



防风网结构设计的影响因素

蒋小芳, 丁美凤

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200231)

摘要: 防风网在我国港口工程中的应用越来越广泛, 但相关设计经验缺乏。根据国内外防风网的应用与研究现状, 对防风网结构设计的影响因素进行探讨, 通过工程实例的计算分析了各因素对结构设计成果的影响, 供类似工程设计时参考。

关键词: 防风网; 风荷载; 体型系数; 优化设计

中图分类号: U 656.1⁺33; TU 391

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)10-0177-03

Influential factors for architectural design of windproof net

JIANG Xiao-fang, DING Mei-feng

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: Although windproof nets are widely used in domestic port engineering, there is still a lack of design experience for it. This paper discusses the influential factors for the architectural design of windproof net initially based on the application and current research situation of windproof net at home and abroad. The paper analyses the influences of all these factors, to provide reference for similar projects.

Key words: windproof net; wind load; shape coefficient; optimization design

防风网作为一门新兴技术, 国内研究时间较短, 实际工程经验有限。同时国内外关于防风网的研究, 大多集中在流体动力学方面, 如防风网形式、防风网布置、防风网高度、防风网开孔率等对风场风速的影响和防尘效果。关于防风网结构设计方法、结构稳定性、强度和承载安全度分析方法等, 尚未见系统研究成果资料^[1]。防风网结构设计安全, 特别是风载作用下的安全是关键问题。研究确定影响结构设计的因素, 在保证安全的情况下进行防风网结构的设计, 并达到经济合理的目的, 是设计工作中亟待解决的问题。

1 结构设计的影响因素

1.1 防风网的布置与结构形式

防风网布置与结构形式设计主要包括: 防风网的轴线位置(防风网与堆场堆垛的距离)、长

度、高度、开孔率、网孔的形状、支架结构及设网方式等。这些需根据当地的风况条件、堆场情况、防尘效果等要求, 由经验和计算确定。对于大型、重要防风网工程, 防风网总体布置方案与网板的结构形式要通过风洞试验或者数值风洞模拟技术确定^[2-8]。

1.2 风荷载的确定

风荷载是防风网结构承受的主要荷载, 工程设计中主要参照《建筑结构荷载规范》(简称荷载规范)进行设计^[9]。荷载规范(2009年版)给出的风压计算公式如下:

$$W_k = \beta_z \mu_s \mu_z w_0 \quad (1)$$

$$\beta_z = 1 + \frac{\xi v \varphi_z}{\mu_z} \quad (2)$$

式中: β_z 为高度 z 处的风振系数; μ_s 为风荷载体型系数; μ_z 为风压高度变化系数; w_0 为基本风压; ξ 为脉动增大系数; v 为脉动影响系数; φ_z 为振型影

收稿日期: 2013-08-10

作者简介: 蒋小芳(1979—), 女, 硕士, 工程师, 从事建筑结构设计工作。

响系数。

GB 50009—2012《建筑结构荷载规范》虽已对风振系数的确定进行了修订,但规范仍未给出此类结构形式的体型系数。因此,对于防风网的风荷载体型系数研究,具有理论和工程实际意义,目前已有部分研究^[10]。

1.3 支架结构形式及基础形式

防风网支架一般采用钢结构,一般结构布置见图1。防风网支架设计类似于钢屋架的设计,同样可以布置成三角形和梯形。上部结构主要由支架、水平撑杆以及支撑组成。支架结构等效为悬臂结构,腹杆的布置方式对于风荷载的合理传递是有影响的,因而在结构设计中应予以考虑。

结构基础形式的确定根据场地空间条件、地质条件确定,通常分为桩基础和条形基础两种形式。

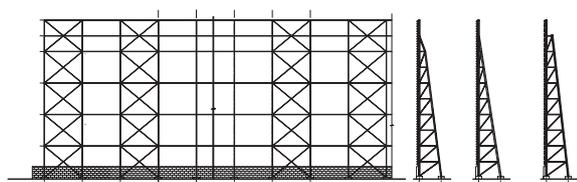


图1 防风网结构

2 工程实例

1) 实例1。

苏州港太仓港区华能煤炭码头工程,陆域部分煤堆场采用条形料场方案,共布置6条条形煤场。当地基本风压 0.55 kN/m^2 ,地面粗糙度为A类。经防风网工程可行性研究推荐,沿堆场四周设防风抑尘墙,防风网高度为19 m,防风网整体结构形式为网-墙结构,墙体高度不超过2 m,设计中采用1.5 m,支架间距4.5 m。抗震设防烈度为7度,设计基本加速度为 $0.10g$ 。受场地限制,防风网结构布置宽度限定在5 m以内,场地表层土为吹填砂,故设计采用桩基。

2) 实例2。

福州港可门作业区4[#],5[#]泊位工程,经数值模拟研究推荐,沿堆场四周设防风抑尘墙,根据工程实施进展,先在管理区与堆场之间的防风林内设置防风网,根据码头施工的进行程度逐步将防

风网方案完整。防风网高度为18 m或15 m,防风网整体结构形式为网-墙结构,墙高为1 m,支架间距3 m。抗震设防烈度为6度,设计基本加速度为 $0.05g$ 。网布置场地较大,场地下部岩基埋深浅,整个场地吹填后抛石形成,抛石厚度为6~8 m,故采用浅基础,岩基埋深浅处采用锚杆浅基础。

防风板均采用开孔率 $\varepsilon=40\%$,半径 $R=6 \text{ mm}$ 圆形开孔,开孔排列为错开形,防风板折角为 140° 。

结构设计中考虑正、反两个风向作用,同时考虑结构自重,由于结构轻、质量小,故地震作用很小,主要考虑风载作用。同时,考虑到空间结构作用效果,取一个结构段建模进行整体计算。

3 计算结果

由于防风网结构设计主要受风荷载控制,故而设计的各影响因素均从荷载规范中风荷载计算公式出发进行对比。

3.1 体型系数

荷载规范中没有明确的体型系数的取值,本文取1.3进行分析;按文献[10]所给资料,以及综合考虑实际应用过程中孔洞堵塞等因素,结构设计中取体型系数为1.05,计算结果见表1。

表1 实例1不同柱距与体型系数的工程用量

体型系数	柱距/ m	钢结构用量/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	网板厚 度/mm	$\phi 500$ 预制 桩桩长/m	综合造价/ ($\text{万元}\cdot\text{m}^{-1}$)	支架用 钢材
1.3	4.5	28.6	1.2	34	未核算	Q235
	6.0	37.3	1.0	39	未核算	Q235
1.05	4.5	22.8	1.2	31	2.0	Q235
	6.0	33.6	1.0	33	2.3	Q345

根据荷载规范计算公式可知,在其它因素不变的情况下,风荷载取值与体型系数成正比,亦即体型系数的取值直接影响工程的造价,所以采用合理的体型系数是十分必要的。

3.2 柱距

网板的造价在上部结构的造价中所占比例为20%~30%,在特定的自然条件下,网板的选用直接和支架间距有关。

水平支撑杆件是用于减小支架立柱平面外计算长度的杆件,主要由长细比控制,同时杆件壁

厚尚应满足规范的构造要求, 对几个工程实例每一支架间距范围内用钢量对比计算见表2。从表2可以看出支架间距越小, 辅助支撑系统用钢量所占比例越小, 亦即构造选用用钢量越少, 从受力角度来看就越合理。因此合理的柱距对造价起到至关重要的影响。

表2 不同工程主结构杆件与支撑杆件用钢量(标准段处)

工程	柱距/m	主支架/kg	水平撑杆/kg	撑杆用钢量比例/%
实例1	6.0	1 507	1 358	47.0
	4.5	1 133	306.45	21.3
实例2	3.0	2 651	165.6	5.9

3.3 周期

脉动增大系数和结构的周期有关, 程序与规范经验公式计算结果比较见表3。由于支架结构形式简单, 刚度分布均匀, 由表中结果可以看出, 单榀支架模型计算周期与规范估算周期相近, 但非典型高耸结构空间模型计算结果较单榀支架周期要大很多, 位于规范建议取值范围内, 故而在条件允许的情况下, 建议进行空间模型计算, 以达到更安全合理的目的。

表3 不同计算方法的结构周期

工程	规范附录E估算	单榀支架	空间模型
实例1(4.5 m柱距)	0.133 ~ 0.247	0.137	0.216 5
实例2	0.126 ~ 0.234	0.138	0.312 0

3.4 结构高度

根据荷载规范中风振系数计算公式, 随着港口功能的增强, 防风网的规模越来越大, 结构总高度与其迎风面宽度的比值都远小于0.5, 因而防风网的脉动影响系数转化为与结构总高度密切相关。通过工程实例的分析, 防风网的高度与受风条件及堆场货物堆放高度密切相关, 故而防风网的高度一般都小于30 m, 综上所述, 防风网的高度仅仅影响风荷载计算中高度系数的取值。

3.5 地质、地理条件

防风网的平面走向往往和挡风效果密切相关, 是结构设计所不能左右的。但基础的布置形式对于造价来说也有一定的影响。对于实例2高度为15 m高度防风网进行造价比较, 防风网基础一部分坐落于中风化岩石地基上, 另一部分位于抛石地

基础上, 在所有上部结构相同的情况下, 锚杆条形基础造价2.804万元/m, 条形基础造价2.767 9万元/m。

4 结论

1) 体型系数: 风荷载体型系数取值直接关系到结构设计的经济合理的问题, 体型系数取值与结构用钢量成正比关系。

2) 支架间距: 受防风网板本身的截面特性以及现有生产工艺的限制, 合理的支架间距能够达到最优经济效益。

3) 结构自振周期: 自振周期越大, 结构对风振的响应效果会越大, 结构构件断面就越大。但无限增加结构的刚度来降低风振的影响并不符合经济的目的, 如何在两者中寻求平衡是一个重要课题。

4) 地质、地理条件: 受地基条件以及场地限制, 基础的结构形式对于造价的影响是显而易见的。

参考文献:

- [1] 王元战, 孙熙平, 詹水芬, 等. 防风网结构设计研究综述[J]. 港工技术, 2008(3): 16-19.
- [2] 陈凯, 朱凤荣, 钮珍南. 防风网作用效果的风洞实验评估[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2006(5): 636-640.
- [3] Park C, Lee S J. Experimental study on surface pressure and flow structure around a triangular prism located behind a porous fence[J]. J wind Eng Ind Aerodyn, 2003(9): 165-184.
- [4] Yaragal S C, Ram H S G, Murthy K K. An experimental investigation of flow fields downstream of solid and porous fences[J]. J Wind Eng Ind Aerodyn, 1997, 66(2): 127-140.
- [5] 刘现鹏, 王元战, 洪宁宁, 等. 秦皇岛港煤堆场防风网结构风振响应分析[J]. 港工技术, 2008(5): 15-17.
- [6] 张亚清, 张光玉, 詹水芬, 等. 港口煤炭堆场防风网防尘效果数值模拟研究[J]. 水道港口: 2007(2): 136-139.
- [7] 张光玉, 詹水芬, 赵宏鑫, 等. 防风板抑尘效果数值模拟与风洞实验对比研究[J]. 水道港口, 2007(4): 286-288.
- [8] 韩桂波. 防风网板开孔率对防风效果影响的数值模拟研究[J]. 天津科技, 2009(2): 74-75.
- [9] GB 50009—2001建筑结构荷载规范[S].
- [10] 陈廷国, 王泽涛. 防风网体型系数风洞试验研究[J]. 低温建筑技术, 2011(9): 28-29.

(本文编辑 武亚庆)