

关于露天料场防风抑尘墙的设计及应用

魏炜 梁洁莹

宝武集团中南钢铁有限公司

摘要：随着工业化的快速发展，堆场起尘问题日益严重，不仅影响环境质量，还可能对人们的健康造成威胁。防风抑尘墙作为一种有效的防尘措施，在堆场管理中发挥着重要作用。本文旨在结合国内外防风抑尘墙的研究成果和笔者实际工程设计的经验，对防风抑尘墙的设计要点和主要参数进行深入分析，并提出相应的设计意见和建议。

关键词：防风抑尘；起尘风速；风洞试验；支护结构选型

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.19.021

一、引言

目前，露天料场扬尘问题是一直难以彻底解决的难题，除非采用全封闭措施，还没有一个有效控制扬尘的措施。大多数露天料场现有抑尘措施为雾炮，雾炮能够在一定程度上降低煤场扬尘污染，但在在大风季节时，敞开空间中雾炮不能起到很好的抑尘作用，尤其在料场内存在转运车辆行驶或煤场机械进行堆取料作业时，料场的扬尘无法得到有效控制。料场造成的煤粉扬尘不仅给周边现有生产区造成了污染，且对料场周围的建筑及居民产生较大的环境影响，不利于公司对外树立良好的企业形象。另外，料场扬尘造成的原料流失给公司带来了经济损失。

二、改造的必要性

根据中华人民共和国环境保护部文件《建成违规项目环保备案条件》明确要求环保备案的必要条件是：“原料场建设防风抑尘网或（半）封闭料仓”。对于南方地区常年最大风压不大于 0.35kN/m^2 ，属亚热带季风气候，常年雨水充沛，空气湿度大，故适宜建设防风抑尘网作为挡风墙，最为经济可行。

三、防风抑尘墙的设计

（一）料场起尘的原因分析

料场起尘的原因确实复杂多样，但主要可以归结为料堆场表面的静态起尘和在设备作业等过程中的动态扬尘。

静态起尘主要是由于料堆场表面的颗粒物质在外界自然风的作用下产生起尘现象。当自然风速达到物料起尘风速时，尘粒受到湍流流速和压力脉动的影响开始振动，进而克服颗粒自身的重力而产生起尘现象。

动态扬尘主要是由于装卸、运输、筛分等环节等设备作业过程中，对物料引起运动、碰撞和摩擦，进而产生大量的粉尘颗粒，形成扬尘现象。

起尘风速计算公式计算： $V_0 = a \cdot d^{0.334} \cdot W^{1.114}$

式中： V_0 为起尘风速， m/s ； a 为起尘系数； W 为料堆表面含水率，%； d 为尘粒径， mm 。

或： $V_0 = a \cdot V - Q/n$

式中： Q 为堆料的起尘量； V_0 为起尘风速； V 为现场

风速； a 为和煤尘颗粒度分布有关的参数； n 为指数

两公式中分别从堆料含水率、堆料颗粒度和现场风速说明了与起尘风速之间的关系，不难看出：一、堆料含水率越高，起尘风速越大；二是堆料颗粒度越大，起尘风速越大；三是现场风速越大，起尘风速越小。基于以上结论，降低料场扬尘可以从以下几点开展：一是使用雾炮降尘、湿润剂等方法提高料堆表面含水率；二是表面喷洒结壳剂、改善堆料结构等方法加大堆料粒径；三是采用料场周边围建挡风墙或者种植高大的树木等植物，降低现场风速。

（二）防风抑尘网的原理

利用防风抑尘网作为挡风墙被广泛应用于钢厂、发电厂、煤矿、水泥厂等企业，能非常有效地治理扬尘污染，防风抑尘网利用空气动力学，通过改变风向和风速，从而降低扬尘源头表面的风速值，可有效衰减流风动力，减少风对料堆表面的直接冲击，从而达到减少起尘的目的。

挡风墙的高度、材质、孔隙率等是影响其抑尘效果的主要因素。其形状、开孔率以及不同孔形的组合都是根据实施现场的布置、堆料品种以及环境因素等来确定的。当强风从外部吹向防风抑尘网时，墙体会对空气流动产生阻挡和引导作用，内侧的风速会明显减弱，甚至达到无风的状态，从而有效地控制了粉尘的扩散。

此外，防风抑尘网的设计还考虑到了不同风向和风速的影响。通过合理的布局和结构设计，防风抑尘网可以在多个方向上发挥挡风抑尘的作用，使得无论风向如何变化，都能有效地防止粉尘的飞扬。

（三）防风抑尘网的效果

南京航空航天大学空气动力学实验室开展了低速、高速风洞实验。实验结果显示，在小风条件下，防风抑尘网可以最大限度地降低来流风的动能，降低了空气中颗粒物的悬浮和扩散能力，其平均抑尘效率高达89.77%，证明了防风抑尘网在减少颗粒物污染方面具有显著效果。但是在大风条件下，气流穿过防风抑尘网，会在网内风速较慢的区域形成低压区，这些越过网体的气流在网内形成旋风湍流，会夹带料粉导致扬尘现象，一定程度上降低了防风抑尘网的挡风抑尘效果。为此，实验团队提出在大风环境下，通过对料场进行有效喷淋，与防风抑尘网协同作用，平均抑尘率最终可达87.55%。这一结果表明，喷淋系统作为防风抑尘网的有效辅助措施，能够在恶劣天气条件下更好地控制扬尘污染。

（四）防风抑尘网的材质选择

1. 柔性防风网

优点：材料成本相对较低，具有较好的柔韧性，运输相对方便；具备阻燃特性，安装过程相对简单；双层

防风抑尘网的设计使得其抑尘率可达95%以上，有效地控制了粉尘的飞扬，达到了显著的环保效果。

缺点：易老化，使用寿命短。

2. 钢性防风网

优点：钢性防风网采用钢板材质，具有出色的坚固性、耐用性和较好的阻燃性能。涂膜性能优越：静电粉末喷涂后光滑、耐水、抗油，并且绝缘性较好。综合抑尘率可达80%以上，有效地改善了环境质量。

缺点：采用钢板材质制造，原料成本相对较高；重量和体积较大，增加了运输的难度和成本；冲孔断口处容易潮湿、氧化等，导致腐蚀现象的发生，影响使用寿命。

四、防风抑尘墙应用

（一）防风抑尘墙的平面布置

1. 平面布置方式

防风抑尘墙的平面布置方式主要包括主导风向上设置型、四周设置型以及三面设置型等，当地实际气象条件、现场地理环境等决定了不同布置方式的选择。

在主导风向上设置双面防风抑尘墙，这种布置方式通常适用于风向较为稳定和单一的地区；四周设网则是一种更为常见的布置方式，由于风向并非单一，风的阵发性特点容易形成漩涡风，因此闭环设计能够有效地减少风的湍流度，避免形成明显的涡流，从而提高防风抑尘网的抑尘效率。如果没有考虑到风向的多变性和风的阵发性特点，可能会破坏防风抑尘网的运行工况，导致抑尘效果大打折扣。

2. 设墙方式选择

堆场的大小和形状是决定设墙方式的选择的关键因素，在距离堆垛2—3倍堆高的距离处设置防风抑尘墙，可以较为有效阻挡风力，减少风对堆垛的直接冲击，从而防止粉尘的飞扬。针对内含多个堆垛的大型料场，设墙方式可以考虑沿着堆垛的边缘设置一周，以最大限度地发挥其挡风抑尘的效果。

同时，在设计方案之前，需充分了解堆场内的建筑物、机械设备、地下管线以及道路等设施的布局和功能，确保防风抑尘墙建设和运营不会对堆场的正常运营产生干扰。

（二）防风抑尘墙高度的确定

在对防风抑尘墙的高度进行确定是需要考虑多个方面的影响因素，包括堆场内堆垛的高度、面积以及实际条件下环境质量上给出的要求。除此之外，我们在对防风抑尘网的高度进行确定时还需要重视其堆场范围的实际大小，其实也就是一定要保证防风网的庇护范围要包括到整个料场的范围以内。

根据南京航空航天大学空气动力学实验室的《低速、高速风洞实验》得出以下实验结论：当防风抑尘网的高度在堆垛高度的0.6—1.1倍时，抑尘效果和网高是呈正比关系的；当防风抑尘网的高度增加到堆垛高度的1.1—1.5倍时，抑尘效果和网高之间的正比关系就趋近于平衡的状态。基于实验结果，在进行设计时把墙高和堆垛的高度比例控制在1.1—1.2倍之间。

另外，可以利用料场周边现场实际地形，将防尘网布置在地势高的位置，用以降低防尘网高度；有些防尘网可以设置于架空钢通廊下，将钢通廊作为防风抑尘网的一部分；与转运站交接处，通过封闭转运站等方式达到节约成本的目的。

（三）防风抑尘墙的构成

防风抑尘网由基础、挡料墙、支护钢结构、防风抑尘板四部分组成。

（1）基础：一般是现场浇注地下基础，基础为钢筋混凝土独立基础。

（2）挡料墙：为防止边界区域的原料外泄和雨后原料泥水外溢，并防止附近车辆、或设备在使用的过程中撞坏防风抑尘网结构，防尘网下部设置1.0m至1.5m的挡料墙。

（3）支护钢结构：设计按风力风速设计参数，采用钢支架支护，支架主要给防风抑尘网提供足够的强度，抵御强风的破坏，在整个系统中起到安全保护作用，其此在一定程度上也有协调整体外观的美化作用。

（4）防风抑尘网：防风抑尘网是防风抑尘墙的主体，固定于支护钢结构上。经过良好设计，达到防风抑尘的作用。

（四）基础设计

防风抑尘网的基础采用钢筋混凝土独立基础。根据防风抑尘网的高度和长度确定其间距。本方案设置在10m左右。基础接短柱并外露地面，预设埋件，上承载支护钢结构和防风抑尘板。

（五）挡料墙设计

挡料墙拟与基础的地梁合并设计。增加地梁的高度并外露出地面，兼起挡料和拉结独立基础的作用。墙体为钢筋混凝土结构。

（六）支护钢结构设计

支护结构是防风抑尘网的骨架，通常采用钢结构，常用形式有悬臂柱式和刚架式。

悬臂柱式支护结构具有结构简单和较低的成本低廉的特点，适用于一些对强度和稳定性要求不高的料场。然而，由于其结构强度有限，不适用于风力较大或堆垛较高的环境。

刚架式支护结构则具有更强的结构强度和稳定性的特点，能够更好地抵抗风力和其他外力的影响。通常适用于风力较大、堆垛较高的环境，但成本也会较高。

（1）悬臂柱式和刚架式简介

悬臂柱式支护结构在风荷载作用下，悬臂柱会受到弯矩和剪力的作用，需要通过精确的计算和分析确定悬臂柱的截面尺寸，可以确保所选的悬臂柱截面尺寸能够承受预定的风荷载，保证整个支护结构的稳定性和安全性。

刚架式支护结构在风荷载作用下，会产生显著的侧向力和弯矩，为了减小柱弯矩和结构侧移，可通过在悬臂柱之间设置横撑杆和斜撑杆，三角形钢架能够有效地分散和抵抗风荷载产生的力，保证整个结构的稳定性和安全性。



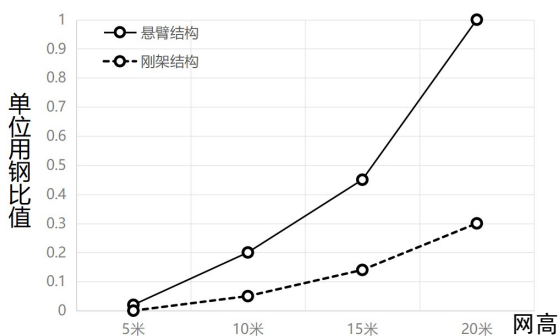
悬臂柱式支护结构图



刚架式支护结构图

(2) 支护结构选型

在相同荷载条件下，不同结构型式防风抑尘网的单位用钢量比较见下图：



可见，随着网高的增加，悬臂柱结构的用钢量增加比较显著。而刚架结构的用钢量增加相对平缓；在网高5.0m时两者比较接近，网高10.0m时悬臂柱结构的用钢量达到刚架结构的2倍。网高15.0m以上时两者的比值则达到3倍。可根据实际网高，选用较为经济的结构。

从图表中分析可知，随着防风抑尘墙高度的增加，悬臂柱结构和刚架结构在用钢量方面表现出了不同的增长趋势。悬臂柱结构的用钢量增加显著，而刚架结构的用钢量增加则相对平缓。这种差异主要是由于两种结构

形式的力学特性和受力方式不同所导致的。

悬臂柱结构由于其悬挑的特性，随着网高的增加，需要更多的钢材来支撑和抵抗风荷载产生的弯矩和剪力。因此，用钢量会随着网高的增加而显著增加。

相比之下，刚架结构由于采用了整体刚性的设计，能够更好地分散和抵抗风荷载。随着网高的增加，虽然用钢量也会增加，但增长趋势相对平缓。

在实际工程中，根据防风抑尘网的预期高度，可以选择更为经济的结构形式。在网高较低时，悬臂柱结构可能由于其简单性和较低的成本而更具优势。然而，随着网高的增加，刚架结构由于其较平缓的用钢量增长趋势，可能逐渐显示出其经济性。特别是在网高达到10.0m或更高时，刚架结构的用钢量明显低于悬臂柱结构，这使得刚架结构成为更为经济的选择。

五、防风抑尘墙的效益分析

(一) 环境效益

露天料场由于露天堆放产生的粉尘，属于无组织排放。这种排放方式会导致大量粉尘飘散到空气中，对周边居民的生活、工作环境产生不良影响。根据我国的《中华人民共和国大气污染防治法》，对于粉尘超标的行为，将责令改正并处罚款。防风抑尘墙的建设可以显著降低料场粉尘的排放量，不仅能够防止风力将粉尘吹散，还能够将已经飘散的粉尘拦截下来，使其沉降在地面，减少其对大气的污染。它不仅能够满足环保部门的要求，还能够为周边居民创造一个更加宜居的生活环境。

(二) 经济效益

料场系统和煤场系统在原料处理过程中，由于风蚀、装卸和筛分等工序，容易产生大量的扬尘，从原料损失的角度来看，每吨原料在露天堆存和装卸过程中会有3.53kg至6.41kg的损失，对于年堆储量为25万吨的煤场系统来说，这意味着每年会有800至1600吨的煤炭被浪费。而防风抑尘墙的建设，通过其有效的抑尘作用，按80%的减尘率计算，每年可节约近千吨煤，这对于企业来说是一笔不小的经济收益。

综上所述，防风抑尘墙的建设对于料场系统和煤场系统来说具有重要的意义。它不仅可以减少原料损失、降低运营成本，还可以改善环境质量、美化景观，是企业实现经济效益和环境效益双赢的有效措施。国内外已经普遍采用的防风抑尘墙、防风抑尘网技术，因为投资小，抑尘效果好，越来越受到企业的欢迎。

参考文献

[1] 陈振华、胡署根、李辉. 防风抑尘网设计要点及参数的确认[J]. 电力科技与环保, 2011, 27(03): 27-29

[2] 金向阳. 防(挡)风抑尘网在露天储煤场的应用[J]. 煤炭工程, 2008(06): 37-39

[3] 宋翀芳、彭林、白慧玲、牟玲、刘效峰. 露天堆场防风抑尘网后端流结构及抑尘效率的数值模拟[J]. 中国环境科学, 2014, 34(07): 1690-1695

[4] 王洪、田巍. 防风抑尘墙在邯钢原料场的应用[J]. 冶金动力, 2006(05): 86-87