

※※※※※※※※※※※※※※※※※※

玉石切磨机械噪声低减的研究

※※※※※※※※※※※※※※※※※※

柳至和 陈 潘

北京市劳动保护科学研究所

一九八二年九月

玉石切磨机械噪声低减的研究

柳至和 陈 潜

(北京市劳动保护科学研究所)

一、前 言

在机械加工行业中, 锯、刨、磨削类机械的噪声一直是一分主要的噪声源之一。它的噪声级往往很高, 对操作人员及周围环境的危害也很大。但是, 由于这类噪声的发声机理比较复杂, 又由于工作条件的限制, 往往不能采取通常有效的方法加以解决。

近年来, 各国科研部门对于这类噪声的产生机理及控制方法都在加紧研究, 并已取得了一些初步的结果, 初步揭开了这类噪声的奥秘。美国的 E. N 1 o m i o o 等人(1)认为: 锯片产生噪声的主要根源是由于被加工材料与锯片之间因急剧的碰撞而产生振动, 这一振动响应以噪声的形式向外辐射。解决这类振动的最好的方法就是用阻尼来抑制振动, 大约可获得 3 分贝 (A) 的降噪效果。西德 A. Scherger 等(2)(3)(4)人认为: 石料切削机的噪声源为锯片。而产生噪声的机理主要为锯片与石料间轴向及纵向的冲击, 由此而产生振动。而锯片对锯缝的轴向碰击是空气声的主要激励源。他认为, 对锯片采用阻尼的方法是降低噪声的有效途径。日本成田寿一郎及津钦二等人(5)(6)提出可用“制振园板”“吸振固定板”及在锯身做槽等办法来抑制圆锯片的

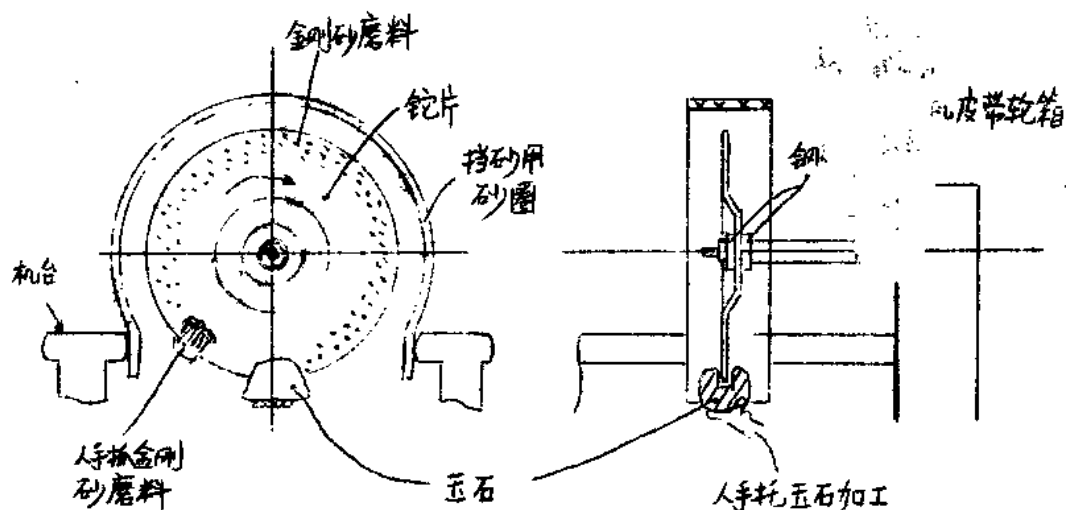
振动，从而达到降低噪声的目的。在国内，不少人对于锯、刨、磨削类机械的噪声低减也做了许多调查研究工作，找到了一些行之有效的降噪方法。(7)(8)

本文作者综合了国内外对锯、刨、磨削类机械噪声的低减经验，对106型磨玉机的切割及磨削噪声进行了深入的分析研究。通过对106型磨玉机在切割及磨削过程中所做的一系列实验和测试，初步弄清106型磨玉机切磨噪声的产生机理。在不妨碍工作人员操作及加工精度的原则下，对磨玉机采取了减振、局部隔声等几项措施，使106型磨玉机的切割噪声从原来的96分贝(A)降到了治理后的81分贝(A)，取得了降低磨玉机噪声十余分贝(A)的较好结果，并为以后采取进一步的措施打好了基础。

二、磨玉机的噪声及其产生机理

磨玉机是玉器加工行业的主要工具之一，它在切割与磨削玉石时发出高达95~97分贝(A)的高强噪声，这种以高频为主的强噪声不仅直接危害工人的身心健康，而且造成工作效率的降低。磨玉机的噪声也是玉器加工行业的主要噪声源之一。

磨玉加工是一项精度要求很高的操作，现在的磨玉加工仍然是半机械化半手工的操作。下图为106型磨玉机及加工时的示意图。



图一、106型磨玉机及其加工方法示意

为弄清磨玉机噪声的产生机理，我们分别做了改变材料种类，改变砂轮直径大小（直径），改变电机转速及改变加工材料夹持力等一些实验，得到了下面一些结果。

改变被加工材料种类的实验，结果见表二。

表二、不同类型的被加工材料噪声级比较

材料	岫玉	金星石	玛瑙	翡翠	精粉翠
声 aBA	94	94	95	96	96
级 aBA	93	93			95

上述的测试条件为：砂轮直径 $\phi 500\text{ mm}$ ，转速 500 转/分 ，测点，砂轮前部 $0.5\text{ m} \times 45^\circ$ 。

由上表可看到，质地较软的岫玉、金星石等玉料比质地中等的玛瑙声级低1分贝（A），而玛瑙又比质地最硬的翡翠等玉料低1分贝（A）。

用金星石作为切割材料做了不同直径钝片的噪声比较，结果见表三。

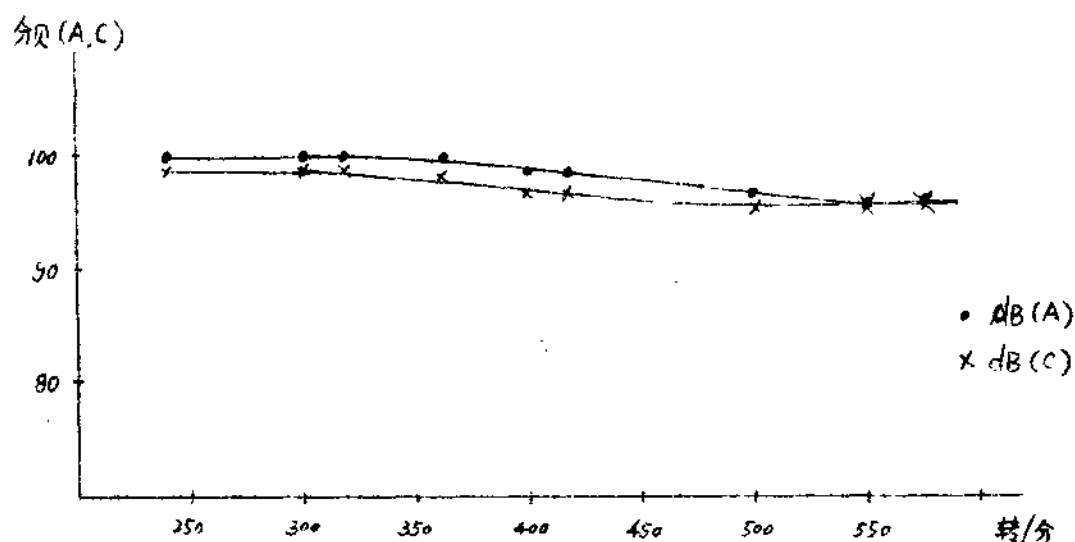
（注1，钝片是磨玉加工玉石时的工具，为一无齿的钢制圆盘，用来切割玉石的钝片称为侧钝，厚度为0.6~1mm，磨削玉石的钝片称为磨钝，厚度为4~8mm。）

表三、不同直径的钝片噪声比较

直径 (mm)	φ200	φ250	φ450	φ500
声级 dBA	91	92	93	94

从上表可看到，在相同的条件下，钝片直径越大，声级越高。噪声最严重的就是一般通用的最大直径为500mm的钝片，它比最小的直径为200mm的钝片声级高3分贝（A）左右。

在相同的测试条件下，对不同的转速对噪声的影响也做了实验，得到了下面的关系曲线。见图二。（用φ500mm钝片，精粉翠原料）。

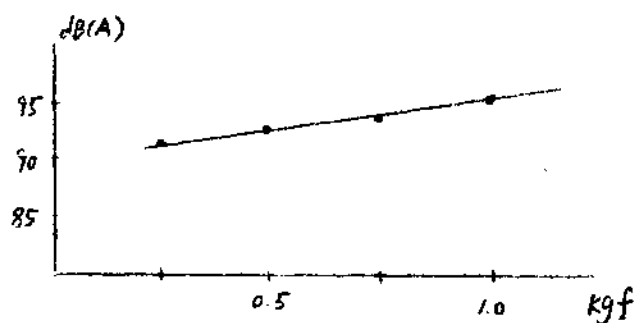


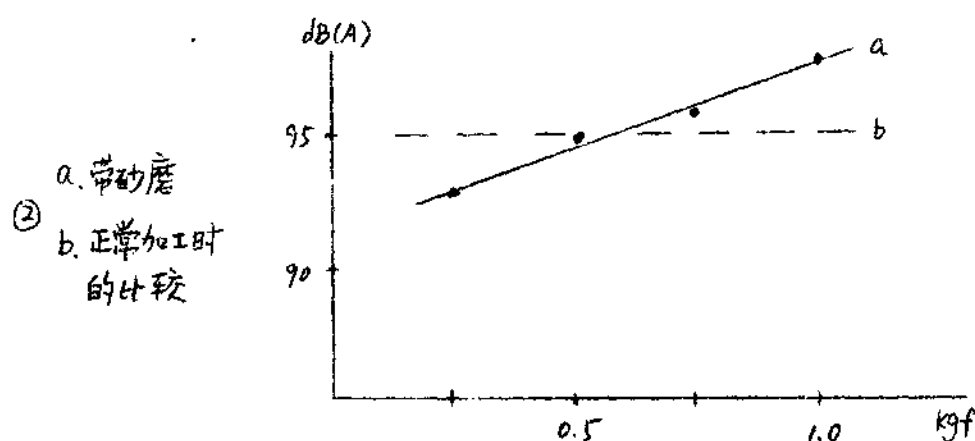
图二、不同转速条件下噪声级—转数关系曲线

观察上图，可看到一个很有趣的现象，即，当钝片转速增高时，声级并不随之增加，相反倒有下降的趋势。这一现象使我们排除了控制电机转速从而降低噪声的想法。（正常操作时，钝片转数约为500转/分）。

因磨玉操作为半手工操作，对钝片的施力大小完全由人来掌握，因此钝片上受力的大小完全因人而异。在理想的情况下，做切割玉石用的钝片侧面应该是不受力的。下图为对钝片侧面施用不同的力后对噪声的影响的关系曲线图。

① 干磨





图三、不同的材料夹持力与噪声级的关系

与一般的认识相同，对钝片所加的侧向力越大，噪声级就越高，同时，加工精度就越低。操作人员也不希望施加的侧向力（夹持力）太大了，当然这和每个人的经验有关。

为了对钝片的振动情况作一些了解，我们使用了QH—5型非接触位移—振幅测量仪。用其涡流式传感器对钝片分别作了空载及加载时的动态振动测试。测试结果表明，空载时钝片的振动方式类似于一个标准的中心固定圆板的振动，而加载时的振动呈现明显的随机振动特征。

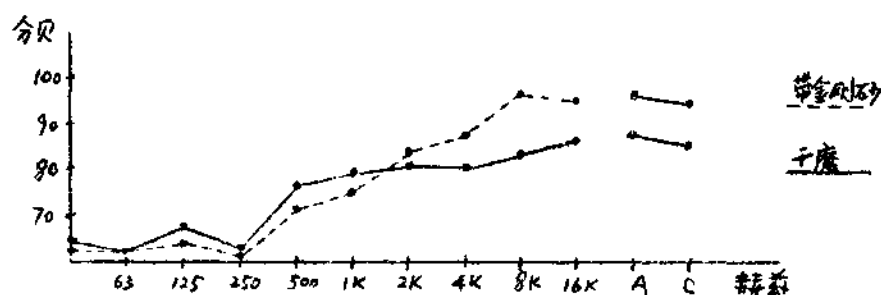
实测表明，磨玉机对玉石进行切割（用侧钝）时的噪声比进行磨削（用磨钝）时的噪声高3~5分贝（A）。

通过对上述的实测结果的分析，可看到，材料的种类，夹持力大

小，磨玉机转速以及钝片的直径的变化并不是影响磨玉机噪声的主要因素。在正常工作时，上述各项因素的变化对噪声级的影响只有2~4分贝(A)。

众所周知，噪声的产生是由于空气振动。磨玉机噪声产生的关键在于，在切割与磨削玉石的过程中，钝片^与玉石割缝或其磨削面之间发急剧的碰撞和摩擦，这些碰撞和摩擦是无规的，杂乱无章的，它们引起钝片和玉石的振动，而形成噪声。薄板形的金属钝片比起玉石来，振动变形要大得多。这样，因钝片的弯曲振动而激励的空气声，就成为磨玉机主要的噪声源。

磨玉加工时所用的磨料金刚砂，对于磨玉机的噪声起着举足轻重的作用。金刚砂的颗粒细而坚硬，当它们进入割缝后，在缝中不断地作相对平移与滚动（即相对于钝片、玉石的碰撞和摩擦），金刚砂的存在使钝片强化了碰撞和摩擦引起的振动。大量的金刚砂使辐射出的噪声呈现出高频突出的特点，形成极为刺耳的高频尖叫声。在其它条件相同的情况下，干磨与加金刚砂磨噪声有很大差别。



图四、干磨刚砂两种情况下磨玉机噪声频谱

磨玉机的空载噪声低于65分贝(A)，因此可忽略磨玉机其它部分机械噪声的影响。可以认为，磨玉机在切割和磨削玉石时辐射出的噪声是它的主要声源。这分噪声又主要是由于在切磨工程中 钝片发生弯曲振动，从而激励起空气声。这就是磨玉机噪声产生的机理。

三、磨玉机噪声的综合治理

根据以上分析，我们对106型磨玉机噪声采取了综合治理措施，使106型磨玉机单机噪声由原来的95~97分贝(A)下降到治理后的81分贝(A)，取得了明显的效果。

我们主要采取了以下几项措施

1. 换原来夹持钝片的钢垫为尼龙垫

原来的钢制垫片，由于和钝片紧密地固定在一起，再加上它本身材料的物理性质，对于钝片的振动向外辐射噪声以及固体传声起了一定的作用。换用尼龙垫片后，由于尼龙垫片的阻尼性能比钢垫片好，能够起到一定的抑制振动的效果，并能使钝片不直接与轴接触。

采用尼龙垫片的方法使106型磨玉机整机噪声下降了1~2分贝(A)。

2. 钝片阻尼减振

如前所述磨玉机噪声主要是由于玉石和金刚砂与钝片发生相对碰撞及摩擦，引起钝片的弯曲振动，从而才激起空气噪声的。因此有效

地抑制铤片振动就是解决磨玉机噪声的主要手段之一。

磨玉机的加工过程比较复杂，玉石的加工精度要求很高。因此，不适宜用复杂的机构或妨碍工人操作的装置来抑制振动。

在不妨碍操作且又简便易行，经济适用的前提下，我们选用了磁性橡胶条作为铤片的阻尼材料。

复合结构的损耗因子 η 可由下式确定：(7)(8)

$$\eta = 14 \left(\frac{\eta_2 E_2}{E_1} \right) \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2$$

式中： η_2 为原来结构的损耗因子， E_1 、 E_2 分别为原来结构及阻尼材料的弹性模量， d_1 、 d_2 分别为原来结构及阻尼材料的厚度。

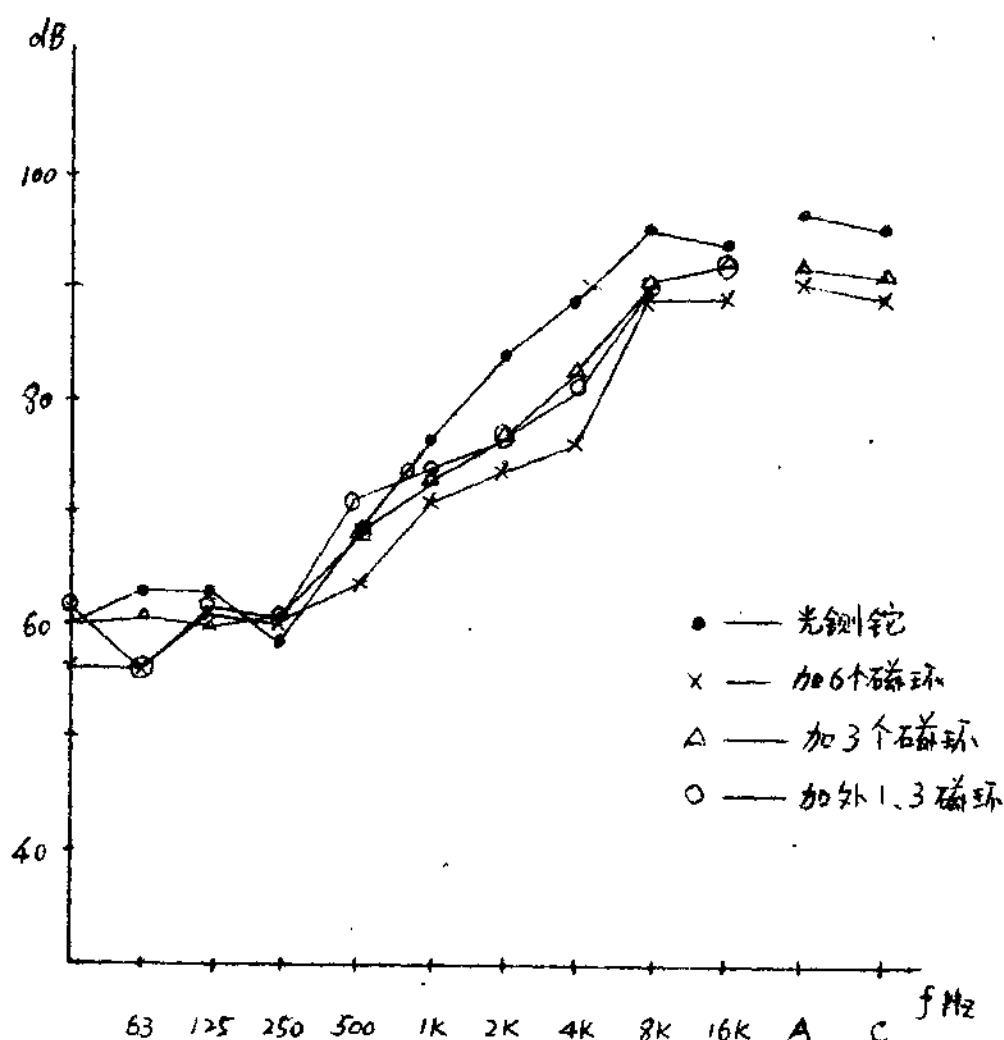
经测试，厚度为 5 mm 的磁性橡胶条的损耗因数 η ，约为 0.19。这一结果是用混响法测出的。

磁性橡胶内含有 90% 的天然^橡胶，其余为载氧体及其它成份。硫化^成形后的磁性橡胶具有一定挠性。它充磁后的表面磁场强度约为 350~500 高斯。做为一种阻尼材料，由磁性橡胶做成的磁条环，可以方便地粘附于钢制的铤片上，既不妨碍操作，又可以随着铤片的磨损不断换用直径较小的磁环。它是一种适用的减振阻尼材料。

在 106 型磨玉机钢铤片上应用磁性橡胶环的降噪声效果，我们做了下列多组实验，测试用磁性胶环厚度为 5 mm，宽度为 15 mm，约环直径从 $\phi 200$ mm 到 $\phi 320$ mm 共六圈。

测试结果见图五

实验结果表明, 利用磁性橡胶环抑制磨玉机铡钝片的振动, 可获得降低噪声 3~7 分贝 (A) 的效果。这一结果表明利用磁性橡胶环做为减振降噪的材料是一个较为理想的措施。对于类似的机械噪声的低减, 它也是很有前景的材料。



图五、在钢钝片上加装各种磁性橡胶环后的降噪效果及频谱

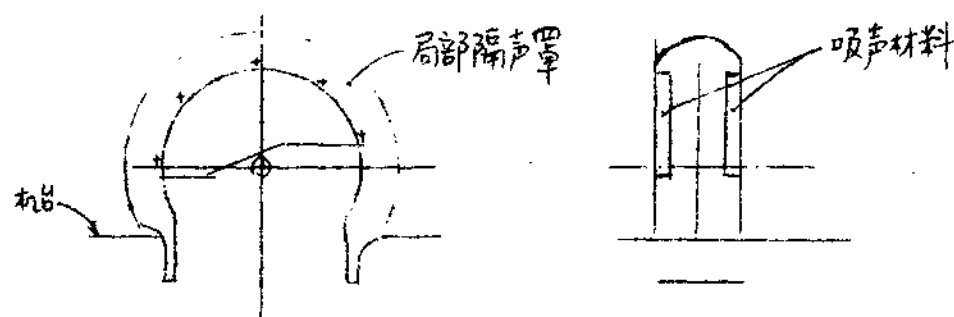
3. 铰片的半封闭隔声

磨玉工人在操作时，为防止铰片上所带的金刚砂喷到身上，在铰片周围挡有一圈塑料制挡砂圈，俗称砂圈。见图一绘制的磨玉机示意图。

由于磨玉操作实际上只在铰片的下半部分进行，所以如在上半部分进行遮挡，恐不妨碍工人视线，对操作就不会有影响。因此我们将原来的砂圈改为局部隔声罩，以加强降噪效果。在隔声罩的两侧壁加贴吸声材料岩棉（经测试，其吸声性能如表四所示）。为避免将砂水喷溅到岩棉上，砂圈的顶部改为拱形。见图六。

表四、岩棉的吸声性能

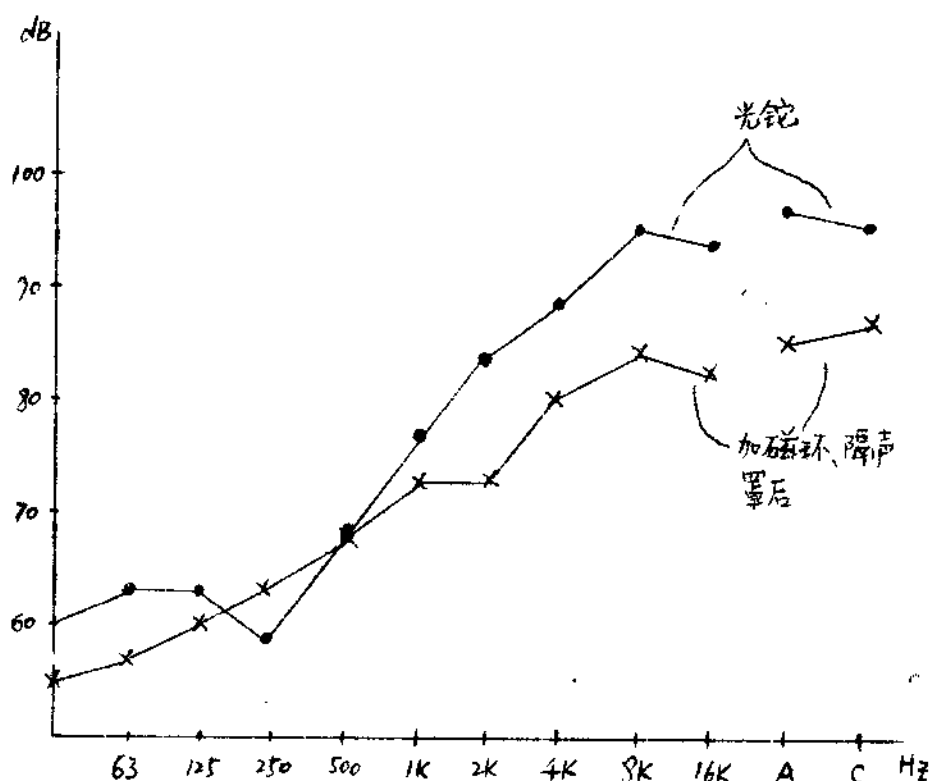
频 率 Hz	125	250	500	1K	2K	4K
吸声系数 α	0.04	0.10	0.32	0.65	0.95	0.95



图六、改造后的砂圈隔声罩

采用特制的局部隔声罩式砂圈后，可以局部地隔挡及吸收来自砂轮片上半部分的噪声。实测表明，局部隔声罩可获得3~5分贝(A)的降噪效果。

与磁性橡胶环在一起使用以后，二者总共可使磨玉机单机噪声降低10~12分贝(A)，测试结果见下图。



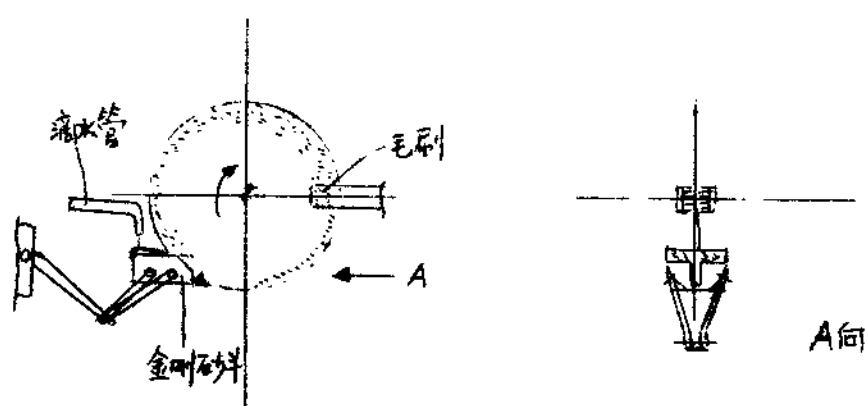
图七磁性橡胶环，半隔声罩式砂圈共同采用后的降噪效果
控制砂轮片外缘所粘附的金刚砂磨料的径向宽度

金刚砂磨料的存在对于磨玉机噪声的影响相当大，这在上一节中已分析过，有金刚砂和无金刚砂干磨时，噪声级可相差6~7分贝（A）。

金刚砂是加工玉石的必要磨料，但是如果大量的供给砂轮以金刚砂磨料，非但不能提高多少切割及磨削速度，相反还会使加工精度降低，浪费原材料，同时又使噪声级别大大增加。

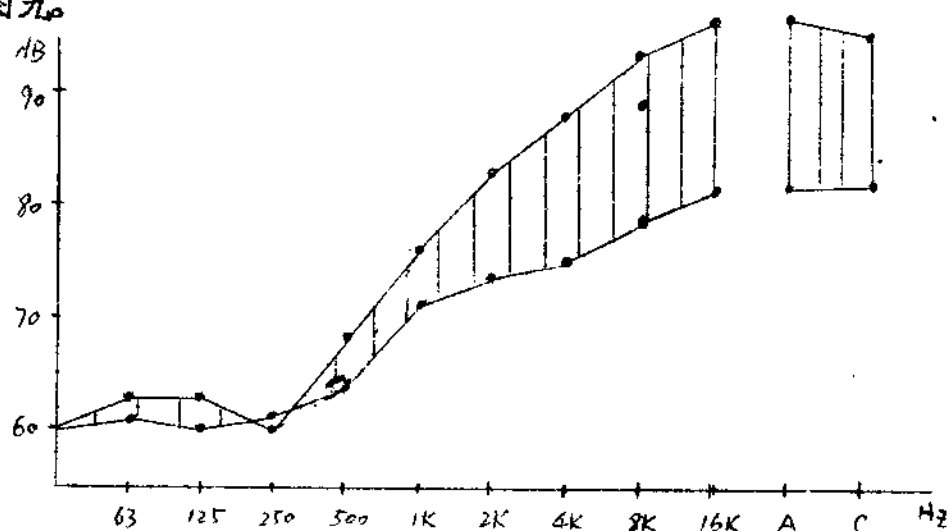
由于现行操作过程是由二人手抓金刚砂给砂轮供砂，掌握时就往往没有一定限度，给砂量就时多时少，噪声级也就时高时低。而通常都是过量供砂。

为了控制金刚砂的进料量，我们设计了一个半自动的简易料斗，内装金刚砂，上用水流向下冲金刚砂增加其流动性。下面用一毛刷将砂轮上多余的砂粒刷掉，整个机构固定在磨玉机台架上。



• 13 • 图八、改进后的磨玉机供砂装置

106型磨玉机在采取了综合治理的措施以后，整机噪声由原来的95~97分贝(A)下降到81分贝(A)，综后降噪后的效果见图九。



图九。106型磨玉机的综合治理效果

对106型磨玉机的实验研究表明，有针对性地抓住磨玉机发声的主要声源，利用磁性橡胶作为简便易行的阻尼降噪材料，再辅以其它的一些辅助措施，可使106型磨玉机噪声降低10分贝(A)以上，从而达到噪声卫生标准的要求。

参 考 资 料

1. K. Niemiec Saw blade damping and noise reduction Inter-noise (1976)

2. R. Szymani 等 薄圆锯振动与控制研究
Holz als Roh- und Werkstoff (1977)

3. A. Scherger 等 Geräuschenstehung und
Geräuschminderung beim Kreissägen von Gestein.
IDR-Industrie Diamanten Rundschau (1978)

4. A. Scherger Geräuschminderung beim
Trennen von Gestein. VDI.Z (1980)

5. 成田寿一郎等 圆锯空转时的金属音及其
消除, 木材会志 (1977)

6. 滝 敏一等 圆锯的噪声 木材会志 (1975)

7. 刘利民等 圆锯机噪声控制研究 建筑声学与噪声控制技术资
料选编 (1981)

8. 杨学翔等 锯板机噪声治理 工业噪声防治实例汇编 (1981)

9. J.T. 布罗彻 机械振动与冲击测量 (1975年国防工业
版)

10. 王曼霞 美国阻尼减振技术 出国考察报告 (1981)