

附件 5

《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

二〇一八年一月

目 录

1 项目背景.....	82
1.1 任务来源.....	82
1.2 工作过程.....	82
2 行业概况.....	87
2.1 我国电石工业概况.....	87
2.3 其他需要说明的问题.....	92
3 标准制订的必要性分析.....	93
3.1 国家及环保主管部门的相关要求.....	93
3.2 国家相关产业政策及行业发展规划中的环保要求.....	93
3.3 行业发展带来的主要环境问题.....	95
3.4 行业清洁生产工艺和污染防治技术的最新进展.....	96
3.5 现行环保标准存在的主要问题.....	97
4 行业产排污情况及污染控制技术分析.....	97
4.1 行业主要生产工艺及产污分析.....	97
4.2 行业排污现状.....	104
4.3 污染控制技术分析.....	107
5 标准主要技术内容.....	109
5.1 制订原则.....	109
5.2 标准适用范围.....	110
5.3 标准结构框架.....	110
5.4 术语和定义.....	110
5.5 污染物控制项目选择.....	111
6 污染物排放浓度限值的确定及制定依据.....	113

6.1 大气污染物排放浓度限值的确定.....	114
6.2 水污染物排放浓度限值的确定.....	121
7. 国内外相关排放标准研究.....	124
7.1 国外相关标准研究.....	124
7.2 电石行业现行标准.....	127
7.3 与国内外排放标准对比分析.....	128
8 实施本标准的环境效益及经济技术分析.....	131
8.1 实施本标准的环境（减排）效益.....	131
8.2 实施本标准的经济技术分析.....	133
8.3 电石行业生产活动对土壤污染的影响分析.....	134
9 标准实施的建议.....	134
9.1 本标准实施需配套的管理措施、实施方案建议.....	134
9.2 本标准下一步修订建议.....	134
9.3 与本标准实施相关的科研项目建议.....	134
10 标准征求意见情况（第一次）.....	134

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：

（1）成立标准编制组

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。

（2）行业背景情况和监测资料调查

2010 年 6-12 月，开展行业背景情况调查：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）。

（3）形成标准开题报告

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。

（4）开题报告论证会

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。环境保护部污防司和环评司、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。

（5）进一步调研和现场监测

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,某电石企业对密闭式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式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式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,其中密闭式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,密闭式电石炉炉气不会对周边环境造成污染,不列入本标准。

(6) 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,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。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。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式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。

(7) 电石行业污染物排放情况公开调查

编制组根据开题论证会的修改意见和建议,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

(8) 形成标准征求意见稿和公示

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。

2015年11月,征求意见稿和编制说明在环保部网站公开征求意见。共收集征求意见53条,已经对征求意见稿进行修改和回复。

(9) 标准工作汇报会

2016年6月2日,环保部大气司主持召开了标准汇报会,会上提出①电石标准应对汞和VOCs进行调查,根据情况确定是否需要把该指标纳入标准排放限值;②调查电石炉出炉口无组织排放颗粒物的控制要求。

标准编制组进行了专项调研。电石企业使用燃煤量很少,少数企业使用燃煤用于炭材烘干,大部分企业使用干燥筛分后的炭粉做燃料;石灰窑主要使用电石炉气或炭粉,电石炉使用焦炭或兰炭作原料。电石企业的Hg主要来源于焦炭或兰炭,二者的差别主要在干馏温度,兰炭生产过程中炭化室温度比冶金焦要低200℃^[2]左右,兰炭干馏温度控制在850℃以下^[3]。马晶晶^[4]在焦化厂正常焦化生产条件下开展了重金属迁移转化规律的试验研究,得出煤中汞在炼焦过程中有60%的Hg转移到煤气中,27%的Hg进入焦炭,Hg进入焦油和氨水的比例分别为6%与7%,焦炭中的Hg含量和煤炭相比已大大降低,因此本标准没有将Hg纳入排放限值。

VOCs指在标准状态下饱和蒸气压较高(标准状态下大于13.33Pa)、沸点较低、分子量小、常温状态下易挥发的有机化合物,煤在低温干馏生产兰炭过程中至少要加热到500~600℃^[5],最高可到850℃,在炼焦干馏过程中VOCs已经大部分转移到煤气和煤焦油中。VOCs的排放主要在炼焦过程中,因此本标准没有将汞和VOCs指标列入排放限值。

目前,电石炉出炉口普遍安装了吸风罩,将电石出炉产生的颗粒物吸入风罩,然后经过袋式除尘后集中排放,但大多数都是采用捕集罩管道并入冶炼烟气总管道进行处理,未设立独立抽风系统,捕集效率很低,仍有大量烟气外逸^[6]。在电石炉出炉口配备单独烟气收集与处理系统,可以使电石炉颗粒物排放大幅降低。

标准工作汇报会后,编制组针对会上管理部门和专家提出的要求,对征求意见稿进一步修改形成标准送审稿(初稿)。

(10) 电石行业标准征求意见座谈会

2016年7月14日,在北京召开《电石工业污染物排放标准》征求意见座谈会,标准编制组邀请了全国主要电石生产工艺设计、制造、生产等企业参加座谈会,其中2015年我国主要电石生产企业前10名中的7家(占全国电石总产量的37.8%)参加了本次座谈会。会上,电石生产企业提出的问题主要有:

【2】李娟 半焦(兰炭)产业清洁生产技术方案研究 长安大学 工程硕士学位论文 2011年12月第11页

【3】兰炭行业清洁生产标准[DB61/T423-2008] 陕西省地方标准

【4】马晶晶 煤焦化过程有害微量元素的迁移规律研究 武汉科技大学硕士学位论文 2018年5月 第46页

【5】杨军焘等 低温干馏煤焦油回收率的影响分析 煤炭技术 2012年1期 第231页

【6】郭小芳,王长征,王兴峰 电石行业无组织烟粉尘防治 环境影响评价 2014年01期第20-21页

- ①对石灰窑和干燥窑的氮氧化物排放限值提出了疑问。目前电石企业缺乏氮氧化物末端治理技术，建议对标准中氮氧化物排放限值应宽松一些，使企业通过调整生产工艺减少氮氧化物的排放；
- ②电石炉出炉口不应设基准氧含量，并且排放限值应主要是颗粒物，电石炉中炉气不外排，对二氧化硫和氮氧化物等其他污染物排放限值建议取消。

（11）标准征求意见稿（二稿）

座谈会后，内蒙君正、白雁湖、亿利等大型电石生产企业提供了最新的电石炉、干燥窑等手工监测和部分在线监测的数据，标准编制组收集了国控重点电石企业如内蒙宜化、甘肃鸿丰、新疆圣雄、新疆中泰矿冶、宁夏金海等多家电石生产企业的监督性监测数据，收集了相关地方污染物排放标准如《河北省石灰石行业大气污染物排放标准》《河北省工业炉窑大气污染物排放标准》《河北省钢铁工业大气污染物排放标准》《山东省工业炉窑大气污染物排放标准》《山东省钢铁工业污染物排放标准》《山东省建材工业大气污染物排放标准》等，并且对比了钢铁行业的炼铁、炼焦、炼钢等排放标准，经过数据分析和标准比较，形成本标准征求意见稿（二稿）。

（12）标准工作研讨会

2016年9月14日，在北京召开《电石工业污染物排放标准》研讨会，环境保护部大气司和水司、环境保护部环境标准研究所、北京市劳动保护科学研究所、中国电石工业协会、江苏中圣园科技股份有限公司、神雾环保技术股份有限公司、内蒙古白雁湖化工股份有限公司的代表和专家参加了研讨会，并就标准相关工作提出了如下修改意见和建议：

- ①加强标准修订的必要性分析；
- ②标准限值制定的依据；
- ③标准的适用范围及与相关标准的衔接（如钢铁石灰窑）；
- ④进一步论证现有污染治理措施和排放水平，以及标准实施后对二氧化硫和氮氧化物减排的促进作用。
- ⑤补充水排放限值加严的原因。

（13）标准征求意见稿（三稿）

研讨会后，编制组吸取了专家意见，并对专家提出的问题进行了说明。

加强标准修订的必要性分析。对电石行业发展带来的主要环境问题进行了详细说明。

标准限值制定的依据。补充了部分可靠性、代表性的监测数据。在环保部大气司的协调下，标准编制组获取了2015年-2016年10家重点国控源的监督性监测数据：19台电石炉、21座石灰窑和19座炭材干燥窑。编制组对监测基础数据进行了补充，重新进行数据整理和分析。

标准的适用范围及与相关标准的衔接（如钢铁石灰窑）。本标准中有石灰窑污染物排放限值，主要指在电石企业内部生产电石原料用的石灰窑。电石生产对石灰的要求远高于钢铁行业，因此大型电石企业主要是自己生产石灰，大部分采用电石炉气做石灰窑燃料。在钢铁工业大气污染物排放标准中有石灰窑颗粒物排放限值，没有二氧化硫和氮氧化物排放限值。

进一步论证现有的污染治理措施和排放水平，以及标准实施后对二氧化硫和氮氧化物的促进作用。现行排放标准中石灰窑和干燥窑二氧化硫的排放限值是 $850\text{mg}/\text{m}^3$ ，基本不需要采取措施就能够实现。现行标准中没有石灰窑和干燥窑的氮氧化物排放限值，不需要采取任何治理措施。对现有企业调研，电石行业没有采取脱硫脱硝的企业。本标准加严了二氧化硫排放限值，从监督性监测数据分析，石灰窑实施新建企业标准限值有40.4%的企业二氧化硫超标，有2.4%的企业氮氧化物超标，需要降低燃料的硫

含量或采取脱硫措施；干燥窑实施新建企业标准限值有 26.1%的企业二氧化硫超标，有 15.2%的企业氮氧化物超标，需要降低燃料的硫含量或采取脱硫措施。对二氧化硫和氮氧化物的减排效果明显，将引导电石企业主动从源头控制原料燃料的含硫量，研发和开展低氮燃烧和脱硝的积极性。

补充水排放限值加严的原因。我国电石企业主要分布在严重缺水的西北地区，水资源的利用更加迫切。电石工业废水排放现在执行的是《污水综合排放标准》(GB8978-1996)，其中总氮和总磷没有标准限值。污水综合排放标准已经实施了 20 年，有些指标过于宽松如石油类，有些指标缺失，如总氮和总磷，不利于进行污水治理和循环利用。目前，很多省市制定了地方和流域污水排放标准，对其中各项主要污染物排放限值进一步加严。

标准编制组现场调研了山东信发集团电石生产工艺、污染物排放状况和净化灰处置情况，和石灰窑生产设计企业江苏中圣园公司进行了技术交流，收集了各省市制定的地方和流域污水综合排放标准，梳理了大量数据，形成本标准征求意见稿（三稿）。

（14）标准工作汇报会

2017 年 3 月 21 日，在北京召开《电石工业污染物排放标准》工作汇报会，环境保护部大气司、环境保护部环境标准研究所、北京神雾环保公司、中国电石工业协会的代表和专家参加了会议，并就标准相关工作提出了如下修改意见和建议：

- ①增加吨产品排放量：折算成绩效值（单位产品污染物的排放量），有组织、无组织都要考虑，燃烧和工艺都要考虑；
- ②要考虑无组织排放环节，特别是颗粒物，净化灰的量要计入其中；
- ③对监测数据的修正：监督性监测都是理想化的监测数据，要和其他数据比较后进行外推修正，合理判断；
- ③石灰窑尽可能和钢铁统一，SO₂、NO_x 排放限值可加入。

建议进行标准内容修改完善后进行二次征求意见。

（15）标准二次征求意见稿

汇报会后，标准编制组听取了各方面意见，对标准相关内容进行了修改。

增加了吨电石产品的排放绩效值。经过电石协会的大量调研，增加了主要工艺环节石灰窑、干燥窑和电石炉的单位产品基准排气量和排放绩效值。

将无组织排放控制措施纳入标准中。

将电石生产中的石灰窑含氧量和炼钢石灰窑含氧量统一到 8%，并增加了 SO₂、NO_x 排放限值。

根据收集的监测数据并对比其他行业排放标准，进一步调整了本标准的排放限值。

因电石生产过程怕水（存在爆炸的风险），企业的废水主要是冷却水下水和生活污水，污水排放量很小，编制组经过慎重考虑认为，不需要单独制定电石工业水污染物排放限值，该行业废水排放仍执行现行的《污水综合排放标准》(GB8978-1996)。2017 年 5 月 5 日，向环境保护部水环境管理司提出“《电石工业污染物排放标准》不设水污染物排放限值的请示”。

因标准含氧量调整、标准排放限值进行了调整，增加了排放绩效值、无组织排放控制措施等，与原标准文本发生了较大变化，本标准准备再次公开征求意见，形成二次征求意见稿。

（16）标准二次征求意见审查会

2017 年 11 月 27 日，环保部大气司主持召开了标准二次征求意见审查会，会上专家委员会通过该标准的审查，同意（二次）征求意见，并提出以下修改意见和建议：

- ① 建议明确适用范围，区分独立电石企业和其他行业联合的电石企业。
- ② 补充说明新建企业中不设氰化物指标的依据；
- ③ 进一步凝练编制说明。

审查会后，标准编制组吸取了专家意见，并按专家提出的建议对编制说明进行了修改。

区分独立电石企业和其他行业联合的电石企业。电石企业分两种类型，独立电石企业和电石联合企业。

补充说明新建企业中不设氰化物指标的依据。通过相关的资料调研、现场调研和专项监测证实：内燃式电石炉废气和密闭式电石炉炉气中都含有微量氰化物，其中内燃式电石炉废气通过烟囱直接排放，标准中已加入电石炉废气排放口氰化物排放浓度限值。由于产业政策已明确要求淘汰内燃式电石炉，在内燃式电石炉关停前，排放口各项污染物排放限值执行标准表 1 的要求；新建电石炉全部为密闭式电石炉，由于密闭式电石炉炉气不直接排放（作为气烧石灰窑燃料或做碳一化学产品），没有废气排放口，不会对周边环境造成污染，因此新建企业电石炉炉气不设氰化物排放限值。

2 行业概况

2.1 我国电石工业概况

电石是重要的基础化工原料，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，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，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，也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

我国电石工业起步较晚，八十年代初，国内电石产能只有 240 万吨/年。进入 21 世纪后，电石行业进入黄金发展期。2008 年，电石产能 1864 万吨，占世界电石总产能的 90%以上，其中内燃式电石炉产能比例约 80%，还有部分工艺更为落后的开放式电石炉和少量工艺先进的密闭式电石炉。

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，电石协会不完全统计，2016 年底，国内电石产能 4500 万吨/年，与 2010 年相比产能翻了一番，相对于 2015 年，产能首次出现零增长，但产量还是呈增长态势。我国电石生产情况统计见表 1。

【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

表 1 2000 年—2016 年我国电石生产情况统计

年 度	2000	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
产量 (万吨)	340	1177	1482	1420	1600	1650	1850	2000	2234	2600	2650	2730
产能 (万吨)	480	1150	1490	1864	2299	2250	2400	3230	3790	4183	4500	4500
产能发挥%	70.8	102.3	99.5	73	66.5	65	72.4	61.9	58.9	62.2	58.9	60.7
出口量 (万吨)	10.0	9.1	12.0	11.6	12.9	14.0	18.5	15.8	14.2	16.8	13.0	—
密闭炉产能占比	—	—	—	<20%	36%	40%	—	—	71.5%	—	79%	84%

2016 年底，国内长期停产与半停产企业约 100 家，涉及 260 台电石炉约 1500 万吨产能。停产与半停产的企业数量约占总企业数的 46%、台数约占总台数的 35%、产能约占总产能的 34%。据协会调查发现，长期停产与半停产的企业主要有以下特点：一是主要集中在内蒙古、云南、湖南、湖北、陕西、山西、河南及甘肃；二是停产企业均以内燃式电石炉为主，且单台容量在 16500KVA 及以下；三是主要因环保压力大及当地政策影响；四是内燃式电石炉比密闭式电石炉生产吨电石成本高出 100-150 元/吨。

2.1.2 行业内企业地理分布

我国电石企业产能差异很大，2016 年我国有电石企业 255 家，分布在全国 20 个省市，其中内蒙和新疆电石产能占全国的 50%。2016 年全国主要省区电石产能和企业分布情况见表 2。

表 2 2016 年我国主要省区电石产能和企业分布情况统计

省份	内蒙	新疆	宁夏	陕西	甘肃	河南	青海	云南	山西	四川	全国
企业数 (家)	88	15	27	43	15	8	3	16	5	11	255
产能 (万吨)	1386	883	528	445	196	174	103	185	115	108	4539
产能占比	30.5%	19.5%	11.6%	9.8%	4.3%	3.8%	2.3%	4.1%	2.5%	2.4%	100.0%
企业平均产能 (万吨)	16	59	20	10	13	22	34	12	23	10	18
省份	山东	湖北	安徽	贵州	湖南	广西	重庆	辽宁	黑龙江	吉林	
企业数 (家)	1	6	1	7	3	1	1	2	1	1	
产能 (万吨)	90	84	64	65	40	32	14.5	13.3	10	3.3	
产能占比	2.0%	1.9%	1.4%	1.4%	0.9%	0.7%	0.3%	0.3%	0.2%	0.1%	
企业平均产能 (万吨)	90	14	64	9	13	32	15	7	10	3	

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、陕西等西北地区。2016 年，这 4 个省（区）的电石产量达到总产量的 81%，特别是内蒙及新疆地区占据着我国电石产量的 60%。2016 年各省主要电石产量的分布情况见图 1。

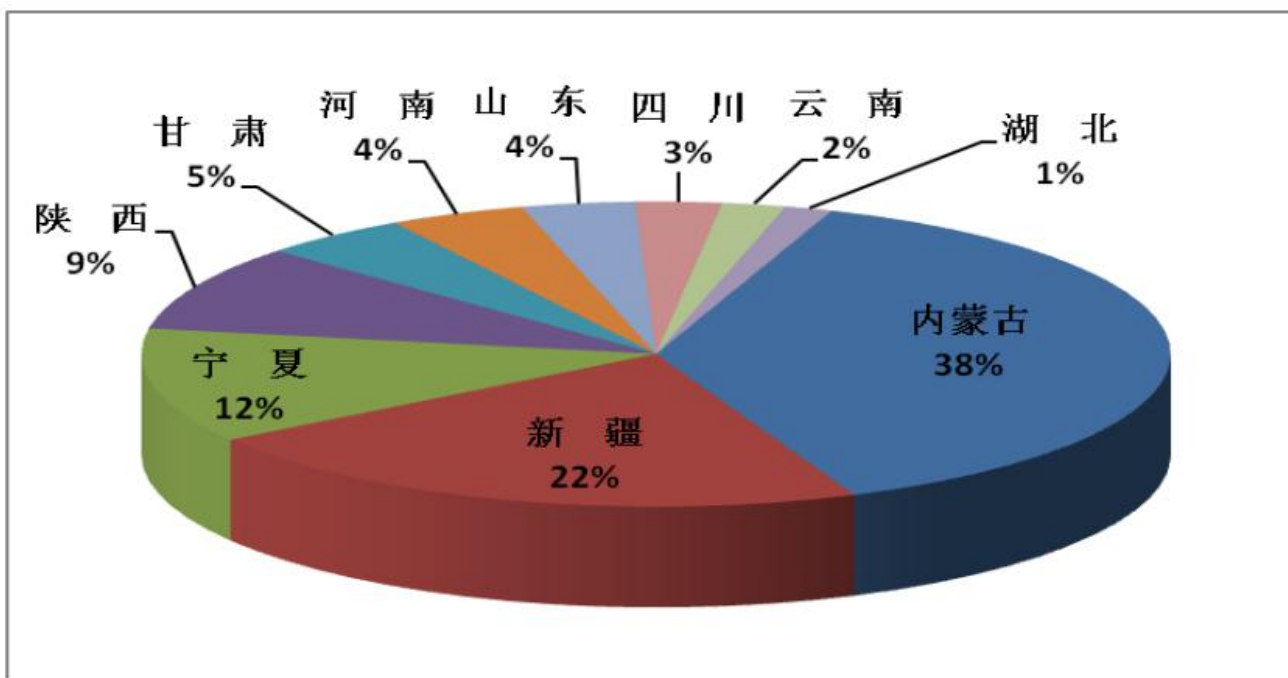


图1 2016年我国电石产量分布图

我国电石行业企业规模日益扩大，2016年国内电石产能前十名的企业集团产能占总产能的36.6%，产量占总产量的44.6%，具体情况见表3。

表3 2016年我国主要电石生产企业产能和产量统计

序号	单位名称	产能(万吨)	占总产能(%)	产量(万吨)	占总产量(%)
1	新疆中泰集团	376	8.29	296	10.8
2	新疆天业集团	289	6.42	219	8.1
3	湖北宜化集团	170	3.82	162	6.0
4	陕西煤业集团	152	3.47	71	2.6
5	鄂尔多斯化工集团	150	3.33	138	5.1
6	青海盐湖集团	118	2.67	12.5	0.5
7	内蒙君正集团	110	2.38	92	3.4
8	内蒙伊东集团	102	2.27	83	3.1
9	山东信发集团	90	1.96	95	3.5
10	中石化长城能化	87	1.93	40	1.5
合计		1647	36.6	1204.5	44.6

2.1.3 行业主要产品状况

我国电石下游产品结构单一，过度依赖 PVC。2016 年，醋酸乙烯产量增加了约 15.7 万吨，对电石需求量增加了 1.7%；BDO 对电石需求增加了 40 万吨左右。行业消费多元化虽有进展，但约 80% 的电石消费仍落在 PVC 产品上。我国电石产品的主要用途见图 2。

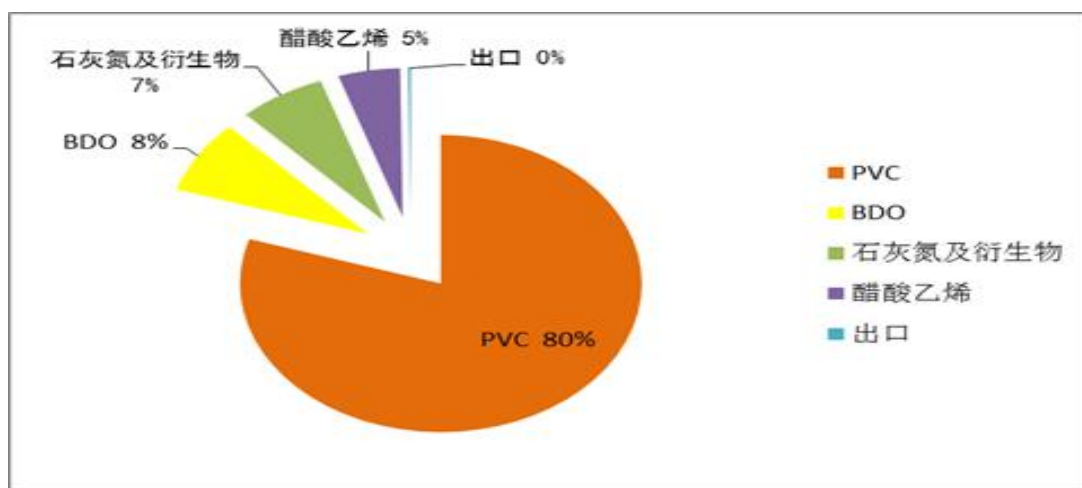


图 2 电石产品主要用途

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。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。据氯碱协会统计，2016 年底我国在产 PVC 生产企业 75 家，总产能达到 2326 万吨/年，其中电石法产能 1851 万吨，约占 79.5%。PVC 产能主要分布在内蒙古、新疆、山东、天津、陕西和河南六省份，产能合计占总产能的 63%。

2.1.4 行业发展趋势预测

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，电石法面临着市场环境、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，电石行业全面推广能耗低、污染排放少的大型密闭式电石炉，落实工信部要求的 1.65 万 KVA 以上内燃式电石炉全部改造成密闭炉的方案，对不宜改造的存量内燃式电石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。

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。

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、德国都曾经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在三四十年前处于世界领先地位，但由于被石油化工逐渐替代，没有再研发新技术和工艺，已赶不上我国电石行业的技术发展水平。

(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。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、聚苯乙烯等，其次是用于生产石灰氮。

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 4^{【8】}。

表 4 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
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。美国生产的电石主要用于金属切割与焊接。

【8】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

(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 的密闭式电石炉。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^[9]，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。

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，但随着国家对节能环保等政策的严格实施，节能环保不达标的电石企业被淘汰，推动了规模化企业的比重不断上升，2014 年-2016 年密闭式电石炉产能占总产能的比重分别是 74%、79%和 84%。

据测算，每生产 1t 电石，内燃式电石炉排放烟气约 9000Nm³。按照 2014 年中国内燃式电石炉还有 1000 万吨产能，按 60%产量计，内燃式电石炉排放的含尘烟气量近 540 亿 m³。随着环境保护要求的提高，加快内燃式电石炉的改造步伐，尽快提升行业技术水平，电石行业才会有更好的发展空间。

【9】2006 年 10 月欧盟 BAT 文件

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) 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》。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 “十三五”规划中有关本行业的要求

2016年12月5日,国务院发布《“十三五”生态环境保护规划》国发〔2016〕65号中提出:以提高环境质量为核心,实施最严格的环境保护制度。到2020年,二氧化硫、氮氧化物排放量要在2015年的基础上分别削减15%。实施专项治理,全面推进达标排放与污染减排。实施工业污染源全面达标排放计划,深入推进重点污染物减排,对电力、钢铁、建材、石化、有色金属等重点行业,实施综合治理,对二氧化硫、氮氧化物、烟粉尘以及重金属等多污染物实施协同控制。全面推行排污许可,将污染物排放种类、浓度、总量、排放去向等纳入许可证管理范围,企业按排污许可证规定生产、排污。完善污染治理责任体系,环境保护部门对照排污许可证要求对企业排污行为实施监管执法等内容。

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)《石化和化学工业发展规划》(2016-2020年)中提到，电石行业产能过剩尤为明显，应严格控制新增产能，加大对电石行业安全、环保、质量、节能等检查力度。加强污染物在线监测和联网管理，加大对违法排放污染物、违规处置危险废物的打击力度。

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对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。

(5)国务院《关于化解产能严重过剩矛盾的指导意见》(国发〔2013〕41号)

明确规定坚决遏制电石产业等产能盲目的扩张。

(6)《电石单位产品能源消耗限额(修订版)》

将电炉电耗、综合能耗准入值调整为3080千瓦时/吨和0.823吨标准煤/吨。

3.2.3 行业准入政策

(1) 《电石行业准入条件（2014年修订）》

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、烟尘的排放等做出要求。

(2) 电石行业淘汰落后产能情况

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。电石产能淘汰情况见表5。

表5 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96%以上，并且近几年电石产量仍在快速增长，由此带来的环境污染日益凸显。

产量再创新高，带来污染物排放总量的增加。抑制新增产能和产量是电石行业发展需要面对的问题，2016年我国电石产能相比2015年首次出现零增长，然而产量再创历史新高，达到2753万吨，同比增长3.2%。电石行业的产量仍处于增长过程中，电石行业排放的污染物总量随着产量的增长而呈现出增加趋势。

内燃炉不能彻底淘汰，污染不能得到有效控制。据电石协会不完全统计，2016年内燃式电石炉占总产能的比重下降至16%，较2015年下降了5个百分点，淘汰任务仍然艰巨。大部分内燃式电石生产

企业规模小，生产设备、技术相对落后，不利于开展污染治理，特别是废气的无组织排放问题，还没有引起电石企业的足够重视。

现有排放标准限值相对宽松，不利于提高污染治理水平。多数电石企业虽然采用了袋式除尘，但由于标准要求较低，部分电石企业烟尘排放浓度依然相对较高，经济及技术的原因使行业污染治理的积极性较低，末端治理水平不高。

环境管理不严，无组织排放环节多污染严重。一些电石企业由于工艺相对落后，不重视环境管理，无组织排放存在点多、面广、分散的特点，收集难度大，无组织排放造成的环境污染非常严重，有些企业还发生了严重的环境污染事件。例如，CO中毒事故，2012年7月，青海宜化电石工段生产中发生操作工倒在地上，经过吸氧后中毒症状消失。一方面说明电石厂对安全问题不够重视，另一方面也说明废气泄露无组织排放污染严重。

环境监管手段不足，现有环保设施运行情况不清。2016年，国内有电石生产企业220家，安装在线监控设施的企业不超过5家。纳入国控重点污染源的企业数量虽然有32家，但环境监控的污染源主要是配套的火电或锅炉，其中涉及电石生产环节监控的企业只有10家，并且监控的工艺环节不全面。

电石炉炉气净化灰不能利用，易造成二次污染和安全隐患。密闭式电石炉炉气净化除尘灰（简称“净化灰”）因含有少量焦油及较高含量的挥发性成分^[10]、少量的电石粉末，接触空气后易燃，存在一定的环保和安全隐患。目前处理方式主要是填埋，卡车运输时常烧坏车辆，由于净化灰粉过细，流动性好，倾倒时粉尘极易飞扬，造成二次扬尘，严重污染周边环境。净化灰产生量约占电石产量的5%~7%，2015年我国电石产量约2650万吨，电石炉净化灰产量约160万吨左右，如不能合理处置和利用，会造成严重的环境污染。

3.4 行业清洁生产工艺和污染防治技术的最新进展

《电石行业清洁生产技术推行方案》（工信部节[2012]586号）提出：到2015年，完成电石炉炉气生产甲醇、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^[11]。

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。但据电石协会调研了解，目前还处于中试试验阶段，短时间内难以实现产业化发展。

【10】李欢 张佳 电石炉净化除尘灰作炭材烘干燃料的工艺设计研究 电石协会提供新疆中泰矿冶有限公司内部资料

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

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)。这两项标准已经实施了 20 多年,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。

现行排放标准不符合电石行业的发展战略要求。电石工业是属高能耗重污染行业,要实现可持续发展战略,必须转变粗放型经济发展方式。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是 20 年前制定的,其标准从污染物类型和排放限值等要求已不能适应这种新的发展形势。

现行排放标准不适应我国污染物总量控制的环境形势需求。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形势的需求。

颗粒物现行标准限值过于宽松,不利于除尘技术的进步。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一九七零年代技术水平制定,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。企业缺乏改进除尘效果和提高环保设施运行要求的动力。

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。

氮氧化物排放限值缺失,不利于行业采取污染控制技术。目前,电石行业石灰窑和干燥窑执行《工业炉窑大气污染物排放标准》,该标准没有规定氮氧化物排放限值,个别地方标准规定了石灰窑氮氧化物排放限值,但没有采取任何治理措施。由于没有排放限值,缺乏开展低氮燃烧方面工艺改进研究的动力,不利于电石行业进行氮氧化物的源头减排。

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。电石生产企业普遍处在环境空气三类功能区,其废气执行的排放标准更为宽松,客观上加剧了这些地区的环境污染,不利于改善环境空气质量。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。

综上所述,我国电石工业作为高耗能、重污染行业,在经历多年快速发展的同时带来了不容忽视的环境问题,并且由于排放标准的宽松,没有引起电石企业的足够重视,现有污染物排放标准已远远落后电石行业的绿色发展和环境管理的需求,制定电石工业污染物排放标准是促进落后产能淘汰、加快行业污染治理技术进步的重要手段,标准的制定是非常必要的。

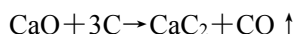
4 行业产排污情况及污染控制技术分析

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 1800~2200℃ 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**：通过电弧加热生产电石过程中，产生大量含有 CO 的炉气，需在炉面上燃烧后利用和处理，产生大量含粉尘的高温废气排放。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**：通过电弧加热生产电石过程中，产生大量含有 CO 的炉气，CO 不直接燃烧，需要经过净化处理后作为燃料气或化工生产原料进行利用，正常时无废气直接排放。

现阶段内燃式电石炉和密闭式电石炉并存，内燃式电石炉已退出主导地位。新上项目都是大型密闭式电石炉，密闭式电石炉成为主流生产设备。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 3。

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、炭材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，燃用和烘干炭材产生的废气中有二氧化硫、氮氧化物，电石反应生成副产物一氧化碳、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。主要工艺流程和产污节点见图 3。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。

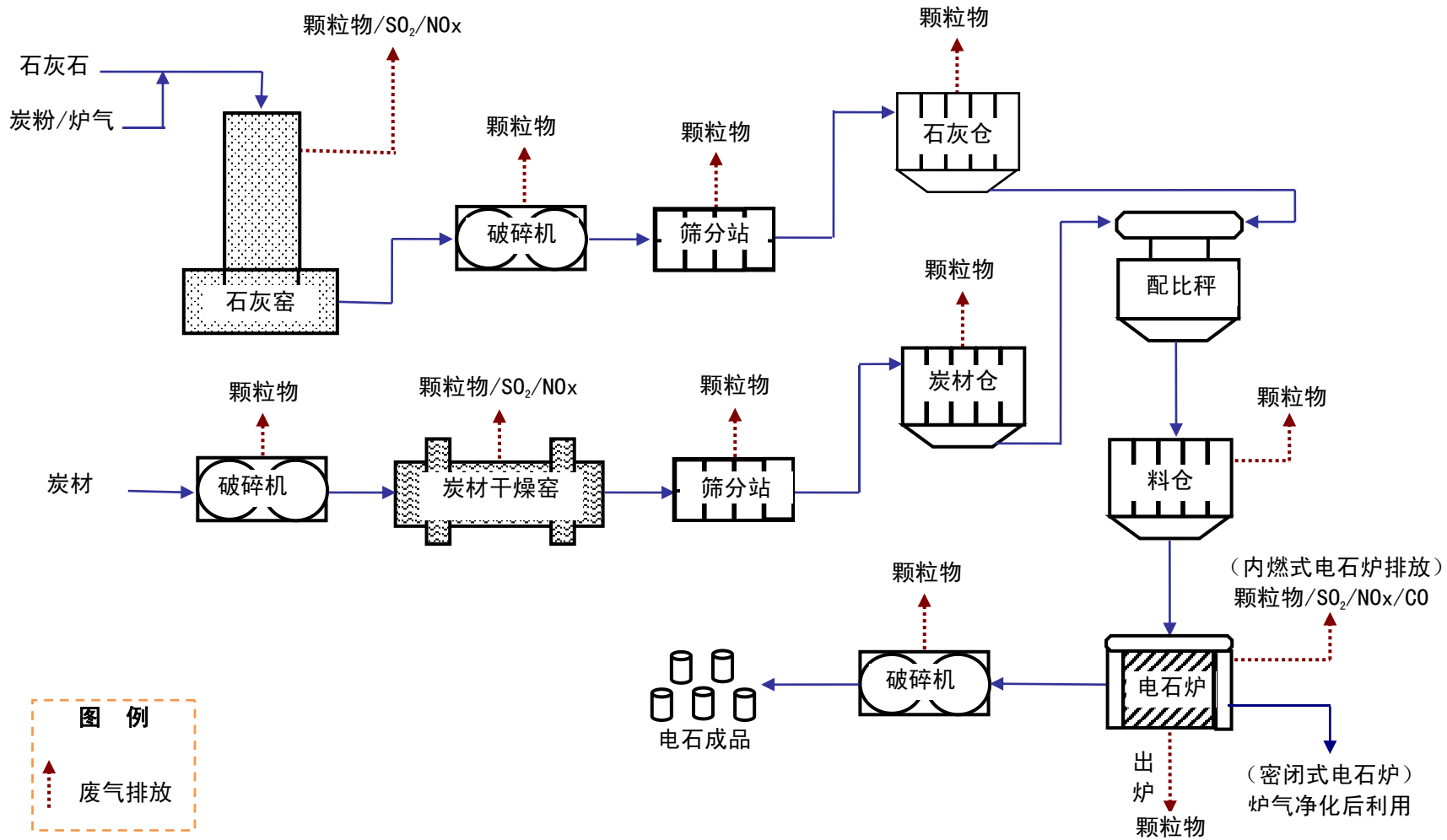


图3 主要生产流程和产污环节

4.1.2.1 大气污染物

(1) 原料加工运输

原料石灰石、炭材等加工（输送、破碎、筛分）过程中产生颗粒物，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，内燃式电石炉一般采用混烧窑。煅烧石灰的燃料，以焦炭（兰炭）粉末为主，其次是无烟煤。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，排放的废气中颗粒物和二氧化硫的浓度明显降低。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）

电石生产主要设施为电石炉，分密闭式电石炉和内燃式电石炉。两种电石炉，主要生产环节都是冶炼过程和出炉过程。

冶炼过程。内燃式电石炉，由于密封不严，其部分烟气在生产时从加料炉门及炉门与炉体的缝隙中逸出，烟气以无组织形式从车间屋顶、门窗排出；密闭式电石炉由于采用了全密闭炉体，可燃炉气从炉内引出并综合利用，避免了大量无组织烟尘的直接排放。

出炉过程。电石出炉是目前电石生产中无组织排放较为严重的过程^[12]。炽热的电石从出炉口流出时产生大量高温烟气。部分企业未安装出炉口烟气捕集罩，出炉烟粉尘在车间内逸散。即使在电石炉出炉口安装有集烟罩，大多数企业把收集的烟气并入冶炼烟气总管道进行处理，如果没有单独设立抽风系统，捕集效率很低，仍有大量烟气外逸。

表 6 是两种炉型电石炉烟气的工艺参数比较情况。

表 6 内燃式和密闭式电石炉烟气工艺参数比较

炉型	内燃式电石炉	密闭式电石炉
烟气温度 °C	350~550	500~800
烟气量 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

密闭式电石炉炉气主要成分为 CO 和颗粒物。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。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

【12】郭小芳 王长征 王兴峰 电石行业无组织烟粉尘防治 环境影响评价 2014 年 01 期 20-21 页

生的炉气由于引入过量空气，烟气量超过密闭炉的 10 倍以上，带出的烟尘也要多于密闭炉。内燃式电石炉烟气量约为 9000m³/t 电石，经处理后烟气通过烟囱排放。密闭式电石炉烟气（炉气）量约为 400-500m³/t 电石，正常生产时炉气综合利用不外排。

密闭式电石炉产气量估算：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/m³，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%，生产 1t 电石产生炉气量为 400-500 (m³)^{【13】}

从表 6 可知，密闭式电石炉炉气主要成分为 CO 和 H₂，并带有 0.08t~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。炉气中焦油和微量氰化物来源于电石主要原料炭材，不论是兰炭还是焦炭，在炼焦过程中都有残余焦油和微量含氰物质留在炭材中。炭材作为还原剂参与电石冶炼，部分焦油随炉气排出，对炉气进行降温除尘时，烟气温度低于 220℃开始有焦油析出，焦油主要会附着在净化灰中。

(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 CaC₂。表 7 是主要生产工艺过程中大气污染物的成分。

表 7 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		成品破碎及 包装
			(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

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炉气净化收集的净化除尘灰，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。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。

电石行业对净化灰一般的处理方式为用车外运后填埋，在卸灰、运输及倾倒时，粉尘极易飞扬，造成大气污染。因净化灰中含有焦油成分，没有经过鉴定按一般废物填埋会存在环境风险，应进行无害化处置。2014 年 5 月，电石协会曾到某净化灰填埋现场参观，污染之严重令人触目惊心，详细资料见图 4。

【13】 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



图4 电石协会参观净化灰填埋场

近两年，山东一家公司已利用专利技术，在新疆和山东电石企业进行净化灰的工程应用，他们将净化灰集中收集并输送到烘干窑内进行焚烧处理，用净化灰替代部分燃料，焚烧后的灰渣因含有较高的活性CaO、MgO，可再次进行回收利用^{【14】}。其他固体废物可以采取的综合利用方式见表8所示。

表8 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	燃料
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。

【14】电石行业净化灰污染治理有了杀手锏 中国环境报 2016-12-23

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^[15]，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水排出，称为“浊排水”。生产废水水质相对清洁，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，独立电石企业通常会利用储水池存放和调节使用。大型电石企业多为联合企业，电石工序排放的少量废水通常直接进入下游工序（如 PVC 生产）的废水处理系统。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)及五氧化二氮(N₂O₅, 又称硝酸酐)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。电石生产中一氧化碳主要来源是炭材作还原剂和氧化物进行化学反应的生成物。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。

【15】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

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

(1) 发放企业调查表, 全方位了解企业生产及环保状况

2014年, 标准编制组通过电石协会向全国主要电石企业发放《电石企业环保状况调查表》, 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, 详细调查情况见图5。

2013年电石企业生产、环保设施及监测数据统计表

单位名称:		具体地址:		邮编:							
项目竣工环境保护验收时间: ____ (如果分期验收, 请分别列出)											
年生产时间: ____ 小时; 工程总投资: ____ 亿元, 其中环保投资: ____ 万元, 占总投资的: ____%											
一、电石生产		电石炉数量: ____ (台), 电石产能: ____ (万t/a), 电石产量: ____ (万t/a)									
电石炉编号	炉型	规模 (KVA)	电石产量 (t/h)	石灰用量 (t/h)	炉气利用情况说明	备注					
1#	密闭?										
2#	内燃?										
3#											
⋮											
合计											
电石炉编号	除尘设施类型 (袋式除尘系统种类, 电除尘系统电场数)					投资 (万元)	运行成本 (万元/年)				
	焦炭用量 (t/h)	焦炭含硫量 (%)	炉电耗 (kwh/t)	炉气产量 (Nm ³ /h)	烟囱高度 (m)						
1#											
2#											
3#											
⋮											
合计											
电石炉编号	污染物排放浓度 (mg/Nm ³)					烟气流速 (Nm ³ /h)	氧含量 (%)	污染物排放总量 (t/a)			
	颗粒物	二氧化硫	氮氧化物	一氧化碳	无组织排放颗粒物			颗粒物	二氧化硫	氮氧化物	一氧化碳
1#											
2#											
3#											
⋮											
合计											

二、石灰生产											
石灰窑数量: _____ (台), 石灰产量: _____ (万吨/a), 外购石灰量: _____ (万吨/a)											
石灰窑编号	窑型	规模 (t/d)	石灰产量 (万吨/a)	燃料种类及用量		除尘设施类型 (袋式除尘填滤料种类, 电除尘填电场数量)					
				电石炉气用量 (Nm ³ /d)	焦炭用量 (t/d)	预除尘类型 (没有不填)	除尘器类型	初始尘浓度 (g/m ³)	除尘效率 (%)	投资 (万元)	运行成本 (万元/年)
1#											
2#											
3#											
⋮											
合计											
石灰窑编号	污染物排放浓度 (mg/Nm ³)					烟气量 (Nm ³ /h)	氧含量 (%)	污染物排放总量 (t/a)			
	颗粒物	二氧化硫	氮氧化物	一氧化碳	无组织排放颗粒物			颗粒物	二氧化硫	氮氧化物	一氧化碳
1#											
2#											
3#											
⋮											
合计											

三、炭材干燥											
干燥窑数量: _____ (台), 外购炭材量: _____ (万吨/a)											
干燥窑编号	干燥形式	烘干量 (t/d)	焦炭含硫量 (%)	耗煤量 [2] (t/d)	煤中含硫量 (%)	除尘设施类型 (袋式除尘注明滤料种类, 电除尘注明电场数量)					
						预除尘类型 (没有不填)	除尘器类型	初始尘浓度 (g/m ³)	除尘效率 (%)	投资 (万元)	运行成本 (万元/年)
1#	热风炉?										
2#											
3#											
⋮											
合计											

干燥窑编号	污染物排放浓度 (mg/Nm ³)					烟气量 (Nm ³ /h)	氧含量 (%)	污染物排放总量 (t/a)			
	颗粒物	二氧化硫	氮氧化物	一氧化碳	无组织排放颗粒物			颗粒物	二氧化硫	氮氧化物	一氧化碳
1#											
2#											
3#											
⋮											
合计											

四、物料堆存方式											
请在 () 内勾选, 如果是其他方式请具体填写											
物料种类	石灰石粉场 ()	焦炭堆场 ()	电石堆场 ()								
堆存方式	1露天有防尘网	2露天无防尘网	3有顶棚无防尘网	4全封闭料棚	5其他 (填写具体信息)						
备注	其他环境问题?										

部门负责人: _____ 填表人: _____ 部门: _____ 联系电话: _____ E-mail: _____

填表说明:

- 1、请将此报表于2014年4月15日前发传真或电子邮件至中国电石工业协会信息部;
- 2、联系人: 焦阳 电话及传真: 010-84885830 邮编: 100723 地址: 北京市朝阳区亚运村安慧里4区16栋 (中国化工大厦) 718室 E-mail: ccia00@126.com 网址: www.cciac.org.cn

备注:

- 【1】烟囱共用的请注明
- 【2】炭材干燥用其他燃料, 请注明燃料种类和用量
- 【3】万元保留小数点后2位
- 【4】电石炉、石灰窑、炭材干燥窑按实际数量分别填写, 表格不够可以补充

图5 《电石企业环保状况调查表》

(2) 企业现场调研，获得工艺及污染治理设施情况数据

2013年3月20日，对新疆电石企业进行现场调研。2014年9月，对宁夏、内蒙的4家电石生产企业和1家电石炉设计加工企业进行了现场调研。2016年11月，到山东电石生产企业进行现场调研。

(3) 参加行业技术交流会并参观企业，获得企业工艺和污染现状数据

2014年6月，参加《第八届全国电石行业健康发展大会》，参观电石炉设计和制造公司。2014年9月，参加《全国电石行业技术交流会》，参观内蒙古电石生产企业。

(4) 收集公开监测资料

2014年到2016年，通过省市环保局网站收集电石生产企业监督性监测数据，主要获取了新疆、内蒙、甘肃等省国控源的部分数据。

(5) 召开座谈会，通过企业获得数据

2016年7月，在北京召开电石标准征求意见座谈会，邀请了业内主要电石生产企业，了解他们对电石标准的看法、企业的污染物排放状况，会后内蒙和新疆的几家电石生产企业提供了相关监测数据。

(6) 收集监督性监测数据

在环保部大气司的协助下，获取了10家电石生产企业2015年-2016年19台电石炉的71组数据、21座石灰窑的98组数据和19台干燥窑的42组数据。

4.2.2 行业排污水平分析

电石企业大气污染物排放设施主要是电石炉、石灰窑和干燥窑，其中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末端除尘系统，行业环保水平显著提高，特别是近几年新建的电石企业普遍提高了除尘设施条件，可以实现较好的污染物排放水平。但由于现有排放标准要求宽松，有些电石企业污染物排放浓度仍然较高，尤其是内燃式电石炉电石企业虽然排放浓度能达标，但因烟气量大，污染物排放总量较大。

电石企业的石灰窑和干燥窑普遍使用袋式除尘，颗粒物排放大部分都能满足现有排放限值的要求；因原燃料含硫量相对较低，大部分企业二氧化硫排放浓度相对较低，但也有个别企业超标排放；氮氧化物因不同窑型和工艺的差别造成排放浓度相差很大，但因为没有排放限值，没有引起行业的重视。

无组织排放问题严重。在多家电石企业现场调研发现，无组织排放的环节很多，环境管理水平普遍较低，特别是电石从出炉、转运、贮存等过程，普遍缺乏有效治理措施。

净化灰处置亟待解决。密闭式电石炉炉气净化灰因性质和普通除尘灰差别大，难以直接利用，因此目前主要采取填埋方式处置。在暂存、运输、倾倒、填埋等处置过程易引起二次污染，没有采取安全填埋措施。

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，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9。

表 9 电石工业主要污染物年排放量及占全国的比重 (排放量单位: 万吨)

污染物 指标	2013 年			2014 年			2015 年		
	电石工 业排放 量	全国排 放总量	电石所 占比例%	电石工 业排放 量	全国排 放总量	电石所 占比例%	电石工 业排放 量	全国排 放总量	电石所 占比例%
废气量 (亿 m ³)	9089	669361	1.36%	10537	694190	1.52%	10718	685190	1.56%
颗粒物 (万吨)	2.74	1278.1	0.21%	3.12	1740.8	0.18%	3.13	1538.0	0.20%
二氧化硫 (万吨)	3.64	2043.9	0.18%	4.08	1974.4	0.21%	4.07	1859.1	0.22%
氮氧化物 (万吨)	3.39	1859.1	0.18%	3.86	2078.0	0.19%	3.88	1851.9	0.21%

注: 【*】全国排放总量数据来源于《2015 年环境统计年报》

从上表分析, 电石工业废气量和各项污染物的排放量从 2013 年到 2015 年处于缓慢增长过程, 主要原因是每年电石产量都在增长中, 污染物排放量随着产量的增长而增长。

4.3 污染控制技术分析

4.3.1 颗粒物控制技术

密闭式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后除尘。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式电石炉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, 主要有 2 种方式。

(1) “干法除尘+气烧石灰窑”

密闭式电石炉炉气随着电石生产而在电石炉内产生, 炉气温度为 500℃-800℃。炉气的温度高低主要取决于电石炉的负荷和电极入炉状况, 正常的温度应低于 650℃^[16]。炉气经水冷烟囱进行输送并冷却后进入旋风除尘空冷装置, 稍大的颗粒粉尘被捕集下来, 通过密封刮板机送至粉灰仓; 稍小的颗粒随

【16】刘永博, 俞慧军, 高桂芳 中盐吉兰泰盐化集团 60 万吨电石项目电石炉烟气净化系统比较 内蒙古石油化工 2010 年第 22 期第 83 页

着炉气降至 220-260℃，经原气风机进入布袋除尘器，经过净化后的炉气有些直接送石灰窑做煅烧燃料，但由于炉气产量不稳，直接影响石灰窑的品质。一些大型企业如内蒙君正、中盐吉兰泰等都相继建起了储气柜，之后再 将炉气从储气柜输送到石灰窑做燃料。目前，这种方式是炉气利用最主要的方式。

有些企业将烧制石灰富余的炉气送往炭材干燥使用。

(2) “干法除尘+湿法净化”后再利用技术

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，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。

新疆某企业电石炉气采用“干法除尘+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，循环水中含有少量的油、酚和氰化物，采用氧化剂次氯酸钠对部分循环水进行处理。正常生产时循环水系统的污水不外排；应急排放时加入次氯酸钠作为氧化剂，碱式氯化铝粉作为混凝剂，阴离子型聚丙烯酰胺作为絮凝剂。湿法净化的粉尘在隔油池中沉降，其中漂浮物焦油及氧化钙遇水生产氢氧化钙与炉气中的二氧化碳、氰根生成钙盐，在沉淀池中形成“炭泥”，需定期进行清理，然后与干法除尘得到的粉尘混合压滤后，由专业罐车送往自备电厂锅炉燃烧^[17]。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，电石行业前几年发展的湿法回收电石炉气后再利用技术、直接利用后再除尘技术等因使用中 存在难以克服的缺点，其工程应用已逐渐被干法除尘+气烧石灰窑等方式取代。

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。炭材干燥窑和石灰 窑燃烧温度通常低于 1000℃，氮氧化物产生浓度相对较低，个别企业温度控制不好，主要通过采用低 氮燃烧的方式降低氮氧化物的产生。

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 未经过燃烧直接排放，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，正常生产时应 无 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，运行不好时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℃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，为此烟气温度必须保持在 220℃以上，确保 焦油不被析出。通常将烟气温度控制在 220℃~260℃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℃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（如做水泥生料煅烧或焚烧）。为了保证烟气从旋风除尘冷

【17】 安志明 电石炉气的净化工艺及其应用 聚氯乙烯 2010 年 6 月第 38 卷第 6 期第 6 页

却出来时在 220~260 ℃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。据调研炭材生产企业，目前炭材中的焦油含量越来越低了，焦油作为炭材生产中的主要副产物有着很高的经济价值，因此电石炉使用的炭材焦油含量逐年在降低。该种说法得到了新疆中泰化学的证实，他们的炉气输送管道使用几年后清理，只有很少的焦油附着在管壁上。

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，因此这种湿式除尘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，削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，在容易发生严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（密闭式电石炉）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) 设定单位产品基准排气量（石灰窑、干燥窑和内燃式电石炉排放口），通过废气污染物浓度，核算出单位产品排放绩效（吨产品颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的排放量）。
- (8) 现有企业经一段时间过渡期后，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。因生产工艺原因，内燃式电石炉仍执行现有企业标准，一直到工艺设施淘汰。
- (9) 在重点区域坚持环境优先，通过环境保护优化经济发展，制订大气污染物和水污染物的特别排放限值。

5.2 标准适用范围

电石工业企业包括独立的电石企业和联合电石企业的电石分厂或电石生产车间。本标准适用于电石工业企业生产过程中大气和水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，炭材烘干窑等，但不包括炭材的生产过程，《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表2新建企业的排放限值，内燃式电石炉关停前排放口各项污染物排放限值仍执行表1现有企业的排放限值。

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区域范围、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，本标准提出了无组织排放控制措施的要求。

5.3.2 执行标准的时间

(1) 建议新建企业自2018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2019年12月31日前，大气污染物排放执行本标准表1中现有企业大气污染物排放浓度限值；自2020年1月1日起，执行本标准表2中新建企业大气污染物排放浓度限值。

(3) 执行大气污染物和水污染物特别排放限值的区域范围、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式电石炉，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式电石炉，密闭式电石炉炉气要求100%利用，实际调研情况也是正常生产时炉气全部利用不外排，因此本标准新建电石炉取消了排放口限值。石灰窑和炭材干燥窑排放限值不区分燃料的种类。

5.4 术语和定义

本标准规定了电石工业企业、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、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、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、单位产品排放绩效共13个术语。

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；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

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。

对于石灰窑、干燥窑和内燃式电石炉废气排放口，应同时对排气中氧含量进行监测，实测大气污染物排放浓度应按公式（1）换算为基准氧含量状态下的基准排放浓度，并以此作为判定排放是否达标的依据。当实测氧含量低于基准氧含量时，以实测浓度为准，不进行折算。

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

式中：C_基——大气污染物基准排放浓度，mg/m³；

C_实——实测大气污染物排放浓度，mg/m³；

O_基——基准氧含量百分率，%。石灰窑排气中的基准氧含量为 8%（与钢铁行业石灰窑标准一致），干燥窑排气中的基准氧含量为 14%，内燃式电石炉排气中的基准氧含量为 9%（与现行标准一致）；

O_实——实测干烟气中氧含量百分率，%。

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,个别企业在进行炉气深度利用时采用“干法除尘+湿法水洗”工艺,产生少量含有微量油、酚和氰化物的废水,正常生产时循环使用不外排。电石企业废水排放量小,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 $2\text{m}^3/\text{t}$ 、 $1\text{m}^3/\text{t}$ 和 $0.8\text{m}^3/\text{t}$ 产品。

在标准公开征求意见后,内蒙古一家电石企业建议将单位产品基准排水量调整为 $1.0\text{m}^3/\text{t}$ 、 $0.8\text{m}^3/\text{t}$ 和 $0.6\text{m}^3/\text{t}$ 产品。经过和多家企业座谈,并进一步进行调研,编制组认为该指标是可以实现的。

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: $\rho_{\text{基}}$ ——水污染物基准排水量排放质量浓度, mg/L;

$Q_{\text{总}}$ ——排水总量, m^3 ;

Y_i ——某种产品产量, t;

$O_{i\text{基}}$ ——某种产品的单位产品基准排水量, m^3/t ;

$\rho_{\text{实}}$ ——实测水污染物浓度, mg/L。

若 $Q_{\text{总}}$ 与 $\sum Y_i \cdot O_{i\text{基}}$ 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 无组织排放管控

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。

目前,我国电石企业开始逐渐重视石灰窑、干燥窑等有组织废气治理,但无组织排放问题还没有引起足够重视。环保部门的监测和检查主要是针对有组织排放环节,还有相当一部分大气污染源以无组织的形式排放,需要收集后转变为有组织排放。目前从实际情况看到,料场、堆场露天堆放、破碎筛分过程无封闭和集尘措施,石灰窑、电石炉顶部有时有可见烟尘排放,电石出炉口废气收集率很低等,无组织排放成为电石企业主要的环境问题之一。因此,制定电石企业无组织排放控制措施,是改善电石企业污染现状的重要手段。

(1) 无组织排放的环节

电石行业无组织排放的环节主要包括:原燃料贮存、电石工序、其他工序、除尘灰、路面硬化等。

原燃料贮存：各种原料燃料料场应采取封闭、半封闭储存，或设置不低于堆存物料高度 1.1 倍的围挡并采取洒水或覆盖等抑尘措施。

电石工序：电石生产车间不应有可见烟尘外逸，在出炉口应设置集气罩并配备除尘设施，经排气筒达标排放。

其他工序：各种物料的破碎、筛分过程应在封闭厂房内进行，并且在进出料口、配料和混料过程等产尘点设置集气罩，并配备除尘设施。

除尘灰：除尘器应设置密闭灰仓并及时卸灰，除尘灰不得直接卸落到地面；除尘灰在厂区内应密闭贮存，电石炉炉气净化除尘灰如不能进行综合利用须采用焚烧方式进行无害化处置。除尘灰如采用车辆外运，在装车过程中应使用防尘系统，并对运输车辆进行苫盖，或采用专用罐车等方式运输。除尘灰处置场应采取防止粉尘污染的措施。

路面硬化：厂区道路、原料、燃料及电石堆场路面应硬化。道路采取清扫、洒水等措施，保持清洁。

(2) 无组织排放控制措施

为实现无组织排放的有效控制，配料、粉碎、成型、烧成等工序都应采取必要的集中收尘措施，尽可能采用封闭式作业，配备除尘设施。所有工序生产过程与除尘设施同步运行，避免产生无组织排放。

破碎及筛分：各种原料燃料的破碎筛分过程应在封闭厂房中进行，配备除尘设施；炭材、石灰等破碎筛分应在设备进、出料口等产尘点设置集气罩，配备除尘设施；配料及混料过程产尘点应设置集气罩，配备除尘设施。

干燥与煅烧：干燥室、石灰窑烟气应有组织收集，经烟气治理设施处理后从排气筒排放；窑顶外加煤应密闭贮存；加强窑周边的清扫。

除尘灰：除尘器应设置密闭灰仓并及时卸灰，除尘灰不落地；如采用车辆运输，在除尘灰装车过程中应采用抑尘措施，并对运输车辆进行遮盖。

此外，使用气烧石灰窑、余热干燥炭材等，可以有效减少颗粒物无组织排放。

(3) 一般地区与重点地区控制措施差异

对于一般地区，综合考虑电石行业生产工艺、污染治理工作现状、借鉴其他行业污染防治技术文件等规定的无组织排放管理与控制要求，结合电石行业特点提出了无组织排放控制措施。

对比一般地区所提出的无组织排放控制措施，对重点地区提出了一条更严格要求：炭材、石灰石、原煤等原料、燃料料场应采用封闭、半封闭料场（仓、棚、库）。半封闭料场应采取洒水或覆盖等抑尘措施。不能采用设置围挡的抑尘措施。

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/m³，SO₂ 为 850mg/m³，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/m³。

6.1 大气污染物排放浓度限值的确定

本标准确定排放限值的数据主要来源于环保部 2015 年-2016 年国控源监督性监测数据，共获取 20 台电石炉 71 组数据、21 台石灰窑 98 组数据、19 台干燥窑 42 组数据，具体统计情况见表 10 和表 11。

表 10 2015 年-2016 年国控源电石企业监督性监测数据情况统计

排名	单位	炉型	数据情况	电石炉			石灰窑		干燥窑	
				台数	数据量	炉型	台数	数据量	台数	数据量
1	新疆 1	密闭+内燃	电石炉+石灰窑	6	39	密闭	5	26		
2	新疆 2	密闭	烘干窑						2	6
3	新疆 3	内燃	电石炉	6	15	内燃-排放				
					4	内燃-出炉				
4	内蒙 1	密闭	石灰窑+烘干窑				8	55	6	15
5	宁夏 1	密闭	烘干窑						2	6
6	甘肃 1	密闭	烘干窑						3	5
7	甘肃 2	密闭	电石炉+石灰窑	1	4	密闭	1	3		
8	四川 1	内燃	电石炉+烘干窑	3	2	内燃-出炉			2	4
9	山西 1	内燃	电石炉	4	7	内燃-排放				
10	青海 1	密闭	石灰窑+干燥窑				7	14	4	6
合计				20	71		21	98	19	42

表 11 2015 年-2016 年国控源电石企业监督性监测数据分析结果

监测点名称	工艺名称	监测项目名称	工况负荷 (%)	含氧量 (%)			污染物折算浓度 (mg/m ³)			数据 (条窑)	数据量 (组)
				平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值		
电石炉	密闭-出炉口	烟尘					21.7	14.0	116.0	7	40
	内燃-排放口	烟尘					43.1	9.0	188.0	6	8
		二氧化硫					8.8	3.0	15.0	6	17
		氮氧化物					115.1	8.0	771.0	6	17
	内燃-出炉口	烟尘					25.7	1.0	188.0	8	20
石灰窑	烟尘	83	10.3	5.7	17.9	52.3	13.2	211.1	21	85	
	二氧化硫	83	10.3	5.7	17.9	163.9*	6.4	486.4	13	57	
	氮氧化物	83	10.3	5.7	17.9	138.4	32.8	466.0	21	83	
干燥窑	烟尘	84.9	14.6	10.4	18.5	79.7	20.0	190.0	19	52	
	二氧化硫	84.9	14.6	10.4	18.5	184.3	8.0	596.0	19	46	
	氮氧化物	84.9	14.6	10.4	18.5	229.3	32.0	532.0	19	46	

注：1*内蒙某公司 2016 年监测的 8 条石灰窑 24 组数据，二氧化硫平均 982mg/m³，统计时已扣除。

2 石灰窑含氧量折 8%，干燥窑含氧量折 14%，电石炉出炉口未折含氧量，排放口含氧量折 9%。

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、SO₂、NO_x，因燃烧不完全和烟气泄露等还会排放 CO 和微量的 HCN。

电石炉排放限值主要是根据环保部监测数据和编制组调研数据确定，详细情况见表 12 和表 13。

表 12 电石炉（内燃式）排放口排放限值及数据统计情况

电石炉	浓度限值 (mg/m ³)	有效数据		
	排放口	超标组	共计	超标率
颗粒物	50	1	8	12.5%
二氧化硫	100	0	17	0.0%
		4*	60*	6.7%*
氮氧化物	200	3	17	17.6%

*数据来源于编制组调研，排放口含氧量折 9%（与现行标准一致）

表 13 电石炉出炉口排放限值及数据统计情况

电石炉		浓度限值 (mg/m ³)	有效数据		
			超标组	共计	超标率
颗粒物	特别限值	20	20	62	32.3%
颗粒物	新建企业	30	7	62	11.3%
颗粒物	现有企业	50	3	62	4.8%

*出炉口未折含氧量

6.1.1.1 颗粒物（内燃炉+密闭炉）

内燃式电石炉颗粒物初始浓度为 8~20g/m³，密闭式电石炉颗粒物初始浓度为 80~150g/m³。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。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。

电石出炉是间歇式的，没有电石出炉时出炉口是密封的，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。电石炉出炉口采用独立的除尘系统，每次工作时间为 15~30 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^{【18】}，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。

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。

本标准**现有企业**电石炉**排放口**颗粒物排放限值为 50 mg/m³，按现行标准 200mg/m³ 统计没有超标现象，按本标准统计超标内燃式电石炉 1 组，占现有电石炉数据的 12.5%；

本标准**现有企业**电石炉**出炉口**颗粒物排放限值为 50mg/m³，按现行标准 120mg/m³ 统计有 1 组超标，按本标准统计超标电石炉 3 组，占现有电石炉数据的 4.8%。

本标准**新建企业**电石炉**出炉口**颗粒物排放限值为 30mg/m³，按本标准统计超标电石炉 7 组，占现有电石炉数据的 11.3%。

本标准电石炉**出炉口**颗粒物特别排放限值是 20 mg/m³，按本标准统计超标电石炉 20 组，占现有电石炉数据的 32.3%。

6.1.1.2 二氧化硫（内燃炉）

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）提出兰炭产品的硫分划分为四级，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 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 组内燃式电石炉排放口 SO₂ 浓度平均值为 64.7mg/m³（浓度范围 30.0-227.0

【18】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

mg/m³)。目前,电石炉排放口对SO₂没有采取污染治理措施,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。

本标准现有企业电石炉**排放口**SO₂排放限值为100mg/m³,根据环保部监测数据,按现行标准850mg/m³统计没有超标现象,按本标准统计没有超标电石炉,根据编制组前期调研数据60组中有4组超过100mg/m³,占现有电石炉数量的6.7%;新建企业不能使用内燃式电石炉,因此没有电石炉排放口限值要求。

6.1.1.3 氮氧化物(内燃炉)

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。

目前,电石炉排放口对NO_x都没有采取污染治理措施,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。

本标准现有企业电石炉**排放口**NO_x排放限值为200mg/m³,现行标准没有NO_x排放限值,按本标准统计超标电石炉3组,占现有电石炉数据的4.8%。新建企业不能使用内燃式电石炉,因此没有电石炉排放口限值要求。

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。

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

目前,电石炉排放口对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。

本标准现有企业**排放口**CO排放限值是50mg/m³,新建企业不允许建设内燃式电石炉,炉气要100%利用,没有废气排放口。

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《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中规定了氰化氢排放限值为1.9mg/m³。在编制组调研过程中,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,其中密闭式电石炉炉气氰化氢平均含量0.67mg/m³,炉气不直接排放,用于气烧窑煅烧石灰石的燃料。内燃式电石炉烟气氰化氢平均含量1.76mg/m³,烟气直接排放。

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)1.0mg/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,密闭式电石炉气直接利用不外排,不会对周边环境造成污染,本标准不设排放限值。

现有企业电石炉**排放口**HCN排放限值是1.0mg/m³。

6.1.2 石灰窑大气污染物排放限值

石灰窑排放限值主要是根据环保部2015年-2016年国控源监督性监测数据确定,详细情况见表14。

表 14 石灰窑排放限值及数据统计情况

石灰窑	适用阶段	浓度限值 mg/m ³		有效数据		
		O ₂ =8.6%	O ₂ =8%	超标组	共计	超标率
颗粒物	特别限值	19	20	79	85	92.9%
	新建企业	28	30	67	85	78.8%
	现有企业	47	50	39	85	45.9%
二氧化硫	特别限值	94	100	31	74	41.9%
	新建企业	189	200	23	74	31.1%
	现有企业	283	300	13	74	17.6%
氮氧化物	特别限值	189	200	12	83	12.0%
	新建企业	226	240	9	83	8.4%
	现有企业	283	300	2	83	2.4%

电石行业目前在用的石灰窑种类较多，主要窑型有环形套筒窑、双膛窑（双 D 窑）、双梁窑及回转窑。由于使用不同燃料、不同窑型，采用的燃烧技术不同等，石灰窑 NO_x 排放浓度相差很大，江苏某公司在对多种石灰窑进行大量数据监测分析的基础上，为进一步降低烟气中的 NO_x 含量，开发了环形套筒窑的无焰燃烧技术，可以使环形套筒窑通过技术改造实现低氮燃烧。

石灰窑调研数据以较为先进的石灰窑为基础，目前电石行业没有采取末端脱硝的石灰窑。

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 50/300/300mg/m³，新建企业颗粒物、SO₂ 和 NO_x 排放限值分别为 30/200/240mg/m³，特别排放限值分别为 20/100/200mg/m³。

6.1.3 干燥窑大气污染物排放限值

干燥窑排放限值主要是根据环保部 2015 年-2016 年国控源监督性监测数据确定，详细情况见表 15。

表 15 干燥窑排放限值及数据统计情况

干燥窑	适用阶段	浓度限值 mg/m ³		有效数据		
		O ₂ =8.6%	O ₂ =14%	超标组	共计	超标率
颗粒物	特别限值	50	30	45	52	86.5%
	新建企业	83	50	32	52	61.5%
	现有企业	133	80	9	52	17.3%
二氧化硫	特别限值	167	100	23	46	50.0%
	新建企业	333	200	12	46	26.1%
	现有企业	500	300	7	46	15.2%
氮氧化物	特别限值	333	200	16	46	34.8%
	新建企业	400	240	7	46	15.2%
	现有企业	500	300	5	46	10.9%

编制组调研中发现，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。

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，也有企业采用石灰窑废气余热进行烘干。

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到 700℃-900℃，因此干燥窑烟气中氧含量普遍较高。根据焦炭来源不同，季节不同，炭中的水分含量差异很大。

现有企业颗粒物、SO₂ 和 NO_x 排放限值分别为 80/300/300mg/m³，新建企业颗粒物、SO₂ 和 NO_x 排放限值分别为 50/200/240mg/m³，特别排放限值分别为 30/100/200mg/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。

本标准规定了厂界大气污染物无组织排放限值，具体无组织浓度限值情况见表 16。

表 16 现有和新建电石企业厂界大气污染物浓度限值 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	1.0	0.4	10.0	厂界

其中, 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 净化装置与工艺设备同步运转要求

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。

6.1.6.2 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。

6.1.6.3 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, 本标准针对电弧法生产工艺的电石炉烟气设置了单位产品基准排气量限值。

经电石协会对多家重点企业的调查确定了电石炉、石灰窑和干燥窑生产 1 吨电石废气排放量, 即单位产品基准排气量为:

- (1) 内燃式电石炉排放口单位产品排气量为 12000m³/t, 内燃式或密闭式电石炉出炉口单位产品排气量为 15000m³/t;
- (2) 石灰窑主要排放口单位产品排气量为 6000m³/t, 一般排放口单位产品排气量为 3000m³/t;
- (3) 干燥窑单位产品排气量为 6500m³/t, 一般排放口单位产品排气量为 1500m³/t。

6.1.6.4 大气污染绩效排放限值的确定

用于核定电石企业某种污染物排放总量而规定的吨电石产品的污染物平均排放量, 生产设施主要包括石灰窑、干燥窑和电石炉, 污染物种类包括颗粒物、二氧化硫和氮氧化物。绩效值分为一般地区和重点地区, 具体限值主要根据单位产品基准排气量、排放标准限值和吨电石消耗石灰量与炭材的量确定的。电石协会提供数据, 生产 1t 电石石灰消耗量按 1 吨计, 炭材消耗量按 0.7 吨计。排放绩效情况如表 17。

表 17 大气污染物绩效排放限值

生产设施	排放口类型	污染物种类	绩效值 (kg/t 电石)		基准排气量
			一般地区	重点地区	
石灰窑	主要排放口	颗粒物	0.18	0.12	6000 m ³ /t 石灰
		二氧化硫	1.20	0.60	
		氮氧化物	1.44	1.20	
	一般排放口	颗粒物	0.09	0.06	3000 m ³ /t 石灰
干燥窑	主要排放口	颗粒物	0.47	0.29	6500 m ³ /t 炭材
		二氧化硫	1.86	0.93	
		氮氧化物	2.23	1.86	
	一般排放口	颗粒物	0.06	0.04	1500 m ³ /t 炭材
电石炉	主要排放口 (出炉口)	颗粒物	0.45	0.30	15000 m ³ /t 电石
	一般排放口	颗粒物	0.36	0.24	12000m ³ /t 电石

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 5mg/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。污水综合排放标准已经实施了 20 年，有些指标过于宽松，不利于污水治理和综合利用，很多省市和流域制定了地方排放标准，对其中各项污染物排放限值进一步加严，详细情况见表 18。

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) 及各省市区和流域污水综合排放标准限值，确定本标准水污染物排放限值。

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%。

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 值新建企业和特别限值标准值确定为 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 150mg/L。电石工业新建企业和特别限值更为严格，废水悬浮物直接排放标准值分别为 50 mg/L 和 30 mg/L。电石工业新建企业和特别限值悬浮物间接排放标准值分别为 100 mg/L 和 40 mg/L。

化学需氧量 COD_{Cr}：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。电石工业新建企业和特别限值更为严格，废水化学需氧量直接排放标准值分别为 50 mg/L 和 30 mg/L；电石工业新建企业和特别限值化学需氧量间接排放标准值分别为 100 mg/L 和 50 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。电石工业新建企业和特别限值更为严格，废水氨氮直接排放标准值分别为 8 mg/L 和 5 mg/L；电石工业新建企业和特别限值氨氮间接排放标准值分别为 10 mg/L 和 8 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。电石工业新建企业和特别限值总氮直接排放标准值分别为 15 mg/L 和 10 mg/L；电石工业新建企业和特别限值废水总氮间接排放标准值分别为 30 mg/L 和 20 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。电石工业新建企业和特别限值更为严格，废水总磷直接排放标准值分别为 1 mg/L 和 0.5 mg/L；电石工业新建企业和特别限值总磷间接排放标准值分别为 2 mg/L 和 1mg/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，电石工业新建企业和特别限值更为严格，石油类直接排放标准值分别为 2mg/L 和 1 mg/L；电石工业新建企业和特别限值石油类间接排放标准值分别为 3mg/L 和 2 mg/L。

表 18 国内相关污水综合排放标准比较

标准比较	实施日期	类别	pH 值	悬浮物	CODcr	氨氮	总氮	总磷	石油类	备注
电石标准	待定	直接排放 (新建/特排)	6~9	50/30	50/30	8/5	15/10	1/0.5	2/1	
		间接排放 (新建/特排)	6~9	100/40	100/50	10/8	30/20	2/1	3/2	
《污水综合排放标准》	1998. 1. 1	一级/二级	6~9	70/150	100/150	15/25	—	—	5/10	GB8978-1996
《城镇污水处理厂污染物排放标准》	2003. 7. 1	一级/二级	6~9	20/30	60/100	8/25	20/-	1/3	3/5	GB18918-2002
《无机化学工业污染物排放标准》	2015. 7. 1	直接排放 (新建/特排)	6~9	50/30	50/40	10/5	20/10	0.5/0.5	3/1	GB31573-2015
		间接排放 (新建/特排)	6~9	100/50	200/50	40/10	60/20	2/0.5	6/3	
《上海市污水综合排放标准》	2009. 10. 1	特殊保护水域标准	6~9	50	60	8	20	0.5	3	DB31/199-2009
		一级/二级	6~9	60/70	80/100	10/15	25/35	0.5/1	5/10	
《北京市水污染物综合排放标准》	2014. 1. 1	A 排放限值	6.5~8.5	5	20	1.0 (1.5)	10	0.2	0.05	DB11/307-2013
		B 排放限值	6~9	10	30	1.5 (2.5)	15	0.3	1	
【河南省】惠济河流域水污染物排放标准	2016. 1		6~9	30	50	5	15	1	4	DB 41/918-2014
【河南省】贾鲁河流域水污染物排放标准	2016. 1		6~9	30	50	5	15	1	5	DB 41/908-2014
【广东省】水污染物排放限值	2002. 1. 1	一级/二级/三级	6~9	60/100/400	90/110/500	10/15/-			5/8/20	DB4426-2001
厦门市水污染物排放标准	2012. 1. 1	一级/二级/三级		60/100/350	60/100/400	10/20/35	#	0.5/1/3	5/7/20	DB 35/322-2011

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 19。

表 19 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）	
			NOx	300ppm（折合 615mg/m ³ ）	
		处理设备	PM	23.0 b/h（折合 10.4kg/h）	
			不透明度	<20%	
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
			PM	42.75 b/h（折合 19.4kg/h）	
5	破碎系统		PM	39.96 b/h（折合 18.1kg/h）	
6	包装系统	U6	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）	
		EP016	PM	29.83 b/h（折合 13.5kg/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20,斯洛文尼亚排放情况见表21。

表 20 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 21 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22~表26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 22 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	<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	<20	一般排放要求

用管理规定	<50	专有设施排放要求
世界银行	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 23 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	200-400	水泥、石灰工业污染防治最佳可行技术 BAT
世界银行	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 24 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-氮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
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-氮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 25 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	50	医疗服务机构环境、健康与安全指南

通用管理规定	100	一般排放要求
	150	专属设施-铸造

7.1.3.5 氰化氢

表 26 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		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 27~表 30。

表 27 《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	850	GB9078-1996
2	非金属加热炉	200	1	850	
3	石灰窑	200	1	850	
4	其它炉窑	200	1	850	

表 28 《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 29 《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 30 《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, 主要参考国内现行标准、国内近几年相关行业、地方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。

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 31。

表 31 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	氧含量
石灰窑	现有/新建/特别限值	50/30/20	300/200/100	300/240/200	—	—	8%
	GB9078-1996	200	850	—	—	—	9%
电石炉	现有/新建/特别限值	出炉口	50/30/20	--	--	--	未折算
		排放口	50/-/-	100/-/-	200/-/-	50/-/-	1.0/-/-
	GB9078-1996	200	850	—	—	—	9%
干燥窑	现有/新建/特别限值	80/50/30	300/200/100	300/240/200	—	—	14%
	GB9078-1996	200	850	—	—	—	9%

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 32。

表 32 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/新建企业/特别限值	50/30/20	—	—
	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 与国内其他相关标准的比较

在国内钢铁行业排放标准、河北省和山东省地方污染物排放标准中有相关内容，本标准与这些相关标准的比较见表 33。

表 33 与国内相关排放标准限值的比较（现有/新建/特别限值）

生产工艺或设施		颗粒物	二氧化硫	氮氧化物 (以 NO ₂ 计)	基准氧含量
石灰窑	本标准	50/30/20	300/200/100	300/240/200	8%
	《炼钢工业大气污染物排放标准》(GB28664-2012)	50/30/30	—	—	8%
	河北省《石灰行业大气污染物排放标准》DB13/ 1641-2012	50/30/-	180/100/-	500/400/-	16%，低于 16% 按实测值
	河北省《钢铁工业大气污染物排放标准》DB13/ 2169-2015	30/30/30	80/80/80	400/400/400	8%
	《山东省工业炉窑大气污染物排放标准》DB37/2375-2013	50/50/-	400/300/-	450/300/-	9%
	内蒙电石企业执行限值	200	550	240	8.6%
	新疆电石企业执行限值	200	150	—	8.6%
电石炉出 炉口	本标准	50/30/20	--	--	实测浓度
	《炼铁工业大气污染物排放标准》(GB28663-2012)	50/25/15	—	—	实测浓度
	《炼焦化学工业污染物排放标准》(GB 16171-2012)	100/50/30	—	—	实测浓度
	河北省《钢铁工业大气污染物排放标准》DB13/ 2169-2015	25/15/15	—	—	实测浓度
	河北省《工业炉窑大气污染物排放标准》DB13/ 1640-2012	100/50	—	—	(掺风系数 2.5) 12.6%
	内蒙电石企业执行限值	120	—	240	8.6%
	新疆电石企业执行限值	200	150	—	8.6%
干燥窑	本标准	80/50/30	300/200/100	300/240/200	14%，低于 14% 按实测值
	《炼铁工业大气污染物排放标准》(GB28663-2012)	50/20/15	100	300	实测浓度
	河北省《钢铁工业大气污染物排放标准》DB13/ 2169-2015	20/20/15	80	300	实测浓度
	河北省《工业炉窑大气污染物排放标准》DB13/ 1640-2012	100/50	500/400	400	8.6%
	《山东省工业炉窑大气污染物排放标准》DB37/2375-2013	50	300	300	12%

	《山东省钢铁工业污染物排放标准》DB37/990-2013	20/20/15	100/80/80	300/300/300	实测浓度
	内蒙电石企业执行限值	200	850	240	8.6%
	新疆电石企业执行限值	120	550	240	8.6%
	甘肃电石企业执行限值	120	550	240	8.6%

7.3.4 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

电石行业现有主要生产设施废气排放口普遍安装了袋式除尘器。由于除尘器设计和工艺管理的差异，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 2015 年-2016 年国控源电石企业监督性监测数据分析结果如下：石灰窑、干燥窑和电石炉排放口最高/平均排放浓度分别为 211.1/52.3mg/m³、115.8/56.6mg/m³ 和 188.0/43.1mg/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，本标准区分了干燥窑与其他设施的颗粒物排放限值，新建企业干燥窑为 50mg/m³，其他设施为 30mg/m³。本标准与现行标准相比，石灰窑颗粒物排放限值加严了 85%，石灰窑颗粒物要达标排放其最高浓度需提高除尘效率 76.7%。电石炉出炉口最高浓度为 188 mg/m³，需提高除尘效率 84.0%，干燥窑出炉口最高浓度为 190.0mg/m³，需提高除尘效率 73.7%。

本标准新建企业 SO₂ 排放限值：石灰窑、干燥窑为 200mg/m³，电石炉出炉口不设排放限值。GB9078-1996 为 850mg/m³。从现有排放数据看，石灰窑、干燥窑最高浓度分别为 486.4mg/m³ 和 422.0mg/m³，低于 GB9078-1996 的 850mg/m³ 排放限值，现有标准起不到 SO₂ 污染减排的作用。本标准与现行标准相比，SO₂ 排放限值加严了 76%，石灰窑和干燥窑平均浓度需脱硫率分别为 58.9% 和 52.6%。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 SO₂ 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、干燥窑为 200mg/m³ 和 240mg/m³。GB9078-1996 没有规定 NO_x 排放限值。从现有排放数据看，石灰窑和干燥窑的最高/平均浓度分别为 466.0/138.4 mg/m³、175.6/367.2 mg/m³，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 34。

表 34 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（吨）			二氧化硫排放量（吨）			氮氧化物排放量（吨）		
		现有企业	新建企业	现有+新建	现有企业	新建企业	现有+新建	现有企业	新建企业	现有+新建
与现行标准 比，2018 年 （第一阶 段）削减情 况	执行现行标准 2018 年排放量	27449.7	7495.2	34944.9	39507.1	3120.8	42627.9	38619.1	1389.9	40008.9
	执行本标准后 2018 年排放量	25554.3	5996.2	31550.4	37225.1	2496.7	39721.8	37882.6	1111.9	38994.5
	削减量	1895.4	1499.0	3394.4	2282.0	624.2	2906.1	736.4	278.0	1014.4
	削减率	6.9%	20.0%	9.7%	5.8%	20.0%	6.8%	1.9%	20.0%	2.5%
与现行标准 比，2020 年 （第二阶 段）削减情 况	执行现行标准 2020 年排放量	26185.4	14990.4	41175.9	38324.2	6241.7	44565.9	37942.9	2779.7	40722.7
	执行本标准后 2020 年排放量	21107.4	8994.3	30101.6	34318.0	4993.3	39311.3	36616.2	2223.8	38840.0
	削减量	5078.1	5996.2	11074.2	4006.2	1248.3	5254.6	1326.8	555.9	1882.7
	削减率	19.4%	40.0%	26.9%	10.5%	20.0%	11.8%	3.5%	20.0%	4.6%
与 2016 年 相比，2020 年（第二阶 段）削减情 况	2016 年排放量	31857.3	0.0	31857.3	41053.3	0.0	41053.3	39502.9	0.0	39502.9
	执行本标准后 2020 年排放量	21107.4	8994.3	30101.6	36452.0	3745.0	40197.0	37440.7	1667.8	39108.5
	削减量	10749.9		1755.6	4601.3		856.3	2062.1		394.3
	削减率	33.7%		5.5%	11.2%		2.1%	5.2%		1.0%

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，减少内燃式电石炉烟气泄露和充分燃烧。

以2016年为基准年，电石行业颗粒物、SO₂和NO_x排放量分别是31857吨、41053吨和39503吨。

从上表可知，**2018年实施本标准第一阶段**，现有企业执行本标准表1，新建企业实施本标准表2，颗粒物、SO₂和NO_x可以分别削减9.7%、6.8%和2.5%；

到**2020年实施本标准第二阶段**，现有企业和新建企业都实施本标准表2，与现行标准比较，颗粒物、SO₂和NO_x可以分别削减26.9%、11.8%和4.6%。

2020年实施本标准第二阶段，与**2016年排放量相比**，颗粒物、SO₂、NO_x可以分别削减5.5%、2.1%和1.0%，现有企业颗粒物、SO₂、NO_x可以分别削减33.7%、11.2%和5.2%。

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。

调研了多家企业石灰窑、干燥窑和电石炉等袋式除尘器，平均单台投资约220万元，平均运行成本约80万元/年。2015年我国有电石企业255家，电石炉按4台/家计，石灰窑和干燥窑按各2台计，共有除尘器约2040台，除尘器投资约45亿元，年运行费用约16亿元。

8.2.2 达标技术情况

电石炉颗粒物如果超标排放，可以通过更换除尘器滤料实现达标排放。

SO₂如果超标排放，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。

目前，电石行业还没有烟气脱硝的先例，本标准限值以优化工艺参数降低NO_x产生为制定依据，要降低NO_x的排放总量，需要尽快开展低氮燃烧工艺的研究和末端烟气脱硝技术的研究与示范。本标准排放限值不能过于严格。

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。

8.2.3 标准的实施对行业的经济影响

标准实施后，部分内燃式电石炉由于难以满足排放标准要求，其产能逐渐被密闭式电石炉替代，虽然颗粒物排放浓度限值相同，但吨电石产品的烟气排放量差别很大，从9000m³/t电石减少到500m³/t电石，并且密闭式电石炉产生的炉气主要用于气烧石灰窑，电石炉不直接排放烟气，减少了污染物的排放的同时还能充分利用热能，产生了一定的经济效益。

我国大型密闭式电石生产设施主要是近几年建设的，其电石炉、石灰窑和干燥窑普遍配套使用的是袋式除尘器，烟尘排放浓度多低于50mg/m³，有些甚至低于20mg/m³，因此标准实施后在除尘方面不需要大的改造和经济投入。对极少数SO₂不达标企业需要更换低硫炭材，需要额外增加一部分费用；目前，电石行业还没有烟气脱硝的先例，因此本标准NO_x排放限值相对宽松，不会直接对电石行业的经济产生较大影响，但会引导企业从生产工艺环节减少NO_x的排放。目前，我国密闭式电石炉的产能已经能完全满足电石生产的需要，因此标准实施后主要是促进内燃式电石炉的淘汰进度和生产工艺的改进，对电石行业的影响相对较小。

8.3 电石行业生产活动对土壤污染的影响分析

电石生产一般需要外购石灰石、炭材，消耗大量的电力，生产过程主要有炭材烘干窑和电石炉。其中，石灰窑是将石灰石煅烧，所用原料主要为石灰石，煅烧燃料主要用电石炉炉气或炭材粉末，排放污染物为大气污染物，包括颗粒物、氮氧化物和二氧化硫，其中颗粒物通过袋式除尘后排放，二氧化硫和氮氧化物直接排放。

干燥窑是将炭材烘干，所有原料主要为炭材，烘干燃料主要用炭材粉磨和煤，排放污染物为大气污染物，包括颗粒物、氮氧化物和二氧化硫，其中颗粒物通过袋式除尘后排放，二氧化硫和氮氧化物直接排放。

电石炉是将氧化钙和炭材在焙烧窑中通过电弧炉高温将其焙烧生产碳化钙，产生以 CO 为主的副产物炉气，用于气烧石灰窑和炭材干燥，少部分企业进行深加工生产化工产品。在电石出炉过程中会产生颗粒物，通过袋式除尘后排放。

上述生产工艺有组织排放的污染物主要是颗粒物、二氧化硫和氮氧化物，颗粒物主要成分是碳酸钙、氧化钙、炭粉，无大量重金属或其他毒性积累性有机物，不存在对土壤的长期污染。密闭式电石炉除尘净化灰在收尘过程中会有少量烟气中的焦油冷凝富集在除尘灰中。

无组织排放颗粒物主要通过厂界主要污染物无组织排放限值和各生产工艺环节无组织排放控制要求减少对周边土壤的影响，如提出对各种除尘灰暂存于厂区内应密闭贮存的要求，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、电石堆场应带顶棚及四周围挡等要求。

电石生产工艺过程的废水主要是冷却水和生活废物，主要是常规污染物，经过处理后尽可能利用不外排，减少对周边土壤的影响。

电石生产和污染治理过程中产生的固废以综合利用为主，对电石炉炉气净化除尘灰提出特别控制要求：如不能进行综合利用须采用焚烧方式进行无害化处置。其他固体废物为无害化废物，在厂区内暂存要求密闭，不会对周边土壤环境造成影响。

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 NO_x 排放限值进一步加严。

9.3 与本标准实施相关的科研项目建议

对石灰窑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；

研究并示范应用降低 NO_x 的末端治理技术；

研究利用余热进行炭材干燥及除尘技术，进一步减少炭材干燥环节颗粒物的排放。

10 标准征求意见情况（第一次）

2015 年 11 月，征求意见稿和编制说明在环保部网站公开征求意见。标准征求意见单位 107 家，包括国家部委、各省、自治区、直辖市环保厅（局）、环保部直属单位、电石行业研究设计单位、电石生产企业、污染治理企业、环保部各业务司局等。回复意见单位 38 家，回函比例 35%。其中提出意见单位 16 家，无意见单位 91 家，共提出意见 53 条。

标准编制组对 53 条意见进行了逐条处理, 完全采纳 30 条, 部分采纳 10 条, 未采纳 13 条。有 75.5% 的意见得到采纳或部分采纳。