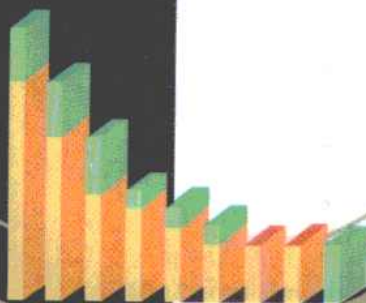


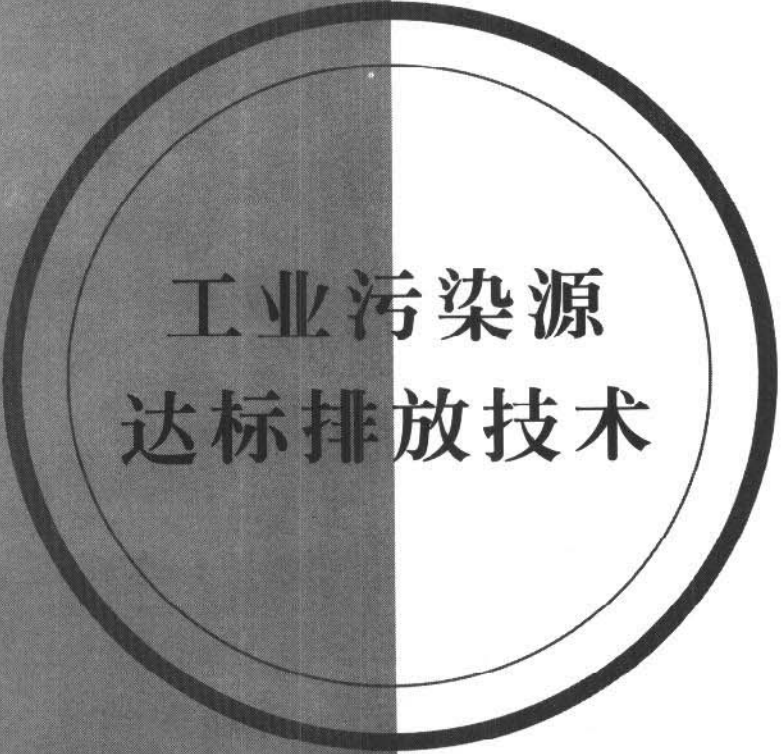
国家环境保护总局科技标准司 编

工业污染源 达标排放技术



中国环境科学出版社

国家环境保护总局科技标准司 编



**工业污染源
达标排放技术**

中国环境科学出版社·北京

前 言

为了保证《国务院关于环境保护若干问题的决定》(国发[1996]31号)提出的:“到2000年,全国所有工业污染源排放污染物要达到国家或地方规定的标准。”目标的实现,我司组织编写了《工业污染源达标排放技术》(简称“技术”)。该“技术”明确提出了国家环境保护总局关于到2000年对大气污染物和水污染物达标排放的主要行业的主要考核指标及应执行的标准、各主要排污行业的污染物来源、污染物达标控制技术、工程实例、主要配套设备及选配的监测分析方法等内容。

其中,大气污染物达标行业包括:锅炉、水泥厂、工业炉窑、火电厂等6个行业;水污染物达标排放行业包括:化工、轻工、纺织、冶金、医药、市政等57个行业和部门的水污染物排放。该“技术”内容丰富实用,反映了我国多年来推动清洁生产和污染治理的科技成果和工程实践。

本“技术”的编辑出版,对实现我国2000年工业污染源达标目标将起重要的指导作用,对促进各行业的清洁生产和达标治理技术的科研开发、技术推广和普及提高有一定的指导意义。

本“技术”可作为环境管理部门、科研设计部门和生产部门环保工作人员的重要参考书。

1999年9月9日

第一篇 大气污染物达标排放技术

- 工业锅炉
- 水泥厂
- 工业炉窑
- 炼焦炉
- 火电厂
- 工业粉尘

第一章 工业锅炉

一、排污行业

工业锅炉

二、污染源类别

烟尘、二氧化硫

三、执行标准及主要考核指标

执行 GB13271—91《锅炉大气污染物排放标准》。

主要考核指标：烟尘、二氧化硫（SO₂）。

（一）烟尘

（1）根据锅炉销售出厂时间，其初始排放最高允许烟尘浓度和烟气黑度，见表 1-1。

表 1-1 锅炉初始排放最高允许烟尘浓度和烟气黑度

燃烧方式	限值	烟尘浓度 mg/Nm ³				林格曼黑度, 级
		煤的灰分 A _{ar} ≤ 25%		煤的灰分 A _{ar} > 25%		
		1993.1.1~1995.12.31	1996.1.1 后	1993.1.1~1995.12.31	1996.1.1 后	
层燃炉	≤2.8MW	2000	1800	2200	2000	1
	>2.8MW	2400	2000	2600	2200	
抛煤机炉		5000		5500		
沸腾炉	循环流化床炉	15000				
	煤矸石	30000				
	其它煤种	20000				

（2）锅炉最高允许烟尘排放浓度、烟气黑度见表 1-2。

表 1-2 各时段锅炉最高允许烟尘排放浓度和烟气黑度

锅炉安装时间	烟尘浓度 mg/Nm ³			林格曼黑度, 级
	一类区	二类区	三类区	
1992.8.1 前	200	300	400	1
1992.8.1 起	100	250	350	1

(二) 二氧化硫 (SO₂)

1992 年 8 月 1 日起立项新安装或更换的锅炉, 其最高允许二氧化硫排放浓度见表 1-3。

表 1-3 锅炉最高允许二氧化硫排放浓度 (单位: mg/Nm³)

煤中含硫量 $S_{ar} \leq 2\%$	煤中含硫量 $S_{ar} > 2\%$
1200	1800

四、主要污染物来源

烟尘、二氧化硫 (SO₂) 污染物主要来自单台出力在 45.5MW (65t/h) 及以下各种用途的燃煤锅炉, 包括层燃锅炉、抛煤机锅炉和沸腾锅炉。

五、主要控制技术 (简介)

(一) 层燃锅炉炉体的改进与完善技术

为了提高燃烧效率, 控制锅炉初始烟尘浓度, 锅炉制造行业采取了以下技术措施:

- (1) 增加炉排面积、降低炉排热负荷, 使煤炭在炉排上有充分的燃烧时间;
- (2) 改进炉排片的结构和锅炉间的密封性能, 使送风均匀, 减少炉排两侧的漏风;
- (3) 完善炉膛中前拱和后拱布置, 使可燃气体在炉膛有足够的停留时间。

上述技术措施有利于锅炉燃烧稳定, 扩大煤种适应性, 保证出力, 降低锅炉初始烟尘排放浓度并开发了一批低污染节能型锅炉。

(二) 除尘技术

1. 多管旋风除尘技术

多管旋风除尘技术是在单筒旋风除尘技术的基础上, 为了提高对细微尘粒的性能而发展起来的一种组合式旋风除尘器。它由旋风子、箱体和出灰装置三部分组成。这种除尘器采用的单个旋风子的直径较小, 含尘气流在旋风子中旋转时, 有较大的离心力, 可以把较细微的尘粒分离出来。该技术的特点是:

- ❖ 无运行部件, 便于管理和维护;
- ❖ 旋风子可以用耐磨铸铁和陶瓷等材料制成, 使用寿命较长;
- ❖ 处理不同烟气量时, 可用不同数量的旋风子组合而成, 有利于标准化和系列化;
- ❖ 除尘性能优于单筒旋风除尘, 除尘效率为 90%~92%, 热态时烟气阻力为 1000~1200Pa, 在层燃锅炉上使用, 其烟尘排放浓度为 250~300mg/Nm³。

2. 湿式除尘脱硫技术

湿式除尘器的品种繁多,结构也不尽相同,但从除尘原理(即水与含尘气流的接触方式)分,大致有三种型式,即喷淋水滴、离心水膜和气泡。在实际使用中,往往是以上两种或三种接触方式的组合,此时,水气间传质性能会更好,除尘效率会更高,同时装置的阻力也会增大。

当湿式除尘器采用碱性水时,则在水、气接触捕集尘粒的同时,水中的碱性物质和烟气中二氧化硫等酸性气体发生中和作用,可脱去部分二氧化硫气体。

该类技术的特点及注意事项:

- ❖ 气、液间传质性能好,除尘效率可大于 95%,尤其是对细微尘粒也有较好的捕集能力,dc50 可在 1~5 μm 之间;
- ❖ 该类设备采用碱性水时可集除尘、脱硫于一体,结构紧凑、占地面积小;
- ❖ 钢制设备其内部应衬涂防腐、耐磨材料或整体设备由花岗岩制成;
- ❖ 水系列应做到水的循环使用。

(三) 脱硫技术

1. 双碱法烟气脱硫技术

该技术分为吸收与再生两大部分。氢氧化钠作为吸收剂在吸收塔内与烟气中的二氧化硫发生反应,其生成物在循环池中与氢氧化钙发生再生反应,还原成氢氧化钠,故系统中实际消耗的是价廉易取的消石灰。

2. 炉内喷钙烟气脱硫技术

该技术的基本原理是:石灰石在适当的炉膛温度区域内喷入,碳酸钙煅烧分解为氧化钙和二氧化碳,氧化钙与烟气中的二氧化硫在氧化气氛中生成硫酸钙;未反应的氧化钙随烟气进入设置在锅炉后部的增湿活化器水合为氢氧化钙,再与烟气中二氧化硫反应生成亚硫酸钙和硫酸钙,而完成整个脱硫过程。

该技术采用廉价的石灰石作原料,当钙硫比为 1.5 时脱硫率可达 80% 以上。

六、工程实例

(一) 层燃锅炉炉体的改进与完善技术

工程实例 1:

近几年来新鉴定的工业锅炉,由于采取了对锅炉炉体的改进与完善技术措施,其初始烟尘排放浓度大大降低,详见表 1-4。

(二) 除尘技术

1. 多管旋风除尘技术

工程实例 2:

大连市住宅办公室自 1988 年以来,在金南路六小区锅炉房、风光街锅炉房、寺儿沟锅炉房等处陆续安装了配用于 0.7~7MW (1~10t/h) 锅炉的 99 陶瓷多管旋风除尘器,经多

年运行表明情况良好。

表 1-4 锅炉初始烟尘浓度达标的实例

锅炉型号	初始排尘浓度(mg/Nm ³)	制造单位
KZL1—10—A II	1099.0	星火锅炉厂
DZW1—0.7—A II	1526.73	大连锅炉厂
DZL1.4—1.0—95/70—A II	1504	北京东升锅炉厂
DZL4—13—AIII	761.0	上海工业锅炉厂
DZL4—13—AIII	1263.84	北京四季青锅炉厂一分厂
DZL4—13—AIII	1162.95	青岛锅炉厂
SZL360—7/95/70—A II	805.0	天山锅炉厂
SZL6—13—AIII	1461	北京四季青锅炉厂
SHL6.5—13—A II	623.0	芜湖锅炉厂
SHL10—13—A II	1208.0	鞍山锅炉厂
DZL600—10/115/70—AIII	1047.39	上海工业锅炉厂
SZL10—13—A II	882.5	无锡太湖锅炉厂
QXL14—1.25/130/70—AIII	1530.07	北京锅炉厂
SZL10—1.25—A II	1243.38	无锡太湖锅炉厂
SZL14—1/95/70—A II	1833.5	兰州锅炉厂
DZL20—1.25—AIII	1126.0	上海四方锅炉厂

工程实例 3:

北京造纸六厂一台 7MW (10t/h) 锅炉上配用了 DX—10 型多管旋风除尘器,该除尘器的旋风子是用耐磨铸铁浇铸而成,经多年运行,稳定可靠,烟尘排放浓度低于 200mg/Nm³,广州市橡胶二厂一台 2.8MW (4t/h) 锅炉配用 DX—4 型多管旋风除尘器,经长时间运行后,测试其烟尘排放浓度也在 150mg/Nm³ 以下。该型除尘器已在全国有关省(市)得到推广应用。

2. 湿式除尘脱硫技术

工程实例 4:

SHG 型除尘脱硫器,它采用了干、湿一体化的结构型式,由干式旋风加上湿式筛板组成。不仅结构紧凑,占地面积小,且耗液量少。由于塔内持液量较大,气液接触充分,强化了传质过程,除尘脱硫效率高,已在徐州肉联厂、徐州重型机械厂等单位的 4.2MW (6t/h) 及其以下工业锅炉上使用,经实测除尘效率为 97.70%,脱硫效率在脱硫液 pH 值为 8~10 时可达 60%,烟气阻力小于 1000Pa。

工程实例 5:

北京现代建材公司 7MW (10t/h) 蒸汽锅炉上配用的 BL—EH 型双塔板湿式除尘脱硫器,并使用锅炉排污水和灰渣水等锅炉自身排放的碱性废水作为除尘用水,还配装了灰水分离器,经三年多来的连续运行,系统运行稳定可靠,除尘效率达到 97%~98%,在燃用低硫煤时脱硫效率 50%左右,并实现了除尘器用水的闭路循环。

工程实例 6:

旋风水膜—塔板湿式除尘脱硫器是在原湿式麻石水膜除尘器的顶部，增设了高效传质的塔板及除雾器构成。在武汉锅炉厂等单位的 7~45.5 MW (10~65t/h) 锅炉上得到了实际运用，性能可靠，除尘效率大于 97%，脱硫效率为 65%，烟尘和二氧化硫排放浓度符合锅炉排放标准的要求。

工程实例 7:

HCWS 型文丘里水膜除尘脱硫器，是在传统的湿式麻石文丘里水膜除尘器的基础上作了如下改进：采用了倒锥形筒体，使在筒体内形成的水膜不飘移，筒体中心部位增设了立芯管，改善了筒体内气流的流动；改进了文丘里喉部喷液装置及筒体上部的集水系统，并在筒体增设了除雾装置，强化了液气间的传质和避免了烟气中的带水。

该型设备已在北京住宅公司供热厂、北京益恒房地产开发公司等单位应用，除尘效率为 95%~98%，烟气阻力为 1000~1200Pa。

(三) 脱硫技术

工程实例 8:

杭州铁路分局水电段的 2.8MW (4t/h) 锅炉采用双碱法烟气脱硫技术治理锅炉尾气，其脱硫除尘工艺流程见图 1-1。

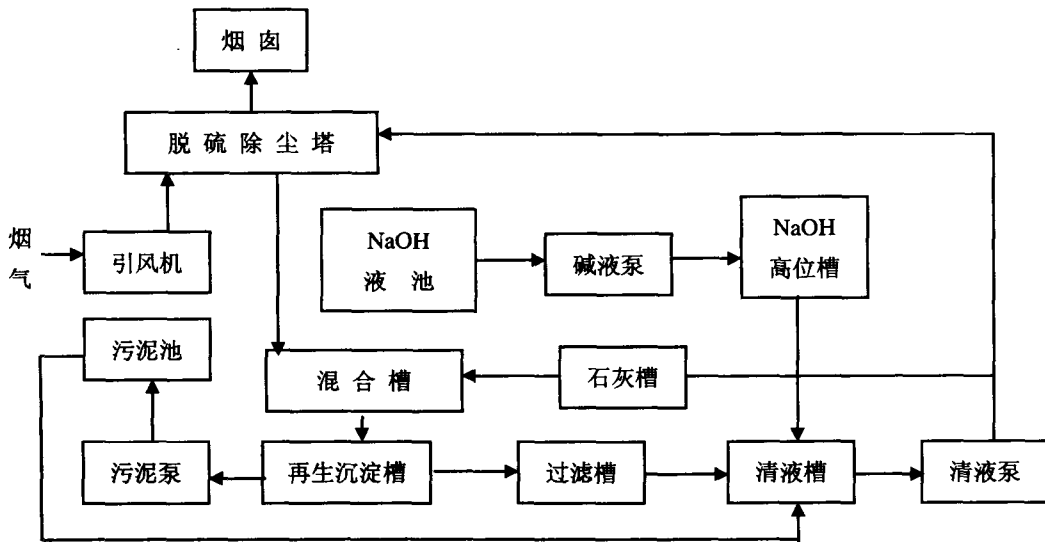


图 1-1 烟气双碱法脱硫除尘工艺流程图

经测试，该系统除尘效率为 91.97%，脱硫效率为 88.89%，阻力为 800Pa。现已有 15 台装置在杭州制氧机厂等单位使用。

工程实例 9:

贵州轮胎厂的一台 14MW (20t/h) 锅炉配用炉内喷钙脱硫装置后，在燃用含硫 5% 以

上的高硫煤，采用湿式文丘里水膜除尘器除尘时，系统脱效率达到 80%以上，每年可减少二氧化硫排放 1440t。其脱硫除尘工艺流程见图 1-2。

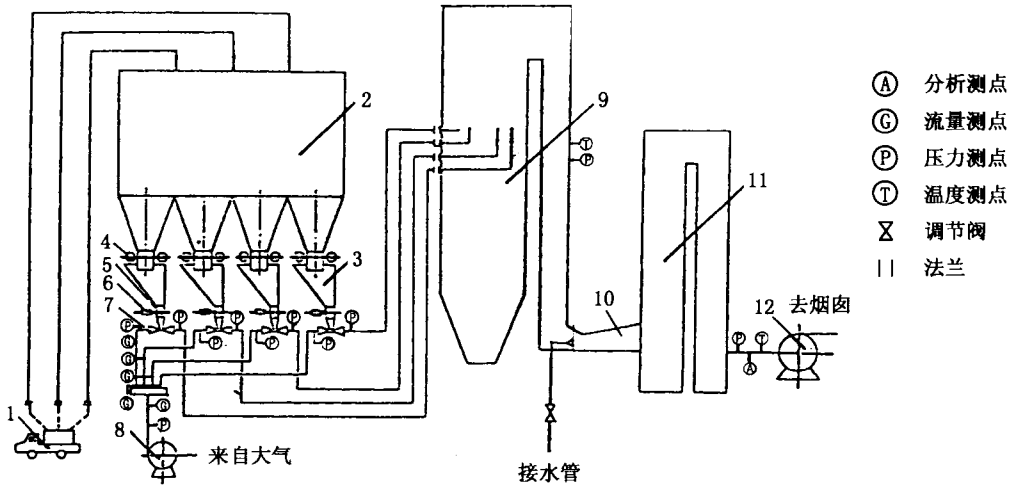


图 1-2 炉内喷钙脱硫工艺流程图

- 1.水泥罐车； 2.主料斗； 3.二次料斗； 4.振动电机； 5.加粉器； 6.调速电机；
7.混合器； 8.空气鼓风机； 9.锅炉； 10.文丘里管； 11.水膜除尘器； 12.引风机

七、配套的主要设备

工业锅炉排放的污染物，按不同的要求，采用不同的控制技术，其配套的主要设备见表 1-5。

表 1-5 工业锅炉污染物控制技术配套的主要设备

污染物名称	控制技术	配套的主要设备
烟尘	多管旋风除尘技术	99 陶瓷多管旋风除尘器
		DX 型多管旋风除尘器
烟尘、二氧化硫	湿式除尘脱硫技术	SHG 型除尘脱硫器、BL—ZH 型脱硫除尘器、灰水分分离器、沉淀池、旋风—水膜—塔板湿式除尘器、HCWS 型文丘里水膜除尘脱硫器等。
二氧化硫	双碱法烟气脱硫技术、 炉内喷钙烟气脱硫技术	脱硫塔、吸收剂池、循环泵、再生沉淀槽、污泥池、料斗、加粉器、混合器。

八、配套考核方法标准

- (1) GB5468—91《锅炉烟尘测试方法》。
- (2) GB/T1657—1996《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》。
- (3) 二氧化硫的分析方法按国家环境保护总局有关规定执行（在国家颁布相应标准前，暂时采用《空气与废气监测分析方法》，中国环境科学出版社出版）。

第二章 水泥厂

一、排污行业

水泥

二、污染源类别

烟尘、粉尘

三、执行标准及主要考核指标

执行 GB4915—1996《水泥厂大气污染物排放标准》。

主要考核指标：烟尘、粉尘。

(1) 各生产设备烟尘或粉尘排放限值和吨产品排放量见表 2-1。

表 2-1 水泥生产设备烟尘或粉尘排放限值

生产设备名称	安装建设时间	一 级		二 级		三 级	
		排放浓度 (mg/Nm ³)	吨产品 排放量 (kg/t)	排放 浓度 (mg/Nm ³)	吨产品 排放量 (kg/t)	排放 浓度 (mg/Nm ³)	吨产品 排放量 (kg/t)
回转窑	1985.8.1 前	150	0.8	400	2.1	600	3.2
	1985.8.1~ 1996.12.31	/	/	150	0.6	300	1.2
	1997.1.1 起	/	/	100	0.30	150	0.45
	1985.8.1 前	150	0.6	400	1.6	600	2.4
立窑	1985.8.1~ 1996.12.31	/	/	150	0.6	400	1.6
	1997.1.1 起	/	/	100	0.3	150	0.45
	1985.8.1 前	150	0.8	250	1.3	400	2.1
烘干机、 烘干磨、 煤磨及冷却机 (单台)	1985.8.1~ 1996.12.31	/	/	150	0.6	250	1.0
	1997.1.1 起	/	/	100	0.3	150	0.45
	1985.8.1 前	100	0.07	150	0.10	200	0.14
破碎机、磨机、 包装机及其它 通风生产设备 (单台)	1985.8.1~ 1996.12.31	/	/	100	0.07	150	0.10
	1997.1.1 起	/	/	50	0.04	100	0.07

(2) 水泥厂粉尘无组织排放限值见表 2-2。

表 2-2 水泥厂粉尘无组织排放限值 (单位: mg/Nm³)

级别	一 级	二 级	三 级
1985.8.1 前	1.0	2.0	4.0
1985.8.1~1996.12.31	/	1.5	3.0
1997.1.1 起	/	1.0	1.5

四、主要污染物来源

烟、粉尘主要来自水泥厂的回转窑（即干法窑、湿法窑、立波尔窑）、立窑（即普通立窑和机立窑）和烘干机、烘干磨、煤磨、冷却机、破碎机、包装机和其它通风生产设备，以及水泥厂厂区内物料堆放扬尘、物料输送和生产设备的粉尘泄漏等。

五、主要控制技术（简介）

（一）旋风除尘技术

旋风除尘是迫使含尘气体作旋转运动，借助离心力把尘粒从气流中分离出来的一种机械式除尘技术，其特点是结构简单、体型小、投资少、除尘效率一般达 70%~80%，目前常用于破碎机、烘干机、磨机的一级收尘。

（二）袋式除尘技术

袋式除尘是使含尘气体通过纤维滤料，将尘粒分离捕集下来效率高达 99%以上的一种高效除尘技术，能较好地除去细小粉尘颗粒，并且对入口粉尘负荷适应性强。目前广泛应用于粉磨、破碎、包装机等设备的除尘上，在窑尾烟气的除尘上也有应用。为防止煤尘的爆炸及烟气结露等问题，有关单位还专门开发了防爆和防结露袋式除尘技术。

（三）静电除尘技术

静电除尘是利用高压电场，迫使场内的含尘气体电离，并使粉尘带上静电，在电场力作用下，带电粉尘驱向沉积极板，使粉尘与气体分离开来，达到除尘的目的。与袋式除尘器相同，也属于高效除尘技术，在正常运行条件下，效率较高，对于细小的粉尘捕集效率高达 99.90%。另外，它还具有阻力小，处理气量大，可处理高温、高湿气体等特点，但投资高、占地大，维护管理技术性强，目前回转旋窑窑尾大多使用这种除尘器，也有用作粉磨，烘干等设备的二级除尘。

六、工程实例

工程实例 1:

黑龙江省庆安冶金水泥厂采用旋风除尘器加 CP 型立筒屏蔽式静电除尘器净化煤磨系统含尘废气。煤磨系统除尘工艺流程见图 2-1。

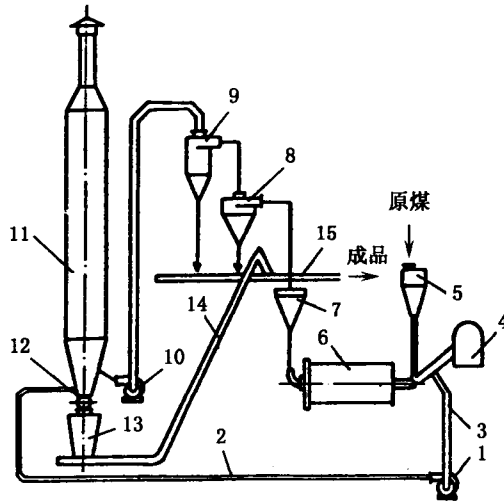


图 2-1 煤磨系统除尘工艺流程图

1. 锅炉引风机； 2. 进除尘器预热线管道； 3. 热风进风机管道； 4. 热风炉； 5. 原煤仓； 6. 煤磨；
7. 粗粉分离器； 8. 细粉分离器； 9. 一级旋风收尘器； 10. 风机； 11. 屏蔽式静电除尘器；
12. 下料器； 13. 圆锥仓； 14. 埋刮板输送机； 15. 螺旋输送机。

该型静电除尘器采取了以下措施，有效地防止电除尘器内煤粉的燃烧和爆炸。

- (1) 除尘器内部构件不应有积灰平面；
- (2) 集尘极由若干个呈截锥状的集尘圈组成，截锥圈使收集的粉尘避免受到气流影响，起到了屏蔽作用；
- (3) 除尘器设有防结露的预热层结构；
- (4) 采用临界火花自动跟踪硅整流器，使其操作电压始终低于火花电压。

主要技术指标：

处理废气量：	10000~12000 m ³ /h
除尘器阻力：	300 Pa
进口含尘浓度：	<40 g/Nm ³
出口含尘浓度：	<150 mg/Nm ³
除尘效率：	99.60%

工程实例 2:

天津水泥厂采用 LFEF 立窑玻纤袋式除尘器治理立窑粉尘污染。污染控制技术工艺流程见图 2-2。

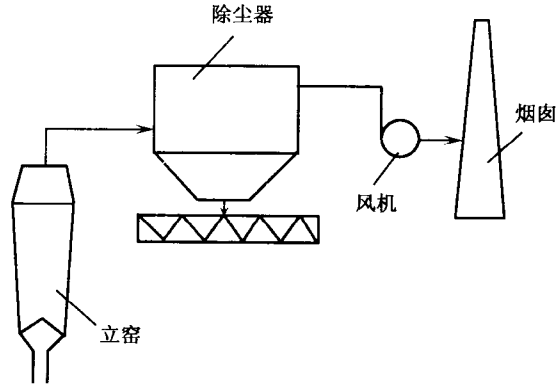


图 2-2 立窑玻纤袋式除尘技术工艺流程图

主要技术指标:

处理风量:	85000 Nm ³ /h
允许最高使用温度:	<250 °C
除尘器阻力:	980~1570 Pa
出口排放浓度:	<100 mg/Nm ³

工程实例 3:

江苏邗江水泥厂新型五级预热器窑采用 CDPK 宽间距电收尘器净化窑尾烟尘。污染控制技术工艺流程见图 2-3。

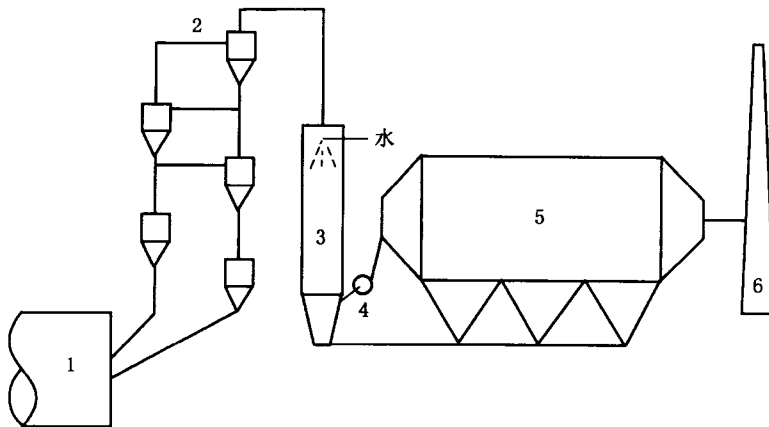


图 2-3 新型五级预热器窑尾除尘技术工艺流程图

1.回转窑; 2.预热器; 3.增湿塔; 4.鼓风机; 5.CDPK30/3 型电除尘器; 6.烟囱

窑尾烟气由 1 级旋风预热器排出，温度为 320~350℃，经增湿塔调温至 120~150℃ 后，由排风机送到电收尘器内净化，最后由烟囱排入大气。增湿塔与电收尘器的回灰送入生料系统混合重新入窑。

主要技术指标：

处理烟气量： 19933 Nm³/h
 入口含尘浓度： 64.85 g/Nm³
 本体阻力： <300 Pa
 除尘效率： 99.90%

工程实例 4:

襄樊市第三水泥厂采用 LFEF4×137HSY/H 型防结露玻纤袋式除尘器治理粘土烘干机废气。其工艺流程见图 2-4。

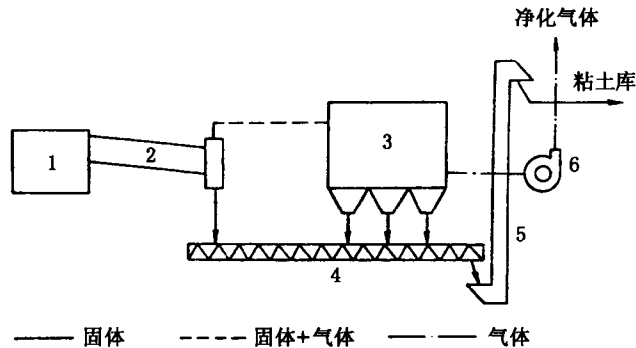


图 2-4 粘土烘干机除尘工艺流程图

1.热风炉； 2.烘干机； 3.防结露玻纤袋除尘器； 4.螺旋输送机； 5.提升机； 6.引风机

该型袋除尘器除采用外保温措施外，还采用了 CW300FCA 防结露玻纤滤布等有效措施，使除尘器防结露性能优良。经多次测定，当入口含尘浓度为 20~45g/Nm³ 时，排放浓度均在 50mg/Nm³ 以下，除尘效率达 99.80% 以上，并且滤袋平均使用寿命可达 2 年以上。

工程实例 5:

邯郸水泥厂 2# 水泥磨采用 PPW 气箱脉冲袋式收尘器治理含尘废气。磨机除尘工艺流程见图 2-5。

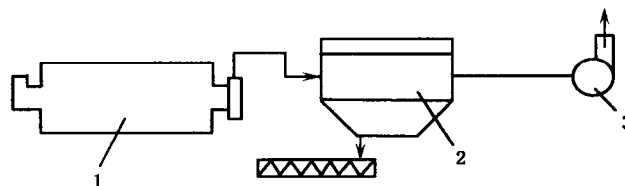


图 2-5 水泥磨除尘工艺流程图

1.水泥磨； 2.收尘器； 3.引风机

实测结果：当入口含尘浓度为 $123.70\sim 151.20\text{g}/\text{Nm}^3$ 时，出口含尘浓度为 $18.90\sim 8.50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，设备阻力为 $294\sim 392\text{Pa}$ ，收尘效率达 $99.98\%\sim 99.99\%$ 。

工程实例 6:

南昌水泥厂采用 MDC 型袋收尘器治理煤磨粉尘。该型袋收尘器是专门针对粉煤易燃易爆的特性开发并推广的一种煤磨袋收尘器。煤磨收尘系统工艺流程见图 2-6。

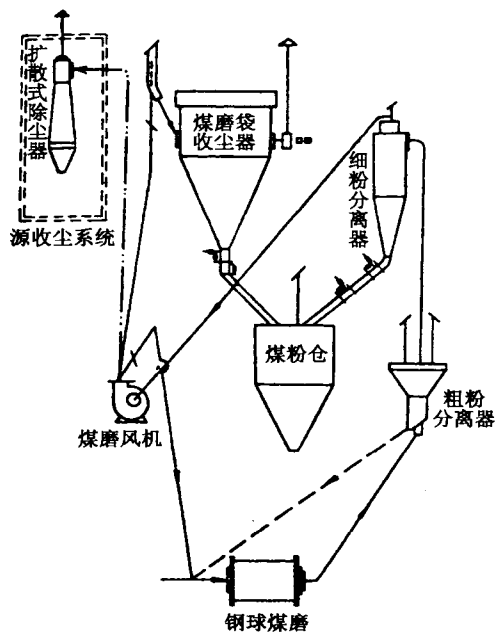


图 2-6 煤磨收尘系统工艺流程图

该设备采取了以下措施：

- (1) 收尘器内无积灰平面，灰斗角度 $\geq 70^\circ$ ，壳体设计符合防爆要求；
- (2) 滤袋采用聚脂纤维防静电针刺毡；
- (3) 本体上设置泄压阀。

该工艺较好地解决了煤磨粉尘治理系统中煤粉的易燃易爆问题。经测试，收尘器排放浓度为 $54.60\text{ mg}/\text{Nm}^3$ ，收尘效率 99.98% ，收回煤粉量 $1664.90\text{kg}/\text{h}$ ，并自 1998 年以来，在 20 余家水泥厂成功应用。

工程实例 7:

山东鲁南水泥厂、济南水泥厂、临淄水泥厂等采用 WZ 型无尘装车机控制水泥装车时的扬尘污染。

技术指标：

装车速度： $1\sim 5\text{ t}/\text{min}$

收尘效率： 99%