

我国炭黑工业环境工程进展

黄敬彬

(中橡集团炭黑工业研究设计院, 四川 自贡 643000)

摘要: 介绍了炭黑工业的基本污染源、有关环境法规以及环境工程的任务和采取的措施, 并对我国炭黑工业环境治理提出了建议。我国炭黑企业应认真贯彻执行有关环境法规; 加快进行薄膜滤料离线脉冲袋滤器的开发工作; 加大炭黑生产排出气脱硫、脱硝技术和废弃物、废炭黑、废油渣焚烧技术以及废滤袋处理技术的科研力度。

关键词: 炭黑工业; 环境工程; 污染

中图分类号: T Q127. 1⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-890X(2000)10-0626-09

目前, 我国已成为继美国、日本之后的世界第三大炭黑生产国。1990 年, 我国炭黑产量为 32.7 万 t, 1998 年达到 57 万 t, 年均增长率为 7.4%。

我国大型化新工艺炭黑技术取得了从引进、创新到全国产化的飞跃, 而且中、小型生产装置迅速增多, 使炭黑生产能力有了很大的提高, 因此我国炭黑工业环境工程面临更加严峻的挑战。

1 炭黑工业的基本污染源

炭黑是烃类不完全燃烧或热裂解制取的黑色粉状物质, 粒径极小(一般为 20~140 nm), 以聚集体存在(一般为 0.2~1.5 μm)。炭黑具有极强的渗透性和吸附性以及很强的视觉污染(颜色污染)。

在炭黑尾气中, 若炭黑粉尘的质量浓度低于 50 mg·m⁻³, 眼睛不易察觉; 若炭黑粉尘质量浓度为 70~80 mg·m⁻³, 便可看到灰色气体; 炭黑粉尘质量浓度为 150~200 mg·m⁻³, 则已形成一缕黑烟。

在 20 世纪 40 年代的美国德克萨斯州和 20 世纪五六十年代的我国四川、辽宁等地区,

作者简介: 黄敬彬(1942-) 男, 山东安邱县人, 中橡集团炭黑工业研究设计院教授级高级工程师, 主要从事能源利用和环境工程方面的研究。

槽法炭黑工厂上空 80 km 范围内即可看到黑色烟云, 因此美国和中国分别于 1976 和 1980 年关闭了最后一套槽法炭黑生产装置。

20 世纪 70 年代, 年产万吨的炉法炭黑厂每年排入大气的尾气中, 含一氧化碳 2 万~3 万 t、硫化氢 50~200 t, 炭黑粉尘 45~100 t。尾气中硫化氢气体的质量分数为 $2.5 \times 10^{-4} \sim 8.0 \times 10^{-4}$ 。

我国炉法炭黑产量已占炭黑总产量的 95% 以上, 因此炭黑工业的环境工程即是炉法炭黑生产的环境保护问题。炉法炭黑生产排出的尾气是一种低热值可燃气体, 年产万吨的炉法炭黑厂每年排放 600~800 GJ 的热能, 相当于 2 万~3 万 t 标准煤释放的热量, 因此炭黑工业环境工程也是炭黑生产余热利用和节能工程问题。炉法炭黑尾气的典型组成见表 1。

表 1 年产 3 万 t 的炉法炭黑工厂排出尾气的典型组成

组 成	体积分数	流量/(kg·h ⁻¹)
氢气	0.09~0.12	390~520
一氧化碳	0.09~0.13	5 466~7 896
二氧化碳	0.02~0.03	1 910~2 865
氮气	0.36~0.38	21 870~23 086
水蒸汽	0.36~0.40	12 498~13 886
甲烷	0.002~0.008	70~278
硫化氢*	0.000 25~0.000 80	12~38
氮氧化物	0.000 24~0.000 34	12~16

注: * 取决于燃料、原料油中的硫分。

炉法炭黑生产中排出的气体有以下 4 种：

(1)炭黑尾气。炭黑尾气从主袋滤器排出，约 1/3 送入干燥机尾气燃烧炉作燃料，生成高温气体作为干燥机的热源；其余部分送尾气锅炉作燃料，产生蒸汽供热或发电。

(2)排气袋滤器排出气。来自干燥机筒体的含炭黑气体，带有从湿炭黑中蒸发出的大量水蒸汽，经过滤后排出。

(3)再处理袋滤器排出气。来自装置各扬尘点的吸尘气，混渗不合格炭黑的风送气等，经过滤后排出。

(4)干燥机火箱排出气。来自干燥机尾气燃烧炉高温气体外加热干燥机滚筒后直接排出的气体。

炉法炭黑生产排出气体的组成和排出位置见表 2 和图 1。

表 2 年产 3 万 t 的炉法炭黑工厂送尾气锅炉前排出气体的组成

气体组成	排出位置			
	主袋滤器炭黑尾气	排出袋滤器排出气	再处理袋滤器排出气	干燥机火箱排出气
炭黑质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	15~100	15~100	15~100	10~50
氢气体积分数	0.09~0.12	—	—	—
一氧化碳体积分数	0.09~0.13	40~50 [*]	—	40~50 [*]
二氧化碳体积分数	0.02~0.03	0.03~0.04	—	0.05~0.07
氮气体积分数	0.36~0.38	0.20~0.25	0.75~0.76	0.54~0.56
氧气体积分数	0.002~0.008	0.008~0.010	0.200~0.210	0.02~0.03
水蒸汽体积分数	0.36~0.40	0.70~0.75	0.02~0.04	0.36~0.37
甲烷体积分数	0.002~0.008	—	—	—
硫化氢质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	250~800	470~1 500 ^{**}	—	470~1 500 ^{**}
氮氧化物质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	200~240	200~240	—	200~240
流率/($\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$)	30 000~35 000	20 000~24 000	14 000~16 000	8 000~10 000
燃烧后二氧化硫流率/($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)	7~23	9.4~30	—	3.8~12
氮氧化物流率/($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)	6~7	4~4.8	—	1.6~1.9

注：* 质量浓度，单位为 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ；** 二氧化硫。

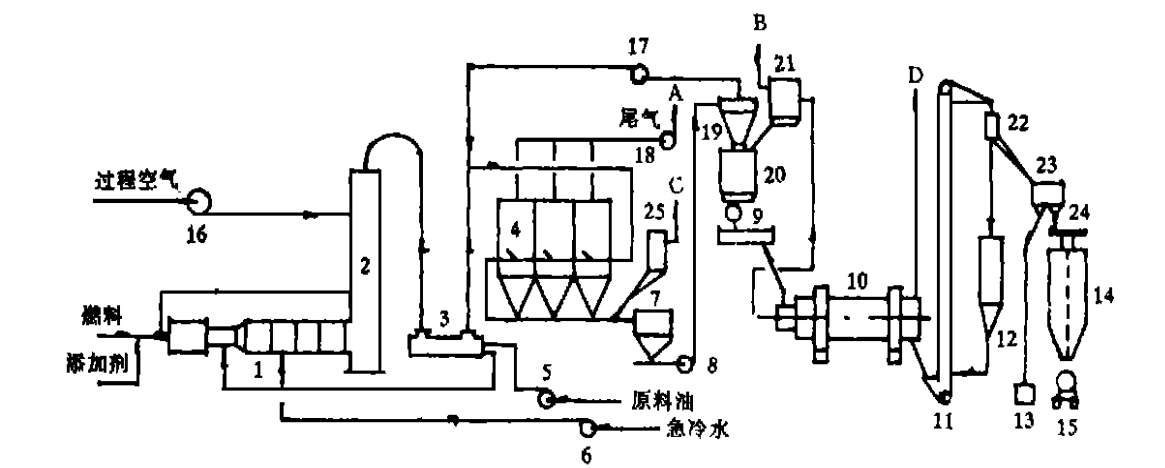


图 1 炉法炭黑生产基本污染源排出位置

1—反应炉；2—空气预热器；3—原料油预热器；4—主袋滤器；5—原料油泵；6—急冷水泵；7—微米粉碎机；8—风送风机；9—湿法造粒机；10—干燥机；11—斗式提升机；12—不合格品罐；13—铁锈桶；14—产品罐；15—槽车；16—主供风机；17—回流风机；18—尾气风机；19—收集旋风分离器；20—粉状炭黑贮罐；21—排气袋滤器；22—筛分机；23—磁选机；24—螺旋输送机；25—再处理袋滤器。A—主袋滤器炭黑尾气；B—排出袋滤器排出气；C—再处理袋滤器排出气；D—干燥机火箱排出气

2 我国炭黑工业环境法规

为加强对人类生存环境的保护, 国家环境保护局、国家技术监督局根据《中华人民共和国环境保护法》制定了《大气污染物综合排放标准》(GB 16297—1996)、《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 和《工业企业界噪声标准》

(GB 12348—1990) 等环境控制法规。

2.1 大气

对于 1997 年 1 月 1 日以前已建立的污染源(简称现有污染源)以及以后建立(包括新建、扩建、改建)的污染源(简称新污染源), 大气污染物排放限值见表 3。

表 3 炭黑生产大气污染物排放限值

污染物	最高允许排放质量 浓度/(mg·m ⁻³)	排气筒高度/m	最高允许排放速率/(kg·h ⁻¹)		
			一级	二级	三级
二氧化硫	700(550)	15	1.6	3.0(2.6)	4.1(3.5)
		20	2.6	5.1(4.3)	7.7(6.6)
		30	8.8	17(15)	26(22)
		40	15	30(25)	45(38)
		50	23	45(39)	69(58)
		60	33	64(55)	98(83)
		70	47	91(77)	140(120)
		80	63	120(110)	190(160)
		90	82	160(130)	240(200)
		100	100	200(170)	310(270)
氮氧化物	420(240)	15	0.47	0.91(0.77)	1.4(1.2)
		20	0.77	1.5(1.3)	2.3(2.0)
		30	2.6	5.1(4.4)	7.7(6.6)
		40	4.6	8.9(7.5)	14(11)
		50	7.0	14(12)	21(18)
		60	9.9	19(16)	29(25)
		70	14	27(23)	41(35)
		80	19	37(31)	56(47)
		90	24	47(40)	72(61)
		100	31	61(52)	92(78)
颗粒物	22(18)	15	禁排	0.60(0.15)	0.87(0.74)
		20	禁排	1.00(0.85)	1.5(1.3)
		30	禁排	4.0(3.4)	5.9(5.0)
		40	禁排	6.8(5.8)	10(8.5)

注: 括号中为新污染源的数据。

在《大气污染物综合排放标准》中没有像被取代的《工业“三废”排放试行标准》(GB J 4—73)那样列出排气筒高度对应的允许排放一氧化碳的指标, 即必须把炭黑尾气中的一氧化碳等可燃物焚烧后才允许排放。

2.2 水体

对于 1997 年 12 月 31 日前后建设(包括改建和扩建)的单位, 水体污染物最高允许排放浓度见表 4。

污水排放执行的标准分级如下:

(1)国家标准 GB 3838—88 中规定的 I 类水域、II 类水域、III类水域及 GB 3097—90 中

的一类海域均禁止新建排污口;

(2)一级标准为可排入 GB 3838—88 中规定的 III类水域和 GB 3097—90 中规定的二类海域;

(3)二级标准为可排入 GB 3838—88 中规定的 IV类水域和 V类水域及 GB 3097—90 中规定的三类海域;

(4)三级标准为可排入设置二级污水处理厂的城镇排水系统。

2.3 噪声

噪声标准等效声级见表 5。

表 4 水体污染物最高允许排放标准

项 目	一级标准		二级标准		三级标准	
	以前	以后	以前	以后	以前	以后
pH 值	6~9	6~9	6~9	6~9	6~9	6~9
色度	50	50	80	80	—	—
悬浮物质量浓度/(mg·L ⁻¹)	70	70	200	150	400	400
五日生化需氧量质量浓度/(mg·L ⁻¹)	30	20	60	30	300	300
化学需氧量质量浓度/(mg·L ⁻¹)	100	100	150	150	500	500
石油类质量浓度/(mg·L ⁻¹)	10	5	10	10	30	20
挥发分质量浓度/(mg·L ⁻¹)	0.5	0.5	0.5	0.5	2.0	2.0
总氰化物质量浓度/(mg·L ⁻¹)	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0
苯质量浓度/(mg·L ⁻¹)	—	0.1	—	0.2	—	0.5
甲苯质量浓度/(mg·L ⁻¹)	—	0.1	—	0.2	—	0.5

表 5 噪声标准等效声级 Leg [dB(A)]

类别	昼间	夜间
I	55	45
II	60	50
III	65	55
IV	70	55

注: I 类为居住、文教机关为主的区域; II类为居住、商业、工业混杂区及商业中心; III类为工业区; IV类为城市中的道路交通干线、道路两侧以及穿越城区的内河航道两侧区域。

3 炭黑工业的环境工程

炭黑工业环境工程的任务是将炭黑生产过程中产生的对人类生存环境的影响降低到符合环境法规要求的水平。采取的具体措施如下:

- (1) 完善炭黑收集系统, 使排出的炭黑尾气以及排出气中炭黑粉尘的质量浓度低于 18 mg·m⁻³;
- (2) 充分利用尾气热能, 以消除尾气中有

- 害可燃气体对大气的污染, 并且节约能源;
- (3) 建立对排出气中二氧化硫和氮氧化物的净化处理工作站, 以便达标排放;
- (4) 完善湿法造粒系统、装置吸尘系统和不合格品再处理系统, 保证产品质量全部合格, 车间粉尘质量浓度低于 6 mg·m⁻³;
- (5) 完善污水处理、循环水运行系统, 以便达标排放;
- (6) 完善噪声处理系统。

3.1 炭黑收集系统

炭黑收集系统的功能是把在反应炉中燃烧裂解后生成并悬浮在烟气中的炭黑从烟气中分离出来。

20 世纪 50 年代以来, 炭黑工业的收集系统采用四级旋风分离器、旋风分离器串联水洗塔、旋风分离器串袋滤器。20 世纪 70 年代又改为采用凝聚器串联袋滤器收集系统。这些设备的收集效率和技术指标列于表 6。

表 6 炭黑收集设备的收集效率和技术指标

设备名称	收集效率/ %	压力降/ Pa	1 万 m ³ 耗电量/ (kW·h)	尾气中炭黑质量 浓度/(mg·m ⁻³)
一级旋风分离器	65 ~ 84	600 ~ 1 000	3	8 000 ~ 10 000
四级旋风分离器	71 ~ 92	2 400 ~ 4 000	12	2 000 ~ 3 000
水洗塔	94~98	1 000~1 500	30	200~300
袋滤器	98.50~99.99	500~2 000	7	5~100

- 我国炭黑工业收集设备年表如下:
- (1)1965 年, 旋风分离器串反吸风玻璃纤维袋滤器。
- (2)1967 年, 四级旋风分离器串联收集; 旋风分离器串反吸风袋滤器。

- (3)1975 年, 旋风分离器串反吸风袋滤器; 旋风分离器串水洗塔。
- (4)1977 年, 旋风分离器串反吸风玻璃纤维袋滤器; 旋风分离器串涤纶绒布脉冲袋滤器。
- (5)1978 年, 旋风分离器串反吸风玻璃纤维

维袋滤器; 旋风分离器串涤纶绒布脉冲袋滤器; 旋风分离器串顶部进气反吹风袋滤器。

(6)1982 年至今, 旋风分离器串反吸风玻璃纤维维袋滤器; 旋风分离器串涤纶绒布脉冲袋滤器; 旋风分离器串顶部进气反吹风袋滤器; 旋风分离器串下进气反吹风袋滤器; 旋风分离器串玻璃纤维针刺毡滤袋脉冲袋滤器。

目前常用的两种袋滤器为反吹风袋滤器和脉冲袋滤器。

(1)反吹风袋滤器

反吹风袋滤器的滤袋呈圆筒形, 直径为 120 ~ 130 mm, 长度为 3 ~ 10 m, 滤袋下开口端用弹簧卡环嵌入花板嵌口中, 滤袋上封闭端吊在袋滤器顶部滤袋固定架上, 使滤袋保持适当的张力。炭黑工业广泛使用硅油、石墨、聚四氟乙烯处理过的玻璃纤维滤袋。

袋滤器压力降为 1.2 ~ 2.0 kPa。过滤时, 滤袋表面积存一层疏松的炭黑滤饼, 因而增大了过滤阻力, 减小了气体流量。为了清除滤饼, 通常在其它箱体处于过滤状态时, 一个箱体由过滤后的尾气通过反吹风机加压后, 反吹沉积在滤袋上的炭黑。过滤和反吹周期性地进行。典型的炭黑烟气过滤风速为 0.3 ~ 0.5 m·min⁻¹。

(2)脉冲袋滤器

脉冲袋滤器则利用压缩空气的脉冲力去清扫滤袋。过滤速度为 0.6 ~ 0.8 m·min⁻¹。近年开发的聚四氟乙烯薄膜玻璃纤维针刺毡滤料, 过滤速度可达 0.8 ~ 1.1 m·min⁻¹, 过滤效率较高。这种薄膜滤料的出现, 对炭黑工业的环境工程将产生深刻的影响。

薄膜滤料是在基材表面上热合上一层连续、均匀、多微孔、极光滑的膨体聚四氟乙烯薄膜而制成。薄膜拥有的精细结构, 不致让炭黑侵入基材中, 而其表面可过滤炭黑并能完全捕集粉尘, 具有“表面过滤”的功能。

薄膜滤料克服了传统滤料在运行初期的反吹散漏和粉尘渗入滤料所导致粉尘过量排放或运行阻力增大并缩短滤袋工作寿命等缺点。

薄膜滤料与普通滤料相比有下述优点:

(1)集尘效率高;

(2)粉尘脱灰性优异;

(3)消除绒毛脱落引起的污染(炭黑不与基材接触);

(4)在低而稳定的压力降下运行, 节省电费;

(5)过滤速度较高;

(6)薄膜滤袋寿命长。

可以预测, 未来的袋滤器是一种融合了现代反吹风袋滤器和脉冲袋滤器优点的低压头大气量反吹(脉冲)袋滤器。

使用了薄膜滤料的离线脉冲袋滤器可将过滤速度提高到 0.9 ~ 1.2 m·min⁻¹。薄膜滤袋的使用寿命可达 3 年以上, 排出的尾气中炭黑质量浓度 < 18 mg·m⁻³, 甚至可以更低。这种袋滤器将成为 21 世纪炭黑工业用袋滤器的发展方向。

3.2 尾气供热发电

我国于 20 世纪 70 年代初开始利用燃烧炭黑尾气产生的蒸汽供热, 以达到回收利用尾气的化学能和消除有害气体对大气污染的目的。

1978 年 8 月, 邵阳炭黑厂第一台 1×1500 kW 炭黑尾气发电机组试车成功; 1979 年 11 月至 1981 年 12 月, 苏州炭黑厂尾气电站建成; 1982 年 3 月, 鞍山化工二厂也建成了炭黑尾气电站。目前, 全国年产 1 万 t 炭黑的工厂几乎都建设了尾气供热(发电)工程。我国炭黑尾气发电(供热)技术的开发和推广在世界炭黑工业史上也是较早的。

通过尾气燃烧, 把一氧化碳转化为二氧化碳、把氢变成水、把甲烷变成二氧化碳和水, 消除了污染。尾气燃烧前后气体成分体积分数见表 7。

表 7 锅炉烟气各成分体积分数

项 目	锅炉前	锅炉后
一氧化碳	0.162 2	0
氢气	0.024	0
甲烷	0.001	0
氮气	0.619 8	0.749 9
氧气	0.069 6	0.090 2
二氧化碳	0.029 6	0.070 3
水气	0.093 8	0.089 6

炭黑生产尾气供热发电的规模取决于炭黑生产装置可以提供的尾气热能(尾气体量×尾气低热值)。尾气电站机组的容量,即发电站出力的选定,是依据炭黑生产所产生的尾气体量与尾气热值,即依据尾气每小时能够提供的热量确定的。

随着炭黑生产技术的进步,产品单耗降低,使炭黑尾气热值降低,尾气体量减小,即炭黑尾气可供热能减小。

尾气热值、尾气体量、尾气热值指数、尾气体量指数和尾气热能指数随炭黑单耗降低的变化情况见表 8。

表 8 N330 系列炭黑尾气化学能评估

项 目	生成 1 kg 炭黑单耗油量 ¹⁾ /kg					
	3.33	2.86	2.33	2.08	1.94	1.80
全油收率/%	30	35	43	48	51.5	55.06
尾气干基低热值/(MJ·m ⁻³)	3.52	3.67	3.92	4.04	4.21	4.50
尾气湿基低热值/(MJ·m ⁻³)	2.18	2.27	2.43	2.50	2.61	2.78
尾气热值指数 ²⁾	100	104	111	115	120	128
生成 1 kg 炭黑产生的干尾气体量/m ³	18	13.7	8.8	7.0	5.7	5.22
生成 1 kg 炭黑产生的湿尾气体量/m ³	29	22.1	14.2	11.2	9.26	8.41
尾气体量指数 ³⁾	100	76	49	39	32	29
生成 1 kg 炭黑的尾气低热值/MJ	63.36	50.17	34.51	28	24.0	23.38
尾气热能指数 ⁴⁾	100	79	54	44	38	37

注: 1)相关指数为 140; 2)以生成 1 kg 炭黑单耗油量为 3.33 kg 的尾气热值为 100; 3)以生成 1 kg 炭黑单耗油量为 3.33 kg 的尾气体量为 100; 4)以生成 1 kg 炭黑单耗油量为 3.33 kg 的尾气热能为 100。

每千克原料油约产生 6 m³ 尾气, 年产 1 万 t 的炭黑装置, 每小时约产生 24 000 m³ 尾气。可与 2×1 500 kW 发电机组配套, 发电量为 2×1 500 kW·h。

随着炭黑生产技术的进步, 装置排出尾气热能降低, 电站出力的选择是要减少的。对于

年产万吨的炭黑工厂, 当生成 1 kg 炭黑单耗油量由 3.33 kg 降至 1.80 kg 时, 发电量则由 3 815.8 kW·h 减至 1 209 kW·h, 即油单耗降低 54%, 发电量减少 68.3%。

年产万吨的炭黑厂排出尾气的热能见表 9。

表 9 年产万吨的炭黑厂排出尾气的热能

项 目	生成 1 kg 炭黑单耗油量/kg					
	3.33	2.86	2.33	2.08	1.94	1.80
尾气热能/(GJ·h ⁻¹)	87.9	69.8	47.9	39.2	33.3	32.6
全部用于产生蒸汽量/(Mg·h ⁻¹)						
锅炉热效率为 80%	21.78	17.31	11.8	89.72	8.26	8.09
锅炉热效率为 85%	23.14	18.39	12.6	10.3	8.78	8.60
产生蒸汽量 ¹⁾ /(Mg·h ⁻¹)	20.94	16.19	10.4	8.1	6.58	6.4
发电量 ²⁾ /kW·h	3 815.8	2 965.5	1 931.3	1 520.6	1 241.9	1 209
发电指数/%	100	77.7	50.6	39.8	32.5	31.7

注: 1)除湿法造粒干燥用气外, 锅炉热效率为 85%; 2)湿法造粒干燥用气外的蒸汽用于发电, 电站效率以 17% 计。

目前年产 1 万 t 的炭黑生产厂, 宜选择 2×1 500 kW 的发电机组; 年产 2 万 t 的炭黑生产厂, 宜选择 2×3 000 kW 的发电机组; 年产 4 万 t 的炭黑生产厂, 宜选择 2×6 000 kW 的发电机组。发电机组按其经济负荷进行选择。

1 500 和 3 000 kW 电站的主要设备见表

10。

3.3 排出气的脱硫和脱硝净化处理

3.3.1 排出气的脱硫

炭黑尾气中约有 1/3 作为干燥机尾气燃烧炉的燃料, 生成气体用来干燥湿法炭黑后经干燥机火箱、排气袋滤器两处排放; 其余的作为尾

表 10 电站主要设备

项 目	容量/ kW	
	1 500	3 000
锅炉型号	F12-10/ 25-400	F22-20/ 25-400
额定蒸发量/(t·h ⁻¹)	10	20
额定出口蒸汽压		
力/ MPa	2.5	2.5
额定出口温度/ °C	400	400
给水温度/ °C	105	105
排烟温度/ °C	180	180
锅炉效率/ %	81.28	81.28
外型尺寸/ m	13×7.6×10	14×8.3×10.9
金属总质量(净)/ t	62.5	81
快装单缸冲动冷凝		
式气轮机型号	N1.5-24	N3-24
蒸汽压力/ MPa	2.4	2.4
蒸汽温度/ °C	390	390
转速/(r·min ⁻¹)	6 500	5 600
经济负荷/ kW	1 200	2 250
经济负荷排汽		
压力/ MPa	0.008	0.008
发电机型号	TQTK1.5-4	QFK3-2
电压/ V	6 300	6 300
转速/(r·min ⁻¹)	1 500	3 000
效率/ %	95.5	95.3
主变压器型号	SJL-2000/ 10	SJL-4000/ 10
容量/ kVA	2 000	4 000
额定电压/ kV	10/ 6.3	10/ 6.3
总质量/ t	5.4	8.6

气锅炉的燃料, 燃烧后经尾气锅炉烟囱放空。
炭黑尾气在燃烧过程中, 所含的硫化氢转化为二氧化硫。因此, 需把炭黑尾气作为燃料的 3 个排放口集中, 经脱二氧化硫后由一个烟囱排放。

国家环境保护局宣布, 2000 年在我国酸雨控制区和二氧化硫污染控制区内, 二氧化硫的工业污染要达标排放并控制在 1995 年的水平。到 2010 年, 在两控制区内重点城市环境空气中的二氧化硫的质量浓度要达到国家空气环境质量二级标准(年平均值为 0.06 mg·m⁻³; 日平均值 0.15 mg·m⁻³)。从 1999 年 7 月 1 日开始, 我国实行按二氧化硫排放量收取污染费的制度。

采用旋流板石灰法炭黑生产排出气脱硫技术的脱硫流程见图 2。

3.3.2 排出气的脱硝

在炭黑的生成反应中, 第一反应是燃料完全燃烧生成高温燃余气, 供给注入的原料油热裂解所需的热能和动能, 实现第二反应生成炭黑。在第一反应中, 燃料在燃烧中产生氮氧化物。炭黑尾气在干燥机尾气燃烧炉和在尾气锅

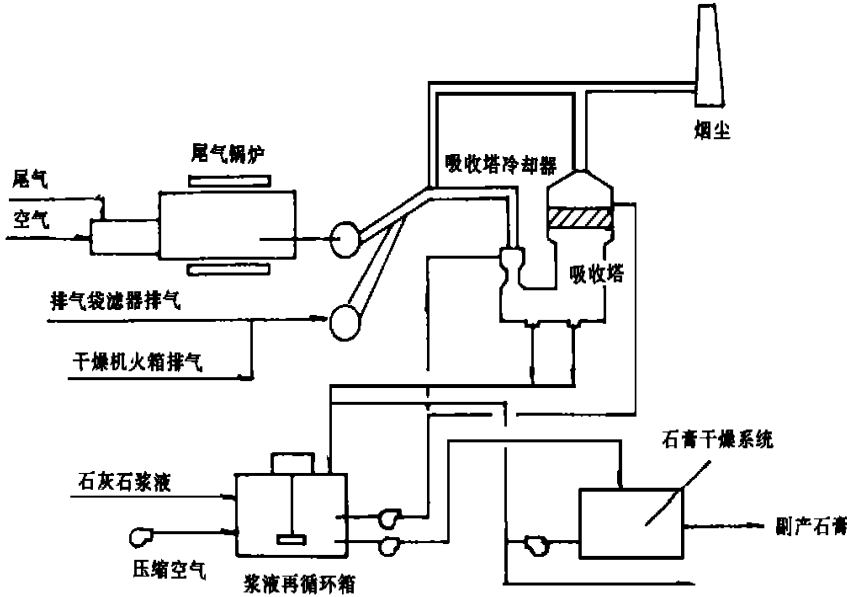


图 2 旋流板石灰法炭黑生产排出气脱硫流程图

炉中燃烧过程中也有氮氧化物的产生。

排出气的脱硝, 首先是采用低氮氧化物燃烧技术, 降低上述两个燃烧过程中氮氧化物的生成量; 然后再实施氮氧化物净化处理。

3.3.2.1 低氮氧化物燃烧技术

燃料燃烧产生氮氧化物的生成机理可分为 3 种: 燃料型氮氧化物、温度型氮氧化物和快速型氮氧化物。

(1) 燃料中含有的喹啉、吡啶等氮的有机物在高温下释放出氮, 与氧化合生成氮氧化物, 称为燃料型氮氧化物。

(2) 燃烧时加入空气, 空气中的氮在高温下氧化生成氮氧化物, 称为温度型氮氧化物(也称作热氮氧化物)。

(3) 烃类燃料在燃料过多时燃烧所产生的氮氧化物, 称为快速型氮氧化物。

燃料含氮量的多少对燃料型氮氧化物浓度的影响较大, 而燃烧温度是影响温度型氮氧化物生成量的主要因素。研究表明, 在火焰温度超过 1 600 ℃的情况下, 热一氧化氮形成对温度的依赖, 在几秒钟内就会产生大量热一氧化氮。2 000 ℃以上时, 则在几毫秒内使热一氧化氮剧增。

对炭黑反应炉燃料燃烧器可开发多股燃烧型低氮氧化物燃烧器、Y 型雾化喷嘴浓淡燃烧型低氮氧化物燃烧器。

对于尾气锅炉的尾气燃烧器, 可开发二段燃烧(阶段燃烧)型低氮氧化物燃烧器、排烟再循环(自身再循环)型低氮氧化物燃烧器。

上述各利低氮氧化物燃烧技术的效果见表 11。

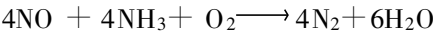
表 11 各种低氮氧化物燃烧技术的效果	
燃烧方法	氮氧化物平均降低率/ %
低氮氧化物燃烧器	27
浓淡燃烧	18
二段燃烧	27
排烟再循环	32
二段燃烧× 排烟再循环	44

这些技术对氮氧化物的控制效率一般不超过 50%, 要进一步降低排出气中氮氧化物的浓度, 必须采用烟气脱硝技术。

3.3.2.2 选择性催化还原技术

目前应用最多而有效的烟气脱硝技术是选择性催化还原(SCR)技术。

SCR 技术通常以氨为还原剂, 在催化剂作用下将氮氧化物还原为氮气。所谓选择性指还原剂只与氮氧化物反应, 而不与烟气中残余的氧气反应。若以氢气、一氧化氮、甲烷等作还原剂, 它们在将氮氧化物还原为氮气的同时还会与烟气中残余的氧气作用, 从而增大还原剂用量, 也增加了控制氮氧化物系统的成本。氨气与排出气中的氮氧化物在催化床层上进行如下反应:



SCR 技术的氮氧化物脱除率高达 80% ~ 90%, 催化剂的使用寿命可达 5 年。烟气脱硝流程见图 3。

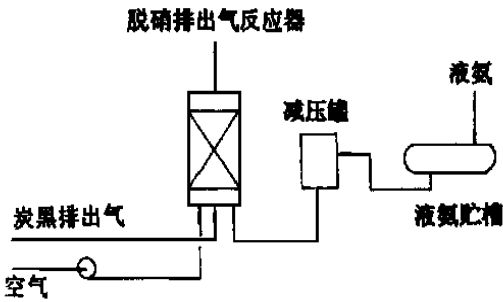


图 3 炭黑生产排出气脱硝流程图

3.4 工艺流程的完善

3.4.1 改进风送系统

目前的风送系统是热烟气风送。用回收旋风分离器收集炭黑进入湿法造粒系统, 借助回流风机入口调节阀来维持风送系统的稳定。

可将风送系统改进为用薄膜滤袋的小脉冲袋滤器代替回收旋风分离器收集炭黑, 用开路空气输送, 过滤后的气体直接放空, 取消回流风机及入口调节阀和相应的回风管线。这一改进的优点是:

(1) 切断了炭黑尾气与风送、造粒后系统的联系, 提高了后系统的安全性, 改进了环境空气质量;

(2) 风送系统操作稳定, 不易堵塞管道和后系统设备;

(3)取消了回流风机、入口调节阀和回风管道,节省一次投资和电能、维修费。

3.4.2 改进储存输送系统

在储存输送系统中增加一台细粉分离器,用空气力削减了产品炭黑的细粉,经吸尘管道送回再处理袋滤器回归炭黑风送系统,有利于炭黑包装环境和橡胶厂炭黑风送、储存作业环境的改善。

3.4.3 改进吸尘和再处理系统

调整好吸尘系统各点压力,是其保持正常工作的必要条件。吸尘管道在扬尘点进系统管道上的阀门,须选用严密的便于调节的蝶阀。

再处理袋滤器(脉冲袋滤器)的涤纶滤袋改用薄膜滤袋,以提高除尘捕集效率,改善环境。

3.4.4 改进排气袋滤系统

排气滤袋用于过滤来自干燥机高含湿量含炭黑细粉的气体。它采用玻璃纤维滤袋的反吹风袋滤器,由于“一次尘”的存在,在对一定湿度的含尘气体过滤时,滤料极易“板结”而过早失效。改用适合于高湿气体、超细粉过滤的薄膜滤袋脉冲袋滤器,以改善环境。

3.5 污水处理和循环水系统

炭黑工厂污水来自:①装置地面冲洗的含炭黑污水;②油罐区油脱水、油泵房油泵泄漏、蒸汽吹扫的含油污水。

采用斜板沉降池过滤、沉淀分离出炭黑。干化后制碳砖或它用。

采用斜板隔油池分离出的上层轻油,送锅炉或掺入燃料油作燃料,下层重质油掺入原料油,中层水掺入急冷水耗用。

建立完善的循环水系统,把装置的空压机冷却水、风机轴承冷却水等均回收掺入急冷水中耗用。

3.6 噪声处理

露天布置的主供风机、微米粉碎机、油泵房内的原料油泵是主要超标声源。采用从声源上根治噪声的方法,强声源设置隔声屏障,设置进、出口消声器,进、出口管道柔性连接,进、出口管道隔音保护,或全封闭声源间,使噪声污染减低到最小程度,达到噪声标准。

4 建议

(1)建议国家环境保护局、国家技术监督局会同国家石油和化学工业局、国家工商局,进行炭黑行业贯彻中华人民共和国环境保护法的执法大检查。重点检查工厂的大气污染现状。以大气污染物综合排放标准(GB 16297—1996)为准绳,对大气污染指标不合格的企业限期改造,逾期仍不达标者停产整顿。

(2)加快薄膜滤料离线脉冲袋滤器用作炭黑生产主袋滤器的立项开发工作。

(3)加大对炭黑生产排出气脱硫、脱硝技术的科研力度,给予适当的经济支持,尽早完成该项环境工程计划。

(4)加强炭黑工厂污水处理技术和工厂噪声防治技术的研究。

(5)加大对工厂固体废弃物、废炭黑、废油渣的焚烧技术和废滤袋处理技术的研究开发力度。

收稿日期:2000-04-08

《中国橡胶》2001 年征订启事

《中国橡胶》由中国橡胶工业协会主办,是中国橡胶行业具有权威性、指导性的综合类国内外正式发行期刊。主要报道行业发展方向、政策法规、专题述评、先进适用技术和管理经验、市场行情、统计信息、科技动态、相关行业、海外消息等。该刊为半月刊。逢 5 日、20 日出版。2001 年全面改版为大 16 开,国内外公开

发行。国际标准刊号:ISSN 1009-5640;国内统一刊号:CN 11-3674/TQ;国外发行代号:1455SM;国内邮发代号:82-184;广告经营许可证:京西工商广字第 0276 号;国内定价:6 元/期,144 元/年(不破订)。全国各地邮局均可订阅,也可直接向编辑部订阅。该刊地址:北京六铺炕街 1 号;邮编:100011;电话兼传真:(010) 62063232。欢迎订阅,欢迎刊登广告。