河北省地方标准

《石灰工业大气污染物排放标准》

编制说明

《石灰工业大气污染物排放标准》编制组

二〇二二年四月

项目名称：石灰工业大气污染物排放标准

项目统一编号：ST202105

项目承担单位：河北省生态环境保护技术服务中心

标准编制组负责人：

标准编制组成员：

**目录**

[1 项目背景 1](#_Toc96940018)

[1.1 任务来源 1](#_Toc96940019)

[1.2 工作过程 1](#_Toc96940020)

[1.3 标准编制的主要依据文件及资料 2](#_Toc96940021)

[1.4 编制原则和技术路线 4](#_Toc96940022)

[2 河北省石灰工业基本情况 7](#_Toc96940023)

[2.1 石灰工业发展现状 7](#_Toc96940024)

[2.2 石灰工业污染治理情况 8](#_Toc96940025)

[3 标准制订的必要性分析 10](#_Toc96940026)

[3.1 国家及地方生态环境部门的相关要求 10](#_Toc96940027)

[3.2 国家相关产业政策及行业发展规划中的生态环境要求 12](#_Toc96940028)

[3.3 石灰行业主要生态环境问题 13](#_Toc96940029)

[3.4 现行环保标准存在的主要问题 14](#_Toc96940030)

[4 行业产排污情况及污染控制技术分析 17](#_Toc96940031)

[4.1 行业主要生产工艺及产污分析 17](#_Toc96940032)

[4.2 石灰企业排污现状调查 19](#_Toc96940033)

[4.3 石灰行业废气治理技术 22](#_Toc96940034)

[5 标准主要技术内容及确定依据 28](#_Toc96940035)

[5.1 适用范围 28](#_Toc96940036)

[5.2 标准结构框架 28](#_Toc96940037)

[5.3 术语和定义 29](#_Toc96940038)

[5.4 污染物项目的选择 30](#_Toc96940039)

[5.5 污染物排放限值的确定 30](#_Toc96940040)

[5.7 监测要求 59](#_Toc96940041)

[5.8 达标判定 59](#_Toc96940042)

[6 主要国家、地区相关标准研究 61](#_Toc96940043)

[6.1 主要国家、地区相关标准 61](#_Toc96940044)

[6.2 本标准与主要国家、地区同类标准的对比 63](#_Toc96940045)

[7 实施本标准的成本效益分析 66](#_Toc96940046)

[7.1 环境效益分析 66](#_Toc96940047)

[7.2 成本分析 66](#_Toc96940048)

[7.3 探索减污降碳协同 67](#_Toc96940049)

[8 对实施本标准的建议 69](#_Toc96940050)

# 1 项目背景

## 1.1 任务来源

为打好工业污染深度治理攻坚战，推进石灰工业大气污染全面、分类、精准治理，提高企业环保管理水平，为排污许可、环境执法等环境管理提供标准依据，改善环境质量，“石灰工业大气污染物排放标准”被列入2021年6月24日河北省市场监督管理局以冀市场函〔2021〕331号文件下达的《2021年河北省地方标准制修订项目计划（第一批）》，项目编号为ST202105，并确定河北省生态环境工程评估中心（已改为“河北省生态环境保护技术服务中心”）为标准起草单位。

依据《中华人民共和国环境保护法》第10条、《中华人民共和国大气污染防治法》第7条、《国家环境保护标准制修订工作管理办法》、《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》和《河北省生态环境保护条例》等相关规定，省级人民政府可以对国家污染物排放标准中未作规定的项目，制定地方标准；对国家污染物排放标准已作规定的项目制定严于国家标准的地方排放标准。依据《中华人民共和国标准化法实施条例》等的规定，本标准属于强制性标准。

## 1.2 工作过程

（一）第一阶段 资料收集与整理（2021.2-2021.4）

收集整理现行石灰行业的排放标准、环保和产业发展相关政策，查阅研究国外石灰行业大气污染物排放标准并进行分析、总结；同时查阅有关石灰行业大气污染控制的期刊文献、国内外石灰行业烟气控制方面的最佳实用技术等资料。从排污许可管理平台下载、整理河北省石灰行业排污许可证及执行报告，按照燃料石灰窑类型梳理汇总我省石灰企业的数量、类型、分布、污染治理、环境管理及排放水平等基本情况，基本掌握了全省现有石灰企业的生产工艺、污染物排放特点及治理技术现状等，为标准的起草奠定了基础。

（二）第二阶段 实地调研（2021.5-2021.7）

按照燃料石灰窑类型、污染治理技术等分别选取典型石灰企业进行实地调查和了解，针对烟气脱硝、氨逃逸等重点问题与当地生态环境管理部门、企业环保负责人进行座谈，调取典型石灰企业污染物2020-2021年在线监测数据，基本掌握石灰企业烟气中二氧化硫、氮氧化物及颗粒物的排放规律和排放浓度等情况。

（三）第三阶段 编写标准文本和编制说明（2021.8-2022.4）

在上述工作的基础上，标准编制组通过研究石灰行业的生产工艺、排放污染物的特点、污染治理技术、排放水平以及治理成本等方面的因素，并参考国内外相关排放标准及国内外现有的最佳实用技术，确定标准的适用范围、控制项目以及石灰企业大气污染物排放标准限值。标准编制组完成《石灰工业大气污染物排放标准（征求意见稿）》文本和编制说明。

## 1.3 标准编制的主要依据文件及资料

### 1.3.1 环境保护法律

（1）《中华人民共和国环境保护法》（2014年4月24日发布，2015年1月1日实施）；

（2）《中华人民共和国大气污染防治法》（2015年8月29日修订，2016年1月1日实施）。

（3）《河北省生态环境保护条例》（2020年7月1日）；

（4）《河北省大气污染防治条例》（2016年3月1日）。

### 1.3.2 环境保护法规、规章

（1）《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）；

（2）《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）；

（3）《京津冀及周边地区落实大气污染防治行动计划实施细则》（环发〔2013〕104号，2013年9月17日发布并实施）；

（4）《关于印发<京津冀及周边地区2017年大气污染防治工作方案>的通知》（环境保护部、发展改革委、财政部、能源局、北京市人民政府、天津市人民政府、河北省人民政府、山西省人民政府、山东省人民政府、河南省人民政府，2017年2月17日发布并实施）；

（5）《关于京津冀大气污染传输通道城市执行大气污染物特别排放限值的公告》（2018年第9号）；

（6）《关于印发<工业炉窑大气污染综合治理方案>的通知》（环大气〔2019〕56号，2019年7月1日）；

（7）《关于印发<重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南（2020年修订版）>的函》（环办大气函〔2020〕340号，2020年6月29日）；

（8）《关于印发<重污染天气重点行业绩效分级及减排措施>补充说明的通知》（环办便函〔2021〕341号，2021年7月31日）；

（9）《关于印发<河北省大气污染防治行动计划实施方案>的通知》（中共河北省委、河北省人民政府，2013年9月6日发布并实施）；

（10）《中共河北省委、河北省人民政府关于强力推进大气污染综合治理的意见》（冀发〔2017〕7号，2017年3月30日发布并实施）；

（11）《关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的实施意见》（冀发〔2018〕38号，2018年8月9日）；

（12）《关于印发河北省打赢蓝天保卫战三年行动方案的通知》（冀政发〔2018〕18号，2018年8月23日）；

（13）《关于印发<河北省工业炉窑综合治理实施方案>的通知》（冀环大气〔2019〕607号，2019年12月31日）；

（14）《关于印发<河北省2021年大气污染综合治理工作方案>的通知》（冀气领组〔2021〕2号，2021.04.26）；

（15）《关于印发<河北省砖瓦、石灰、耐火材料行业大气污染综合治理方案>的通知》（冀气领办〔2021〕60号，2021年5月18日）；

（16）《河北省“十四五”生态环境保护规划》（2022.01.12）

### 1.3.3 环境保护技术规范

（1）《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T 55-2000）；

（2）《污染源自动监控管理办法》（国家环境保护总局令第28号，2005年11月1日实施）

（3）《环境监测管理办法》（国家环境保护总局令第39号，2007年9月1日实施）

（4）《固定源废气监测技术规范》（HJ/T 397-2007）；

（5）《固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范（试行）》（HJ/T 373-2007）

（6）《固定污染源烟气（SO2、NOX、颗粒物）排放连续监测技术规范》（HJ 75-2017）；

（7）《固定污染源废气（SO2、NOX、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ 76-2017）；

（8）《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017）；

（9）《排污单位环境管理台账及排污许可证执行报告技术规范 总则（试行）》（HJ 944-2018）；

（10）《国家大气污染物排放标准制定技术导则》（HJ 945.1-2018）；

（11）《排污许可证申请与核发技术规范 工业炉窑》（HJ1121-2020）

### 1.3.4 相关标准

（1）河北省《石灰行业大气污染物排放标准》（DB13/ 1641-2012）；

（2）河北省《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB13/ 1640-2012）；

（3）天津市《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB12/ 556-2015）

（4）北京市《大气污染物综合排放标准》（DB11/ 501-2017）

（5）山东省《建材工业大气污染物排放标准》（DB37/ 2373-2018）；

（6）河南省《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB41/ 1066-2020）

（7）国家《石灰、电石工业大气污染物排放标准（征求意见稿）》2020.04.29；

## 1.4 编制原则和技术路线

### 1.4.1 编制原则

1、经济技术可行原则：对产生污染物的工艺和项目，以污染源排放特征（烟气量、浓度等），并根据我省现有的经济、技术条件和可承受性，得出一种技术可行的标准限值，即要求标准与技术结合紧密，每个标准值都对应一定的技术。

2、与国家标准紧密衔接的原则：作为地方标准，本标准指标体系以国家标准为基础，指标限值或与同期国家标准相当，或严于同期国家标准。

3、与国内外同类标准比较的原则：参考国内先进地区和国家、省外的同类标准，主要包括山东、河南等地的地方标准。

4、全过程控制原则：对不同的生产工艺过程提出不同的污染物排放限值要求；

5、适用性和可操作性原则：明确控制范围、控制因子、技术方法及监测手段；

6、技术措施与管理措施相结合原则：不仅对生产企业提出实施标准的技术措施和管理要求，同时对生态环境部门、企业的主管部门提出相应监督管理要求。

### 1.4.2 技术路线

本课题编制的技术路线如图1-1。



图1-1 河北省《石灰工业大气污染物排放标准》编制技术路线图

# 2 河北省石灰工业基本情况

## 2.1 石灰工业发展现状

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%。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、要求不统一，再加上我国各区域环境、资源、发展水平等差异难以达到统一，造成石灰行业先进与落后并存的状态，制约了石灰行业整体进步与发展。随着环保要求日益严格，建筑等低端石灰供应萎缩，高端石灰需求量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建设进入快速发展阶段。

经统计，截止2021年5月，我省有235家石灰工业企业，其中邯郸70家、唐山47家、保定45家、石家庄30家、承德16家、秦皇岛14家、邢台11家、张家口2家，邯郸是我省石灰工业企业分布最多的市，占全省石灰工业企业总数的29.79%。具体分布见图2-1。

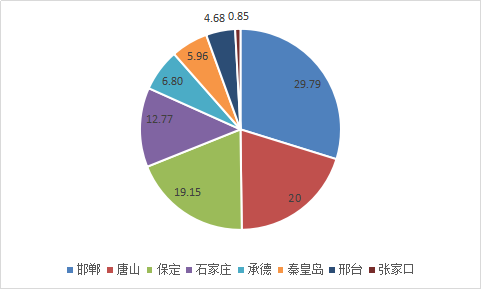


图2-1 河北省石灰工业企业分布图

我省石灰行业的炉窑总数616台。炉窑台数排前三的地区是邯郸、唐山和承德地区，分别占行业炉窑总数的18.67%、18.34%、17.2%；其次是石家庄、保定地区，分别占行业炉窑总数的15.9%、14.45%；然后是秦皇岛、邢台和张家口地区，分别占行业炉窑总数的8.3%、5.03%、2.11%；剩余地区（廊坊、沧州、衡水、定州、辛集、雄安新区）没有石灰企业分布。具体分布见图2-2。

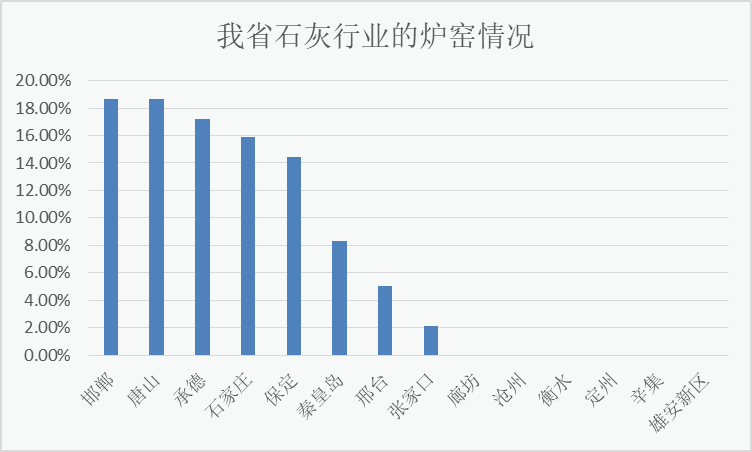


图2-2 河北省石灰窑数量的区域分布图

我省石灰行业产能大约是3437万吨/年，石灰企业生产规模在0.1万吨/年~80万吨/年之间，其中生产规模在10万吨/年~20万吨/年的企业比较集中，占比为44.38%；产品主要为石灰、氧化钙、碳酸钙等；窑炉类型主要为竖窑、双膛竖窑（麦尔兹窑）、回转窑、机械化立窑、钢筒机立窑、梁式窑等，其中石灰企业使用竖窑比较多，占比44%；燃料类型主要为天然气、煤、焦炉煤气、高炉煤气、兰炭等，其中石灰企业使用煤为燃料的企业较多，占比为56.18%。

## 2.2 石灰工业污染治理情况

我省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，环境管理水平相对较低，部分燃煤石灰窑无治理措施，环境管理水平较差。标准编制组选取了178家有排污许可证的企业进行统计分析，96.06%的企业安装除尘措施处理石灰窑烟气中颗粒物，82.58%的企业采取脱硫措施处理石灰窑烟气中二氧化硫，6.18%的企业采取脱硝措施处理烟气中氮氧化物。颗粒物、二氧化硫、氮氧化物处理措施情况一览表见表2-1。

表2-1 河北省石灰窑烟气中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物处理措施情况一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 污染物 | 措施类型 | 企业数量 | 占比 |
| 颗粒物 | 三电场静电除尘器 | 1 | 0.56% |
| 水膜除尘 | 1 | 0.56% |
| 旋风除尘器 | 57 | 32.02% |
| 袋式除尘器 | 112 | 62.92% |
| 未安装除尘措施 | 7 | 3.94% |
| 二氧化硫 | 干法脱硫 | 1 | 0.56% |
| 湿法脱硫 | 146 | 82.02% |
| 未安装脱硫措施 | 31 | 17.42% |
| 氮氧化物 | 低氮燃烧器、SNCR | 1 | 0.56% |
| SNCR | 3 | 1.68% |
| 低氮燃烧器 | 7 | 3.94% |
| 未安装脱硝措施 | 167 | 93.82% |

根据2020年环统数据，我省工业源及主要行业二氧化硫、氮氧化物、颗粒物的排放量见表2-2。从表中可以看出，石灰行业排放的二氧化硫、氮氧化物、颗粒物分别占工业源污染物排放总量的0.99%、0.61%和0.18%，三种污染物中二氧化硫的占比相对较大。

表2-2 河北省污染物排放一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 行业类型 | 污染物排放量（吨） | | |
| 二氧化硫 | 氮氧化物 | 颗粒物 |
| 工业源 | 122788.94 | 301107.40 | 168175.84 |
| 其中：石灰和石膏制造  排放占比（%） | 1217.33 | 1846.91 | 306.13 |
| 0.99 | 0.61 | 0.18 |

# 3 标准制订的必要性分析

## 3.1 国家及地方生态环境部门的相关要求

截至目前，国家尚未发布实施石灰行业污染物排放标准，我省虽有石灰行业地方标准，但发布时间较早，排放限值相对宽松。随着环保要求的提高和污染治理技术的进步，自2018年开始打赢蓝天保卫战、2019年开展对工业炉窑综合治理后，从国家到地方陆续出台了相关文件，从生产工艺、污染治理技术、排放限值等方面对石灰行业提出了更严格要求。

### 3.1.1 国家相关要求

2018年6月国务院印发《打赢蓝天保卫战三年行动计划>的通知》（国发〔2018〕22号），提出“开展工业炉窑治理专项行动。各地制订工业炉窑综合整治实施方案。开展拉网式排查，建立各类工业炉窑管理清单。制订行业规范，修订完善涉各类工业炉窑的环保、能耗等标准，提高重点区域排放标准”。

2019年7月生态环境部印发《工业炉窑大气污染综合治理方案》提出“完善排放标准体系。加快涉工业炉窑行业大气污染物排放标准制修订工作。加快大气污染物综合排放标准修订。鼓励各地制修订相关行业地方排放标准”。

2019年10月生态环境部办公厅印发《京津冀及周边地区2019-2020年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》（环大气〔2019〕88号），提出“全面加强无组织排放管理，严格控制工业炉窑生产工艺过程及相关物料储存、输送等环节无组织排放。暂未制订行业排放标准的工业炉窑，原则上按照颗粒物、SO2、NOx排放分别不高于30、200、300毫克/立方米进行改造”；通知中石灰窑列为实行差异化管理的重点行业。

2020年6月生态环境部办公厅印发《重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南（2020年修订版）》（环办大气函〔2020〕340号）明确了石灰窑工业企业绩效分级指标中PM、SO2、NOx排放限值，其中A类企业PM、SO2、NOx排放分别不高于10、50、150毫克/立方米，B类企业PM、SO2、NOx排放分别不高于20、100、200毫克/立方米，C类企业PM、SO2、NOx排放分别不高于30、200、300毫克/立方米，D类企业未做要求。

### 3.1.2 河北省相关要求

2018年8月中共河北省委河北省人民政府印发《关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的实施意见》（冀发﹝2018﹞38号），提出“及时制修订重点行业、重点区域、重点流域相关污染物排放地方标准”的要求。

2018年8月河北省人民政府印发《河北省打赢蓝天保卫战三年行动方案的通知》（冀政发〔2018〕18号），提出“建立工业污染源超低排放地方标准体系，以钢铁、焦化等行业为重点，制订大气污染物超低排放地方标准，并逐步扩大行业范围”。

2019年12月河北省生态环境厅、发展和改革委员会、工业和信息化厅、财政厅联合印发《河北省工业炉窑综合治理实施方案》（冀环大气〔2019〕607号），提出“加快涉工业炉窑行业大气污染物排放标准制修订工作”的要求。

2021年4月河北省大气污染防治工作领导小组印发《河北省2021年大气污染综合治理工作方案》，提出“全面提升砖瓦、石灰、耐火材料等行业工业窑炉的治污设施处理能力，制定河北省砖瓦、耐火材料、石灰窑行业大气污染物排放标准。”

2021年5月河北省大气污染防治工作领导小组办公室印发《河北省砖瓦、石灰、耐火材料行业大气污染综合治理方案》，提出“推进固定源提升改造。石灰窑在基准氧含量10%状态下，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度不高于10mg/m3、50mg/m3、150mg/m3。”、“加强无组织排放管控。鼓励建设标准化厂房，原料破碎、筛分及搅拌、制备成型等产尘工序应在封闭场所进行，安装高效集气及除尘设施实现负压收集，颗粒物排放浓度不高于10mg/Nm3。”、“加强监测监管，健全监测监控体系。砖瓦、耐火材料和石灰窑企业按照排污许可和重点排污单位要求安装运行自动监控设施并与生态环境部门联网，按照《固定污染源烟气（二氧化硫、氮氧化物、颗粒物）排放连续监测技术规范》（HJ75-2017）的规定开展CEMS日常运行质量保证工作，改造后连续30天小时浓度均值达标率不低于95%。加强氨逃逸管控，企业每季度手工检测固定源氨逃逸浓度，采用SNCR工艺的氨逃逸浓度不高于8mg/Nm3、采用SCR工艺的氨逃逸浓度不高于2.5mg/Nm3，推进氨逃逸在线监测设施建设。加强厂区环境监测，厂区边界颗粒物浓度不高于0.5毫克/标准立方米。”、“加强政策支持。完善标准体系，制定河北省砖瓦、耐火材料、石灰窑行业大气污染物超低排放标准。”

2022年1月印发《河北省“十四五”生态环境保护规划》，提出“推进砖瓦、石灰、铸造、铁合金、耐火材料等重点行业污染深度治理。”

### 3.1.3 各地市相关要求

2019年5月23日，唐山市生态环境局印发《独立石灰窑等五个行业工业炉窑烟气达标治理工作方案的通知》（唐环气〔2019〕2号），在“附件1：唐山市独立石灰窑行业烟气达标治理工作方案”中提出“烧制热源应使用清洁能源，并配套低氮燃烧器或脱硝设施，排气筒高度不低于30 米，并安装在线监测设施，废气排放标准参照《钢铁工业大气污染物超低排放标准》（DB13/2169-2018），即在基准氧含量8%的条件下，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于10mg/Nm3、50mg/Nm3、150mg/Nm3。”

2020年《秦皇岛市砖瓦窑、石灰窑、耐火材料行业大气污染物深度治理工作方案》提出：“石灰窑行业。烧制热源鼓励使用清洁能源，配套安装高效脱硫、脱硝、除尘治理设施，废气排放标准参照《河北省钢铁工业大气污染物超低排放标准》（DB13 /2169-2018），即在基准氧含量8%的条件下，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于10 mg/Nm3、50 mg/Nm3、150 mg/Nm3。”

2020年7月10日，邯郸市生态环境局印发《关于加快推进石灰窑深度治理的通知》，提出：“独立的石灰窑企业参照《关于印发<重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南（2020年修订版）>的函》（环办大气函〔2020〕340号）要求，石灰窑烟气在基准含氧量10%状态下，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于10 mg/m3、50 mg/m3、150 mg/m3。”

## 3.2 国家相关产业政策及行业发展规划中的生态环境要求

《石灰产业2017～2020年节能减排达标工作计划与实施方案》中石灰产业“十三五”节能减排的总体目标规定：粉尘排放降低率达到15%，每立方米粉尘排放量按地区不同分别达到20mg、30mg的先进指标；二氧化硫排放降低率达到10%，拟将二氧化硫排放量控制在每立方米100mg。

2019年7月，中国石灰协会印发《2019年石灰行业大气污染防治攻坚战实施方案》中，规定了在生过烧＜10%的情况下，各种类型石灰窑的热耗标准，并要求粉尘排放＜30毫克/立方米。同时要求“加快产业技术结构调整步伐。积极推进两化融合，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。”

在《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2020年1月1日实施）中，“煅烧石灰土窑”、“石灰土立窑”属于国家产业政策已明令淘汰或立即淘汰的落后生产工艺装备。

## 3.3 石灰行业主要生态环境问题

石灰工业企业生产过程中产生的废气，污染物主要包括颗粒物、SO2、NOx等。目前执行《石灰行业大气污染物排放标准》（DB13/ 1641-2012），经编制组调研了解，目前石灰工业企业大气污染环保治理设施建设存在的主要问题：一是重有组织排放污染源控制，轻无组织污染源排放控制；二是治理措施不完善，3.94%企业未安装除尘措施，31%的企业未安装脱硫措施，93.82%的企业未安装脱硝措施；三是传统行业的原因，普遍规模小、机械化程度不高，环保设施的配套及环境管理重视不够、不规范；四是废气治理技术经过多年的发展，粉尘和SO2的治理技术日趋成熟，但目前石灰工业企业的NOx治理措施是急需解决的问题，石灰窑炉烟气治理工程中尚处于探索阶段。

我省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。

因此，对于石灰行业的大气污染治理应更加注重源头控制，采用清洁生产工艺技术，并提高环境管理水平。

## 3.4 现行环保标准存在的主要问题

### 3.4.1 现有企业执行的标准值

目前我省石灰行业现行标准是《石灰行业大气污染物排放标准》（DB13/ 1641-2012）（自2013年4月1日起实施），大气污染排放限值见表3-1、表3-2。

表3-1 石灰行业大气污染物最高允许排放限值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 生产  过程 | 生产设备 | 颗粒物 | 二氧化硫 | 氮氧化物  (以NO2计) |
| 排放浓度  mg/m3 | 排放浓度  mg/m3 | 排放浓度  mg/m3 |
| 矿山  开采 | 破碎机、筛分机等生产设备 | 30 | —— | —— |
| 石灰  及其  制品 | 石灰窑a | 30 | 100 | 400 |
| 物料处理输送过程、磨机、干燥机、石灰仓、包装机和其它通风生产设备 | 30 | —— | —— |
| 1. 含氧量按16%计算。 | | | | |

表3-2 石灰行业作业场所颗粒物无组织排放限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 作业场所 | 颗粒物无组织排放监控点 | 浓度限值a，mg/m3 |
| 矿山开采作业场所、石灰及其制品厂 | 厂(场)界外10m处 | 1.0(扣除参考值b) |
| 1. 指监控点处的总悬浮颗粒物(TSP)一小时浓度值。 2. 参考值含义见第6.2.1条。 | | |

本标准对控制我省石灰行业的污染物排放和推动石灰行业的环境保护设施技术进步发挥了重要作用。但随着我省环境压力日益增长和监管强度提高，一系列清洁生产工艺技术和末端治理技术迅猛发展、日臻成熟，现行排放标准已经无法适应当前新形势下的石灰行业环境保护要求。国家及地方也陆续出台一系列文件要求对排放标准提出更高的要求。

### 3.4.2 现行标准执行中存在的问题

目前我省石灰行业各项污染物排放执行《石灰行业大气污染物排放标准》（DB/13 1641-2012），本标准对控制我省石灰行业的污染物排放发挥了重要作用。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，回转窑等高品质石灰窑的建设进入快速发展阶段，现行排放标准已经不适应当前形式下的石灰行业环境保护要求：

（1）标准颁布时间长，排放限值与独立石灰企业现状不匹配。我省现行石灰行业排放标准发布至今已有十余年，随着环保要求的提高和污染治理技术的发展，与独立石灰企业现有污染治理和管控水平相比，标准中规定的排放限值较宽松，已不符合现行的环保要求。

（2）石灰窑排放限值与钢铁行业的石灰生产设施差异较大。我省颁布的《钢铁工业大气污染物超低排放标准》（DB13 2169-2018）中规定了钢铁行业内石灰窑的排放限值，与其相比，现行石灰标准中石灰窑的排放限值约是钢铁行业相关设施的2~3倍。现行石灰标准无法促进独立石灰企业采用新的技术和工艺，来提高污染排放管控水平，从而进一步降低污染物排放。

（3）矿山开采已有相关标准。矿山开采是原料的获得过程，石灰生产所需的原料与水泥类似，都属于石灰质矿石，通常由露天采石场、取土场获得。我省颁布的《水泥工业大气污染物超低排放标准》（DB13/ 2167-2020）中已规定了矿山开采的排放限值（颗粒物10mg/m3），且明显严于现行石灰标准要求（颗粒物30mg/m3）。

（4）无组织排放环节的管控措施薄弱，需加强无组织排放控制要求。

石灰工业是典型的建筑材料产业，生产过程消耗大量的非金属矿物，在原燃料堆存、运输、破碎筛分、粉磨包装等环节，易造成粉尘逸散，恶化厂区及周边环境。随着环保意识的增强和无组织排放管控水平的提升，国发〔2018〕22号、环大气〔2019〕56号、冀气领办〔2021〕60号等文件，都提出了全面加强无组织排放管控的要求。因此，需要加强无组织排放管控，对控制措施提出更高、更严格的要求。

（5）没有对氨逃逸进行控制。随着对氮氧化物排放管控的提高，在使用含氨物质作为还原剂去除烟气中氮氧化物过程中，会有部分氨逃逸。现行石灰标准《石灰行业大气污染物排放标准》（DB/13 1641-2012）没有对氨逃逸进行控制。

综上，根据我省石灰行业的发展形势和环境保护形势、节能减排形势、国家现行环保法规、现行石灰行业发展政策，以及我省生态环境保护形势和石灰行业的技术水平，制定《石灰工业大气污染物排放标准》迫在眉睫。

# 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石灰行业主要生产工艺

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。生产工序主要包括原料破碎、筛分、煅（焙）烧、粉磨、包装等。使用的能源可以是煤炭或焦粉等固体燃料，也可以是焦炉煤气、天然气等气体燃料。主要的窑型按结构可分为回转窑、套筒窑、双膛窑、梁式窑等，还有普通的机械竖窑。主要工艺流程及排污节点如图：

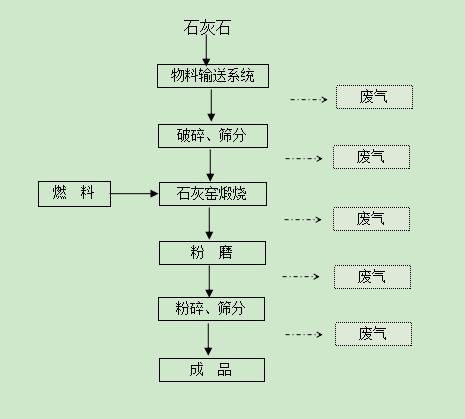


图4.1-1 主要工艺流程及废气排污节点图

### 4.1.2 排污节点分析

石灰生产从原料石灰石进厂到石灰成品出厂，始终伴随着固体破碎、筛分、粉磨和物料运输等工艺过程，都会有粉尘产生。石灰煅烧过程中回转窑、套筒窑、双膛窑、梁式窑等石灰工业炉窑排放窑炉烟气，产生的大气污染物主要包括颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等，大气污染物排放见表4.1-1。

表4.1-1 石灰生产工艺主要大气污染物及其来源

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 工序 | 产污环节 | 主要污染物 | 排放方式 |
| 原料加工处理 | 原料棚（仓）、输送 | 颗粒物 | 无/有组织 |
| 破碎、筛分 | 颗粒物 | 无/有组织 |
| 物料处理输送程 | 皮带机 | 颗粒物 | 无/有组织 |
| 烧成系统 | 石灰窑煅烧（如：回转窑套筒窑、双膛窑、梁式窑等） | 颗粒物、氮氧化物、二氧化硫 | 有组织 |
| 粉磨、干燥 | 粉磨、筛分 | 颗粒物 | 有组织 |
| 包装及其他通风生产设备 | 石灰仓、包装及装车 | 颗粒物 | 无/有组织 |

### 4.1.3 污染物产生情况分析

石灰的主要用途分为两类：一是建筑用石灰，二是工业用石灰。与建筑用石灰相比，工业用石灰的质量要求较高，一般要求CaO含量>90%，生产时需要快速的高温分解和快速降温过程。由于工业用石灰的高质量要求，多采用工艺先进的机械化环保立窑、回转窑生产。

石灰生产过程中排放的主要污染物为颗粒物、二氧化硫、氮氧化物，其中石灰窑煅烧烟气是重要的有组织排放源。根据生态环境部2021年发布的《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》中《水泥、石灰和石膏制造行业系数手册》，石灰窑的颗粒物产生浓度约在400~1000mg/m3，其中固体燃料竖窑的颗粒物产生浓度最高，约是气体燃料回转窑的2.5倍；石灰窑的二氧化硫产生浓度约在10~200mg/m3，其中气体燃料石灰窑的SO2产生浓度普遍高于固体燃料石灰窑。石灰窑因窑型不同，氮氧化物的排放水平差异较大。由于回转窑受到诸如较高燃烧温度、相对集中的高温区域、含氧量较高等因素的影响，其煅烧过程的氮氧化物生成量较高。根据相关资料显示，我国回转窑的NOx产生浓度一般在500~600mg/m3，其他石灰窑一般在300mg/m3左右。根据《水泥、石灰和石膏制造行业系数手册》的产污系数核算，气体燃料回转窑的NOx产生浓度最高，约是气体竖窑的5倍。

## 4.2 石灰企业排污现状调查

本次调查参照生态环境部2021年发布的《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》中《水泥、石灰和石膏制造行业系数手册》中“石灰”产品不同窑型、燃料等分类信息，并结合我省石灰企业采取的窑型、采取的具体污染防治措施类型、企业分布等（具体见第2章），调查组先后到邯郸、邢台、石家庄、保定、唐山、秦皇岛、沧州、张家口、承德、辛集等地进行实地走访调研，调研企业涉及不同燃料、窑型、规模，不同污染治理措施等。

### 4.2.1 调研企业基本情况

2021年我省印发《河北省砖瓦、石灰、耐火材料行业大气污染综合治理方案》（冀气领办〔2021〕60号），要求推进治理设施提升改造，降低污染物排放强度，且2021年完成50%左右的炉窑改造，2022年力争全部完成。结合当地对石灰行业的相关环保要求，一些企业已经进行了污染治理措施的升级改造并安装了炉窑废气的在线监测设施。

结合石灰企业实际改造进度，除实地走访调研外，还调取了石灰企业近一年的炉窑废气在线监测数据，选取生产相对稳定、数据相对连续的9家企业的在线监测数据，对企业炉窑产生的污染物排放情况进行统计。

这9家石灰企业分布于我省石灰企业较密集的6个地市。燃料类型涉及煤、焦炭、兰炭、天然气和高炉煤气，覆盖我省石灰企业的所有燃料类型；石灰窑的窑型包括普通竖窑、双膛竖窑和回转窑，满足《水泥、石灰和石膏制造行业系数手册》中“石灰”产品要求的窑型分类（竖窑、回转窑），且覆盖我省的主要石灰窑窑型。石灰窑废气治理以袋式除尘器为主，有一家企业是在湿电除尘器前加装了袋式除尘器；脱硫措施以湿法脱硫为主，主要是石灰-石膏法和双碱法，另有一家企业采用干法脱硫；脱硝措施以SNCR为主，有三家企业分别采用SCR、低氮燃烧+SNCR、氧化脱硝。上述企业采取的这些治理措施，是目前我省石灰企业采用的主要污染治理技术。调研企业基本情况见表4.2-1。

**表4.2-1 调研石灰企业石灰窑情况**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 地区 | 企业  编号 | 企业名称 | 窑型 | 石灰窑  数量 | 设计产能  （万吨/年） | 燃料名称 | 治理措施 | | |
| 除尘 | 脱硫 | 脱硝 |
| 1 | 石家庄 | 石灰1 | 企业一 | 机械化立窑 | 16 | 48 | 无烟煤 | 袋式+湿电 | 石灰-石膏法 | SNCR |
| 回转窑 | 2 | 20 | 无烟煤 | 袋式+湿电 | 石灰-石膏法 | SNCR |
| 2 | 邯郸 | 邯灰1 | 企业二 | 回转窑 | 2 | 24 | 煤 | 袋式 | — | — |
| 煤 | 袋式 | — | SCR |
| 1 | 28 | 天然气 | 袋式 | — | — |
| 邯灰2 | 企业三 | 回转窑 | 1 | 18 | 兰炭 | 袋式 | 干法 | SNCR |
| 邯灰3 | 企业七 | 双膛竖窑 | 4 | 66 | 天然气 | 袋式 | — | — |
| 3 | 保定 | 保灰1 | 企业八 | 双膛竖窑 | 1 | 2 | 煤 | 袋式 | — | SNCR |
| 保灰2 | 企业六 | 钢筒机立窑 | 2 | 8 | 煤 | 袋式 | 双碱法 | — |
| 4 | 唐山 | 唐灰1 | 企业四 | 双膛竖窑 | 2 | 40 | 高炉煤气  （天然气备用） | 袋式 | — | 低氮燃烧+SNCR |
| 5 | 秦皇岛 | 秦灰1 | 企业九 | 回转窑 | 1 | 10 | 焦炭 | 袋式 | 双碱法 | 氧化 |
| 竖窑 | 12 | 45 | 焦炭 | 袋式 | 双碱法 | 氧化 |
| 6 | 承德 | 承灰1 | 企业五 | 竖窑 | 20 | 70 | 无烟煤 | 袋式 | 石灰-石膏法 | — |
| 合计 | | 9 |  |  | 64 | — |  |  |  |  |

### 4.2.2 石灰窑废气排放情况

为掌握石灰窑的污染物排放情况，编制组对9家石灰企业的21组在线监测数据和2组常规性季度监测数据进行了统计分析。分析在线数据时，去除非正常运行、维修、故障期等时段，并除去数据≤0、氧含量≥21%等无效数据，再统计分析在线数据的达标率。统计结果显示，调研企业石灰窑排放的污染物，均满足现行《石灰行业大气污染物排放标准》（DB13/ 1641-2012）要求的颗粒物30mg/m3、二氧化硫100mg/m3、氮氧化物400mg/m3浓度限值。

### 4.2.3 其他生产设备废气排放情况

石灰企业在石灰石破碎筛分、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，都容易产生粉尘，主要污染物是颗粒物，石灰企业一般采用袋式除尘器对其进行收集和处理。

收集到6家石灰企业的8份手工监测报告，对各企业其他生产设备的污染物排放情况进行统计，结果显示颗粒物的排放浓度范围在3.0~9.4mg/m3之间，其中最大值在6.2~9.4mg/m3，均满足现行《石灰行业大气污染物排放标准》（DB13/ 1641-2012）排放限值30mg/m3要求，最大浓度值占现行石灰标准限值的31.33%。

表4.2-2 调研石灰企业其他生产设备废气中颗粒物排放一览表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 企业  编号 | 企业名称 | 检测报告  时间 | 最小值（mg/m3） | | 最大值（mg/m3） | | 达标  情况 |
| 点位 | 数值 | 点位 | 数值 |
| 1 | 石灰1 | 企业一 | 2021.09.08 | 3号机立窑进料 | 3.3 | 5号机立窑进料  1号回转窑出料 | 9.4 | 达标 |
| 2 | 邯灰1 | 企业二 | 2021.08.17 | 成品输送机筛分 | 5.6 | 3#成品库 | 6.2 | 达标 |
| 3 | 邯灰3 | 企业七 | 2021.07.01 | 2#成品仓 | 3.0 | 1#原料 | 6.8 | 达标 |
| 4 | 保灰1 | 企业八 | 2020.11.26 | 石灰卸料 | 5.0 | 煤粉卸料 | 6.8 | 达标 |
| 2021.06.03 | 石灰石上料、  窑顶卸料 | 5.8 | 石灰石上料、石灰卸料 | 6.6 | 达标 |
| 5 | 保灰2 | 企业六 | 2021.07.02 | 上料除灰 | 3.4 | 破碎工序 | 6.3 | 达标 |
| 6 | 承灰1 | 企业五 | 2021.01.26 | 散装机、破碎机 | 7.3 | 散装机 | 8.6 | 达标 |
| 2021.07.08 | 2#头破 | 5.7 | 筛分车间、  高位料仓 | 7.9 | 达标 |

### 4.2.4 无组织排放情况

收集到4家石灰企业8组颗粒物无组织监测数据，通过对监控点和参照点浓度差值的统计，石灰企业厂界颗粒物无组织排放浓度最大值在0.085~0.328mg/m3，均满足现行《石灰行业大气污染物排放标准》（DB13/ 1641-2012）排放限值1.0mg/m3要求，最大浓度差值占现行石灰标准限值的32.8%。

表4.2-3 调研石灰企业无组织排放一览表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 企业  编号 | 企业名称 | 监测时间 | 浓度差值（mg/m3） | | 达标  情况 |
| 最小值 | 最大值 |
| 1 | 石灰1 | 企业一 | 2021.09.02 | 0.037 | 0.095 | 达标 |
| 2 | 保灰1 | 企业八 | 2020.11.23 | 0.034 | 0.085 | 达标 |
| 2021.05.30 | 0.055 | 0.11 | 达标 |
| 2021.07.23 | 0.022 | 0.178 | 达标 |
| 3 | 保灰2 | 企业六 | 2021.06.18 | 0.169 | 0.245 | 达标 |
| 2021.09.26 | 0.113 | 0.188 | 达标 |
| 4 | 承灰1 | 企业五 | 2021.06.27 | 0.175 | 0.316 | 达标 |
| 2021.08.12 | 0.099 | 0.328 | 达标 |

## 4.3 石灰行业废气治理技术

我省石灰工业炉窑污染物主要为烟尘(颗粒物)、二氧化硫和氮氧化物。燃料采用煤炭或焦粉等固体燃料，也有焦炉煤气、天然气等气体燃料。主要废气治理技术分为颗粒物污染治理技术，烟气脱硫技术，氮氧化物治理技术。

根据生态环境部环办大气函〔2020〕340号《关于印发<重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南（2020年修订版）>的函》，石灰窑工业企业绩效分级指标中“污染治理技术”指出：除尘宜采用袋式、电袋复合等高效除尘工艺；末端脱硫采用石灰/石灰石-石膏法、干法、半干法等高效脱硫工艺；脱硝采用低氮燃烧技术、高效脱硝工艺。结合《[排污许可证申请与核发技术规范 钢铁工业（HJ 846-2017）](http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/pwxk/202003/W020200310519293485501.pdf)》、《排污许可证申请与核发技术规范 工业炉窑》（HJ 1121-2020）等相关文件，并通过文献、调研资料，石灰企业炉窑废气宜选取的措施为：

（1）颗粒物：袋式除尘、电袋复合式高效除尘工艺。

（2）二氧化硫：以天然气、经脱硫处理后的清洁煤气为燃料，当炉窑烟气SO2浓度不满足标准要求时，可采用石灰/石灰石-石膏法、干法、半干法等高效脱硫工艺。

（3）氮氧化物：当炉窑烟气NOx浓度不满足标准要求时，企业可优先采用控制工艺参数、低氮燃烧技术，必要时采用SNCR、SCR等高效脱硝工艺。

表4.3-1 石灰业废气防治可行技术参考表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 设备 | 污染物 | 可行技术参考 |
| 各种燃料  炉窑 | 颗粒物 | 袋式除尘、电袋复合式高效除尘工艺 |
| 二氧化硫 | 以天然气、经脱硫处理后的清洁煤气为燃料，结合标准要求可采用石灰/石灰石-石膏法、干法、半干法等高效脱硫工艺。 |
| 氮氧化物 | 企业可优先采用控制工艺参数、低氮燃烧技术，必要时采用SNCR、SCR等高效脱硝工艺。 |

### 4.3.1 颗粒物污染治理技术

含尘废气处理方法主要包括机械式除尘、电除尘、袋式除尘等技术。通过对178家有排污许可证的企业进行统计分析，我省96.06%的企业安装除尘措施处理石灰窑烟气中颗粒物。其中，安装袋式除尘器的企业有112家，占62.92%；安装旋风除尘器的企业有57家，占32.02%；安装电除尘器、水膜除尘的企业分别有1家，各占0.56%。可见，河北省石灰工业中对颗粒物的除尘措施以袋式除尘器为主。

**1、机械除尘**

按除尘力的不同，机械除尘可设计成重力沉降室、惯性除尘器和离心力除尘器（旋风除尘器）等。旋风除尘器是目前应用较为广泛的除尘器，多用于除尘要求不高的场合或用作高效除尘装置的前置预除尘器。旋风除尘器一般用于捕集5-15μm以上的颗粒，单筒旋风除尘效率一般在60-80%左右，多级旋风除尘效率在90%左右。

**2、电除尘技术**

电除尘技术具有除尘效率高、使用范围广、运行费用低、使用维护方便、无二次污染等优点，但其除尘效率受煤、灰成分等影响较大，且占地面积较大。电除尘技术使用于工况比电阻在1×104Ω·cm～1×1011Ω·cm范围内的烟尘去除，可在范围很宽的温度、压力和烟尘浓度条件下运行。电除尘器除尘效率为99.2%～99.85%，出口烟尘浓度可达到20mg/m3以下。

**3、袋式除尘技术**

袋式除尘技术是利用纤维织物的拦截、惯性、扩散、重力、静电等协同作用对含尘气体进行过滤技术。按清灰方式分为脉冲喷吹类、反吹风类及机械振打类袋式除尘器。袋式除尘器除尘效率基本不受燃料种类、烟尘比电阻和烟气工况变化等影响，占地面积小，控制系统简单，可实现较为稳定的低排放。袋式除尘器除尘效率为99.5%～99.99%，出口烟尘浓度可控制在30mg/m3或20mg/m3以下。当采用高精过滤滤料时，出口烟尘浓度可以实现10mg/m3以下。

在袋式除尘器运行过程中，除尘效率主要受粉尘特性、滤料特性、滤袋上的堆积粉尘负荷、过滤风速等因素的影响。

### 4.3.2 烟气脱硫技术

按脱硫吸收工艺的不同，烟气脱硫可以分为湿法、干法和半干法。通过对178家有排污许可证的企业进行统计分析，我省82.58%的企业安装脱硫措施处理石灰窑煅烧烟气中二氧化硫。其中，采用湿法脱硫的企业有146家，占82.02%；采用干法脱硫的企业有1家，占0.56%。可见，河北省石灰工业中的脱硫措施以湿法脱硫为主。

**1****、湿法脱硫**

湿法脱硫技术按照脱硫剂的不同，有双碱法、石灰石/石膏法、氨法、氧化镁法等多种工艺，目前我省石灰企业采用较多的是双碱法和石灰石/石膏法。

（1）双碱法

[双碱法烟气脱硫](https://baike.baidu.com/item/%E5%8F%8C%E7%A2%B1%E6%B3%95%E7%83%9F%E6%B0%94%E8%84%B1%E7%A1%AB)技术一般是指“钠钙双碱法”，脱硫剂钠碱可选用一般工业氢氧化钠（NaOH）或碳酸钠（Na2CO3）。双碱法使用范围广，脱硫效率达90%以上。

双碱法用NaOH脱硫，循环水基本上是NaOH水溶液，在循环过程中对水泵、管道、设备均无腐蚀与堵塞现象，便于设备运行与保养；吸收剂的再生和脱硫渣的沉淀发生在塔外，避免塔内堵塞和磨损，提高了运行的可靠性，降低了操作费用；同时可以用高效的板式塔或填料塔代替空塔，使系统更紧凑，且可提高脱硫效率；液气比小；可脱硫除尘一体化；一次投资省，运行成本低。

但在稳定运行的双碱脱硫体系当中，Na2SO3是脱硫的主要成分，而非NaOH。因此，简易烧碱脱硫和双碱脱硫的运行，有着本质的区别。NaSO3氧化副反应产物Na2SO4较难再生，需不断的补充NaOH或Na2CO3，而增加碱的消耗量。另外，Na2SO4的存在也将降低石膏的质量。

（2）石灰石（石灰）-石膏法

石灰石（石灰）-石膏法脱硫技术以石灰石或石灰作为脱硫剂，烟气中的二氧化硫与浆液中的碳酸钙以及鼓入的氧化空气进行化学反应从而被脱除，最终反应产物为石膏。石灰石-石膏法脱硫的脱硫效率高达95%以上，应用最为广泛。

石灰石-石膏法脱硫技术成熟度高，可根据入口烟气条件和排放要求，通过改变物理传质系数或化学吸收效率等调节脱硫效率，可长期稳定运行并实现达标排放。石灰石-石膏湿法脱硫技术对燃料、负荷变化具有较强的适应性。吸收剂(石灰石或石灰)资源丰富，价廉易得。缺点是易结垢与堵塞，对设备产生腐蚀。烟气脱硫所产生的脱硫石膏含有大量杂质，如无法实现资源循环利用也会对环境产生不利影响。

**2、干法脱硫**

干法脱硫是在无液相介入的完全干燥状态下进行的脱硫，脱硫产物为干粉状。干法常用的有炉内喷钙（石灰/石灰石）或氧化铁法、氧化锌法等金属吸收。我省这家石灰企业采用的是SDS干法脱硫，将碱性脱硫剂喷入烟气中，使其与烟气内的二氧化硫发生化学反应，实现烟气脱硫。该脱硫技术对烟气流量、二氧化硫浓度等工况的变化适应性较强，脱硫效率可达95%以上；无工业水消耗和废水产生，不会增加烟气本身的湿含量，脱硫后的烟气温度基本没有降低；腐蚀性轻微，基本不用采取特殊防腐措施，需采取相应防磨措施。脱硫剂成本较高，总体运行成本相对较高，适用于烟气含硫量低（或烟气量小）的情形。

**3、半干法脱硫**

半干法脱硫常用的方法有喷雾干燥法（SDA）、烟气循环流化床脱硫法（CFB-FGD）和新型脱硫除尘一体化（NID）等。

喷雾干燥法（SDA）工艺系统构造简单，对吸收塔和管道没有腐蚀性，整个系统不必设置旁路，维护费用较低。脱硫效率普遍在60~85%之间，适用于低硫烟气的脱硫处理，对于SO2排放限值较低的区域，难以保证采用高硫燃料熔窑烟气的稳定达标排放。

烟气循环流化床脱硫法（CFB-FGD）以循环流化床原理为基础，在钙硫比较低的情况下就可以达到较高的脱硫效率。但是该方法对于脱硫吸收剂的品质要求较高，要求的操作水平较为严格，否则容易形成脱硫塔“塌床”事故。

新型脱硫除尘一体化（NID）以生石灰为脱硫剂，吸收剂在混合器中预先混合并增湿多次循环，使吸收剂在反应器始终保持着较高的有效浓度，大幅度减少了烟气在反应塔的停留时间，减少了占地面积，其净化烟气回流装置可以满足窑炉烟气变化波动，系统的稳定性较强。但是混合器中磨损现象比较严重，清洗时必须把混合器中的灰清除干净，维护工作较为繁重，脱硫副产物综合利用能力受到一定的限制。

### 4.3.3 氮氧化物治理技术

氮氧化物的控制有低氮燃烧技术和烟气脱硝技术。通过对178家有排污许可证的企业进行统计分析，我省仅6.18%的企业采取脱硝措施处理烟气中氮氧化物。其中，采用低氮燃烧器的企业有7家，占3.94%；采用SNCR的企业有3家，占1.68%；采用低氮燃烧器+SNCR有1家，占0.56%。可见，河北省石灰工业中整体脱硝水平有待提升。

**1、低氮燃烧技术**

低NOx燃烧技术即用改变燃烧条件的方法来降低NOx的排放，主要包括空气分级燃烧、燃料分级燃烧、烟气再循环燃烧等。

改进燃烧方式和生产工艺脱氮技术已有广泛研究，开发了较多低NOx燃烧技术和设备，并已投入实际应用。但受技术和设备影响，会增加不完全燃烧损失。

**2、还原法脱硝技术**

还原法主要为SCR（选择性催化还原）和SNCR（选择性非催化还原）。

SNCR（选择性非催化还原法）是向燃烧窑中喷氨（或尿素、碳酸氢铵等）含NH3基的还原剂，在高温（900℃～1100℃）和没有催化剂的情况下，还原剂热解生成NH3及副产物，进而NH3同烟气中的NOx发生选择性非催化还原反应，把NOx还原成二氧化碳和水。SNCR技术的脱硝率取决于温度、氧含量、一氧化碳含量、停留时间和烟道中NOx和NH3的含量，当NH3/NOx达到1.5时，NOx排放的净化率可达到50%～70%。该方法还原剂消耗较大，具有投资和运行成本低的优势。

SCR（选择性催化还原法）脱硝原理与SNCR相同，只是采用了催化剂促进低温下NH3与NOx反应，脱硝效率可提升到70%~90%。SCR催化剂分为三类：高温(345～590℃)、中温(260～380℃)以及低温(80～300℃)，不同催化剂适宜的反应温度不同。该方法一次性投资高。烟气中的SO2与催化剂发生反应，在其表面形成硫酸盐，可导致催化剂中毒失活。SO3与未反应的NH3反应生成硫酸氢铵，粘附于催化剂及收尘装置，导致系统阻力增大。因此，运行费用也较高。

**3、湿法氧化脱硝**

氧化吸收法的氧化剂主要有O3、Cl2、ClO2等气相氧化剂，以及KMnO4、NaClO2、NaClO、H2O2、HNO3、Na2CrO4等液相氧化剂。虽然氧化吸收法中的氧化剂众多，但多数氧化剂由于腐蚀性较强或者性质不稳定等不利因素，运行费用高，且产生的副产物造成的二次污染难以处理，很少有大规模的工业应用。

# 5 标准主要技术内容及确定依据

## 5.1 适用范围

本标准规定了石灰工业大气污染物排放控制要求、监测和监督管理要求。

本标准适用于现有石灰工业企业或生产设施的大气污染物排放管理，以及新建、改扩建的石灰工业企业或生产设施建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、竣工环境保护验收、排污许可及其投产后的大气污染物排放管理。

本标准不适用于钢铁企业内部的石灰生产设施及将石灰窑尾气作为原料气生产化工产品的石灰生产设施。

石灰矿开采设备的污染物排放限值，参照《水泥工业大气污染物超低排放标准》（DB13/ 2167-2020）中的“矿山开采”执行。

## 5.2 标准结构框架

### 5.2.1 主要章节及内容

本标准是对河北省《石灰行业大气污染物排放标准》（DB13/ 1641-2012）的修订，由7个部分组成：适用范围、规范性引用文件、术语和定义、大气污染物排放限值及控制要求、污染物监测要求、达标判定要求、实施与监督，其中大气污染物排放限值及控制要求是标准的主体部分。

表5.2-1 章节及内容

| 序号 | 名称 | 主要内容 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 适用范围 | 明确了标准规定的主要技术内容、标准在生态环境管理中的具体应用。 |
| 2 | 规范性引用文件 | 给出了对于该标准的应用必不可少的文件 |
| 3 | 术语和定义 | 给出了理解该标准所必需的术语和定义 |
| 4 | 大气污染物排放限值及控制要求 | 主要包括污染物项目、排放限值、监控位置、执行时间、管控措施及要求。 |
| 5 | 污染物监测要求 | 主要规定了排放源自行监测、自动监控设备、样品采集、样品测定等要求。 |
| 6 | 达标判定要求 | 规定了手工监测、自动监测的达标判定依据，达标判定时的基准氧含量要求等。 |
| 7 | 实施与监督 | 规定了本标准由县级以上人民政府生态环境主管部门负责监督实施。 |

与DB13/ 1641-2012相比，本次修订的主要技术变化包括：修改了石灰窑颗粒物、二氧化硫、氮氧化物大气污染物排放浓度限值，增加了石灰窑氨的排放浓度限值；修改了无组织排放控制要求；修改了颗粒物无组织排放浓度限值；修改了排气筒高度要求；修改了石灰窑基准氧含量；增加了大气污染物达标判定要求。

表5.2-2 修订的主要技术变化

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 主要技术变化 | 标准文本位置 |
| 1 | 修改了石灰窑颗粒物、二氧化硫、氮氧化物大气污染物排放浓度限值 | 4.1 |
| 2 | 增加了石灰窑氨排放浓度限值 | 4.1 |
| 3 | 修改了无组织排放控制要求 | 4.2 |
| 4 | 修改了颗粒物无组织排放浓度限值 | 4.2 |
| 5 | 修改了排气筒高度要求 | 4.3.3 |
| 6 | 修改了石灰窑基准氧含量 | 6.4 |
| 7 | 增加了大气污染物达标判定要求 | 6 |

### 5.2.2 执行时段划分

按石灰工业企业或生产设施的环境影响评价文件通过审批、审核或备案的时间，确定为现有企业和新建企业（包括改、扩建），按照两个时段执行不同标准。初步拟定：新建企业自本标准实施之日起，执行标准规定的大气污染物排放限值及其他污染控制要求；现有企业自2023年1月1日起执行，为企业预留一定的升级改造时间。

## 5.3 术语和定义

本标准的术语和定义共有10个，其中：石灰工业参考国家《石灰、电石工业大气污染物排放标准（征求意见稿）》中的定义，现有企业、新建企业2项延用河北省《石灰行业大气污染物排放标准》（DB13/ 1641-2012）中的定义，选择性非催化还原（SNCR）工艺、选择性催化还原（SCR）工艺2项引用《锅炉大气污染物排放标准》（DB13/ 5161-2020）中的定，标准状态、无组织排放、排气筒高度3项引用《陶瓷工业大气污染物排放标准》（DB13/ 5214-2020）中的定义，企业边界、基准氧含量2项引用《国家大气污染物排放标准制订技术导则》（HJ 945.1-2018）中的定义。与我省现行标准DB13/ 1641-2012相比，术语和定义的变化见表5.3-1。

表5.3-1 术语和定义的变化及确定依据

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 术语和定义 | | 变化情况 | 本标准  确定依据 |
| 本标准 | 现行DB13/ 1641-2012 |
| 1 | 石灰工业 | 石灰行业 | 修订 | 国家《石灰、电石工业  大气污染物排放标准  （征求意见稿）》 |
| 2 | 现有企业 | 现有企业 | 延用 | DB13/ 1641-2012 |
| 3 | 新建企业 | 新建企业 |
| 4 | 选择性非催化还原（SNCR）工艺 | —— | 新增 | DB13/ 5161-2020 |
| 5 | 选择性催化还原（SCR）工艺 | —— |
| 6 | 标准状态 | —— | 新增 | DB13/ 5214-2020 |
| 7 | 无组织排放 | —— |
| 8 | 企业边界 | —— | HJ 945.1-2018 |
| 9 | 排气筒高度 | —— | DB13/ 5214-2020 |
| 10 | 基准氧含量 | —— | HJ 945.1-2018 |
| 11 | —— | 最高允许排放浓度 | 删减 | —— |
| 12 | —— | 过量空气系数 |
|  | —— | 最高允许排放速率 |
|  | —— | 高污染燃料 |

## 5.4 污染物项目的选择

根据行业特点，并参考国内外相关标准及其他指导性文件，依据“优先控制石灰生产中产生量（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”的原则，确定本标准控制的污染物项目为：颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氨。其中氨为新增污染物。本次标准修订收严了石灰窑氮氧化物排放限值，如使用含氨物质作为还原剂去除烟气中的氮氧化物，会有部分氨逃逸，需要对其进行排放控制。

## 5.5 污染物排放限值的确定

### 5.5.1 相关政策文件

自2019年开展工业炉窑大气污染综合治理后，国家和河北省陆续出台了相关政策和文件，我省有关地市也针对当地的行业特点，对石灰企业生产制定了严格的排放管理要求。本标准与石灰工业相关政策文件的排放限值对比见表5.5-1。

表5.5-1 本标准与石灰工业相关政策文件的排放限值一览表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 分类 | 标准名称、文号 | | 石灰窑 | | | | | 其他生产设备 |
| 基准  氧含量 | 浓度限值（mg/m3） | | | | 浓度限值（mg/m3） |
| 颗粒物 | 二氧化硫 | 氮氧化物 | 氨 | 颗粒物 |
| 1 | 国家 | 《重污染天气重点行业应急减排措施  制定技术指南（2020年修订版）》  （环办大气函〔2020〕340号） | A级 | 10% | 10 | 50 | 150 | — | — |
| B级 | 10% | 20 | 100 | 200 | — | — |
| C级 | 10% | 30 | 200 | 300 | — | — |
| 《石灰、电石工业大气污染物排放标准（送审稿）》 | | 10% | 30 | 200 | 300  （400c） | 8 | 30 |
| 2 | 河北省 | 《石灰行业大气污染物排放标准》（DB13/1641-2012） | | 16% | 30 | 100 | 400 | — | 30 |
| 《河北省砖瓦、石灰、耐火材料行业  大气污染综合治理方案》（冀气领办〔2021〕60号） | | 10% | 10 | 50 | 150 | 8a / 2.5b | 10 |
| 3 | 河北  省内  地市 | 唐山市《2019年“十项重点工作方案》（唐办发〔2019〕3号） | | 8% | 10 | 50 | 150 | — | 10 |
| 2020年《秦皇岛市砖瓦窑、石灰窑、耐火材料行业  大气污染物深度治理工作方案》 | | 8% | 10 | 50 | 150 | 8a / 2.5b | 10 |
| 2020年7月10日，《邯郸市生态环境局关于  加快推进石灰窑深度治理的通知》 | | 10% | 10 | 50 | 150 | 8 | — |
| 4 | 本标准初步拟定 | | | 10% | 10 | 50 | 150 | 8 | 10 |

注：a：适用于采用SNCR脱硝工艺的。b：适用于采用SCR脱硝工艺的。c：适用于回转窑。

### 

### 5.5.2 石灰窑大气污染物排放限值确定

**5.5.2.1 各调研企业的石灰窑废气排放情况**

为了解在本标准拟定限值下，石灰窑的污染物排放达标情况，标准编制组重点对9家石灰企业的20组在线监测数据和2组常规性季度监测数据进行了统计分析。首先将实测的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物浓度折算成拟定基准氧含量10%下的浓度，然后再比照拟定的污染物排放限值对排放浓度进行统计分析，同时对监测的氧含量进行统计。污染物浓度折算公式参照《国家大气污染物排放标准制订技术导则》（HJ 945.1-2018）中公式（1）。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （1） |

式中：——大气污染物基准氧含量排放浓度，mg/m3；

——干烟气基准氧含量，%；

——实测大气污染物排放浓度，mg/m3；

——实测的干烟气氧含量，%。

**（一）企业一**

企业基本情况：该企业有16座石灰机械化混烧竖窑（48万吨/年）和2条活性石灰回转窑生产线（20万吨/年），均以无烟煤为燃料，主要生产冶金高活性石灰和烧结用灰等产品。

石灰窑共设四套废气处理设施，其中机械化立窑两套，回转窑两套。对石灰窑废气中主要污染物的处理分别采用：布袋和湿电相结合的除尘方式、石灰-石膏法脱硫、SNCR脱硝。本次调研收集到该企业四套石灰窑废气处理设施部分月份的在线监测数据，在此基础上进行统计分析。

（1）机械化立窑

企业的16座机械化立窑共有两套废气处理设施，每8座窑共用一套。1#、2#集中管道排放口主要在线监测因子统计分析结果见表5.5-2。

表5.5-2 企业一1#、2#集中管道排放口在线监测数据统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 浓度范围 | | 浓度分布 | | |
| 最小值 | 最大值 | 分类 | 数据量（个） | 占比（%） |
| 1#  集中管道  排放口 | 颗粒物 | 0.05 | 43.40 | ≤10 mg/m3 | 1338 | 92.28 |
| >10 mg/m3 | 112 | 7.72 |
| 二氧化硫 | 1.17 | 218.96 | ≤50 mg/m3 | 1228 | 84.69 |
| >50 mg/m3 | 222 | 15.31 |
| 氮氧化物 | 2.49 | 197.83 | ≤150 mg/m3 | 1263 | 87.10 |
| >150 mg/m3 | 187 | 12.90 |
| 氧含量 | 2.37 | 19.65 | ≤10% | 616 | 42.48 |
| >10% | 834 | 57.52 |
| 2#  集中管道  排放口 | 颗粒物 | 0.17 | 26.56 | ≤10 mg/m3 | 2001 | 97.47 |
| >10 mg/m3 | 52 | 2.53 |
| 二氧化硫 | 1.42 | 18.34 | ≤50 mg/m3 | 2053 | 100.00 |
| >50 mg/m3 | 0 | 0.00 |
| 氮氧化物 | 17.78 | 213.04 | ≤150 mg/m3 | 795 | 38.72 |
| >150 mg/m3 | 1258 | 61.28 |
| 氧含量 | 2.81 | 18.97 | ≤10% | 1834 | 89.33 |
| >10% | 219 | 10.67 |

（2）回转窑

企业共有两套回转窑废气处理设施，每座回转窑设置一套。1号、2号回转窑排放口主要在线监测因子统计分析结果见表5.5-3。

表5.5-3 企业一1号、2号回转窑排放口在线监测数据统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 浓度范围 | | 浓度分布 | | |
| 最小值 | 最大值 | 分类 | 数据量（个） | 占比（%） |
| 1号  回转窑  排放口 | 颗粒物 | 5.84 | 49.85 | ≤10 mg/m3 | 342 | 10.38 |
| >10 mg/m3 | 2953 | 89.62 |
| 二氧化硫 | 2.29 | 74.05 | ≤50 mg/m3 | 3291 | 99.88 |
| >50 mg/m3 | 4 | 0.12 |
| 氮氧化物 | 14.07 | 430.02 | ≤150 mg/m3 | 3203 | 97.21 |
| >150 mg/m3 | 92 | 2.79 |
| 氧含量 | 7.58 | 19.40 | ≤10% | 5 | 0.15 |
| >10% | 3290 | 99.85 |
| 2号  回转窑  排放口 | 颗粒物 | 3.94 | 74.10 | ≤10 mg/m3 | 2257 | 67.80 |
| >10 mg/m3 | 1072 | 32.20 |
| 二氧化硫 | 0.93 | 68.39 | ≤50 mg/m3 | 3320 | 99.73 |
| >50 mg/m3 | 9 | 0.27 |
| 氮氧化物 | 3.74 | 410.77 | ≤150 mg/m3 | 3240 | 97.33 |
| >150 mg/m3 | 89 | 2.67 |
| 氧含量 | 5.96 | 19.63 | ≤10% | 2429 | 72.96 |
| >10% | 900 | 27.04 |

**（二）企业二**

企业基本情况：该企业共有3条回转窑生产线。其中1、2号回转窑以煤为燃料，生产能力均为24万吨/年，1号回转窑废气经袋式除尘后排放，2号石灰窑废气经袋式除尘、SCR脱硝后排放；3号回转窑以天然气为燃料，生产能力为28万吨/年，石灰窑废气经袋式除尘排放。

本次调研收集到该企业1、2号石灰窑废气处理设施部分月份的在线监测数据，以及3号石灰窑废气处理设施2021年2～3季度的常规监测数据，在此基础上进行统计分析。回转窑主要监测因子统计分析结果见表5.5-4。

表5.5-4 企业二回转窑1号、2号、3号烟囱监测数据统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 浓度范围 | | 浓度分布 | | |
| 最小值 | 最大值 | 分类 | 数据量（个） | 占比（%） |
| 回转窑  1号  （在线监测） | 颗粒物 | 4.30 | 111.89 | ≤10 mg/m3 | 343 | 21.72 |
| >10 mg/m3 | 1236 | 78.28 |
| 二氧化硫 | 0.02 | 144.93 | ≤50 mg/m3 | 1574 | 99.68 |
| >50 mg/m3 | 5 | 0.32 |
| 氮氧化物 | 7.18 | 1034.81 | ≤150 mg/m3 | 16 | 1.01 |
| >150 mg/m3 | 1563 | 98.99 |
| 氧含量 | 7.65 | 20.54 | ≤10% | 4 | 0.25 |
| >10% | 1575 | 99.75 |
| 回转窑  2号  （在线监测） | 颗粒物 | 1.14 | 237.56 | ≤10 mg/m3 | 272 | 12.39 |
| >10 mg/m3 | 1923 | 87.61 |
| 二氧化硫 | 0.01 | 205.37 | ≤50 mg/m3 | 2171 | 98.91 |
| >50 mg/m3 | 24 | 1.09 |
| 氮氧化物 | 11.46 | 789.22 | ≤150 mg/m3 | 1286 | 58.59 |
| >150 mg/m3 | 909 | 41.41 |
| 氧含量 | 3.77 | 20.74 | ≤10% | 30 | 1.37 |
| >10% | 2165 | 98.63 |
| 回转窑  3号  （2021年  2季度  常规监测） | 颗粒物 | 7.91 | 8.28 | ≤10 mg/m3 | 3 | 100.00 |
| >10 mg/m3 | 0 | 0.00 |
| 二氧化硫 | 9.07 | 11.22 | ≤50 mg/m3 | 3 | 100.00 |
| >50 mg/m3 | 0 | 0.00 |
| 氮氧化物 | 93.16 | 98.66 | ≤150 mg/m3 | 3 | 100.00 |
| >150 mg/m3 | 0 | 0 |
| 氧含量 | 11.2 | 11.4 | ≤10% | 0 | 0 |
| >10% | 3 | 100.00 |
| 回转窑  3号  （2021年  3季度  常规监测） | 颗粒物 | 7.49 | 9.15 | ≤10 mg/m3 | 3 | 100.00 |
| >10 mg/m3 | 0 | 0.00 |
| 二氧化硫 | 3.47 | 4.63 | ≤50 mg/m3 | 3 | 100.00 |
| >50 mg/m3 | 0 | 0.00 |
| 氮氧化物 | 208.42 | 210.64 | ≤150 mg/m3 | 0 | 0 |
| >150 mg/m3 | 3 | 100.00 |
| 氧含量 | 11.5 | 11.6 | ≤10% | 0 | 0 |
| >10% | 3 | 100.00 |

**（三）企业三**

企业基本情况：该企业有1条回转窑生产线，生产能力18万吨/年，石灰窑以兰炭为燃料，窑尾废气经袋式除尘、干法脱硫、SNCR脱硝后排放。本次调研收集到该企业石灰窑废气处理设施部分月份的在线监测数据，在此基础上进行统计分析。回转窑尾主要在线监测因子统计分析结果见表5.5-5。

表5.5-5 企业三回转窑尾在线监测数据统计表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 浓度范围 | | 浓度分布 | | |
| 最小值 | 最大值 | 分类 | 数据量（个） | 占比（%） |
| 颗粒物 | 0.10 | 28.31 | ≤10 mg/m3 | 1833 | 95.77 |
| >10 mg/m3 | 81 | 4.23 |
| 二氧化硫 | 0.01 | 74.29 | ≤50 mg/m3 | 1910 | 99.79 |
| >50 mg/m3 | 4 | 0.21 |
| 氮氧化物 | 2.06 | 320.14 | ≤150 mg/m3 | 808 | 42.22 |
| >150 mg/m3 | 1106 | 57.78 |
| 氧含量 | 7.16 | 20.79 | ≤10% | 384 | 20.06 |
| >10% | 1530 | 79.94 |

**（四）企业四**

企业基本情况：该企业有2座双膛竖窑，以天然气、高炉煤气为燃料，生产能力合计40万吨/年。石灰窑共设两套废气处理设施，每座竖窑一套。窑尾废气中主要污染物的处理分别采用：袋式除尘、低氮燃烧+SNCR脱硝。本次调研收集到该企业两套石灰窑废气处理设施部分月份的在线监测数据，在此基础上进行统计分析。石灰窑东、西排气筒出口主要在线监测因子统计分析结果见表5.5-6。

表5.5-6 企业四石灰窑东、西排气筒出口在线监测数据统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 浓度范围 | | 浓度分布 | | |
| 最小值 | 最大值 | 分类 | 数据量（个） | 占比（%） |
| 石灰窑东  排气筒  出口 | 颗粒物 | 0.70 | 27.65 | ≤10 mg/m3 | 1485 | 99.60 |
| >10 mg/m3 | 6 | 0.40 |
| 二氧化硫 | 0.91 | 61.02 | ≤50 mg/m3 | 1490 | 99.93 |
| >50 mg/m3 | 1 | 0.07 |
| 氮氧化物 | 15.89 | 152.77 | ≤150 mg/m3 | 1490 | 99.93 |
| >150 mg/m3 | 1 | 0.07 |
| 氧含量 | 6.25 | 20.82 | ≤10% | 32 | 2.15 |
| >10% | 1459 | 97.85 |
| 石灰窑西  排气筒出口 | 颗粒物 | 0.44 | 20.02 | ≤10 mg/m3 | 1419 | 99.58 |
| >10 mg/m3 | 6 | 0.42 |
| 二氧化硫 | 0.57 | 118.69 | ≤50 mg/m3 | 1424 | 99.93 |
| >50 mg/m3 | 1 | 0.07 |
| 氮氧化物 | 11.61 | 270.85 | ≤150 mg/m3 | 1424 | 99.93 |
| >150 mg/m3 | 1 | 0.07 |
| 氧含量 | 4.46 | 20.83 | ≤10% | 172 | 12.07 |
| >10% | 1253 | 87.93 |

**（五）企业五**

企业基本情况：该企业有竖窑20座，均以无烟煤为燃料，生产能力合计70万吨/年。石灰窑共设两套废气处理设施，对窑尾废气中主要污染物的处理分别采用：布袋除尘、石灰石膏法脱硫。本次调研收集到该企业两套石灰窑废气处理设施部分月份的在线监测数据，在此基础上进行统计分析。窑尾烟囱1号、2号排口主要在线监测因子统计分析结果见表5.5-7。

表5.5-7 企业五窑尾烟囱1号、2号排口在线监测数据统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 浓度范围 | | 浓度分布 | | |
| 最小值 | 最大值 | 分类 | 数据量（个） | 占比（%） |
| 窑尾烟囱  1号排口 | 颗粒物 | 0.68 | 84.59 | ≤10 mg/m3 | 2437 | 89.43 |
| >10 mg/m3 | 288 | 10.57 |
| 二氧化硫 | 0.01 | 388.67 | ≤50 mg/m3 | 2686 | 98.57 |
| >50 mg/m3 | 39 | 1.43 |
| 氮氧化物 | 3.54 | 165.59 | ≤150 mg/m3 | 2712 | 99.52 |
| >150 mg/m3 | 13 | 0.48 |
| 氧含量 | 4.81 | 20.30 | ≤10% | 759 | 27.85 |
| >10% | 1966 | 72.15 |
| 窑尾烟囱  2号排口 | 颗粒物 | 1.99 | 52.50 | ≤10 mg/m3 | 3715 | 90.04 |
| >10 mg/m3 | 411 | 9.96 |
| 二氧化硫 | 3.24 | 126.58 | ≤50 mg/m3 | 4091 | 99.15 |
| >50 mg/m3 | 35 | 0.85 |
| 氮氧化物 | 0.70 | 165.20 | ≤150 mg/m3 | 4108 | 99.56 |
| >150 mg/m3 | 18 | 0.44 |
| 氧含量 | 7.41 | 19.44 | ≤10% | 5 | 0.12 |
| >10% | 4121 | 99.88 |

**（六）企业六**

企业基本情况：该企业有2座钢筒机立窑，均以煤为燃料，生产能力合计8万吨/年。石灰窑共设两套废气处理设施，对窑尾废气中主要污染物的处理采用袋式除尘和双碱法脱硫。本次调研收集到该企业两套石灰窑废气处理设施部分月份的在线监测数据，在此基础上进行统计分析。一号、二号窑尾烟气监控点主要在线监测因子统计分析结果见表5.5-8。

表5.5-8 企业六一号、二号窑尾烟气监控点在线监测数据统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 浓度范围 | | 浓度分布 | | |
| 最小值 | 最大值 | 分类 | 数据量（个） | 占比（%） |
| 一号窑尾  烟气监控点 | 颗粒物 | 0.27 | 523.34 | ≤10 mg/m3 | 795 | 47.15 |
| >10 mg/m3 | 891 | 52.85 |
| 二氧化硫 | 0.08 | 792.19 | ≤50 mg/m3 | 1452 | 86.12 |
| >50 mg/m3 | 234 | 13.88 |
| 氮氧化物 | 0.17 | 384.64 | ≤150 mg/m3 | 1673 | 99.23 |
| >150 mg/m3 | 13 | 0.77 |
| 氧含量 | 3.34 | 20.90 | ≤10% | 414 | 24.56 |
| >10% | 1272 | 75.44 |
| 二号窑尾  烟气监控点 | 颗粒物 | 0.21 | 184.74 | ≤10 mg/m3 | 1949 | 71.68 |
| >10 mg/m3 | 770 | 28.32 |
| 二氧化硫 | 0.01 | 600.80 | ≤50 mg/m3 | 2586 | 95.11 |
| >50 mg/m3 | 133 | 4.89 |
| 氮氧化物 | 0.26 | 109.67 | ≤150 mg/m3 | 2719 | 100.00 |
| >150 mg/m3 | 0 | 0.00 |
| 氧含量 | 1.09 | 20.78 | ≤10% | 1111 | 40.86 |
| >10% | 1608 | 59.14 |

**（七）企业七**

企业基本情况：该企业有4座麦尔兹双膛竖窑，均以天然气为燃料，生产能力合计66万吨/年。石灰窑共设四套废气处理设施，每座竖窑一套，窑尾废气经袋式除尘后排放。本次调研收集到该企业两套石灰窑废气处理设施部分月份的在线监测数据，在此基础上进行统计分析。3号、4号白灰窑排放口主要在线监测因子统计分析结果见表5.5-9。

表5.5-9 企业七3号、4号白灰窑在线监测数据统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 浓度范围 | | 浓度分布 | | |
| 最小值 | 最大值 | 分类 | 数据量（个） | 占比（%） |
| 3号白灰窑 | 颗粒物 | 0.14 | 58.07 | ≤10 mg/m3 | 2119 | 99.72 |
| >10 mg/m3 | 6 | 0.28 |
| 二氧化硫 | 0.68 | 75.11 | ≤50 mg/m3 | 2122 | 99.86 |
| >50 mg/m3 | 3 | 0.14 |
| 氮氧化物 | 16.19 | 130.67 | ≤150 mg/m3 | 2125 | 100.00 |
| >150 mg/m3 | 0 | 0.00 |
| 氧含量 | 8.53 | 20.90 | ≤10% | 2 | 0.09 |
| >10% | 2123 | 99.91 |
| 4号白灰窑 | 颗粒物 | 0.04 | 93.33 | ≤10 mg/m3 | 2110 | 98.97 |
| >10 mg/m3 | 22 | 1.03 |
| 二氧化硫 | 0.89 | 144.74 | ≤50 mg/m3 | 2127 | 99.77 |
| >50 mg/m3 | 5 | 0.23 |
| 氮氧化物 | 5.24 | 602.94 | ≤150 mg/m3 | 2129 | 99.86 |
| >150 mg/m3 | 3 | 0.14 |
| 氧含量 | 9.76 | 20.80 | ≤10% | 1 | 0.05 |
| >10% | 2131 | 99.95 |

**（八）企业八**

企业基本情况：该企业有1座麦尔兹双膛竖窑，以烟煤为燃料，生产能力2万吨/年。石灰窑设一套废气处理设施，窑尾废气经袋式除尘、SNCR脱硝后排放，本次收集到该企业石灰窑废气处理设施部分月份的在线监测数据，在此基础上进行统计分析。窑尾废气排口主要在线监测因子统计分析结果见表5.5-10。

表5.5-10 企业八石灰窑在线监测数据统计表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 浓度范围 | | 浓度分布 | | |
| 最小值 | 最大值 | 分类 | 数据量（个） | 占比（%） |
| 颗粒物 | 0.42 | 14.90 | ≤10 mg/m3 | 2500 | 93.67 |
| >10 mg/m3 | 169 | 6.33 |
| 二氧化硫 | 0.00 | 113.29 | ≤50 mg/m3 | 2617 | 98.05 |
| >50 mg/m3 | 52 | 1.95 |
| 氮氧化物 | 0.55 | 224.96 | ≤150 mg/m3 | 2115 | 79.24 |
| >150 mg/m3 | 554 | 20.76 |
| 氧含量 | 0.55 | 15.43 | ≤10% | 888 | 33.27 |
| >10% | 1781 | 66.73 |

**（九）企业九**

企业基本情况：该企业有12座石灰竖窑（45万吨/年）和1座回转窑（10万吨/年），均以焦炭为燃料。石灰窑共设五套废气处理设施，其中竖窑四套，回转窑一套。对窑尾废气中主要污染物的处理分别采用：袋式除尘、双碱法脱硫、氧化脱硝。本次调研收集到该企业五套石灰窑废气处理设施部分月份的在线监测数据，在此基础上进行统计分析。

（1）竖窑

企业的12座石灰竖窑共设有四套废气处理设施，1#~4#排放口主要在线监测因子统计分析结果见表5.5-11。

表5.5-11 企业九1#~4#排放口在线监测数据统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 浓度范围 | | 浓度分布 | | |
| 最小值 | 最大值 | 分类 | 数据量（个） | 占比（%） |
| 1#  脱硫出口 | 颗粒物 | 0.04 | 79.29 | ≤10 mg/m3 | 2624 | 94.93 |
| >10 mg/m3 | 140 | 5.07 |
| 二氧化硫 | 0.03 | 147.84 | ≤50 mg/m3 | 2762 | 99.93 |
| >50 mg/m3 | 2 | 0.07 |
| 氮氧化物 | 0.83 | 628.11 | ≤150 mg/m3 | 2757 | 99.75 |
| >150 mg/m3 | 7 | 0.25 |
| 氧含量 | 0.95 | 20.74 | ≤10% | 2652 | 95.95 |
| >10% | 112 | 4.05 |
| 2#  脱硫出口 | 颗粒物 | 0.50 | 31.63 | ≤10 mg/m3 | 2375 | 98.67 |
| >10 mg/m3 | 32 | 1.33 |
| 二氧化硫 | 0.22 | 50.33 | ≤50 mg/m3 | 2406 | 99.96 |
| >50 mg/m3 | 1 | 0.04 |
| 氮氧化物 | 29.86 | 297.82 | ≤150 mg/m3 | 2403 | 99.83 |
| >150 mg/m3 | 4 | 0.17 |
| 氧含量 | 3.43 | 20.24 | ≤10% | 1757 | 73.00 |
| >10% | 650 | 27.00 |
| 3#  脱硫出口 | 颗粒物 | 0.35 | 31.12 | ≤10 mg/m3 | 2314 | 87.62 |
| >10 mg/m3 | 327 | 12.38 |
| 二氧化硫 | 0.69 | 78.91 | ≤50 mg/m3 | 2638 | 99.89 |
| >50 mg/m3 | 3 | 0.11 |
| 氮氧化物 | 2.10 | 233.43 | ≤150 mg/m3 | 2497 | 94.55 |
| >150 mg/m3 | 144 | 5.45 |
| 氧含量 | 2.23 | 20.76 | ≤10% | 1819 | 68.88 |
| >10% | 822 | 31.12 |
| 4#  脱硫出口 | 颗粒物 | 0.54 | 38.83 | ≤10 mg/m3 | 1963 | 72.22 |
| >10 mg/m3 | 755 | 27.78 |
| 二氧化硫 | 0.10 | 77.94 | ≤50 mg/m3 | 2717 | 99.96 |
| >50 mg/m3 | 1 | 0.04 |
| 氮氧化物 | 0.16 | 256.80 | ≤150 mg/m3 | 2659 | 97.83 |
| >150 mg/m3 | 59 | 2.17 |
| 氧含量 | 2.13 | 20.06 | ≤10% | 2291 | 84.29 |
| >10% | 427 | 15.71 |

（2）回转窑

回转窑设有一套废气处理设施，7#脱硫出口主要在线监测因子统计分析结果见表5.5-12。

表5.5-12 企业九7#脱硫出口在线监测数据统计表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 浓度范围 | | 浓度分布 | | |
| 最小值 | 最大值 | 分类 | 数据量（个） | 占比（%） |
| 颗粒物 | 0.32 | 20.61 | ≤10 mg/m3 | 2313 | 98.72 |
| >10 mg/m3 | 30 | 1.28 |
| 二氧化硫 | 0.16 | 222.08 | ≤50 mg/m3 | 2259 | 96.41 |
| >50 mg/m3 | 84 | 3.59 |
| 氮氧化物 | 0.37 | 768.67 | ≤150 mg/m3 | 1914 | 81.69 |
| >150 mg/m3 | 429 | 18.31 |
| 氧含量 | 2.01 | 15.68 | ≤10% | 1685 | 71.92 |
| >10% | 658 | 28.08 |

**5.5.2.2 石灰窑大气污染物排放限值确定**

因石灰窑中为碱性氛围，SO2排放浓度不高。因窑内煅烧温度通常低于1100℃，NOx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，NOx排放浓度相对更高。

**1、颗粒物**

石灰石入窑有一定粒度要求，石灰窑颗粒物排放浓度较高。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。

通过对比调研企业石灰窑废气中颗粒物的折算浓度（基准氧含量10%）变化曲线（图5.5-1），可以看出大多数的颗粒物折算浓度小于20mg/m3。对比颗粒物折算浓度在不同浓度区间的占比情况（表5.5-13），可以看出：

（1）以气体为燃料的石灰窑，颗粒物折算浓度小于等于10mg/m3的数据占比在98.97%~100%。说明以气体为燃料的石灰窑，颗粒物排放浓度能够稳定达到10mg/m3。

（2）以固体为燃料的石灰窑，颗粒物折算浓度小于等于10mg/m3的数据占比差异较大，在10.38%~98.72%之间波动，但颗粒物折算浓度小于等于20mg/m3的数据占比则相对较集中，分布在89.67%~100%之间。说明以固体类为燃料的石灰窑，采取除尘措施，并加强降尘措施的管控和除尘设施的维护，颗粒物排放浓度基本可以达到10mg/m3。

目前的颗粒物治理技术成熟，我国相关行业颗粒物的排放控制要求也基本一致，经过类比国内相关标准，本标准中石灰窑颗粒物排放限值确定为10mg/m3。颗粒物排放浓度较高的企业，可以通过加强生产过程的管控、强化除尘设施的日常维护，如：及时清灰、更换布袋等措施，来降低颗粒物的排放浓度。

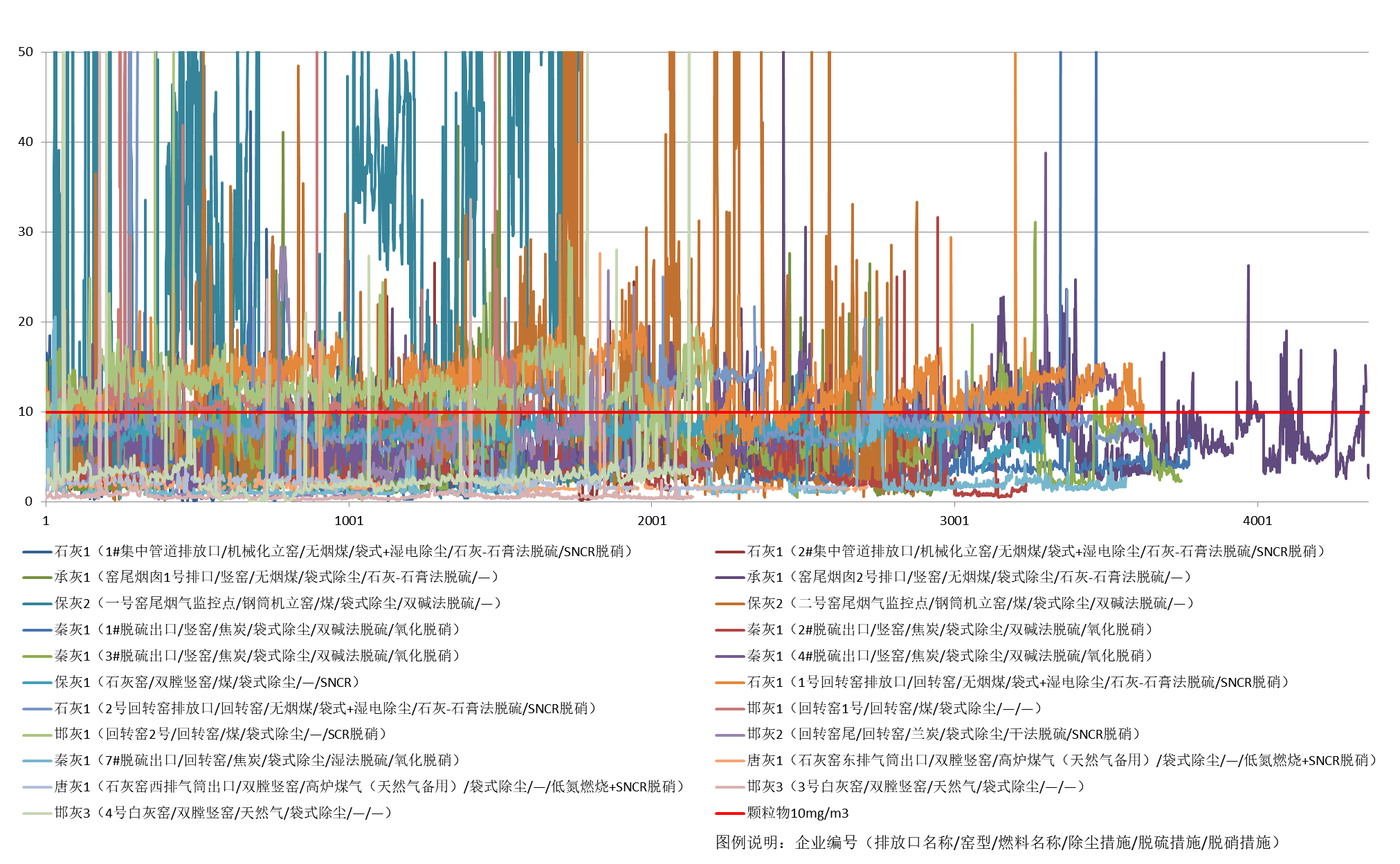
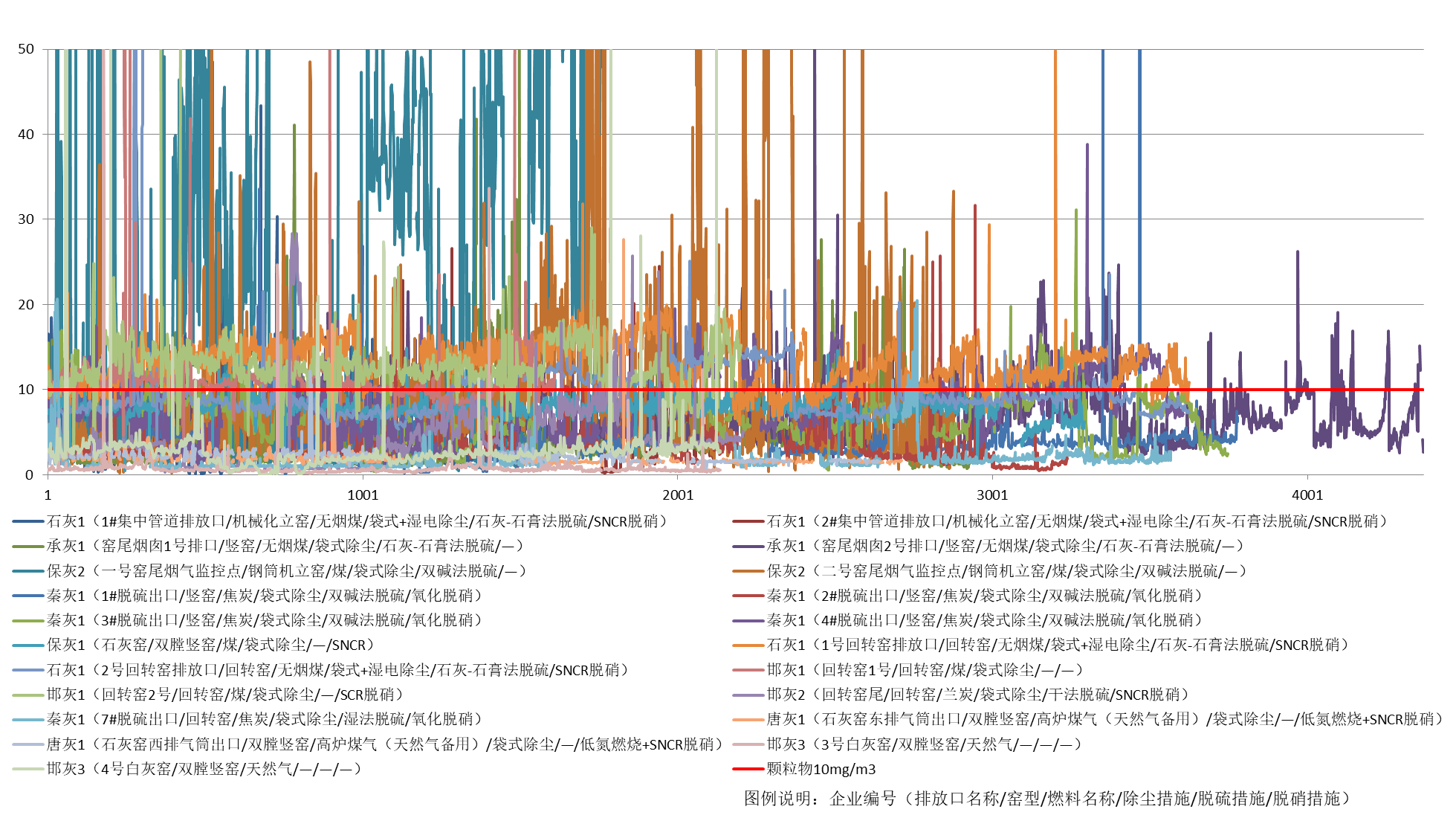


图5.5-1 调研企业石灰窑废气中颗粒物折算浓度变化对比图

表5.5-13 调研企业石灰窑废气中颗粒物排放浓度统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 燃料  种类 | 窑型 | | 燃料  名称 | 治理措施 | | | 企业  编号 | 企业名称 | 排放口名称 | | 浓度分布占比（%） | | | |
| 除尘 | 脱硫 | 脱硝 | ≤10  mg/m3 | ≤20  mg/m3 | ≤30  mg/m3 | >30  mg/m3 |
| 1 | 固  体  类 | 竖窑 | 机械化  立窑 | 无烟煤 | 袋式  +湿电 | 石灰-石膏法 | SNCR | 石灰1 | 企业1 | 1#集中管道排放口 | | 92.28 | 99.59 | 99.86 | 0.14 |
| 2#集中管道排放口 | | 97.47 | 99.71 | 100.00 | 0.00 |
| 竖窑 | 无烟煤 | 袋式 | 石灰-石膏法 | — | 承灰1 | 企业5 | 窑尾烟囱1号排口 | | 89.43 | 98.61 | 99.74 | 0.26 |
| 窑尾烟囱2号排口 | | 90.04 | 99.39 | 99.95 | 0.05 |
| 钢筒机  立窑 | 煤 | 袋式 | 双碱法 | — | 保灰2 | 企业4 | 二号窑尾烟气监控点 | | 71.68 | 89.67 | 94.08 | 5.92 |
| 竖窑 | 焦炭 | 袋式 | 双碱法 | 氧化 | 秦灰1 | 企业9 | 1#脱硫出口 | | 94.93 | 99.71 | 99.78 | 0.22 |
| 2#脱硫出口 | | 98.67 | 99.83 | 99.96 | 0.04 |
| 3#脱硫出口 | | 87.62 | 99.77 | 99.96 | 0.04 |
| 4#脱硫出口 | | 72.22 | 99.93 | 99.93 | 0.07 |
| 双膛  竖窑 | 煤 | 袋式 | — | SNCR | 保灰1 | 企业8 | 石灰窑 | | 93.67 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 回转窑 | | 无烟煤 | 袋式  +湿电 | 石灰-石膏法 | SNCR | 石灰1 | 企业1 | 1号回转窑排放口 | | 10.38 | 99.73 | 99.91 | 0.09 |
| 2号回转窑排放口 | | 67.80 | 99.46 | 99.64 | 0.36 |
| 煤 | 袋式 | — | — | 邯灰1 | 企业2 | 回转窑1号 | | 21.72 | 98.86 | 99.37 | 0.63 |
| 煤 | 袋式 | — | SCR | 回转窑2号 | | 12.39 | 98.68 | 99.64 | 0.36 |
| 兰炭 | 袋式 | 干法 | SNCR | 邯灰2 | 企业3 | 回转窑尾 | | 95.77 | 98.17 | 100.00 | 0.00 |
| 焦炭 | 袋式 | 双碱法 | 氧化 | 秦灰1 | 企业9 | 7#脱硫出口 | | 98.72 | 99.83 | 100.00 | 0.00 |
| 2 | 气  体  类 | 竖窑 | 双膛  竖窑 | 高炉煤气  （天然气  备用） | 袋式 | — | 低氮燃烧  +SNCR | 唐灰1 | 企业4 | 石灰窑东排气筒出口 | | 99.60 | 99.93 | 100.00 | 0.00 |
| 石灰窑西排气筒出口 | | 99.58 | 99.93 | 100.00 | 0.00 |
| 双膛  竖窑 | 天然气 | 袋式 | — | — | 邯灰3 | 企业7 | 3号白灰窑 | | 99.72 | 99.76 | 99.86 | 0.14 |
| 4号白灰窑 | | 98.97 | 99.39 | 99.67 | 0.33 |
| 回转窑 | | 天然气 | 袋式 | — | — | 邯灰1 | 企业2 | 回转窑3号 | 2季度 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 3季度 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |

注：“邯灰1—回转窑3号”利用的常规性季度监测数据。

**2、二氧化硫**

石灰窑因碱性环境有一定固硫效果，SO2初始浓度一般<200mg/m3，但因个别地区的石灰石、煤中硫含量高，SO2浓度会较高。

通过对比调研企业石灰窑废气中二氧化硫的折算浓度（基准氧含量10%）变化曲线（图5.5-2），可以看出大多数的二氧化硫折算浓度小于50mg/m3。对比二氧化硫折算浓度在不同浓度区间的占比情况（表5.5-14），也可以看出二氧化硫折算浓度小于等于50mg/m3的数据占比在84.69%～100%。

企业“石灰1”的两座竖窑的窑型、燃料、污染治理设施均相同，但1#集中管道排放口的二氧化硫排放浓度小于等于50mg/m3的仅占84.69%，2#集中管道排放口的二氧化硫确均小于50mg/m3。经进一步调研核实，主要是这两座窑煅烧的石灰石粒径不同，空气鼓入量不同。说明通过对生产过程实施精细管控，将二氧化硫排放浓度稳定控制在50mg/m3以内的目标是可以实现。

由于石灰窑是碱性环境，目前的脱硫技术又成熟，调研企业的石灰窑二氧化硫折算浓度也基本达到50mg/m3。因此，本标准中石灰窑二氧化硫排放限值确定为50mg/m3。石灰窑二氧化硫排放浓度较高的企业可采用原料、燃料替换，强化生产过程精细管控，或利用末端湿法、干法和半干法等脱硫设施，实现二氧化硫的稳定达标。

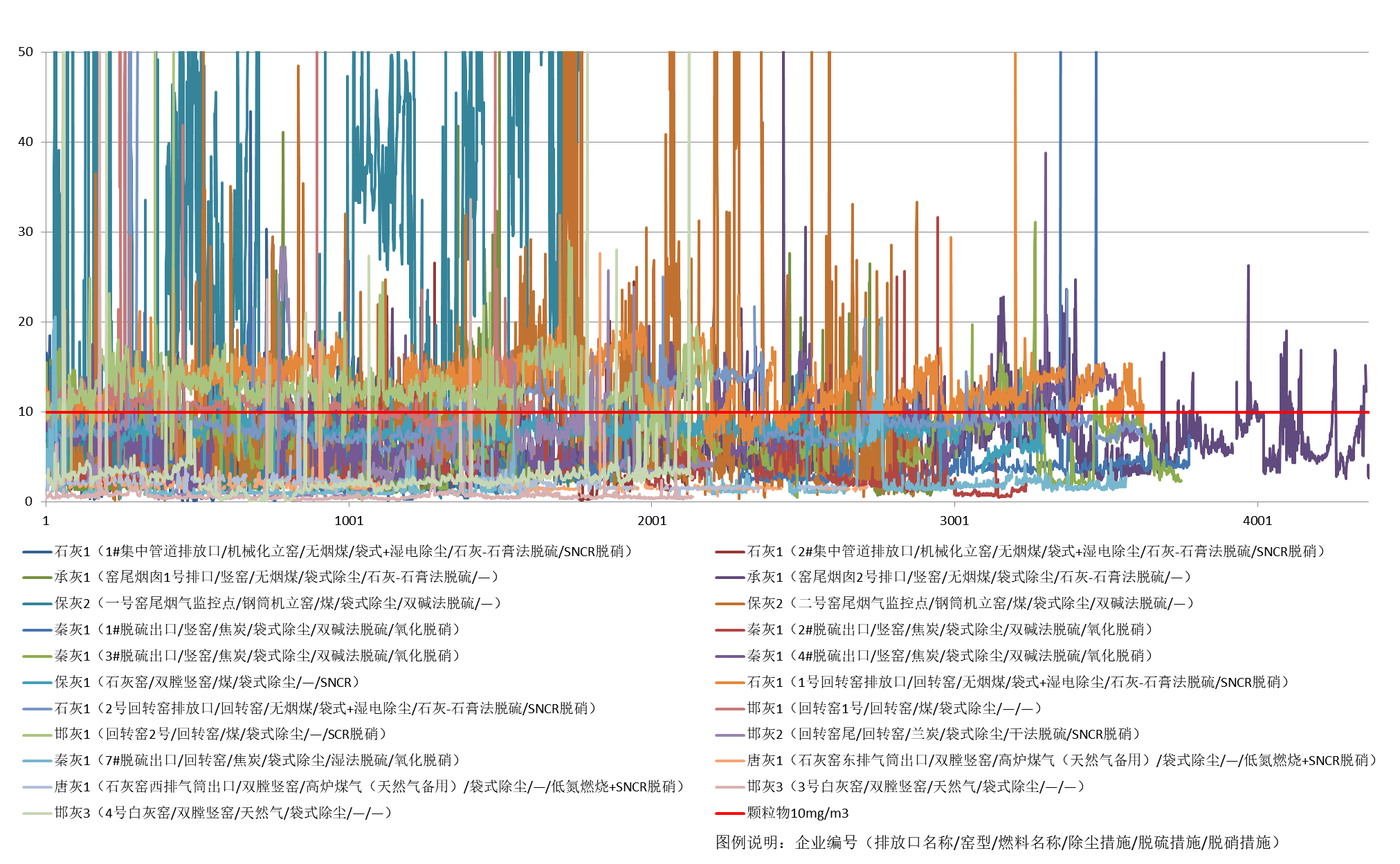
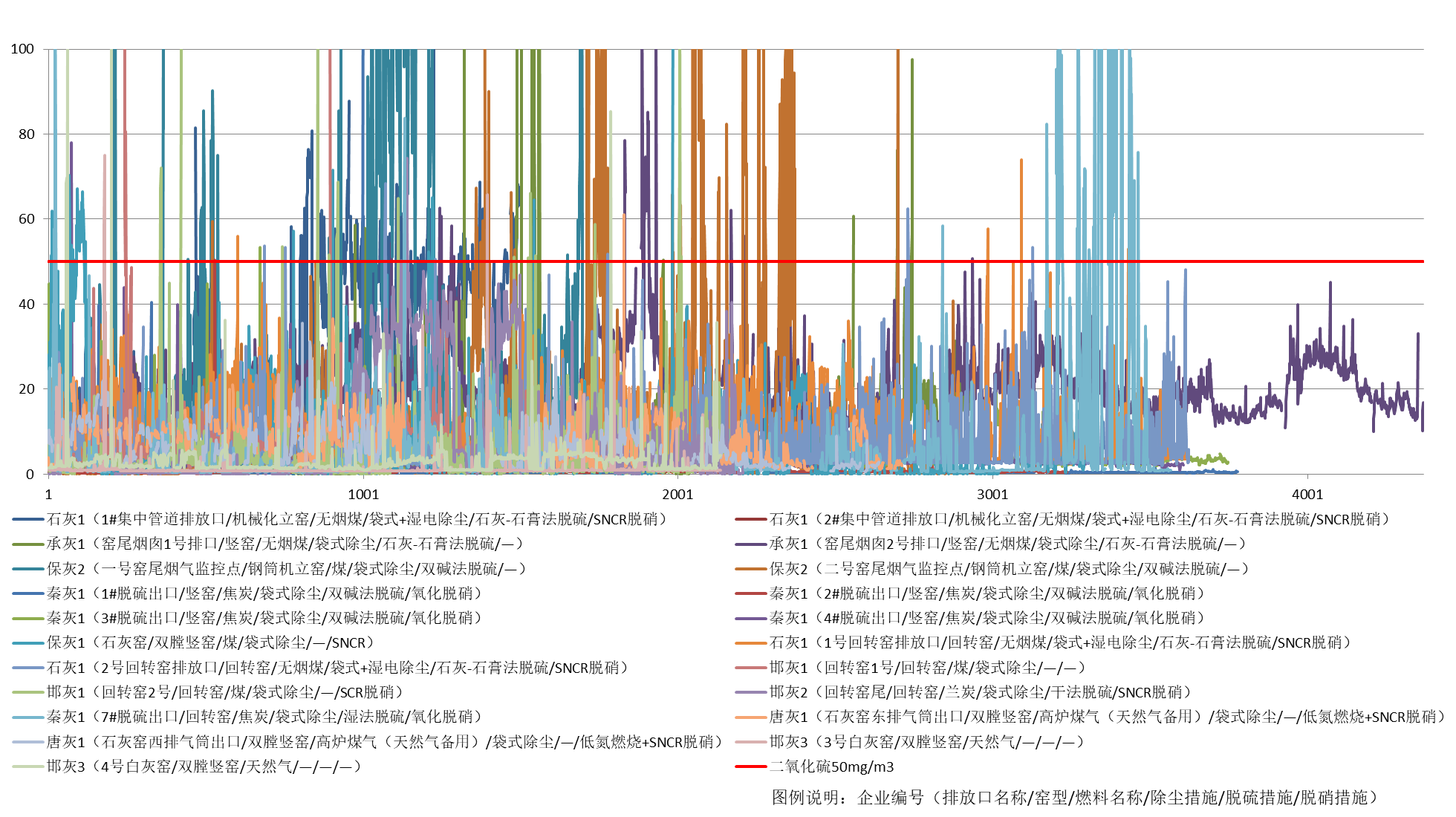


图5.5-2 调研企业石灰窑废气中二氧化硫折算浓度变化对比图

表5.5-14 调研企业石灰窑废气中二氧化硫折算浓度统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 燃料  种类 | 窑型 | | 燃料名称 | 治理措施 | | | 企业  编号 | 企业名称 | 排放口名称 | | 浓度分布占比（%） | | |
| 除尘 | 脱硫 | 脱硝 | ≤50  mg/m3 | ≤100  mg/m3 | >100  mg/m3 |
| 1 | 固  体  类 | 竖窑 | 机械化  立窑 | 无烟煤 | 袋式  +湿电 | 石灰-石膏法 | SNCR | 石灰1 | 企业1 | 1#集中管道排放口 | | 84.69 | 99.93 | 0.07 |
| 2#集中管道排放口 | | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 竖窑 | 无烟煤 | 袋式 | 石灰-石膏法 | — | 承灰1 | 企业5 | 窑尾烟囱1号排口 | | 98.57 | 99.23 | 0.77 |
| 窑尾烟囱2号排口 | | 99.15 | 99.90 | 0.10 |
| 钢筒机  立窑 | 煤 | 袋式 | 双碱法 | — | 保灰2 | 企业4 | 二号窑尾烟气监控点 | | 95.11 | 98.16 | 1.84 |
| 竖窑 | 焦炭 | 袋式 | 双碱法 | 氧化 | 秦灰1 | 企业9 | 1#脱硫出口 | | 99.93 | 99.96 | 0.04 |
| 2#脱硫出口 | | 99.96 | 100.00 | 0.00 |
| 3#脱硫出口 | | 99.89 | 100.00 | 0.00 |
| 4#脱硫出口 | | 99.96 | 100.00 | 0.00 |
| 双膛  竖窑 | 煤 | 袋式 | — | SNCR | 保灰1 | 企业8 | 石灰窑 | | 98.05 | 99.93 | 0.07 |
| 回转窑 | | 无烟煤 | 袋式  +湿电 | 石灰-石膏法 | SNCR | 石灰1 | 企业1 | 1号回转窑排放口 | | 99.88 | 100.00 | 0.00 |
| 2号回转窑排放口 | | 99.73 | 100.00 | 0.00 |
| 煤 | 袋式 | — | — | 邯灰1 | 企业2 | 回转窑1号 | | 99.68 | 99.87 | 0.13 |
| 煤 | 袋式 | — | SCR | 回转窑2号 | | 98.91 | 99.82 | 0.18 |
| 兰炭 | 袋式 | 干法 | SNCR | 邯灰2 | 企业3 | 回转窑尾 | | 99.79 | 100.00 | 0.00 |
| 焦炭 | 袋式 | 双碱法 | 氧化 | 秦灰1 | 企业9 | 7#脱硫出口 | | 96.41 | 98.85 | 1.15 |
| 2 | 气  体  类 | 竖窑 | 双膛  竖窑 | 高炉煤气  （天然气  备用） | 袋式 | — | 低氮燃烧  +SNCR | 唐灰1 | 企业4 | 石灰窑东排气筒出口 | | 99.93 | 100.00 | 0.00 |
| 石灰窑西排气筒出口 | | 99.93 | 99.93 | 0.07 |
| 双膛  竖窑 | 天然气 | 袋式 | — | — | 邯灰3 | 企业7 | 3号白灰窑 | | 99.86 | 100.00 | 0.00 |
| 4号白灰窑 | | 99.77 | 99.91 | 0.09 |
| 回转窑 | | 天然气 | 袋式 | — | — | 邯灰1 | 企业2 | 回转窑3号 | 2季度 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 3季度 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |

注：“邯灰1—回转窑3号”利用的常规性季度监测数据。

**3、氮氧化物**

石灰窑因窑型不同，NOx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500~600mg/m3；其他石灰窑一般在300mg/m3左右。

通过对比调研企业石灰窑废气中氮氧化物的折算浓度（基准氧含量10%）变化曲线（图5.5-3），大多数的氮氧化物折算浓度小于200mg/m3。对比氮氧化物折算浓度在不同浓度区间的占比情况（表5.5-15），可以看出：

（1）以气体为燃料的石灰窑竖窑，氮氧化物在线折算浓度小于等于150mg/m3的数据占比均在99.86%以上。收集到以气体为燃料的石灰回转窑连续两个季度的常规性监测数据，在不采取脱硝措施的情况下，2季度的氮氧化物排放浓度均小于等于150mg/m3。这说明以气体为燃料的石灰窑，能够实现氮氧化物排放浓度控制到150mg/m3。

（2）以固体为燃料的石灰竖窑，有5家企业10组在线监测数据，其中有3家企业7组监测数据的氮氧化物折算浓度小于等于150mg/m3数据占比在94.55%~100%。企业“石灰1”两座竖窑的窑型、燃料、污染治理设施都是相同的，但氮氧化物排放浓度范围差异较大。经进一步调研核实，主要是这两座窑煅烧的石灰石粒径不同，空气鼓入量不同。这说明以固体类为燃料的石灰竖窑，通过加强对生产过程的精细管控，也可以实现将氮氧化物排放浓度控制到150mg/m3。

（3）以固体为燃料的石灰回转窑，共有4家企业6组在线监测数据，其中5组数据是采取脱硝措施后的排放情况。在采取脱硝措施的情况下，有1家企业2组监测数据的氮氧化物折算浓度小于等于150mg/m3数据占比在97.21%~97.33%，还有1家企业的1组监测数据的氮氧化物折算浓度小于等于150mg/m3数据占比在81.69%。这说明以固体为燃料的石灰回转窑，有将氮氧化物排放浓度控制到150mg/m3的潜力。

目前，独立石灰企业氮氧化物治理的难点在于缺少运行稳定、投资运行费用适中的脱硝技术。如：企业“石灰1”和“邯灰2”的回转窑，两者在燃料种类、窑型、脱硝措施（SNCR）相同的情况下，氮氧化物的排放浓度范围确存在较大差异，氮氧化物折算浓度小于等于150mg/m3的占比“石灰1”在97.21%~97.33%，“邯灰2”确仅有42.22%。企业“邯灰1”的2号回转窑采用了投资运行费用高的SCR脱硝，但氮氧化物排放浓度小于等于150mg/m3的仅占58.59%。

2021年7月，生态环境部印发《重污染天气重点行业绩效分级及减排措施补充说明的通知》（环办便函〔2021〕341号），将环办大气函〔2020〕340号文规定的石灰A级企业的生产规模“独立石灰企业年设计产能50万吨及以上、单窑规模大于200t/d产能占总产能超过90%”下调为“独立石灰企业年设计产能20万吨及以上、单窑规模大于200t/d产能占总产能超过90%”，排放限值不变。说明国家也在鼓励独立石灰企业采用先进的污染治理技术，来降低污染物排放。

由于石灰行业改造运行时间短，脱硝措施的稳定运行还有待进一步观察。因此本标准对石灰窑氮氧化物排放提出分阶段执行：新建企业自本标准实施之日起，氮氧化物排放浓度执行150mg/m3；现有企业自2023年1月1日起执行150mg/m3。氮氧化物排放浓度较高的石灰企业，可通过精细管控入窑原辅料（如：控制入窑粒径、调整煤粉比、调节空气鼓入量）、调整燃烧过程（如：控制煅烧温度、调整火焰分布方式）、末端脱硝（如：SNCR、SCR）等措施，来降低氮氧化物的排放浓度。

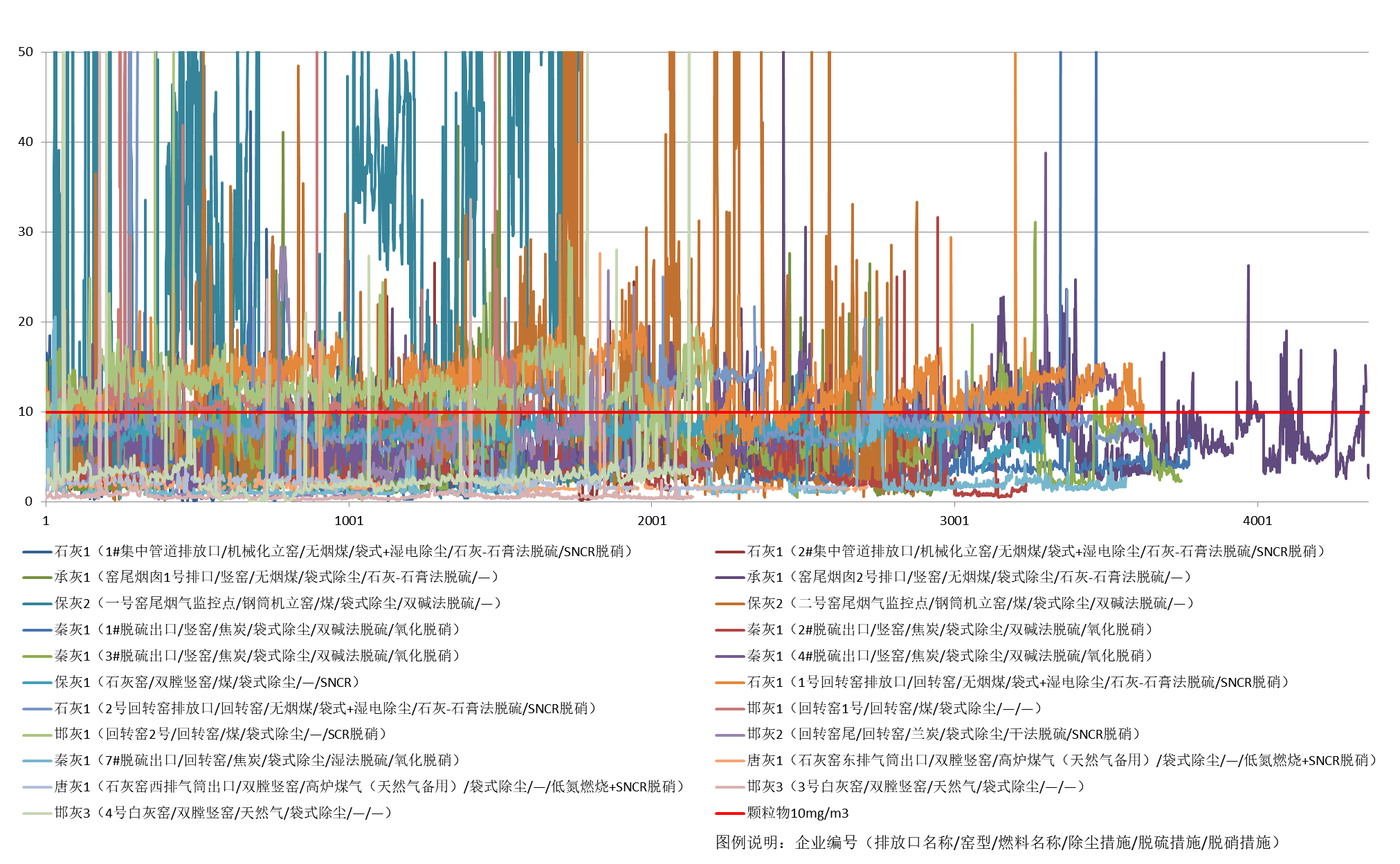
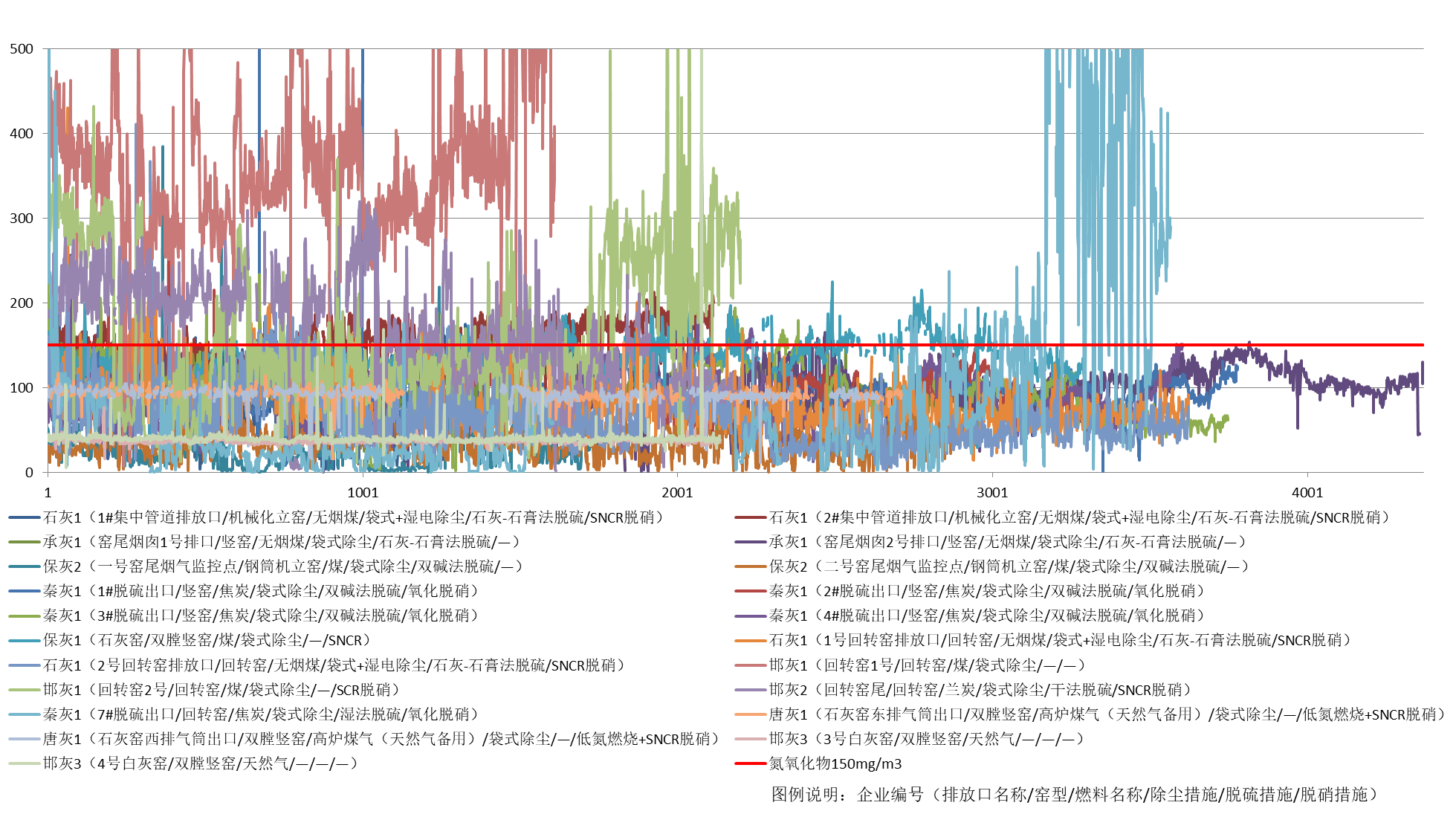


图5.5-3 调研企业石灰窑废气中氮氧化物折算浓度变化对比图

表5.5-15 调研企业石灰窑废气中氮氧化物折算浓度统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 燃料  种类 | 窑型 | | 燃料名称 | 治理措施 | | | 企业  编号 | 企业名称 | 排放口名称 | | 浓度分布占比（%） | | | | |
| 除尘 | 脱硫 | 脱硝 | ≤150  mg/m3 | ≤200  mg/m3 | ≤300  mg/m3 | ≤400  mg/m3 | >400  mg/m3 |
| 1 | 固  体  类 | 竖窑 | 机械化  立窑 | 无烟煤 | 袋式  +湿电 | 石灰-石膏法 | SNCR | 石灰1 | 企业1 | 1#集中管道排放口 | | 87.10 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 2#集中管道排放口 | | 38.72 | 99.27 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 竖窑 | 无烟煤 | 袋式 | 石灰-石膏法 | — | 承灰1 | 企业5 | 窑尾烟囱1号排口 | | 99.52 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 窑尾烟囱2号排口 | | 99.56 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 钢筒机  立窑 | 煤 | 袋式 | 双碱法 | — | 保灰2 | 企业4 | 二号窑尾烟气监控点 | | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 竖窑 | 焦炭 | 袋式 | 双碱法 | 氧化 | 秦灰1 | 企业9 | 1#脱硫出口 | | 99.75 | 99.93 | 99.93 | 99.93 | 0.07 |
| 2#脱硫出口 | | 99.83 | 99.92 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 3#脱硫出口 | | 94.55 | 99.85 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 4#脱硫出口 | | 97.83 | 99.93 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 双膛竖窑 | 煤 | 袋式 | — | SNCR | 保灰1 | 企业8 | 石灰窑 | | 79.24 | 99.66 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 回转窑 | | 无烟煤 | 袋式  +湿电 | 石灰-石膏法 | SNCR | 石灰1 | 企业1 | 1号回转窑排放口 | | 97.21 | 99.85 | 99.91 | 99.97 | 0.03 |
| 2号回转窑排放口 | | 97.33 | 99.73 | 99.88 | 99.97 | 0.03 |
| 煤 | 袋式 | — | — | 邯灰1 | 企业2 | 回转窑1号 | | 1.01 | 1.58 | 20.01 | 75.55 | 24.45 |
| 煤 | 袋式 | — | SCR | 回转窑2号 | | 58.59 | 67.97 | 91.39 | 99.50 | 0.50 |
| 兰炭 | 袋式 | 干法 | SNCR | 邯灰2 | 企业3 | 回转窑尾 | | 42.22 | 67.40 | 99.53 | 100.00 | 0.00 |
| 焦炭 | 袋式 | 双碱法 | 氧化 | 秦灰1 | 企业9 | 7#脱硫出口 | | 81.69 | 85.40 | 89.42 | 91.68 | 8.32 |
| 2 | 气  体  类 | 竖窑 | 双膛  竖窑 | 高炉煤气  （天然气  备用） | 袋式 | — | 低氮燃烧  +SNCR | 唐灰1 | 企业4 | 石灰窑东排气筒出口 | | 99.93 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 石灰窑西排气筒出口 | | 99.93 | 99.93 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 双膛  竖窑 | 天然气 | 袋式 | — | — | 邯灰3 | 企业7 | 3号白灰窑 | | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 4号白灰窑 | | 99.86 | 99.91 | 99.91 | 99.95 | 0.05 |
| 回转窑 | | 天然气 | 袋式 | — | — | 邯灰1 | 企业2 | 回转窑3号 | 2季度 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |
| 3季度 | 50.00 | 50.00 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |

注：“邯灰1—回转窑3号”利用的常规性季度监测数数据。

**4、氨**

本次标准修订收严了石灰窑氮氧化物排放限值，如石灰窑废气脱硝时使用尿素、氨水等含氨物质作为还原剂，还原剂使用过量会有部分氨逃逸。

2020年我省印发的水泥、平板玻璃、陶瓷工业的地方标准，以及2021年4月国家《石灰、电石工业大气污染物排放标准（征求意见稿）》，均规定脱硝设施氨排放浓度限值为8mg/m3。另外，编制组收集了国家和地方相关标准、技术规范等文件中关于氨逃逸限值的要求，具体汇总结果见表5.5-16。

表5.5-16 氨逃逸排放限值要求汇总结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类型 | 名称 | 氨逃逸限值（mg/m3） | 备注 |
|
| 国家  标准 | 《水泥工业大气污染物排放标准》（GB4915-2013） | 8 | 水泥窑及窑尾余热利用系统基准氧含量10% |
| 《石灰、电石工业大气污染物排放标准（征求意见稿）》 | 8 | 石灰窑基准氧含量10% |
| 地方  标准 | 山东省《建材工业大气污染物排放标准》（DB37/2373-2018） | 水泥、玻璃、陶瓷：8 | 基准氧含量：水泥窑及窑尾余热利用系统10%，玻璃工业熔窑12%，陶瓷工业喷雾干燥塔及陶瓷窑16% |
| 河北省《水泥工业大气污染物超低排放标准》（DB13/2167-2020） | 8 | 基准氧含量：水泥窑及窑尾余热利用系统10%、独立热源烘干设备8% |
| 行业  治理  方案 | 《河北省砖瓦、石灰、耐火材料行业大气污染综合治理方案》（冀气领办〔2021〕60号） | SNCR：8  SCR：2.5 |  |

根据我省石灰行业实际情况，已采取的脱硝的企业大多数采用SNCR工艺。为促进石灰行业的绿色健康发展，并鼓励企业采用先进的治理技术，本标准不再区分脱硝系统采用的工艺，只规定石灰企业在使用含氨物质作为还原剂去除烟气中氮氧化物时，氨逃逸浓度限值不得高于8mg/m3。

### 5.5.3 其他生产设备大气污染物排放限值确定

石灰原料处理输送过程，破碎、筛分、上料、粉磨、包装及其他通风生产设备的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，石灰企业一般都采用袋式除尘。

在袋式除尘器运行过程中，除尘效率主要受粉尘特性、滤料特性、滤袋上的堆积粉尘负荷、过滤风速等因素的影响。袋式除尘器的除尘效率在99.5%～99.99%，是公认的高效除尘设备，用其处理含尘废气，出口烟尘浓度可控制在30mg/m3或20mg/m3以下。当采用高精过滤滤料时，出口烟尘浓度可以实现10mg/m3以下。

本标准规定物料处理输送过程、破碎、筛分、粉磨、干燥、石灰仓、包装及其他通风生产设备颗粒物排放限值为10mg/m3。石灰企业其他生产设备废气排放情况的统计结果显示，含尘废气经袋式除尘器处理后，颗粒物的排放浓度最大值在6.2~9.4mg/m3，均小于拟定的标准值。

### 5.5.4 石灰窑基准氧含量的确定

对于石灰窑废气排放口，大气污染物排放浓度要按基准氧含量进行折算。

为了解石灰窑的实际氧含量分布情况，标准编制组对9家石灰企业的20组在线监测数据和2组常规性季度监测数据的氧含量进行了统计分析。通过对比石灰窑的氧含量变化曲线（图5.5-4），石灰窑氧含量大多集中在6~15%区间范围内。对比氧含量在不同区间的占比情况（表5.5-17），可以看出：氧含量分布在9-12%区间的最多，其次是12-15%、6-9%区间，15-18%区间分布的最少。其中：以固体类为燃料的竖窑，氧含量占比最高的是94.09%，分布在9-12%区间；以固体类为燃料的回转窑，氧含量占比最高的是97.97%，分布在12-15%区间；以气体类为燃料的竖窑，氧含量占比最高的是88.06%，分布在9-12%区间；以天然气为燃料的回转窑，常规性季度监测氧含量均分布在9-12%区间。

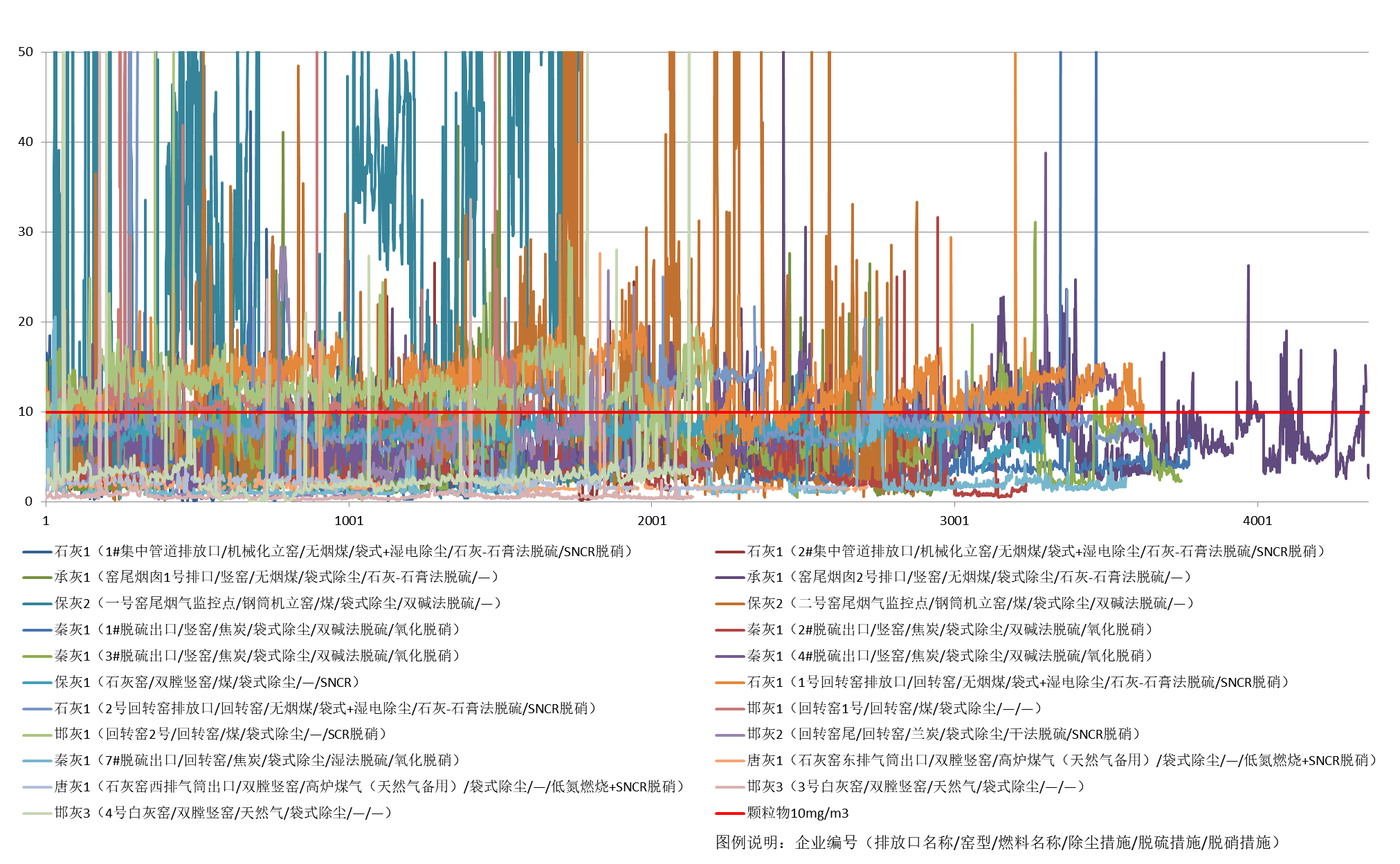
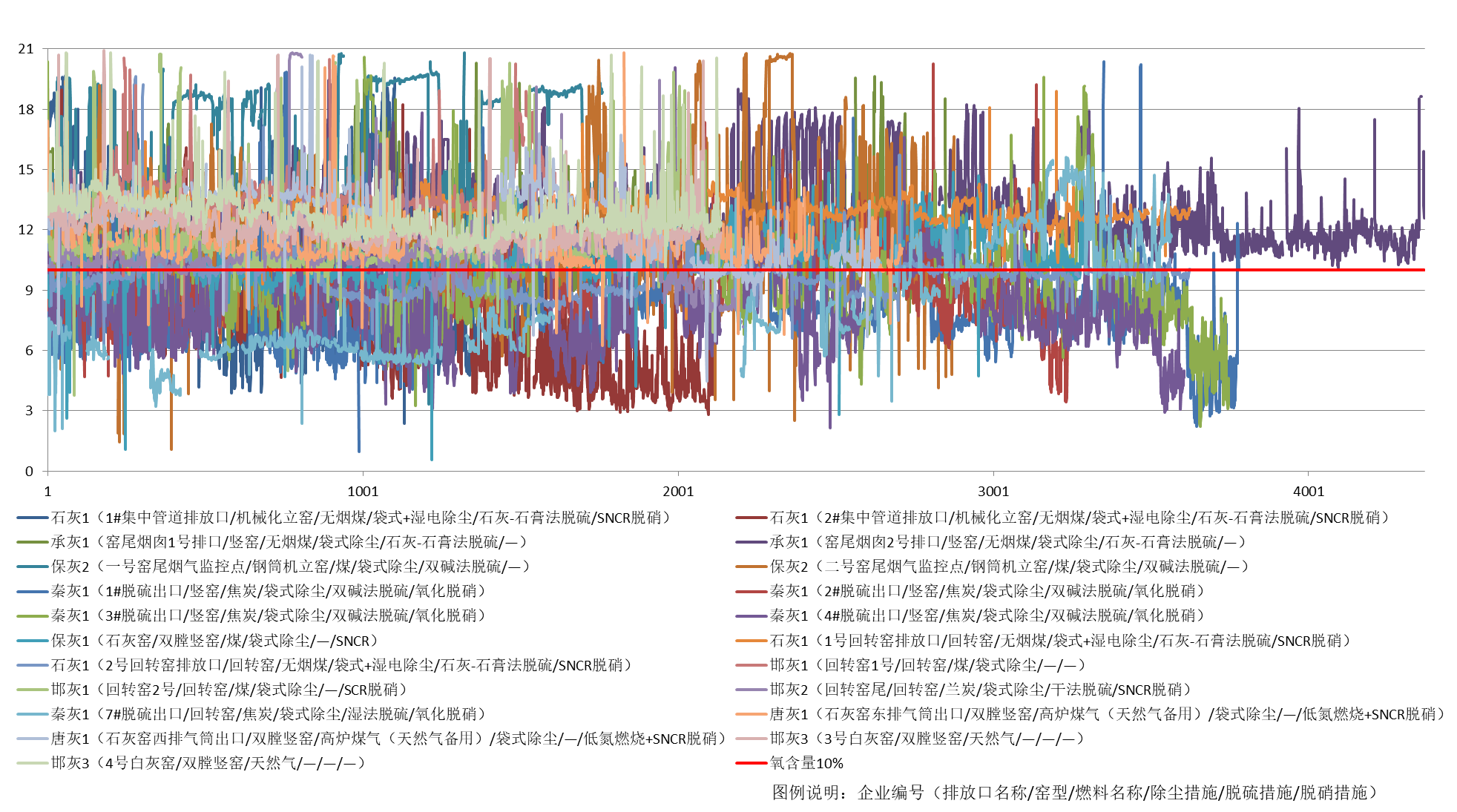


图5.5-4 调研企业石灰窑在线监测氧含量对比图

表5.5-17 调研企业石灰窑氧含量统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 燃料  种类 | 窑型 | | 燃料名称 | 企业  编号 | 企业名称 | 排放口名称 | | 氧含量分布占比（%） | | | | |
| 3-6% | 6-9% | 9-12% | 12-15% | 15-18% |
| 1 | 固体类 | 竖窑 | 机械化  立窑 | 无烟煤 | 石灰1 | 企业1 | 1#集中管道排放口 | | 10.69 | 21.59 | 31.17 | 20.07 | 12.76 |
| 2#集中管道排放口 | | 34.29 | 43.98 | 18.56 | 2.14 | 0.73 |
| 竖窑 | 无烟煤 | 承灰1 | 企业5 | 窑尾烟囱1号排口 | | 0.04 | 5.72 | 76.40 | 14.64 | 2.72 |
| 窑尾烟囱2号排口 | | 0.00 | 0.05 | 39.26 | 52.13 | 7.66 |
| 钢筒机  立窑 | 煤 | 保灰2 | 企业4 | 二号窑尾烟气监控点 | | 0.63 | 20.82 | 54.43 | 13.53 | 5.77 |
| 竖窑 | 焦炭 | 秦灰1 | 企业9 | 1#脱硫出口 | | 12.63 | 76.12 | 9.04 | 1.05 | 0.25 |
| 2#脱硫出口 | | 1.99 | 48.77 | 44.16 | 4.61 | 0.33 |
| 3#脱硫出口 | | 4.43 | 45.21 | 43.28 | 3.45 | 2.31 |
| 4#脱硫出口 | | 14.35 | 59.05 | 24.54 | 1.55 | 0.33 |
| 双膛  竖窑 | 煤 | 保灰1 | 企业8 | 石灰窑 | | 0.30 | 4.57 | 84.98 | 9.85 | 0.15 |
| 回转窑 | | 无烟煤 | 石灰1 | 企业1 | 1号回转窑排放口 | | 0.00 | 0.03 | 1.70 | 97.97 | 0.21 |
| 2号回转窑排放口 | | 0.03 | 25.56 | 73.09 | 0.78 | 0.18 |
| 煤 | 邯灰1 | 企业2 | 回转窑1号 | | 0.00 | 0.06 | 0.44 | 91.07 | 7.22 |
| 回转窑2号 | | 0.09 | 0.36 | 85.06 | 9.38 | 2.64 |
| 兰炭 | 邯灰2 | 企业3 | 回转窑尾 | | 0.00 | 6.69 | 86.78 | 3.81 | 0.42 |
| 焦炭 | 秦灰1 | 企业9 | 7#脱硫出口 | | 21.64 | 43.79 | 21.51 | 11.74 | 1.20 |
| 2 | 气体类 | 竖窑 | 双膛  竖窑 | 高炉煤气  （天然气  备用） | 唐灰1 | 企业4 | 石灰窑东排气筒出口 | | 0.00 | 0.80 | 88.06 | 10.06 | 0.54 |
| 石灰窑西排气筒出口 | | 0.14 | 1.05 | 30.60 | 65.75 | 1.75 |
| 双膛  竖窑 | 天然气 | 邯灰3 | 企业7 | 3号白灰窑 | | 0.00 | 0.05 | 62.96 | 35.48 | 0.75 |
| 4号白灰窑 | | 0.00 | 0.00 | 23.92 | 73.22 | 1.69 |
| 回转窑 | | 天然气 | 邯灰1 | 企业2 | 回转窑3号 | 2季度 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3季度 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | 0.00 |

注：“邯灰1—回转窑3号”利用的常规性季度监测数据。

另外，标准编制组还收集了国内的类似标准或文件（表5.5-18），近年来规定的石灰窑基准氧含量都是10%。

表5.5-18 国内类似标准或文件要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 地区 | | 标准文号或名称 | 基准  氧含量 |
| 1 | 国家 | | 《石灰、电石工业大气污染物排放标准（征求意见稿）》 | 10% |
| 《重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南  （2020年修订版）》 | 10% |
| 2 | 河北省 | | 《河北省砖瓦、石灰、耐火材料行业大气污染综合治理方案》 | 10% |
| 3 | 其它省份 | 山东省 | 《建材工业大气污染物排放标准》（DB37/ 2373-2018） | 10% |
| 河南省 | 《工业窑炉大气污染物排放标准》（DB41/ 1066-2020） | 10% |

因此，根据调研的石灰窑氧含量数据以及同类标准文件要求，本标准规定石灰窑的基准含氧量为10%。

### 5.5.5 无组织排放控制要求的确定

石灰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，需要对石灰石（白云石）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。

《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）、《河北省砖瓦、石灰、耐火材料行业大气污染综合治理方案》（冀气领办〔2021〕60号）等文件，都提出了全面加强无组织排放管控的要求。为加强无组织排放管控，改善周边环境质量，本标准从原辅料的储存输送、产尘点的废气收集处理、厂区环境等方面对石灰企业的无组织排放措施提出了严格要求，并收严了颗粒物无组织排放限值。

根据实地调研情况，本标准中提出的无组织排放管控措施，大部分已经在石灰企业应用，措施可行。根据石灰企业的无组织排放调查结果，颗粒物无组织排放浓度最大值在0.085~0.328mg/m3，均小于拟定的标准值。因此，本标准将石灰企业边界颗粒物无组织排放限值加严至0.5mg/m3，该限值为监控点与参照点总悬浮颗粒物（TSP）1小时浓度值的差值。

## 5.7 监测要求

2017年，国家颁布实施《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017），提出了排污单位自行监测的一般要求、监测方案制定、监测质量保证和质量控制、信息记录和报告的基本内容和要求。本标准在“5 污染物监测要求”中补充了相关内容。

本标准中给出了各大气污染物的监测分析方法，并要求排气筒中大气污染物的监测采样按GB/T 16157、HJ/T 397、HJ 75的规定执行，大气污染物无组织排放的监测采样按HJ/T 55规定执行；对大气污染物的监测，按照HJ/T 373、HJ 75和HJ 76的要求进行质量保证和质量控制。

针对固定污染源废气，颗粒物浓度小于等于10mg/m3时属于低浓度，适用《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法》（HJ 836），因此颗粒物的监测方法中新增加了HJ 836；由于监测方法的进步，二氧化硫监测方法增加了《固定污染源废气 二氧化硫的测定 非分散红外吸收法》（HJ 629）、《固定污染源废气 二氧化硫的测定 便携式紫外吸收法》（HJ 1131），氮氧化物监测方法增加了《固定污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法》（HJ 692）、《固定污染源废气 氮氧化物的测定 定电位电解法》（HJ 693）、《固定污染源废气 氮氧化物的测定 便携式紫外吸收法》（HJ 1132）；由于新增了氨的排放限值，因此增加了氨的监测方法《环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法》（HJ 533）。

## 5.8 达标判定

### 5.8.1 监测的达标判定

DB13/ 1641-2012没有给出达标判定的内容。本标准完善了达标判定要求的相关内容：“6.1 对于有组织排放、无组织排放，采用手工监测或在线监测时，按照相关监测规范要求测得的任意1小时平均浓度值超过本标准规定的排放浓度限值，判定为超标。”、“6.2 若同一时段、同一监测监控点位的现场手工监测数据与有效自动监测数据不一致，优先使用符合法定监测规范和监测方法标准的现场手工监测数据。”、“6.3 启动、停机或者事故等非正常情况下，符合相关标记规则和达标判定管理规定的自动监测数据，可不认定为污染物超标排放。”

### 5.8.2 大气污染物浓度折算

实测的石灰窑大气污染物排放浓度，应按式（1）换算为基准氧含量10%条件下的大气污染物基准排放浓度，并以此作为达标判定依据。其他生产设施排气以实测浓度作为达标判定依据。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （1） |

式中：——大气污染物基准氧含量排放浓度，mg/m3；

——干烟气基准氧含量，%；

——实测大气污染物排放浓度，mg/m3；

——实测的干烟气氧含量，%。

# 6 主要国家、地区相关标准研究

## 6.1 主要国家、地区相关标准

### 6.1.1国家相关政策和标准

目前我国尚未发布石灰行业污染物排放标准，石灰行业执行的是《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB 9078-1996）、《大气污染物综合排放标准（GB 16297-1996）》相关限值，但从2019年国家开展对工业炉窑综合治理后，陆续出台了相关文件，对主要污染物提出了排放限值要求，具体如下：

2019年7月，生态环境部印发《工业炉窑大气污染综合治理方案》（环大气〔2019〕56号），提出“实施污染深度治理。……已制定更严格地方排放标准的，按地方标准执行”、“暂未制订行业排放标准的工业炉窑……应参照相关行业已出台的标准，全面加大污染治理力度……重点区域原则上按照颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放限值分别不高于30、200、300毫克/立方米实施改造”。

2019年10月，生态环境部办公厅印发《京津冀及周边地区2019-2020年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》（环大气〔2019〕88号），提出“暂未制订行业排放标准的工业炉窑，原则上按照颗粒物、SO2、NOx排放分别不高于30、200、300毫克/立方米进行改造”，通知中将石灰行业列为企业集群升级改造、重点排污单位名录及实施差异化应急管理的重点行业。

2020年6月，生态环境部印发《重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南（2020年修订版）》（环办大气函〔2020〕340号），对石灰窑工业企业绩效分级指标的“排放限值”中规定：在基准氧含量10%状态下，PM、SO2、NOx排放浓度A级企业分别不高于10、50、150 mg/m3，B级企业分别不高于20、100、200 mg/m3，C级企业分别不高于30、200、300 mg/m3。

2020年4月，生态环境部发布的《石灰、电石工业大气污染物排放标准（征求意见稿）》，规定了石灰工业大气污染物排放控制要求、监测和监督管理要求，适用于现有石灰工业企业或生产设施的大气污染物排放管理，提出：石灰窑在基准氧含量10%的状态下，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的特别排放浓度限值分别不高于30 mg/m3、200 mg/m3、300/400 mg/m3标准；其他生产设备的颗粒物排放浓度不高于30 mg/m3。

### 6.1.2 河北省相关政策和标准

2012年11月28日，河北省环境保护厅发布了地方标准《石灰行业大气污染物排放标准》（DB13/ 1641-2012），对钢铁工业石灰煅烧窑、白云石窑之外的石灰行业生产过程中大气污染物的排放限值做出规定，要求：石灰窑在基准氧含量16%的状态下，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于30 mg/m3、100 mg/m3、400 mg/m3；其他生产设备颗粒物排放浓度不高于30 mg/m3；作业场所颗粒物无组织排放不高于1.0 mg/m3。

2021年5月18日，河北省大气污染防治工作领导小组办公室印发《河北省砖瓦、石灰、耐火材料行业大气污染综合治理方案》（冀气领办〔2021〕60号），规定：石灰窑在基准氧含量10%状态下，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度不高于10 mg/m3、50 mg/m3、150 mg/m3。

### 6.1.3 国内其他省份相关标准

目前国内各省发布实施了石灰工业相关排放标准的，主要是山东、河南两省。

2018年7月3日，山东省发布了地方标准《建材工业大气污染物排放标准》（DB37/ 2373-2018），规定了石灰工业大气污染物的排放限值，该标准自2019年1月1日起实施。标准规定：石灰窑在基准氧含量10%状态下，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放浓度重点控制区分别不高于10 mg/m3、50 mg/m3、100 mg/m3，一般控制区分别不高于20 mg/m3、50 mg/m3、200 mg/m3；其他生产设备的颗粒物排放浓度重点控制区不高于10 mg/m3，一般控制区不高于20 mg/m3；颗粒物无组织排放浓度不高于1.0 mg/m3。

2020年5月13日，河南省发布了地方标准《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB41/1066-2020），规定了石灰制造工业大气污染物排放限值，该标准自2020年6月1日起实施。标准规定：石灰制造工业石灰窑在基准氧含量10%状态下，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于10 mg/m3、50 mg/m3、100 mg/m3；颗粒物无组织排放浓度不高于1.0 mg/m3。

### 6.1.4 京津地区相关标准

2004年6月15日，北京市发布地方标准《冶金、建材行业及其它工业炉窑大气污染物排放标准》（DB11/ 237-2004），规定了石灰行业颗粒物的排放限值。2016年3月，北京市发布地方标准《大气污染物综合排放标准（征求意见稿）》，此时北京市的石灰生产企业，多已停产或即将停产。2017年1月1日，北京市又发布了地方标准《大气污染物综合排放标准》（DB11/ 501-2017），规定了工业炉窑、生产工艺废气及其他废气大气污染物排放限值，该标准自2017年3月1日起实施，自实施之日起代替《冶金、建材行业及其它工业炉窑大气污染物排放标准》（DB11/ 237-2004）。

2015年2月5日，天津市发布地方标准《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB12/ 556-2015），规定了天津市辖区内工业炉窑主要大气污染物（二氧化硫、氮氧化物及颗粒物）有组织排放限值，该标准自发布之日起实施。其中的“非金属矿物制品业工业炉窑大气污染物排放限值”，只对平板玻璃、砖瓦和陶瓷工业进行了划分，其他非金属矿物制品业炉窑均执行统一限值。

## 6.2 本标准与主要国家、地区同类标准的对比

本次标准修订主要是收严了颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放限值，增加了对氨逃逸的管控。将本标准拟定的污染物排放限值与国内现有同类标准中的限值进行比较分析（表6-1、表6-2），可以看出：本标准的限值制订以目前国内先进的治理技术为依托，同时考虑河北省节能减排、总量控制的要求而制订的。颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放限值严于国家《石灰、电石工业大气污染物排放标准（送审稿）》要求，与国家对石灰窑A级企业的要求持平；对氨逃逸的管控与国家《石灰、电石工业大气污染物排放标准（征求意见稿）》要求持平。

表6-1 本标准与国家、河北省同类标准的对比

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 地区 | 名称 | 排放浓度限值（mg/m3） | | | | | |
| 分类 | 基准  氧含量 | 颗粒物 | 二氧化硫 | 氮氧化物 | 氨 |
| 1 | 国家 | 《工业炉窑大气污染  综合治理方案》  （环大气〔2019〕56号） | 未制定行  业标准的 | — | 30 | 200 | 300 | — |
| 已制定更严格地方排放标准的，按地方标准执行 | | | | | |
| 《重污染天气重点行业应急  减排措施制定技术指南  （2020年修订版）》  （环办大气函〔2020〕340号） | A级 | 10% | 10 | 50 | 150 | — |
| B级 | 10% | 20 | 100 | 200 | — |
| C级 | 10% | 30 | 200 | 300 | — |
| 《石灰、电石工业大气污染物  排放标准（征求意见稿）》 | 石灰窑 | 10% | 30 | 200 | 300  （400c） | 8 |
| 其他生产设备 | — | 30 | — | — | — |
| 无组织 | — | 3 | — | — | — |
| 2 | 河北省 | 《石灰行业大气污染物  排放标准》  （DB13/1641-2012） | 石灰窑 | 16% | 30 | 100 | 400 | — |
| 其他生产设备 | — | 30 | — | — | — |
| 无组织 | — | 1.0 | — | — | — |
| 《河北省工业炉窑  综合治理实施方案》  （冀环大气〔2019〕607号） | 未制定行  业标准的 | — | 30 | 200 | 300 | — |
| 已有河北省石灰地标，石灰炉窑执行地标要求 | | | | | |
| 《河北省砖瓦、石灰、耐火材料行业大气污染综合治理方案》 | 石灰窑 | 10% | 10 | 50 | 150 | 8a/2.5b |
| 其他生产设备 | — | 10 | — | — | — |
| 无组织 | — | 0.5 | — | — | — |
| 3 | 本标准 | 《石灰工业大气污染物  排放标准》 | 石灰窑 | 10% | 10 | 50 | 150 | 8 |
| 其他生产设备 | — | 10 | — | — | — |
| 无组织 | — | 0.5 | — | — | — |

注：a：适用于采用SNCR脱硝工艺的。b：适用于采用SCR脱硝工艺的。c：适用于回转窑。

表6-2 本标准与主要地区同类标准的对比

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 地区 | 名称 | 排放浓度限值（mg/m3） | | | | | | |
| 分类 | | 基准  氧含量 | 颗粒物 | 二氧化硫 | 氮氧化物 | 氨 |
| 1 | 其他  省份 | 山东省《建材工业  大气污染物排放标准》  （DB37/2373-2018） | 重点  控制  区 | 石灰窑 | 10% | 10 | 50 | 100 | — |
| 其他生  产设备 | — | 10 | — | — | — |
| 一般  控制  区 | 石灰窑 | 10% | 20 | 50 | 200 | — |
| 其他生  产设备 | — | 20 | — | — | — |
| 无组织 | | — | 1.0 | — | — | — |
| 河南省《工业窑炉大气污染物  排放标准》（DB41/1066-2020）石灰制造工业 | 石灰窑 | | 10% | 10 | 50 | 100 | 8 |
| 无组织 | | — | 1.0 | — | — | — |
| 2 | 京津地区 | 北京市《大气污染物综合排放标准》（DB11/ 501-2017） | 工业炉窑 | | 9% | 10 | 20 | 100 | — |
| 生产工艺废气 | | — | 10 | 100 | 100 | 10 |
| 无组织 | | — | 0.30 | 0.40 | 0.12 | 0.20 |
| 天津市《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB12/ 556-2015） | 其他非金属矿物制品业炉窑 | | 8.6 | 30 | 100 | 300 | — |
| 3 | 本标准 | 《石灰工业大气污染物  排放标准》 | 石灰窑 | | 10% | 10 | 50 | 150 | 8 |

# 7 实施本标准的成本效益分析

## 7.1 环境效益分析

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中提出要“推进细颗粒物（PM2.5）和臭氧（O3）协同控制……有效遏制O3浓度增长趋势，基本消除重污染天气。持续改善京津冀及周边地区……空气质量”。颗粒物与雾霾天气的形成密切相关，氮氧化物是臭氧的重要前体物，二氧化硫、氮氧化物又是目前国家严格控制的两大约束性指标。本标准实施后，在削减污染物排放量、改善京津冀及周边地区空气质量方面，将起到积极的促进作用，具有较好的环境效益。

参照《国家大气污染物排放标准制订技术导则》（HJ 945.1-2018）的要求，以我省现有石灰企业执行现行标准和本标准来预测减排效果，有组织颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的减排量分别为4159 t/a、3884 t/a、19419 t/a，减排比例分别达到66.7%、50.0%、62.5%。另外，针对无组织排放，标准也提出了严格的管控要求。所以本标准实施后，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放量将大幅降低，环境效益显著。

表7-1 本标准实施后污染物减排量估算表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 颗粒物 | 二氧化硫 | 氮氧化物 |
| 河北省  现行标准 | 排放浓度（mg/m3） | 30 | 100 | 400 |
| 排放量（t/a） | 6238 | 7768 | 31070 |
| 本标准 | 排放浓度（mg/m3） | 10 | 50 | 150 |
| 排放量（t/a） | 2079 | 3884 | 11651 |
| 本标准  实施后 | 减排量（t/a） | 4159 | 3884 | 19419 |
| 减排比例（%） | 66.7 | 50.0 | 62.5 |

## 7.2 成本分析

2021年我省印发《河北省砖瓦、石灰、耐火材料行业大气污染综合治理方案》（冀气领办〔2021〕60号）后，石灰行业开始进行深度治理。经实地调研，石灰企业生产过程中如能严格落实各项污染治理措施，颗粒物、二氧化硫排放浓度达到本标准限值的难度不大，难点主要是氮氧化物的治理。因此，本标准实施后，石灰工业的改造主要是石灰窑废气的脱硝改造。

编制组收集了石灰企业深度改造的投资运行费用，将污染治理设施投资折合到设计能力日产吨石灰情况下，仅有“除尘”措施的投资成本为3333元~4000元/（吨石灰/日）、运行费用4~11元/吨石灰，“除尘+脱硫”措施的投资成本为1504元/（吨石灰/日）、运行费用3元/吨石灰，“除尘+脱硝”措施的投资成本为4317-15600元/（吨石灰/日）、运行费用5~41元/吨石灰，“除尘+脱硫+脱硝”措施的投资成本为4167-8333元/（吨石灰/日）、运行费用20~42元/吨石灰。可以看出，增加脱硝措施后，除投资成本一次性增加外，治污设施的运行费用也明显提高。且目前已完成脱销改造的企业，石灰产品主要用于钢铁厂脱硫。如果石灰产品不用于冶金，而仅用于建材方面，脱硝措施的投资和运行成本相对较高。

## 7.3 探索减污降碳协同

2021年9月，我国在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布：中国二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。12月份，我国在气候雄心峰会上进一步宣布：到2030年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达25%左右，风电、太阳能发电总装机容量将达12亿千瓦以上。

石灰石分解时产生的二氧化碳，是一种常见的温室气体。近年来，受石灰产品结构、技术结构等变化影响，石灰行业生产技术水平不断提升，石灰单位能耗不断降低，使石灰行业燃料燃烧碳排放增长明显低于生产过程排放增长幅度。但冶金、化工、火电等行业石灰需求量的增长，使2018年以后石灰行业产量迅速回升，石灰行业碳排放总量呈现上升态势。2020年石灰石膏工业二氧化碳排放1.2亿吨，同比上升14.3％，其中煤燃烧排放同比上升5.5％，工业生产过程排放同比上升16.6％。此外，石灰石膏工业的电力消耗可间接折算约合314万吨二氧化碳当量。

本次标准修订收严了颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放限值，标准实施后颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放量将大幅降低。石灰行业要减污降碳，实现碳达峰，除了要实现产业结构、产品结构、能源及资源结构的根本性转变外，还要不断挖掘节能减排潜力，研发应用以减量、减排、高效为特征的减污降碳新工艺、新技术、新产品，以及碳吸附、碳捕捉、碳贮存等功能型技术，推进产业链、价值链向高附加值、高质高端迈进，推动循环经济、低碳经济、生态经济在行业全流程的广泛应用，促进温室气体与污染物的协同治理。

# 8 对实施本标准的建议

1. 由于本标准与现行标准严格幅度较大，石灰企业需进一步优化运行或进行改造。
2. 制定出台相关配套的环境经济倾斜政策、重污染天气错峰生产倾斜政策，按照执行特别排放限值规定、实施超低排放意见、打赢蓝天保卫战行动计划、秋冬季大气污染物综合治理攻坚行动方案等政策要求，认真贯彻落实生产管理和环境保护工作，激励和推动企业执行本标准排放限值的积极性和自觉性。