

《电石工业污染物排放标准》(征求意见稿)
编制说明

《电石工业污染物排放标准》编制组
二〇一五年十月

项目名称：电石工业污染物排放标准

项目统一编号：394

项目主管部门：环境保护部科技标准司

项目主管人员：王宗爽、王晟

编制单位及人员：中国环境科学研究院

王红梅 张凡 王凡 石应杰 刘宇

内蒙古鄂尔多斯市环境保护中心监测站

玛喜毕力格 韦玉良 张荣 张荣 赵正斌

中国电石工业协会

孙伟善 戎兰狮 焦阳

目 录

1 项目背景	22
1.1 任务来源.....	22
1.2 工作过程.....	22
2 行业概况	24
2.1 我国电石工业概况.....	24
2.2 行业在其他国家和地区发展状况	28
2.3 其他需要说明的问题.....	31
3 标准制订的必要性分析	32
3.1 国家及环保主管部门的相关要求	32
3.2 国家相关产业政策及行业发展规划中的环保要求	33
3.3 行业发展带来的主要环境问题	35
3.4 行业清洁生产工艺和污染防治技术的最新进展	36
3.5 现行环保标准存在的主要问题	36
4 行业产排污情况及污染控制技术分析	37
4.1 行业主要生产工艺及产污分析	37
4.2 行业排污现状	43
4.3 污染控制技术分析	44
5 标准主要技术内容	46
5.1 制订原则.....	46
5.2 标准适用范围	47
5.3 标准结构框架	47
5.4 术语和定义	48
5.5 污染物控制项目选择	49

6 污染物排放浓度限值的确定及制定依据	51
6.1 大气污染物排放浓度限值的确定	51
6.2 水污染物排放浓度限值的确定	55
7. 国内外相关排放标准研究	56
7.1 国外相关标准研究	56
7.2 电石行业现行标准	59
7.3 与国内外排放标准对比分析	61
8 实施本标准的环境效益及经济技术分析	62
8.1 实施本标准的环境（减排）效益	62
8.2 实施本标准的经济技术分析	65
9 标准实施的建议	65
9.1 本标准实施需配套的管理措施、实施方案建议	65
9.2 本标准下一步修订建议	66
9.3 与本标准实施相关的科研项目建议	66

1 项目背景

1.1 任务来源

根据国家环境保护部下发的“十一五期间需要制定的国家环境保护标准落实及申报情况”中项目编号 394 的《电石工业污染物排放标准》项目计划任务书的批复，2009 年环保部就标准承担单位进行了公开招标，由中国环境科学研究院和内蒙古鄂尔多斯市环境保护中心监测站组成的联合体中标，共同制定《电石工业污染物排放标准》。2010 年环保部下发的《关于下达 2010 年度国家环境保护标准制修订项目计划的通知》（环办函【2010】486 号）文中，将《电石工业污染物排放标准》列入 2010 年的环境标准制（修）订项目计划，由中国环境科学研究院牵头组织制订。

根据工作需要，中国环境科学研究院联合内蒙古鄂尔多斯市环境监测中心站共同成立了标准编制组，拟定工作计划并开展相关标准的编制工作。

1.2 工作过程

任务下达后，标准编制组对标准的制定背景、制定的基本思路和制定重点展开专题研究，具体工作过程如下：

- 2010 年 6 月：成立标准编制组，确定标准编制的原则、方法和技术路线；
- 2010 年 6-12 月：行业背景情况调查：调查生产工艺、污染物排放情况，咨询行业、企业及环保方面相关专家（中国电石工业协会、浙江巨化电石公司、北京天立环保公司），收集国内外相关标准和产业政策、环保政策；
- 2010 年 6 月-2011 年 6 月：收集监测数据（内蒙古乌海氯碱化工竣工验收、亿利能源竣工验收、元亨化工达标监测、同源化工污染源监测等），并进行典型电石企业数据监测与调研（内蒙古新华结晶硅、同源化工等）；
- 2011 年 1 月-2011 年 11 月：从产业发展政策、行业现状及发展趋势、国家环境保护政策、污染物减排目标、污染物控制技术和经济投入等多方面考虑，编制开题报告，准备开题论证。
- 2011 年 11 月 3 日，环境保护部科技标准司在北京组织召开开题报告论证会。环境保护部环评司和污防司、北京市劳动保护科学研究所、环保部环境工程评估中心、中国石化联合会、中国电石工业协会、天立环保股份有限公司、河北盛华化工公司的代表组成论证委员会，对标准制订的技术路线、拟开展的主要工作等进行了深入讨论。专家组提出以下修改意见和建议：

(1) 该标准的控制对象应以大气污染物为主，兼顾其他污染物；
(2) 大气污染物控制项目以颗粒物、二氧化硫、氮氧化物为主，对氰化物进一步研究确定；

(3) 排放限值的确定应与电石工业的技术政策和准入条件相衔接。

- 编制组采纳专家组的建议和意见，对氰化物排放情况进行了进一步调研和专项监测。

2012 年，某电石企业对密闭电石炉气中的氰化物进行了测试，经过 31 组数据统计分析，其平均值为 $27.7\text{mg}/\text{m}^3$ 。由于炉气主要用途是用作燃料或化工原料，氰化物不直接排放。浙

江巨化公司检测中心曾经对其密闭电石炉炉气用作锅炉燃料的情况进行了检测,炉气锅炉入口氰化物含量为 $30\text{mg}/\text{m}^3$, 而煅烧后检测不出氰化物【¹】。

2013年6月,鄂尔多斯市环境保护中心监测站分别对密闭电石炉气和内燃式电石炉排放废气开展了氰化氢排放浓度的专项监测,其中密闭电石炉炉气氰化氢平均含量 $0.67\text{mg}/\text{m}^3$ (6组数据),炉气不直接排放,用于气烧窑煅烧石灰石的燃料。内燃式电石炉排放口氰化氢平均含量 $1.76\text{mg}/\text{m}^3$ (6组数据),因直接通过烟囱排放,其排放浓度超过了卫生部《工作场所有害因素职业接触限值》(GBZ2.1-2007) $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 的排放限值,有可能对工作场所人员造成健康风险。

通过相关的资料调研、现场调研和监测,将内燃式电石炉烟气排放口的氰化物排放限值纳入本标准限值,密闭电石炉气不会对周边环境造成污染,不列入本标准。

■ 将中国电石工业协会纳入标准编制组

电石行业是高耗能、高污染和产能严重过剩的行业,近期正在发生重大产业结构调整。一方面占产量60%以上(2010年)的内燃式电石炉正在大规模淘汰,预计在2015年底前80%以上内燃式电石炉将彻底淘汰;另一方面,占产量40%以下(2010年)的密闭式电石炉在大规模兴建,预计2015年底前将占产量的80%以上。电石企业在大量兼并重组中,内燃炉和密闭炉污染物排放状况相差很大,标准编制组对先进密闭电石炉企业的了解和数据的采集都有一定难度,行业的变化对标准的制定产生了很大不利影响。为使标准排放限值的制定更加合理,更好的促进电石行业开展污染物减排,电石企业更加注重清洁生产,本标准的制定需要加强与电石行业的合作。

2013年11月,标准编制组经过慎重考虑并征得环保部科技标准司的同意,将中国电石工业协会纳入标准编制组,负责收集国内外电石行业概况、国家相关产业政策及行业发展规划、行业生产工艺及产排污现状数据收集,协助中国环境科学研究院开展现场调研及标准文本的编制工作。

■ 标准征求意见稿编制

编制组根据开题论证会的修改意见和建议,标准编制组明确了标准修订原则,并按任务分工开展了相关工作。编制工作主要是通过重点企业调查(资料研究、现场监测),对我国电石工业的污染物排放和控制状况进行技术经济评估,同时考虑行业环境影响、参考国家行业相关政策要求,最后确定排放标准限值和相关技术、管理规定,并适当分析达标成本和环境效益。

2014年4月2日,电石协会向全国主要会员单位发布了“关于调查电石行业污染物排放情况的通知”。通知指出:按照国家环境保护部要求,由中国环境科学研究院牵头制定《电石工业污染物排放标准》,中国电石工业协会参与部分制定工作。本标准将规定电石工业企业大气污染物的排放限值、监测和监控要求,以及标准的实施与监督等相关规定。标准的制定将引导行业健康发展,推动节能减排工作有效进行。为保证标准制定的相关数据合理可行,符合行业实际情况,请相关电石生产企业积极如实填报《电石企业环境情况调查表》。收集到9家主要电石企业101台电石炉(密闭93条,内燃8条)、配套炭材干燥窑及石灰窑等的调查数据。编制组对数据进行了整理和筛选。

【¹】谭霞 电石炉气热能利用及除尘技术 环境污染与防治 2000年10月第22卷第5期第19页

在上述工作基础上，标准编制组重点对电石工业大气污染物排放设施、污染物控制项目及指标、排放限值水平、相关技术与管理规定、配套监测分析方法等标准主要技术内容进行了论证、确定，起草了《电石工业污染物排放标准（征求意见稿）》和编制说明。

2 行业概况

2.1 我国电石工业概况

电石作为重要的基础化工原料，在保障国民经济平稳较快增长、满足相关行业需求等方面发挥着重要的作用。我国资源“少油、缺气、煤炭相对丰富”的现状，决定了电石仍将在今后的国民经济发展中具有不可替代的重要作用。近年来，我国电石行业发展速度较快，已成为世界第一生产和消费大国。2010年，世界电石产能约2700万吨，其中我国电石产能约占世界总产能的96%^{【1】}。

电石产品属于化学原料及化学制品制造业中的无机盐（电石）制造业。此外，电石属于煤化工下游产业链品，在化工标准体系中被纳入煤化工标准体系。我国是世界上最大的煤化工生产国，煤化工产品种类多、生产规模较大，是世界上唯一大规模采用电石法路线生产聚氯乙烯（PVC）的国家。

2.1.1 行业规模现状

2008年，我国内燃式电石炉占产能的比例约80%。随后的2009年及2010年，国内电石行业的淘汰落后产能、节能减排等政策逐步落实，电石行业的产能增长速度明显放缓，但行业发展增速仍高于GDP发展增速。由于加速淘汰落后产能，工艺先进的密闭式电石炉产能逐年上升，2009年占产能的36%，2010年已占产能的40%，但电石炉炉气的利用水平还有待进一步提高。资源综合利用和节能减排工作还需要进一步加强。

随着“十二五”计划的开展，2011年及2013年国内电石行业产能过剩、产能分布零散的状况得到一定程度的改观，产业结构得以有效的优化整合。

2013年底，电石产能3790万吨/年，产量2234万吨，2013年开工率为58.9%（若扣除2013年实际停产的产能847万吨，开工率为81%）。其中，技术装备水平较高、节能减排效果显著的密闭式电石炉产能为2290万吨/年，占总产能的比重由2007年以前的不足10%提高到60%，实际产量占到71.5%；技术装备和节能环保水平相对落后的内燃式电石炉产能为1500万吨/年，比重下降到40%，实际产量约占28.5%。我国电石生产及消费情况见表1。

表1 2000年—2012年国内电石生产、消费和装置开工率情况

年 度	2000	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
产量（万吨）	340	1177	1482	1420	1600	1650	1850	2000	2234
产能（万吨）	480	1150	1490	1864	2299	2250	2400	3230	3790
产能发挥%	70.8	102.3	99.5	73	66.5	65	72.4	61.9	58.9
出口量（万吨）	10.0	9.1	12.0	11.6	12.9	14.0	18.5	15.8	14.2
表观消费量	330	1168	1470	1408	1587	1636	1831	1984	2220

【1】 戎兰狮 中国电石行业现状及电石法聚氯乙烯发展前景分析 中国氯碱 2011年12月

电石生产的自动化水平和机械化程度的不断提高，能耗和物耗呈现不断下降的趋势。目前，吨电石原材料消耗，炭素低于 0.6 吨、石灰 1 吨、电极糊消耗 30 千克，水耗也有明显降低。电炉电耗和综合能耗的下降趋势也比较明显。2009 年，电石吨产品消耗标煤 1018 千克，比 2005 年的 1196 千克，下降 15%。

我国电石工业起步较晚，生产电石的历史最早可以追溯到 1935 年。解放前，国内仅有几台 300KVA 的小电石炉，产品主要用于生产照明用的乙炔气。新中国成立后，吉林省先后建成 2 台 1750KVA 的电石炉，后来又分别扩容改造为 3000KVA 和 6000KVA。化工部成立后，吉林电石厂从苏联引进了变压器容量为 40000KVA 的长方形三相半密闭式电石炉，为国内电石行业的发展奠定了基础。之后 20 多年，国内电石产能增长速度一直比较缓慢，平均每年只能新增 10 万吨。八十年代初，国内拥有各种类型的电石炉 430 多台，变压器总容量约为 130 万 KVA，折合产能 240 万吨/年。改革开放以后，电石产能增长速度有所提高，但是幅度不大，产品仍主要用于生产溶解乙炔，PVC 等下游行业对于电石产能增长的贡献率不高。进入 21 世纪后，我国经济发展不断提速，国内市场对于 PVC 等电石下游产品的需求量迅速增长，电石行业也因此进入黄金发展期。2000 年，国内电石产能达到 480 万吨/年，产量为 340 万吨。至 2008 年，我国电石产能已达到 1864 万吨，占世界总产能 90%以上。

2.1.2 行业内企业地理分布

目前，电石行业已出现产能过剩矛盾，但是仍有部分企业有在建或拟建项目电石项目。预计到 2015 年国内电石产能超过 4000 万吨/年。

由于原料和能源供应等因素，华东、华南等沿海发达地区的电石生产已大幅度萎缩，而发电能力集中、石灰石和焦炭、兰炭等资源较丰富的华北和西北成为我国主要的电石产区。近年来，电石产能向能源、资源产地集中的趋势非常明显。绝大部分新投产和在建产能均集中在内蒙古、新疆、宁夏、陕西、甘肃等西北地区。2013 年，这 5 个省（区）的电石产量均超过 100 万吨。2013 年各省主要电石产量的分布情况见图 1，2006 年到 2013 年底，我国电石产量分布情况见表 2。

表2 2006 年-2013 年国内电石产量主要分布情况

省 份	内蒙古	山西	陕西	宁夏	甘肃	新疆	贵州	四川
2010 年产量	411.8	32.2	104.9	237.4	97.5	173.4	39.5	76.0
占全国比例	28.17	2.20	7.18	16.24	6.67	11.86	2.70	5.20
2011 年产量	476.8	35.3	115.6	273.1	102.1	278.4	46.9	72.3
占全国比例	27.4	2.0	6.7	15.7	5.9	16.0	2.7	4.2
2012 年产量	495.1	42.6	146.7	309.5	126.8	312.1	37.3	70.7
占全国比例	24.8	2.1	7.3	15.5	6.3	15.6	1.9	3.5
2013 年产量	720.1	25.6	167.3	319.6	126.7	435.4	23.0	79.6
占全国比例	32.2	1.1	7.5	14.3	5.7	19.5	1.0	3.6



注：电石主产区为华北和西北，前5位电石大省（内蒙、新疆、宁夏、陕西和甘肃）产量占全国的80%

图1 2013年我国主要省份电石产量分布图

2.1.3 行业主要产品状况

电石作为有机化工的基本原料，发达国家上世纪五、六十年代开始用石油化工取代。但我国由于能源结构的特点，电石仍然是重要化工原料。

电石主要用于PVC、乙炔类、醋酸乙烯等生产。2013年，国内电石表观消费量为2220万吨，与2000年相比增长了673%，年均增长率达到51.7%。消费量快速增长的同时，电石消费结构也发生了一定变化。近年来，PVC电石消费量的增速逐渐放缓，占消费总量的比重也呈缓慢下降趋势。2013年，国内电石产品的72%用于生产PVC，8%用于生产溶解乙炔，用于出口的量不到1%，其余用于生产醋酸乙烯、1,4-丁二醇、氰胺化钙等下游产品。近年来，1,4-丁二醇行业发展较快，已经成为电石消费新的增长点。表3是我国2010年到2013年电石的消费结构状况。

表3 2010-2013年国内电石消费结构

年度	合计	PVC	占总量%	其他行业	占总量%
2010	1636	1270	77.6	366	22.4
2011	1831	1375	75.1	456	24.9
2012	1984	1421	71.6	563	28.4

2013	2220	1561	70.3	659	29.7
------	------	------	------	-----	------

2.1.4 行业产品市场供应、进出口状况

我国电石下游产品种类较多，但是目前电石消费的大部分都集中在 PVC 生产。2010 年，电石法 PVC 产能约 1700 万吨，占到总产能的 83%，产量 800 万吨，占总产量的 70%以上。预计随着电石法 PVC 产能的陆续投产，PVC 行业对于电石的需求量将继续增长，占电石总消费量的比例也将继续提升。这意味着我国电石产品市场将主要依赖于 PVC 生产的发展，发展风险比较大。拓宽电石产品的应用领域，降低对 PVC 生产的依赖程度，是电石行业生存和发展的当务之急。表 4 是我国电石法 PVC 产量及比例。

表4 2001~2010 年我国电石法 PVC 产量及比例变化 单位：万吨

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2009	2010
PVC 总产量	298	350	420	500	649	824		1130
电石法 PVC 产量	160	207	254	297	422	589		880
电石法比例	53.7%	59.1%	60.5%	58.8%	65.0%	71.4%	60%	77.9%

2.1.5 行业发展趋势预测

与国际先进水平相比，我国电石行业在技术装备、能耗水平、产业集中度等方面仍有待提高。我国已掌握了丰富的电石法生产经验和专有技术，并在工艺设计、设备制造和循环经济方面取得了很大进展。但是电石法仍面临着市场环境、原料供应、环境保护等多方面挑战。

我国电石行业正朝着大型化、密闭化、集约化和综合利用方向发展。“十二五”期间行业的另一项重要任务是推进企业结构调整，提高产业集中度。要鼓励电石企业与上下游企业相互参股、企业间兼并重组。“十二五”期间，电石行业将全面推广能耗低、污染排放少的大型密闭电石炉，落实工信部要求的 1.65 万 KVA 以上内燃炉全部改造成密闭炉的方案，对不宜改造的存量内燃炉必须配套环保治理设施，实现炉气达标排放，提高自动化水平及安全性。

在产业布局上，要推进电石产能向资源、能源产地集中。此外，要推动电石产业向煤电一体化方向发展，建设煤—热电—焦炭—化工—建材一体化项目，发展循环经济产业链。我国电石行业的发展趋势具体表现在：

(1) 企业规模越来越大、集中程度越来越高

我国电石行业正处于结构优化的转折期，大型新建企业快速进入市场，而小型企业却退出缓慢，这就使得近年来，我国电石行业总产能稳步增长。这与企业产能规模越来越大、集中度程度越来越高是密不可分的。

目前，我国 60 万吨级以上的大型电石生产企业共计 13 家，其中有 10 家企业位于西北地区，最大产能高达 200 万吨/年。根据国家统计局数据显示，截至 2013 年底，内蒙古、新疆、宁夏、陕西、甘肃等五个省区电石产量均已超过百万吨，分别为 720.1 万吨、453.4 万吨、319.6 万吨、167.3 万吨、126.7 万吨，合计产量达到 1787.1 万吨，占全国总量的 80.0%。电石向中西部集中的态势日趋明显。

产能规模大，集中度高的企业、在资金供应、原料采购、生产成本等方面，都具有着小型企业所无法比拟的竞争优势。因此，在电石行业的结构优化整合之下，企业产能规模越来越大，集中度越来越高将成为该行业的新特点之一。

与此同时，下游 PVC 行业产能虽然同样发展迅速，但因受到了国内外经济大环境欠佳的明显影响，市场表现疲软，行业整体开工率有限，对电石需求的增速有限。因此，国内电石行业面对产能，产量的双重稳增局面，更为激烈的市场竞争在所难免。

（2）向配套氯碱装置模式的方向转型

近年来，国内 PVC 市场疲软，多数氯碱企业纷纷建立自己配套的电石装置以降低综合成本，其中，产能前十名的电石企业中，仅有一家没有配套氯碱。

① 氯碱企业配套生产模式

在经过了多年的发展，我国“电石—氯碱”配套一体化的循环经济产业链已具有一定规模。与此同时，随着循环经济在氯碱及相关行业中进一步深入推行，“电石-氯碱”一体化项目在电石行业中所占的比重仍在逐步加大。预计，2014 年国内与氯碱企业配套的电石产能所占电石总产能的比例可达 42%左右。而在 2015 年，该数字有望继续稳中有增。

2013 年是国内前期建设的电石法 PVC 氯碱项目集中投产的一年。与之相对应的，电石行业的需求热度自然也增长迅速。但受国内外经济大环境欠佳的影响，PVC 市场的下游需求却始终难尽人意。面对此局面，国内氯碱企业纷纷完善原料电石的供应体系，通过降低生产成本来提高自身的竞争力。

通过分析，配套型电石企业的主要优势可归为两大方面。一方面就是企业的成本优势，因配套企业的电石设备多为先进的大型密闭炉，加上所用电多来自自备电厂，所以由规模大，费用低而带来的相对成本优势，显而易见；另一方面，就是企业的生产稳定性方面，集团化的生产方式，使得电石装置的开工与检修，均需要与配套的 PVC 装置相对应，这无疑使得企业效率更高，生产计划也更为合理。

② 非氯碱企业配套生产模式

21 世纪初期，因国内电石行业尚缺乏具体的政策引导，加之技术门槛较低，西北，尤其是内蒙古及宁夏两地出现了大量的小型电石生产企业。行业的快速发展，带来了资源利用率低、产能重复建设等问题。但自 2007 年起，《电石行业准入条件（2007 年修订版）》，《符合电石行业准入条件的企业名单》及《电石行业淘汰落后生产能力名单》等诸多政策性文件的公布，意味着国家开始从政策层面引导中国电石行业的发展。

在众多非氯碱配套型电石企业中，企业规模大小自然参差不齐。至 2013 年底，国内最大的非氯碱配套的电石企业产能达 100 万吨/年以上，而 5 万吨/年的小型企业，同样不在少数。2014 年是“十二五”计划的关键之年，我国电石行业的结构优化调整的力度势必将继续加大。

与配套型电石企业相比，非配套型电石企业的优劣势刚好相反。其优势主要集中在生产及运营的灵活度上。非配套型电石企业可根据市场需求以及原料供应的情况来合理的制定最适合企业自身的生产计划。其劣势是生产成本偏高，政策性制约等。近年来，非氯碱配套型电石企业正积极开拓其它下游产品，如石灰氮、双氰胺、1, 4-丁二醇等，且所占行业的比重增速明显。随着国内外经济环境的变化，多元化的发展模式是我国电石行业结构优化调整的重要目标之一。由此可见，国内电石行业的“氯碱为主，多元并存”的发展模式愈发成熟。

2.2 行业在其他国家和地区发展状况

自 19 世纪电石合成以来，电石的生产经历了多个发展阶段。

1892 年研究出利用电炉加热氧化钙和焦炭合成电石。1895 年建立世界上第一个电石工厂，生产技术处于萌芽时期。

20 世纪初，相继发明了自动烧结电极和半密闭式电石炉，电石生产工艺得到改进。

第二次世界大战以后，挪威和联邦德国相继发明了埃肯型和德马格型密闭炉，使得电石生产技术有了较大的进步。电石炉容量进一步扩大，能耗进一步降低。

20 世纪 70 年代，发明了空心电极，电石原料的利用率进一步增大。到现在，先进的电石炉中，原料中的粉末料含量可以达到 20%~25%。同期，美国将计算机控制引入电石生产，使得电石生产实现了自动化，电石生产条件进一步优化，原料消耗和能耗得到改善。

2.2.1 国外电石生产状况

日本、美国、德国都是世界上电石工业发达的国家，这些国家电石生产的技术设备和经济技术指标方面处于世界领先地位。

(1) 日本电石生产状况

日本电石创始于 1901 年，当时只有一座 50 千瓦的小型电石炉，最初生产的电石用于金属的切割与焊接。1908 年日本开始生产石灰氮，因而电石工业迅速发展。1912 年日本电石年产量只有 1000 吨，而 1925 年已超过 10 万吨。以电石乙炔为原料合成乙醛和醋酸的生产工艺出现后，又为电石生产的发展带来了机遇。1941 年日本电石年产量达到 36 万吨。二战后日本的电石工业迅猛发展，1945 年日本电石年产量下降到 14 万吨。此后，随着乙炔化学工业的发展，电石生产又得到迅速恢复，日本电石产量每年增长 5~10 万吨，1950 年日本电石年产 48 万吨，1956 年为 100 万吨，1967 年达到 183 万吨，占世界第一位。这也是日本电石工业史上最高水平。其后，由于生产醋酸、醋酸乙烯和 PVC 等的原料工艺路线由乙炔转变到乙烯，使电石的产量迅速下降。2008 年受金融危机影响，下降至 24 万吨，近两年基本稳定在 26.5 万吨。

日本所生产的电石主要用于有机合成工业，如乙醛、醋酸、醋酸乙烯、PVC、聚苯乙烯、聚乙烯醇缩醛、聚丙烯腈、丁醇、辛醇、三氯乙烯等。其次是用于生产石灰氮。自从有机合成工业的原料工艺路线由乙炔转到乙烯以后，用于生产有机合成工业产品的电石减少到最低程度，以电石乙炔为原料的有机合成工厂大都转产。而电石需要量减少得较多的是肥料生产。

日本电气化学公司和大同制钢公司共同研制出出料机，使电石生产实现机械化操作。另外，为了充分利用原料加工所产生的粉末，日本还发明空心电极技术，使得原料利用率进一步提高，电石成本降低。

日本电石生产的经济技术指标在世界上处于领先地位，1981 年，日本电石工业公司某厂的经济技术指标已达到《清洁生产标准 电石行业》(HJ/T 430-2008) 要求，具体指标见表 5^[3]。

表5 日本某电石厂经济技术指标（1981 年）

电石发气量	L/Kg	300
电能单耗	Kw.h/t	3050

【3】熊谟远 电石生产及其深加工产品 化学工业出版社，2001.6 第 2-8 页

焦炭单耗（折标煤）	Kg/t	550
-----------	------	-----

（2）美国电石生产状况

美国是世界上第一个生产电石的国家，早在 19 世纪末就建成了世界上第一座电石炉，容量为 300KVA。之后美国的电石工业迅速发展，到 1965 年美国的电石产量达到 100 万吨以上，与日本、德国同居世界前列。

1976 年美国将电子计算机用于电石生产过程，通过电子计算机寻求生产最佳值，使得电石炉的生产能力和电石质量得到提高，生产电石的能耗降低。表 6 所列为自动控制与常规操作电视炉的对比。

1960 年，美国的电石消费分配为：有机合成 85%，金属切割与焊接 15%，到 1975 年，美国用于有机合成的比例下降到 15.3%，金属切割与焊接占到 70.7%，钢铁脱硫 8.5%，乙炔制炭黑 5.5%。

表6 不同操作状况对比

生产情况	产量 (t/d)	质量(L/Kg)	电耗(Kw.h/t)	灰耗(Kg/t)	设备利用率 (%)
自动控制	195	305	3034	870	98
常规操作	160	293	3174	910	94.2

（3）德国电石生产状况

德国也是世界上生产电石较早的国家之一，1960 年的电石产量为 110 万吨，目前已下降到 79 万吨。电石用途与日本相似，主要用于有机合成工业，制造石灰氮，金属切割与焊接以及钢铁生产脱硫等。

1952 年联邦德国的德马格公司建成两座容量分别为 20000KVA 和 42000KVA 的密闭电石炉。后来克纳普沙克-格雷斯基姆的一家电石公司建成两座 47700KVA 的电石炉，实现大规模、自动化操作，电石生产的各项经济技术指标得到大幅度的改善。同期联邦德国的巴登苯胺纯碱公司改进了电石生产方法，发明了氧热法电石生产技术，由于其经济技术指标不甚合理，未能实现工业化生产。

2.2.2 行业内企业数量级及地理分布状况

目前，除中国外，只有日本、美国、欧盟等还保留少量的电石生产装置。目前美国只有 1 家正在生产的电石工厂：建于 1941 年，位于肯塔基州北部路易斯维尔市。2004 年欧洲电石产量大约为 30 万吨^{【4】}，挪威的电石厂停产后，欧洲还有四家电石厂：德国、瑞典、奥地利和西班牙。波兰、斯洛伐克、斯洛文尼亚也有电石产品报道，但没有产量方面的可靠数据提供。

【4】2006 年 10 月欧盟 BAT 文件

2.2.3 行业主要产品年产量及产能

日本、美国、欧盟的电石产能分别为 33.4 万吨/年、29.3 万吨/年和 30 万吨/年，2004 年欧盟产量最大的德国年产 12-13 万吨，瑞典、奥地利和西班牙，每家年产量约 3.5 万吨。

2.2.4 行业产品市场供应、进出口情况

产品主要用于生产氯丁橡胶、石灰氮、钢铁脱硫以及金属焊接切割用的乙炔气等。目前，发达国家仍然采用乙炔路线生产的除 1, 4-丁二醇和少数精细化工产品生产装置外，其他装置以维持现状为主，其电石生产已大部分被淘汰，所需的电石从发展中国家进口。

2.2.5 行业发展趋势预测

发达国家电石行业在 20 世纪六七十年代达到顶峰。虽然发达国家电石生产技术先进，但随着石油化工的发展，乙烯生产途径趋于多元化，电石乙炔系列产品由于相对较高的能耗和污染，逐步退居次要地位。

在发达国家，石油化工已基本覆盖和替代乙炔化工产品，且绝大部分产品生产工艺先进，低污染，竞争力强。目前还在不断加大科研开发力度，新技术和新产品层出不穷。而乙炔化工合成工艺虽相对简单，但受工艺、催化剂和污染等因素的制约，发达国家一般都不再在科研开发上有太大的投入，技术呈萎缩和淘汰的趋势。

2.3 其他需要说明的问题

多年来，中国电石工业粗放式发展，主要体现在以下几方面：

(1) 企业布局 and 结构不合理的局面还没有得到根本的改观。

到 2010 年底，中国共有电石企业 382 家，除北京、天津等 7 个省和直辖市以外，其余地区都有电石生产装置。国内电石生产企业的规模参差不齐，其中规模最大的企业生产能力超过百万吨，产能小于 5 万 t 的电石企业仍占企业总数的 40%。

(2) 整体工艺技术水平落后，技术创新能力还有待提高。

作为行业先进生产力的代表者-环保型、节能型密闭炉的比重还只占总产能的 60%。电石炉气主要用于气烧石灰窑，其利用水平还有待进一步提高。资源综合利用和节能减排工作还需要进一步加强。

(3) 电石消费对 PVC 行业的依赖程度较大。

目前电石消费的大部分都集中在 PVC 生产。2010 年，电石法 PVC 产量 880 万 t，消费电石 1320 万 t，占电石总消费量的 70%以上。降低对 PVC 生产的依赖程度，是电石行业生存和发展的当务之急。

(4) 行业发展与资源、环境的矛盾依然十分突出。

电石行业是能源密集型行业。在中国石油、煤炭等能源供应紧张，对电石产业影响较大。能源在电石生产中，不仅作为燃料、动力，而且作为原料，在产品成本中占有很大比重，电力和兰炭等能源费用占到电石总成本的 70%以上，电力、煤炭价格的上扬，将使电石企业生产和经营压力进一步加大。

据测算，每生产 1t 电石，内燃式电石炉每吨要排放约 9000Nm³ 烟气。按照 2009 年中国电石的产量计，内燃式电石炉排放的含尘烟气量近 1000 亿 m³。这不仅浪费了能源，还给生态环境带来危害。目前，国内外对环境保护的重视程度越来越大，随着环境保护要求的提高，

企业的环保成本将不断上升。因此，加快内燃式电石炉的改造步伐，尽快提升行业技术水平，电石行业才会有发展的空间。

3 标准制订的必要性分析

3.1 国家及环保主管部门的相关要求

3.1.1 国家对环保和本行业的最新要求

(1) 《清洁生产标准 电石行业》(HJ/T430 2008)

2008年4月8日，环保部发布《清洁生产标准 电石行业》(2008年8月1日实施)，对电石炉炉气、出炉口烟气和焦炭烘干窑尾气末端处理前粉尘产生指标制订了相关的清洁生产指标值。

(2) 《关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量的指导意见》国办发(2010)33号

2010年5月14日，国务院办公厅转发环境保护部等部门《关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量的指导意见》指出：大气污染联防联控的重点污染物是二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、挥发性有机物等，重点行业是火电、钢铁、有色、石化、水泥、化工等；严格控制传统煤化工等产能过剩行业扩大产能项目建设，提高环境准入门槛，优化区域工业布局，加大重点污染防治力度。

(3) 《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》

2011年3月16日，国务院发布了《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》，其中提出加大环境保护力度。主要污染物排放总量显著减少，化学需氧量、二氧化硫排放分别减少8%，氨氮、氮氧化物排放分别减少10%的约束性指标，要求强化污染物减排和治理，实施主要污染物排放总量控制，推进火电、钢铁、有色、化工等行业二氧化硫和氮氧化物治理，强化脱硫脱硝设施稳定运行，深化颗粒物污染防治。

(4) 《关于执行大气污染物特别排放限值的公告》(环保部公告2013年第14号)

2013年2月27日，环境保护部发布《关于执行大气污染物特别排放限值的公告》。公告明确规定，“为进一步加强大气污染防治工作，根据国务院批复实施的《重点区域大气污染防治“十二五”规划》的相关规定，在重点控制区的火电、钢铁、石化、水泥、有色、化工等六大行业以及燃煤锅炉项目执行大气污染物特别排放限值。”公告要求，“执行大气污染物特别排放限值的地区为纳入规划的重点控制区，共涉及京津冀、长三角、珠三角等“三区十群”19个省(区、市)47个地级及以上城市”。公告中对新建项目明确规定“对于石化、化工、有色、水泥行业以及燃煤锅炉项目等目前没有特别排放限值的，待相应的排放标准修订完善并明确了特别排放限值后执行，执行时间与排放标准发布时间同步。

(5) 国务院《大气污染防治行动计划》国发[2013]37号

2013年9月10日，国务院发布了《大气污染防治行动计划》。提出了防治工作的十条具体措施，其中与电石行业相关的具体措施有：一是减少污染物排放。加快重点行业脱硫脱硝除尘改造；二是严控高耗能、高污染行业新增产能，提前一年完成电石等21个重点行业“十二五”落后产能淘汰任务；三是大力推行清洁生产，重点行业主要大气污染物排放强度到2017年底下降30%以上；五是强化节能环保指标约束，对未通过能评、环评的项目，不得批准开工建设；六是推行激励与约束并举的节能减排新机制，加大排污费征收力度；七是用法律、标准“倒逼”产业转型升级。制定、修订重点行业排放标准。加大违法行为处罚力度；九是将

重污染天气纳入地方政府突发事件应急管理,根据污染等级及时采取重污染企业限产限排等措施;十是落实企业治污主体责任,动员全民参与环境保护和监督。

3.1.2 “十二五”规划中有关本行业的要求

(1) 《国家环境保护“十二五”规划》国发〔2011〕42号

2011年12月15日,国务院发布《国家环境保护“十二五”规划》中提出:到2015年,二氧化硫排放量要在2010年的基础上削减10%,氮氧化物削减8%。推进主要污染物减排,加大二氧化硫和氮氧化物减排力度,加强工业烟粉尘控制,着力减少新增污染物排放量;加大钢铁、有色、建材、化工等重点行业落后产能的淘汰力度,提高重点行业污染物排放标准和清洁生产评价指标;鼓励各地制定更加严格的污染物排放标准。

(2) 《重点区域大气污染防治“十二五”规划》

2012年9月27日,国务院批复并同意实施《重点区域大气污染防治“十二五”规划》。规划要求依据地理特征、社会经济发展水平、大气污染程度、城市空间分布以及大气污染物在区域内的输送规律,将规划区域划分为重点控制区和一般控制区,实施差异化的控制要求,制定有针对性的污染防治策略;对重点控制区,实施更严格的环境准入条件,执行重点行业污染物特别排放限值,采取更有力的污染治理措施;重点控制区内新建火电、有色、化工等6大行业重污染项目必须满足大气污染物排放标准中特别排放限值要求,除火电外其他行业实施时间与排放标准发布时间同步。

3.2 国家相关产业政策及行业发展规划中的环保要求

3.2.1 行业发展规划

(1)《电石工业“十二五”发展规划》中提出,到2015年,大型密闭式电石炉的比重提高到80%以上,并基本实现电石炉气的综合利用。全行业资源及能源消耗水平有显著下降,吨电石单位产品综合能耗下降至1吨标煤以内。将产能在1.65万KVA及以上的内燃式电石炉改造成2万KVA及以上的密闭式电石炉,并对电石炉气实现综合利用。

(2)《规范煤化工产业有序发展的通知》(发改产业【2011】635号)重申严格产业准入政策。在国家相关规划出台之前,暂停审批单纯扩大产能的焦炭、电石项目,禁止建设不符合准入条件的焦炭、电石项目,加快淘汰焦炭、电石落后产能

(3)国务院办公厅《石化产业调整和振兴规划》(2009年)要求:今后三年停止审批单纯扩大产能的电石等煤化工项目。加快淘汰电石等产品的落后产能,提高污染防治和产业发展水平。

3.2.2 行业产业政策

(1) 《内燃式电石炉改造为密闭式大型电石炉实施方案》(征求意见稿)

2010年12月29日,中国石油和化学工业联合会《内燃式电石炉改造为密闭式大型电石炉实施方案》(征求意见稿)提出:计划用5年时间,将约600万吨/年的内燃式电石炉改造为大型密闭式电石炉,提高能源利用效率,减少废弃物排放量,促进行业可持续发展;

(2) 《部分工业行业淘汰落后生产工艺装备和产品指导目录》工产业[2010]第122号

2010年10月13日,工信部《部分工业行业淘汰落后生产工艺装备和产品指导目录》涉及电石行业淘汰的内容是:开放式电石炉,单台炉变压器容量小于12500KVA的电石炉(2010年);

(3) 《国务院关于进一步加强淘汰落后产能工作的通知》(国发[2010]7号)

2010年4月6日,《国务院关于进一步加强对淘汰落后产能工作的通知》指出:电石行业2010年底前淘汰6300KVA以下矿热炉;

(4) 《产业结构调整指导目录(2011年本及修改条款)》

2011年3月27日,国家发展改革委第9号令公布《产业结构调整指导目录(2011年本)》。2013年2月16日,国家发展改革委第21号令公布《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录(2011年本)〉有关条款的决定》修正)指出:国家产业政策明令淘汰单台炉容量小于12500KVA的电石炉及开放式电石炉。

3.2.3 行业准入政策

(1) 《电石行业准入条件》颁布实施(2005年版)

2005年,为响应国家提出的构建“资源节约型、环境友好型”社会的号召,推动我国电石行业转变经济增长方式,提升发展水平和发展质量,规范发展秩序,同时适应新形势下行业发展对于结构调整、节能减排、安全生产提出的新要求,国家发改委制定并颁布了《电石行业准入条件》(2005年版),从生产企业布局、工艺与装备、能源消耗和综合利用、环境保护、监督管理等5个方面,对于已投产的电石装置和拟在建电石项目做出相应的要求。推动了企业规模的持续扩大,产业集中度也不断提高,国内电石产业布局日趋合理;推动了行业的淘汰落后工作及行业技术装备水平持续提升;也促使行业节能减排工作深入开展,同时企业管理水平不断提升,生产安全得到了有效地保障。

(2) 《电石行业准入条件》(2007年修订)

2007年,根据电石行业的发展变化情况,国家发改委组织有关专家对《准入条件》(2005年版)进行了修订,形成了《电石行业准入条件》(2007年修订),并于2007年10月12日正式实施。该版本在准入门槛、工艺设备、淘汰落后、技术改造、节能降耗、环保安全等多个方面对电石企业提出了更加严格的要求,比如规定“新建电石企业电石炉初始总容量必须达到100000KVA及以上,其单台电石炉容量不得小于25000KVA”;“新建电石生产装置必须采用密闭式电石炉,电石炉气必须综合利用”;“2010年底以前,依法淘汰现有单台炉容量5000KVA以上至12500KVA以下的内燃式电石炉”;“鼓励现有单台炉容量5000KVA以上至12500KVA以下的内燃式电石炉改造为密闭式电石炉,也可以改造为16500KVA以上的内燃式电石炉”;“现有单台炉容量12500KVA及以上的内燃式电石炉,2010年底以前必须改造为合格的内燃式电石炉,鼓励改造为密闭式电石炉”;“新建和扩容改造的电石生产装置吨电石(标准)电炉电耗应 \leq 3250kw.h,现有装置吨电石(标准)电炉电耗应 \leq 3400kw.h”等。

(3) 《电石行业准入条件(2014年修订)》

2014年,按照《国务院关于化解产能严重过剩矛盾的指导意见》文件精神,对电石行业提出了新的要求,于2014年1月颁布实施了《电石行业准入条件(2014年修订)》。新的准入条件将对电石产能实行总量控制。以后将重点按照上下游配套发展的理念对电石生产企业进行兼并重组和布局优化,不再新增孤立的电石生产厂点。2015年底以前,将依法淘汰能耗、环保、安全达不到标准的电石生产装置。新建或改扩建电石生产装置必须进入工业园区,并有相应的下游产业与之配套;现有电石生产企业要在2020年底前进入工业园区,并

就近与下游产业形成紧密关联关系，以使电石生产产生的污染物、副产物、剩余物等能够得到综合治理和利用。

新建或改扩建电石生产装置必须采用先进的密闭式电石炉，单台炉容量不小于40000KVA，建设总容量（一次性建成）要大于150000KVA。新建或改扩建电石生产装置吨电石（折标发气量300L/Kg）电炉电耗 \leq 3200kw.h 综合能耗 \leq 1.0t 标准煤。现有电石生产装置要在2015年底前达到上述标准；电石炉炉气必须100%回收和综合利用，鼓励用于生产高附加值的化工产品；生产界区内的粉料必须综合利用；鼓励对电石生产中的显热和余热进行回收利用。新建或改扩建电石生产装置，必须依法进行环境影响评价。电石炉大气污染物排放必须符合《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB9078-1996）中“铁合金熔炼炉”的排放标准。新的环保标准出台后，按新标准执行。此外还对固体废物的处理处置，扬尘、烟尘的排放等作出要求。

（4）电石行业淘汰落后产能情况

近年来，我国节能减排形势日益严峻，社会高速发展与资源能源紧缺的矛盾逐渐凸显，因此，国家对电石等重点行业的节能减排工作也提出了更加严格的要求，电石行业认真贯彻执行《国务院关于进一步加大淘汰落后产能工作的通知》要求，落实《电石行业准入条件》等产业政策要求，一批规模、能耗、环保不达标的电石企业和生产装置被强制关停并拆除。从2007年至2013年，电石行业共淘汰落后产能697.34万吨，电石炉420台，完成了国家淘汰落后产能的任务。

其中，2007年第一批淘汰落后产能57.42万吨，电石炉91台；2007年第二批淘汰落后产能22.14万吨，电石炉22台；2008年第三批淘汰落后产能104.76万吨，电石炉66台；2009年第四批淘汰落后产能46.68万吨，电石炉31台；2010年第五批淘汰落后产能74.47万吨，电石炉31台；2011年电石行业淘汰落后产能152.91万吨，电石炉78台；2012年分两批共淘汰电石行业落后产能125.51万吨，电石炉55台；2013年分三批共淘汰电石行业落后产能113.45万吨，电石炉46台。电石产能淘汰情况见表7。

表7 电石行业淘汰落后产能情况

年 度	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	合计
台数（台）	113	66	31	31	78	55	46	420
产能（万吨）	79.57	104.76	46.68	74.47	152.91	125.51	113.45	697.35

【注】数据来源于中国电石工业协会

一系列产业政策的实施，给电石行业的环保工作提出了更高的要求，也成为制订该行业污染物排放标准的有力依据。

因此制定电石行业的污染物排放标准，规范对新建和现有电石企业的环境保护管理工作，引导行业向清洁、健康的方向发展是非常必要的。

3.3 行业发展带来的主要环境问题

电石行业是高耗能、高污染行业。行业主要分布在资源、能源相对集中，但技术经济相对落后的地区。我国电石行业的产量占世界的95%以上，由此带来的环境污染日益凸显。

由于企业数量众多，大部分电石企业生产规模小，生产工艺、设备、技术相对落后，不利于开展污染治理和资源综合利用；环境管理方面因缺乏有针对性的行业标准而较被动；经济及技术的原因使末端治理水平不高，效果不好。

在我国，环境污染问题还没有引起电石行业的足够重视，目前国家还未出台这方面的政策，现有电石企业主要针对颗粒物采取烟气除尘措施，由于现有排放标准要求低，多数电石企业虽然采用了袋式除尘，但烟尘排放浓度依然相对较高。一些电石企业由于工艺和管理相对落后，造成了一些环境污染事件。例如，CO中毒事故，2005年2月，海吉公司电石分厂电石炉巡检工给电石炉加料过程中CO中毒晕倒，发现及时被送到医院抢救。一方面说明电石厂对安全问题不够重视，员工安全意识淡薄，另一方面也说明CO无组织排放污染严重。

3.4 行业清洁生产工艺和污染防治技术的最新进展

工信部节[2012]586号《电石行业清洁生产技术推行方案》提出：到2015年，完成电石炉气生产甲醇、二甲醚等化工产品技术、空心电极技术的工业化应用示范，并加快技术推广，逐步实现电石炉气、石灰窑尾气的高附加值利用和焦炭粉、石灰粉的资源化回收。其中，利用电石炉气生产甲醇、二甲醚等化工产品技术每吨电石可回收利用300标立方米一氧化碳，节约标煤0.142吨，减排二氧化碳0.589吨；利用空心电极技术，每吨电石可减少电极糊消耗5千克，减少石灰粉外排量90千克，炭粉60千克。

目前，电石生产普遍采用的生产方式是电热法，存在高能耗、高物耗、高污染的缺点。为克服电热法制备电石的缺点，氧热法合成电石工艺逐渐受到关注。该方法用燃料燃烧提供热量，代替原来的电弧供热。该工艺与电热法相比，节省大量的电能，操作简单且节约成本，原料可以采用粉末状从而提供传质效率。此外，氧热法产生大量的CO气体可以循环利用。鉴于氧热法的优势，一些科研院所已经对其进行了深入研究^{【5】}。

德国开发出氧热法制备电石工艺，采用竖式炉甲烷氧热裂解法的装置。该工艺的缺点是消耗了大量的氧气和焦炭导致生产成本过高，因此没有得到推广应用。日本公开过竖炉全焦氧热法制备电石的高炉设备专利。北京化工大学刘振宇提出了一种新型氧热法电石生产工艺，该法使焦炭燃烧放热和电石合成吸热耦合于同一反应器中，大大提高相间接触效率。这些对电石制备工艺的探索和研究为电石行业未来的发展开拓着新的思路。

2013年10月25日，四川川威集团召开现场技术交流会，计划利用已停产的255立方米炼铁高炉试改造成氧热法电石炉。开启了氧热法电石生产的工程试验，试验一旦成功，将会完全改变电石行业高耗能、高污染的行业现状。

3.5 现行环保标准存在的主要问题

目前，电石工业执行的大气污染物排放标准主要是《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB9078-1996)、《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)。这两项已经实施了17年，对控制我国电石行业的污染物排放和推动国内电石工业的技术进步发挥了重要作用。但随着我国电石工业的迅猛发展和近几年的结构性调整及生产格局的变化，一系列清洁生产工艺技术和末端治理技术的飞速发展，现行排放标准已远远落后于技术发展的进步，已经无法适应新世纪新形势下的电石工业的环境保护要求。

1) 现行排放标准不符合可持续发展战略要求

【5】于洋 氧热法电石反应器设计与性能模拟 硕士论文 2013年5月 第5页

电石工业是属高能耗重污染行业，要实现可持续发展战略，必须转变粗放型的发展方式。我国电石工业未来的发展就必须抓住两个方面：一是根据新出台的产业政策和相关技术政策实施技术改造和结构性调整，二是严格排放限值、大幅度削减污染物排放量。目前电石工业执行的污染物排放标准已不能适应这种新的发展形势。

2) 现行排放标准不适应我国严峻的环境形势

我国当前环境形势依然相当严峻，很多地区主要污染物排放量超过环境承载能力；长期积累的环境问题尚未很好的解决，新的环境问题又在不断产生，发达国家上百年工业化过程分阶段出现的环境问题在我国已经集中出现，环境污染造成的巨大经济损失，给人民的生活和健康造成了严重影响。

要改善我国的环境质量，就必须大幅度削减污染物排放总量。电石工业属重污染行业之一，削减污染物排放量就首当其冲，目前现行的电石工业污染物排放标准无法适应这种新要求。

3) 现行标准限值过于宽松，不利于污染防治技术的进步。

目前电石工业执行的烟尘排放限值为 $200\text{mg}/\text{m}^3$ ，由于标准中的污染物排放浓度限值是基于一九八零年代技术水平制定，目前已经显得落后，在目前常规环保投资水平条件下，这类烟尘的实际排放浓度通常可低于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 甚至 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，污染物排放限值已远落后于目前的环保技术水平。

现行标准属于综合排放标准，行业针对性不强，不利于进一步引导电石工业生产工艺及污染防治技术进步，更不利于倒逼电石工业产业结构调整和经济增长优化。

4) 现行排放与功能区对号入座，越发加重了污染地区的环境负担

环境空气三类功能区本来污染就比较严重，废气执行三类排放标准较二级标准宽松，客观上就进一步加剧了这些地区的环境污染，不利于改善环境质量。不利于促进环保技术的进步和清洁生产技术的实施，无法做到与时俱进。

因此，根据我国电石工业行业实际情况，结合国家环境管理需求制定电石工业污染物排放标准是非常必要的。

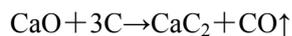
4 行业产排污情况及污染控制技术分析

4.1 行业主要生产工艺及产污分析

4.1.1 行业采用的生产原料、技术路线和生产工艺流程

电石生产的主要工艺原理是以石灰 (CaO) 和焦炭 (C) 为原料，混合后加入电石炉内，凭借电弧炉和电阻热在 $1800\sim 2200^\circ\text{C}$ 高温下反应而制得碳化钙 (CaC₂)，同时生成副产品一氧化碳 (CO)。

碳化钙的生成化学反应式如下：



电石炉是电石生产的主要设备，主要分为内燃式和密闭式两种。

(1) 内燃式电石炉：产生大量含有 CO 的炉气需在炉内燃烧后排放，产生大量含粉尘的废气，每生产 1t 电石就会产生 100kg 左右的粉尘，如果直接排放，造成严重的大气环境污染，为国家产业政策限制发展的生产工艺。

(2) 密闭式电石炉：密闭式电石炉生产过程中的副产品 CO 不直接燃烧，需要经过净化处理后作为燃料或化工产品生产回收利用。

(3) 内燃式和密闭式电石炉的差异

内燃式电石炉，生产过程中副产品 CO 在炉面上燃烧，生成含夹带粉尘的高温废气排放。

密闭式电石炉，生产过程中副产品 CO 经过净化处理后利用，正常时无废气直接排放。

现阶段内燃式电石炉和全密闭式电石炉并存，内燃式电石炉比例虽然还占 40%，但已退出主导地位。新上项目都是大型密闭式电石炉，密闭式电石炉已经超过内燃式而成为主流生产工艺。

电石炉在形式上虽有所不同，但整个电石生产工艺基本是相同的，主要生产流程和产污环节见图 2。

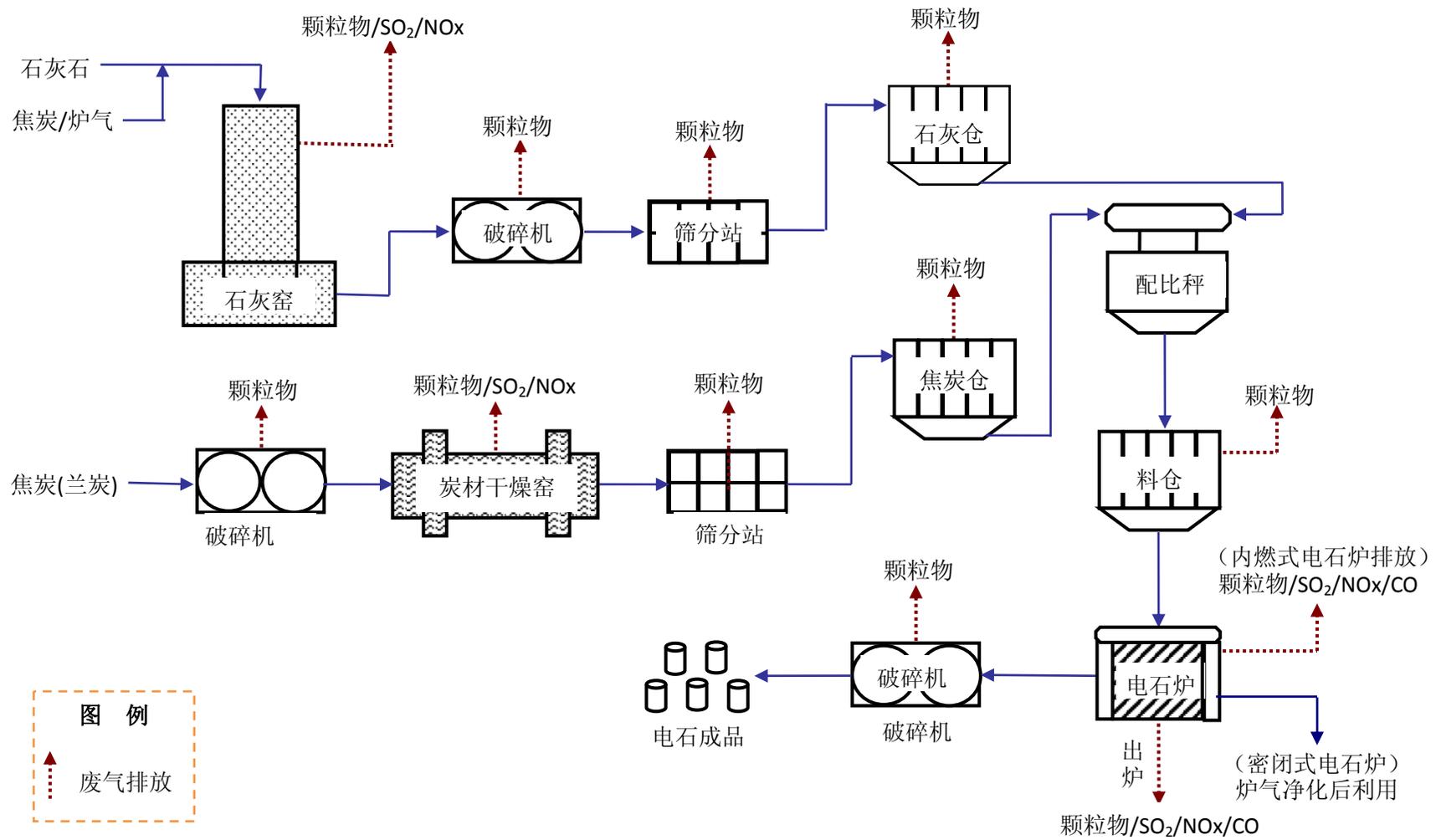


图2 主要生产工艺流程和产污环节

4.1.2 生产过程中的排污节点、排放方式

电石生产从原料石灰石、焦炭（兰炭）进厂到电石成品出厂，始终伴随着固体破碎、筛分和运输等工艺过程，都有粉尘产生，干燥窑、石灰窑、电石炉等生产中会产生烟尘和废气。

此外，燃用和烘干焦炭、煤粉等产生的废气中有二氧化硫、氮氧化物及电石反应生成的副产物一氧化碳、氢气及少量煤焦油、氰化物等。

电石行业大气污染物排放既有通过排气筒的有组织排放，又有运输、堆场、装运等无组织排放，从监测数据分析看，有组织排放处理普遍较好，袋式除尘器使用较普遍，而无组织排放颗粒物浓度相对较高。主要产污节点见图 2。污染物的具体排放情况如下，其中大气污染是电石工业的主要环境问题。

4.1.2.1 大气污染物

(1) 原料加工运输

原料石灰石、焦炭（兰炭）等加工（输送、破碎、筛分）过程中产生的颗粒物，主要成分为 CaCO_3 和 C。

(2) 石灰烧制（石灰窑）

我国电石企业大多数自己生产石灰，内燃炉一般采用混烧窑。煅烧石灰的燃料，以焦炭为主，其次是无烟煤，也有个别使用烟煤的。近几年新建的大型密闭式电石企业多数采用电石炉气做燃料气烧石灰窑。在石灰烧制排放的烟气中，主要含有颗粒物（CaO 和 C）、 SO_2 、 NO_x 等。由于石灰窑处于碱性气氛，因此二氧化硫等酸性气体排放量相对较小。

(3) 炭材干燥（干燥窑）

生产中将焦炭或兰炭用给料机送到烘干窑内，同时向窑内送热风，把物料中的水分带走，当窑内炭材水分降到 1% 时，由输送机经除铁后送到配料站，干燥窑的尾气主要是颗粒物（C）、 NO_x 和 SO_2 。

(4) 电石生产（电石炉）

密闭电石炉炉气中的主要成分为 CO 和颗粒物。仅电石炉这一工序，每生产 1 吨电石，密闭炉约产生 0.06 t 烟尘，内燃炉约产生 0.1 t 烟尘。表 8 是密闭电石炉烟气主要组分，表 9 是电石炉烟气中颗粒物的化学成分，表 10 是烟气中颗粒物的粒径分布状况^[6]。

表8 密闭电石炉烟气主要组分

主要组分（体积百分比%）							含尘量 (g/m^3)
CO	CO ₂	H ₂	O ₂	N ₂	煤焦油	氰化物	
70~90	5~8	2~7	0.5~1.5	1~8	0.5~2	微量	100~150

表9 电石炉烟气中颗粒物的化学成分

颗粒物种类	CaO	C	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	其它
质量分数（%）	37.2	34.1	15.8	0.96	7.1	4.84

表10 电石炉烟气中颗粒物的粒径分布

【6】马小刚 电石炉尾气干法冷凝除焦生产实际 工业炉 第 35 卷第 3 期 2013 年 5 月 第 28 页~29 页

粒径 (um)	0~2	2~5	5~10	10~20	20~40	>40
质量分数 (%)	37.5	19.6	21.8	15.6	4.1	1.4

密闭式电石炉产气量：生产 1t 电石产生 CO 的量为 $28 \div 64 \times 1 = 0.44$ (t)。CO 密度为 1.228kg/m^3 ，则 CO 的体积为 $0.44 \times 1000 \div 1.228 = 350$ (m^3)。电石炉尾气中 CO 含量为 70%-90%，则生产 1t 电石产生电石尾气的量为 400-500 (m^3)^{【7】}。

从表 8 可知，密闭式电石炉炉气中 $\geq 90\%$ 为 CO 和 H_2 ，并带有 0.1t~0.15t 烟尘和微量 CN^- ，如采用湿法除尘后再利用需进行水处理或闭路循环“零”排放。此外烟气中还含有部分 C 和少量煤焦油，在烟气做燃料利用时可协同去除。

内燃式电石炉电石生产时副产品 CO 在炉面接触空气燃烧成为 CO_2 ，这样 1t 电石产生的炉气由于引入过量空气，烟气体积超过密闭炉的 10 倍以上，带出的烟尘也要多于密闭炉。表 11 是两种炉型电石炉烟气的工艺参数比较情况。

表 11 内燃式和密闭式电石炉烟气工艺参数比较

炉 型	内燃式炉	全密闭炉
烟气温度 °C	350~550	500~800
排烟量 Nm^3/t	9000	400~500
含尘浓度 g/Nm^3	8~20	80~150
O_2 含量 %	17	0.5~1.5
CO 含量 %	微量	70~90
CO_2 含量 %	大量	微量
N_2 含量 %	76	1~8
H_2 含量 %	微量	2~7
焦油含量 %	微量	0.5~2
氰化物含量 %	微量	微量

(5) 成品破碎包装（其他）

成品破碎及包装过程中产生的粉尘，成分为 CaC_2 。

表 12 是主要生产工艺过程中大气污染物的成分。

表 12 电石生产工艺过程中主要大气污染物的成分

工艺过程	原料加工 运输	石灰窑、干燥 窑	电石炉烟气		成品加工
			(出炉口)	(排放口)	
颗粒物	CaCO_3 、 C	CaO 、C	CaC_2 、 C^*	CaO 、 CaC_2 、C	CaC_2
气态污染物	-----	SO_2 、 NO_x	-----	SO_2 、 NO_x 、CO、HCN	-----

* 密闭炉粉尘中含煤焦油和氰化物，内燃炉因直接在炉面上燃烧而含量较低

【7】李先军 电石生产中电石炉尾气回收利用的研究 青海科技 2011 年 4 月

4.1.2.2 固体废物

电石冶炼属于无炉渣冶炼，生产过程产生的固体废物主要是各除尘器回收的粉尘、废电极头、电炉渣、石灰筛分粉末、泥土碎石、炭粉、清炉时的废耐火材料。其中，需要特别说明的是密闭式电石炉收集的除尘灰，在烟气温度低于 220℃时，废气中的煤焦油会部分凝结附着在灰中，因此，如果暂时不能进行综合利用，应密闭贮存并进行无害化处置。其他固体废物可以采取的综合利用方式见表 13 所示。

表13 固体废物产生及综合利用情况

序号	固体废物名称	来源	类别	综合利用或处置措施
1	烟粉尘	各除尘系统	一般工业固体废物	水泥厂做原料
2	废电极头	电石炉	危险废物	返回炭素厂回收
3	石灰筛分粉末	石灰筛分	一般工业固体废物	水泥厂做原料
4	炭粉	炭材筛分	一般工业固体废物	水泥厂作原料
5	泥土碎石	石灰石筛分	一般工业固体废物	水泥厂作原料
6	废耐火材料	电炉清炉	一般工业固体废物	返回耐火材料厂

4.1.2.3 废水

电石企业废水主要为生产废水和厂区生活污水。

生产废水主要是风机、空压机等工艺设备冷却水以及车间冲洗水，对工艺设备冷却水进行冷却后封闭循环使用，但由于循环冷却水系统不断补充新水和加入药剂等带入大量致垢离子等原因，使难溶或微溶无机盐类可能达到过饱和产生水垢^{【8】}，水垢不但影响系统的冷却效果还给冷却管理系统造成腐蚀，有可能引起事故发生，因此循环冷却水会有少量清净下水排出，称为“浊排水”。生产废水水质相对清洁，达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中二级标准，不需要进行水处理可以用于厂区绿化、灌溉或直接排放。

生活污水主要为淋浴、食堂、卫生等排水，生活污水主要污染物为 COD、SS、NH₃-N 等。厂区生活废水先经一体化污水处理设施生化治理，达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中二级标准后，可用于厂区绿化、灌溉或直接排放。

因废水排放总量小，厂区绿化暂时使用不了的废水，电石企业通常会利用储水池存放和调节使用，废水不是电石企业的主要环境问题。

4.1.2.4 噪声

生产中各种固体破碎、分筛、运输等过程中机器设备运转都会产生噪声，主要噪声源有：电石炉冶炼时产生的电弧噪声、除尘风机、振动筛及各种水泵等。

对高噪音设备除尘风机、振动筛及各种水泵等运转设备选用低噪声的产品；除尘风机等气动性噪声设备上设置消声装置，以满足噪声污染控制标准。

4.1.3 排放污染物种类

电石行业污染物主要是大气污染物，颗粒物是排放量较大的污染物，此外还会排放氮氧化物、二氧化硫，内燃炉燃烧不充分时会排放少量一氧化碳和微量氰化氢。

氮氧化物(NO_x)：为最常见的刺激性气体之一，主要有氧化亚氮(N₂O，俗称笑气)、一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO₂)、三氧化二氮(N₂O₃)、四氧化二氮(N₂O₄，又称亚硝酸酐)及五

【8】吴金才 电石炉循环冷却系统水垢的危害与处理措施 化工生产与技术 2002 年第 9 卷第 6 期第 38 页

氧化二氮(N₂O₅, 又称硝酞)等。其中除五氧化二氮为固体外, 其余均为气体。除 NO₂ 外, 其余的都极不稳定, 遇光、湿或热, 最终都变为 NO₂。NO 为无色无臭的气体, 它与血红蛋白的结合力更强, 对人体更容易造成缺氧。NO₂ 为棕色气体, 可在人呼吸时到达肺, 引起呼吸系统疾病。此外, 进入大气中的上述氮氧化物与碳氢化合物(其最主要的来源是汽车尾气中未燃尽的烃类) 经太阳光照射发生复杂反应而生成“光化学烟雾”, 其中含有臭氧、甲醛、丙烯醛 H₂C=CH-C=O 等危害人体的物质, 严重时可致死。《居民区大气中有害物质的最高允许浓度》(TJ36-1979): 氧化氮(换算成 NO₂) 0.15mg/m³ (一次值)。

一氧化碳(CO): 俗称煤气, 无色、无嗅、无味、无刺激性气体, 有剧毒, 不易被液化和固化。空气混合爆炸极限为 12.5%~74%。一氧化碳通过呼吸道进入人体之后会和血液中的血红蛋白结合, 进而使血红蛋白不能与氧气结合, 从而引起机体组织出现缺氧, 导致人体窒息死亡。一氧化碳主要来源是含碳物不完全燃烧的产物。一氧化碳轻度中毒, 人会有头痛、眩晕、恶心、四肢无力等症状; 中度中毒除轻度中毒症状加重外, 并有昏迷或虚脱的现象发生, 皮肤和黏膜呈樱桃红色。严重中毒可发生突然昏倒, 昏迷可持续数小时, 甚至几昼夜, 常并发脑水肿、肺水肿、心肌损害、心律紊乱或传导阻滞、高热或惊厥, 以至死亡。急性中毒幸免于死亡者, 可能会留下各种神经系统后遗症。

氰化氢(HCN): 无机剧毒物。具有苦杏仁味的气体, 极易扩散, 易溶于水而生产氢氰酸。对人体的危害: 抑制呼吸酶, 造成细胞内窒息。短时间内吸入高浓度氰化氢气体, 可立即呼吸停止而死亡。慢性影响: 神经衰弱综合性皮炎。危险性: 其蒸气与空气可形成爆炸性混合物, 遇明火、高温引起燃烧爆炸。前苏联(1974)《居民区大气中有害物最大允许浓度》0.01mg/m³ (昼夜均值)。

4.2 行业排污现状

4.2.1 企业调查数据表

以表格的形式重点调查内燃式电石炉企业和密闭式电石炉企业生产工艺、原辅材料消耗、能源消耗、主要污染物种类、污染物产生和排放情况、产品状况及环境管理状况等, 为本标准的制定提供基础数据。

4.2.2 行业排污水平分析

污染严重的开放炉已全部淘汰, 绝大部分内燃式电石炉和密闭式电石炉配套了尾气处理装置, 行业环保水平显著提高, 但由于现有排放标准要求宽松, 电石企业污染物排放量要远远大于国外企业, 尤其是内燃炉电石企业虽然能达标排放, 但因烟气量大, 污染物排放总量较大。

4.2.3 行业废气年排放总量及占全国总排放量比例

以电石工业电石产量、石灰产量和焦炭烘干量为基础, 根据单位产品废气排放量计算行业废气年排放总量, 根据环保部公开发布的环境状况公报或环境年鉴等官方数据中全国废气的总排放量, 既可计算出电石行业废气占全国废气总排放量的比例, 详细情况见表 14。

表14 电石工业主要污染物年排放量及占全国的比

污染物指标	2010 年电石排放量 占全国比例	2013 年电石工业污 染物排放量	2013 年全国污染物 排放总量	2013 年电石排放量 占全国比例
废气 (亿 m ³)	0.17%	587.7	635519 ^[*]	0.09%

颗粒物(万 t/a)	0.73%	2.0	1234.3 ^{【*】}	0.16%
二氧化硫(万 t/a)	0.01%	4.1	2043.9	0.20%
氮氧化物(万 t/a)	0.07%	2.6	2227.3	0.12%

注：【*】因 2013 年全国排放数据未公布，以 2012 年中国环境状况统计年报数据替代

从上表分析，电石工业废气排放量从 2010 年的 0.17% 下降到 2013 年的 0.09%，颗粒物排放量从 2010 年的 0.73% 下降到 2013 年的 0.16%，主要是内燃炉大量被工艺先进的密闭炉替代的结果，而 SO₂ 和 NO_x 因电石产量的大幅度增加而增加。

4.3 污染控制技术分析

4.3.1 颗粒物控制技术

密闭电石炉气作为化工原料回收，无论是从净化、提纯的技术难度上，还是从经济合理方面考虑都还存在一定的问题，所以目前国内外一般都把净化后的炉气作为燃料气使用，大多用于锅炉、气烧石灰窑，炭材干燥、供暖等方面。

现有治理技术主要是针对颗粒物集中收集烟尘。目前电石炉除尘方式有干法和湿法技术，干法主要是使用袋式除尘器，袋式除尘占主导地位，电除尘应用越来越少。湿法主要采用烟气喷雾洗涤工艺，湿法除尘由于易造成水污染，采用的也是越来越少。

德国和日本等国家对密闭电石炉气普遍采用干法除尘净化，以代替传统的湿法除尘净化，从而避免了湿法净化带来的二次污染问题。日本 BEC 公司 70 年代开发了玻璃纤维布袋为中心的全密闭式除尘的炉气净化流程，为目前世界上较先进的炉气净化技术，但投资较高。

目前，现有治理技术主要是针对密闭式电石炉采取除尘加炉气利用技术，密闭式电石炉气的除尘和利用技术可归纳为 3 种。

(1) 湿法回收电石炉气后再利用技术

该技术的主要特点是：快速洗涤、易于熄火，在短时间内可使高温炉气降到饱和温度；温度降低后可使焦油硬化、析出。湿法净化回收利用工艺已经比较成熟，但工艺较复杂，系统的气密性要求高，安全隐患较多；动力消耗大，维护费用较高；占地面积大；排出的污水含有氰化物及大量的固体悬浮物，其含量及组成如表 15。

表15 电石炉湿法除尘废水含量及组成【9】

污水成分	CN-	固体悬浮物 1000~2000mg/L(悬浮物组成)					
	mg/L	游离物	酸不溶物	三氧化二物	氧化钙	氧化镁	其它
		%	%	%	%	%	%
组成	10~20	5~15	20~30	5~15	15~20	20~30	—

这部分污水必须经过处理，以防二次污染环境，常用的方法是加氯沉淀解毒及分离固体悬浮物，处理后的 CN 由 10~20mg/L 降至 0.5mg/L 以下，悬浮物由 1000~2000mg/L，降至 100mg/L。由于水处理过程中加入氯气，经化学反应后仍有微量余氯及微量氰化物，对自然环境仍有一些影响。

【9】李银兰 电石炉炉气净化技术 科技资讯 2012 年 No 28 75-76

由于湿法净化的主要缺点是污水中有氰根离子，即氰化物约为 20mg/L 左右，必须经多级除氰化学反应装置，使氰根离子降至 0.5mg/L 以下，才能达到国家污水排放标准，这种除尘方式占地面积大，投资大，同时运行费用高，不经济，现逐步被干法净化所取代。

(2) 直接利用后再除尘技术

我国较早利用密闭式电石炉气作为燃料直接燃烧的有杭州电化集团有限公司等。该工艺利用电石炉气在余热锅炉内燃烧，使气体及灰尘中的氰化物全部分解，并使灰尘的物理性质发生变化，由原来的疏松、轻、黏变成了结构密实、重、黏性降低，其除尘方式等同于国内成熟的锅炉除尘工艺，可使除尘难度大大降低，并解决了氰化物的污染问题。国内多家企业采用这种技术，利用锅炉产生蒸汽或发电，这套工艺后来被浙江巨化电石有限公司、四平联合化工厂、湖南维尼纶厂、西安西化热电化工有限责任公司、乌海海吉氯碱公司和张家口下花园电石厂等企业引用。前五家企业利用锅炉产生蒸汽，张家口下花园电石厂利用锅炉发电。

该工艺流程短，占地面积小，系统安全性大大增强；减少了气体中灰尘量，其物理显热与灰尘中的炭尘燃烧热值均能得到充分利用；但经高温煅烧后的电石炉气中粉尘粒度相当小，有很强的吸附性能，锅炉换热面极易黏结，清灰困难，经常需停炉清灰，大大降低了锅炉的运行效率。另外，随着电石炉生产时工况的变动，炉气量会发生变化，导致锅炉产生的蒸汽压力不稳定。如采用蒸汽发电技术，在必要时需向锅炉内喷入一定的煤粉，以保证充足的蒸汽压力，才能实现稳定发电。

(3) 干法除尘后再利用技术

发达国家的电石企业采用大容量密闭式电石炉配套气烧石灰窑(用回收电石炉气作燃料生产石灰，再用来生产电石)。为推动国内电石炉行业的技术进步，20 世纪 80 年代末，我国先后从德国、挪威、日本等国引进 8 套 25500KVA 全密闭式电石炉及中空电极、气烧窑、组合式把持器、干法除尘、计算机控制等 5 项新技术。从应用上看，组合式把持器、计算机控制 2 项技术获得了成功，而中空电极、电石炉烟气干法除尘技术没有获得成功；另外，由于烟气无法净化而不能向石灰窑提供洁净的气源，导致气烧窑技术最终失败。

目前业内已经使用的净化方法是：先将电石炉尾气经干法除尘除去大量粉尘，然后通过湿法喷淋工艺除去其他杂质和残余粉尘后进行利用，已经有企业采用这一技术，分离提纯电石炉尾气生产甲酸钠等产品。但这一研究成果仍存在两个问题：一是水洗后的煤焦油与碳化物、钙镁氧化物沉淀形成煤泥堵塞管道，影响装置的长周期连续生产；二是净化后的电石炉尾气能否达到合成氨、甲醇等化工产品对合成原料气纯度的要求，目前还需工业化装置加以验证。

新疆天业电石炉气采用干法除尘加湿法净化的组合除尘工艺，净化后的电石炉气可通过远距离管道输送。该企业净化后的电石炉气用在四个方面：电石炭材烘干、替代天然气熬制粒碱、替代部分燃煤发电、烧制石灰。电石炉气最好的利用途径是回收炉气中 CO 作为 C₁ 化学的原料。目前，该企业已经开发成功了利用净化后炉气生产 1, 4-丁二醇的工艺，并已实现商业化运营。

此外，还有小部分电石企业进行了余热的回收利用，主要是生产低压蒸汽。一台容量 20000kVA 的电石炉，炉气余热利用年可回收低压蒸汽约 5 至 6 万吨。巨化电石公司密闭电石炉气综合利用，每吨电石可下降能耗 0.15 吨标煤，青海东胜化工有限公司炉气干法净化后用于气烧石灰窑和炭材的烘干，贵州水晶集团湿法净化用于送至本厂燃气电厂发电。

4.3.2 二氧化硫和氮氧化物控制技术

由于电石炉炉内为碱性氛围，酸性气体难以存在，二氧化硫等酸性气体浓度相对较低，一般不用采取单独的治理措施。由于电石炉内没有大量的氮气存在，氮氧化物含量也相对较低。

4.3.3 一氧化碳控制技术

内燃式电石炉，生产过程中产生的副产品 CO 在炉面上燃烧，生成含夹带粉尘的 CO₂ 的高温尾气排放，通常 CO 排放量相对较小，但由于工艺中存在漏风等因素，CO 排放浓度也可能相对较高。密闭式电石炉，生产过程中产生的副产品 CO 经过净化处理后加以回收利用，正常时应无尾气 CO 排放。

目前，该行业没有针对 CO 采取的治理技术，因为 CO 主要是炉气散逸和燃烧不完全产生的，只要加强生产设备的管理及操作人员的精心操作，就可以完全避免 CO 的产生。但根据一些监测数据分析，CO 排放浓度可达到 50~557mg/m³，运行不好排放浓度还是相对较高的，需要从工艺和管理等不同方面进行控制。

4.3.4 煤焦油和氰化物控制技术

因电石炉尾气中含有一定量的焦油成分，而焦油在 180~190 °C 以下时会凝结为液体析出和粉尘混合成很粘的混合物粘结在输送管道和设备上，极易堵塞系统，为此烟气温度的必须保持在 220 °C 以上，确保焦油不被析出。通常将烟气温度控制在 220°C~260°C 之间，而有时烟气温度低，则会有煤焦油析出。在干法除尘时，烟气温度低于 220°C 就开始有焦油析出，附着在除尘灰上，因此如果除尘器温度低，焦油含量高的除尘灰就需要密闭保存和安全处置（如做水泥生料煅烧、焚烧或安全填埋等）。为了保证烟气从旋风除尘冷却出来时在 220~260 °C 之间，输送管道和过滤器必须要有拌热电缆和保温装置，这样才能避免煤焦油大量析出。

氰化物在干法除尘燃烧利用时进行协同处理，在湿法除尘时，需对含氰废水进行处理，因处理工艺复杂，达标排放处理成本高，因此这种方法已逐步被干法除尘所替代。

5 标准主要技术内容

5.1 制订原则

本标准是该行业第一次制订排放标准，既要考虑能大量削减电石生产过程中污染物排放量，还要考虑合理的经济成本，并对标准留有修改调整的空间。

本标准的制定将有助于提高电石企业的清洁生产水平；为淘汰落后生产工艺和落后产能提供法律支持；促进电石行业的污染治理技术的应用，消减行业污染物排放量；保证良好的环境质量。具体原则如下：

- (1) 以国家环境保护相关法律、法规、规章、政策和规划为指导，以保护人体健康、改善环境质量、促进环境效益、经济效益、社会效益的统一为目标。
- (2) 污染物浓度排放限值的确定以先进的生产工艺和污染物排放治理技术为基础，既要具有经济技术的可行性，也要具有一定前瞻性。
- (3) 区分新老污染源，现有企业预留整改时间 1.5 年执行较为宽松的现有企业排放限值，新建企业从标准实施之日起执行新建企业排放限值。现有企业通过加大投入和技术改造可以达到本标准新建企业的排放限值；新建企业通过采用先进的工艺、加强管理等手段达到本标准新建企业排放限值的要求。此外，根据环境保护工作的要求，在容易发生生产

重大气环境污染问题而需要采取特别保护措施的地区,应严格控制企业的污染物排放行为,在上述地区的企业执行大气污染物特别排放限值。

- (4) 对纳入全国总量控制的污染物制定相应的排放限值,对电石行业的特征污染物制定排放限值。
- (5) 根据电石工业先进生产工艺(密闭电石炉)和可行污染控制技术,制订排放限值。不区分工艺(炉型)差异,鼓励采用先进工艺。
- (6) 大气污染物排放控制采用浓度指标,以反映污染防治技术水平,方便环境管理,同时为防止稀释排放规定了窑炉烟气中 O₂ 含量。
- (7) 设定单位产品(物料)最高废气量(密闭炉废气量 500 m³/t,内燃炉废气量 9000 m³/t),通过废气污染物浓度,可以很容易核算出单位产品排放量。
- (8) 现有企业经一段时间的过渡期后,需执行新源标准,以促进生产工艺和污染治理技术进步、产业优化升级。
- (9) 在重点区域坚持环境优先,通过环境保护优化经济发展,制订大气污染物特别排放限值。

5.2 标准适用范围

本标准适用于电石工业生产过程水和大气污染物排放控制与管理,包括原辅材料的运输、破碎、筛分及转运,企业为电石生产配套建设的石灰窑、电石炉,焦炭(兰炭)烘干窑等,但不包括焦炭(兰炭)的生产过程,《炼焦化学工业污染物排放标准》(GB16171-2012)已包括生产焦炭的焦炉和兰炭的炭化炉大气污染物排放浓度限值。

不适用情况:企业外购的石灰窑生产石灰、电石炉炉气用作锅炉燃料。

5.3 标准结构框架

5.3.1 主要章节内容

本标准主要内容包括:前言、适用范围、规范性引用文件、术语和定义、污染物排放控制要求、污染物监测要求、实施与监督六部分。其中,大气污染物排放控制要求是本标准的重点。本标准对现有企业给予一定的缓冲期,期间仍执行现行排放标准;缓冲期后现有企业执行本标准的排放限值。

另外,根据环境保护工作的要求,在国土开发密度已经较高、环境承载能力开始减弱,或环境容量较小、生态环境脆弱,容易发生严重环境污染问题而需要采取特别保护措施的地区,应严格控制企业的污染物排放行为,在上述地区的企业执行本标准规定的水污染物特别排放限值。执行污染物特别排放限值的地域范围、时间由国家环境保护行政主管部门或省级人民政府确定。

根据电石工业企业污染物排放的实际情况,本标准提出了固体废物在厂区内贮存的要求。

5.3.2 执行标准的时间

(1) 建议新建企业自 2016 年 7 月 1 日起执行标准中大气污染物排放浓度限值。

(2) 考虑到现有企业整改需一定时间,建议现有企业于 2017 年 12 月 31 日前,大气污染物排放执行本标准中现有企业大气污染物排放浓度限值;自 2018 年 1 月 1 日起,执行本标准中新建企业大气污染物排放浓度限值。

(3) 执行大气污染物特别排放限值的地域范围、时间由国家环境保护行政主管部门或省级人民政府确定。

5.3.3 不同生产工艺的划分及划分依据

我国现阶段电石生产工艺主要是较为先进的密闭式电石炉和相对落后的内燃及其他电石炉，因密闭式电石炉炉气不直接排放，本标准中电石炉排放口浓度限值主要指内燃炉及其他电石炉。石灰窑和炭材干燥窑根据燃料的种类区分工艺，其中热源为炉气或天然气的石灰窑和干燥窑只监测颗粒物，采用煤或焦炭（兰炭）为热源的，要同时监测颗粒物、二氧化硫和氮氧化物。

5.4 术语和定义

本标准规定了电石工业、电石炉、内燃式电石炉、密闭式电石炉 4 个定义，规定了现有企业、新建企业、公共污水处理系统、直接排放、间接排放、排水量、单位产品基准排水量、标准状态、排气筒高度、氧含量、企业边界、单位产品基准排气量共 12 个术语。

5.4.1 电石工业

以生石灰和焦炭（兰炭）为主要原料，经过高温冶炼生产碳化钙产品的工业部门。

5.4.2 电石炉

通过高温反应制得碳化钙的电石生产设备。电石炉炉型主要包括内燃式电石炉和密闭式电石炉。

5.4.3 内燃式电石炉

指在电石炉上方设计一个集气罩，使通过电弧加热冶炼电石过程中产生的一氧化碳气体在炉面上燃烧后利用和处理，这种电石炉称为内燃式电石炉。

5.4.4 密闭式电石炉

指在电石炉上方设计一个高温炉盖，使通过电弧加热冶炼电石过程中产生的一氧化碳气体用抽气设备抽出后利用和处理，这种电石炉称为密闭式电石炉。

5.4.5 现有企业

指本标准实施之日前已建成投产或环境影响评价文件已通过审批的电石工业企业及生产设施。

5.4.6 新建企业

指本标准实施之日起环境影响评价文件通过审批的新建、改建和扩建的电石工业建设项目。

5.4.7 公共污水处理系统

指通过纳污管道等方式收集废水，为两家以上排污单位提供废水处理服务并且排水能够达到相关排放标准要求的企业或机构，包括各种规模和类型的城镇污水处理厂、区域（包括各类工业园区、开发区、工业聚集地等）污水处理厂等，其废水处理程度应达到二级或二级以上。

5.4.8 直接排放

指排污单位直接向环境排放水污染物的行为。

5.4.9 间接排放

指排污单位向公共污水处理系统排放水污染物的行为。

5.4.10 排水量

指生产设施或企业向企业法定边界以外排放的废水的量,包括与生产有直接或间接关系的各种外排废水(如厂区生产污水、冷却废水、厂区锅炉和电站排水等)

5.4.11 单位产品基准排水量

指用于核定水污染物排放浓度而规定的生产单位电石产品的排水量上限值。

5.4.12 标准状态

温度为 273.15K、压力为 101325Pa 时的状态。本标准规定的大气污染物排放浓度限值均以标准状态下的干气体为基准。

5.4.13 排气筒高度

指自排气筒(或其主体建筑构造)所在的地平面至排气筒出口计的高度,单位为 m。

5.4.14 氧含量

燃料燃烧时,烟气中含有的多余的自由氧,通常以干基容积百分数表示。

5.4.15 企业边界

指电石工业企业的法定边界。若无法定边界,则指实际边界。

5.4.16 单位产品基准排气量

指用于核定大气污染物排放浓度而规定的生产单位产品的废气排放量上限值。

5.5 污染物控制项目选择

污染物控制项目的选取应该重点考虑对人体健康和生态环境有重要影响的有毒物质、国家实行总量控制的污染物以及本行业特征污染物。本标准从普遍性、代表性和污染危害严重性三个方面考虑,在对我国电石工业生产三废排放情况进行分析的基础上,选择污染物控制项目。

5.5.1 大气污染物

5.5.1.1 大气污染物控制项目

大气污染物是本标准主要控制指标。污染因子的制定以环境质量和污染物总量控制为依据,结合产业结构布局、生产工艺设备等与污染治理有关的各项技术、经济条件为依据。

根据前述生产工艺与污染物排放分析,区分“电石炉、石灰窑、干燥窑和其他”四个生产过程,其他受控设施为“破碎、筛分、包装及其他通风生产设备”。

污染控制项目初步确定为**颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳和氰化氢**。

有组织排放和无组织排放均采用浓度标准值形式,并规定有组织排放排气筒高度限值。另外,为控制废气排放量并防止稀释排放,设立单位产品基准排气量指标。

内燃式电石炉排放口污染物控制项目包括:颗粒物、SO₂、NO_x、CO 和 HCN

内燃式和密闭式电石炉出炉口污染物控制项目包括:颗粒物、SO₂、NO_x 和 CO

石灰窑污染物控制项目包括:颗粒物、SO₂、NO_x

炭材干燥窑污染物控制项目包括:颗粒物、SO₂、NO_x

破碎、筛分、包装及其他通风生产设备污染物控制项目包括:颗粒物。

车间无组织排放污染控制项目:颗粒物和 CO

厂界无组织排放污染控制项目:颗粒物、SO₂ 和 CO

5.5.1.2 大气污染物控制指标要求

大气污染物排放中有组织排放和无组织排放均采用浓度（mg/m³）标准值形式，并规定有组织排放排气筒高度限值。另外，为控制废气排放量并防止稀释排放的环境管理要求等，本标准对受控设施的大气污染物排放设立单位产品基准排气量（m³/t 产品）指标。

对电石炉、石灰窑和干燥窑，实测烟气中大气污染物排放浓度换算到基准氧含量分别在 10%、12%和 16%状态下的数值。换算公式为：

$$C_{\text{基}} = \frac{21 - O_{\text{基}}}{21 - O_{\text{实}}} \cdot C_{\text{实}} \quad (1)$$

式中：C_基——大气污染物基准排放浓度，mg/m³；

C_实——实测排气筒中大气污染物排放浓度，mg/m³；

O_基——基准含氧量百分率，石灰窑、干燥窑及电石炉排气为 10；

O_实——干烟气中含氧量百分率实测值。

其他车间或生产设施排气按实测浓度计算，但不得人为稀释排放。

5.5.2 水污染物

电石企业排放的废水主要为生活污水和少量循环冷却水排污水。废水排放量小，无特征污染物，处理起来相对容易。因此本标准污染控制项目初步确定为 pH、SS、COD、氨氮、总氮、总磷和石油类七种常规污染物。另外，为控制废水排放量并防止稀释排放，设立单位产品基准排水量指标。

单位产品基准排水量指用于核定水污染物排放浓度而规定的生产单位电石产品的废水排放量上限值。单位产品基准排水量包括电石生产工艺废水、设备间接冷却排污水和生活污水。单位产品基准排水量主要依据《清洁生产标准 电石行业》（HJ/T 430-2008）中资源能源利用指标三级指标确定，其中现有企业、新建企业和特别排放限值单位产品基准排水量为 2m³/t、1 m³/t 和 0.8 m³/t 产品。

水污染物排放浓度限值适用于单位产品实际排水量不高于单位产品基准排水量的情况。若单位产品实际排水量超过单位产品基准排水量，须按公式（2）将实测水污染物浓度换算为水污染物基准排水量排放浓度，并以水污染物基准排水量排放浓度作为判定排放是否达标的依据。产品产量和排水量统计周期为一个工作日。

在企业的生产设施同时生产两种以上产品、可适用不同排放控制要求或不同行业国家污染物排放标准，且生产设施产生的污水混合处理排放的情况下，应执行排放标准中规定的最严格的浓度限值，并按公式（2）换算水污染物基准排水量排放浓度。

$$\rho_{\text{基}} = \frac{Q_{\text{总}}}{\sum Y_i \times O_{i\text{基}}} \cdot \rho_{\text{实}} \quad (2)$$

式中：ρ_基——水污染物基准排水量排放质量浓度，mg/L；

Q_总——排水总量，m³；

Y_i——某种产品产量，t；

Q_基——某种产品的单位产品基准排水量，m³/t；

ρ_实——实测水污染物浓度，mg/L。

若 Q_总与∑Y_i·Q_{i基}的比值小于 1，则以水污染物实测浓度作为判定排放是否达标的依据。

5.5.3 其他污染物

5.5.3.1 规定了生产过程中各种原辅材料储存，固体废物储存处置等方面的要求。

5.5.3.2 各种原材料堆场（如石灰石、炭材）应进行地面水泥硬化，露天堆场应加装防风抑尘网。

5.5.3.3 石灰、电石堆场宜采用全封闭料库，如不能完全封闭，料库四周应加装防风围墙。

5.5.3.4 各种除尘灰暂存于厂区内应密闭贮存，防止产生二次污染。电石炉除尘灰如不能综合利用，应进行无害化处置。除尘灰处置场应采取防止粉尘污染的措施，其处理处置过程应满足《固体废物处理处置工程技术导则》（HJ2035-2013）的要求。

5.5.3.5 废电极头应返回炭素厂回收利用，暂存于厂区内应封装后贮存。

5.5.3.6 炭材干燥筛分产生的炭粉末、石灰窑筛分产生的粉末应进行综合利用，暂存于厂区内应密闭贮存。

6 污染物排放浓度限值的确定及制定依据

以先进的生产工艺和污染物排放治理技术为基础，适当兼顾我国现有企业技术水平和承受能力，并参考发达国家实际控制水平，既要具有经济技术的可行性，也要具有一定前瞻性。

根据前述生产工艺与污染物排放分析，区分“石灰窑”、“干燥窑”、“电石炉”和“破碎、筛分及其他通风生产设备”四类不同性质的生产设备。它们执行不同的污染物控制项目与考核指标。

现阶段，电石炉烟气排放、石灰窑和干燥窑执行《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB9078-1996）中规定的二级标准排放限值，其中颗粒物排放浓度限值为 200 mg/m^3 ， SO_2 为 850 mg/m^3 ，电石出炉口废气和其他设备排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中规定的二级标准排放限值，其中颗粒物排放浓度限值为 120 mg/m^3 。

6.1 大气污染物排放浓度限值的确定

6.1.1 电石炉大气污染物排放限值

电石炉是电石生产企业的核心设备，也是最主要的大气排放源之一。现阶段，内燃式电石炉和密闭式电石炉共存，内燃式电石炉排放的污染物主要有颗粒物、 SO_2 、 NO_x ，因燃烧不完全和烟气泄露等还会排放 CO 和微量的 HCN。

6.1.1.1 颗粒物

内燃式电石炉颗粒物初始浓度为 $8\sim 20 \text{ g/m}^3$ ，密闭式电石炉颗粒物初始浓度为 $80\sim 150 \text{ g/m}^3$ 。内燃式电石炉气在炉面上燃烧后烟气通过袋式除尘器后排放，排放浓度可低于 30 mg/m^3 。袋式除尘器滤料多采用氟美斯等中高温滤料。因为静电除尘器除尘效果要差一些，近年来随着落后工艺的淘汰和环保要求的加强，袋式除尘器在电石行业的应用越来越多了。密闭式电石炉炉气经袋式除尘后全部进行综合利用，没有废气直接排放。

电石炉电石出炉都是间歇式的，电石炉出料整个过程的持续时间根据不同炉型和操作水平的差异约在 $15\sim 30$ 分钟，间歇性产生颗粒物。没有电石出炉时出炉口是密封的，几乎没有外逸粉尘，但在电石流出时，由于高温电石会迅速加热周围空气，造成炉口热气流急速上升，同时大量电石粉尘也会迅速充满炉口周围空间，对现场操作环境会造成很大污染。电石炉出炉口的烟气除尘采用独立的除尘系统，每次工作时间为 $20\sim 30$ 分钟，间隔时间为 1 小时左右。出炉口附近集尘罩内的负压作用将热烟气与周围冷空气迅速混合，再加上烟气管道

的散热作用，在烟气到达袋式除尘器时可以将其温度降到 110℃ 以下【¹⁰】，因此电石炉出炉口除尘器滤料可以采用中常温的涤纶针刺毡等。

《第一次全国污染源普查产排污系数手册》对内燃式电石炉排放口颗粒物数据调查结果平均排放浓度为 123.6mg/m³。本标准调研了 69 组内燃式电石炉颗粒物排放情况，**排放口**颗粒物平均排放浓度为 41.7mg/m³。调研了 92 组出炉口颗粒物排放情况，**出炉口**颗粒物平均排放浓度为 29.0mg/m³。电石炉无论是排放口还是出炉口，普遍采用袋式除尘器，因此本排放标准颗粒物限值基于采用袋式除尘器。

现有企业和新建企业**排放口**颗粒物排放限值分别为 50/30mg/m³，现有企业和新建企业**出炉口**颗粒物排放限值分别为 50/30mg/m³，特别排放限值都是 20 mg/m³。

6.1.1.2 二氧化硫

SO₂ 排放主要取决于原料焦炭（或兰炭）中硫含量，2010 年 9 月颁布的《兰炭产品品种及等级划分》（GB/T 25212-2010）提出兰炭产品的硫划分为四级，其中硫分最高的 S4 级中硫分为 0.76%~1.00%，《兰炭产品技术条件》（GB25211-2012）提出了用作电石还原剂的兰炭产品技术要求全硫<1.00%。用于电石生产的炭材原料含硫量普遍较低，因此电石炉排放口和出炉口 SO₂ 相对较低。

《第一次全国污染源普查产排污系数手册》对内燃式电石炉排放口 SO₂ 数据调查平均排放浓度为 107.1mg/m³。本标准调研了 60 组排放口 SO₂ 浓度平均值为 64.7mg/m³，28 组出炉口 SO₂ 浓度平均值为 116.7mg/m³。目前，电石炉无论是排放口还是出炉口，对 SO₂ 都没有采取污染治理措施，因此本排放标准 SO₂ 限值基于工艺先进且焦炭中含硫量<1%的电石企业的调查数据。

现有企业和新建企业**排放口** SO₂ 排放限值分别为 200/100 mg/m³，现有企业和新建企业**出炉口** SO₂ 排放限值分别为 200/150 mg/m³，特别排放限值都是 50 mg/m³。

6.1.1.3 氮氧化物

电石炉生产处于密闭的碱性氛围，其中氮气和氧气浓度低，生成的 NO_x 浓度也相对较低。

本标准调研了 58 组电石炉排放口 NO_x 浓度平均值为 49.1mg/m³，16 组出炉口 NO_x 浓度平均值为 47.6mg/m³。目前，电石炉无论是排放口还是出炉口，对 NO_x 都没有采取污染治理措施，因此本排放标准 NO_x 限值基于工艺先进的电石企业的调查数据。

现有企业和新建企业**排放口** NO_x 排放限值分别为 200/100 mg/m³，现有企业和新建企业**出炉口** NO_x 排放限值分别为 200/100 mg/m³，特别排放限值都是 50 mg/m³。

6.1.1.4 一氧化碳（内燃炉）

内燃式电石炉因在炉面上燃烧可能不完全，还存在漏风等原因，排放的烟气中含有 CO，而 CO 如果含量高会直接影响环境空气质量和工人的健康，因此对 CO 设定排放限值是必要的。

在调研过程中，收集的内燃炉数据 29 组，其中有 3 组数据异常高（557 mg/m³）没有计算在平均值内，其余 26 组数据平均值为 48.4 mg/m³。

目前，电石炉无论是排放口还是出炉口，对 CO 都没有采取污染治理措施，本排放标准限值基于电石企业的调查数据。

【¹⁰】姚木申 电石炉烟气除尘系统设计探讨与实践 中国环保产业 2010 年 3 月第 41 页

现有企业和新建企业**排放口** CO 排放限值分别为 100/50mg/m³，特别排放限值都是 40 mg/m³。

6.1.1.5 氰化氢（内燃炉）

内燃式电石炉因在炉面上燃烧可能不完全及存在漏风等原因，排放的烟气中含有微量 HCN，而 HCN 是剧毒物质，如果含量高会直接影响工人的健康，因此设定 HCN 排放限值。

在调研过程中，电石企业都没有测定电石炉废气中 HCN 含量。根据本标准开题论证会专家意见的要求，鄂尔多斯市环境保护中心监测站开展了氰化氢排放浓度的专项监测，其中密闭电石炉炉气氰化氢平均含量 0.67 mg/m³，炉气不直接排放，用于气烧窑煅烧石灰石的燃料。内燃电石炉炉气氰化氢平均含量 1.76 mg/m³，炉气直接排放。

通过相关的资料调研、现场调研和监测，因内燃式电石炉烟气直接通过烟囱排放，其排放浓度可能超过卫生部《工作场所有害因素职业接触限值》（GBZ2.1-2007）1.0 mg/m³ 的排放限值，有可能对工作场所人员造成健康风险。因此，将内燃式电石炉烟气排放口的氰化物排放限值纳入本标准限值，密闭电石炉气直接利用不会对周边环境造成污染，本标准不设排放限值。

现有企业和新建企业电石炉**排放口** HCN 排放限值以及特别排放限值都是 1.0 mg/m³。

6.1.2 石灰窑大气污染物排放限值

调研数据以较为先进的石灰窑为基础，调研了 45 组颗粒物排放数据，平均排放浓度为 45.4 mg/m³，42 组 SO₂ 平均排放浓度为 76.6 mg/m³，22 组 NO_x 平均排放浓度为 64.7 mg/m³。

现有石灰窑主要采用袋式除尘去除颗粒物，因窑中为碱性氛围，SO₂ 排放浓度较低，因窑中氮气含量有限，虽然窑内温度较高，但 NO_x 产生及排放浓度较低。

现有企业颗粒物、SO₂ 和 NO_x 排放限值分别为 50/200/200mg/m³，新建企业颗粒物、SO₂ 和 NO_x 排放限值分别为 30/100/100mg/m³，特别排放限值分别为 20/50/50mg/m³。

6.1.3 干燥窑大气污染物排放限值

调研中发现，炭材干燥窑颗粒物排放浓度明显高于其他工序，和企业交流认为，干燥窑受来料情况变化的影响较大，采用同样的袋式除尘，排放浓度常常高于石灰窑，从实际调研数据来看也得到了证实，因此标准相对放宽了炭材干燥窑的颗粒物排放限值。本标准调研了 72 组颗粒物排放数据，扣除 2 组特别高异常排放数值，平均排放浓度为 75.2 mg/m³，46 组 SO₂ 平均排放浓度为 52.3 mg/m³，20 组 NO_x 平均排放浓度为 111.7 mg/m³。

现有干燥窑主要采用袋式除尘去除颗粒物，干燥主要燃料为筛选下来的焦炭粉（用煤的很少），因此烟气中 SO₂ 含量主要取决于燃料中含硫量，也有部分企业采用电石炉废气余热进行烘干。

干燥过程主要是通过热烟气将焦炭中的水分带走，而燃烧产生的热烟气需要掺入一定的空气量降温。如果是沸腾炉温度为 1400℃-1800℃，需要掺入大量空气降温到 700℃-900℃，因此干燥窑烟气中含氧量普遍较高。根据焦炭来源不同，季节不同，炭中的水分差异很大。

现有企业颗粒物、SO₂ 和 NO_x 排放限值分别为 80/200/200mg/m³，现有企业/新建企业颗粒物、SO₂ 和 NO_x 排放限值分别为 50/100/200mg/m³，特别排放限值分别为 30/50/100mg/m³。

6.1.4 其他生产设备大气污染物排放限值

破碎、筛分及其他通风生产设备（简称“其他”）除尘，均属于冷态操作过程。一般风量较小、废气性质稳定、易于处理，电石企业一般都采用袋式除尘。

现有企业/新建企业颗粒物排放限值分别为 50/30mg/m³，特别排放限值为 20mg/m³。

6.1.5 无组织排放限值大气污染物排放限值

无组织排放是电石工业大气污染物排放的重要形式。在原燃料堆场、运输、破碎筛分、粉磨包装等，需要对电石及其他粉、粒状物料进行大量的加工、输送、装卸和贮存操作，一些不合理的设计（如露天堆存）、不完善的设备（如设备密封性差，造成跑、冒、漏、撒）、不恰当的操作（如过量装载）、不严格的管理（如漏料清扫不及时），都会造成粉尘逸散，恶化厂区及周边环境，需要加强环保监管。

本标准分别规定了厂界和电石车间的大气污染物无组织排放限值，其中提高了电石车间颗粒物无组织排放限值的要求，具体无组织浓度限值情况见表 16。

表16 大气污染物无组织浓度限值 单位：mg/m³

污染物项目	颗粒物	二氧化硫	一氧化碳	监控位置
浓度限值	2.5	--	20.0	电石车间
	1.0	0.4	10.0	厂界

其中，制定车间大气污染物无组织排放限值主要是加强车间对工人健康影响的考虑，颗粒物无组织排放限值为《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB9078-1996）表 3 的 5.0mg/m³ 的 50%，车间 CO 浓度限值是依据 2007 年卫生部《工作场所有害物质职业接触限值》（第 1 部分：化学有害因素）的要求确定的。厂界颗粒物和 SO₂ 无组织排放限值分别是《大气污染物综合排放标准》GB 16297-1996 表 2 二级标准，厂界 CO 浓度限值按《环境空气质量标准》限值考虑，一级标准和二级标准浓度限值都是 10mg/m³。

6.1.6 技术与管理规定

6.1.6.1 颗粒物无组织排放控制

电石工业的粉尘无组织排放问题较为突出，除规定厂（场）界外无组织排放监控点浓度限值外，还需要规定一些有效的技术措施、管理要求，主要是封闭、局部收尘和加强维护管理。

（1）封闭

封闭是控制粉尘逸散的最有效方法，只要工艺条件允许，应优先采用。例如一些企业的原燃料露天堆放，应逐步取消；物料输送应采取密闭式设备；采用密封式散装料房等。

电石工业企业的物料处理、输送、装卸、储存过程应当封闭，对块石、粘湿物料、浆料以及车辆装卸料过程也可采取其它有效抑尘措施，控制颗粒物无组织排放。

（2）局部收尘

电石企业中除一些主要通风生产设备有专门的废气收集、处理外，还有各种类型储库、卸料口、转运点、包装机等众多分散扬尘点，需要设置集尘罩，抽吸含尘气体进行单独或集中处理，将无组织排放转化为有组织排放。

标准统一规定：产生大气污染物的生产工艺和装置必须设立局部或整体气体收集系统和净化处理装置，达标排放。其他工业行业大气污染物排放标准中也有相同规定。

6.1.6.2 净化处理装置与生产工艺设备同步运转的要求

要求除尘装置应与其对应的生产工艺设备 100%同步运转。应保证在生产工艺设备运行波动情况下，净化处理装置仍能正常运转，实现达标排放。因净化处理装置故障造成非正常排放，应停止运转对应的生产工艺设备，待检修完毕后共同投入使用。

6.1.6.3 排气筒高度要求

由于目前污染物排放浓度显著降低，不需要高烟囱稀释排放，因此本次标准没有规定排气筒具体高度对应的最高允许排放量。

本标准规定：所有排气筒高度应不低于 15m。排气筒周围半径 200m 范围内有建筑物时，排气筒高度还应高出最高建筑物 3m 以上。

6.1.6.4 单位产品基准排气量的确定

为控制电石工业企业通过加大排气量而稀释排放的行为，本标准针对电石炉烟气设置了单位产品基准排气量限值。企业调查结果表明：内燃式电石炉单位产品排气量为 8000~9000m³/t，密闭式电石炉气单位产品排气量为 400~500m³/t。参照电石企业排气量调查结果，本标准确定内燃式电石炉和密闭式电石炉单位产品基准排气量限值分别为：9000m³/t 和 500m³/t。

6.2 水污染物排放浓度限值的确定

电石工业产生的废水排放现在执行的标准是《污水综合排放标准》（GB8978-1996），一级标准分别为 pH 值 6~9、悬浮物 70mg/L、化学需氧量 100mg/L、石油类 10mg/L、氨氮 15mg/L，总氮和总磷没有标准限值。上述污染物项目都是常规项目，处理技术成熟，经过努力一般均可达到本标准确定的标准限值。

考虑到电石工业污水特点，并参考《污水综合排放标准》（GB8978-1996）、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002），确定本标准水污染物排放标准限值。

pH 值：我国现行污水综合排放标准（GB8978-1996）pH 值为 6~9。电石工业废水 pH 值标准值确定为 6~9。

悬浮物：我国现行污水综合排放标准（GB8978-1996）中悬浮物一级标准为 70mg/L，二级标准为 200mg/L。因此，电石工业现有企业废水悬浮物标准值确定为 70mg/L，新建企业和特别限值更为严格，分别为 50 mg/L 和 30 mg/L。

化学需氧量：我国现行污水综合排放标准（GB8978-1996）中化学需氧量一级标准为 100mg/L，二级标准为 150mg/L。因此，电石工业现有企业废水化学需氧量标准值确定为 100mg/L，新建企业和特别限值更为严格，分别为 50 mg/L 和 30 mg/L。

氨氮：我国现行污水综合排放标准（GB8978-1996）中氨氮一级标准为 15mg/L，二级标准为 25mg/L。因此，电石工业现有企业废水氨氮标准值确定为 15mg/L，新建企业和特别限值更为严格，分别为 8 mg/L 和 5 mg/L。

总氮：我国现行污水综合排放标准（GB8978-1996）中没有总氮项目；城镇污水处理厂污染物排放标准（GB18918-2002）中总氮一级标准 A 标准为 15mg/L，一级标准 B 标准为 20 mg/L。因此，电石工业现有企业废水总氮标准值确定为 20mg/L，新建企业和特别限值分别为 10 mg/L 和 6 mg/L。

总磷：我国现行污水综合排放标准（GB8978-1996）中没有总磷项目；城镇污水处理厂污染物排放标准（GB18918-2002）中总磷一级标准 A 标准为 0.5mg/L，一级标准 B 标准为 1mg/L，二级标准为 3mg/L。故此，电石工业现有企业废水总磷标准值确定为 2mg/L，新建企业和特别限值更为严格，分别为 1 mg/L 和 0.5 mg/L。

石油类：我国现行污水综合排放标准（GB8978-1996）中石油类一级标准和二级标准均为 10mg/L；城镇污水处理厂污染物排放标准（GB18918-2002）中水污染物排放石油类一级标准 A 标准为 1 mg/L，一级标准 B 标准为 3mg/L。由于 GB8978-1996 石油类一级标准相对

宽松，因此综合各方面因素，电石工业新建企业废水石油类标准值确定为 3mg/L，新建企业和特别限值更为严格，分别为 2mg/L 和 1 mg/L。

考虑到间接与直接排放行为的环境影响不同，以及污水处理的技术经济合理性。一般污染物的间接排放限值根据污染源排放污染物的特点和公共污水处理系统的处理能力，并参考《污水综合排放标准》(GB8978-1996)、《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 确定。公共污水处理系统对悬浮物、化学需氧量、石油类、氨氮、总氮和总磷六种污染物的处理技术相对成熟，其间接排放限值放宽至企业直接排放限值的 200%左右。

特别排放限值是更为严格的要求。本标准执行水污染物特别排放限值的地域、范围、时间，由省、自治区、直辖市人民政府规定。

水污染物特别排放限值直接排放严于新建企业直接排放浓度限值的 40%~50%；水污染物特别排放间接排放限值为企业水污染物特别排放直接排放限值的 130%~200%。

7. 国内外相关排放标准研究

7.1 国外相关标准研究

7.1.1 美国

美国电石行业现在只有 1 家电石企业，在肯塔基州路易斯维尔-杰斐逊郡，相关标准(2003 年 2 月 9 日) 见表 17。

表17 美国电石工业地方排放标准

序号	生产工序		污染物	排放限值	备注	
1	石灰窑系统		PM	30.5b ^① /h (折合 13.8kg/h)		
			不透明度	<20%		
2	焦炭系统	干燥	不透明度	<20%		
			PM	30.5b/h (折合 13.8kg/h)		
		处理设备	NOx	300ppm (折合 615mg/m ³)		
			PM	23.0 b/h (折合 10.4kg/h)		
3	装料混合系统		不透明度	<20%		
			PM	42.75 b/h (折合 19.4kg/h)		
4	电石炉		不透明度	<15%		
			SO ₂	2000ppm (折合 5720mg/m ³)	(O ₂ =0%)	
			CO	燃烧温度>1300°F (折合 704℃)	停留>0.5 秒	
6	包装系统	U6	PM	42.75 b/h (折合 19.4kg/h)		
			不透明度	<20%		
			EP012	PM	27.04 b/h (折合 12.3kg/h)	
			EP013	PM	2.68 b/h (折合 1.2kg/h)	
			EP014	PM	31.39 b/h (折合 14.3kg/h)	
			EP015	PM	31.39 b/h (折合 14.3kg/h)	
7	炉气利用	EP021	PM	0.56 b/MMBtu ^② (折合 1.0kg/kcal)		
			SO ₂	1.0 b/MMBtu (折合 1.8kg/kcal)		

注：①重量单位，磅； ②百万英热单位，1mmBtu=2.52X10⁸cal(卡)

7.1.2 欧盟

欧盟有 4 个国家有电石生产企业，根据欧盟 IPCC 指令中无机化学工业最佳可行技术参考文件 BAT，2004 年排放情况见表 18，斯洛文尼亚排放情况见表 19。

表18 欧盟电石排放情况（2004 年）

排放源	消除污染技术	排放浓度 mg/m ³	排放量 g 颗粒物/t 电石
液态电石渣排放	抽气和布袋除尘	2	9.0
	湿法洗涤出渣废气		(76)
焦炭干燥	袋式除尘器	5	5.8
原料除尘	袋式除尘器	3	16.2
电石储存	袋式除尘器	5	1.6
成品运输车间	袋式除尘器	1	0.8
电石破碎	袋式除尘器	1	1
炉气未利用			49
炉气利用（如石灰窑）		15	80.9

表19 斯洛文尼亚电石生产排放水平

生产工序	污染物	排放限值	排放量
电石炉和电石渣	颗粒物	<3mg/m ³	<110g/t 电石
破碎和包装电石	颗粒物	<1mg/m ³	<30g/t 电石

7.1.3 其他参考排放限值

其他国家和地区由于很少有电石生产，缺乏行业排放标准，只能参考类似的排放标准限值，本报告将按污染物种类给出了参考的排放限值，表 20~表 24 分别列出了国外颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳和氰化氢的相关排放标准限值。

7.1.3.1 颗粒物

表20 国外颗粒物相关排放标准限值

单位：mg/m³

标准	排放限值	备注
美国新固定源特性标准 NSPS 和危险空气污染物国家排放标准 NESHAP	12-92	各行业
欧盟 IPPC	电除尘 5-15 纤维过滤<5 陶瓷过滤<1	大型有机化工污染防治最佳可行技术 BAT
	<20	大型无机化合物工业-固体和其他物质污染防治最佳可行技术 BAT
德国联邦排放控制法案通用管理规定	<20	一般排放要求
	<50	专有设施排放要求

世界银行	20	大宗石化有机产品制造业环境、健康与安全指南 石油基聚合物生产的环境、健康与安全指南
	20、30	铸造业环境、健康与安全指南
	30	水泥和石灰制造业环境、健康与安全指南

7.1.3.2 二氧化硫

表21 国外二氧化硫相关排放标准限值

单位：mg/m³

标准	排放限值	备注
欧盟 IPPC	30-340	大型无机化工工业-硫酸
	< 130	铸造工业污染防治最佳可行技术 BAT
	200-400	水泥、石灰工业污染防治最佳可行技术 BAT
世界银行	100	大宗石化有机产品制造业环境、健康与安全指南
	硫酸：450 炭黑：850	大宗无机化合物制造和煤焦油蒸馏环境、健康与安全指南
	100	石油基聚合物生产的环境、健康与安全指南
	400	水泥和石灰制造业环境、健康与安全指南
德国联邦排放控制法案 通用管理规定	350	一般排放要求

7.1.3.3 氮氧化物

表22 国外氮氧化物相关排放标准限值

单位：mg/m³

标准	排放限值	备注
欧盟 IPPC	90-230	大型无机化工工业-氨污染防治最佳可行技术 BAT
	20-100ppmv	大型无机化工工业-硝酸污染防治最佳可行技术 BAT
	60-80 (SCR)	大型有机化工工业污染防治最佳可行技术 BAT
	<100	有色金属防治污染防治最佳可行技术 BAT
	10-50	铸造业防治污染防治最佳可行技术 BAT
	300	大宗石化有机产品制造业环境、健康与安全指南
世界银行	硝酸：300；硫酸： 200；纯碱：200；炭 黑：600；	大宗无机化合物制造和煤焦油蒸馏环境、健康与安全指南

	600	水泥和石灰制造业环境、健康与安全指南
	350	一般排放要求
	90-230	大型无机化工工业-氨污染防治最佳可行技术 BAT
德国联邦排放控制法案 通用管理规定	20-100ppmv	大型无机化工工业-硝酸污染防治最佳可行技术 BAT

7.1.3.4 一氧化碳

表23 国外一氧化碳相关排放标准限值

单位: mg/m³

标准	排放限值	备注
欧盟 IPPC	200	铸造业污染防治最佳可行技术 BAT -含铁金属
	20-30	铸造业污染防治最佳可行技术 BAT -旋转炉熔融
欧盟	30	废物焚烧最佳可行技术 BAT -污染防治最佳可行技术 BAT
世界银行	30-50	关于大型燃烧装置的指令
德国联邦排放控制法案 通用管理规定	50	医疗服务机构环境、健康与安全指南
	100	一般排放要求
	150	专属设施-铸造

7.1.3.5 氰化氢

表24 国外氰化氢相关排放标准限值

单位: mg/m³

标准	排放限值	备注
欧盟 IPPC	0.1-3.0	金属和塑料表面处理工业污染防治最佳可行技术 BAT
	<1	有机精细化工污染防治最佳可行技术 BAT
	0.5-2	专用无机化学品污染防治最佳可行技术 BAT
世界银行	2	大宗石化有机产品制造业环境、健康与安全指南
	3	农药制造、配剂和包装业环境、健康与安全指南
德国联邦排放控制法案 通用管理规定	0.5	一般排放要求

7.2 电石行业现行标准

目前,我国电石生产企业执行的大气污染物排放标准如下:

- (1) 电石炉排放口、石灰窑、炭材干燥窑大气污染物排放执行《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB9078-1996) 表 2 二级标准;

- (2) 石灰石破碎、筛选、石灰窑配料及电石炉出炉口废气颗粒物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表2二级标准;
- (3) 车间无组织排放执行《工业炉窑大气污染物排放标准》,厂界无组织排放执行《大气污染物综合排放标准》,具体现行标准情况见表25~表28。

表25 《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB9078-1996)限值

序号	窑炉类别	排放限值			标准来源
		烟(粉)尘浓度	烟气黑度	二氧化硫	
		mg/m ³	林格曼黑度,级	mg/m ³	
1	干燥炉、窑	200	1	—	GB9078-1996
2	非金属加热炉	200	1	—	
3	石灰窑	200	1	—	
4	其它炉窑	200	1	—	
5	燃煤(油)炉窑	—	—	850	

表26 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)限值

序号	污染物	最高允许排放浓度	最高允许排放速率(kg/h)	
		(mg/m ³)	排气筒(m)	二级
1	颗粒物	120	15	3.5
			20	5.9
			30	23
			40	39
			50	60
			60	85

表27 《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB9078-1996)无组织排放限值

设置方式	炉窑类别	无组织排放烟(粉)尘最高允许排放浓度(mg/m ³)
有车间厂房	其他炉窑	5
露天(或有顶无围墙)	各种工艺炉窑	5

表28 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)无组织排放限值

序号	污染物	无组织排放监控浓度限值	
		监控点	浓度限值(mg/m ³)

1	颗粒物	周界外浓度最高点	1.0
2	二氧化硫	周界外浓度最高点	0.4

7.3 与国内外排放标准对比分析

因超过 95%的电石生产在我国,国外电石工业已逐渐萎缩,其相关标准不是近期的标准,因此,在制定本排放标准排放限值时,主要参考现行标准、国内近几年相关排放标准和现有电石企业的调查监测数据。

7.3.1 与《工业炉窑大气污染物排放标准》比较

与《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB9078-1996)比较,区分了电石炉、石灰窑和干燥窑,其中电石炉区分了排放口和出炉口,增加了 NO_x、CO 和 HCN 排放限值,颗粒物和 SO₂ 排放限值明显加严。

石灰窑和干燥窑增加了 NO_x 排放限值,颗粒物和 SO₂ 排放限值明显加严。

电石车间无组织排放限值:颗粒物明显加严,增加了 CO 排放限值。

本标准与《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB9078-1996)比较结果见表 29。

表29 与《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB9078-1996)排放限值对比

生产工艺或设施		颗粒物	二氧化硫	氮氧化物 (以 NO ₂ 计)	一氧化碳	氰化氢	
石灰窑	现有企业/新建企业	50/30	200/100 ⁽¹⁾	200/100 ⁽¹⁾	—	—	
	特别排放限值	20	50 ⁽¹⁾	50 ⁽¹⁾	—	—	
	GB9078-1996	200	850	—	—	—	
电石炉	现有企业/新建企业	出炉口	50/30	200/150	200/100	100/50	—
		排放口	50/30	200/100	200/100	100/50	1.0
	特别排放限值	出炉口	20	50	50	40	—
		排放口	20	50	50	40	1.0
	GB9078-1996	200	850	—	—	—	
干燥窑	现有企业/新建企业	80/50	200/100	200/200 ⁽¹⁾	—	—	
	特别排放限值	30	50 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	—	—	
	GB9078-1996	200	850	—	—	—	
无组织	现有企业和新建企业	电石车间	2.5	—	—	20.0	—
	GB9078-1996	各种工业炉窑	5.0	—	—	—	—

注:(1)适用于采用煤或焦炭为热源的生产设备

7.3.2 与《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）比较

破碎、筛分及其他通风生产设备颗粒物排放限值明显加严。厂界无组织排放限值：颗粒物明显加严，增加了 SO₂、CO 排放限值。本标准与《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）比较结果见表 30。

表30 与《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）排放限值对比

生产工艺或设施		颗粒物	二氧化硫	一氧化碳
破碎筛分及其他	现有企业和新建企业	30	—	—
	特别排放限值	20	—	—
	GB16297-1996	120	—	—
厂界无组织排放限值	现有企业和新建企业	1.0	0.4	10.0
	GB16297-1996	1.0	0.4	—

7.3.3 与国外排放限值比较

本标准中颗粒物排放限值与 2004 年欧盟 IPCC 指令中无机化学工业最佳可行技术参考文件 BAT 相比，排放限值要宽松。该指令主要涉及颗粒物，其他污染物项目没有提出。

美国现有 1 家电石企业，其 2003 年发布的电石工业地方排放标准规定了石灰窑、干燥窑、电石炉、装料混合、破碎、包装及炉气利用等七个生产工序的排放限值，主要规定了颗粒物、SO₂、NO_x、CO 及透明度等污染项目，主要是按小时排放量提出控制要求，具体数值与本标准浓度排放限值难以比较。

与其他国家和地区类似排放标准的比较为：颗粒物、CO 和 HCN 处于中等水平，SO₂ 和 NO_x 处于较为严格的水平。

8 实施本标准的环境效益及经济技术分析

8.1 实施本标准的环境（减排）效益

电石行业现有生产设施废气排放普遍安装了袋式除尘器，个别企业电石炉安装了静电除尘器。由于工艺管理的差异，有些除尘设施运行不好，造成颗粒物排放浓度较高。由于现行标准对电石炉、石灰窑和干燥窑要求为 200mg/m³ 比较宽松，现有袋式除尘只要不破袋，基本都能实现达标排放，现行标准对电石行业的减排效果实际已经很小。本标准调研的排放数据如下：石灰窑、干燥窑和电石炉排放口最高/平均排放浓度分别为 219.1/45.4mg/m³、574.5/75.2 mg/m³ 和 95.8/41.7mg/m³。因干燥窑由于受多种外来因素的影响（炭材质量、含水量、工艺等），实际监测中排放浓度往往高于其他设施，本标准表 2 中区分了干燥窑与其他设施的颗粒物排放限值，其中干燥窑为 50mg/m³，其他设施为 30mg/m³。本标准与现行标准相比，石灰窑和电石炉排放口颗粒物排放限值加严了 85.0%，石灰窑和电石炉排放口最高浓度需提高除尘效率分别为 86.3%和 68.7。电石炉出炉口最高浓度为 109.6 mg/m³，需提高除尘效率 72.6%，干燥窑出炉口最高浓度为 574.5mg/m³，需提高除尘效率 91.3%。

本标准表 2 中 SO₂ 排放限值：石灰窑、干燥窑、电石炉排放口为 100mg/m³，电石炉出炉口为 150mg/m³。GB9078-1996 为 850mg/m³。从现有排放数据看，石灰窑、干燥窑和电石

炉排放口最高浓度分别为 634 mg/m^3 、 207.8 mg/m^3 和 227 mg/m^3 ，远远低于 GB9078-1996 的 850 mg/m^3 排放限值，现有标准起不到 SO_2 污染减排的作用。本标准与现行标准相比， SO_2 排放限值加严了 88.2%，石灰窑、干燥窑和电石炉排放口最高浓度需脱硫率分别为 84.2%、51.9% 和 55.9%。电石炉出炉口最高浓度为 266 mg/m^3 ，需要脱硫效率 43.6%，常用的干法和湿法脱硫都能够实现达标排放。由于现行标准排放限值过于宽松，电石企业没有对 SO_2 开展废气污染治理的先例。

本标准表 2 中 NO_x 排放限值：石灰窑、电石炉排放口和出炉口为 100 mg/m^3 ，干燥窑为 200 mg/m^3 。GB9078-1996 没有规定 NO_x 排放限值。从现有排放数据看，石灰窑、干燥窑和电石炉排放口、出炉口最高/平均浓度分别为 $634/64.7 \text{ mg/m}^3$ 、 $144.7/111.7 \text{ mg/m}^3$ 、 $83/49.1 \text{ mg/m}^3$ 和 $115.8/47.6 \text{ mg/m}^3$ ，现行标准中没有规定 NO_x 的排放限值。因电石行业没有进行 NO_x 污染治理，没有实用的治理技术，因此本标准限值的制订以工艺先进的电石企业平均值能达标排放为基础，个别超标排放情况需要调整生产工艺，实现低氮燃烧。

本标准颁布后主要大气污染物减排情况见表 31。

表31 标准颁布后主要大气污染物减排情况表

类型	项目	颗粒物排放量 (万 t)			二氧化硫排放量 (万 t)			氮氧化物排放量 (万 t)		
		现有企业	新建企业	现有+新建企业	现有企业	新建企业	现有+新建企业	现有企业	新建企业	现有+新建企业
与现行标准比, 2016年 (第一阶段) 削减情况	执行现行标准 2016 年排放量	16554.2	4884.0	21438.2	34967.4	13258.1	48225.5	22960.3	7623.9	30584.2
	执行本标准后 2016 年排放量	16554.2	4149.6	20703.9	34967.4	13258.1	48225.5	22960.3	7623.9	30584.2
	削减量	0.0	734.4	734.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	削减率	0.0	15.0%	3.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
与现行标准比, 2017年 (第二阶段) 削减情况	执行现行标准 2017 年排放量	15510.1	6512.0	22022.2	32985.4	17677.5	50662.9	22025.5	10165.1	32190.6
	执行本标准后 2017 年排放量	11643.5	5532.9	17176.4	32985.4	17677.5	50662.9	22025.5	10165.1	32190.6
	削减量	3866.6	979.2	4845.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	削减率	24.9%	15.0%	22.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
与 2013 年相比, 2017 年 (第二阶段) 削减情况	2013 年排放量	19686.4	0.0	19686.4	40913.2	0.0	40913.2	25765.0	0.0	25765.0
	执行本标准后 2017 年排放量	11643.5	5532.9	22022.2	32985.4	17677.5	50662.9	22025.5	10165.1	32190.6
	削减量	8042.9	-5532.9	-2335.7	7927.8	-17677.5	-9749.7	3739.6	-10165.1	-6425.6
	削减率	40.9%		-11.9%	19.4%		-23.8%	14.5%		-24.9%

电石行业最主要的污染物是颗粒物，通过对现有袋式除尘器的改造和更换滤料等方式，是完全可以实现达标排放的；SO₂ 的污染减排主要从减少原料燃料含硫量方面开展工作；NO_x 的污染减排主要从调整生产工艺实现低氮燃烧方面来实现；对于 CO 和 HCN 主要是加强生产管理，减少烟气泄露和内燃炉充分燃烧方面进行。

从上表可知，在第一阶段，现有企业执行本标准表 1，新建企业实施本标准表 2，新建企业颗粒物可以减排 15%，颗粒物排放总量可以削减 3.4%；在第二阶段，现有企业和新建企业都实施本标准，现有企业颗粒物可以减排 24.9%，新建企业颗粒物可以减排 15%，颗粒物排放总量可以削减 22.0%。与 2013 年基准年相比，现有企业颗粒物、SO₂ 和 NO_x 分别减排 40.9%、19.4%和 14.5%，新建企业颗粒物、SO₂ 和 NO_x 分别增加 5532.9t、17677.5t 和 10165.1t，颗粒物、SO₂ 和 NO_x 排放总量因电石产量的增长分别增加 11.9%、23.8%和 24.9%。

8.2 实施本标准的技术经济分析

8.2.1 环保设施投资及年运行费用

电石工业现有环保设施主要是除尘器，除个别老企业电石炉废气排放采用静电除尘器，大部分现有企业和新建电石企业在各个产尘点都使用袋式除尘器。

调研企业石灰窑、干燥窑和电石炉等袋式除尘器平均投资约 220 万元，平均运行成本约 80 万元，我国目前有电石企业 311 家，电石炉按 4 台/家计，石灰窑和干燥窑按 2 台计，共有除尘器约 2488 台，除尘器投资约 55 亿元，年运行费用约 20 亿元。

8.2.2 达标技术情况

调研的 66 组电石炉排放颗粒物，其中有 44 组 $>30\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $55.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，需要提高除尘效率 45.5%。对现有袋式除尘器，可以通过更换除尘器滤料实现达标排放。调研的 72 组炭材干燥窑（扣除 2 组异常数据），其中 43 组 $>50\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $140.8\text{mg}/\text{m}^3$ ，需要提高除尘效率 64.5%。调研 45 组石灰窑，其中 19 组 $>30\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $87.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，需要提高除尘效率 65.5%。

SO₂ 如果不能实现达标排放，可以通过减少炭材含硫量或掺烧部分低硫炭材的形式实现达标排放。调研的 60 组电石炉排放 SO₂，其中有 4 组 $>100\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $180.4\text{mg}/\text{m}^3$ ，需要减少排放率 44.7%；调研的 28 组电石炉出炉口 SO₂，其中有 6 组 $>150\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $185.6\text{mg}/\text{m}^3$ ，需要减少排放率 19.2%；调研的 46 组炭材干燥窑数据，其中 6 组 $>100\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $155.6\text{mg}/\text{m}^3$ ，需要减少排放率 35.7%。调研 42 组石灰窑，其中 10 组 $>100\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $279.9\text{mg}/\text{m}^3$ ，需要减少排放率 64.3%。

NO_x 主要通过工艺调整，通过低氮燃烧的方式实现达标排放。调研的 58 组电石炉排放 NO_x，都 $<100\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $49.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，不需要减排 NO_x；调研的 16 组电石炉出炉口 NO_x，其中有 2 组 $>100\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $108.7\text{mg}/\text{m}^3$ ，需要减少排放率 8.0%；调研的 20 组炭材干燥窑数据，都 $<200\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $111.7\text{mg}/\text{m}^3$ ，不需要减排 NO_x。调研 22 组石灰窑，其中 9 组 $>100\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $137.5\text{mg}/\text{m}^3$ ，需要减少排放率 27.3%。

此外，CO 和 HCN 通过减少工艺漏风、改善工艺状况实现达标排放。

9 标准实施的建议

9.1 本标准实施需配套的管理措施、实施方案建议

重点监控电石企业无组织排放情况，建议在现有电石企业主要无组织排放点加装监控设施。对新建生产线，应当更加严格控制污染物排放，建议加装污染源自动在线监测系统。

9.2 本标准下一步修订建议

对炭材干燥窑等颗粒物排放限值进一步加严，对车间颗粒物无组织排放更加严格。

9.3 与本标准实施相关的科研项目建设

对电石炉和炭材干燥窑进行低氮燃烧研究，从工艺上减少行业 NO_x 的排放量；研究炭材干燥除尘技术，进一步减少废气中颗粒物的排放。