

# 变风量系统中环状与枝状风道水力特性比较

冯 萌, 李念平, 倪 吉, 肖书博

(湖南大学, 湖南 长沙 410082)

**摘 要:** 在不同工况下测量环状与枝状管网的送风特性, 分析两者的水力特性及送风性能的不同之处, 同时分析了两者在不同的工程应用中的可能。

**关键词:** 环状管网; 枝状管网; 变风量系统; 静压; 风速

**中图分类号:** TU834.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2007)06-0015-04

## Comparison of Hydraulic Characteristics Between Enclosed Duct and Open Duct in VAV System

Feng Meng, Li Nianping, Ni Ji, Xiao Shubo

(Hunan University, Changsha 410082, China)

**Abstract:** By measuring supply air characteristics of both enclosed ducts and open ducts in different running conditions, the differences in hydraulic characteristics and the quality between the two ventilation modes are analyzed, and the possibilities of the two ventilation modes applied in different projects are discussed.

**Key words:** enclosed duct; open duct; VAV system; static pressure; velocity

变风量系统的控制问题是系统有效运行的关键。变风量系统根据分区房间的温度信号调节该区域的送风量, 根据各末端要求的风量或送风管道固定点的静压值来改变送风机转速, 在满足房间温度和室内空气质量要求的同时, 根据室内负荷的改变来调整送风量, 实现节能目的。事实上, 对于多分支风道系统, 由于不同区域的负荷分布和变化不一致, 各分支风道的需求风量差异很大。如果风道设计不合理, 即便理想的控制方法也很难保证多数末端风阀均处于合适的开度, 势必影响送风质量或者是节能效果<sup>[1]</sup>。所以, 在这里引用一种环状风道, 通过比较在相同频率、相同风口开启情况下环状与枝状风道的水力特性, 比较两者送风性能的优劣。

### 1 水力特性测量实验

本文采用的实验模型包括 2 个部分: 各种组合类

型的管段以及加装变频设备的空气处理机组。为了模拟不同负荷送风特性, 在送风系统共设 6 个风口, 见图 1、2, 风口大小统一为 300 mm × 300 mm。在系统的中间可以安装 / 拆卸挡板, 装上挡板, 即为枝状风道; 卸下挡板, 即为环状风道。以空气处理机组和可拆卸挡板为分界线, 系统分为左半边管网和右半边管网。空气处理机组的箱体由薄钢板制成, 尺寸为 2 770 mm × 1 020 mm × 1 020 mm; 空调箱风机功率为 0.8 kW, 转速为 200~850 r/min; 风机变频器 (SIEMENS, MICROMASTER420 型) 可对风机频率进行大范围地调节, 从而实现系统风管不同风量的送风要求。由于未考虑相关的冷、热态实验, 风管未采取保温措施, 送风房间为空间较大的普通实验用房, 简化了室内热环境等对气流的影响。但随着风管组合形式的变化, 送风可满足不同建筑平面特点的气流组织需要, 从文献 [2] 可以看到, 这样是可行的。

收稿日期: 2007-09-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50778064)

作者简介: 冯 萌 (1983-), 男, 河南驻马店人, 湖南大学土木工程学院硕士研究生, 主要研究方向为建筑设备节能。

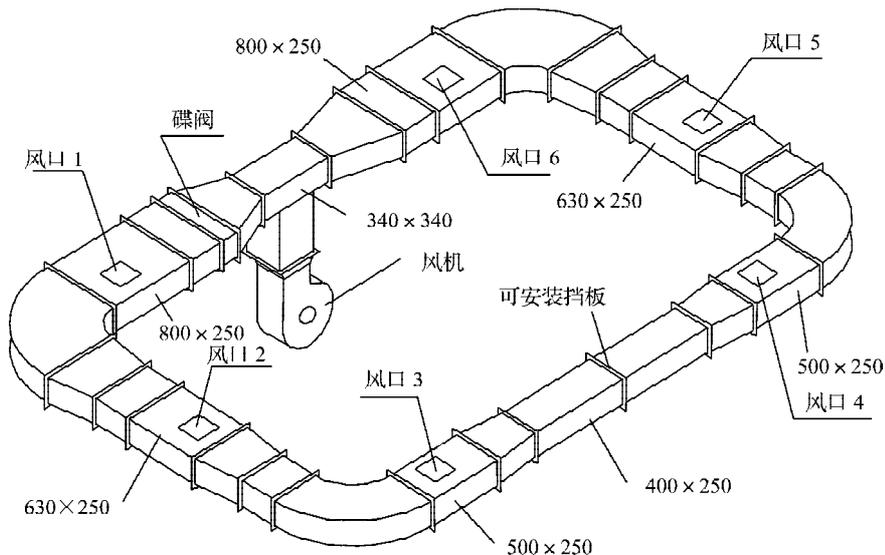


图 1 系统图

Fig. 1 Layout figure of the ducts

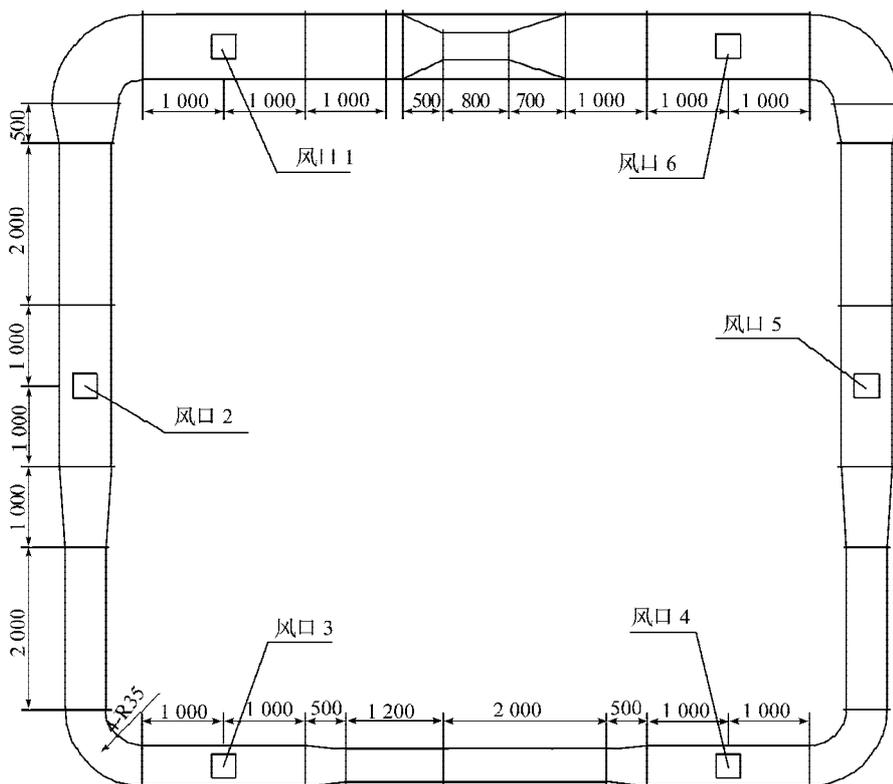


图 2 系统平面图

Fig. 2 Plan of the ducts

为了对比不同负荷下管道送风的水力特性，用实验方法模拟系统在现实环境中的运行。实验模拟工况如表 1 所示，实现风机在频率 35 Hz、40 Hz、45 Hz、50 Hz 下的变频及相应负荷下的送风；调整送风管网中支管的组合形式，以实现枝状管网送风、环状管网送风，并通过不同数量、位置风口的启闭来模拟不同的房间

负荷，从而完成相应的管网水力特性的测试。

表 1 实验工况

Table 1 Running conditions

工况序号	风口状态
1	风口 1 和风口 6 开启
2	风口 1、风口 2、风口 3、风口 5 开启
3	风口 全开

## 2 实验结果及分析

### 2.1 送风量对比

在不同的房间负荷和风机频率下, 风机的总送风量如图3所示。

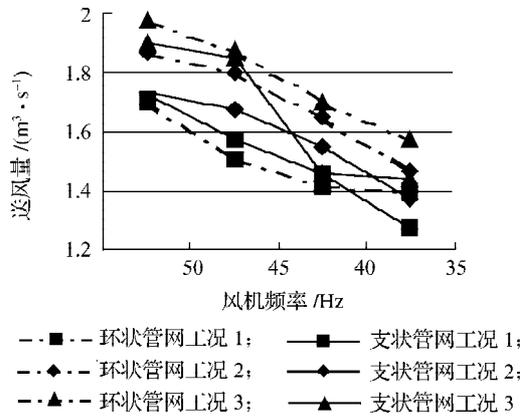


图3 总风量对比

Fig.3 Comparison of the flow capacity

从图3中可以看到, 在房间负荷较小时, 环状管网的总送风量比支状管网的送风量小; 而在房间负荷变大的情况下, 相同频率, 环状管网的总送风量比支状管网的总送风量大。管网总送风量改变, 风机的工作点也同时发生改变。由文献[3]可以知道, 在风机频率不变, 也就是在风机性能曲线不发生改变的情况下, 风机总风量增大, 管路阻力降低, 风机效率增大。所以, 在同样的风机频率、同样的房间负荷情况下, 环状管网的风机效率更高。

### 2.2 静压分布对比

从表2~4可以看出, 环状管网的静压分布比支状管网的静压分布更平均, 且在负荷较大的情况下, 同一点的静压值, 环状管网比支状管网的要小, 更利于采用静压控制。因此, 可以把静压值设定在一个较小的范围, 以便降低系统的噪音。

表2 工况1系统静压分布

Table 2 Static pressure distribution in the running condition 1

管网类型	风机频率 /Hz	测点静压 /Pa					
		风口 1	风口 2	风口 3	风口 4	风口 5	风口 6
环状	50	95.41	94.57	96.47	97.76	102.98	87.54
	45	87.08	88.61	87.74	89.33	90.91	82.11
	40	74.17	76.54	75.73	74.34	75.67	68.09
	35	57.83	59.95	58.95	59.05	60.90	53.07
枝状	50	81.52	90.52	89.72	93.69	93.69	86.15
	45	71.53	80.19	80.19	86.55	86.55	77.88
	40	59.62	66.70	66.70	68.28	68.28	64.25
	35	47.51	53.99	53.99	54.79	54.79	57.10

表3 工况2系统静压分布

Table 3 Static pressure distribution in the running condition 2

管网类型	风机频率 /Hz	测点静压 /Pa					
		风口 1	风口 2	风口 3	风口 4	风口 5	风口 6
环状	50	28.78	31.92	36.72	37.52	33.59	42.08
	45	26.33	29.46	34.64	36.03	32.47	40.89
	40	23.69	25.25	26.90	29.87	27.08	33.41
	35	18.59	20.17	23.03	24.51	22.07	26.80
枝状	50	30.57	31.20	37.12	65.01	62.41	67.36
	45	30.57	30.25	34.84	60.34	57.41	63.45
	40	25.47	24.69	28.98	50.12	49.23	52.21
	35	21.37	20.64	24.22	39.01	38.03	42.21

表4 工况3静压分布

Table 4 Static pressure distribution in the running condition 3

管网类型	风机频率 /Hz	测点静压 /Pa					
		风口 1	风口 2	风口 3	风口 4	风口 5	风口 6
环状	50	16.76	17.04	20.85	17.68	15.88	17.14
	45	15.88	16.99	20.45	16.38	15.24	16.28
	40	13.83	14.93	17.17	14.29	13.02	13.37
	35	10.79	11.43	12.11	11.71	10.08	11.12
枝状	50	16.61	17.63	20.05	22.83	19.45	18.99
	45	15.22	15.96	18.56	21.84	18.02	16.67
	40	13.70	13.58	15.98	17.57	14.77	14.89

### 2.3 各风口风速对比

由表2~4的静压值, 根据文献[4]公式:  $v_j = \sqrt{\frac{2P_j}{\rho}}$ ,  $v_0 = \mu \cdot v_j$ , 计算各风口的风速如图4、表5、6所示。公式中:  $P_j$  为风管内空气的静压;  $\mu$  为孔口的流量系数, 取  $\mu = 0.6$ ;  $v_j$  为静压差产生的流速;  $v_0$  为孔口的平均流速。

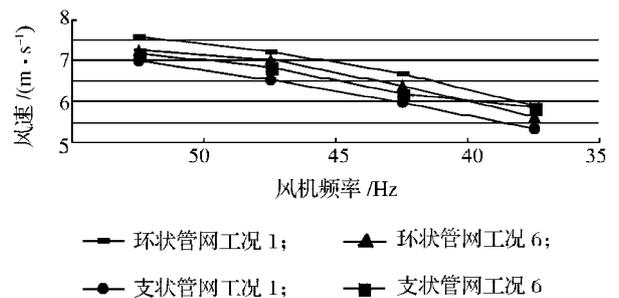


图4 工况1各风口风速

Fig.4 Velocity of each orifice in running condition 1

表5 工况2各风口风速

Table 5 Velocity of each orifice in running condition 2

管网类型	风机频率 /Hz	风口风速 / (m·s <sup>-1</sup> )			
		风口 1	风口 2	风口 3	风口 5
环状	50	4.16	4.38	4.74	4.49
	45	3.97	4.20	4.57	4.41
	40	3.77	3.89	4.17	4.03
	35	3.34	3.48	3.81	3.64
枝状	50	4.28	4.33	4.72	6.12
	45	4.28	4.26	4.57	5.87
	40	3.91	3.85	4.17	5.43
	35	3.58	3.52	3.81	4.78

表6 工况3各个风口风速

Table 6 Velocity of each orifice in running condition 1

管网类型	风机频率 /Hz	测点静压 /Pa					
		风口 1	风口 2	风口 3	风口 4	风口 5	风口 6
环状	50	3.17	3.20	3.54	3.26	3.09	3.21
	45	3.09	3.19	3.50	3.13	3.02	3.13
	40	2.88	2.99	3.21	2.93	2.79	2.93
	35	2.54	2.62	2.70	2.65	2.46	2.58
枝状	50	3.16	3.25	3.47	3.70	3.42	3.38
	45	3.02	3.09	3.34	3.62	3.29	3.16
	40	2.87	2.85	3.10	3.25	2.98	2.99
	35	2.67	2.68	2.82	3.15	2.82	2.83

由图4可以看出,环状管网、风口1、6开启时,由于左半边管网支管安装了蝶阀,使风口1处的静压值增大,所以风口1的风速大于风口6的风速,但是由于右半边管网支管的全压较大,所以最后系统的平衡点会在风口1附近;在枝状管网中,2个支管不能相互平衡,由于蝶阀的阻力,左半边管网支管的送风量小于右半边管网支管的送风量,风口1的风速小于风口6的风速。由表5可以看出,环状管网、风口1、2、3、5开启的工况下,由于系统风压自动平衡在风口3附

近,所以各个风口的风速相差不大;而在枝状管网条件下,两边支管负荷不平衡,所以两边风速也不相等,右半边管网支管阻力较大,不利于节能;由表6可以看出,工况3条件下,两边负荷平衡,各个风口的风速也较为平均,只是由于左半边管网支管蝶阀的阻力作用,左半边管网各个风口的风速比右半边管网支管风速小。

### 3 结语

1) 在相同的条件下,环状管网的总送风量大于枝状管网的总送风量,并且,环状管网的风机效率更高;

2) 一般情况下,环状管网的最大静压值比枝状管网的最大静压值小,运行噪音更低;同时,由于环状管网的分布更为平均,因此,在定静压控制中因为环路选取不合理而出现的振荡问题<sup>[5]</sup>,也可能因为采用环状管网而得到解决。

3) 在各个分区负荷差距较明显的情况下,环状管网比枝状管网具有更明显的送风优势,各个风口的风速更平均;而在负荷较大,特别是满负荷运行时,环状和枝状管网的送风性能相差不多。但是,环状系统可以通过转移不同分支的风量,自动平衡不同支管间的风量,更利于系统调节。

### 参考文献:

- [1] 夏春海,朱颖心,徐国海. 变风量系统中环状风道的网络计算方法[J]. 暖通空调, 2006, 36(12): 78-83.
- [2] 刘文. 变风量环形管道送风系统的实验研究[D]. 长沙: 湖南大学土木工程学院, 2005.
- [3] 蔡增基,龙天渝. 流体力学泵与风机[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [4] 孙一坚. 简明通风设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [5] 戴斌文,狄洪发,马先民. 变风量空调系统风机静压控制方法研究[J]. 建筑热能通风空调, 2000(3): 6-10.