

民用建筑高压金属通风管道振动分析与加固肋设计

潘春鹏

浙江建设职业技术学院 浙江杭州 311231

摘要: 本文对民用建筑高压金属通风管道的道体面板、横向加固肋分别按强度(按薄板大挠度塑性变形法计算)、刚度、振动进行分析计算。在抑制管道自振的前提下,对加固肋型号、间距进行分析计算,用以指导风管加固肋的选用和安装。

关键词: 高压, 通风管道, 振动分析, 加固肋

引言

根据GB50243-2016《通风与空调工程施工质量验收规范》^[1]及JGJ/T141-2017《通风管道技术规程》^[2]等规范规定,通风管道根据压力可以分为微压、低压、中压、高压四种类型。

表1 风管系统类别

类别	风管系统工作压力P (Pa)	
	管内正压	管内负压
微压	$P \leq 125$	$-125 \leq P$
低压	$125 < P \leq 500$	$-500 \leq P < -125$
中压	$500 < P \leq 1500$	$-1000 \leq P < -500$
高压	$1500 < P \leq 2500$	$-2000 \leq P < -1000$

对于高压管路,在截面相同情况下所受压力较大,易发生自振,因此高压金属通风管道的振动分析和加固肋设计计算很有必要。目前,对于火力发电厂矩形、圆形烟风管道的振动分析和加固肋设计的理论研究较为成熟。但对于压力较低(烟风道设计压力可高达扁钢8KPa;通风管道设计压力一般 ≤ 2.5 KPa),钢板更薄(烟风道钢板 ≥ 4 mm;通风管道钢板厚度0.75~1.5mm)的通风管道振动分析和加固肋设计计算还未见相关报道。各施工图集如《14K118:空调通风管道的加固》也未给出明确的加固肋设计计算过程。

笔者针对民用建筑高压金属通风管道道体面板、横向加固肋进行受力、振动分析。在抑制管道自振的前提下,对加固肋型号、间距进行分析计算,得出截面尺寸高压通风管道不同压力下加固肋规格、间距等数据,用于风管加固肋选用参考。

1 计算温度与压力选取

通风管道根据不同的工作原理,有正压、负压之分;同时根据压力大小,可以分为微压、低压、中压和高压四类。本文针对高压风管($1500 < P \leq 2500$)进行计

算,分别取1600Pa、1800Pa、2000Pa、2200Pa、2500Pa以及-2000Pa、-1800Pa、-1600Pa、-1400Pa、-1200Pa作为计算压力。

2 通风管道钢板厚度以及材质选取

金属通风管道按照材质分一般有钢板、不锈钢板和铝板等。本文计算过程以常见的0.75mm、1.0mm、1.2mm和1.5mm厚度Q235-A材质钢板为计算对象,见表2。同时,采用Q235-A材质角钢或扁钢作为加固肋。

在扁钢与角钢加固肋均可使用时,取钢材耗量较少的型钢作为加固肋。如2500Pa设计压力下,500x2000mm截面矩形通风管,经计算可以用扁钢-50x6(线密度2.36kg/m)和角钢<45x3(线密度2.09kg/m),由于角钢钢材耗量小于扁钢,因此加固肋选用角钢。

表2 钢板风管管材厚度 (mm)

类别 长边尺寸b	微压、低压	中压系统	高压系统	除尘系统
	系统风管	风管	风管	风管
$b \leq 320$	0.50	0.50	0.75	2.00
$320 < b \leq 450$	0.50	0.60	0.75	2.00
$450 < b \leq 630$	0.60	0.75	1.00	3.00
$630 < b \leq 1000$	0.75	0.75	1.00	4.00
$1000 < b \leq 1500$	1.00	1.00	1.20	5.00
$1500 < b \leq 2000$	1.00	1.20	1.50	按设计
$2000 < b \leq 4000$	1.20	1.20	按设计	按设计

由于通风管道输送空气温度一般为常温,本文采用设计温度50℃。

在使用温度为100℃以下时,Q235扁钢A钢材计算用许用应力取 $[\sigma]=125$ Mpa,弹性模量取 $E=200$ Gpa。

3 矩形通风管道截面尺寸选取

根据GB50736-2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》^[3]中6.6.1条规定:通风、空调系统的风管,宜采用圆形、扁圆形或长短边之比不宜大于4的矩形截面。风管的截面尺寸宜按现行国家标准《通风与空调工程施

工质量验收规范》GB50243的有关规定执行。

结合两本规范的要求，本文选取了较为典型的几种

矩形风管截面（120~2000mm）作为计算对象，同时根据表2的要求确定了每一种截面的钢板厚度。

表3 计算矩形通风管道截面及钢板厚度

短边 (a)	长边(b)													钢板厚度 (mm)	
	120	160	200	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000		
120	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75									
160		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	1	1							
200			0.75	0.75	0.75	0.75	1	1	1						
250				0.75	0.75	0.75	1	1	1	1					
320					0.75	0.75	1	1	1	1	1.2				
400						0.75	1	1	1	1	1.2	1.2			
500							1	1	1	1	1.2	1.2	1.5		

4 计算方法选用

由于火力发电厂烟风管道加固肋计算已经非常成熟，非常具有参考价值。因此，本文的计算方法参考《烟风煤粉管道设计技术规程配套设计计算方法》^[4]。各项设计计算前提如下：

- (1) 通风管道荷载主要考虑管道自重及内压荷载；
- (2) 通风管道采用直接焊接式的刚性连接；
- (3) 道体面板按照四周固定的薄板大挠度变形理论计算，其相对挠度控制在面板宽度的1/120；
- (4) 采用横向加固肋作为主要承受荷载构件，其相对挠度控制在计算肋跨度的1/400；
- (5) 道体面板及横向加固肋各自满足强度、刚度和防振（频率）要求。

5 加固肋设计计算过程

- (1) 确定计算荷载；
- (2) 小截面道体校核是否需要设置加固肋；
- (3) 加固肋中心间距的确定；
- (4) 加固肋规格选择计算；

6 通风管道加固肋计算结果

根据前文所确定的通风管道截面尺寸、钢板厚度、工作压力，根据计算方法计算加固肋间距和所用型钢。

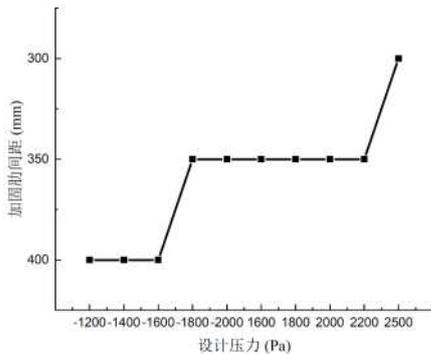


图1 加固肋间距随设计压力的变化趋势

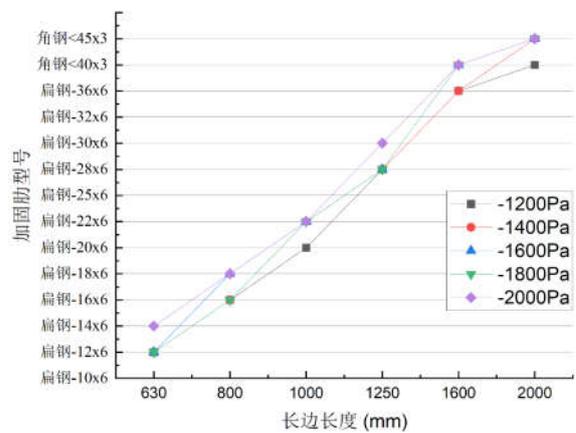


图2 加固肋规格随设计压力（负压）的变化趋势

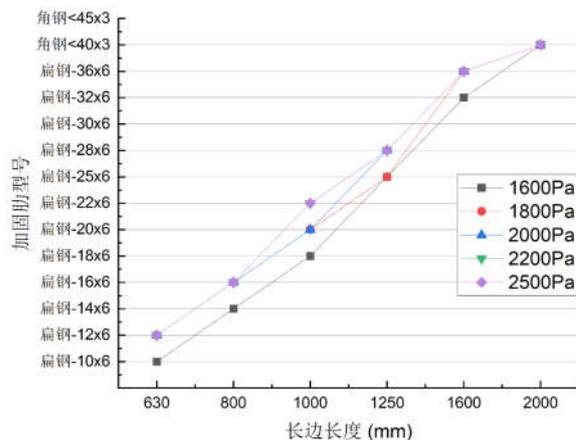


图3 加固肋规格随设计压力（正压）的变化趋势

7 结果分析

通过对计算结果分析，有以下几个结论：

- (1) 在同一个加固肋设计压力下，各种截面的管道加固肋间距都相同，见图1；
- (2) 加固肋的型号由长边决定。因为长边跨度大，

受力大, 加固肋满足长边荷载时必定能满足短边荷载;

(3) 在相同设计压力下, 随着矩形风管截面增大, 加固肋朝大规格方向变化;

(4) 随着设计压力的增大, 在加固肋间距相同的情况下, 加固肋朝大规格方向变化。

参考文献:

[1]: GB50243-2016, 通风与空调工程施工质量验收规范[S]. 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2016年.

[2]: JGJ/T141-2017, 通风管道技术规程[S]. 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2017年.

[3]: GB50736-2012, 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S]. 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2012年.

[4]: DL/T5121-2020, 火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程配套设计计算方法[S]. 国家能源局, 2021年.