

港口工程中防风抑尘网平面布置的研究与探讨

杨攀博¹, 陈龙², 李俊良¹

(1. 中交第一航务工程勘察设计院有限公司, 天津 300200; 2. 国投洋浦港有限公司, 洋浦 578101)

摘要: 防风抑尘网可有效的抑制港口工程中露天堆场的粉尘污染问题。本文以某码头防风抑尘网工程为实例, 通过数值模拟方法, 对多个平面布置方案的抑尘效果进行详细分析, 从而得出有借鉴意义的结论, 以便应用于其他工程中。“口”字型平面布置方案更为合理, 防风抑尘效果好, 对工程适应性强; 网高宜取 1.1 ~ 1.5 倍堆垛高度, 超过 1.5 倍堆垛高度后, 再提升网高, 防风抑尘效果提升不明显; 并建议采用防风网与抑尘网相结合的布置型式, 达到最好的防风抑尘效果。

关键词: 粉尘污染; 防风抑尘网; 数值模拟; 平面布置

中图分类号: U65 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 03—0099—03

港口工程露天堆场的矿石、煤等散料进行堆取、存放、转运等作业过程中, 在风力的作用下会产生大量细微粉尘颗粒, 对大气造成严重污染^[1]。布置防风抑尘网可有效抑制露天堆场的粉尘污染问题, 也是现阶段比较常用的解决方法。防风抑尘网的开孔率、网板形状、平面布置型式、网高均为关键的技术参数, 其中关于网板形状与开孔率的研究已较为深入, 可根据以往研究成果确定合理的设计参数^[2]。而针对特定工程, 防风抑尘网的平面布置型式及网高则更为直接影响其防风抑尘效果。本文以某码头防风抑尘网工程为实例, 对防风抑尘网的平面布置进行研究与探讨。

1 工程背景

某码头从 2008 年试运行、2009 年正式投产至今, 各方面运行良好, 主要进行煤炭、铁矿、熟料、水泥粉等散货装卸。港区常风向为东北东向, 强风向为西南向, 次强风向为东南向。码头周围有重要的粉尘敏感点: 1# 敏感点为小学、公园及居民区; 2# 敏感点为酒店及海军部队补给站; 3# 敏感点的海花岛高档小区。现阶段码头仅采用洒水喷淋方式进行除尘, 在常风向及强风向的作用下, 粉尘污染对各敏感点影响严重, 社会问题突出, 需采取更加有效的防尘措施, 拟建设防风抑尘网。

2 工程布置方案

2.1 平面布置型式

防风抑尘网的平面布置型式有主导风向上设置、四周设置, 也有三面或者单面设置。结合港区风向及堆场现状, 提出三个平面布置型式: 方案一采用“口”字

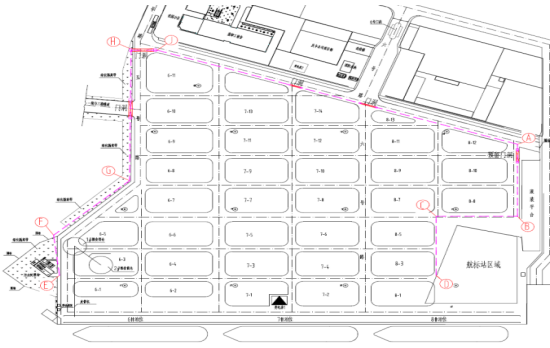
型布置; 方案二采用“山”字型布置; 方案三采用“U”字型布置, 如图 1 所示。



“口”字型布置



“山”字型布置方案



“U”字型布置方案图

图 1 平面布置方案

2.2 设网高度

关于防风抑尘网网高的选取，一方面根据《煤炭矿石码头粉尘控制设计规范》（JTS 156—2015），防风抑尘网设计高度宜取 1.1 ~ 1.5 倍堆垛高度^[3]。散货堆场堆垛高度为 9m ~ 10m，防风抑尘网高宜在 12m ~ 16m 范围内选取。另一方面需考虑防风抑尘网的有效庇护距离，实测数据表明网后下风向 16 倍网高距离内，综合抑尘效率达到 80% 以上，在网后 25 倍网高距离内有较好的抑尘效果，网高度一般为网后庇护距离的 1/25~1/16^[4]。某码头堆场纵深约 300m，网高宜为 12~18m 可保证有效庇护距离。综合考虑抑尘效果及经济性，网高采用 12m、14m、16m 三个布置方案。

2.3 网板参数

网板参数选择上，根据以往研究成果，防风抑尘网防尘机理分为防风 and 捕捉粉尘两种功能，故根据使用功能可以分为防风网和抑尘网两种，防风网减风效果好，开孔率为 40%，抑尘网抑尘效果好，开孔率为 33%^[4]。蝶形网板的降风和紊流效果相比平行板更为突出，且应用广泛。考虑到本工程敏感点较近，需突出抑尘效果，暂考虑采用开孔率 33% 的蝶形抑尘网板。

结合平面布置型式及网高，共布置 9 组设计方案，如表 1 所示：

表 1 防风抑尘网设计方案

方案	平面型式	具体高度
方案一 A	“口”字型	网高 12m
方案一 B	“口”字型	网高 14m
方案一 C	“口”字型	网高 16m
方案二 A	“山”字型	网高 12m
方案二 B	“山”字型	网高 14m
方案二 C	“山”字型	网高 16m
方案三 A	“U”字型	网高 12m
方案三 B	“U”字型	网高 14m
方案三 C	“U”字型	网高 16m

3 数值模拟计算

3.1 计算模型

通过数值模拟，对 9 组方案的抑尘效果进行分析，以选取最优方案。数值模拟采用国际通用的 CFD 软件包 FLUENT 对堆场及各个堆垛进行三维建模，模拟各工况在 16 个风向下的减风抑尘效果。

模型计算域的确定与流体流动复杂程度和求解的变量流动特征有关，本次计算选用实际场地的全尺度计算域。流体计算基于时均雷诺方程，采用 RNG k-ε 湍流模型。计算域的边界条件设定见表 2 所示。防风抑尘

网三维建模采用结构网格与非结构网格相结合的分片方式，堆场区域采用非结构化网格，外部边界层区域采用结构化网格。

表 2 计算域边界条件设定表

计算模型	RNG k-ε
入流边界	速度入口边界条件
出流边界	速度入口边界条件
侧向流体边界	速度入口边界条件
顶部流体边界	速度入口边界条件
建筑物、堆垛边界	无滑边界条件
地面边界	无滑边界条件
防风抑尘网	Porous-Jump

3.2 流场分析

方案一 A、方案一 B、方案一 C 三组方案的近地面风速云图如图 2 所示。可以看出，防风抑尘网降低了来流风速，在堆场内部形成了低风速区。16m 网高时减风效果最好，14m 次之，12m 最差。方案一 B、方案二 B、方案三 B 三组方案的近地面风速显示，“口”字型南侧网近似垂直于 S 风向，减风效果最好，“山”字型次之，“U”字型最差。

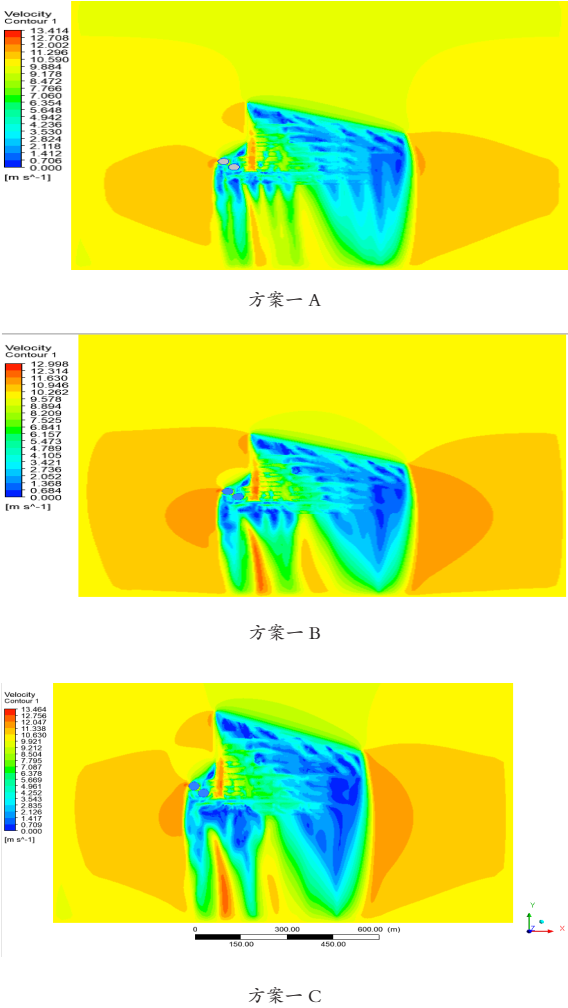


图 2 “口”字型方案流场图（N 风向）

3.3 抑尘效果分析及方案优化

抑尘计算结果如表 3 所示。从堆场起尘方面看，网高一定时，“口”字型方案与“山”字型方案的抑尘效果接近，且均明显好于“U”字型方案。从敏感点的降尘方面分析，“口”字型方案与“山”字型方案的抑尘效果也要好于“U”字型方案。“口”字型方案对南侧敏感点（3#）的抑尘效果更好，而“山”字型方案对北侧敏感点（1#、2#）的抑尘效果更好，且均达到了 99% 以上。

网高方面，抑尘率随着网高的增加而提高。14m 网高相比于 12m 网高抑尘率提高 2.1% 左右，而 16m 网高相比 14m 网高抑尘率仅提升 0.3%。可见，网高超过一定值后（1.5 倍堆垛高度），再提升网高，抑尘率提高效果不明显。

通过以上分析，结合工程经济性，并考虑到“山”字型布置方案将堆场分割，不利于行车组织及生产管理，故将方案一 B，即“口”字型布置、14m 网高作为工程推荐方案。同时在试验中发现，增加南侧防风抑尘网的开孔率可加强对门机装卸区域的减风抑尘效果，故采用防风网与抑尘网相结合的布置型式，即南侧采用开孔率 40% 的防风网，其余三侧采用孔率约 33% 的抑尘网，已达到更好的防风抑尘效果。

表 3 各工况减风降尘、抑尘效果（结合洒水）

工况	堆场起尘效果		敏感点降尘效果					
	起尘量	抑尘率	敏感点 1		敏感点 2		敏感点 3	
			降尘量	抑尘率	降尘量	抑尘率	降尘量	抑尘率
			(t/km ² .a)	(%)	(t/km ² .a)	(%)	(t/km ² .a)	(%)
无网	3713.70	69.86%	2.5830	75.39%	136.2335	71.23%	12.8470	65.71%
方案一 A	901.06	92.69%	0.1076	98.97%	6.7029	98.58%	0.0525	99.86%
方案一 B	643.50	94.78%	0.0858	99.18%	5.7692	98.78%	0.0381	99.90%
方案一 C	606.66	95.08%	0.0810	99.23%	5.5331	98.83%	0.0341	99.91%
方案二 A	744.15	93.96%	0.0761	99.28%	4.5890	99.03%	0.1764	99.53%
方案二 B	617.33	94.99%	0.0722	99.31%	4.4478	99.06%	0.1228	99.67%
方案二 C	566.43	95.40%	0.0690	99.34%	4.3027	99.09%	0.1075	99.71%
方案三 A	1149.28	90.67%	0.1139	98.91%	7.4475	98.43%	0.2412	99.36%
方案三 B	997.34	91.91%	0.0881	99.16%	6.6835	98.59%	0.1683	99.55%
方案三 C	947.25	92.31%	0.0848	99.19%	6.4530	98.64%	0.1509	99.60%

3.4 TSP 浓度影响

TSP 浓度计算采用日本零部件中心软件。2# 敏感点距离工程最近，某码头建设前，TSP 日平均浓度为 0.108~0.127mg/m³，即本底值。通过数值模拟计算，某码头建设防风抑尘网后的贡献值为 0.08mg/m³，叠加后

为 0.21mg/m³，满足大气二级标准，即总悬浮颗粒物（TSP）浓度限值为日平均值 <0.3mg/m³。

4 结语

- （1）平面布置型式上，“口”字型方案布局合理，防风抑尘效果好，对工程适应性强；
- （2）防风抑尘网设计高度宜取 1.1 ~ 1.5 倍堆垛高度，网高超过 1.5 倍堆垛高度后，再提升网高，防风抑尘效果提升不明显；
- （3）建议根据数值模拟结果调整防风抑尘网布置，并采用防风网与抑尘网相结合的布置型式，以达到最好的防风抑尘效果。

参考文献：

[1] 陈尚伦, 防风抑尘网的类型及应用 [J]. 起重运输机械, 2013 (2) :107-109.

[2] 赵杰, 姬亚琴, 李树立等, 关于散货堆场网研究进展 [J]. 环境与可持续发展, 2015 (3) :84-87.

[3] JTS 156—2015《煤炭矿石码头粉尘控制设计规范》.

[4] 陶鹏, 王丹. 露天煤炭堆场的防风抑尘网集成技术研究 [D]. 水运工程, 2011 (9) :159-164.

[5] GB 3095-2012《大气环境质量标准》.

