

附件 3

钢铁烧结机烟气脱硫工程技术规范

湿式石灰石/石灰-石膏法

(征求意见稿)

编制说明

编制组

2014 年 4 月

项目名称：烧结机烟气脱硫工程技术规范

项目体系编码：4.2.3

承担单位：中国环境保护产业协会、中国环境科学研究院、永清环保股份有限公司、北京利德衡环保工程有限公司

主要起草人：燕中凯、冯延林、刘媛、刘仁和、刘宇、彭溶、田刚、吴银芝、张新华、李蓉、杨文奇、严召

项目管理负责单位及负责人：环境保护部环境标准研究所 姚芝茂

环保部科技标准司标准处项目经办人：范真真

目 录

1.任务来源.....	3
2.标准制订必要性.....	3
3.主要工作过程.....	5
4.国内外相关标准研究.....	6
5.同类工程现状调研.....	7
6.主要技术内容及说明.....	16
7.标准实施的环境效益及技术经济分析.....	25
8.标准实施建议.....	26
9.附录.....	26

1. 任务来源

环境保护部办公厅《关于开展 2012 年度国家环境保护标准制修订项目工作的通知》（环办函【2012】328 号）下达计划《烧结机烟气脱硫工程技术规范》，项目序号 11，项目体系编码 4.2.3。

本标准主要起草单位：中国环境保护产业协会、中国环境科学研究院、永清环保股份有限公司、北京利德衡环保工程有限公司。

2. 标准制订必要性

我国是钢铁生产大国，粗钢产量连续 15 年居世界第一。同时，我国钢铁行业产能过剩，落后产能占相当大的比例，污染物排放得不到有效控制。

2011 年，我国粗钢产量达 6.83 亿吨，钢铁行业全年消耗了 11.56 亿吨铁矿石（其中进口 56%）和 5.8 亿吨煤炭。全国钢铁企业二氧化硫排放量达到 176.65 万吨，占工业排放量的 9.5%（2010 年统计数据）。2012 年粗钢产量达到 7.17 亿吨，同比增长 3.1%。至 2012 年 4 月，钢铁行业共建成投运烧结机烟气脱硫装置 389 台，占全部烧结机台数的 32.7%，脱硫烧结机总面积 6.32 万平方米，占全部烧结机总面积的 57.0%。但是，由于脱硫设施建设不规范、企业对脱硫设施运行管理不重视等原因，平均综合脱硫效率仅为 47.3%。由于烧结工序排放的二氧化硫约占钢铁生产总排放量的 70%以上，个别企业达到 90%左右（不含燃煤自备电厂产生的二氧化硫）。因此，烧结烟气脱硫已成为钢铁行业实现二氧化硫减排指标的关键环节。

烧结机数量，规模、产能占比等情况见表 1。

表 1 全国烧结机数量、规模、产能占比表

规模 (m ²)	数量 (台)	数量占比 (%)	平方米数(m ²)	产能占比 (%)
<90	670	53.95	29318	22.45
90~180	312	25.12	33131	25.37
180~360	191	15.38	40934	31.35
>360	69	5.55	27190	20.83
总计	1242	100	130573	100

国家“十二五”规划将进一步减排二氧化硫 8%，钢铁烧结烟气脱硫列入其中。另外，根据《钢铁烧结、球团大气污染物排放标准》（GB28662-2012）的要求，自 2015 年 1 月 1 日起现有企业、新建企业烧结机（球团）焙烧设备工序执行 SO₂ 排放限值为 200mg/Nm³，在国土开发密度较高，环境承载能力开始减弱，或大气环境容量较小、生态环境脆弱，容易发生严重大气环境污染问题而需要严格控制大气污染物排放的地区，执行 SO₂ 排放限值为 180mg/Nm³。

目前国内已建成的烧结烟气脱硫装置大多是借鉴燃煤电厂脱硫工艺，应用的脱硫技术主要有石灰石/石灰-石膏法、氨法、循环流化床法、SDA 法、氧化镁法、双碱法、密相干塔法、有机胺法等，其中以石灰石/石灰-石膏法为主，台数占比为 52.7%。已运行的 389 台烧结机烟气脱硫装置中，石灰石-石膏湿法占比位列第一。各种脱硫技术统计结果见表 2。

表 2 烧结烟气脱硫技术统计表

烧结烟气脱硫技术	数量（台）	面积（m ² ）	按台数占比（%）	按面积占比（%）
石灰石/石灰-石膏湿法	205	28930.80	52.70	45.80
循环流化床/半干法	55	13309	14.14	21.07
氨-硫铵法	41	7812	10.54	12.37
双碱法	31	2461	7.97	3.90
镁法	26	3989	6.68	6.32
SDA	12	3139	3.08	4.97
有机胺/离子液法	4	1063	1.03	1.68
其他	15	2460	3.86	3.89
合计	389	63163.80	100	100

时至今日，国内未颁布钢铁烧结烟气脱硫规范。各工程项目的设计、建设均是参照技术供应商的内部标准进行。由于钢铁烧结烟气性质复杂且差异性较大（见表 3），各技术提供商之间所要求的工艺技术水平、建设质量也存在较大差异，有些烧结机脱硫系统竣工之日就是系统改造之时，甚至在该行业还出现了脱硫装置建成投运，净化后的烟气仍不能达标排放，造成了钢铁烧结烟气脱硫装置建设过程较大的浪费。随着钢铁行业大气污染物排放标准的加严，及国家“十二五”规划对二氧化硫减排的要求，编制《烧结机烟气脱硫工程技术规范 石灰石/

石灰-石膏法》，对于规范钢铁行业石灰石/石灰-石膏法脱硫项目的工程设计、建设、运行和维护，确保装置的工艺水平与工程质量，使净化后的烟气满足钢铁烧结、球团大气污染物排放标准要求，实现脱硫装置长期稳定运行，具有重要的指导意义。

表 3 钢铁烧结烟气的性质

烟气量 (m ³ /h)	4000~6000	温度 (°C)	120~220
含尘量 (mg/m ³)	100~400	含水量 (%)	9~14
含氧量 (%)	15~18	风机负压 (Pa)	-12000~-18000
主要污染成分	二氧化硫、烟尘、HF、HCl、NO _x 、重金属、二噁英类等		

3. 主要工作过程

2012 年 4 月，中国环境保护产业协会组织中国环境科学研究院、永清环保股份有限公司召开了《烧结机烟气脱硫工程技术规范》规范编制工作启动会，成立了编制组，讨论并明确了规范编制的工作目标和具体任务分工。

按照任务分工，规范编制组调研了钢铁行业石灰石/石灰-石膏法烧结脱硫项目的背景资料和设计、建设、运行情况，国内外钢铁行业烧结烟气脱硫规范制订情况，以及有关钢铁行业大气污染物排放标准的要求等，在此基础上编撰了《烧结机烟气脱硫工程技术规范》（以下简称“规范”）初稿和开题报告。

2012 年 10 月，环保部科技标准司在北京主持召开了《烧结机烟气脱硫工程技术规范》开题论证会。与会专家充分听取了规范编制组关于规范适用范围、技术路线、规范初稿等开题内容的汇报，经质询与讨论，形成如下意见：（1）建议将本规范的名称由《烧结机烟气脱硫工程技术规范》更改为《钢铁工业烧结机烟气脱硫工程技术规范 石灰石/石灰-石膏湿法》；（2）编制说明应包含本工艺与《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》中其他污染治理工艺的相互关系；（3）进一步补充、完善相关行业数据。

编制组在规范修改完善过程中十分重视开题论证与会专家的意见，向国内相关专家咨询，并深入现场，充分调研，调研工作覆盖了国内大中型国有企业烧结烟气石灰石/石灰-石膏法脱硫工程的实际脱硫效率、技术水平、设备运行状况、

系统性能、经济性、可用性等方面。在近半年的实际调研、理论研究及工程数据分析的基础上，编制组于 2013 年 5 月初步完成了《钢铁工业烧结机烟气脱硫工程技术规范 石灰石/石灰-石膏湿法》（初稿）及编制说明。

编制组于 2013 年 9 月邀请行业有关专家在长沙召开了《钢铁工业烧结机烟气脱硫工程技术规范 石灰石/石灰-石膏湿法》（初稿）及编制说明的预审会，在会上针对标准的主要结构、具体条文提出了修改意见，并将规范的名称修改为《烧结机烟气脱硫工程技术规范 石灰石/石灰-石膏湿法》。编制组依据上述条文修改意见重新对规范正文和编制说明进行了再次修改，形成了规范征求意见稿及编制说明。

为保证标准内容的科学严谨，编制组于 2013 年 11 月再次组织行业有关专家在北京召开了《烧结机烟气脱硫工程技术规范 石灰石/石灰-石膏湿法》（征求意见稿）及编制说明的审查会，针对标准条文提出了具体修改意见，并进一步将标准名称修改为《钢铁烧结机烟气脱硫工程技术规范 湿式石灰石/石灰-石膏法》。会后，编制组依据审查会的意见再次对规范正文和编制说明进行了补充完善，于 2014 年 4 月最终形成了《钢铁烧结机烟气脱硫工程技术规范 湿式石灰石/石灰-石膏法》（征求意见稿）及编制说明。

4. 国内外相关标准研究

《烧结厂设计规范》（GB50408-2007）于 2007 年 7 月 1 日实施。该标准规定：烧结机市场准入的使用面积应达到 180m² 及以上。烧结及球团生产过程应尽可能采用低含硫率的原料、燃料和熔剂等，在烧结生料无法改变的情况下，针对不同含硫率的原、燃料通过合理组织调度，尽可能将高硫原料集中到专用烧结机进行生产，烧结机产生的高硫烟气应实施烟气脱硫。

《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》（GB 28662-2012）于 2012 年 10 月 1 日实施。该标准对钢铁烧结及球团生产企业或生产设施大气污染物排放限值、监测和监控要求提出了明确规定。在大气污染物排放控制要求方面规定了两个时间节点，即自 2012 年 10 月 1 日起至 2014 年 12 月 31 日，现有企业的钢铁烧结、球团工序 SO₂ 排放浓度应≤200mg/Nm³（干基）。自 2015 年 1 月 1 日起，所有企业的钢铁烧结、球团工序 SO₂ 排放浓度应≤180mg/Nm³（干基）。

《钢铁工业水污染物排放标准》(GB13456-2012)于2012年10月1日实施,该标准对钢铁生产企业或生产设施水污染排放限值、监测和监控要求提出了明确规定。

《火电厂烟气脱硫工程技术规范 石灰石/石灰-石膏法》(HJ/T179-2005)于2005年10月1日实施。该标准对火电厂采用石灰石/石灰-石膏法进行烟气脱硫工程时的规划、设计、评审、采购、施工及安装、调试、验收和运行管理进行了规定。

至2012年,国外未见专门针对钢铁行业烧结烟气石灰石/石灰-石膏法脱硫工程技术规范出台。

5. 同类工程现状调研

同类工程调研主要集中在国内钢铁行业已投运的烧结机石灰石/石灰-石膏湿法脱硫装置,并通过国内外相关文献查阅了日本烧结机石灰石/石灰-石膏湿法脱硫装置的运行状况。截止到2013年4月,国内烧结机已投入运行的石灰石/石灰-石膏法脱硫装置为205套,烧结面积28930.8m²。详见附录1。

5.1 主要存在的问题分析

5.1.1 脱硫效率分析

从调查的数据分析,烧结烟气中SO₂浓度波动范围为550(干基)~8000mg/Nm³,烟气温度波动范围为120℃~200℃,且烟气中含水量普遍较高,在9~14%之间。从运行效果分析,石灰石/石灰-石膏法脱硫效率普遍较高,其设计效率通常达到95%以上。从调研的运行数据来看,脱硫效率通常在92%~99%之间。

5.1.2 系统设计差异分析

存在技术水平及系统配置的较大差异。有的装置系统设计完整、自动化程度高、防腐防结垢措施到位,而有的装置系统设计不完整,如脱硫废水处理流程不完善、自动化程度不高、防腐防结垢措施不到位,无法长期正常稳定运行。

5.1.3 关键设备选型分析

钢铁行业烧结机主抽风机前的烟气温度波动较大,通常在120~200℃之间,且主抽风机的压力较高,通常达到13000Pa~18000Pa,烟气经主抽风机升压后,烟气受到绝热压缩,温度进一步升高,导致进入脱硫装置增压风机前的温度更高,

调研结果显示，个别装置烟气温度的在进入脱硫塔前已达到 218℃。因此，增压风机的选型必须充分考虑全程温度变化，其流量和压力均必须考虑全程匹配，设计时预留足够的裕量。在调研中，发现极少数项目增压风机的选型不合理，对烧结机的正常生产运行造成了实际影响。

在调研过程中，东北地区某 265m² 烧结机烟气脱硫工程，增压风机风量选型只考虑了正常温度 126℃ 的要求，进入增压风机入口的设计风量取值为 138 万 m³/h，并留有 10% 的风量裕量。但当实际运行温度达到 170℃ 时，增压风机入口风量实际达到了 155 万 m³/h，已经超过设计风量 12.3%，导致风机抽风能力不足，直接影响烧结机的正常生产，被迫进行了烟气系统的改造。华北地区某 360m² 烧结机烟气脱硫工程，吸收塔内烟气流速设计值为 4.0m/s，塔内除雾器采用两级板式除雾器，当烟气温度升高、含水量增加及 SO₂ 浓度增加时，吸收塔内气液平衡温度升高，吸收塔内实际烟气流速超过 4.4m/s，使得烟气夹带浆液长期运行，导致除雾器堵塞，“烟囱石膏雨”现象非常明显，严重影响了周围居民的生活。

烧结烟气含尘量波动也较大，经除尘后的烟气含尘通常在 100~400mg/Nm³ 之间，烟尘中含有金属氧化物，这些烟尘大部分被洗涤下来进入脱硫吸收塔浆液池，在池内会发生化学反应析出金属离子，导致浆液的成分复杂，对设备的腐蚀能力更强。因此，输送石膏浆液的设备如循环泵、石膏排出泵等在考虑 Cl⁻、pH 等腐蚀的同时还必须考虑新产生的金属离子带来的电化学腐蚀。

在脱硫设备防腐蚀方面，中南地区某 180m² 烧结机烟气脱硫工程，浆液循环泵叶轮材料选择了 CR30A，运行不到 3 个月，其泵壳和叶轮就被完全腐蚀，被迫选择更好的材质对原来的循环泵进行整体更换。

5.2 技术改进后的工程实例

5.2.1 陕西某钢铁有限公司 400m² 烧结机烟气脱硫工程

(1) 烧结机主抽风机后进入脱硫装置，入口烟气参数见表 4。

表 4 脱硫装置入口烟气参数表

序号	项目	单位	数值
1	烧结主抽风机工况风量	m ³ /min	22000
2	SO ₂ 初始浓度	mg/Nm ³	2000
3	入口烟气含尘浓度	mg/Nm ³	150

4	入口烟气温度	°C	80~180
---	--------	----	--------

(2) 脱硫装置主要性能指标见表 5。

表 5 脱硫装置主要性能指标表

序号	项目名称	保证值	备注
1	整套脱硫装置可用率, %	98	
2	脱硫主体装置使用寿命, 年	30	
3	脱硫设备质量保质期, 年	1	
4	脱硫效率保证值, %	≥95	按设计条件运行
5	工作场地排尘量, mg/m ³ (加权平均)	<10	GBZ2-2002
6	钙硫比Ca/S	≤1.06	
7	烟囱出口雾滴浓度, mg/Nm ³	<75	正常工况
8	烟囱粉尘排放浓度, mg/Nm ³	<50	入口含尘 <150 mg/Nm ³
9	脱硫后二氧化硫排放浓度, mg/Nm ³	<100	正常工况
10	石灰石平均耗量 (在14天连续运行期间), t/h	5.175	
11	平均电耗 (在14天连续运行期间, 保证脱硫效率条件下), kW·h/h	3475	按设计条件运行
12	系统最大工艺水耗量, t/h	97.71	按设计条件运行
13	设备噪声, dB(A): 1) 主要设备: 增压风机、循环泵、氧化风机等 2) 控制室设备	≤85dB(A) <60 dB(A)	
14	废水外排量, m ³ /h(外排至主厂区污水系统)	5.62	按设计条件运行, 废水由主厂区统一处理
15	石膏品质	石膏纯度, %	≥90
		CaCO ₃ +MgCO ₃ 含量, %	<3
		CaSO ₃ ·1/2H ₂ O含量, %	<0.35

	溶解于石膏中的Cl含量, %wt	<0.01	
	溶解于石膏中的F-含量, %wt	<0.01	
	粒径 μm	30~60	细砂状

(3) 脱硫系统设计及组成

根据烟气特性及烟气量, 采用湿式石灰石/石灰—石膏法进行全烟气脱硫, 按一机一塔配置。脱硫系统包括烟气系统、吸收系统、石灰石浆液制备系统、脱硫副产物处理系统、浆液排空系统、工艺水系统、压缩空气系统及电气与控制系统等。各部分组成如下:

a) 烟气系统

来自烧结机主抽风机的烟气从与烟囱相连的主烟道中引出汇合后进入增压风机, 经增压风机增压, 通过吸收塔净化后从塔顶的烟囱排放, FGD系统的烟气阻力损失由增压风机提供。增压风机安装在烧结机主抽风机之后, 吸收塔之前。增压风机选用带变频器的静叶轴流式风机。风机的最大风量按主抽风机风量并富裕考虑, 即每小时工况233万 m^3 。风机的最大压头按脱硫系统正常运行时的阻力加200Pa的裕量。增压风机与主抽风机相匹配, 运行时不会对主抽风机带来干扰。

b) 石灰石浆液制备系统

以石灰石作为吸收剂, 石灰石品质要求: 粒径 $\leq 20\text{mm}$; CaCO_3 含量 $\geq 90\%$ 、 MgO 含量 $\leq 1\%$ 。

采用湿式球磨机磨粉制浆工艺。石灰石浆液制备容量取1.5倍的设计裕量, 球磨机石灰石进料量按13t/h设计。制浆系统设1座石灰石贮仓, 可以满足烧结机在设计工况运行3天(每天按24小时计)的吸收剂耗量。设石灰石浆液箱1个, 2台石灰石浆液泵, 一用一备。

c) SO_2 吸收系统

吸收塔采用喷淋空塔, 主要参数见表6:

表6 吸收塔主要参数

吸收塔直径	14m	吸收塔高度	83.2m(含塔顶直排烟囱)
吸收区高度	12m	液气比	15.4 L/ Nm^3
烟气在塔内停留时间	3.4s	吸收塔内烟气流速	3.5m/s
喷淋层数	3层	每层喷嘴个数	108个/层

浆液循环系统采用单元制设计，每个喷淋层都配有1台与喷淋层上升管道系统相连接的浆液循环泵，保证吸收塔内200%以上的吸收浆液覆盖率。吸收塔配有3台浆液循环泵，根据烧结机负荷选择最经济的泵运行台数。循环浆液泵入口装设滤网等防止固体物吸入的措施。

空心喷嘴和喷淋管道（FRP）采用碳化硅制成，布置设计成均匀覆盖吸收塔的横截面。

吸收塔设两级除雾器以除去净烟气中夹带的液滴和雾滴，出口烟气含水量小于 $75\text{mg}/\text{Nm}^3(\text{dry})$ 。

氧化空气系统由氧化风机和氧化空气喷枪组成。系统设置3台氧化风机，其中一台备用。

d) 脱硫副产物处理系统

系统设置1台真空皮带脱水机，按烧结机运行工况时FGD装置石膏总产量150%容量进行设计，处理能力15t/h。脱水机配置1台水环式真空泵。系统设置1座石膏库，石膏库容积按在设计工况运行时3天的石膏量进行设计。

e) 浆液排空系统

浆液排空系统用于汇集排放管的溢流、密封泄漏和设备、管道冲洗水。在吸收塔区和制浆区各设置排水坑1个，排水坑设1台搅拌器和1台浆液泵。

f) 工艺水系统

工艺水系统主要用于氧化空气冷却、除雾器和浆液管道的冲洗、真空泵用水以及吸收塔进口烟气喷水降温。系统设置了1个工艺水箱、2台工艺水泵和2台除雾器冲洗水泵，泵都为一用一备。

h) 压缩空气系统

压缩空气系统为仪用空气系统，设仪用空气罐1个，仪用空气主要用于真空皮带脱水机的纠偏、石灰石仓顶布袋除尘器的脉冲反吹、烟气检测仪的吹扫等。

(4) 调试及运行

该工程于2011年10月通过72小时试运行，试运行期间，烧结烟气进入吸收塔 SO_2 平均浓度为 $1600\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，吸收塔出口 SO_2 排放浓度 $\leq 57\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，平均脱硫效率为96.4%。

(5) 运行成本分析

该装置年运行8500小时，年脱除 SO_2 23729吨。年直接运行总成本（包括

吸收剂消耗、电耗、水耗、压缩空气消耗、维修费、运行管理人员工资及福利等) 为 2380 万元, 年产烧结矿 442 万吨, 每吨烧结矿的直接脱硫成本为 5.38 元, 每 吨 SO₂ 的直接脱硫成本为 1003 元。

5.2.2 湖南省某钢铁有限公司 180m² 烧结机烟气脱硫工程

(1) 烧结机主抽风机后进入脱硫装置, 入口烟气参数如下:

烟气量: 18000m³/min;

烟气温度: 100℃~200℃;

介质含尘浓度: ≤150mg/Nm³;

烟气 SO₂ 浓度: 1000 mg/Nm³~2000mg/Nm³;

(2) 脱硫装置主要性能指标见表 7。

表 7 脱硫装置的主要性能指标

序号	项目名称	保证值	备注
1	整套脱硫装置可用率, %	98	
2	脱硫主体装置使用寿命,年	20	
3	脱硫设备质量保质期, 年	1	
4	脱硫效率保证值, %	≥95	按设计条件运行
5	工作场地排尘量, mg/m ³ (加权平均)	<10	GBZ2-2002
6	钙硫比 Ca/S	≤1.042	
7	烟囱出口雾滴浓度, mg/Nm ³	<75	正常工况
8	烟囱粉尘排放浓度, mg/Nm ³	<50	正常工况
9	脱硫后二氧化硫排放浓度, mg/Nm ³	<100	正常工况
10	石灰石平均耗量 (在 14 天连续运行期间 (, t/h	1.507	
11	平均电耗 (在 14 天连续运行期间, 保证脱硫效率条 件下), kW · h/h	1422	按设计条件运行
12	系统最大工艺水耗量, t/h	32	按设计条件运行
13	设备噪声, dB(A): 1) 主要设备: 增压风机、循环泵、氧化风机等 2) 控制室设备	≤85dB(A) <60 dB(A)	

14	主抽风机出口至烟囱进口处阻力值, Pa		≤1900 ≤2000	
	1) 投运初期			
	2) 投运一年后			
15	废水外排量, m ³ /h (达标外排)		2.20	按设计条件运行
16	石膏 品质	石膏纯度, %	≥90	
		CaCO ₃ 含量, %	<3	
		CaSO ₃ ·1/2H ₂ O 含量, %	<0.35	
		溶解于石膏中的 Cl ⁻ 含量, %wt	<0.01	
		溶解于石膏中的 F ⁻ 含量, %wt	<0.01	
		粒径 μm	30-50	细砂状

(3) 系统设计及组成

脱硫工艺采用湿式石灰石/石灰—石膏法, 按一机一塔配置, 全烟气脱硫, 一台烧结机单独设置吸收系统进行烟气处理, 在设计工况条件下脱硫效率不小于 95%。全套脱硫装置包括烟气系统、吸收系统、石灰石浆液制备系统、脱硫副产物处理系统、废水处理系统、浆液排空系统、工艺水系统、压缩空气系统及配套的电气与控制系统等。各部分组成如下:

a) 烟气系统

来自烧结机主抽风机的烟气从与烟囱相连的主烟道中引出后, 进入增压风机, 经增压风机增压, 通过吸收塔净化后从塔顶的烟囱排放。增压风机安装在烧结机主抽风机之后, 吸收塔之前。吸收塔塔顶烟囱高度 70m。

增压风机选用带变频器的高效离心风机。风机的正常运行风量按主抽风机的设计风量考虑, 折算到本增压风机的进口状态为 886717m³/h, 风机的最大风量按每小时 975389m³/h, 比正常运行风量增加了 10%。风机的最大压头按 FGD 正常运行时的阻力加 10%的裕量, 再考虑 10℃的温度裕量。风机的最大压力按脱硫系统正常运行时的阻力加 10%的裕量, 设计风机出口压力为 1800Pa。增压风机与主抽风机相匹配, 运行时不会对主抽风机带来干扰。

b) 石灰石浆液制备系统

以石灰石作为吸收剂, 石灰石块品质要求: 粒径≤20mm; CaCO₃ 含量≥90%、MgO 含量≤2%。

吸收剂制备采用湿式球磨机磨粉制浆工艺。石灰石浆液制备容量取 2 倍的设计裕量，球磨机石灰石进料量按 3t/h 设计。制浆系统设 1 座石灰石贮仓，可以满足烧结机在设计工况运行 3 天（每天按 24 小时计）的吸收剂耗量。设石灰石浆液箱 1 个，其容积按在设计工况运行 8 小时所需石灰石浆液量设计，配置 2 台石灰石浆液泵，一用一备。

c) SO₂ 吸收系统

吸收塔采用喷淋空塔，吸收塔主要参数见表 8。

表 8 吸收塔主要参数

吸收塔直径	8.8m	吸收塔高度	70m（含塔顶直排烟囱）
吸收区高度	12m	液气比	12.1 L/Nm ³
烟气在塔内停留时间	3.4s	吸收塔内烟气流速	3.5m/s
喷淋层数	3 层	每层喷嘴个数	40 个/层

浆液循环系统采用单元制设计，每个喷淋层都配有 1 台与喷淋层上升管道系统相连接的浆液循环泵，保证吸收塔内 200%以上的吸收浆液覆盖率。吸收塔配有 3 台离心式浆液循环泵，根据烧结机负荷选择最经济的泵运行台数。循环浆液泵入口装设滤网等防止固体物吸入的措施。

空心喷嘴和喷淋管道（FRP）由碳化硅制成。设置 3 台侧进式搅拌器，防止吸收塔内浆液沉积。

吸收塔设两级除雾器以除去净烟气中夹带的液滴和雾滴。

氧化空气系统由氧化风机和氧化空气喷枪组成。系统设置 2 台罗茨式氧化风机，每台风机风量为 1767Nm³/h，压升为 86kPa，其中一台备用。

设置 2 台测量泵用来进行吸收塔密度测量和 pH 值测量。测量泵一用一备。

d) 脱硫副产物处理系统

系统设置 1 台真空皮带脱水机，按烧结机运行工况时 FGD 装置石膏总产量 150%容量进行设计，处理能力为 4.1t/h。脱水机配置 1 台水环式真空泵，真空泵抽气量为 1350m³/h，运行真空为-70kPa。系统设置 1 座石膏库，石膏库容积按在设计工况运行时 3 天的石膏量进行设计。

e) 工艺水系统

系统设置了 1 个工艺水箱、2 台工艺水泵和 2 台除雾器冲洗水泵，泵都为一用一备。工艺水泵采用离心式，流量为 45m³/h；除雾器冲洗水泵采用离心式，

流量为 72m³/h。

f) 浆液排空系统

本系统设置事故浆液箱 1 个，用于储存吸收塔在停运检修期间吸收塔浆液池中的浆液。设事故浆液返回泵 1 台。在吸收塔区和制浆区各设置排水坑 1 个，排水坑设 1 台搅拌器和 1 台浆液泵。

g) 压缩空气系统

压缩空气系统为仪用空气系统，设仪用空气罐 1 个，有效容积：3m³。

h) 废水处理系统

设计废水处理系统处理水量为 3.3m³/h，废水经过处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准后排入厂区排水系统。

脱硫废水处理包括以下四个步骤：

①废水 pH 值调节

在脱硫废水中加入一定量的氢氧化钙溶液，通过不断搅拌，使其 pH 值可从 5.5 上升至 9.0 以上。

②重金属沉淀

加入有机硫化物(TMT-15)，使其与 Pb²⁺、Hg²⁺反应形成难溶的硫化物沉积下来。

③絮凝

加入一定比例的絮凝剂聚铁，将废水中部分细小而分散的颗粒和胶体物质凝聚成大颗粒沉积下来。在废水反应池的出口加入阳离子高分子聚合电解质作为助凝剂，进一步促进氢氧化物和硫化物的沉淀。

④浓缩澄清

絮凝后的废水从反应池溢流进入装有搅拌器的浓缩澄清池中，絮凝物沉积在底部并通过重力浓缩成污泥，上部则为净水。大部分污泥经污泥排出泵送入污泥脱水系统，小部分污泥作为接触污泥返回废水反应池，提供沉淀所需的晶核。上部净水通过浓缩澄清池周边的溢流口自流到出水缓冲箱，出水缓冲箱设置了 pH 计监测净水 pH 值，如果净水水质达到排水设计标准则通过净水泵排入厂区排水系统，否则将其送回废水处理系统继续处理，直到合格为止。

(4) 防腐措施

所有石灰石浆液、石膏浆液、滤液管道以及工艺水系统接触浆液或烟气一侧

的管道，由于管道内介质具有腐蚀性以及对管道内壁有防腐耐磨要求，采用普通碳钢管道+内衬橡胶。对于小口径管道，衬胶加工较困难，采用能够防腐耐磨材料替代。

工艺水采用普通的碳钢钢管；对于品质要求较高的仪用压缩管道采用不锈钢钢管，其它采用普通碳钢。

吸收塔采用衬玻璃鳞片进行防腐，吸收塔内件采用相应的防腐材质。其他箱罐采用玻璃鳞片进行防腐，排水坑采用混凝土内衬玻璃鳞片防腐，塔顶烟囱采用衬玻璃鳞片防腐。吸收塔烟气入口考虑高温烟气和酸液腐蚀双重作用，采用合金贴衬。

FGD 装置露天布置的设备、管道、阀门均采用外表面涂刷油漆防腐。

(5) 调试及运行

项目于 2010 年 12 月通过 72 小时试运行，试运行期间烧结烟气进入吸收塔 SO₂ 浓度波动较大，波动区间为 850mg/Nm³~4000mg/Nm³，净烟气中 SO₂ 排放浓度保持在 100 mg/Nm³ 以下，脱硫效率稳定在 95%以上。

6. 主要技术内容及说明

6.1 适用范围

(1) 根据最新颁布的钢铁行业法规及产业政策，钢铁行业拟逐步淘汰 90m² 以下烧结机。

(2) 根据《烧结厂设计规范》（GB50408-2007），烧结机市场准入的使用面积应达到 180m² 及以上。

(3) 球团烧结烟气与带式烧结烟气组成相似，且烟气中 SO₂ 浓度低于带式烧结烟气。

因此，将本标准适用范围规定为新建烧结机面积在 180m² 及以上的烧结机烟气脱硫工程，改建和扩建烧结机烟气脱硫工程、烧结机面积小于 180m² 的烟气脱硫及球团烟气脱硫工程，采用湿式石灰石/石灰-石膏法时可参照执行。

6.2 规范性引用文件

由于国家和行业的标准、规程、规范在不断地更新，为了适应更新要求，在本规范性引用文件中涉及的 56 个标准、规程、规范中只列出了编号而未注明年

号, 在使用上述标准、规程、规范时, 使用最新版本。另外, 本规范性引用文件中还引用了 1 个监察规程、1 个验收办法和 1 个管理办法, 是因为监察规程涉及烧结机烟气脱硫工程中压缩空气系统的安全监管, 验收和管理办法涉及烧结机烟气脱硫工程竣工验收必要的条件和工作程序。

6.3 术语及定义

为了便于对规范条文的理解, 对本规范中涉及 9 个相关的技术名词予以定义。

对在其他法律、法规和技术规范上已经定义的术语如果适用于本规范的, 在本规范中不再重新进行定义, 仅对于有关标准和规范上没有标准定义而本规范中需要解释的给予了命名和规范。

对于本规范中涉及的一些最为核心的名词, 虽然在其它标准中已有定义, 在本规范中也重新进行了解释。

一些在其它标准中已经定义, 但没有完全统一的名词在本规范重新进行了定义与说明。

6.4 污染物与污染负荷

6.4.1 脱硫装置入口烟气量

新建烧结机脱硫装置入口烟气量应以烧结机的设计工况流量为依据, 并按当地气压、温度等因素核算为标态烟气流量。

6.4.2 脱硫装置入口污染物浓度

烧结烟气中的气体污染物主要有二氧化硫 (SO_2)、烟尘、氯化氢 (HCl)、氟化氢 (HF)、氮氧化物 (NO_x)、二噁英等。其中, SO_2 来源于原料及燃料。目前我国进口铁矿石来自 30 余个国家和地区, 进口数量排在前 10 位的进口国家依次为澳大利亚、巴西、印度、南非、加拿大、俄罗斯、伊朗、秘鲁、印度尼西亚、委内瑞拉。上述 10 个国家进口数量合计占我国全部进口量的 95%。澳大利亚、巴西、印度、南非 4 个国家进口数量合计占全部进口量的 85%以上。总体上, 进口铁矿石质量较好。除少数国家外, 一般硫含量低, 进口铁矿石平均含硫位于 0.01~0.04%。国产矿方面, 东北和华北地区以鞍山式沉积变质型铁矿为典型矿山, 产品品质优良, 含硫成分低; 南方地区包括攀枝花式岩浆钒钛磁铁矿、大冶式矽卡岩型铁矿、梅山式火山岩铁矿等多金属内生矿床的铁矿山, 含硫矿物共(伴)生关系密切, 经过选矿后, 产品中仍会残余一定含量的硫分。另外, 华中、华南、

西南、西北部分地区地方矿山开采少量富铁矿，未经选矿直接送钢厂配矿使用，多数相对含硫成分偏高。总体来看，与进口铁矿石比，国内成品矿含硫会高出 0.1 个百分点以上，含硫在 0.16%~0.18%之间。在燃料方面，我国不同地区、不同煤矿的煤质含硫相差较大，煤质含硫在 0.3%~4.5%之间。因此，应充分考虑原料矿的来源及燃料的变化趋势，根据实测数据或依据物料平衡数据确定烟气中 SO₂ 排放总量。

其他污染物成分，如烟尘、氯化氢 (HCl)、氟化氢 (HF)、氮氧化物 (NO_x)、二噁英等也属于限制排放指标，在脱硫装置设计时，应充分考虑其影响。

6.5 总体要求

6.5.1 一般规定

从技术、经济、环保、节能、安全等方面提出了新建烧结机烟气脱硫装置设施建设的总体要求。

6.5.2 脱硫装置构成

说明了新建烧结机烟气脱硫装置包含的工艺、公用和辅助系统设施。

6.5.3 总平面布置

针对烧结机烟气脱硫装置的特点，规定了总体布置的原则，设施室内外布置原则，各设施布局要点，道路布局和车辆选择要点，外管廊敷设要点等。

6.6 工艺设计

6.6.1 一般规定

规定脱硫装置设计与烧结机负荷变化相匹配，并力推主抽风机与脱硫增压风机合一，是因为新建烧结机（含球团烧结）的主抽风机设计入口压力通常会在 -12000~-18000Pa 之间，出口压力通常为 500Pa，升值值会达到 12500~18500Pa，而脱硫装置的系统阻力通常≤2000Pa。如果在新建烧结机（球团）时，同步考虑脱硫装置对系统压力的要求，实现主抽风机与脱硫增压风机的“二合一”，将大幅降低一次投资，减轻风机的维护检修工作量，实现烧结与脱硫的完全同步。

随着国产铁矿石比例的提高，烧结（球团）烟气中的 SO₂ 浓度呈现增大的趋势，根据调研结果，烧结烟气中 SO₂ 浓度波动范围为 550~8000 mg/Nm³（干基），据调研，烧结机烟气大多数时间的 SO₂ 平均浓度位于 1000~2000 mg/Nm³ 之间，为实现 SO₂ 排放浓度≤200mg/Nm³ 的要求，因此，建议脱硫效率设计值≥90%。

6.6.2 烟气系统

规定增压风机设在入口烟道，是为了防止低温烟气酸露的腐蚀。另外，烧结烟气的温度波动较大，通常在 120~220℃之间，在计算烟道内烟气流速时应充分考虑高温工况，将最大烟气流速控制在 15m/s 以内，降低烟道阻力，避免烟道振动。

为了防止高温烟气对吸收塔非金属衬层可能造成的破坏，规定了吸收塔前入口烟道应设置烟气降温设施。

6.6.3 吸收剂制备与供应系统

优先选用石灰石作为吸收剂，虽然一次投资略大，但是石灰石来源广泛，价格便宜，长期来看，相对于石灰作为吸收剂，可大幅降低原料供应成本。

因烧结机烟气 SO₂ 浓度波动较大，为了使浆液制备系统出力适应烧结烟气特点，规定了吸收剂制备系统的出力应按设计工况下石灰石消耗量的 150%选择。

采用湿式球磨机制浆工艺时，规定石灰石浆液箱容量宜不小于设计工况下 6~10h 的石灰石浆液消耗量。其石灰石浆液箱容量应根据石灰石矿产地离企业的运输距离合理选择，距离较远时，石灰石浆液箱容量取上限；距离较近时，石灰石浆液箱容量取下限。

吸收塔运行过程中可能产生大颗粒固体物或混入漂浮物，如果被吸入吸收塔浆液循环泵，将导致泵叶轮的损坏或对吸收塔喷嘴形成堵塞，因此，规定了浆液循环泵入口应设置滤网。

6.6.4 吸收系统

研究表明：吸收塔内烟气流速在 2.5m/s~3.66m/s 之间时，脱硫效率随流速的增加而增加；当烟气流速 >3.66m/s 时，脱硫效率随烟气流速的增加而降低。烧结机烟气流量波动较大，在烟气量大幅增加时，吸收塔内烟气流速也会增加。因此，为了维持较高的脱硫效率同时保持吸收塔设计的经济合理性，规定了吸收塔内烟气流速不宜取值太大，宜 ≤3.6m/s。

烧结机烟气温度波动较大，且烟气中含水量达到 9~12%，导致吸收塔内气液平衡温度较高，为了保证烟气脱硫效率，规定了吸收塔最低液气比取值宜不小于 10L/Nm³。

为了适应烧结机烟气 SO₂ 浓度波动及烟气量波动，同时节省运行费用，规定了喷淋层数不得少于 3 层。吸收塔循环泵宜考虑单元制设置，即 1 台循环泵对应 1 个喷淋层。在烧结机烟气 SO₂ 浓度较低或烟气量较小时，在保证净烟气 SO₂ 达

标排放的前提下，经济合理地选择浆液循环泵开启的台数。此外，为确保吸收塔喷淋层雾化效果且满足喷淋层维护检修要求，规定了喷淋层之间间距不宜小于 1.8 米。

目前，国内不少烧结机烟气湿法脱硫装置存在“烟囱雨”现象，避免“烟囱雨”产生的关键因素是除雾器的合理选择。经工程实践，选用三级除雾器可提高除雾效果，因此吸收塔顶宜设置三级除雾器，第 1 级宜采用管式除雾器，第 2 级和第 3 级宜采用屋脊式除雾器或平板式除雾器。

钢铁烧结机烟气脱硫通常采用塔顶直排烟囱，为了避免“烟囱雨”的产生，规定了烟囱出口烟气流速宜不超过 12m/s。

采用“烟塔合一”一体型烟囱设计的关键点是支撑形式，一体型烟囱的支架形式一般分为自立式和外部支架式。自立式支架通过吸收塔自身结构设计来克服上部烟囱的水平力荷载。烟囱和吸收塔搭接部位采用焊接、螺栓紧固等硬性连接，外部支撑架式通常采用外部钢结构形式，使之克服烟囱自身的水平载荷和垂直载荷。

支撑形式的选择主要决定于脱硫吸收塔和顶部烟囱的外部尺寸。烟囱顶部至地面绝对高度 H 和脱硫吸收塔直径 D 之比，即 $H/D \leq 15$ 时，可优先考虑选用自立式结构，以节约项目投资。

为了防止吸收塔内浆液沉积，根据流场模拟与工程实践，当采用侧进式搅拌器搅拌时，比功率不宜小于 $0.08\text{kW}/\text{m}^3$ ；当采用循环悬浮搅拌时，其循环悬浮浆液量不宜小于 $8.5\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 。

6.6.5 氧化空气系统

为了防止氧化空气入塔温度大于塔内浆液温度而在接触浆液端发生蒸发而导致结垢堵塞，规定了氧化风机出口管入塔前宜设置喷淋增湿降温设施，确保氧化空气入塔前的温度低于吸收塔浆液池浆液温度。

为了确保吸收塔内亚硫酸钙及时、充分地氧化为硫酸钙，有效地防止吸收塔内浆液中亚硫酸钙与硫酸钙生成复合晶垢而在吸收塔内结垢，经过研究与工程实践证实：当采用氧化空气喷枪对浆液进行氧化时，氧硫摩尔比应 ≥ 2 ；当采用氧化空气分布管对浆液进行氧化时，氧硫摩尔比应 ≥ 2.8 。

当氧化风机流量大于 $6000\text{m}^3/\text{h}$ ，且压力较高时，往往选型较困难，此时，可将氧化风机设置成多台（3 台及以上），其中至少应考虑一台备用。

6.6.6 事故排空系统

设置事故排空系统是在吸收塔发生运行故障或定期检修维护时，需要清空浆液池浆液而设置的。本节规定了该系统设置的相关要求。

6.6.7 副产物处理系统

用于脱水的设备主要有真空皮带脱水机、离心脱水机、板框压滤机等。针对石灰石/石灰-石膏法产生的脱硫副产物特性，经过实践综合比较，效果最好的是真空皮带脱水机。所以，推荐石膏脱水机采用真空皮带脱水机。在处理能力方面，规定应适应烧结机烟气 SO_2 浓度的大幅波动带来石膏产出量的变化。因此，其出力推荐按设计工况下副产物产量的 150% 选择，且满足不小于满负荷下最大入口烟气 SO_2 浓度时的副产物产量。

目前，脱硫石膏主要用作建筑石膏和水泥缓凝剂。作建筑石膏时需要经干燥、煅烧。因此，石膏含水量的多少主要根据干燥设备的能耗确定，一般要求进厂石膏含水量小于 10%，以减少加工过程干燥能耗。用于水泥缓凝剂时有两种情况：用作高标号水泥时仍需要通过煅烧成型，要求与用作建筑石膏时相同；另一种情况是直接添加在水泥中，此时石膏的含水量一般应控制在 15% 以下。基于上述原因，规定了脱水系统的副产石膏含水率应不大于 10%。

6.6.8 工艺水系统

根据烧结烟气脱硫装置的特性以及不同位置用水特性，分为工艺用水、除雾器冲洗用水及管道冲洗用水，因此宜配置工艺水泵和除雾器冲洗水泵。

6.6.9 压缩空气系统

压缩空气系统的设计主要参考国家及钢铁行业的通用规范。

6.6.10 脱硫废水处理系统

烧结机烟气中通常含有氯化氢（HCl），Cl⁻将在吸收塔内不断富集，加剧了脱硫装置设备和管道的腐蚀。因此，脱硫装置应排放一定量的脱硫废水而维持浆液中的 Cl⁻不超出规定值。另一方面，为实现脱硫废水循环利用的要求，应设置脱硫废水处理系统。由于单台烧结机脱硫废水量较小，所以规定了多套脱硫装置宜合设一套废水处理系统。若厂内有污水处理系统，脱硫废水可根据实际情况，不单设废水处理系统，可经过除重金属和悬浮物等简单处理后排入厂区废水处理系统作深度处理。

脱硫废水处理系统的设计处理能力应考虑一定富裕量，为保证废水处理系统

稳定可靠运行，应尽量考虑连续运行。

脱硫废水经处理合格回用时，回用设施应有防氯离子腐蚀的措施。脱水后污泥含有少量重金属，应妥善处置。

为了保证脱硫废水的处理效果，有效去除废水中的重金属离子及悬浮物，规定了除重金属过程设置的中和箱、反应箱、絮凝箱的水力停留时间宜不少于30min，浓缩澄清池（器）的水力停留时间宜不少于8h。

用于废水处理的药品种类较多，加药量将会直接影响废水处理效果。因此，规定添加各类药剂时应有准确的计量设施。

6.7 主要工艺设备和材料

6.7.1 主要工艺设备

当设脱硫增压风机时，烧结机烟气脱硫装置的烟气量通常较大而系统阻力较低，以 360m^2 烧结机为例，其烟气量通常会达到 $2000000\text{m}^3/\text{h}$ （工况），而脱硫装置的系统阻力通常小于 2000Pa ，适应此工况条件的风机只能在静叶可调轴流风机、动叶可调轴流风机和高效离心风机之间选择。其中静叶可调轴流风机与动叶可调轴流风机效率较高，输送风量大，造价昂贵；高效离心风机效率稍低，输送风量较小，但造价较低，需要采用多台。因此，规定了 360m^2 及以上烧结机的脱硫增压风机宜采用静叶可调轴流风机或动叶可调轴流风机， 360m^2 以下烧结机的脱硫增压风机宜采用高效离心风机和静叶可调轴流风机。

为了适应烧结工况下烟气量的波动，增压风机的风量须按烧结机最大负荷工况下的烟气量选取，当烟气量较小时，必然导致“大马拉小车”现象，造成风机能耗高。因此，为减少风机的能耗损失，规定了增压风机电动机宜采用变频器调节。

氧化风机的压升选择与氧化风管在浆液中的插入深度有关。 0.098MPa 是单级罗茨风机与多级罗茨风机的分界点，而多级罗茨风机运行故障多。因此，当压升低于 0.098MPa 时，宜选用罗茨风机或离心风机；当压升大于 0.098MPa 时，宜选用单级高速离心风机或螺杆风机。

浆液循环泵通常流量达到每小时数千甚至上万立方米，而泵的扬程通常不超过 26m ，且石膏浆液中含有大量悬浮固体。因此，推荐选用大流量、低扬程、低转速的离心泵，以适应工况要求并防止叶轮快速磨损。

6.7.2 材料选择

结合烧结机烟气脱硫的具体工艺特点，提出烧结机烟气脱硫工程中材料选择

主要遵循的原则。

a) 吸收塔的筒体材质参考烟气脱硫行业的使用情况进行选择，也充分考虑了烧结机烟气脱硫过程中不同介质条件下的使用寿命。

b) 吸收塔兼具常压储罐和衬里钢壳设备的特征。规定必须确保非金属材料与金属材料之间的粘结强度。同时，承压部件的自身设计应确保非金属材料长期稳定地粘结在承压部件上。

c) 吸收塔入口烟道（入口烟气激冷和浆液飞溅界面区），为通常说的干湿界面区，即介质条件在干湿之间来回波动的区域，区域内喷淋水在蒸发过程中，因酸和氯化物浓缩温度较高且冷热交替，产生了苛刻的腐蚀和热应力集中条件，对防腐材料有较高要求。所以，推荐选用高镍基合金板贴衬，而且高镍基合金板经过大量实践证明适应性较好。

d) 考虑到不同组分的吸收液具有不同程度的磨蚀性和腐蚀性，提出了吸收液泵材质的选择应充分考虑不同介质的耐磨、耐腐情况。

e) 提出了浆液管道材质的选择应充分考虑管内介质的腐蚀性与耐磨性。

吸收塔以普通碳素钢为结构材料，以玻璃鳞片树脂和丁基橡胶为主体防腐材料，局部采用贴衬合金。这样搭配使用，经济可靠。

石膏浆液中氯离子浓度高达 20000ppm、氟离子也会达 1000ppm，同时还含有还原性的金属离子和固体颗粒物。因此，在选择浆液循环泵时，应充分考虑浆液的腐蚀与磨蚀，接触浆液过流部件的材质应满足在酸性浆液中同时抗氯离子、氟离子及金属离子持续腐蚀及浆液中固体颗粒磨蚀的要求。所以，推荐浆液循环泵采用全合金金属泵或衬胶泵。

对于防腐材料，不同的供应商拥有不同的配料技术和施工工艺，且大多不公开，为了规范防腐材料的质量要求，本标准只规定玻璃鳞片树脂和橡胶衬里材料应符合的相关要求。

6.8 检测与过程控制

6.8.1 一般规定

烟气脱硫装置目前已在新建钢厂普及，规定新装设的脱硫装置的自动化系统应与烧结机自动化水平一致。

烟气脱硫装置的控制尽量集中，达到减员增效的目的。设置必要的就地控制设备，便于运行和检修人员检查和调试。就地控制设备通过必要的硬接线与脱硫

控制系统相连，所有的操作和控制由脱硫控制系统完成。易受干扰的重要信号采用多点冗余设置，以确保数据检测可靠性。

6.8.2 自控检测

针对烟气脱硫装置物料特殊性，规定了一次测量仪表、传输系统的选择原则及应特别注意的地方。

6.8.3 自动控制电源

对脱硫装置自动控制电源的应用方式进行规定。

6.8.4 通信系统

规定了脱硫装置控制系统的设置要求，同时根据各企业的实际情况，烟气脱硫分散控制系统设置与管理信息系统（L3）的通讯接口。

6.9 主要辅助系统

6.9.1 电气系统

6.9.1.1 脱硫装置用电的设计应保证供电可靠性、灵活性，确保其和主机同时运行。

6.9.1.2 烧结机烟气脱硫装置通常属于技改工程，如果高压厂用工作变电有足够备用容量，且原有高压厂用开关设备的短路动热稳定值及电动机启动的电压水平均满足要求时，脱硫高压工作电源应从高压厂用工作母线引接，否则，应设专用脱硫高压变压器。

6.9.1.3 每个吸收塔宜设 1 段高压母线段，采用单母线接线方式。每段脱硫高压母线应设置备用电源。

6.9.2 建筑与结构

脱硫装置建筑设计应根据生产流程、功能要求、自然条件、建筑材料和建筑技术等因素，结合工艺设计，做好建筑物的平面布置和空间组合，合理解决房屋内部交通、防火、防水、防爆、防腐蚀、防潮、防噪声、防震、隔振、保温、隔热、日照、采光、自然通风和生活设施等问题。

6.9.3 采暖、通风与空气调节

6.9.3.1 烧结过程中通常有大量余热可供利用，其主厂房采暖通常采用蒸汽采暖或热水采暖，脱硫装置建（构）筑物的采暖应与烧结装置建筑物保持一致。当厂区设有集中采暖系统时，采暖热源宜由烧结装置集中采暖系统引接。

6.9.3.2 脱硫装置建筑物内各工艺房间采用自然进风、机械排风，通风量按照排除房间余热或余湿计算。因各地气象条件差别很大，应根据房间余热余湿量计算通

风量，不能简单估算，对余热和余湿量均较大的建筑和车间，通风量应按排除余热或余湿所需空气量中较大的计算。

6.9.3.3 变压器室、配电室、蓄电池室以及电动机功率超过 200kW 的设备间在运行过程中会产生大量余热，导致室内温度较高，因此宜设置通风装置去除余热。

6.9.4 给排水

具体设计可参考钢铁企业及相关行业的通用规范，对于特殊要求的本标准也作出了明确规定。

6.9.5 消防

具体设计可参考钢铁企业及相关行业的通用规范，对于特殊要求的本标准也作出了明确规定。

6.10 劳动安全与职业卫生

参照国家及钢铁行业的通用规范执行。

6.11 施工与验收

参照国家及钢铁行业的通用规范执行。

6.12 运行与维护

脱硫装置属于烧结车间不可分割的一个独立工序，因此其运行与维护应设立专门管理部门，并配备相应的人员和设备，并建立、健全运行与维护的管理制度、岗位操作规程、主要设备运行台账制度和质量管理体系等文件，按照相关规定做好交接班和巡视，其环保监测的主要指标应纳入全厂监测系统，实现随时监控。其维护保养也应纳入全厂的维护保养计划。

7. 标准实施的环境效益及技术经济分析

7.1 环境效益分析

近几年以来，钢铁行业二氧化硫减排取得了显著成效，钢铁烧结机脱硫设施 389 台，烧结机总面积 6.32 万平方米；钢铁球团脱硫设施 44 台，球团年生产能力 1461 万吨；石灰石/石灰-石膏法脱硫装置为 206 套，烧结面积 28930.8 平方米，从台数分析，占已投运烧结机脱硫装置的 52.7%，从烧结面积分析，占已投运烧结机脱硫装置的 46%。其脱硫效率普遍在 95%以上，极大地改善了大气环境质量，且脱硫副产物大部分已作为水泥缓凝剂实现了循环利用，脱硫废水经过处理

用于原料堆场加湿抑尘等实现了利用。

7.2 技术经济分析

7.2.1 工程投资分析

以某 360m² 烧结机烟气脱硫工程为例，工程总投资 4690 万元，各部分组成见表 9。

表 9 某 360m² 烧结机烟气脱硫工程投资分析

设备购置费 (万元)	建筑工程费 (万元)	安装工程费 (万元)	其他费用 (万元)	合计 (万元)
2450	843	1367	382	5042
48.6%	16.7%	27.1%	7.6%	100%

根据已建成工程调查统计，单位烧结机面积的工程投资为 14 万元~26 万元/m²之间，均值为 21 万元/m²。

7.2.2 运行费用分析

运行费用主要包括吸收剂消耗、能源动力（水、电、气）消耗、人工费用、折旧费、维修费用等，与烧结机规模及烧结烟气中 SO₂ 浓度密切相关，烧结矿的运行费用通常在 5 元~9.2 元/吨，其中电耗费用通常占到全部费用的 50%以上，其次为吸收剂消耗，占全部费用的 16%以上，其他各项费用占比均较小。

8. 标准实施建议

本标准为首次制定，建议在实施过程中先试运行一段时间，根据实际应用情况，进行进一步的修订完善，以满足指导烧结机烟气脱硫治理工程建设的要求。

9. 附录

附录 1 国内已投运的烧结机湿式石灰石/石灰-石膏法脱硫工程清单

序号	企业名称	生产线	烧结机面积 (m ²)	脱硫工艺	设计脱硫效率	投运时间
1	河北钢铁集团敬业钢铁有限公司	4#烧结机	230	石灰石-石膏法	95%	2011.07.17
2	河北钢铁集团敬业钢铁有限公司	5#烧结机	230	石灰石-石膏法	95%	2012.05.06
3	河北钢铁集团承德分公司	2#烧结机	360	石灰-石膏法	95%	2012.10.31
4	河北钢铁集团承德分公司	3#烧结机	360	石灰-石膏法	95%	2012.10.31
5	承德建龙特殊钢有限公司	1#烧结机	265	石灰-石膏法	95%	2010.08.01
6	宽城兆丰钢铁集团有限公司	1#烧结机	100	石灰-石膏法	95%	2011.10.25
7	宽城兆丰钢铁集团有限公司	2#烧结机	100	石灰-石膏法	95%	2011.10.25
8	承德盛丰钢铁有限公司	2#烧结机	200	石灰-石膏法	95%	2010.08.30
9	秦皇岛佰工钢铁有限公司	1#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2011.09.28
10	秦皇岛佰工钢铁有限公司	2#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2011.09.28
11	唐山市春兴特种钢有限公司	1#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2010.08.10
12	唐山市国义特种钢铁有限公司	2#烧结机	120	石灰石-石膏法	95%	2010.08.10
13	唐山不锈钢有限责任公司	4#烧结机	132	石灰石-石膏法	95%	2010.05.14
14	河北唐银钢铁有限公司	3#烧结机	180	石灰-石膏法	95%	2010.05.24
15	唐山众业不锈钢有限公司	1#烧结机	36	石灰-石膏法	95%	2010.01.01

序号	企业名称	生产线	烧结机面积 (m ²)	脱硫工艺	设计脱硫效率	投运时间
16	唐山众业不锈钢有限公司	2#烧结机	36	石灰-石膏法	95%	2010.01.01
17	河北津西钢铁集团股份有限公司	1#烧结机	195	石灰-石膏法	95%	2012.03.19
18	河北津西钢铁集团股份有限公司	4#烧结机	265	石灰-石膏法	95%	2010.04.08
19	唐山新宝泰钢铁有限公司	2#烧结机	92	石灰-石膏法	95%	2009.09.01
20	唐山新宝泰钢铁有限公司	3#烧结机	92	石灰-石膏法	95%	2010.10.01
21	河北天柱钢铁集团有限公司	2#烧结机	96	石灰-石膏法	95%	2009.09.15
22	河北天柱钢铁集团有限公司	3#烧结机	108	石灰-石膏法	95%	2010.10.15
23	河北津西钢铁集团正达钢铁有限公司	1#烧结机	92	石灰-石膏法	95%	2010.10.01
24	河北津西钢铁集团正达钢铁有限公司	2#烧结机	92	石灰-石膏法	95%	2009.11.01
25	唐山港陆钢铁有限公司	1#烧结机	72	石灰-石膏法	95%	2009.09.28
26	唐山港陆钢铁有限公司	2#烧结机	72	石灰-石膏法	95%	2009.09.28
27	唐山港陆钢铁有限公司	3#烧结机	100	石灰-石膏法	95%	2011.10.19
28	唐山港陆钢铁有限公司	4#烧结机	100	石灰-石膏法	95%	2011.10.19
29	唐山港陆钢铁有限公司	5#烧结机	200	石灰-石膏法	95%	2012.11.26
30	唐山港陆钢铁有限公司	6#烧结机	200	石灰-石膏法	95%	2012.11.26
31	唐山建龙事业有限公司	1#烧结机	52	石灰-石膏法	95%	2009.09.02

序号	企业名称	生产线	烧结机面积 (m ²)	脱硫工艺	设计脱硫效率	投运时间
32	唐山建龙事业有限公司	2#烧结机	52	石灰-石膏法	95%	2009.09.02
33	唐山建龙事业有限公司	3#烧结机	52	石灰-石膏法	95%	2009.09.02
34	河北钢铁集团燕山钢铁有限公司	3#烧结机	132	石灰-石膏法	95%	2009.09.30
35	河北钢铁集团燕山钢铁有限公司	4#烧结机	90	石灰-石膏法	95%	2011.09.30
36	迁安市津唐球墨铸管有限公司	1#烧结机	32	石灰-石膏法	95%	2009.09.30
37	迁安市成达精密铸造有限公司	1#烧结机	32	石灰-石膏法	95%	2011.09.30
38	迁安轧一钢铁集团有限公司	1#烧结机	90	石灰-石膏法	95%	2011.06.30
39	迁安轧一钢铁集团有限公司	2#烧结机	90	石灰-石膏法	95%	2011.06.30
40	迁安轧一钢铁集团有限公司	1#烧结机	90	石灰-石膏法	95%	2009.09.30
41	河北钢铁集团松汀钢铁有限公司	1#烧结机	92.5	石灰-石膏法	95%	2011.09.30
42	河北钢铁集团松汀钢铁有限公司	2#烧结机	92.5	石灰-石膏法	95%	2011.09.30
43	河北钢铁集团松汀钢铁有限公司	新区烧结机	176	石灰-石膏法	95%	2010.09.30
44	迁安联钢津安钢铁有限公司	1#烧结机	72	石灰-石膏法	95%	2009.09.30
45	河北京东管业有限公司	1#烧结机	33	石灰-石膏法	95%	2011.04.30
46	河北钢铁集团鑫达钢铁有限公司	1#烧结机	90	石灰-石膏法	95%	2011.06.30
47	河北钢铁集团鑫达钢铁有限公司	3#烧结机	152	石灰-石膏法	95%	2011.09.30

序号	企业名称	生产线	烧结机面积 (m ²)	脱硫工艺	设计脱硫效率	投运时间
48	河北钢铁集团九江线材有限公司	3#烧结机	90	石灰-石膏法	95%	2011.09.30
49	河北钢铁集团九江线材有限公司	4#烧结机	90	石灰-石膏法	95%	2011.09.30
50	河北钢铁集团九江线材有限公司	6#烧结机	90	石灰-石膏法	95%	2009.09.30
51	河北钢铁集团九江线材有限公司	7#烧结机	90	石灰-石膏法	95%	2009.09.30
52	迁安市金丰铸管有限公司	1#烧结机	75	石灰-石膏法	95%	2011.09.30
52	河北钢铁集团荣信钢铁有限公司	4#烧结机	100	石灰-石膏法	95%	2011.09.30
53	河北钢铁集团荣信钢铁有限公司	5#烧结机	100	石灰-石膏法	95%	2009.09.30
54	唐山东海钢铁集团特钢有限公司	1#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2011.09.30
55	唐山东海钢铁集团有限公司	1#烧结机	98	石灰石-石膏法	95%	2009.12.15
56	唐山安泰钢铁有限公司	2#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2009.12.15
57	唐山兴隆钢铁有限公司	1#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2009.12.15
58	滦县荣义钢铁有限公司	1#烧结机	60	石灰石-石膏法	95%	2009.12.15
59	滦县金马工业有限公司	1#烧结机	96	石灰石-石膏法	95%	2012.09.30
60	滦县金马工业有限公司	2#烧结机	96	石灰石-石膏法	95%	2012.09.30
61	唐山国丰钢铁有限公司	1#烧结机	230	石灰-石膏法	95%	2012.02.29
62	唐山国丰钢铁有限公司	2#烧结机	230	石灰-石膏法	95%	2012.02.29

序号	企业名称	生产线	烧结机面积 (m ²)	脱硫工艺	设计脱硫效率	投运时间
63	唐山东华钢铁企业集团有限公司	1#烧结机	120	石灰-石膏法	95%	2010.09.17
64	唐山东华钢铁企业集团有限公司	2#烧结机	120	石灰-石膏法	95%	2011.07.28
65	唐山市清泉钢铁集团有限公司	1#烧结机	120	石灰-石膏法	95%	2011.01.01
66	唐山市丰南区经安钢铁有限公司	1#烧结机	180	石灰-石膏法	95%	2010.10.01
67	唐山贝氏体钢铁福丰钢铁有限公司	1#烧结机	96	石灰-石膏法	95%	2009.09.01
68	唐山贝氏体钢铁顺兴钢铁有限公司	1#烧结机	112	石灰-石膏法	95%	2012.08.28
69	唐山市丰南区凯恒钢铁有限公司	1#烧结机	198	石灰-石膏法	95%	2010.10.01
70	唐山瑞丰钢铁粤丰钢铁有限公司	1#烧结机	105	石灰-石膏法	95%	2009.07.01
71	霸州市心里钢铁有限公司	1#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2012.10.25
72	南宫市双龙金属制品有限公司	1#烧结机	68	石灰-石膏法	95%	2012.08.16
73	南宫市双龙金属制品有限公司	2#烧结机	68	石灰-石膏法	95%	2012.08.16
74	德龙钢铁集团有限责任公司	二期烧结机	156	石灰-石膏法	95%	2011.12.15
75	邯钢集团邯宝公司	1#烧结机	300	石灰石-石膏法	95%	2010.12.28
76	邯钢集团邯宝公司	2#烧结机	300	石灰石-石膏法	95%	2010.12.28
77	新兴铸管股份有限公司	4#烧结机	45	石灰石-石膏法	95%	2011.12.15
78	新兴铸管股份有限公司	5#烧结机	45	石灰石-石膏法	95%	2011.12.16

序号	企业名称	生产线	烧结机面积 (m ²)	脱硫工艺	设计脱硫效率	投运时间
79	华瑞(邯郸)铸管有限公司	2#烧结机	110	石灰-石膏法	95%	2011.12.13
80	邯郸市峰峰恒丰钢铁有限公司	1#烧结机	60	石灰-石膏法	95%	2011.06.27
81	邯郸鹏鑫特种钢铁有限公司	1#烧结机	46	石灰-石膏法	95%	2010.12.01
82	河北钢铁集团永洋钢铁有限公司	1#烧结机	90	石灰-石膏法	95%	2011.11.29
83	河北纵横钢铁集团有限公司	3#烧结机	100	石灰-石膏法	95%	2012.11.30
84	中普(邯郸)钢铁有限公司	1#烧结机	180	石灰-石膏法	95%	2011.12.20
85	中普(邯郸)钢铁有限公司	2#烧结机	180	石灰-石膏法	95%	2011.12.20
86	元宝山(邯郸)钢铁能源有限公司	1#烧结机	72	石灰-石膏法	95%	2009.06.01
87	河北兴华钢铁有限公司	1#烧结机	72	石灰-石膏法	95%	2009.05.12
88	武安市裕安钢铁有限公司	1#烧结机	72	石灰-石膏法	95%	2010.06.01
89	河北新武安钢铁明芳钢铁有限公司	1#烧结机	180	石灰-石膏法	95%	2009.06.17
90	河北新金钢铁有限公司	1#烧结机	72	石灰-石膏法	95%	2009.06.01
91	河北新金钢铁有限公司	2#烧结机	200	石灰-石膏法	95%	2011.11.01
92	新武安钢铁集团鑫汇冶金有限公司	3#烧结机	200	石灰-石膏法	95%	2011.12.20
93	河北新武安钢铁东山冶金有限公司	1#烧结机	72	石灰-石膏法	95%	2009.06.01
94	河北龙凤山铸业有限公司	1#烧结机	130	石灰-石膏法	95%	2010.06.01

序号	企业名称	生产线	烧结机面积 (m ²)	脱硫工艺	设计脱硫效率	投运时间
95	山西美锦钢铁有限公司	1#烧结机	132	石灰石-石膏法	95%	2012.12.31
96	曲沃县民政福利企业有限公司	1#烧结机	32	石灰石-石膏法	95%	2010.10.24
97	曲沃县民政福利企业有限公司	2#烧结机	32	石灰石-石膏法	95%	2010.10.24
98	山西立恒钢铁有限公司	1#烧结机	95	石灰石-石膏法	95%	2011.08.28
99	山西立恒钢铁有限公司	2#烧结机	95	石灰石-石膏法	95%	2011.08.28
100	山西中宇钢铁有限公司	1#烧结机	100	石灰石-石膏法	95%	2012.12.31
101	山西中宇钢铁有限公司	2#烧结机	100	石灰石-石膏法	95%	2012.12.31
102	山西中宇钢铁有限公司	3#烧结机	100	石灰石-石膏法	95%	2012.12.31
103	山西中宇钢铁有限公司	4#烧结机	100	石灰石-石膏法	95%	2012.12.31
104	临汾志强钢铁有限公司	1#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2010.01.01
105	临汾志强钢铁有限公司	2#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2010.01.01
106	酒钢集团翼城钢铁有限责任公司	1#烧结机	42	石灰石-石膏法	95%	2011.09.30
107	酒钢集团翼城钢铁有限责任公司	2#烧结机	42	石灰石-石膏法	95%	2011.09.30
108	襄汾县新金山特钢有限公司	1#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2011.01.01
109	襄汾县星原钢铁集团有限公司	1#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2009.06.01
110	襄汾县星原钢铁集团有限公司	2#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2011.05.01

序号	企业名称	生产线	烧结机面积 (m ²)	脱硫工艺	设计脱硫效率	投运时间
111	山西安泰集团股份有限公司	1#烧结机	100	石灰石-石膏法	95%	2012.12.04
112	山西安泰集团股份有限公司	2#烧结机	100	石灰石-石膏法	95%	2012.12.04
113	山西新泰钢铁有限公司	3#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2012.11.14
114	山西中阳钢铁有限公司	1#烧结机	200	石灰石-石膏法	95%	2012.06.28
115	山西中阳钢铁有限公司	2#烧结机	200	石灰石-石膏法	95%	2012.07.05
116	文水海威钢铁有限公司	2#烧结机	200	石灰石-石膏法	95%	2012.12.30
117	包头钢铁集团有限公司	4 烧 1#烧结机	265	石灰石-石膏法	95%	2011.12.01
118	包头钢铁集团有限公司	4 烧 2#烧结机	265	石灰石-石膏法	95%	2011.12.01
119	包头市大安钢铁有限责任公司	1#烧结机	36	石灰石-石膏法	95%	2008.06.01
120	包头市大安钢铁有限责任公司	2#烧结机	96	石灰石-石膏法	95%	2008.12.01
121	鄂托克旗华鑫建材有限公司	1#烧结机	75	石灰石-石膏法	95%	2012.05.01
122	本溪钢铁有限公司炼铁厂	1#烧结机	265	石灰石-石膏法	95%	2011.10.30
123	本溪钢铁有限公司炼铁厂	2#烧结机	265	石灰石-石膏法	95%	2011.10.30
124	吉林建龙钢铁有限责任公司	1#烧结机	360	石灰-石膏法	95%	2011.12.20
125	吉林恒联精密铸造科技有限公司	1#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2011.11.14
126	黑龙江建龙钢铁有限公司	1#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2012.11.12

序号	企业名称	生产线	烧结机面积 (m ²)	脱硫工艺	设计脱硫效率	投运时间
127	黑龙江建龙钢铁有限公司	2#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2012.11.12
128	宝钢不锈钢分公司	1#烧结机	226	石灰石-石膏法	95%	2009.04.07
129	宝钢股份直属厂部	2#烧结机	450	石灰石-石膏法	95%	2011.01.31
130	宝钢股份直属厂部	3#烧结机	450	石灰石-石膏法	95%	2009.04.20
131	上海梅山钢铁股份有限公司	3#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2008.02.29
132	宁波钢铁有限公司	1#烧结机	430	石灰-石膏法	95%	2012.09.03
133	宁波钢铁有限公司	2#烧结机	430	石灰-石膏法	95%	2012.09.03
134	铜陵富鑫钢铁有限公司	1#烧结机	60	石灰-石膏法	95%	2011.09.28
135	铜陵富鑫钢铁有限公司	2#烧结机	60	石灰-石膏法	95%	2011.09.28
136	福建鑫海冶金有限公司	1#烧结机	98.8	石灰石-石膏法	95%	2008.09.18
137	福建鑫海冶金有限公司	2#烧结机	104	石灰石-石膏法	95%	2008.09.18
138	福建亿鑫钢铁有限公司	1#烧结机	60	石灰石-石膏法	95%	2008.10.30
139	福建亿鑫钢铁有限公司	2#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2008.10.30
140	福建天尊新材料制造有限公司	1#烧结机	48	石灰石-石膏法	95%	2009.08.18
141	江西萍钢安源分公司	1#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2009.03.31
142	江西萍钢安源分公司	2#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2009.03.31

序号	企业名称	生产线	烧结机面积 (m ²)	脱硫工艺	设计脱硫效率	投运时间
143	济钢集团有限公司	2#烧结机	120	石灰-石膏法	95%	2011.08.17
144	济南庚辰钢铁有限公司	1#烧结机	36	石灰-石膏法	95%	2007.01.01
145	济南庚辰钢铁有限公司	2#烧结机	36	石灰-石膏法	95%	2007.01.02
146	青岛钢铁有限公司	4#烧结机	105	石灰-石膏法	95%	2011.09.19
147	张店钢铁总厂桓台分厂	1#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2011.04.29
148	淄博齐林傅山钢铁有限公司	1#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2011.09.21
149	淄博齐林傅山钢铁有限公司	2#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2011.09.21
150	淄博宏达钢铁有限公司	1#烧结机	132	石灰石-石膏法	95%	2010.06.05
151	淄博宏达钢铁有限公司	2#烧结机	132	石灰石-石膏法	95%	2010.06.05
152	山东隆盛钢铁有限公司	1#烧结机	108	石灰石-石膏法	95%	2011.04.29
153	山东隆盛钢铁有限公司	2#烧结机	108	石灰石-石膏法	95%	2011.04.29
154	山东鲁丽钢铁有限公司	1#烧结机	180	石灰-石膏法	95%	2010.10.28
155	山东石横特钢集团有限公司	1#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2012.04.01
156	山东石横特钢集团有限公司	3#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2010.12.25
157	威海鑫山集团有限公司铁厂	1#烧结机	36	石灰-石膏法	95%	2011.06.08
158	日照钢铁控股集团有限公司	6#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2011.06.10

序号	企业名称	生产线	烧结机面积 (m ²)	脱硫工艺	设计脱硫效率	投运时间
159	日照钢铁控股集团有限公司	7#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2011.06.10
160	日照钢铁控股集团有限公司	8#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2012.07.10
161	日照钢铁控股集团有限公司	9#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2012.07.10
162	日照钢铁控股集团有限公司	12#烧结机	360	石灰石-石膏法	95%	2010.09.20
163	日照钢铁控股集团有限公司	13#烧结机	360	石灰石-石膏法	95%	2010.09.20
164	莱芜钢铁集团有限公司	股份 1#烧结机	105	石灰-石膏法	95%	2011.09.26
165	莱芜钢铁集团有限公司	股份 2#烧结机	105	石灰-石膏法	95%	2011.09.26
166	莱芜钢铁集团有限公司	型钢 2#烧结机	265	石灰-石膏法	95%	2012.05.11
167	临沂江鑫钢铁有限公司	1#烧结机	60	石灰石-石膏法	95%	2010.11.01
168	临沂江鑫钢铁有限公司	2#烧结机	60	石灰石-石膏法	95%	2010.11.01
169	山东广富集团有限公司	1#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2010.06.04
170	山东广富集团有限公司	2#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2010.12.30
171	山东广富集团有限公司	3#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2010.12.30
172	山东传洋集团有限公司	1#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2011.06.17
173	山东传洋集团有限公司	2#烧结机	91	石灰石-石膏法	95%	2011.06.17
174	河南亚新钢铁集团有限公司	1#烧结机	132	石灰石-石膏法	95%	2012.12.25

序号	企业名称	生产线	烧结机面积 (m ²)	脱硫工艺	设计脱硫效率	投运时间
175	河南亚新钢铁集团有限公司	2#烧结机	132	石灰石-石膏法	95%	2012.12.25
176	河南亚新钢铁集团有限公司	3#烧结机	132	石灰石-石膏法	95%	2012.12.25
177	安阳县博盛钢铁公司	1#烧结机	98	石灰石-石膏法	95%	2012.12.04
178	安阳华诚特钢有限公司	1#烧结机	120	石灰石-石膏法	95%	2012.12.04
179	河南凤宝特钢有限公司	1#烧结机	230	石灰石-石膏法	95%	2012.11.08
180	河南凤宝特钢有限公司	2#烧结机	90	石灰石-石膏法	95%	2012.11.08
181	安阳市新普钢铁有限公司	1#烧结机	132	石灰石-石膏法	95%	2012.11.09
182	安阳市新普钢铁有限公司	2#烧结机	132	石灰石-石膏法	95%	2012.11.09
183	河南省纳士科技有限公司	烧结	92	石灰石-石膏法	95%	2005.12.16
184	河南济源钢铁（集团）有限公司	4#烧结机	120	石灰石-石膏法	95%	2013.02.27
185	河南济源钢铁（集团）有限公司	5#烧结机	120	石灰石-石膏法	95%	2013.02.27
186	湖北新冶钢有限公司	新烧结机	265	石灰石-石膏法	95%	2012.03.20
187	武汉钢铁集团鄂城钢铁有限公司	94m ² 烧结机	94	石灰石-石膏法	95%	2010.06.30
188	武汉钢铁集团鄂城钢铁有限公司	1#烧结机	260	石灰石-石膏法	95%	2010.10.01
189	华菱钢铁湘潭钢铁有限公司	1#烧结机	360	石灰石-石膏法	90%	2009.9.28
190	华菱钢铁湘潭钢铁有限公司	2#烧结机	360	石灰石-石膏法	95%	2011.09.02

序号	企业名称	生产线	烧结机面积 (m ²)	脱硫工艺	设计脱硫效率	投运时间
191	衡阳华菱钢管有限公司	1#烧结机	180	石灰石-石膏法	92%	2009.06.22
192	华菱涟源钢铁有限公司	2#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2010.12.31
193	阳春新钢铁有限责任公司	1#烧结机	198	石灰石-石膏法	95%	2012.07.05
194	阳春新钢铁有限责任公司	2#烧结机	105	石灰石-石膏法	95%	2012.07.05
195	广西盛隆冶金有限公司	1#烧结机	70	石灰石-石膏法	95%	2012.07.01
196	广西盛隆冶金有限公司	2#烧结机	70	石灰石-石膏法	95%	2012.07.01
197	达钢集团有限公司	1#烧结机	80	石灰-石膏法	95%	2010.06.10
198	达钢集团有限公司	2#烧结机	260	石灰石-石膏法	95%	2011.06.28
199	攀钢集团西昌新钢业有限公司	环形烧结机	70	石灰-石膏法	95%	2010.03.01
200	云南德胜钢铁有限公司	1#烧结机	105	石灰石-石膏法	95%	2010.04.13
201	云南德胜钢铁有限公司	2#烧结机	105	石灰石-石膏法	95%	2010.04.13
202	陕西龙门钢铁有限公司	5#烧结机	265	石灰石-石膏法	95%	2012.06.28
203	陕西龙门钢铁有限公司	6#烧结机	400	石灰石-石膏法	95%	2012.06.28
204	四川威远钢铁有限公司	1#烧结机	360	石灰石-石膏法	95%	2013.04.20
205	四川威远钢铁有限公司	2#烧结机	360	石灰石-石膏法	95%	2013.04.20
206	青海西宁特殊钢股份有限公司	2#烧结机	180	石灰石-石膏法	95%	2013.04.26