

~~~~~

# KW-10 型文氏消声器研制报告

~~~~~

北京市劳动保护科学研究所

KW-10型文氏消声器研制报告

北京市劳动保护科学研究所

闽东噪声控制设备厂

北京市丰台矿用工具厂

一、 前 言

空压机是一种量大、面广的通用机械，一般用作工厂、矿山气动的工具的动力源。但是空压机在运转过程中辐射出强烈的噪声。一般在 $110\text{dB}(\text{A})$ 左右（进气口附近），远远超过工厂车间噪声允许标准。因此，这种强烈的噪声对操作人员和空压机站的周围环境，都存在很大的危害。为了保护有关人员的健康，免受噪声的危害，应当控制和降低空压机的噪声。

空压机是个综合噪声源，主要包括进、排气低频气流噪声、压缩机，驱动机构的机械噪声、电机噪声和机组的振动噪声。因此对于空压机噪声应采取综合治理措施。对于L型往复式空压机来说，进气口噪声是主要噪声源。解决空压机进气口噪声，主要借助于有效的消声器。

对于消声器的机理和结构形式，人们长期以来进行了不断的研究和

实践。北京市劳动保护科学研究所从50年代后期就开始了消声器的研究工作。在70年代，国外曾采用文氏管消声器解决空压机进气噪声问题，并取得一定效果。但是有关技术资料至今很难查到。国内近二、三年来，有些单位也搞过文氏消声器。但对于该消声器的机理进行探讨的文章及实验室实验数据，至今也尚未见到。

北京市劳动保护科学研究所从1979年起，即对文氏消声器的机理进行了探讨。并在实验室开展了一系列的实验研究工作。近二、三年又在闽东噪声控制设备厂和北京市丰台矿用工具厂的配合下，研制成了KW-10型文氏消声器。并已获得应用。

二、原理与结构形式

空压机噪声的基频为 $f = 2n / 60$ （其中 n 为空压机每分钟转数）。另外，还有频率为 $2f$ 、 $3f$ 的高次谐波。由于空压机转速一般在400~1000转/分的范围内，所以基频通常在十几赫至三十几赫之间。由此可见空压机进气噪声呈低频特性。例如3L-10/8型空压机，其进气口噪声峰值在中心频率为125赫的倍频内，高达115dB左右。见图(1)在设计消声器时应考虑到这一因素。

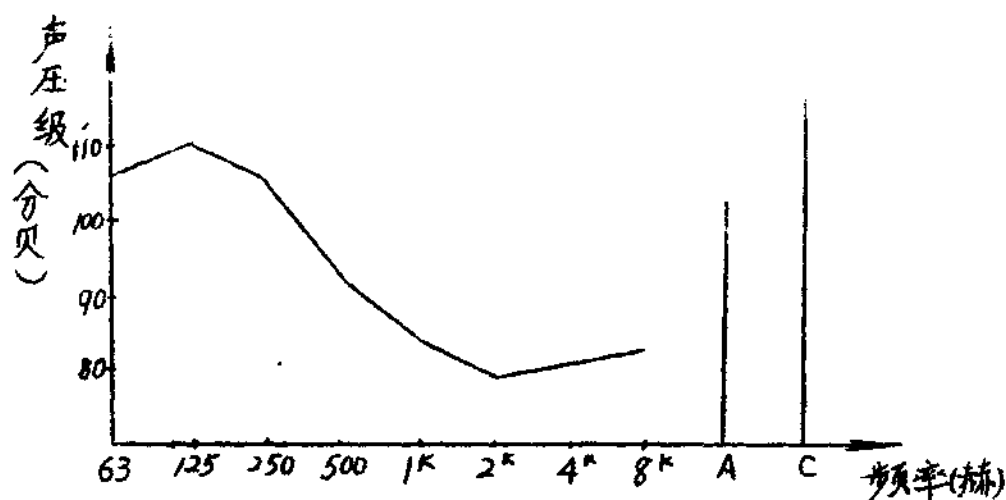


图 1. 3L-10/8 型空压机倍频程噪声频谱
(距进气口 20 cm)

为了提高消声器的消声效果，在研制过程中采取了下列措施：

1. 在进气口采用文氏管。文氏管形状如图(2)所示。它是一非线性声阻抗系统。文氏管的收缩端可看做号筒。当号筒为指数型时，其截止频率 $f_c = \frac{\delta C_0}{4\pi}$ (δ 为蜿蜒指数， C 为声音在空气中的传播速度)。对于低于 f 的声音，号筒的辐射性能极差。根据此原理，可选择适当的蜿蜒指数 δ ，使 f 高于噪声峰值频率，这样低于 f 的噪声就很难辐射出去，从而达到降低频噪声的目的。由于渐扩管的阻力系数

$$\epsilon_d = \frac{\lambda}{8S \sin \alpha / 2} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) + S \sin \alpha \left(1 - \frac{1}{n} \right)^2, \quad (\text{其中}$$

$n = r_1^2 / r_2^2$ ， λ 为与 ε 同一雷诺数的沿程阻力系数)。因此，只要设计合理，采用文氏管就可制成具有良好低频消声特性并且阻损小的消声器。

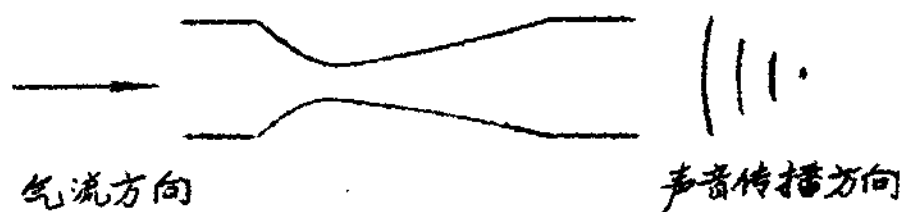


图 2. 文氏管形状示意图

2. 制成文氏管扩张型消声器。为了保证足够的消声量，扩张比 m 要在 7 以上。消声器的长度 l 为 $\frac{c_0}{4f}$ (f 为峰值噪声频率)，以便消除峰值噪声。

~ 4 ~

3. 消声器进出口不在同一轴线上。把消声器的进口设计在消声器的侧面，目的是减弱高频噪声的辐射，同时也便于安装使用。

4. 在消声器底部粘贴阻尼吸声材料。目的是减少脉动气流冲击消声器底面引起的振动及二次声辐射。

KW-10型文氏消声器型式如图(3a)图(3b)所示。



图3a KW-10A 文氏消声器



图3b KW-10B 文氏消声器

三、实 验

在消声器的研制过程中，通过实验，测试在稳态情况下消声器的插入损失和阻力损失，比较测试结果，最后确定具有良好消声特性和空气动力性能的结构形式。

1. 测试方法，在混响室内有：

$$L_W = \bar{L}_p - 10 \log_{10} \left(\frac{1}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

其中 r 为测点至声源之间的距离， $\bar{L}_p$ 为各测点的平均声压级， R 为房间常数。

$$\bar{L}_p = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_{pi}/10} \right] \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

采用的测试方法是把实验管道接到混响室中。未接消声器时，在管道口一定距离的测点上测量声压级。然后根据式(1)、(2)计算出管道口辐射出的声功率级 L_W 。接消声器之后，在距离消声器出口同样距离的测点上测量声压级，同样根据式(1)、(2)计算出消声器口辐射出的声功率级 L'_W 。所求的插入损失为：

$$\begin{aligned} IL &= L_W - L'_W \\ &= \bar{L}_P - \bar{L}'_P \end{aligned} \quad (3)$$

其中 L_P 和 L_P 分别为接消声器前后各测点的平均声压级。

测试结果为消声器的 倍频带插入损失。

测试消声器阻力损失时则采用 U 型管压力计。

2. 测试装置。测量消声器 倍频带插入损失和阻力损失的实验装置及仪器分别如图(4)、(5)所示。

3. 测量结果。KW-10 型文氏消声器。消声特性曲线分别如图(6)所示。总的消声量为 18 dB(A) 左右。

KW-10 型文氏消声器阻力损失的测试结果如表(1)所示。

表 1. KW-10 型文氏消声器阻力损失

进 气 口 流 量 Q (米 ³ /分)	进 气 口 流 速 V (米/秒)	阻 力 损 失 h (毫米水柱)	
		A 型消声器	B 型消声器
11.3	9.375	5	5
18.8	17.97	25	25
32.0	26.56	55	60
47.1	39.06	130	140

四、现场使用情况

KW-10 文氏消声器研制成功后, 已由闽东噪声控制设备厂和北京市丰台矿用工具厂批量试生产, 并且已得到广泛应用。3 L-

10/8型空压机装上消声器之后进气口噪声明显降低。降噪结果如图(7)所示。整机噪声也降到85 dBA以下。

五、结 论

从实验室与现场测试结果及现场使用情况可得出如下结论：

KW-10文氏消声器具有良好的低频消声特性、阻损小、结构简单、加工容易、经久耐用等优点，是一种较好的消声器。KW-10型文氏消声器的研制工作是成功的。这种消声器可有效地控制L型往复式空压机噪声。

参加研制人员：

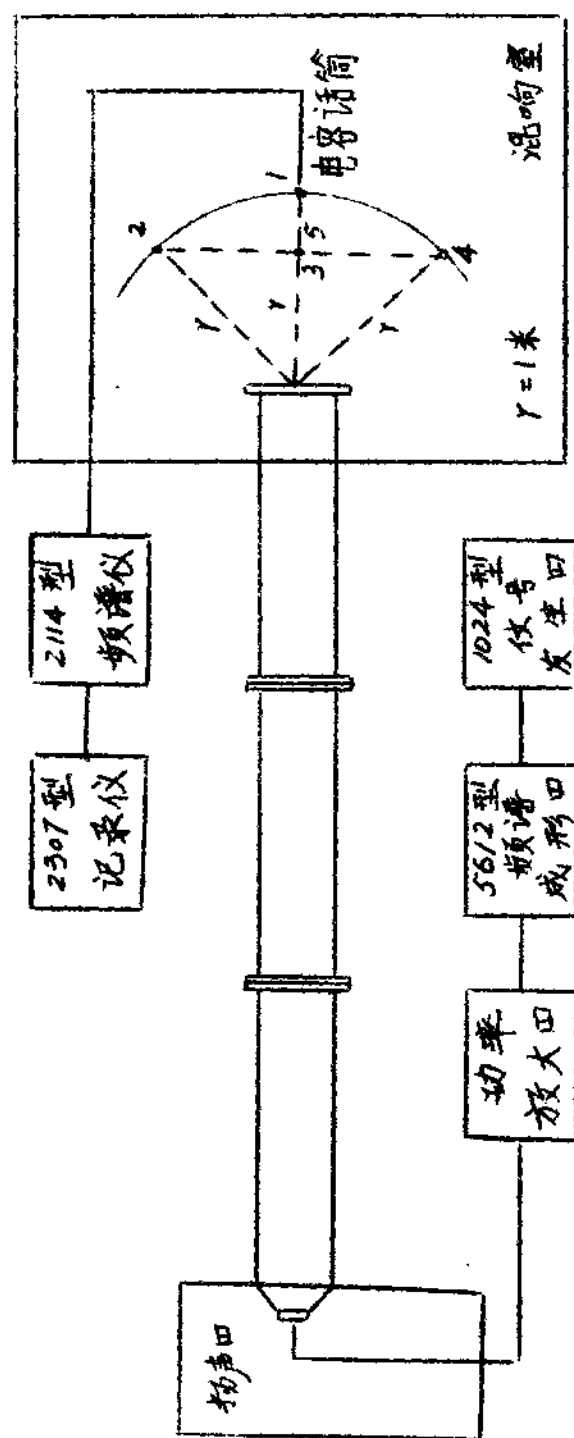
北京市劳动保护科学研究所 吴卫彬、王维琮、王宝祥、

孙济民、单立岩、高玉英。

闽东噪声控制设备厂 吴培萼等

北京市丰台矿用工具厂 高健平等

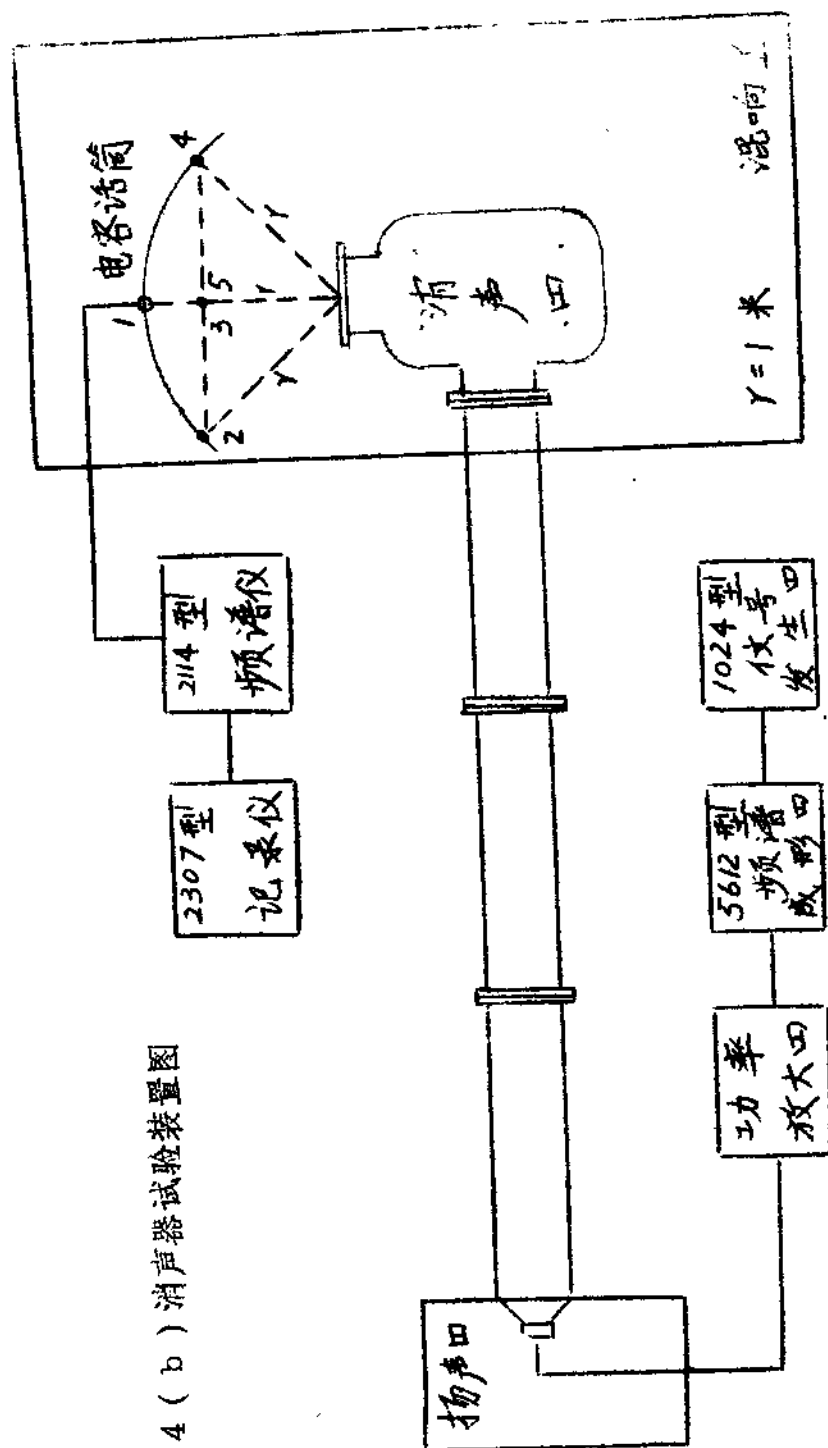
图4 (B) 消声器试验装置图



图中1、2、3、4、5为分布在以管口中心为球心，以 r （为1米）为半径的球面上的五个测点，并且2、4两点与3、5两点分别对称于管子轴线的上下、左右。并设管子轴线成45°角。

1 点在管子轴线上。

图 4 (b) 消声器试验装置图



图中 1. 2. 3. 4. 5. 为以消声器出口中心为球心。以 1 米为半径的球面上的五个测量点，

1. 点与消声器轴心重合，2. 3. 4. 5. 点在与消声器轴心垂直的平面上，各点距离相等并与消声器轴心呈 45°

轴心呈 45°

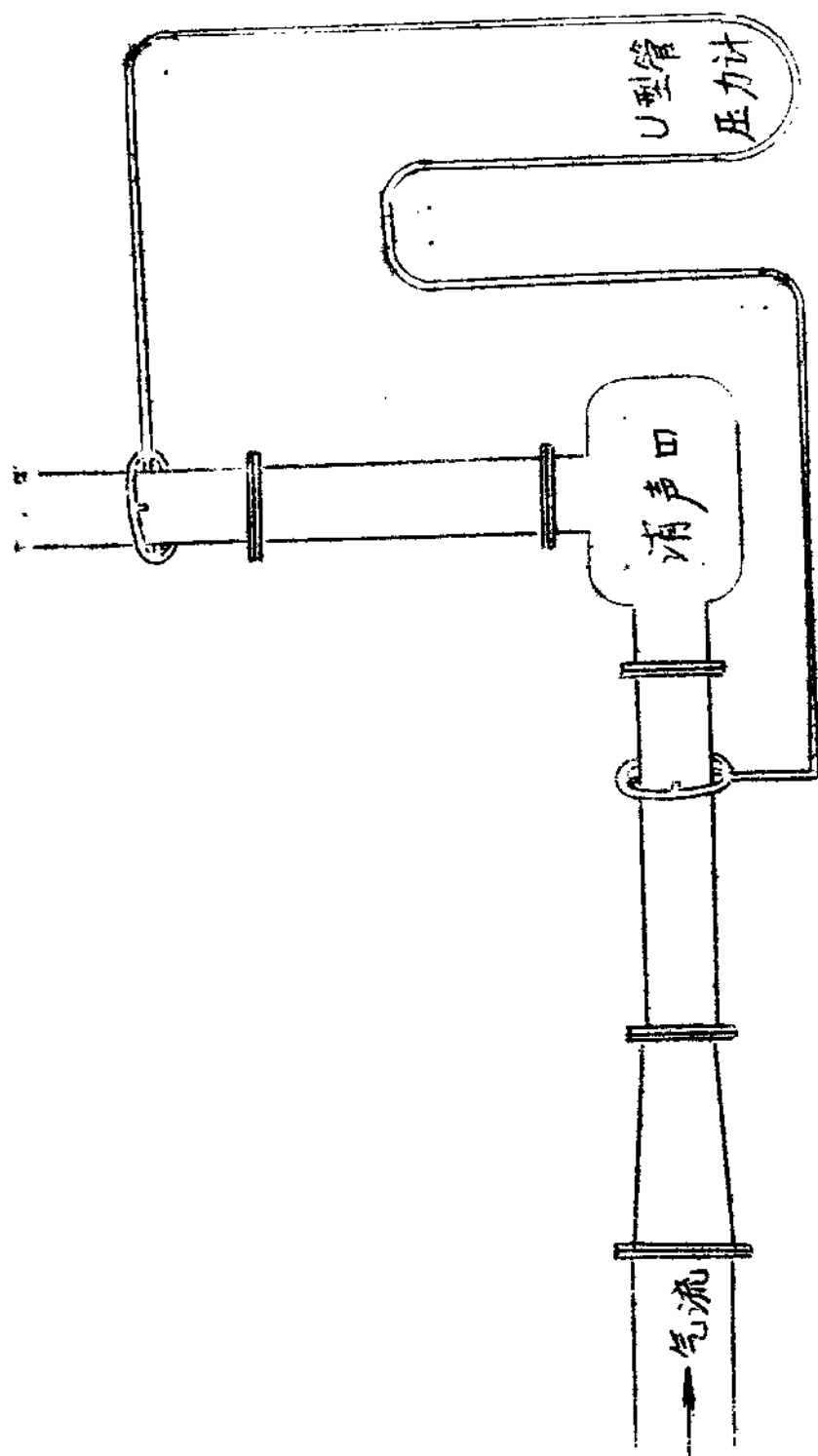


图 5、测量消声器阻力损失实验方框图。

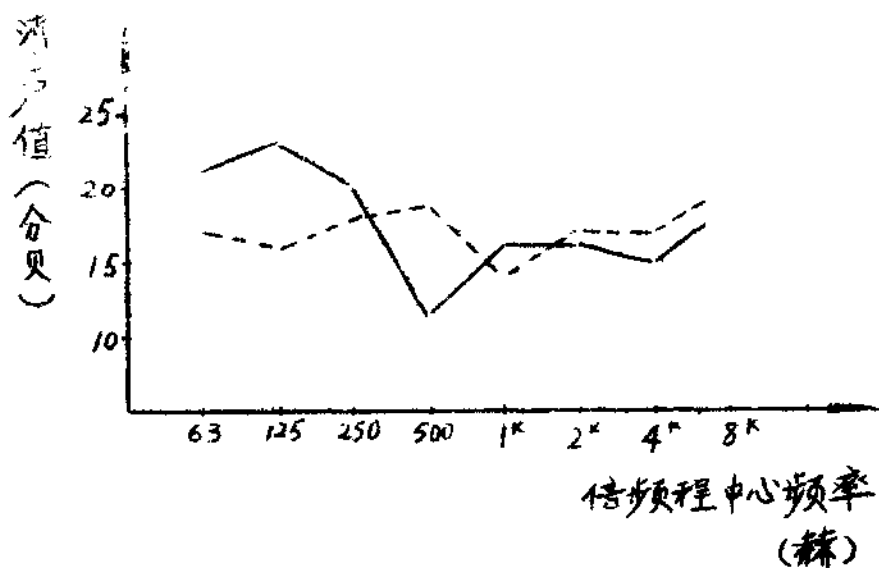


图6. KW-10型消声器消声特性

—— KW-10A型
 ---- KW-10B型

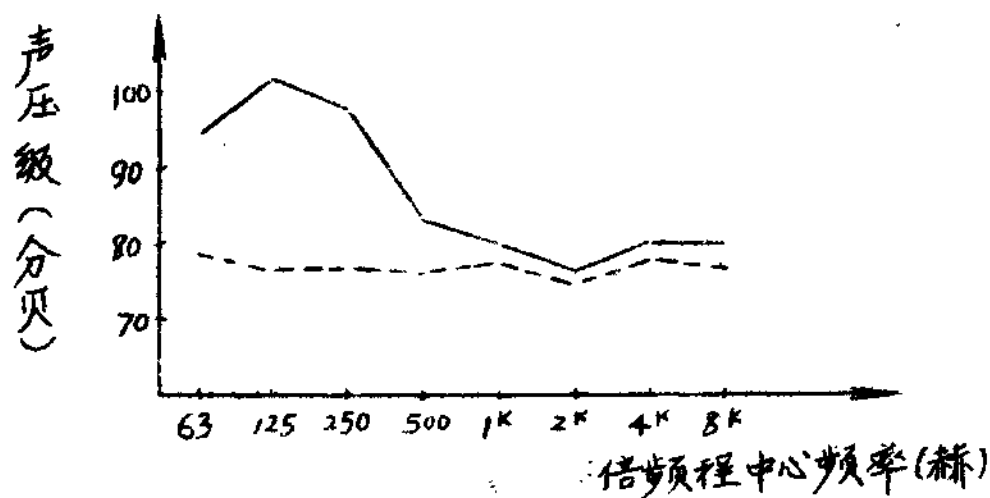


图7. 3L-10/8型空压机加KW-10型消声器

前后噪声频谱图

—— 加消声器前

---- 加消声器后