



先进覆膜滤袋——水泥企业的节能之匙，环保之盾

窑头和窑尾袋式除尘器的滤料应用分析

导读：

雾霾作为生态环境污染的典型，近年来频繁困扰着国内许多地区，严重危害了国民经济发展、社会发展和人民生活。政府陆续出台治污减排政策，要求水泥、电力、钢铁等重点行业控制降低烟粉尘的排放。在国家监督下，水泥窑的粉尘排放标准不断提高。而滤料作为水泥厂袋式除尘器的核心部件，其选择及质量直接决定着除尘器的应用状况。

市场上供应的多种用于处理窑头及窑尾废气的滤料，如玻纤、P84、诺梅克斯及部分混编滤料等，它们都各自有着性能优缺点。常见滤料不论机织布或针刺毡滤料，如未做覆膜处理，过滤效果都不理想。然而，本文提出的一种新的玻纤覆膜滤料解决了玻纤机织布滤料的缺陷，大大提高了其抗折性能及过滤性能。作为全国“千家”重点节能企业之一的河北鹿泉金隅鼎鑫水泥股份有限公司就率先在窑头和窑尾电收尘器改袋收尘器等大型技改项目中使用了这种先进玻纤覆膜滤料，不仅改善了工厂环境和周边生态环境，还大大降低了生产能耗，仅风机的能耗每年就可节约超过 400 万元，从而真正帮助水泥企业实现了经济效益、社会效益和生态效益的统一。



近年来，我国大部分地区频繁发生大气雾霾污染，空气质量指数长期处于重度污染级别。大规模雾霾天气不仅是天灾，更是人祸。雾霾作为生态环境污染的典型，已对国民经济、社会发展和人民生活造成不同程度的危害。

环境专家强调，“高强度排放”是导致雾霾的根本原因。中国环境科学研究院副院长柴发合表示，

钢铁、水泥等工厂直接排放颗粒物，促成了 PM2.5 的形成。为此国家下定决心大力治理环境污染。根据《国家环境保护“十三五”规划基本思路》，初步考虑在电力、钢铁、水泥等重点行业开展烟粉尘总量控制，实施基于新排放标准的行业治污减排管理，把问题突出、影响范围广的烟粉尘排放量降下去。

水泥行业由于生产过程会产生大量的粉尘，而被列入高污染行业。在大家的传统观念中，水泥厂就是“扬灰厂”，乌烟瘴气，成为了周边环境的污染源头。为此，水泥行业必须走向一场除尘抗霾之路，而粉尘污染治理技术又一直是水泥企业绿色发展过程中不可回避的难题。根据最新的《水泥工业大气污染物排放标准》规定，水泥窑粉尘排放标准将由原来的 50mg/Nm³(水泥窑等热力设备)和 30mg/Nm³(水泥磨等通风设备)下降到 30mg/Nm³ 和 20mg/Nm³。而滤料作为水泥厂袋式除尘器的核心部件，其选择及质量直接决定着除尘器的应用状况。

滤料选择中的常见问题

市场上供应的滤料多种多样，用于处理窑头及窑尾废气的滤料则有玻纤、P84、诺梅克斯和一些混编滤料，滤料通常需要做表面处理，如浸渍，烧光，覆膜等，其中玻纤滤料因表面覆膜而大大提高了其过滤性能。为准确选定合适的滤料，我们对其作了充分的了解。

玻纤

优点：耐高温（长期使用温度 260℃，短期可达 280℃）、抗化学腐蚀、抗拉性强；

缺点：抗折性差（所以大多采用机织布形式。市场上虽也有玻纤针刺毡滤料，其过滤性能相比其它针刺毡滤料较差，寿命低且价格贵，并不适合水泥窑的应用）。

P84

优点：耐磨、抗酸；

缺点：价格昂贵、耐高温性能差（长期使用温度 200℃，短期 240℃）、易受 NOX（氮氧化物）侵蚀、耐水解较差。

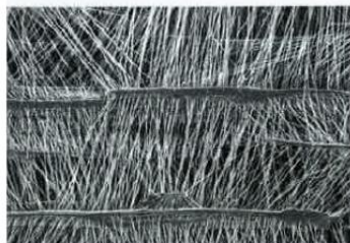
诺梅克斯

缺点：不耐水解、抗酸性能差、耐高温性能差（长期使用温度 180℃，短期 220℃），需要表面进行很好的处理才能应用于窑尾废气处理。

基于 ePTFE（膨体聚四氟乙烯）的覆膜滤料替代解决方案

薄膜滤袋与普通非薄膜滤袋

薄膜滤料



表面过滤

均匀的薄膜结构提高过滤效率

非薄膜滤料



深层过滤

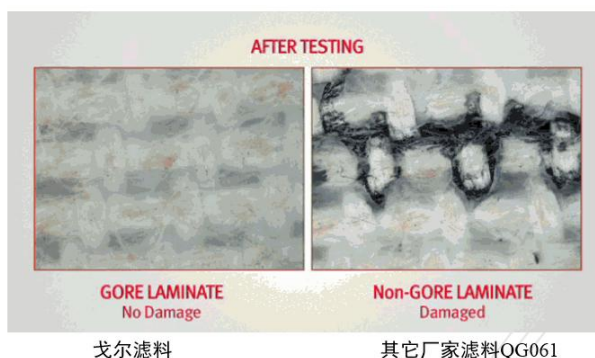
开放式结构使得粉尘和小颗粒能穿透

为解决玻纤机织布滤料的缺陷，美国戈尔（GORE）公司发明了玻纤覆膜滤料，并对玻纤滤料进行了良好的后处理，不但大大改善了玻纤的抗折性能，也极大地提高了玻纤机织布的过滤性能。

覆膜滤料，即在滤料表面覆上一层 PTFE（聚四氟乙烯）或 ePTFE（膨体聚四氟乙烯）薄膜。该薄膜是一种利用聚四氟乙烯材料，经科学控制形成的极薄的致密多微孔薄膜。将其压覆在滤料表面作为迎尘面，充分保证了透气性、过滤性和除尘器的低压差运行。加之薄膜表面非常光滑，粉尘很容易被清除，减少了清灰频率，大大节省了压缩空气的能耗。

虽然覆膜滤料有以上优点，但对薄膜的技术质量要求很高，其中薄膜的微孔直径、孔隙率和微孔分布均匀性是非常重要的指标，其质量好坏直接影响覆膜滤料的过滤性能。同时，薄膜与滤料的覆压技术也很重要，差的覆压技术不但影响透气性，在使用中还会造成薄膜与滤料的分离或损坏，影响使用寿命，当然被覆的滤料本身质量也是重要因素，因而并不是所有的覆膜滤料都一定是好滤料。

美国戈尔公司的覆膜滤料在业内拥有良好的口碑以及广泛的成功应用案例，他使用的薄膜兼顾高透气性及耐磨损双重性能，不但在窑尾废气处理中应用成功，在国外，由于薄膜的耐磨损性能较好，在窑头废气处理的成功案例也比比皆是。



玻纤覆膜滤料在实际案例中的应用

近年来，作为全国“千家”重点节能企业之一的河北鹿泉金隅鼎鑫水泥股份有限公司，拥有两条 2500 t/d 熟料生产线，三条 5000 t/d 熟料生产线，公司先后引进各类先进技术，其中在使用袋除尘器处理窑头和窑尾废气，以及窑头和窑尾电收尘器改袋收尘器等大型技改项目中，取得了瞩目的节能减排效果。

今年年初，国家发改委主任徐绍史带队就大力推进供给侧结构性改革、化解过剩产能、创新引领产业转型升级、推动京津冀协同发展，到河北金隅鼎鑫水泥有限公司进行调研。当在金隅鼎鑫二分公司生产现场视察时，徐绍史关切地询问：“脱硫、脱硝、除尘设施上了吗？”公司经理魏卫东回答说：“公司 5 条新型干法水泥熟料生产线在省内水泥行业率先配备建设了 SNCR 脱硝项目。粉尘治理采用美国戈尔滤袋，主排放口粉尘排放浓度最低达到 5mg/Nm³，实现了粉尘的近零排放、SO₂ 的零排放和 NO_x 的超低排放。”

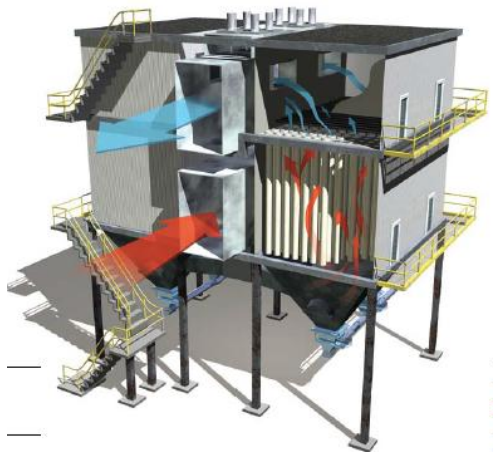
2008 年 10 月公司率先将一分厂 1 号熟料生产线窑尾电除尘器改造为袋除尘器，改造后顺利投入使用，经河北省环境保护厅监测其排放浓度稳定在 10mg/Nm³ 以内，同时通过窑尾烟气在线监测仪器半年的检测数据显示收尘效果非常良好，粉尘排放相当稳定。结合此次良好的改造效果随后公司又先后将一分厂和二分厂的全部窑尾、窑头电除尘器进行了同样的改造。截止 2010 年 5 月，公司完成了 3 台窑尾和 3 台窑头电除尘器的改造，目前一、二分厂加上后来改造的三分厂的窑头和窑尾共 10 台除尘器均采用了袋除尘器，滤料则全部使用戈尔的玻纤覆膜滤料。

虽然公司在窑头废气处理中使用玻纤覆膜滤料还属首次，通过运行效果来看，亦未发生一条滤袋破损现象，使用效果确实非常好，充分证明了窑头除尘器使用玻纤覆膜滤袋在多方面的优势也都非常明显：首先，粗颗粒粉尘被有效收集，未发生磨损；其次，避免了熟料粉生易板结的问题；再次，耐温行更强。从实际使用的效果来看，用了 7 年的玻纤覆膜不但排放依然在 10mg/Nm³ 以内，而且压差也始终没有超过 800Pa。

下表是二分厂熟料生产线窑头窑尾袋除尘器的运行参数。

项 目	单位	2F2#窑头	2F2#窑尾	2F1#窑头	2F1#窑尾
处理风量	Am ³ /hr	640000	1050000	520000	1050000
入口含尘浓度	g/Nm ³	~50	~80	~50	~80
入口温度	℃	< 260			
出口含尘浓度	mg/Nm ³	< 10			
滤料材质	——	戈尔覆膜玻纤			
滤料规格	mm	Φ160 × 8000			
每室滤料数	条	190	176	162	176
总室数	室	12	24	12	24
滤料总数	条	2280	4224	1944	4224
过滤速度（净/全）	m/min	1.16/1.27	1.13 / 1.04	1.11	1.04
脉冲清灰压力	MPa	0.23	0.25	0.23	0.25
除尘器压差	Pa	750	< 1200	650	< 1000

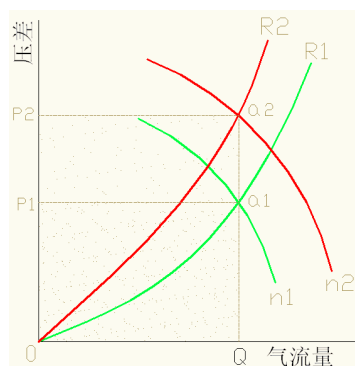
运行中的节能减排分析



覆膜滤料以其高效的粉尘拦截能力，为人们接近零排放的理想提供了可能。公司的窑头窑尾 10 台袋除尘器自投运以来，使用寿命平均 7 年以上，一直保持滤料的零破损，粉尘排放远远低于国家的排放标准，烟囱冒烟的现象再也没有发生，工厂周围的空气洁净度明显比以前改善，当地二级优良天气创造了历史最高，为公司员工创造了良好的工作环境，也为当地居民提供了良好的居住环境。

另外，能耗对于水泥生产企业来说至关重要，袋除尘器的能耗主要是引风机的能耗和用于清灰的压缩空气能耗。自投运以来，三分厂窑头窑尾布袋的压差都一直低于 600Pa 并保持平稳的状态，没有随着使用时间的推移而升高。通过压差的对比发现，普通非覆膜滤料通常会比覆膜滤料在同等条件下压差高 500 Pa 以上，甚至更多。

压差的高低直接影响风机的能耗，下图为风机的运行曲线和管网曲线图。其中 R1 为使用覆膜滤料的管网特性曲线，R2 为使用普通非覆膜滤料的管网特性曲线。由于使用普通非覆膜滤料的阻力比覆膜滤料高，其管网特性曲线 R2 相比较之下也高出不少。为了达到同等的气流量 Q，对于使用普通非覆膜滤料，则需要将风机的转速由 n1 提高至 n2，其工作点也从 a1 移至 a2。对于这两种不同工况下风机的功率，可用工作点 a 与坐标轴之间所包围的面积来表示，风机运转的能耗为：等同于风机的相似定律，



风机能耗差异原理图

$$W = \frac{kPQt}{3600 \times 1000 \times \eta}$$

式中：Q——流量（m³/hr）

k——气体密度系数

P——压差差异（Pa）

t——运行时间（hr）

η——系统效率（取 0.8）

现将二分厂 2# 熟料生产线风机的节能换算为每年电耗节省费用：

风机年耗能节约

$$= 1.0 \times 500 \text{ Pa} \times (640000 + 1050000 \text{ m}^3/\text{hr}) \times 8000 \text{ hr} \times 0.55/\text{kwh} \div (3600 \times 1000 \times 0.8) \\ = 129 \text{ (万元)}$$

通过以上计算，结合实际排风机的电耗，公司五条熟料生产线的窑头和窑尾袋除尘器仅风机的能耗每年可节约超过 400 万元。

另一方面，当前用于清灰的压缩空气压力仅为 0.25 MPa，清灰周期也较长，仅仅压缩空气的费用 10 个除尘器每年节省近 80 万元，同时减少了清灰时压缩空气对滤料的损伤，延长了滤袋的使用寿命。

结束语

针对雾霾带来的恶劣影响，今年初北京市启动了大气污染应急减排措施，据统计，已有 103 家重点排污企业被停产。如不主动采用先进的环保技术减排降耗，那么水泥企业今后的发展将岌岌可危。

水泥厂使用普通的非覆膜滤袋，纤维孔隙大，只能依靠粉饼过滤，细颗粒物 PM2.5 穿透现象严重，难以达到理想的排放值；而薄膜滤料孔隙致密，过滤精度高，薄膜代替粉饼，排放低，压差更低，真正帮助水泥企业实现了经济效益、社会效益和生态效益的统一。

###