

# 水泥窑尾除尘器改造应用经验

李志杰 孙皓欣 张闽英

(上海建筑材料集团水泥有限公司 浦东水泥厂)

## 前言

上海浦东水泥厂原有的日产量700吨的窑外分解窑，是国内第一条借鉴日本小野田IIISP型预分解窑技术，自行设计制造的新工艺生产线。其窑尾烟气的净化配用一台70m<sup>2</sup>三电场电收尘器及规格为ø6X20m的增湿塔，其设计排放浓度小于150mg/m<sup>3</sup>。由于水泥厂所处的上海浦东张江高科技园区的迅速发展，原有的设计排放标准已不能满足高科技园区的生产、生活要求。尤其是当工况异常时，电除尘器的排放严重超标，出现烟囱冒黑烟的现象，严重影响了当地高科技企业的生产和居民的生活及浦东的形象。厂里决定对相应设备进行更新改造，计划对预热器、分解炉进行改造，使其生产能力由700t/d提高到1000t/d，这样处理的烟气量将由17500m<sup>3</sup>/h增至24000m<sup>3</sup>/h，同时要求出口排放浓度降至30mg/m<sup>3</sup>以下。这就要求对原有电收尘器进行重新设计改造，以满足产量和排放的要求。

## 一、烟气处理工艺流程

浦东水泥厂窑尾烟气处理工艺流程见下图1。从图中可见，窑尾烟气经过预热器后进入高温风机，然后分成三路加以利用，一路通往煤磨用以原料烘干；第二路通向生料磨进行烘干，然后经风机进入汇风箱；第三路进入增湿塔，经调质后通向汇风箱。从汇风箱排出的烟气进入原来的70m<sup>2</sup>的电除尘器净化，然后经风机排入大气。生料磨机的开停会直接影响窑尾烟气粉尘比电阻，使电除尘器的效果受影响。

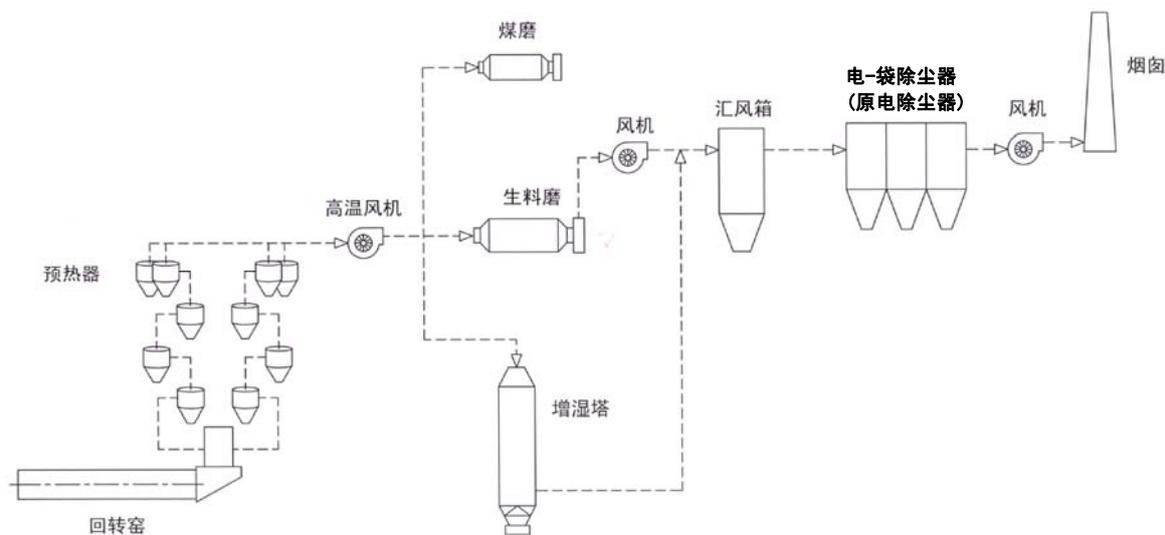


图1 浦东水泥厂窑尾废气处理工艺流程

## 二、 除尘系统的改造

熟料煅烧是水泥生产中的重要工艺环节，其主要污染物为高温高浓度含尘烟气。其粉尘排放量可约占整个水泥厂粉尘总排放量的70%左右。目前，国内水泥厂大部分选用静电除尘器除尘，其特点是：运行阻力低；超负荷运行能力强，操作管理相对省事。但是静电除尘器必须对烟气进行调质处理以提高其除尘效率，如果粉尘排放控制要求严格(即达到小于 $50\text{mg} / \text{m}^3$ 的水平)，即使静电除尘器的设备投资和运行费用大幅度增加，也难以达到粉尘的排放要求。经过多方论证，最终决定了采用将原电除尘器改造为电一袋复合除尘器的方案，同时对系统其他设备进行相应改造。

原70m<sup>2</sup>卧式三电场电除尘器改造时保留其壳体、进出口喇叭、气流分布板、下部排灰装置以及部分电场的内部构件(同时保留相应的电气设备)等，然后安装滤袋和增加上部净气室和排气管。烟气从收尘器进气喇叭口引入，经两层气流均布板，使气流沿电场断面分布均匀并进入电场，烟气中的粉尘约有80%—90%被电场收集下来，烟气由水平流动折向电场下部，然后从下向上运动，通入6个收尘室。含尘烟气通过滤袋外表面，粉尘被阻留在滤袋的外部，干净气体从滤袋的内侧流出，进入上部净气室，并分别进入上部的气阀，然后汇入排风管，流经出口喇叭、管道、风机从烟囱排出。

该设备既可以采用在线清灰，也可以采用离线清灰的方式。但由于原电收尘器本身结构的限制，改造后的6个分隔室的大小不一致，有些室内的滤袋数量要远多于别的室，当这些大的室被离线后，过滤面积要减少25%左右。故为了避免过滤风速过高，我们基本采用了在线清灰的方式，同样达到了非常好的清灰效果。在每个收尘室的花板上、下侧都安装了压差计，可以随时了解该室滤袋的积灰情况以及每个室的气流均布情况。收尘器的进、出口处均设置压力计和温度计，可以了解设备工作时的压力降变化。下表是改造前后的技术参数对比：

	改造前	改造后
处理风量( $\text{Am}^3/\text{hr}$ )	175,000	240,000
入口烟气温度( $^{\circ}\text{C}$ )	$< 250^{\circ}\text{C}$	$< 250^{\circ}\text{C}$
入口含尘浓度( $\text{g}/\text{m}^3$ )	80	80
电场数	3	1
排放浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	100	30
滤袋总数(条)		1248
分隔室数量		6
滤袋尺寸		$\varnothing 160 \times 6500\text{mm}$
滤袋材质		Gore®超强薄膜/PTFE处理玻纤滤袋

喷吹压力(bar)		<3
-----------	--	----

表1 电一袋除尘器工艺参数比较

此外，由于处理的烟气量的增加，同时电-袋收尘器的阻力相对电收尘器会增高，故对原有的增湿塔和风机也进行了相应的改造，以适应新的生产要求。具体的改造在此不作详述。

### 三、 除尘器滤袋的选择

一般来说，水泥厂回转窑窑尾烟尘工况条件比较复杂，存在着粉尘粒径细(平均粉尘粒径1-30 $\mu$ )；湿度大；烟气温度高且波动大；以及粉尘入口浓度高等特点。这就对所选用的滤袋提出了很高的要求

作为收尘器核心部件的滤袋，因为关系到整个改造的效果，同时也是投资较大的一部分，所以为谨慎起见，我们对市场上常用的滤料作了仔细的研究和调查，发现国内目前的袋式除尘器常用的一些国产普通滤料不可避免地会出现运行阻力高，滤料容易“板结”而过早失效，使用寿命短等缺陷。而对于水泥生产厂家来说，不但要求能控制粉尘排放，而且希望能不断地增加产量，降低生产能耗，延长滤料的使用寿命，减少生产成本。

在经过对市场和国内外收尘器滤袋的认真调查与研究后，我们最终选用了美国戈尔公司生产的Gore®薄膜/PTFE处理玻纤滤袋，该滤料的过滤表面复合了一层用“膨体”专利技术制成的多微孔、极光滑的膨体聚四氟乙烯(ePTFE)薄膜，是属于最先进的“表面过滤”技术。由于膨体聚四氟乙烯(ePTFE)薄膜的纤维组织极为细密，使含尘气体经过滤料后的粉尘排放量接近于零，可以满足日后严格的排放要求。另外膨体聚四氟乙烯(ePTFE)薄膜本身具有不粘灰、憎水和化学性能稳定等特点，使薄膜滤料具有了极佳的清灰性能，可降低清灰强度，减轻滤料的磨损，使滤袋的使用寿命大大延长。而且能使保证过滤阻力始终保持在很低的水平，而处理气流量始终保持在较高的水平，这就降低了系统的风机动力和压缩空气消耗，减少系统的运行费用。

虽然选用该滤袋的初始投资成本相对较高，但由于有降低能耗，提高产量、减少维护成本、寿命长等优势，而且还考虑到戈尔滤料在世界水泥工业上(包括窑尾、煤磨和水泥磨)的应用，有着良好的业绩，能提供优秀的技术服务，这些都能大大降低改造投资的风险。实践证明，选用了该滤袋是非常物有所值的。

### 四、 改造后的运行效果

改造工程于2003年2月开工，到2003年4月份投入使用至今已有4年的时间。我们一直对收尘器的运行保持着跟踪分析，并绘制了压差曲线，见图2。在运行的前3年，压差稳定在500~700Pa,近期略有升高，但仍稳定在700~900Pa，大大节约了收尘器运行的费用。

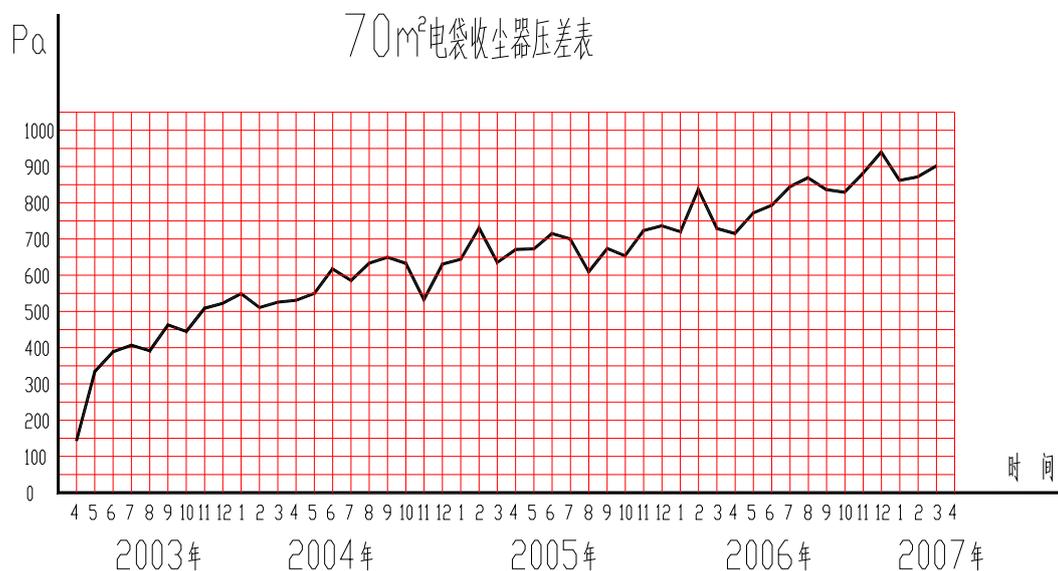


图2 收尘器压差曲线

选用的Gore®薄膜/PTFE处理玻纤滤袋的阻力低，通常可比普通玻纤滤袋减少400Pa以上的压差，而处理的风量可增加15%以上，大大提高了产量。还降低了维护的成本和停机损失，实际上在当年我们就收回了滤袋投资的成本，比原来预计的还高出一倍。

同时经过环保监测部门的多次测定，粉尘排放浓度一直保持在30mg/m<sup>3</sup>以下，而实测的处理烟气量达到了30500Am<sup>3</sup>/hr,比原设计值(24000A m<sup>3</sup>/hr)提高了约27%。另外薄膜滤袋的清灰效果非常好，2.5bar的压力就可以完全清灰，节约了压缩空气的消耗量，也使得滤袋寿命大大加长。每隔半年的时间我们都会抽取滤袋送至厂家进行滤袋性能的检测，最近一次的检测在去年年底，测试结果表明滤袋的强度和透气性依旧良好，其强度在470~500psi。

## 五、 经验总结

众所周知，要保证收尘器长期、高效和安全运行是一项系统工程，包括设计、制造、安装、管理、操作和维护等环节。在改造完毕后如何确保运行顺利，管理、操作和维护无疑就显至关重要了。所谓“三分技术，七分管理”，就是强调这一环节的重要性。浦东水泥厂作为国内第一家采用电-袋结合方式改造收尘器的厂家，在没有其他相关经验可借鉴的情况下，我们的技术人员总结出了一套管理、操作和维护经验方法，最终确保了项目改造取得成功。

- 1) 控制好入口烟气的温度，当收尘器入口温度发生报警时要立即采取措施，如检查增湿

- 2) 检查清灰系统，保证清灰压缩空气干燥清洁，确保喷吹压力不高于**3bar**，这样可大大减少对滤袋的损伤。
- 3) 定时检查各类阀门、压力计、温度计和电加热器，确保工作正常。对收尘器运行压差和烟气温度进行日常观察记录，并绘制成曲线以分析变化趋势。
- 4) 检查下部排灰拉链机运行是否正常，防止灰斗内粉尘搭桥堆灰。一旦发现故障要及时排除，要求日常对各运转部位进行检查，对各轴承要定时添加油脂，定时测量轴承的间隙，及时调整刮拉链的松紧度。
- 5) 严格按照厂家提供标准程序来进行开关机的操作，最大程度的减少开关机时对滤袋造成的损伤。
- 6) 定时抽取滤袋送至滤袋厂家作实验分析。

设备及配件厂家也在后期的运行中提供了大力的支持，尤其是滤袋的厂家戈尔公司，在四年的时间里一如既往地提供完善周到的技术服务，使我们深刻体会到了后期的服务对维持系统正常运行的重要性。比如在运行的初期曾出现过部份滤袋破损的现象，戈尔的技术人员在第一时间赶赴现场对系统进行检查，发现有部份喷吹管的安装位置有误，喷吹口没有垂直对准滤袋中心，而是直接对着袋身喷吹，导致滤袋破损，在及时调整了喷吹管后，再没有类似问题的发生。在此后的生产过程中，戈尔公司的技术和销售人员都会定期拜访，检查收尘器及滤袋的运行情况，解决运行中发生的问题，并定期抽检滤袋，提供详细的分析报告和建议。所有这些都大大增强了我们的信心，确保了系统运行有更好的技术保障。

## 六、 结论

在未来的**10-15**年间我国对水泥工业的排放要求将会越来越严格，这就需要越来越有效的收尘系统以达到更低的排放要求。而上海浦东水泥厂在国内首次将电除尘器改为电-袋复合式除尘器，这一勇于创新的改造不仅使厂家自身取得了良好的经济效益，也为国内其他水泥厂的窑尾烟气处理系统的改造提供了借鉴，获得了良好的社会效益。

同时我们也认识到要确保除尘器良好的运行效果，不仅要有先进的设备，优质的滤料，而且要对除尘器的运行进行系统管理，执行精心的操作和维护，这样才能确保收尘器运行的稳定可靠，减少污染物的排放，满足水泥行业持续健康发展的要求。

## 参考文献

1. 林宏：“电-袋复合除尘器的开发与应用”