放	—	0.1	污染物排放满足国家及地方政府相关规定要求。		

14			*总量控制	—	0.1	污染物许可排放量、二氧化碳排放量及能源消耗量满足国家及地方政府相关规定要求。		
15			清洁生产审核	—	0.15	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生定期开展清洁生产审核活动，中、高费方案实施率≥80%。	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≥60%。	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≥50%。
16			清洁生产管理	—	0.1	按照 GB/T 24001 建立并运行环境管理体系,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。		
17			污染物排放监测	—	0.05	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。		
18			污染物处理设施运行管理	—	0.05	建有废水、废气处理设施运行中控系统，按照排污许可证规定建立治污设施运行台账。	按照排污许可证规定建立治污设施运行台账。	

19			节能管理	—	0.05	建立节能工作组织机构； 每年制定节能技改计划， 落实率达到 90 以上；按国家 规定要求，组织开展节能评估 与能源审计工作。	每年制定节能技改计划， 落实率达到 70 以上；按 国家规定要求，组织开展 节能评估与能源审计工 作。	按国家规定要求，组织开 展节能评估与能源审计 工作。
19			二氧化碳排放管理	—	0.05	按《中国化工生产企业温 室气体排放核算方法与报 告指南》等有关国家规定， 开展二氧化碳排放核算工 作，建立档案，并进一步 开展节能减排技术改造。	按《中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报 告指南》等有关国家规定，开展二氧化碳排放核算 工作，建立档案。	
20			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		
21			计量器具配备情况	—	0.05	计量器具配备满足符合国家标准 GB 17167、GB 24789 三级计量配备要求。		
22			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。		

23			一般工业固体废物管理	—	0.05	对一般工业固体废物加以循环利用，利用率高于80%，且按照 GB18599 相关规定对暂时不利用或者不能利用的一般工业固体废物进行贮存或处置。	对一般工业固体废物加以循环利用，利用率高于60%，且按照 GB18599 相关规定对暂时不利用或者不能利用的一般工业固体废物进行贮存或处置。	对一般工业固体废物加以循环利用，利用率低于60%，且按照 GB 18599 相关规定对暂时不利用或者不能利用的一般工业固体废物进行贮存或处置。
24			危险废物管理	—	0.05	根据《危险废物规范化管理指标体系》综合评估，危险废物规范化管理情况为“达标”。		

注：1.①节能型离子膜电解槽包括氧阴极离子膜电解槽、膜极距（零极距）离子膜电解槽和极小极距离子膜电解槽。

2.②采用卤水为原料的按照氯化钠折百计算。

3.*的指标项为限定性指标。

4.“—”代表不做具体要求。

表4 电石法聚氯乙烯企业清洁生产评价指标项目、权重及基准值表

序号	一级指标	一级指标权重	二级指标	二级指标单位	二级指标权重	I级基准值	II级基准值	III级基准值	
1	生产工艺及装备	0.1	电石破碎工序除尘系统是否正常运行，粉尘达标排放。	—	0.1	是			
2			电石渣浆是否采用乙炔回收技术。	—	0.1	是			
3			是否采用盐酸脱析装置。	—	0.1	是			
4			是否采用气相汞高效回收技术。	—	0.2	是		除汞器活性炭更换周期 ≤6个月	
5			氯乙烯精馏尾气是否采用回收技术。	—	0.2	回收氯乙烯、乙炔和氢气	回收氯乙烯和乙炔	回收氯乙烯	
6			聚合母液是否回收利用	—	0.2	聚合母液 100%回收利用至工艺用水。	聚合母液 100%回收利用至生产界区用水。		
7			高沸物中二氯乙烷是否回收	—	0.1	是	否		
8	能源消耗	0.1	*单位产品综合 通用聚氯乙烯树脂	kgce/t	0.5	≤190	≤250	≤270	

9			能耗	糊用聚氯乙烯树脂	kgce/t	0.5	≤400	≤460	≤480
10	水资源消耗	0.1	单位产品新鲜水消耗量（不含无离子水）		m ³ /t	1	≤8	≤9	≤10
11	原/辅料消耗	0.1	单位产品电石（折标 ^① ）消耗量		kg/t	0.4	≤1400	≤1420	≤1450
12			单位产品低汞触媒消耗量		kg/t	0.6	≤0.9	≤1.0	≤1.1
13	资源综合利用	0.1	电石渣处理处置率		%	0.5	100%	≤95%	≤90%
14			水重复利用率		%	0.5	≥90%	≥80%	≥75%
15	污染物产生	0.2	单位产品废水产生量		t/t	0.3	≤10	≤12	≤15
16			单位产品化学需氧量（COD _{Cr} ）产生量		kg/t	0.2	≤20	≤22	≤24
17			单位产品废水中总汞产生量		g/t	0.3	≤1.5	≤1.8	≤2.0
18			单位产品精馏、干燥尾气废气产生量		m ³ /t	0.2	≤12000	≤12500	≤13000
19	温室气体排放	0.1	单位产品二氧化碳排放量		t/t	1	≤0.80	≤0.90	≤1.10
20	产品特征	0.05	一等品率		%	1	≥98%	≥95%	≥92%

21	清洁生产管理	0.15	*产业政策符合性	—	0.1	未采用国家明令禁止和淘汰的生产工艺、装备。		
22			*达标排放	—	0.1	污染物排放满足国家及地方政府相关规定要求。		
23			*总量控制	—	0.1	污染物许可排放量、二氧化碳排放量及能源消耗量满足国家及地方政府相关规定要求。		
24			清洁生产审核	—	0.15	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≥80%。	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≥60%。	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≥50%。
25			清洁生产管理	—	0.1	按照 GB/T 24001 建立并运行环境管理体系，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。		
26			污染物排放监测	—	0.05	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。		
27			污染物处理设施运行	—	0.05	建有废水、废气处理设施运行中控系统，按照排污许	按照排污许可证规定建	

			管理			可证规定建立治污设施运行台账。	立治污设施运行台
28			节能管理	—	0.05	建立节能工作组织机构； 每年制定节能技改计划， 落实率达到 90 以上；按国 家规定要求，组织开展节 能评估与能源审计工作。	每年制定节能技改计划， 落实率达到 70 以上；按 国家规定要求，组织开展 节能评估与能源审计工 作。 按国家规定要求，组织开 展节能评估与能源审计 工作。
29			二氧化碳排放管理	—	0.05	按《中国化工生产企业温 室气体排放核算方法与报 告指南》等有关国家规定， 开展二氧化碳排放核算工 作，建立档案，并进一步 开展节能减排技术改造。	按《中国化工生产企业温室 气体排放核算方法与报告 指南》等有关国家规定，开 展二氧化碳排放核算工作， 建立档案。
30			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	
31			计量器具配备情况	—	0.05	计量器具配备满足符合国家标准 GB 17167、GB 24789 三级计量配备要求。	
32			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。	
33			一般工业固体废物管 理	—	0.05	对一般工业固体废物加以 循环利用，利用率高于 80%，且按照 GB18599 相 关规定对暂时不利用或者	对一般工业固体废物加 以循环利用，利用率高于 60%，且按照 GB18599 相关规定对暂时不利用 对一般工业固体废物加 以循环利用，利用率低于 60%，且按照 GB 18599 相关规定对暂时不利用

						不能利用的一般工业固体废物进行贮存或处置。	或者不能利用的一般工业固体废物进行贮存或处置。	或者不能利用的一般工业固体废物进行贮存或处置。
34			危险废物管理	—	0.05	根据《危险废物规范化管理指标体系》综合评估，危险废物规范化管理情况为“达标”。		
<p>注：1. *的指标项为限定性指标。</p> <p>2.①折标电石消耗量以发气量 300L/kg 电石计算。</p> <p>3.“—”代表不做具体要求。</p> <p>4.姜钟法工艺清洁生产评价不考察资源能源消耗指标，其他参照此表执行。</p>								

表5 乙烯法聚氯乙烯企业清洁生产评价指标项目、权重及基准值表

序号	一级指标	一级指标权重	二级指标	二级指标单位	二级指标权重	I级基准值	II级基准值	III级基准值	
1	生产工艺及设备	0.1	聚合尾气、汽提尾气回收处理要求	—	0.50	聚合、汽提尾气中 VCM 制成 VCM 单体回聚合系统，不凝性气体送焚烧处理，VCM 零排放	聚合、汽提尾气中 VCM 制成 VCM 单体回聚合系统，不凝性气体进行处理后，VCM 达标排放		
2			聚合母液是否回收利用	—	0.5	聚合母液 100%回收利用至工艺用水。	聚合母液 100%回收利用至生产界区用水。		
3	能源消耗	0.1	*单位产品综合能耗	通用聚氯乙烯树脂	kgce/t	0.5	≤470	≤480	≤490
4				糊用聚氯乙烯树脂	kgce/t	0.5	≤600	≤610	≤620
5	水资源消耗	0.1	单位产品新鲜水消耗量（不含无离子水）	m ³ /t	1	≤6	≤8	≤10	
6	原/辅料消耗	0.1	单位产品乙烯消耗量	kg/t	0.3	≤470	≤490	≤500	
7			单位产品氯气消耗量	kg/t	0.3	≤600	≤610	≤620	
8			单位产品二氯乙烷消耗量	t/t	0.2	≤1.62			
9			单位产品氯乙烯消耗量	t/t	0.2	≤1.002	≤1.003		
10	资源综合利用	0.1	水重复利用率	%	1	≥90%	≥80%	≥75%	

11	污染物产生	0.2	单位产品废水产生量	t/t	0.5	≤5.6	≤5.8	≤6
12			单位产品化学需氧量（COD _{Cr} ） 产生量	kg/t	0.5	≤0.72	≤1.0	≤1.5
13	温室气体排放	0.1	单位产品二氧化碳排放量	t/t	1	≤0.90	≤1.15	
14	产品特征	0.05	一等品率	%	1	≥98%	≥95%	≥92%
15	清洁生产管理	0.15	*产业政策符合性	—	0.1	未采用国家明令禁止和淘汰的生产工艺、装备。		
16			*达标排放	—	0.1	污染物排放满足国家及地方政府相关规定要求。		
17			*总量控制	—	0.1	污染物许可排放量、二氧化碳排放量及能源消耗量满足国家及地方政府相关规定要求。		
18			清洁生产审核	—	0.15	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生定期开展清洁生产审核活动，中、高费方案实施率≥80%。	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≥60%。	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≥50%。
19			清洁生产管理	—	0.1	按照 GB/T 24001 建立并运行环境管理体系,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。		
20		污染物排放监测	—	0.05	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。		
21		污染物处理设施运行管理	—	0.05	建有废水、废气处理设施运行中控系统，按照排污许可证规定建立治污设施运行台账。	按照排污许可证规定建立治污设施运行台	
22		节能管理	—	0.05	建立节能工作组织机构；每年制定节能技改计划，落实率达到 90 以上；按国家规定要求，组织开展节能评估与能源审计工作。	每年制定节能技改计划，落实率达到 70 以上；按国家规定要求，组织开展节能评估与能源审计工作。	按国家规定要求，组织开展节能评估与能源审计工作。
23		二氧化碳排放管理	—	0.05	按《中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南》等有关国家规定，开展二氧化碳排放核算工作，建立档案，并进一步开展节能减排技术改造。	按《中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南》等有关国家规定，开展二氧化碳排放核算工作，建立档案。	
24		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		
25		计量器具配备情况	—	0.05	计量器具配备满足符合国家标准 GB 17167、GB 24789 三级计量配备要求。		
26		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。		

27			一般工业固体废物管理	—	0.05	对一般工业固体废物加以循环利用，利用率高于 80%，且按照 GB18599 相关规定对暂时不利用或者不能利用的一般工业固体废物进行贮存或处置。	对一般工业固体废物加以循环利用，利用率高于 60%，且按照 GB18599 相关规定对暂时不利用或者不能利用的一般工业固体废物进行贮存或处置。	对一般工业固体废物加以循环利用，利用率低于 60%，且按照 GB 18599 相关规定对暂时不利用或者不能利用的一般工业固体废物进行贮存或处置。
28			危险废物管理	—	0.05	根据《危险废物规范化管理指标体系》综合评估，危险废物规范化管理情况为“达标”。		
<p>注：1.*的指标项为限定性指标。</p> <p>2.“—”代表不做具体要求。</p>								

5.4 指标基准值的确定

构建烧碱和聚氯乙烯行业清洁生产指标体系后，确定该指标体系中的各项指标因子，根据其基准值来进行评价，评价指标的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标准。

5.4.1 定量评价指标基准值的确定

定量评价指标的基准值分三级，分别选取清洁生产先进（标杆）水平、清洁生产准入水平和清洁生产一般水平。可根据以下几项原则来确定烧碱和聚氯乙烯行业清洁生产的评价基准值：

- （1）尽量采用已有国家标准的或国际标准的指标值作为基准值；
- （2）参考或类比国内外烧碱和聚氯乙烯行业的现状值作为基准值；
- （3）对那些目前统计数据不十分完整但在指标体系中又十分重要的指标，在缺乏有关指标统计数据前，采用专家咨询确定。

各项指标标准值或根据行业实际水平确定，或根据国家或行业标准进行确定。主要参照的现行标准：

《烧碱单位产品能源消耗限额》（GB 21257-2014）

《聚氯乙烯树脂单位产品能源消耗限额》（GB 30527-2014）

《烧碱、聚氯乙烯工业污染物排放标准》（GB 15581—2016）；

《大气污染物综合排放标准》（GB 16297—1996）

5.4.2 定性评价指标基准值的确定

定性评价指标的基准值根据国家法律、法规和标准并结合企业现状确定，衡量该项指标是否贯彻执行国家有关政策、法规，以及企业的生产状况，按“是”或“否”两种选择来评定。选择“是”即得到相应的分值，选择“否”则不得分。

综合以上方面因素，确定出评价指标项目、权重及基准值。

6 评价方法

6.1 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。

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

式中：

x_{ij} ——第 i 个一级指标下的第 j 个二级指标；

g_k ——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；

$Y_{g_k}(x_{ij})$ ——二级指标 x_{ij} 对于级别 g_k 的隶属函数。

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。

6.2 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 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，需对该类一级指标项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如公式 5-3 所示：

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

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。

6.3 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2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3步计算。

新建企业或新建项目不再参与第3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。

6.4 烧碱和聚氯乙烯生产企业清洁生产水平的评定

对新建烧碱和聚氯乙烯生产企业或新扩改建项目、现有烧碱和聚氯乙烯生产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。根据目前我国烧碱和聚氯乙烯行业的实际情况，不同等级的清洁生产企业的综合评价指数判定值规定见表6。

表 6 烧碱和聚氯乙烯行业不同等级清洁生产企业综合评价指数

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； ——非限定性指标全部满足II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	满足 $Y_{III} = 100$ 。

按照现行环境保护政策法规以及产业政策要求，凡企业被地方生态环境主管部门认定为
 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），或被地方工业
 和信息化主管部门认定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
 该企业不能参与清洁生产等级评价。

7 指标体系实施的可行性

7.1 指标体系实施的技术可行性

为使本标准实施具有较强的可操作性，既不让企业高不可攀和望而生畏，又能使所有的
 烧碱和聚氯乙烯企业在做出一定努力后能够达标，通过现场调查、资料检索、专家访谈的形
 式，调研烧碱和聚氯乙烯生产企业的生产技术报表、环保监测数据。

本标准的提出考虑到我国烧碱和聚氯乙烯生产企业的现实状况，从绿色发展、清洁生产
 与环境保护角度出发，以企业为主体，以烧碱和聚氯乙烯生产为主线，各项指标数值的确定
 参考全国重点烧碱和聚氯乙烯生产企业的技术经济指标，并兼顾了多数企业的状况，以便真
 实客观地反映烧碱和聚氯乙烯行业清洁生产的现状。重点行业节能减排先进适用技术指南、
 国家重点节能低碳技术推广目录，以及国内烧碱和聚氯乙烯企业开展清洁生产工作的先进管
 理经验等为促进清洁生产提供了有力的技术支撑，因此，本标准的实施在技术上是可行的。

7.2 指标体系实施的经济可行性

本标准包括定性指标和定量指标，定性指标主要对烧碱和聚氯乙烯生产过程、设备及管

理提出的要求，这些指标与企业的生产活动是紧密相关的，例如装置能力和自动化水平，装置能力高有利于采用自动化控制，可使生产平稳运行，有利于企业进行各种物料的回收和循环，减少消耗，减少排污。此外，许多企业都在实施相应的管理体系，其中包含一些环境管理的内容，这些内容与清洁生产标准是兼容的，企业愿意接受这些要求。另一类指标为定量指标，其指标用数值表述，例如：烧碱和聚氯乙烯产品的盐耗、电石消耗、乙烯消耗、新鲜水消耗、综合能耗等，这些指标是烧碱和聚氯乙烯工业内部考核的经济指标，直接关系到企业产品的成本，正是企业所追求的，因此，这些指标的实现不会给企业增加任何经济负担。

本指标体系颁布后对推动烧碱和聚氯乙烯企业提高清洁生产水平将有积极的促进作用，通过推动烧碱和聚氯乙烯企业节能、降耗、减污、减碳、增效、改善管理，进一步改善企业及周边地区环境质量，提高企业经济效益和社会效益。

8 指标体系实施的污染减排潜力分析

（1）促进生产工艺技术装备的创新

本指标体系提出了适合我国烧碱和聚氯乙烯企业清洁生产定量与定性指标内容，将有助于我国烧碱和聚氯乙烯企业提升生产工艺技术装备水平，特别是注重生产过程中污染物减排技术、盐泥、电石渣综合利用技术，从生产的技术研发和硬件建设上为节能、减污、减碳奠定基础。

（2）完善健全烧碱和聚氯乙烯企业清洁生产组织管理

我国大多数烧碱和聚氯乙烯企业实施清洁生产走的是生产工艺技术升级改造和技术进步的道路，并且也收到了一定的效果，但忽视了运用管理手段来全面地、系统地、自觉地对本企业生产过程资源与能源消耗、污染物产生与排放进行有效地控制，大多数企业没有能够有效地建立起清洁生产审核组织，需要借助咨询机构来完成，而不能自主、自觉地开展清洁生产审核活动。为解决这一问题，本指标体系特别提出了在烧碱和聚氯乙烯企业建立清洁生产领导机构和管理制度，应有清洁生产年度工作计划，定期开展清洁生产审核活动，从而使开展清洁生产活动成为企业自觉主动、持续有效的行为。