

# 《石灰、电石工业大气污染物排放标准 (征求意见稿)》编制说明

《石灰、电石工业大气污染物排放标准》标准编制组

二〇二〇年四月

# 目 录

1	项目背景.....	1
1.1	任务来源.....	1
1.2	工作过程.....	1
2	行业概况.....	2
2.1	我国石灰工业概况.....	2
2.2	我国电石工业概况.....	2
3	标准制订的必要性.....	3
3.1	国家产业政策与环保要求.....	3
3.2	行业发展带来的主要环境问题.....	3
3.3	现行环保标准存在的主要问题.....	4
4	行业产排污情况及污染防治技术分析.....	4
4.1	生产工艺及原辅材料.....	4
4.2	污染物产生情况.....	5
4.3	行业排污现状.....	6
4.4	污染防治技术.....	6
5	标准制定的原则与思路.....	7
5.1	标准制定的原则.....	7
5.2	总体思路.....	8
6	标准主要技术内容及确定依据.....	8
6.1	标准适用范围.....	8
6.2	执行标准的时间.....	9
6.3	术语与定义.....	9
6.4	污染物项目的选择.....	9
6.5	污染物排放限值的确定.....	10
7	与现行标准的比较.....	14
8	实施本标准的环境效益及经济技术分析.....	15
8.1	实施本标准的环境（减排）效益.....	15
8.2	实施本标准的技术经济分析.....	15

# 《石灰、电石工业大气污染物排放标准》

## 编制说明

### 1 项目背景

#### 1.1 任务来源

2010年原环境保护部下发《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）文件，要求制定《电石工业污染物排放标准》，由中国环境科学研究院牵头承担标准编制任务。

#### 1.2 工作过程

2010年6月，成立标准编制组，开展行业背景情况调查，收集国内外相关标准和产业政策、环保政策，收集监测数据，并进行典型电石企业数据监测与调研。

2011年11月3日，原环保部科技标准司在北京主持召开开题论证会并通过了开题论证。

2014年4月，编制组通过电石工业协会向主要会员单位发放调查函，收集到9家主要电石企业101台电石炉、配套炭材干燥窑及石灰窑等的调查数据。

2015年10月，第一次向全国公开征求意见，共收集征求意见53条。

2016年1月~2016年12月，根据意见汇总情况，经过多次研讨形成标准送审稿。

2017年因标准管理体制发生变化，标准转到原环保部大气司进行管理，根据最新管理要求决定第二次征求意见。2017年11月27日，原环保部大气司主持召开标准二次征求意见审查会通过审查。

2018年3月，第二次向全国公开征求意见，共收集征求意见60条。

2018年5月~2019年9月，根据意见汇总处理情况，开展专项调研并补充了监测数据，形成标准二次送审稿。

2019年10月，生态环境部根据管理要求，建议将石灰纳入标准管控，标准名称更改为《石灰、电石工业大气污染物排放标准》，不再单独制定石灰工业大气污染物排放标准，

并决定第三次征求意见。

2020年4月2日，生态环境部大气司主持召开了标准第三次征求意见稿技术审查会（视频会）并通过了技术审查。编制组经修改完善形成第三次征求意见稿。

## 2 行业概况

### 2.1 我国石灰工业概况

石灰是一种以氧化钙（CaO）为主要成分的无机凝胶材料，用石灰石、白云石、贝壳等碳酸钙含量高的原料，经900~1100℃煅烧而成。我国石灰产业主要分布于河北、山东、广东、广西、浙江、福建、四川、江苏、江西、湖南等多个省市。我国石灰产业在快速发展，2018年，我国有各类石灰窑4000多座，石灰产量约2.7亿吨，约占世界总产量的70%。

我国石灰窑普遍企业规模小，窑炉类型多，按燃料分有混烧窑（即烧固体燃料、焦炭、焦粉、煤等）和气烧窑（即烧高炉煤气、焦炉煤气、电石尾气、发生炉煤气、天然气等），平均生产规模不足10万吨/年，既有工艺先进的回转窑、套筒窑、双膛窑、梁式窑等，还有大量普通的机械竖窑，也有大量相对落后的其他各类窑型。年产量超过100万吨的企业不足20家，而且80%以上为钢铁行业或氯碱化工行业附属工厂，先进产能不足30%；年产量少于10万吨小规模企业比例超过70%。

由于我国石灰行业分属不同行业管理，如钢铁、建材、化工、有色金属等，管理标准、要求不一，再加上我国各区域环境、资源、发展水平差异难以达到统一，造成了石灰行业先进与落后并存的状态，制约了石灰行业的整体进步与发展。随着环保要求的日益严格，建筑等低端石灰供应萎缩，高端石灰需求增大带动了高活性石灰产能释放，我国回转窑等高品质石灰窑的建设进入快速发展阶段。

### 2.2 我国电石工业概况

近年来我国电石行业发展速度较快，2019年，世界电石产能约4200万吨，其中我国电石产能约占世界总产能的96%，世界其他国家产能基本处于维持状态。我国是世界唯一大规模采用电石法路线生产聚氯乙烯（PVC）的国家。2014年至2019年，我国退出落后电石产能1114万吨/年，密闭式电石炉比重提升到85%，但内燃式电石炉仍有600多万吨的产能。

电石产能向能源、资源产地集中的趋势非常明显。2019年我国有电石企业145家，分

布在全国20个省市，其中内蒙和新疆电石产能超过全国的50%，西北地区除甘肃电石产能达到100万吨/年，新疆、内蒙、陕西、宁夏4省电石产能均超过300万吨/年，5省区电石产能合计占国内总产能的74%以上。

日本、美国、德国曾经是世界上电石工业发达的国家，但由于被石油化工逐渐替代，技术水平停滞，已赶不上我国电石行业的技术发展水平。目前，只有日本、美国、欧盟等还保留少量的电石生产装置。

### 3 标准制订的必要性

#### 3.1 国家产业政策与环保要求

2016年12月，中国石灰协会发布《关于促进石灰产业健康发展的指导意见》，提出加快石灰行业产业技术结构调整步伐：鼓励发展带预热器及冷却器的回转窑、双膛石灰立窑、套筒式石灰立窑、梁式石灰立窑等先进技术装备，总量控制符合节能减排标准要求的、自动化监控的混烧式石灰立窑，逐渐取缔任何形式的不符合节能减排要求的石灰立窑（包括机械立窑），坚决杜绝土立窑生产方式。2019年7月，中国石灰协会在《2019年石灰行业大气污染防治攻坚战实施方案》中提出，2019年淘汰落后产能1000万吨，涉及石灰窑约500座。

《石化和化学工业发展规划》（2016~2020年）中提出，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。

2013年以来，我国大气环保要求显著提高，发布了《国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知》（国发〔2013〕37号）、《国务院关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》（国发〔2018〕22号）、《工业炉窑大气污染综合治理方案》（环大气〔2019〕56号）等文件，明确要求加大落后产能和不达标工业炉窑淘汰力度，实施污染深度治理，全面加强无组织排放管理，推进重点行业污染深度治理，修订完善涉各类工业炉窑的环保、能耗等标准。

#### 3.2 行业发展带来的主要环境问题

石灰和电石行业目前执行《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB 9078—1996）和《大

气污染物综合排放标准》(GB 16297—1996)，距今已超过20年，存在污染物种类不全面、排放限值过于宽松等问题，造成行业污染治理的积极性较低，末端治理水平不高。一些石灰和电石企业由于工艺相对落后，无组织排放造成的环境污染非常严重。

环境监管手段不足，现有环保设施运行情况不清。2019年，国内有电石生产企业145家，电石生产环节有在线监控的企业不到10%，并且监控的工艺环节和污染物项目不全。我国石灰窑基础数据非常薄弱，仅能在环统数据中找到行业规模以上企业涉及的石灰窑数量，以及在污染源普查数据中找到部分污染物排放信息，缺少石灰窑装备水平、在线监测、污染物排放水平等相关数据。目前，石灰窑在线监控设施主要在钢铁和电石企业，但安装的数量较少，部分未联网，部分在线监测数据只测颗粒物，石灰窑在线数据质量不高，不利于环境管理需求。

### 3.3 现行环保标准存在的主要问题

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

我国石灰和电石工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限值宽松或缺失，没有引起企业的足够重视。现有石灰和电石工业大气污染物排放标准已远远落后于行业的绿色发展和环境管理的需求，制定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防治技术分析

### 4.1 生产工艺及原辅材料

石灰生产主要工艺原理是以石灰石、白云石为原料，经过高温反应、水解消化等工艺生产石灰产品。使用的能源可以是煤炭或焦粉等固体燃料，也可以是电石炉气、焦炉煤气、转炉煤气等气体燃料。主要的窑型有工艺先进的回转窑、套筒窑、双膛窑、梁式窑等，还有大量普通的机械竖窑，也有大量相对落后的其他各类窑型。

电石生产主要工艺原理是以石灰(CaO)和炭材(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(CaC<sub>2</sub>)，同时生成副产品一氧化碳(CO)。主要设备分为内燃式和密闭式两种。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，密闭式电石炉成为主流生产设备。

炭材干燥窑原料是焦炭或兰炭，干燥用能源可以是煤粉、焦粉、净化灰等固体燃料，也可以是电石炉气或石灰窑余热等。

## 4.2 污染物产生情况

石灰和电石行业排放量较大的污染物是颗粒物，此外还会排放氮氧化物、二氧化硫等。石灰和电石生产从原料石灰石、炭材进厂到石灰、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，石灰窑、电石炉、干燥窑等生产中会产生烟尘、二氧化硫、氮氧化物等。电石高温合成反应生成副产物一氧化碳、氢气及少量煤焦油、氰化物等，内燃炉燃烧不充分时会排放少量一氧化碳和微量氰化氢；密闭电石炉因炉气用于石灰煅烧，设备自身无排放口。

### 4.2.1 原料加工和成品包装

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 $\text{CaCO}_3$ 和C。成品破碎及包装过程中产生的粉尘，主要成分为 $\text{CaO}$ 、 $\text{CaC}_2$ 。

### 4.2.2 石灰生产（石灰窑）

石灰生产过程中有组织排放的废气主要有石灰窑煅烧时产生的烟气，主要污染物为粉尘、二氧化硫和氮氧化物等；以及原料加工、窑顶上料/布料、石灰窑出灰、石灰粉磨筛分、石灰库卸料及装车等过程产生的粉尘。生产过程中无组织排放的污染物主要为石灰石和燃煤在堆存和运输过程产生的粉尘及扬尘等。

### 4.2.3 炭材干燥（干燥窑）

干燥窑的燃料是炭材（焦炭、兰炭等）筛分的粉末，干燥过程是炭材（焦炭、兰炭等）在烘干窑内与 $300\sim 1000^\circ\text{C}$ 的高温烟气接触，炭材中的水分高温气化随烟气处理后排放，主要污染物是颗粒物（C）、氮氧化物（ $\text{NO}_x$ ）和二氧化硫（ $\text{SO}_2$ ）。

### 4.2.4 电石生产（电石炉）

电石生产主要设施为电石炉，工艺环节包括高温合成过程和电石出炉过程。

（1）高温合成过程。内燃式电石炉，由于无法完全密封，部分烟气在生产时从加料

口、观察口与炉体的缝隙中逸出，以无组织形式从车间屋顶、门窗排出；密闭式电石炉采用了全密闭炉盖，炉气在隔绝空气的状态下用抽气设备抽出后处理和利用，避免了大量无组织烟尘的直接排放。

(2) 电石出炉过程。电石出炉是目前电石生产中无组织排放较为严重的过程。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，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。内燃式电石炉生产1 t电石的烟气量约为9000 m<sup>3</sup>，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400~500 m<sup>3</sup>/t电石，正常生产时炉气净化处理后综合利用不外排。

### 4.3 行业排污现状

石灰和电石企业大气污染物排放设施主要是石灰窑、电石炉和干燥窑。我国石灰窑特别是一些独立生产建材用的石灰窑污染防治设施相对不足，环境管理水平较低，部分燃煤石灰窑无任何治理设施，环境管理水平较差。相比而言，电石企业的石灰窑污染治理水平较高，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，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较大。

石灰和电石企业无组织排放问题较为严重。在多家石灰和电石企业现场调研发现，颗粒物无组织排放环节多，环境管理水平普遍较低，石灰、电石在出窑（炉）、转运、贮存等过程普遍缺乏有效治理措施，特别是净化灰因直接利用难度大，在暂存、运输、倾倒、填埋等处置过程易引起二次扬尘。

### 4.4 污染防治技术

#### 4.4.1 行业清洁生产技术

石灰和电石行业清洁生产技术主要包括：电石炉气、石灰窑尾气的高附加值利用，以及炭粉、石灰粉的资源化回收。通过使用低硫燃料、生产工艺改进（密闭电石炉替代内燃电石炉、炭材烘干的固废及余热利用、高效节能石灰窑的使用），能够有效减少有组织排放颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等污染物的产生；通过对原燃料储运、破碎、筛分、物料

投加方式的改进等措施，电石炉和石灰窑出炉口废气的有效收集和处理等，可显著减少颗粒物的产生。

#### 4.4.2 行业末端治理技术

##### (1) 颗粒物治理技术

石灰窑和炭材干燥窑的污染防治主要以控制颗粒物为主，气烧石灰窑污染治理设施主要是加装袋式除尘器，混烧窑污染治理设施采用“袋式除尘器+湿法除尘器”二级净化处理后排放。密闭式电石炉气大多用于气烧石灰窑，炭材干燥、供暖等方面，其治理和利用技术主要是“干法除尘+气烧石灰窑”和“干法除尘+湿法净化”后再利用技术两种。内燃式电石炉废气的治理技术主要是袋式除尘。

##### (2) 二氧化硫和氮氧化物治理技术

石灰窑和炭材干燥窑燃烧温度通常低于1100℃，氮氧化物产生浓度相对较低；个别企业温度控制不好会造成氮氧化物浓度显著升高，目前主要通过采用低氮燃烧的方式降低氮氧化物的产生。部分重点地区城市对氮氧化物排放提出了更高要求，石灰窑脱硝已有成功的案例。某企业对回转窑石灰生产线实施了SCR烟气脱硝处理，氮氧化物进口浓度为300~400 mg/m<sup>3</sup>，出口排放浓度稳定在50~70 mg/m<sup>3</sup>。从不同行业石灰窑采取的措施看，重点地区钢铁行业的石灰窑和部分安装了在线监测设施的独立石灰窑加装了臭氧脱硝、湿式氧化法脱硝设施，个别企业安装了SNCR或SCR脱硝设施。

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

##### (3) 氰化物治理技术

氰化物可通过水洗吸收或炉气燃烧利用协同处理，但因水洗吸收存在二次污染问题，目前已逐步被替代。

## 5 标准制定的原则与思路

### 5.1 标准制定的原则

(1) 合法与支撑原则。标准中规定的各项要求符合国家各项法律、法规的要求，支撑环境影响评价、排污许可、环境保护税、监督执法等生态环境管理制度的实施。

(2) 绿色与引领原则。标准充分考虑国民经济和社会发展规划和生态环境保护规划、

行业发展规划与产业政策、发展的目标和要求，推动石灰和电石工业结构优化调整、生产工艺和污染防治技术进步，促进清洁生产，引领行业绿色、低碳发展。

(3) 客观公正性原则。标准的制订客观真实反映石灰和电石工业生产工艺、污染防治技术水平及污染物排放状况等，在充分调研、掌握吸纳国家有关部门、地方生态环境部门、行业协会及生产企业等有关方面意见，提出排放控制要求，做到客观、公正。

(4) 体系协调性原则。本标准的制订充分考虑到与其他相关行业大气污染物排放标准相衔接，避免交叉重叠，污染物项目和排放限值与监测分析方法标准相适用、配套，满足环境监督管理对标准的要求。

(5) 合理可行性原则。标准作为实施环境准入和退出、削减污染物排放、改善环境质量和防范环境风险的手段，根据国家经济、技术水平制订，明确达标技术路线，并进行环境效益与经济成本分析，确保标准技术可达、经济可行。

## 5.2 总体思路

(1) 现有企业经过适当时间的过渡期后执行，新建企业自标准实施之日起执行。

(2) 通过生产活动原辅材料使用、污染物产排污特征的分析，确定本标准控制重点为石灰窑、电石炉和炭材干燥窑，以及颗粒物无组织排放。

(3) 排放限值能够引导企业使用低硫炭材和低硫煤炭，实施清洁能源的替代，促进行业余热等资源化利用，建设并运行高效末端净化设施，实现达标排放。

(4) 通过有组织、无组织排放控制要求，推动石灰和电石企业开展源头、过程、末端治理全过程控制，实现达标排放。

(5) 污染防治重点地区的企业执行污染物特别排放限值，执行的地域范围和时间由国务院生态环境主管部门或省级人民政府规定。

## 6 标准主要技术内容及确定依据

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、有组织排放控制要求、无组织排放控制要求、企业边界及周边污染监控要求、污染物监测要求、实施与监督。

### 6.1 标准适用范围

本标准规定了石灰、电石工业大气污染物排放控制要求、监测和监督管理要求。在钢铁、铝工业、化学工业等联合企业中存在石灰分厂、电石分厂，以及直接向环境排放的独立石灰生产设施（如无机化学工业中钙化合物生产企业中独立的石灰窑）执行本标准。国家钢铁工业、铝工业等行业排放标准中已规定石灰窑排放控制要求的，自本标准实施之日起应执行本标准的规定，不再执行原标准中的控制要求。

## 6.2 执行标准的时间

(1) 建议新建企业自标准发布之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 2022 年 7 月 1 日以前，现有企业仍执行现行标准。自 2022 年 7 月 1 日起，现有企业执行表 1 规定的大气污染物排放限值。

(3) 执行表 2 大气污染物特别排放限值的地域范围、时间由国家生态环境行政主管部门或省级人民政府确定。

## 6.3 术语与定义

本标准术语和定义共有 13 个，其中石灰工业、电石工业、石灰窑、电石炉、密闭式电石炉、内燃式电石炉等 6 个术语采用了行业相关定义；无组织排放、现有企业、新建企业、重点地区、标准状态、排气筒高度、企业边界等 7 个术语的定义与已发布的相关国家污染物排放标准一致。

## 6.4 污染物项目的选择

本标准在深入调研石灰和电石工业产排污现状的基础上，参考国内外有关标准以及其他指导性文件，主要依据如下原则筛选污染物项目：

(1) 优先控制石灰和电石生产中产生量（或排放量）大并与国家总量减排、大气污染联防联控密切相关的污染物，包括颗粒物、二氧化硫、氮氧化物；

(2) 对人体健康有较大毒性的行业特征污染物氰化氢进行控制。

根据生产工艺与污染物排放分析，本标准分别对石灰窑、电石炉、干燥窑和其他设施（破碎筛分、粉磨、包装、转运及其他通风生产设备）确定了污染控制项目。

## 6.5 污染物排放限值的确定

### 6.5.1 石灰窑大气污染物排放限值

石灰窑颗粒物排放浓度较高。因石灰窑中为碱性氛围，SO<sub>2</sub>排放浓度不高。因窑内煅烧温度通常低于 1100℃，NO<sub>x</sub>产生及排放浓度相对较低，但随着高品质石灰的需求，有些回转窑等先进工艺煅烧温度高，NO<sub>x</sub>排放浓度相对更高。

#### (1) 颗粒物

石灰石入窑有一定粒度要求，因此颗粒物初始浓度一般在 2000 mg/m<sup>3</sup>左右。目前降低颗粒物的控制措施主要是末端袋式除尘，除尘效率通常达到 99%以上。我国相关行业颗粒物的排放控制要求基本一致，根据除尘技术可达性，颗粒物排放限值确定为 30 mg/m<sup>3</sup>，重点地区特别排放限值确定为 20 mg/m<sup>3</sup>。

根据石灰窑 2019 年在线监测数据统计，颗粒物达到 30 mg/m<sup>3</sup>限值要求的数据（小时值）占数据总量的 78.1%，达到 20 mg/m<sup>3</sup>限值要求的数据（小时值）占数据总量的 64.3%；根据 2019 年对电石行业石灰窑开展的调研和专项监测数据统计，颗粒物平均浓度为 49.2 mg/m<sup>3</sup>，颗粒物达到 30 mg/m<sup>3</sup>的石灰窑数量占 75.0%，达到 20 mg/m<sup>3</sup>的石灰窑数量占 50.0%。

#### (2) 二氧化硫

石灰窑因碱性环境有一定固硫效果，SO<sub>2</sub>初始浓度一般<200 mg/m<sup>3</sup>，但个别地区石灰石中硫含量高，SO<sub>2</sub>浓度甚至超过 1000 mg/m<sup>3</sup>。目前排放限值确定为 200 mg/m<sup>3</sup>，不能达标的石灰窑可采用原料、燃料替换，或末端湿法、干法和半干法等脱硫设施。对于重点地区，特别排放限值确定为 100 mg/m<sup>3</sup>，部分石灰窑应配备脱硫设施。

根据石灰窑 2019 年在线监测数据统计，SO<sub>2</sub>达到 200 mg/m<sup>3</sup>限值要求的数据（小时值）占数据总量的 80.5%，达到 100 mg/m<sup>3</sup>限值要求的数据（小时值）占数据总量的 54.2%；根据 2019 年对电石行业石灰窑开展的调研和专项监测数据统计，SO<sub>2</sub>平均浓度为 185.8 mg/m<sup>3</sup>，SO<sub>2</sub>达到 200 mg/m<sup>3</sup>的石灰窑数量占 73.6%，达到 100 mg/m<sup>3</sup>的石灰窑数量占 45.3%。

#### (3) 氮氧化物

石灰窑因窑型不同，NO<sub>x</sub>排放水平差异较大，对于目前普遍推广的回转窑因煅烧温度较高，含氧量较高，初始浓度水平一般在 500~600 mg/m<sup>3</sup>；其他石灰窑一般在 300 mg/m<sup>3</sup>左右。目前降低 NO<sub>x</sub>的控制措施主要包括工艺措施和末端脱硝措施，对于除回转窑外的其

他一般石灰窑因初始浓度不高、排放量较低，不要求进行脱硝处理，但需通过低氮燃烧等工艺措施降低  $\text{NO}_x$  排放，回转窑则需要采取“工艺控制+SCR 脱硝”等措施，排放限值确定为  $300 \text{ mg/m}^3$ ，对于重点地区，回转窑需要采取强化的脱硝措施，其他石灰窑根据初始排放浓度情况有些亦需要进行脱硝治理，特别排放限值确定为  $200 \text{ mg/m}^3$ 。

根据石灰窑 2019 年在线监测数据统计， $\text{NO}_x$  达到  $300 \text{ mg/m}^3$  限值要求的数据（小时值）占数据总量的 79.2%， $\text{NO}_x$  达到  $200 \text{ mg/m}^3$  限值要求的数据（小时值）占数据总量的 50.4%。根据 2019 年对电石行业石灰窑开展的调研和专项监测数据统计， $\text{NO}_x$  平均浓度为  $239.9 \text{ mg/m}^3$ ， $\text{NO}_x$  达到  $300 \text{ mg/m}^3$  和  $200 \text{ mg/m}^3$  的石灰窑数量均占 67.9%（在  $200\sim 300 \text{ mg/m}^3$  无石灰窑数据）。

### 6.5.2 电石炉大气污染物排放限值

内燃式电石炉排放的污染物主要有颗粒物、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ ，因燃烧不完全和烟气泄漏等还会排放微量 HCN；密闭式电石炉无尾气排放口。内燃式电石炉和密闭式电石炉出炉口均有颗粒物排放。

#### （1）颗粒物（内燃炉+密闭炉）

内燃式电石炉排放口颗粒物浓度相对较高，目前降低颗粒物的控制措施主要是末端袋式除尘，排放限值确定为  $30 \text{ mg/m}^3$ ；对于重点地区，特别排放限值确定为  $20 \text{ mg/m}^3$ ，电石炉排放口应配备高效袋式除尘等设施。根据电石企业的调研和监测数据统计，内燃式电石炉排放口颗粒物达到  $30 \text{ mg/m}^3$  的电石炉数量占 33.3%，达到  $20 \text{ mg/m}^3$  的电石炉数量占 21.2%。

电石炉出炉口颗粒物排放是间歇式的，排放浓度瞬间较高，目前降低颗粒物的控制措施主要是末端袋式除尘，排放限值确定为  $30 \text{ mg/m}^3$ 。对于重点地区，特别排放限值确定为  $20 \text{ mg/m}^3$ ，电石窑出炉口应配备高效袋式除尘等设施。根据电石企业的调研和监测数据统计，电石炉出炉口颗粒物达到  $30 \text{ mg/m}^3$  的电石炉数量占 68.1%，达到  $20 \text{ mg/m}^3$  的电石炉数量占 33.3%。

#### （2）二氧化硫（内燃炉）

内燃式电石炉  $\text{SO}_2$  排放主要取决于原料焦炭/兰炭中硫含量，用于电石生产的炭材原料含硫量普遍较低，因此内燃式电石炉  $\text{SO}_2$  排放浓度相对较低，目前行业未采取末端治理措施，降低  $\text{SO}_2$  的控制措施主要是使用低硫原料燃料，排放限值确定为  $50 \text{ mg/m}^3$ 。对于重点

地区，考虑到通过控制原料燃料中硫含量可以使 SO<sub>2</sub> 排放量降到较低水平，重点地区已无必要进一步采取更严格措施，因此建议特别排放限值也为 50 mg/m<sup>3</sup>。根据调研收集和实测的内燃式电石炉排放口数据统计，SO<sub>2</sub> 浓度平均值为 64.7 mg/m<sup>3</sup>，达到 50 mg/m<sup>3</sup> 的电石炉数量占 31.7%。

### (3) 氮氧化物（内燃炉）

内燃式电石炉中的 NO<sub>x</sub> 初始排放浓度普遍较低，根据调研收集和实测的内燃式电石炉排放口数据统计，NO<sub>x</sub> 浓度平均值为 49.1 mg/m<sup>3</sup>，达到 50 mg/m<sup>3</sup> 的内燃式电石炉数量占 53.4%。本标准限值确定为 50 mg/m<sup>3</sup>，重点地区特别排放限值确定为 50 mg/m<sup>3</sup>，未达标企业可采取降低温度等工艺控制措施降低排放水平。

### (4) 氰化氢（内燃炉）

内燃式电石炉炉气燃烧不完全时，会有微量剧毒物质 HCN 排放，如果含量过高会直接影响工人的健康。根据编制组调研及实测的 HCN 排放浓度数据统计，内燃式电石炉烟气 HCN 平均排放浓度为 1.76 mg/m<sup>3</sup>。因 HCN 属高毒性物质，参考 GB 16297—1996 中规定的氰化氢排放限值 1.9 mg/m<sup>3</sup>，本标准规定 HCN 排放限值和特别排放限值均为 1.9 mg/m<sup>3</sup>。

## 6.5.3 干燥窑大气污染物排放限值

干燥过程主要是通过热烟气将炭材中的水分带走，热烟气需要掺入一定的空气量降温到 700~900℃，因此干燥窑烟气中含氧量普遍较高。干燥窑烘干物料，如果使用筛分下来的炭粉等，颗粒物初始浓度高于 2000 mg/m<sup>3</sup> 甚至更高。目前降低颗粒物的控制措施主要是末端袋式除尘，排放限值确定为 30 mg/m<sup>3</sup>。对于重点地区，干燥窑应配备覆膜袋式等高效除尘设施（除尘效率在 99%以上），排放限值确定为 20 mg/m<sup>3</sup>。根据 2019 年对干燥窑开展的调研和专项监测数据统计，颗粒物平均浓度为 49.6 mg/m<sup>3</sup>。颗粒物达到 40 mg/m<sup>3</sup> 的干燥窑数量占 38.5%，颗粒物达到 30 mg/m<sup>3</sup> 的干燥窑数量占 21.9%，达到 20 mg/m<sup>3</sup> 的干燥窑占 17.6%。

干燥窑 SO<sub>2</sub> 排放浓度差异较大，主要取决于使用燃料种类。如果个别地区燃料中硫含量高，SO<sub>2</sub> 不能达标排放的，应配备脱硫设施。本标准确定 SO<sub>2</sub> 排放限值为 200 mg/m<sup>3</sup>，主要是通过燃料控制来实现。对于重点地区，采用燃料替换或末端湿法、干法和半干法等脱硫设施，特别排放限值确定为 100 mg/m<sup>3</sup>。根据 2019 年对干燥窑的调研和专项监测数据统计，SO<sub>2</sub> 平均浓度为 86.7 mg/m<sup>3</sup>，SO<sub>2</sub> 达到 200 mg/m<sup>3</sup> 限值要求的干燥窑数量占 94.9%，达

到  $100 \text{ mg/m}^3$  限值要求干燥窑占 79.6%。

干燥窑燃烧温度通常低于  $1100^\circ\text{C}$ ， $\text{NO}_x$  产生及排放浓度相对较低。本标准确定  $\text{NO}_x$  排放限值为  $300 \text{ mg/m}^3$ ，主要是通过低氮燃烧来实现。对于重点地区，采用低氮燃烧、末端 SCR、SNCR 等脱硝措施，特别排放限值确定为  $200 \text{ mg/m}^3$ 。根据 2019 年对干燥窑的调研和专项监测数据统计， $\text{NO}_x$  平均浓度为  $301.4 \text{ mg/m}^3$ ，达到  $300 \text{ mg/m}^3$  的干燥窑数量占 48.1%，达到  $200 \text{ mg/m}^3$  的干燥窑数量占 49.0%。

立式干燥窑生产工艺与其他干燥窑差异较大，其工艺要求干燥温度在  $300^\circ\text{C}$  以下造成掺风量较大，颗粒物初始排放浓度高，在同等含氧量（16%）折算条件下，其污染物排放限值相对严格。考虑到公平性，对于立式干燥窑的颗粒物限值进行了调整，排放确定为  $40 \text{ mg/m}^3$ ，重点地区特排限值确定为  $30 \text{ mg/m}^3$ 。

#### 6.5.4 其他生产设备大气污染物排放限值

石灰原料矿山开采和破碎筛分、粉磨、包装、转运及其他通风生产设备主要污染物是颗粒物，生产工艺属于冷态操作过程，一般风量较小、废气性质稳定、易于处理，石灰和电石企业一般都采用袋式除尘。本标准规定破碎筛分、粉磨、包装、转运及其他通风生产设备颗粒物排放限值为  $30 \text{ mg/m}^3$ ，重点地区特排限值为  $20 \text{ mg/m}^3$ 。

#### 6.5.5 基准含氧量

对于石灰窑、干燥窑和内燃式电石炉废气排放口，大气污染物排放浓度应按基准含氧量进行折算。根据调研的石灰窑、电石炉含氧量数据以及国内外同类标准要求，本标准规定石灰窑排气中的基准含氧量为 10%，干燥窑排气中的基准含氧量为 16%，内燃式电石炉排气中的基准含氧量为 9%；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。

#### 6.5.6 无组织排放控制要求

石灰和电石工业大气污染物无组织排放较为严重，在原燃料堆场、运输、破碎筛分、粉磨包装等环节，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。因此，本标准提出了无组织排放控制措施要求，并规定

了企业厂区内及边界大气污染物无组织排放限值。

## 7 与现行标准的比较

目前，我国石灰、电石企业执行的大气污染物排放标准如下：

石灰窑、电石炉排放口、炭材干燥窑大气污染物排放执行 GB 9078—1996 表 2 二级标准；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 GB 16297—1996 表 2 二级标准；车间无组织排放执行 GB 9078—1996，企业边界无组织排放执行 GB 16297—1996。

本标准与 GB 9078—1996 比较，区分了石灰窑、电石炉和干燥窑，其中电石炉区分了排放口和出炉口，增加了 NO<sub>x</sub> 和 HCN 排放限值，颗粒物和 SO<sub>2</sub> 排放限值明显加严；石灰窑和干燥窑增加了 NO<sub>x</sub> 排放限值，颗粒物和 SO<sub>2</sub> 排放限值明显加严，具体结果见表 7.1。

**表 7.1 与《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB 9078—1996）排放限值对比**

单位：mg/m<sup>3</sup>，含氧量除外

生产工艺或设施		颗粒物	二氧化硫	氮氧化物 (以 NO <sub>2</sub> 计)	氰化氢	含氧量	
石灰窑	一般限值/特排限值	30/20	200/100	300/200	—	10%	
	GB 9078—1996	200	850	—	—	9%	
电石炉	一般限值/特排限值	出炉口	30/20	—	—	—	未折算
		排放口	30/20	50/50	50/50	1.9/1.9	9%
	GB 9078—1996	200	850	—	—	9%	
干燥窑	一般限值/特排限值	立式干燥窑	40/30	200/100	300/200	—	16%
		其他干燥窑	30/20	200/100	300/200	—	16%
	GB 9078—1996	200	850	—	—	9%	

本标准与 GB 16297—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，增加了内燃式电石炉企业边界氰化氢无组织排放限值，具体结果见表 7.2。

表 7.2 与《大气污染物综合排放标准》(GB 16297—1996) 排放限值对比

单位: mg/m<sup>3</sup>

生产工艺或设施		颗粒物	氰化氢
破碎筛分及其他	一般限值/特排限值	30/20	—
	GB 16297—1996	120	—
企业边界无组织排放限值	一般限值/新建企业	—	0.024
	GB 16297—1996	—	0.024

本标准与现行标准相比,石灰窑颗粒物排放限值加严了 85%,SO<sub>2</sub> 排放限值加严了 76%;电石炉排放口颗粒物排放限值加严了 85%,SO<sub>2</sub> 排放限值加严了 94%,电石炉出炉口颗粒物排放限值加严了 75%;立式干燥窑颗粒物排放限值加严了 80%,其他干燥窑颗粒物排放限值加严了 85%,SO<sub>2</sub> 排放限值加严了 76%。

## 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

经测算,2019 年石灰行业排放颗粒物 6.6 万吨、二氧化硫 16.7 万吨、氮氧化物 21.6 万吨。本标准实施后可削减颗粒物 0.8 万吨、二氧化硫 1.9 万吨、氮氧化物 2.5 万吨。其中,重点地区削减颗粒物 0.2 万吨、二氧化硫 0.6 万吨、氮氧化物 0.9 万吨。

经测算,2019 年电石行业排放颗粒物 4.3 万吨、二氧化硫 3.8 万吨、氮氧化物 7.0 万吨。本标准实施后可削减颗粒物 0.9 万吨、二氧化硫 0.4 万吨、氮氧化物 0.5 万吨。其中,重点地区只有一家企业执行了污染物排放限值更为严格的地方标准。

### 8.2 实施本标准的经济技术分析

实施本标准,石灰、电石行业达到排放限值的企业比例分别为 72.6%和 68%,重点地区达到特别排放限值的企业比例为 50.4%和 100%(仅 1 家)。一般地区超标企业采取低氮燃烧、袋式除尘改造、低硫燃料控制的技术路线;重点地区超标企业在上述技术的基础上采用烟气脱硫、SCR 脱硝等技术措施。实施本标准,石灰、电石行业需环保投资分别为 82.3 亿元和 16.1 亿元,其中重点地区石灰、电石行业需环保投资分别为 39.0 亿元和 0.5 亿元。石灰、电石行业年运行成本分别为 28.3 亿元/年和 15.0 亿元/年,其中重点地区石灰、电石行业年运行成本分别为 14.9 亿元/年和 0.4 亿元/年。