

K74 提花丝织机降噪技术的研究与应用

仪垂杰 吕广庆 张铁山 韩敬礼

(西安交通大学)

(济南大学)

【摘要】 本文对 K74 提花丝织机噪声的声学特性进行了定量分析, 识别了该机的主要噪声源。利用阻尼及缓冲等新技术取得了单机降噪量 5.05dB(A)。

目前, 有梭织机的噪声污染问题愈来愈引起人们的重视, 有梭织布车间噪声级高达 100~105dB(A), 丝织车间噪声级亦达 92~100dB(A), 均超过了国家规定的《工业企业卫生标准》规定的允许值 90dB(A), 不仅严重危害着工人的身心健康, 而且降低了工作效率, 影响生产率的提高。近年来, 我们对有梭棉织机的噪声控制研究取得了突破性进展^{[1],[2]}, 已进入了技术的推广和应用阶段。作为有梭织机的丝织机噪声控制研究也已取得了较为满意的降噪效果^[3]。通过阻尼降噪技术和缓冲技术的研究与应用, 在生产现场条件下, 进行了试验, 使 K74 丝织机的噪声在车间现场条件下由原来的 88.50dB(A)降低到 83.45 dB(A)。

一、K74 提花丝织机噪声特性

K74 提花丝织机结构复杂, 受冲击的零部件多, 是多噪声源机器。而其工作状况除皮带、齿轮、曲轴连杆传动外, 主要噪声源之一的投梭运动则依赖于撞击传递能量。它是由投梭机构的凸轮、转子、打棒、皮结、梭子、回梭滑杆与机架以及梭箱等一系列构件之间的撞击引起的机械振动产生的噪声辐射, 所以, K74 丝织机噪声是冲击噪声。提花丝织机构的驱动连杆上下冲击运动、驱动打纬及开口机构的曲轴连杆运动等激励机架及各结构件振动产生噪声辐射也是织机的噪声源。各构件产生的噪声可分为击梭噪声、制梭噪声、齿轮与连杆传动噪声、打纬与开口机构噪声及提花机构噪声等五部分噪声。

在车间现场条件下, 按如图 1 的 FJ527-83 标准测得治理前 8 个测点慢挡和脉冲挡 A 声级, 平均值分别为 $\bar{L}_{ps} = 88.50\text{dB(A)}$ 和 $\bar{L}_{pi} = 95.40\text{dB(A)}$, 两者差为 6.90dB(A)。这表明 K74 丝织机的噪声具有脉冲性, 属于冲击噪声。图 2 给出了 K74 丝织机治理前的倍频程声级分布(测点 1 处), 可见它属于宽频噪声, 且中、高频噪声强烈。

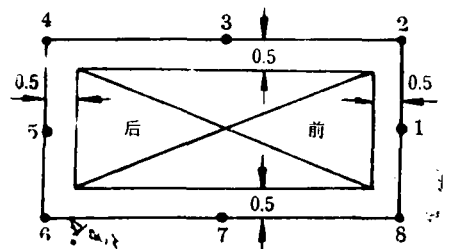


图 1 FJ527-83 织机噪声测量标准 (测点高 1.5 米, 图中所注尺寸单位亦为米。)

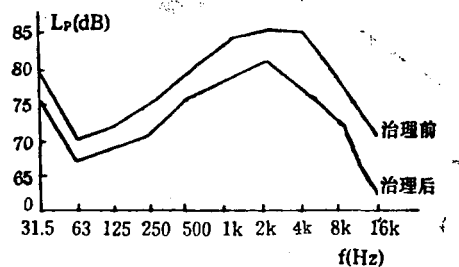


图 2 单台 K74 丝织机降噪前、后测点 1 处倍频声级分布

二、K74 提花丝织机噪声源识别

1. 在织机总噪声声能中, 强噪声源辐射的声能占主导地位, 这要求在控制织机噪声时, 首先应识别各噪声源的强弱, 找出主噪声源,

结合具体降噪要求和条件，采取可行而有效的措施，顺次地降低各噪声源的声辐射。

识别噪声源的方法很多，本文在车间现场条件下主要采用分部运行和频谱分析法来识别该机噪声源。

2. 图3为K74提花丝织机运动传动链框图。顺次断开传动链使织机处于5种运动状态，测量各状态的慢挡、脉冲挡声级及线性频谱，结果分别列于表1、2中。

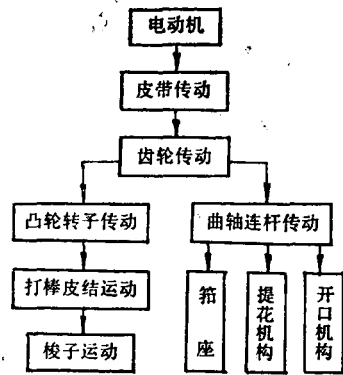


图3 K74提花丝织机运动传动链框图

由表1可得如下结论：

(1) 单机各状态脉冲挡声级比慢挡声级高4.22~8.95dB(A)，可见K74丝织机的噪声源主

要属于具有冲击特性的噪声源。

(2) 丝织机有梭子时的噪声低于无梭子时的噪声，梭子不是织机的主要噪声源。

(3) 无打棒比有打棒时慢挡噪声级降低量 $\Delta\bar{L}_{ps} = 7.86\text{dB(A)}$ ，脉冲挡降低量为 $\Delta\bar{L}_{pi} = 12.32\text{dB(A)}$ ，且 $\Delta\bar{L}_{pi} - \Delta\bar{L}_{ps} = 4.46\text{dB(A)}$ 。所以，与打棒运动相关的撞击件是主要的噪声源，如梭箱、皮结、打棒、皮拳及回梭滑杆、投梭转子等。

(4) 无提花机构运动比有提花机构运动时噪声降低量 $\Delta\bar{L}_{ps} = 4.54\text{dB(A)}$ ，而 $\Delta\bar{L}_{pi} = 2.19\text{dB(A)}$ 占第二位，所以，驱动提花机构的有关传动件及提花机构是织机的第二位噪声源。

由表2可得到如下分析结论：

(1) K74提花丝织机噪声频率范围很宽，主要在0.7kHz~5kHz之间，较大声压级的频率范围集中在1.2kHz~4kHz之间，此频率范围正是人耳易受损害的频率范围。

(2) 随着主要噪声源的减少，噪声的较高

随着主要噪声源的减少，噪声的较高

表1 织机分部运转各状态的噪声水平

状态	\bar{L}_{ps} dB(A)	\bar{L}_{pi} dB(A)	$\bar{L}_{pi} - \bar{L}_{ps}$ dB(A)	相邻状态 \bar{L}_{ps} dB(A)	相邻状态 \bar{L}_{pi} dB(A)
I	88.39	95.30	6.91
II	88.50	97.45	8.95	$\bar{L}_{ps} - \bar{L}_{ps} = -0.11$	$\bar{L}_{pi} - \bar{L}_{pi} = -2.15$
III	80.64	85.13	4.49	$\bar{L}_{ps} - \bar{L}_{ps} = 7.86$	$\bar{L}_{pi} - \bar{L}_{pi} = 12.32$
IV	78.82	83.04	4.22	$\bar{L}_{ps} - \bar{L}_{ps} = 1.82$	$\bar{L}_{pi} - \bar{L}_{pi} = 1.09$
V	74.28	81.85	7.57	$\bar{L}_{ps} - \bar{L}_{ps} = 4.54$	$\bar{L}_{pi} - \bar{L}_{pi} = 2.19$

状态I为正常织布运动；状态II为无梭子运动；状态III为无梭子、打棒运动；状态IV为无梭子、打棒、投梭转子运动；状态V为无提花机构、梭子、打棒、投梭转子运动。

表2 分部运行各状态的噪声频谱特性

状态	总噪声级 (dB) 128Hz~12.8kHz	声级最大值 (Hz)	最高声压级及对应频率	
			声压级 dB	频率 Hz
I	89.5	1.2~4k	70.8	1.5k, 1.7k
II	89.9	1.4~5k	71.8	1.4k
III	80.3	0.5~3k	62.1	0.8k
IV	78.5	0.7~3k	61.5	0.8k
V	73.7	0.6~2k	57.5	1.7k, 4k

声压级频谱向低频移动，故主要噪声源产生的噪声属于中、高频噪声。

三、K74 提花 织机的 降噪原理

1. 冲击声源辐射的噪声可分为两部分：加速度声和自鸣声。加速度声可由下式估算其声压级

$$L_{pacc} = 20\lg V_0 + 6.67\lg V - 20\lg r - 10\lg [ct_0/V^4]^{1/3} + 149 \quad (1)$$

式中： V_0 为物体冲击时的运动初速度； V 为冲击物体在速度由 V_0 变为零过程中穿过空气体积； r 为测点距被测物体的距离； t_0 为冲击作用时间； c 为空气中的声速。

根据该机的声辐射机理和噪声特点，降低其噪声要从两方面着手，即降低加速度噪声和自鸣噪声。由(1)式可知，降低加速度噪声的一般原则是：(1)降低冲击力；(2)延长冲击作用时间；(3)减小冲击物体的体积；(4)增加相互冲击物体的阻尼往往不能减小加速度噪声。

2. 自鸣声的等效A声级可由下式估算

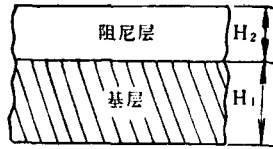
$$L_{eq}(A) = 10\lg |F'(f)|^2 + 10\lg R_e [H_0(f)/j] + 10\lg (A\sigma_{rad}/f) - 10\lg \eta - 10\lg d + C' \quad (2)$$

式中： $F'(f)$ 为激励力对时间的微分； $H_0(f)$ 为系统的结构响应函数； η 为结构的阻尼损耗因子； d 为结构的平均厚度； j 为虚数单位； R_e 为取实部； σ_{rad} 为结构声辐射系数； f 为分析中心频率； C' 为常数； A 为计权系数。

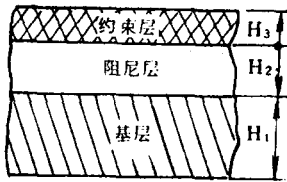
由(2)式可知降低自鸣声的一般原则是：(1)降低冲击力；(2)改变结构响应；另外，延长冲击作用时间在结构低频响应较低时亦可降低自鸣声；(3)增加结构阻尼，即对受冲击

结构阻尼处理；(4)降低结构的声辐射效率或提高结构的临界频率；(5)增加结构的平均厚度；图中的厚度比由实验决定。

3. 针对K74 丝织机的主要噪声源，采用表中的缓冲措施延长冲击作用时间以降低加速度噪声。如图4所示，设计(a)、(b)两种典型阻尼结构，利用阻尼材料的耗能降低结构的振动响应，达到降噪的目的。



(a)



(b)

图4 提花织机阻尼处理结构

(a) 自由阻尼处理；
(b) 约束阻尼处理。

表3 K74 丝织机自鸣噪声控制措施及降噪目的、效果

改造项目	原结构材料	降噪措施	降噪目的	降噪量 dB(A)
双层钢梭箱	不锈钢板	多层阻尼钢板	降低结构自鸣声	0.75
木梭箱	木质	约束阻尼处理	降低结构自鸣声	0.65
39牙齿轮	铸铁	尼龙	降低自鸣加速度声	0.35
投梭转子	铸铁	尼龙	降低结构加速度声	0.20
尼龙皮结	尼龙	加缓冲层	降低结构加速度声	1.45
回梭滑杆	铸铁	加缓冲垫	降低结构加速度声	0.85
皮拳	玄型平皮带	U型阻尼皮拳	降低结构加速度声	0.50
打棒回弹块	木块垫平皮带	木块皮带间加缓冲	降低结构加速度声	0.30

表4 K74 丝织机单机降噪改造件寿命及材料费用

项目名称	改造前寿命 (概算)	改造后寿命 (概算)	材料费 (元)
钢梭箱	15~20年	预计10~15年	60
木梭箱	1年	1年	30
39牙齿轮	10年	预计4~6年	30
投梭转子	10年	预计5~8年	15
尼龙皮结	3~6个月	2~4个月	4
回梭滑杆	1年	大于2年	4
皮拳	6个月	6个月~1年	15~20
回弹木块	3个月	6个月~1年	不计
回弹缓冲垫	—	3个月	不计
整机	—	—	约160

表 5 单台 K74 丝织机降噪前后的噪声水平

测点编号	1	2	3	4	5	6	7	8	L_{pe} dB(A)
降噪前 L_{pe} dB(A)	89.3	88.2	88.0	87.3	87.4	88.0	89.6	90.1	88.50
降噪后 L_{pe} dB(A)	85.0	83.5	83.5	82.5	82.0	83.0	84.0	84.1	83.45

四、提花丝织机的降噪措施与效果

经过试验和车间现场使用考核, 根据上述降噪原理对 K74 丝织机施实了如表 3 所示的八项具体措施, 这些措施不改变操作工艺, 不影响产品的产量、质量。各项措施的降噪效果也列于表 3 中, 经过一年多的现场考核各项降噪件寿命、改造费用列于表 4 中。

五、结论

1. 降噪后单台 K74 丝织机噪声水平见表 5。整机降噪量为 5.05dB(A)。
2. 降噪后单机噪声在整个频率范围内均

有所降低, 中高频噪声尤为突出, 减小了刺耳的噪声成份。

3. 单机降噪技术成本低, 寿命基本上达到使用要求, 不影响生产的工艺操作和产品的产量、质量。

本项研究得到国家自然科学基金资助。

参考资料

- [1] 戴德沛著:《阻尼减振降噪技术》, 1986, 西安交通大学出版社。
- [2] 戴德沛等:“有梭织机噪声源识别及其噪声控制研究”,《第三届全国噪声控制会议论文》, 1986年。
- [3]《纺织器材》, 1990, №2, p.15~20。