

典型地铁站通风系统噪声控制初步设计通用方案

李振格 权海涛 方庆川
深圳中雅机电实业有限公司 2005年8月

The Generic Preparatory Design of Noise Control for Metro Ventilation System

Zhenge Li Haitao Quan Qingchuan Fang
(Shenzhen ZYME Industry CO., LTD.)

摘要：本文根据深圳地铁、天津地铁、重庆轻轨、伊朗地铁和广州地铁工程的地下车站环控通风系统噪声控制的工作实践，提出地铁站（和区间）典型通风系统（隧道机械通风系统、排热系统、空调通风系统和活塞风系统等）在初步设计阶段的噪声控制方案。

关键词：地铁 通风系统 消声器

Abstract: According to the practice in the ventilation system in Shenzhen metro, Tianjin metro, Chongqing light orbit, Iran Tehran metro and Guangzhou metro, this paper puts forward the generic preparatory design of noise control for metro ventilation system (including tunnel ventilation system, exhaust system, air conditioning system, piston flow system and so on).

Keywords: Metro Ventilation System Silencer

1. 地铁环控通风系统

经过对深圳地铁、天津地铁、重庆轻轨、伊朗地铁和广州地铁地下车站环控通风系统图纸的分析，典型地铁站的环控通风系统主要有以下系统组成：隧道机械通风系统、活塞风系统、排热系统和空调通风系统。其主要功能为：当列车正常运行时，保证地铁内部空气环境在规定的标准范围内；当列车阻塞在区间隧道时，保证阻塞处的有效通风功能；当列车在区间隧道发生火灾时，具备防灾排烟、通风功能；当车站内发生火灾事故时，具备防灾排烟、通风功能。

2. 地铁站噪声源分析

地铁站内噪声源主要有：为改善地铁内部空气环境而设置各类风机噪声，对内它主要通过风管风口传递噪声至站厅站台，对外通过机械风亭、活塞风亭、排风亭和新风亭传至地面，从而影响风亭周边环境。不同类型风机，其噪声倍频带声功率级是不同的，即使相同类型的风机，通风量和风机压头的不同，其倍频带声功率级也不尽相同。地铁隧道通风机风量为 $60 \text{ m}^3/\text{s}$ ，全压在 1000 Pa 时，噪声声功率级在 120 dB(A) 左右，风量为 $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ，全压在 350 Pa 时的噪声声功率级也有 100 dB(A) 。其次是列车噪声，它主要通过活塞风井传至地面，影响周边环境，列车进站时，改变站台声环境。虽然它不是连续声源，但列车以 120 km/h 运行时，其对活塞风道辐射的噪声声功率级约为 110 dB(A) ，对活塞风亭周边声环境的影响一点也不亚于通风机。

3. 噪声控制措施

地铁环控通风系统的噪声控制，首先要明确声源，确定声源的类型、特性以及噪声从声源到控制点的传播路径、传播媒介等因素的影响，从而确定噪声控制的方法和措施。

对于一般通风机噪声和列车噪声，其控制措施主要有以下两种：

3.1 消声器

对于各类风机噪声,可在风机进/出口设置消声器(包括弯头式、百叶式、管道式等)。根据现场安装可操作空间等因素的影响,可设置为金属外壳消声器,也可设置为结构片式消声器。如果噪声控制要求较高,风机进/出口处设置的消声器不能满足要求时,也可在混凝土风道内设置结构片式消声器(如图1所示)。

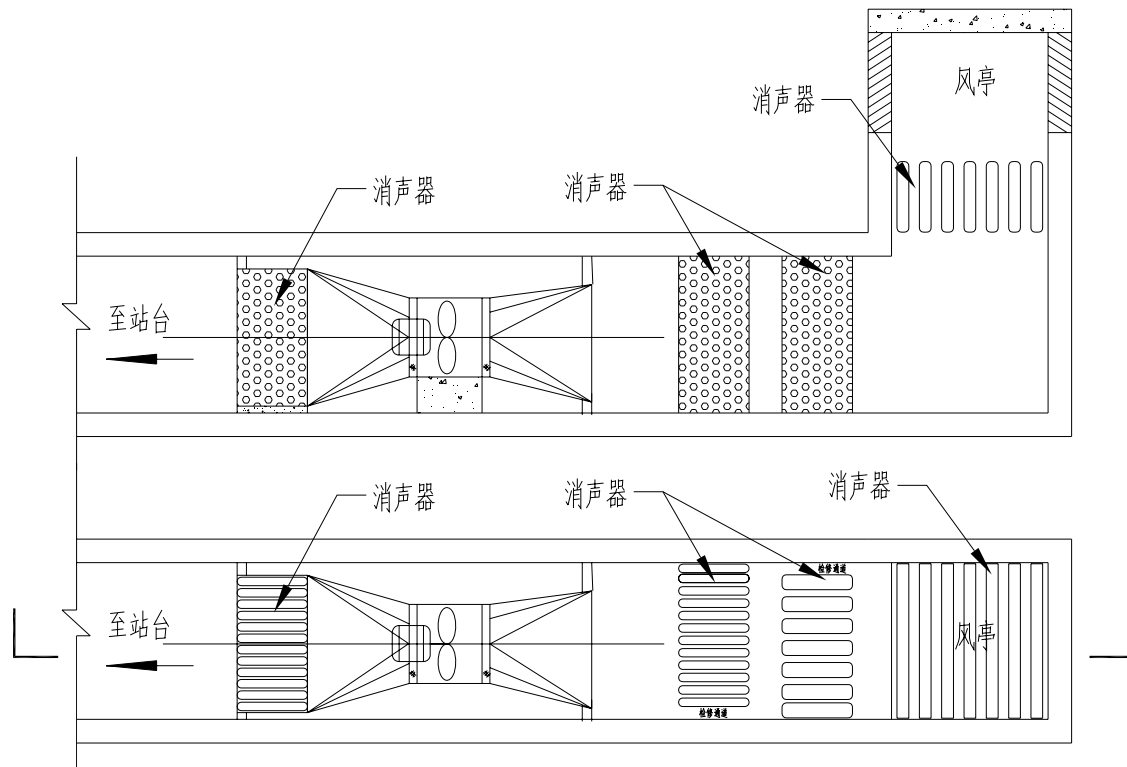


图1 地铁站环控系统噪声传播示意图

3.2 屏蔽门

设置屏蔽门系统,不但可以将站台公共区与隧道轨行区完全分离开来,减少站台区与轨行区之间冷热气流的交换,降低车站空调通风系统的运行能耗,同时也能防止人员跌落轨道发生意外,提高地铁的安全感和舒适感。设置屏蔽门以后,通风机的噪声以及列车的噪声,传播到站台的路径,也多了一道屏障。

4. 消声器的设计

消声器的设计应根据防火、防腐、空间位置、噪声源特性、系统本身固有的声衰减特性、传播媒介产生的气流再生噪声、噪声控制标准要求、允许压力损失、工程造价等多种因素影响进行综合考虑。从原理上讲,消声器的消声量、压力损失、气流再生噪声、占用空间、生产成本等指标是相互矛盾的。因此,在选用消声器时应根据实际情况有所侧重。一般来说,消声器的动态插入损失越大,消声器的造价和压力损失就越大;消声器的动态插入损失相同的情况下,压力损失越小,消声器的造价和占用空间就越大。

因此,在具体的工程项目之中,如何设计既能满足消声要求又能使压力损失降至最低,占用空间尽量小,还要造价尽可能低的消声器至关重要。在大多数情况下,应按下述步骤进行选择:

- 1) 根据声源的声功率级和频谱特性、系统本身固有的声衰减特性、气流经过传播媒介时产生的气流再生噪声、室内声吸收特性或风亭风口形式及其规格尺寸、控制点的噪声控制标准等因素的影响,确定消声器在各个频带的插入损失值,选择满足消声要求的定型的多个消声方案。

- 2) 当一组消声器不能满足噪声控制要求时,就要采取不同型号消声器组合的方式来满足系统要求。设计时,一定要根据噪声源和不同型号消声器插入损失的频谱特性,进行搭配组合,使噪声源声功率级在各个倍频带都得到有效衰减。
- 3) 在满足消声要求的多个消声方案中,挑选出压力损失小于或等于系统允许压力损失值的消声方案。
- 4) 在消声效果和压力损失均满足系统要求的前提下,挑选出尺寸和造价相对较小的消声方案。一般情况下,消声器的截面尺寸应符合系统要求(接风管的消声器,截面尺寸应与风管尺寸一致,风道内的片式消声器应受风道截面尺寸制约),消声器长度应尽量短。具体计算方法见表1所示:

表1 某地铁站风机噪声对站台影响计算书

深圳中雅机电实业有限公司

通风系统声学计算书 室内部分

深圳市福田区航都大厦18楼A 邮编: 518031 电话: 86-755-83793738 传真: 86-755-83790508 网址: www.zyme-industry.com 电子邮件: fqc@zyme-industry.com

说明: 某地铁站 回排风机噪声对站台的影响

										倍频带中心频率(赫兹)								dB(A)	注	
										63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
F1	风机类型	DTF-14																		
设备编号	位置	系统		风机声功率级						89	97	101	106	108	105	99	91	112		
风量(m³/s)	27.4	静压(kPa)	0.79	转/分钟	980					修正值	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3		
静压效率	75%-84%	叶片数	12		出口声功率级					86	94	98	103	105	102	96	88	109		
F2	风机类型	DTF-14																		
设备编号	位置	系统		风机声功率级						89	97	101	106	108	105	99	91	112		
风量(m³/s)	27.4	静压(kPa)	0.79	转/分钟	980					修正值	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3		
静压效率	75%-84%	叶片数	12		出口声功率级					86	94	98	103	105	102	96	88	109		
风机总声功率级										89	97	101	106	108	105	99	91	112		
S1	消声器	矩形管道消声器 型号 MS																		
长度	1500	宽度	3000	高度	5000					消声器插入损失	-8	-11	-18	-32	-42	-33	-22	-11		
风量(m³/s)	-54.8	压降	(≈1.2)		15Pa	再生噪声					58	58	58	52	65	65	54	29	69	
声功率级										81	86	83	74	69	73	77	80	84		
D1	矩形弯头或分支管	声能量分配的衰减								-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7		
风量(m³/s)	10.33	分配比例	19%					插入损失	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
声功率级										74	79	76	67	61	66	70	73	77		
O	风口形式	单层可调百叶风口								声能量分配的衰减	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13		
单个风口风量(m³/s)	0.49	5%					末端反射					-6	-2	0	0	0	0	0		
风口尺寸(mm)	宽度	1000	x	600					再生噪声	36	23	16	9	1	-15	-24	-34	14		
单个风口的声功率级贡献										55	64	63	54	48	53	57	60	63		
直达声对房间控制点声压级的贡献																				
对控制点有直达声贡献的风口数	2		数量叠加因素							3	3	3	3	3	3	3	3			
风口到控制点距离(m)	1		声功率级声压级转换							2	2	2	2	2	2	2	2			
直达声对测试点的最终贡献										5	5	5	5	5	5	5	5			
直达声声压级										60	69	68	59	53	58	62	65	68		
房间混响声对控制点声压级的贡献																				
房间内风口数量	264									24	24	24	24	24	24	24	24			
根据GB14227《地下铁道车站站台噪声限值》表6-3	混响时间限值	混响时间(秒)							1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50				
室内特征尺寸(米)	长度	164	宽度	22.5	高度	6					混响效应	-28	-28	-28	-28	-28	-28			
所有风口作用下室内混响效应										-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4			
混响声声压级 SPL										51	60	59	50	44	48	53	56	59		
控制点总声压级 SPL										61	70	69	60	54	58	63	65	69		

5. 影响噪声控制的其他因素

1) 断面风速

通过通风部件(如:消声器、风阀、百叶风口等)的断面风速越高,气流的再生噪声就越高。如果气流的再生噪声高于控制点的噪声标准达标值,那么在传播路径上,不管消声器的消声性能有多好,也无法达标。解决措施为:增大通风的断面积以降低断面风速。

2) 风亭风口的形式

风亭风口形式多种多样，在各种风速条件下形成的气流再生噪声也不一样。如果风亭百叶产生的气流再生噪声高于控制点的噪声达标值。无论在传播路径上设置多长的消声器，也没有意义。解决措施：选择气流再生噪声较低的百叶形式，这就需要环控系统工程结合降噪要求综合设计。

3) 控制点背景噪声

如果控制点的背景噪声高于控制点的噪声控制标准，那么通过设置消声器降低风机噪声而使控制点达到控制标准就没有可能。

6. 典型地铁站环控通风系统噪声控制方案

根据我公司在深圳地铁、天津地铁、重庆轻轨、伊朗地铁和广州地铁的理论计算、工程验证以及统计归纳，我们推荐典型地铁站环控通风大系统各类噪声源在不同环境噪声控制标准下，消声器长度、压力损失、风亭百叶风速限值、消声器断面风速限值等设计参数见表 2 和表 3。消声器设计参数推荐表 2 和表 3 说明如下：

表中风亭百叶风速限值按典型的铝合金回风百叶性能特性计算；

消声器与消声器之间以及消声器与其它构件之间的最小距离按 300mm 计算；

根据地铁设计规范要求，风亭距各类区域敏感点的控制距离：一类区为 25~50m；二类区为 15~30m；三、四类区约为 15m。由于城市用地日趋紧张等多种因素的影响，实际风亭设置往往不能满足规范要求，但从通风的角度来讲，风亭口部距建筑物的距离应大于 5m。有些业主要求风亭外 1m 处达标，这样既会增加投资，又会增加系统阻力和运营费用。综合考虑，按风亭外 5m 处达标计算比较合理。

表中的压力损失值为通过消声器断面风速最大限值，且风速均匀时的压力损失。实际工程当中，如果通过消声器的断面风速较低，则压力损失随风速平方成反比关系而降低。如果风速不均匀，阻力会增大。

表中消声器长度仅为推荐长度。如果现场条件有限，可以通过调整消声器的结构，缩短消声器长度而达到同样的消声效果，但消声器压力损失有可能随之增加。如果现场有足够的空间设置消声器，也可以通过上述方法，改变消声器的结构，增加长度而使压力损失降至更低。

按最不利的情况考虑，即：风机离噪声控制点很近，传播路径上的其他降噪因素忽略。

表 2 典型地铁站列车噪声消声器设计参数推荐表

序号	声源类型	声源声功率 dB(A)	对内外	有无风亭百叶	噪声控制标准 dB(A)	风亭百叶风速限值 m/s	消声器长度 mm	推荐消声器占用风道长度 mm	消声器断面风速限值 m/s	极限风速时压力损失 Pa	备注
1	列车噪声	110	对外	无	类区	2.5	3000	3300	3.5	40	列车时速为 120km/h
					类区	3.0	2700	3000	3.5	40	
					、类区	3.6	2700	2700	4.0	30	
					类区	2.5	3300	3600	3.5	40	
					类区	3.0	2700	3000	3.5	40	
					、类区	3.6	2700	2700	4.0	30	
2	列车噪声	105	对外	无	类区	2.5	2400	2700	3.5	35	列车时速为 80km/h
					类区	3.0	2700	3000	3.5	40	
					、类区	3.6	2100	2100	4.5	30	
					类区	2.5	2700	3000	4.5	35	
					类区	3.0	2700	2700	4.5	35	
					、类区	3.6	2100	2100	4.5	30	
3	列车噪声	100	对外	无	类区	2.5	2400	2400	4.0	30	列车时速为 55km/h
					类区	3.0	2100	1800	4.5	30	
					、类区	3.6	1500	1800	5.0	30	
					类区	2.5	2400	2400	4.0	30	
					类区	3.0	2100	2100	4.5	30	
					、类区	3.6	1500	1500	5.0	30	

表 3 典型地铁站各类通风机噪声消声器设计参数推荐表

序号	声源类型	声源声功率 dB(A)	对内/外	有/无风亭百叶	噪声控制标准 dB(A)	风亭百叶风速限值 m/s	消声器长度 mm	推荐消声器占用风道长度 mm	消声器断面风速限值 m/s	极限风速时压力损失 Pa	备注
1	轴流风机	120	对内	/	70	/	1500	1500	6.0	25	有屏蔽门
					70	/	3000	3300	6.0	70	无屏蔽门
				无	类区	/	5700	6300	5.0	100	
					类区	/	4800	5400	5.0	95	
			对外	无	类区	/	4200	4500	5.5	105	
					、类区	/	6300	6900	5.0	105	
				有	类区	2.5	5400	6000	5.0	100	
					、类区	3.0	4500	4800	5.5	110	
2	轴流风机	115	对内	/	70	/	900	900	6.0	20	有屏蔽门
					70	/	2700	2700	6.0	65	无屏蔽门
				无	类区	/	4800	5400	5.0	95	
					类区	/	3900	4500	5.0	90	
			对外	无	类区	/	3300	3600	5.5	95	
					、类区	/	5400	6000	5.0	100	
				有	类区	2.5	4500	5100	5.0	95	
					、类区	3.0	3600	3900	5.5	100	
3	轴流风机	110	对内	/	70	/	600	600	6.0	20	有屏蔽门
					70	/	2400	2400	6.0	60	无屏蔽门
				无	类区	/	3900	4500	5.0	90	
					类区	/	3300	3600	5.0	100	
			对外	无	类区	/	2700	3000	5.5	95	
					、类区	/	4500	5100	5.0	95	
				有	类区	2.5	3900	4200	5.0	105	
					、类区	3.0	3000	3300	5.5	95	
4	轴流风机	105	对内	/	70	/	600	600	6.0	20	有屏蔽门
					70	/	1800	1800	6.0	50	无屏蔽门
				无	类区	/	3300	3600	5.0	85	
					类区	/	2700	3000	5.5	95	
			对外	无	类区	/	2400	2400	7.0	90	
					、类区	/	3900	4200	5.0	90	
				有	类区	2.5	3000	3300	5.5	95	
					、类区	3.0	3000	3000	7.0	100	
5	轴流风机	100	对内	/	70	/	1200	1200	6.0	40	无屏蔽门
					类区	/	2700	3000	5.5	95	
				无	类区	/	2100	2400	6.0	95	
					、类区	/	1800	1800	7.0	85	
			对外	无	类区	2.5	3300	3600	5.5	100	
					、类区	3.0	2400	2700	6.0	100	
				有	类区	3.6	2100	2100	7.0	90	
					、类区	3.6	2100	2100	7.0	90	
6	轴流风机	95	对内	/	70	/	900	900	6.0	20	无屏蔽门
					类区	/	2700	2700	6.0	65	
				无	类区	/	1800	1800	7.0	80	
					、类区	/	1500	1500	7.5	80	
			对外	无	类区	2.5	3000	3000	6.0	70	
					类区	3.0	2400	2400	7.0	90	
				有	、类区	3.6	1200	1200	7.5	70	
					、类区	3.6	1200	1200	7.5	70	
7	轴流风机	90	对内	/	70	/	600	600	6.0	20	无屏蔽门
					类区	/	2400	2400	7.5	90	
				无	类区	/	1500	1500	8.0	80	
					、类区	/	900	900	8.0	70	
			对外	无	类区	2.5	2400	2400	7.5	90	
					类区	3.0	2100	2100	8.0	90	
				有	、类区	3.6	1200	1200	8.0	75	
					、类区	3.6	1200	1200	8.0	75	

当然，每个地铁项目中车站大小、换热量的不同以及所处地区冷热的差异，其环控系统的设计也不同。在具体的环控系统噪声控制方案中，应根据系统特有的风机特性、风道表面处理和断面尺寸、风道布置图、压力损失限值以及风亭与噪声敏感点距离等因素相应调整消声器的配置方案。

作者简介：李振格（1974-），女，河北邢台人，建筑声学硕士，现从事噪声控制产品的开发与设计工作。