

铁道部科学研究院 论文集

铁路劳动卫生专辑

2
1980

目 录

1. 有机磷酶化学测定法——二氯靛酚比色法…………… (1)
2. 东风₄型内燃机车抑空气制噪声的效果 …………… (7)
3. 层压木绝缘鱼尾板生产中的职业危害…………… (16)
4. 关于运营隧道内空气中内燃机车废气容许浓度的建议…………… (25)
5. 五氯酚的毒性研究与其最高允许浓度的建议…………… (39)
6. 粉尘在水平管道边界层内沉降规律的探讨…………… (50)
7. 木材防腐厂空气中五氯酚及五氯酚钠的测定——(4—氨基安替比林法) …… (60)
8. 铁路货运机车司机连续夜间值乘的生理界限…………… (68)
9. 货运蒸汽机车司机的劳动与休息制度的生理学研究…………… (74)
10. 我国铁路机车司机室噪音及其对乘务员听力影响的研究…………… (79)
11. 五氯酚对大鼠致畸性的研究…………… (87)

有机磷酶化学测定法——二氯靛酚比色法

铁道部劳动卫生研究所 张 洁 芬

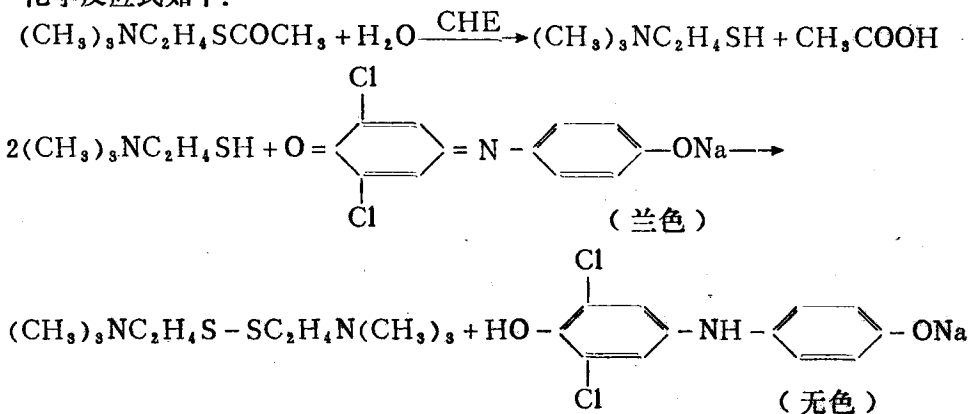
有机磷农药由于品种繁多，在土壤中和作物中大都分解较快，残毒较小，是当前农药中极受重视的一类。我国有机磷农药生产已有二十多年的历史，品种不断增加，产量也很庞大。为保护人畜不受毒害，保护环境不受污染，正在进行大量工作，因此对有机磷农药的测定也相应提出要求。目前有机磷的测定以气相色谱法较为灵敏快速。但是气相色谱仪目前在有些单位还没有普遍应用。因此常用化学法或酶化学方法进行测定。由于酶化学法灵敏度高，特效性好，基本可适用于测定各种有机磷农药的残留量。现已引起普遍的重视。但酶化学法有条件不易控制，重现性不够好，不同有机磷农药无法区分等缺点。鉴于目前没有其他更理想的化学方法，采用酶化学法测定有机磷农药还是值得首先考虑的。经实验研究，现介绍的二氯靛酚酶化学比色法基本可用于丰台货洗废水的监测，还有一些不足之处有待进一步探讨。

测 定 方 法

一、原 理：

胆碱酯酶能催化硫代乙酰胆碱水解，生成硫胆碱和醋酸，兰色的2, 6——二氯靛酚能被硫胆碱还原，因此溶液中二氯靛酚的兰色逐渐褪为无色。在有有机磷存在时，胆碱酯酶的活力受到抑制，催化硫代乙酰胆碱水解的能力降低或丧失，因而靛酚染料的褪色程度受到影响。根据在一定时间内靛酚染料褪色程度的不同，可定量测定有机磷化合物的浓度。

化学反应式如下：



其中CHE：胆碱酯酶

二、仪 器

1. 72型分光光度计。

2. 超级恒温水浴 ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$)。
3. 定时钟。
4. 玻璃仪器：容量瓶、刻度吸管、试管、分液漏斗等。

三、试剂及其配制

1. 冻干马血清

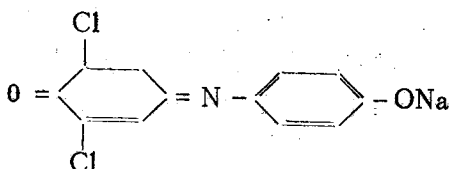
称取250毫克冻干马血清，用 $\text{PH} = 7.0$ 的磷酸盐缓冲液配制成100毫升，溶液浓度为2.5毫克/毫升。

2. 硫代乙酰胆碱碘化物：分子量289.2

分子式： $(\text{CH}_3)_3\text{NC}_2\text{H}_4\text{SCoCH}_3 \cdot \text{I}$

称取硫代乙酰胆碱碘化物36.2毫克，用蒸馏水配制成100毫升，溶液浓度为 $1.25 \times 10^{-3} \text{ M}$ 。

3. 2, 6——二氯靛酚钠，分子量290。



称取二氯靛酚钠8.7毫克，用蒸馏水配制成100毫升溶液，浓度为 $0.3 \times 10^{-3} \text{ M}$ 。

4. 磷酸盐缓冲液 ($\text{PH} = 7.0$)。

称取分析纯 KH_2PO_4 13.61克， $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 35.82克，分别用蒸馏水配制成500毫升溶液，其浓度皆为0.2M。

再分别取0.2M KH_2PO_4 溶液40毫升与0.2M的 Na_2HPO_4 溶液60毫升，混匀。此缓冲液 $\text{PH} = 7.0$ 。

5. 溴水

取3%溴水0.2毫升稀释到20毫升备用。(临用前现配)。

6. 甲醛、36—38%分析纯。

7. 苯、分析纯。

8. 无水硫酸钠。

四、测定步骤

1. 水样处理

取水样50毫升于125毫升的分液漏斗中，先用2N的 HCl 调节使 $\text{PH} = 4$ ，再加入10毫升苯。振摇3分钟，静置分层(30分钟)弃去下层水。上层苯液经少许无水硫酸钠脱水过滤，(可用真空吸滤)。滤纸用少量苯冲洗，滤液移入100毫升蒸发皿中，沿壁加入10毫升蒸馏水。在通风橱内挥去苯，残余水溶液转移到50毫升容量瓶中，用蒸馏水稀释到刻度。

2. 取试管4支①正常酶水解管。②中毒酶水解管二支。③无酶水解管。

3. ①③各加蒸馏水2毫升。②加水样2毫升。再在各管分别加0.03%稀溴水三滴， 40°C 水浴保温十分钟。

4. 取出后分别在试管①②中各加马血清2毫升，③管中加缓冲液2毫升。再把各管放入 40°C 水浴中20分钟。

5. 取出试管在冰水浴中冷却1分钟,然后各管分别加二氯酚溶液1毫升。再依次加硫代乙酰胆碱溶液1毫升。继续在40℃水浴中加热10分钟(准确记时)。

6. 取出后在冰水中冷却半分钟,依次加入甲醛0.5毫升。

7. 将各管溶液移入1厘米比色皿中,用72型分光光度计。610毫微米波长,用蒸馏水调零比色。

测得光密度值换算成抑制酶率。在标准曲线上可查出有机磷的浓度。

五、计 算

测得光密度值按下式计算抑制酶百分率。

$$I\% = \frac{E_2 - E_1}{E_3 - E_1} \times 100\%$$

E_1 、 E_2 、 E_3 , 分别为①②③管的光密度。

实 验 部 分

一、波长的选择

为了选择测定液的最大吸收波长,用不同量的二氯酚在不同的波长下测定光密度值,绘制吸收曲线。在610—620毫微米处二氯酚有最大吸收峰。因此选用610毫微米作为测定波长。

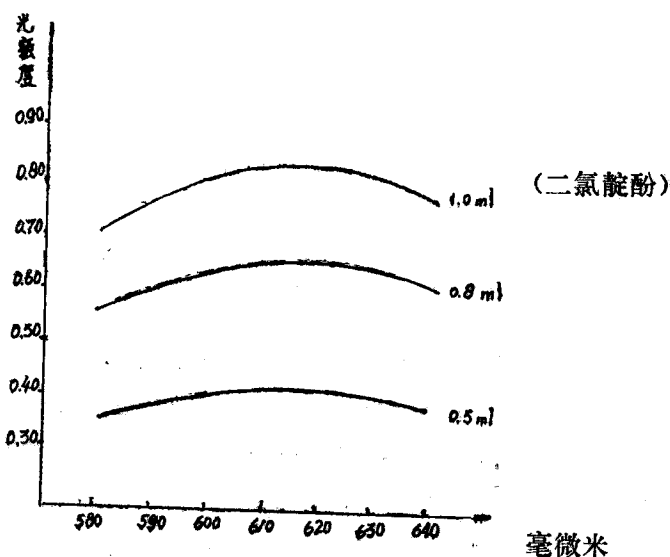


图1 测定液的吸收曲线

二、氧 化

硫代磷酸酯类如1605杀虫剂,它在体外对胆碱酯酶的抑制能力很弱,要把它转为有较强抑制作用的氧化同类物,以提高有机磷实验的灵敏度。最常用的氧化剂是溴水。并且过量的溴水不会干扰酶的催化作用。但过量的氧化剂对显色剂二氯酚酶有影响,因此多余的溴水需要排除干净。经实验证明水样在测定前加0.03%浓度的稀溴水三滴,经40℃水浴保温10分钟后即可达到有机磷的氧化目的。同时基本达到排除多余溴水的目的,因此对显色剂二氯酚酶无影响。

1605 农药经溴水氧化与不经溴水氧化光密度值比较

表 1

蒸 馏 水	0.5 微克/毫升 1605	0.5 微克/毫升 1605 + 溴水
0.290	0.287	0.490
0.265	0.255	0.495
0.265	0.250	0.550
0.290	0.280	0.530

三、稳定实验

本实验是在动态反应中确定一固定时间进行比色。由于反应仍在进行,随着时间的延长,光密度值迅速下降,易造成较大的误差。为使显色稳定,曾采用冰水冷却,但不能达到稳定的目的。有机溶剂在室温下能使大多数酶引起变性,故采用加入有机溶剂来终止酶的反应。经实验选择36—38%的甲醛为抑制剂,加入量为0.5毫升。加入甲醛后在30分钟内进行比色,稳定效果良好。

不同浓度的 1605 加入 0.5ml 甲醛后时间对稳定性的影响

表 2

光 密 度 时 间	浓 度 正 常 酶	1605 浓度	1605 浓度	1605 浓度	无 酶
		0.2微克/毫升	0.5微克/毫升	1.0微克/毫升	
5 分	0.360	0.470	0.583	0.680	0.825
10 分	0.361	0.474	0.583	0.680	0.825
20 分	0.367	0.475	0.585	0.680	0.825
30 分	0.366	0.475	0.585	0.680	0.825
50 分	0.375	0.475	0.585	0.680	0.825

四、标准曲线的绘制

1. 称取1605(纯品)用无水乙醇配成浓度是1毫克/毫升1605储备液。

2. 分别把1605储备液(1毫克/毫升)用蒸馏水稀释配成浓度为0.1、0.2、0.3、0.5、0.7、0.9、1.0、1.5微克/毫升的标准液。分别按水样管操作进行测定,测得值经计算得出抑制酶率。以抑制酶率对浓度,用半对数坐标纸作图。(以抑制酶率为横坐标,浓度为纵坐标)。

1605 浓度与抑制酶率的关系

表 3

浓度 微克/毫升	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	1.5
抑 制 酶 率 %	14.5	25.4	35.4	52.1	65.4	73.5	76.9	88.0

五、萃 取

丰台货洗废水成分复杂,为了排除干扰采用预先萃取,将待测的有机磷分离出来。选用苯作萃取剂。苯对有机磷提取效果较好。用1605标准液配成浓度为0.5微克/毫升的水样50毫升。使水的PH=4,用10毫升苯萃取后进行测定,测定结果如表4。可见用苯萃取是可行的,平均萃取率为99%,测定标准偏差为 $\pm 0.03\%$ 微克/毫升,相对标准偏差为6%。

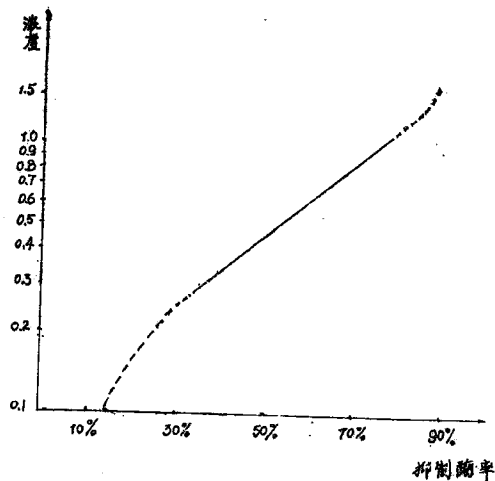


图2 各浓度的抑制酶率为8次实验的均值
苯对1605农药的萃取效果

表4

测定值 项目	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
加入浓度 $\mu\text{g/ml}$	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
测得浓度 $\mu\text{g/ml}$	0.50	0.47	0.49	0.50	0.55	0.49	0.51	0.45	0.495
提取率	100%	94%	98%	100%	110%	98%	102%	90%	99%

六、过 滤

丰台货洗废水经常是很混浊的，为了减少提取时乳化现象，可进行过滤处理。从表5可以看出过滤对1605定量测定稍有影响，采用过滤测定的相对标准偏差为6%。不过滤测定的相对标准偏差为5%。因此在水样不是过度混浊时不采用过滤，取上清液进行测定。如水样十分混浊时也可以进行过滤，但在报告中要注明。

1605 溶液过滤与不过滤的比较(浓度单位: $\mu\text{g/ml}$)

表5

加入浓度	0.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	平均
过滤测定浓度	0.52	0.47	0.50	0.47	0.50	0.42	0.47	0.45	0.47
不过滤测得浓度	0.50	0.53	0.55	0.52	0.50	0.49	0.52	0.55	0.52

七、回收率实验

1. 1605在蒸馏水中的回收率

以蒸馏水为样品加入定量的1605农药，使样品浓度为0.5微克/毫升。测定其回收率，八

次测定结果(见表6)。测定标准偏差 ± 0.02 微克/毫升, 相对标准偏差为4%。

1605 在蒸馏水中的回收率(浓度单位微克/毫升)

表 6

测定次数	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
加入浓度	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
回收浓度	0.50	0.5	0.55	0.52	0.50	0.49	0.52	0.55	0.52
回收率	100%	106%	110%	104%	100%	98%	104%	110%	104%

2. 1605在丰台货洗废水中的回收率

以丰台货洗废水为样品分别加入1605标准液, 使水样加入的1605浓度为0.3微克/毫升和0.7微克/毫升。按操作进行测定, 将测得结果减去原水样中(未加入1605的丰台废水)有机磷浓度, 得到的即为1605的回收浓度。测定结果如表7。

1605 在丰台货洗废水中的回收率(浓度单位微克/毫升)

表 7

废 水	加入浓度	回收浓度	回 收 率	加入浓度	回收浓度	回 收 率
1	0.30	0.34	113%	0.70	0.59	84%
2	0.30	0.26	87%	0.70	0.60	86%
3	0.30	0.36	120%	0.70	0.67	96%
4	0.30	0.27	90%	0.70	0.63	90%
平均	0.30	0.31	103%	0.70	0.62	89%

低浓度组测定标准偏差 ± 0.05 微克/毫升, 高浓度组测定标准偏差为 ± 0.04 微克/毫升。

从以上实验结果可以看出以蒸馏水为底样时, 回收率是令人满意的。以丰台货洗废水为底样时, 低浓度组的回收率误差较大, 高浓度组的回收率相对较好。

八、注意事项

1. 马血清是生物制剂一定要在冰箱保存。马血清溶液, 二氯酚, 硫代乙酰胆碱等溶液每周配, 以保证良好的测定效果。

2. 在提取后挥发苯时, 苯一经吹干就要停止挥发, 防止有机磷农药的损失。

3. 加溴水氧化可以提高含硫有机磷农药测定的灵敏度。但有些农药如DDVP, 对氧磷等则可不经氧化直接测定。

九、参考资料

一、G、G吉尔鲍特: 酶法分析

二、G、希拉召尔: 新磷酸酯类杀虫剂的进展。

三、农药残留量薄层层析法

四、科学资料选编

五、农药手册

六、中国医学科学院环境卫生监测站: 地面水工业废水监测检验方法 1976年,

科学出版社, 1977年

化学工业出版社1966年

中国财经出版社

武汉医学院 P35、1975

东风₄型内燃机车抑制空气噪声的效果

铁道部劳动卫生研究所

金绍元 潘伦典

国建委建筑科学研究院物理所

蔡应曦 胡俊民 吴大胜

铁道部大连机车车辆工厂

涂正刚

当前在内燃机车的发展中,降低司机室的噪声是一个十分重要的问题。很快地解决这个问题,不仅能改善乘务员的劳动条件,而且有助于行车安全。

东风₄型内燃机车噪声和振动的测定⁽¹⁾⁽²⁾结果表明,司机室的噪声主要来源于两个途径。一是机车主发动机及其他辅助设备的振动经由固体传输引起司机室围护结构振动(如地面、天棚、墙壁等)所形成的噪声(简称固体噪声),另一是这些设备所产生的噪声经由空气传播,透过司机室围护结构的噪声(简称空气噪声)。

司机室的总噪声级是五种基本噪声分量的能量总和⁽³⁾:(1)传入司机室的柴油机空气噪声(L机空);(2)传入司机室的柴油机排气口空气噪声(L排空);(3)传入司机室的柴油机固体噪声(L机固);(4)传入司机室的轮轨撞击引起的空气噪声(L轮空);(5)传入司机室的轮轨撞击引起的固体噪声(L轮固)。司机室内的总噪声级由最大的噪声分量所决定。若将次要的噪声分量完全消除掉,对于司机室总噪声级的降低实际上不起什么作用。因此,首先必须准确分解出司机室各噪声分量的数值。

通过测量以上各噪声分量的数值可以看出,L轮空和L轮固比起L机空和L机固要小得多⁽⁴⁾。因此,在机车的噪声控制中必须着眼于L机空和L机固这两部分的噪声控制。

降低空气噪声与降低固体噪声的措施和方法是截然不同的。对于降低空气噪声应采取隔声和吸声的方法。而对于降低固体噪声应采取隔振和阻尼振动的方法。司机室围护结构的隔声是降低空气噪声的主要手段,尤其是后墙壁对于直接来自机器间和电气间(或冷却间)的空气噪声的隔绝更为重要。墙壁上的孔洞缝隙和门、窗的密封对于围护结构的隔声能力影响较大。吸声的处理不仅能降低司机室内的空气噪声,而且对固体噪声也有降低。本文仅就降低司机室内的空气噪声所采用的隔声和吸声措施进行计算和试验研究,从而作出司机室围护结构隔声和室内的吸声处理。

一、试验方法

1. 测量仪器为白噪声发生器、功率放大器、扬声器、2203型精密声级计和1613型倍频程滤波器。

由于机车内主机及其他设备噪声传至司机室包括有固体噪声和空气噪声两个部分。为了排除固体噪声的影响,我们用白噪声发生器通过功率放大器和扬声器发出一个足够强的空气噪声。

整个隔声和吸声试验是在一台尚未安装机器设备的机车上进行的。机车内的门窗按照实

际情况装好。车壳是随机选取的。

2. 隔声试验是将声源放置在电气间, 分别测量出电气间和司机室内的总噪声级及其频谱, 计算电气间(或冷却间)和司机室这道墙壁的隔声能力。同样, 可以得出机器间和电气间这道墙壁的隔声能力。改变墙壁和门的密封情况, 通过两个房间声压级差的改变, 可以计算墙壁孔洞或门的缝隙对墙壁隔声能力的影响。

3. 吸声试验是将声源放置在电气间, 分别测量电气间和司机室的总噪声级及其频谱。然后改变司机室内不同的吸声材料或吸声面积, 分别测量电气间和司机室的总噪声级及其频谱, 计算降低的噪声级。

在进行上述隔声和吸声试验过程中, 声源要求稳定。要经常检查声源的变化, 隔声测量中司机室内吸声要固定不变; 吸声测量中墙壁和门的孔、缝隙要堵好。

4. 不同吸声材料和吸声结构的吸声系数的试验是在驻波管中进行的, 流阻率的测量是在流阻仪中进行的。

二、司机室围护结构的隔声

司机室的围护结构包括墙壁、地面、顶棚、门、窗等。除了窗是用6毫米玻璃外, 其他部分基本上是2.5毫米厚的钢板。(6毫米厚的玻璃的隔声能力与2.5毫米厚的钢板是接近的)后墙壁及其两扇门主要隔绝来自机器间和电气间(或冷却间)的噪声, 后壁以外的其他围护结构, 主要隔绝外界噪声。前者比后者的噪声强度要大。因此后墙壁及其门的隔声要求比其他部分重要得多。只要后墙的隔声量合适, 可以认为其他部分的隔声性能也是可以满足的要求。

1. 墙壁的隔声能力

司机室噪声主要来源于机器间和电力间(或冷却间)的机器设备噪声。这样, 电气间(或冷却间)和司机室之间的后墙壁对于降低司机室的空气噪声就十分重要。因此, 对这道墙壁要求有比较高的隔声性能。我们通过经验公式计算和实际测量可以得出墙壁的隔声性能。

对于密实的均匀材料的隔声量的经验公式⁽⁵⁾为:

$$N = 18 \lg p + 12 \lg f - 25 \quad (\text{分贝}) \quad (1)$$

式中 P —— 墙壁单位面积重量, 单位公斤/米², f —— 频率, 单位赫芝。

而在房间中墙壁的实际隔声量应为:

$$N_e = N + 10 \lg \frac{A}{S} \quad (\text{分贝}) \quad (2)$$

式中 A —— 房间内总的吸声单位, 单位米²;

S —— 墙壁的面积, 单位米²。

2.5毫米厚的钢板隔声量的计算值和测量值

表 1

频 率 (赫芝)	125	250	500	1000	2000	4000
N 计算值(分贝)	23.6	27.2	30.8	34.4	38.0	41.6
N_e 计算值(分贝)	20.1	23.6	29.0	32.5	39.5	43.4
N_e 测量值(分贝)	14.5	14.5	19.5	24.0	28.5	32.0

对于司机室的后墙壁面积 = 4.8米²和室内未铺设吸声材料时的吸声单位(见表1)代

入公式(1)(2)可以算出,采用2.5毫米厚的钢板作墙壁,在司机室中不同频率的隔声量(由于墙壁上两扇门与墙壁采用同样厚的钢板,因此,我们近似地按一个整体计算隔声量)。表1列出的就是在司机室内有同样吸声单位时,墙壁不同频率隔声量计算值和测量值的结果。

从表1可见,计算值与测量值相差比较大。低频差6~9分贝,中频差8~9分贝,高频差11分贝。这是由于(1)后墙壁中孔洞缝隙和门的密封不严造成的。它使原有墙壁的隔声能力大大地降低。(2)空气噪声的侧向透射所引起的。这由过去很多人做过的试验而证实了的⁽⁶⁾。因此,从侧向传透到司机室的噪声,使墙壁的隔声能力相对地有所降低。

关于孔洞缝隙对于隔声的影响是十分显著的,它往往有可能使整个隔声结构由于孔洞缝隙不好而归于失败。而对于侧向透射要完全避免是困难的,特别在机车是钢架、钢板结构的条件下,空气噪声的隔绝是有一定限度的。因而墙壁的钢板增加到一定厚度后,再增加厚度对于总的实际隔声能力不会有多少提高。如将2.5毫米厚的钢板增加到5~6毫米厚,总的实际隔声能力经估算仅提高1~2分贝。由于上述的原因并考虑机车的重量限制,司机室的墙壁采用2.5~3毫米的钢板是合适的。

2. 门的缝隙和墙壁的孔洞对隔声的影响

一个隔声性能比较好的墙壁,如果在其上打上直径2厘米的园孔,则房间里总的噪声级要提高2分贝。也就是说,此墙壁的隔声能力下降了2分贝。

对于内燃机车司机室的墙壁,由于要穿越水管、油管和电缆导管等,如果这些部分密封处理不好,留下孔洞缝隙,能使墙壁的隔声能力降低。门扇和门框之间虽然加了乳胶海棉条,仍然密封不严,也形成缝隙。又因门扇与门框的拐角不一致,形成孔洞。这些使墙壁的隔声能力降低。一般孔洞影响高频的隔声能力。随着孔洞的增大影响的频率变低。而缝隙几乎对低、中、高频的隔声能力均有影响,频率越高影响越大⁽⁷⁾。

为了试验门缝密封的影响,在加乳胶海棉条的门的四周又用油泥子密封一遍。图1是用油泥子密封和不密封时,电气间与司机室的声压级差的比较。如图1可见,密封的比不密封的声压级差要小,频率越高两者相差越大。

所以,对于墙壁隔声性能的要求,不仅要求墙壁本身要有一定的隔声能力,而且在墙壁上要特别注意孔洞缝隙的密封,否则墙壁本身隔声能力再高,也是达不到所需要的隔声要求。这就要求在机车的设计和安装过程要特别注意墙壁中的孔洞缝隙和门的密封的处理。特别是门缝压条要选得合适。

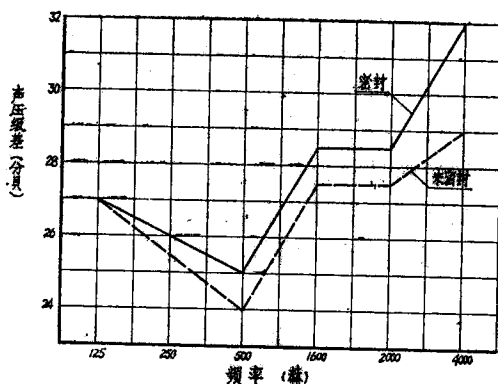


图1. 门缝用油泥密封和不密封司机室声压级差的比较

三、司机室内吸声处理对噪声的降低

当选择一种墙壁结构以后,在司机室内吸收一定条件下,这个墙壁隔绝空气噪声的能力也就固定不变。由式(2)可以看出,当司机室内吸收很小时, $10 \lg \frac{A}{S}$ 是一个负值,后墙壁

的实际隔声量将低于后墙壁本身的隔声量。当司机室内有足够的吸收时，后墙壁的实际隔声量将达到或超过后墙壁本身的隔声量，从而实现良好的隔声效果，这样，司机室内铺设吸声材料是降低了室内的噪声必不可少的一项措施。

在司机室内利用吸声材料减弱噪声的有利因素是：（1）司机室的体积比较小，使用少量的吸声材料就可以达到较好的减噪效果。（2）司机室内铺设吸声材料对于无论是从围护结构传入的空气声或由结构振动所激发的固体声都能达到减噪的效果。因此，我们认为，在抑制机车的空气噪声中，充分发挥吸声材料的减噪效果，是有利的一项重要措施。

1. 司机室内吸声单位与减噪的关系

当室内的吸声单位（吸声材料铺贴面积与其吸声系数的乘积， $A = Sa$ 单位：米²）由 A_1 增加到 A_2 时噪声降低为：

$$\delta = 10 \lg \frac{A_2}{A_1} \text{ (分贝)} \dots\dots\dots (3)$$

式(3)表明，司机室内的噪声级随其内吸声单位的提高而下降，为了提高室内吸声单位，（1）适当地扩大吸声材料的铺贴面积。（2）尽可能选用有较高吸声系数的吸声材料，并使材料的吸声特性适合于司机室内的噪声频谱。

为了摸索司机室内吸声材料合理的铺设面积，我们在司机室内铺设不同面积的聚胺脂软泡沫塑料，测量室内的总噪声级及其频谱。算出125~4000赫芝六个倍频程的吸声单位及其平均吸声单位。列出平均吸声单位和测量的总噪声级的对应数值（见表2），选取室内吸声单位的中间数值（如表2中，泡沫塑料选取吸声单位为8.07米²），令其总噪声级测量值和计算值相等。以这数值为基础，由公式(2)分别计算其他不同吸声单位时的总噪声级（列于表2中泡沫塑料计算值栏内）。采用超细玻璃棉作吸声材料和泡沫塑料一样，计算不同吸声单位时总噪声级的数值（见表2）。图2和图3分别绘出这两种材料不同平均吸声单位时的测量值和计算值曲线，由这两组曲线可见，总噪声级的测量值和计算值是非常接近的。

司机室内不同吸声单位时总噪声级测量值与计算值的比较

表 2

超 细 玻 璃 棉	平均吸声单位 (米 ²)	4.08	5.46	6.84	8.54	10.3	12.4	14.6
	总噪声级(测量值) (分贝)	85.5	83.5	82.0	81.5	81.0	79.5	78.5
	总噪声级(计算值) (分贝)	84.8	83.5	82.5	81.5	80.7	79.9	79.2
泡 沫 塑 料	平均吸声单位 (米 ²)	4.08	5.28	6.48	8.07	9.66	11.5	13.3
	总噪声级(测量值) (分贝)	86.5	84.5	84.0	83.0	82.0	81.0	80.0
	总噪声级(计算值) (分贝)	86.0	84.9	84.0	83.0	82.2	81.5	80.9

由图2图3曲线和公式(3)可以看出，在司机室内吸收越大噪声级的降低越多。但当室内的吸收增加到一定程度以后，虽然继续增加吸收，噪声也能降低，但是降低的幅度变小。

由上述测量和计算结果可见，提高司机室内的减噪水平可以通过在室内增加铺设吸声材料的面积和提高材料的吸声性能来实现。考虑到司机室内可能的铺设面积，以及尽可能采用较高吸声系数值的吸声材料。我们认为吸收在12个吸声单位左右为宜。根据这一考虑在司机室内顶棚、后墙及门等部位可能铺设吸声材料的面积为13~14米²。选择吸声性能比较好的材料，它的平均吸声系数在0.7~0.8左右。再增加座椅的背面和底面的穿孔板吸收，天棚吊顶的共振吸收以及其他部位的吸收等是可以达到这一要求的。

2. 几种不同吸声材料的减噪效果

在司机室内分别铺设同样面积的厚5厘米，容重65公斤/米³超细玻璃棉同厚4厘米聚脂型和聚醚型泡沫塑料等三种吸声材料，分别测量它们的总噪声级及其频谱。从表8和图4中可见，采用超细玻璃棉比这两种泡沫塑料要好，这是由于它们的吸声性能不同所造成的。

铺设三种吸声材料时司机室内的噪声级(分贝)

表3

材料名称	频率(赫芝)							
	A	Lin	125	250	500	1000	2000	4000
超细玻璃棉	78	81	69	74.5	76.5	74.5	67.5	51.5
聚脂型泡沫塑料	79	82	71.5	76.5	77	75.5	70	50.5
聚醚型泡沫塑料	80	82.5	71	77	78	77.5	69	60

由图2可见，这三种材料的吸声系数以超细玻璃棉为最好，其次是聚脂型泡沫塑料，而聚醚型泡沫塑料最差。

这三种材料均属于多孔性吸声材料。它们的吸声性能的好坏与材料的流阻有关，聚醚型泡沫塑料，低、中频吸声性能很差是由于它的流阻率太小只有 2.8×10^3 MKS 瑞利。一般对于薄层的吸声材料，流阻率在 10^5 MKS 瑞利⁽⁸⁾是比较合适的。它对于低、中、高频的吸声性能均有比较好的吸收。由于超细玻璃棉和聚脂型泡沫塑料的流阻率分别为 9.6×10^4 MKS 瑞利和 3.0×10^5 MKS 瑞利，因此它们在低、中频有较好的吸收。但是对于50毫米左右厚的材料，流阻率略低于 10^5 MKS 瑞利对吸声是有利的。

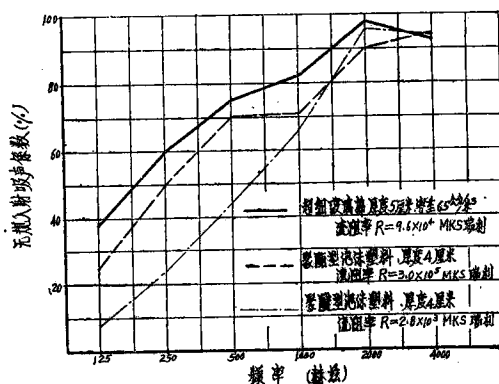


图2 三种吸声材料的吸声系数和流阻率

从劳动保护、工艺安装条件等因素考虑，超细玻璃棉吸声性能虽好，但在安装过程中，纤维飞扬，对工人健康有所影响。并且安装时容易损坏工具，长期使用还会下沉，影响吸声性能。而泡沫塑料无上述缺点，从两种泡沫塑料的吸声性能看以聚脂型为好，它比超细玻璃棉所差也不太多。因此综合考虑各种因素，我们认为在机车上采用聚脂型聚胺脂软泡沫塑料较为合适。

3. 几种吸声结构

在司机室内采用的泡沫塑料或超细玻璃棉是属于多孔性吸声材料。它们在中、高频，尤

其是高频吸声性能比较好，但是低频比较差。而内燃机车的噪声在低频是十分强烈的。同时墙壁的隔绝低频噪声能力也比较差。因此，必须在司机室内采用穿孔板和顶棚留后空等吸声结构或将多孔材料加厚以增加低频的吸收。

当中、高频噪声有明显下降而固体噪声更为突出时，司机室内增加低频吸声结构的必要性就进一步显示出来了。

(1) 图3是将后墙壁、门、顶棚的吸声材料加厚和顶棚留有后空时，司机室内的噪声频谱。从这些频谱中可以看出，加厚吸声材料和顶棚留有后空，对500赫芝以下的频率降低噪声是明显的，尤其是顶棚留后空效果更大。这是由于吸声材料加厚和顶棚留后空使低、中频的吸声性能提高所造成的效果(见图4)。这对于隔绝外界噪声亦有好处。

(2) 图5是采用穿孔率 $P = 1.4\%$ ，孔径4毫米，后空50毫米的穿孔板吸声结构，它在250赫芝有一个共振吸收峰。这在门上、座椅的底面、背面可以采用这种穿孔吸声结构。改变穿孔板上的孔径大小，穿孔率的大小及板的后空大小，可以得到所需要频率的共振吸收峰。

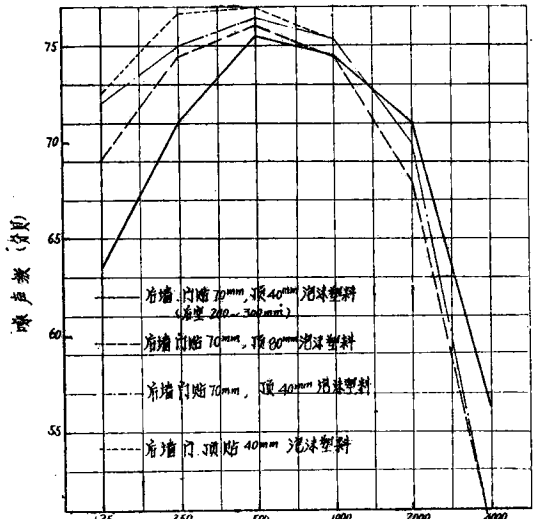


图3 司机室内吸声材料加厚40mm，顶棚留后空时的噪声频谱

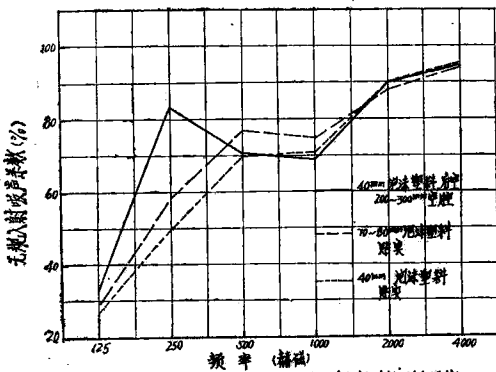
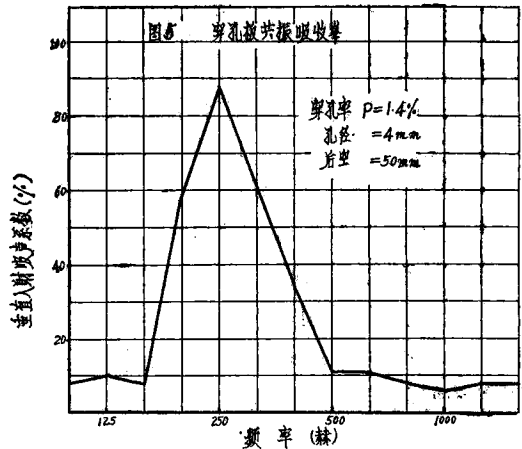


图4 吸声材料加厚40mm，顶棚留后空时的吸声系数



四、抑制空气噪声传播的效果

从以上的试验和计算以及实际应用的结果都表明，采用隔绝空气噪声和吸声处理的措施，对于降低司机室内的噪声是有效的。

当在电气间发出白噪声，司机室内铺设和未铺设吸声材料时，测量电气间和司机室的A声级及频谱。由这两室的噪声级算出A声级及不同频率时的声级差。表4—(3)是司机室内顶棚、两侧门铺设40毫米厚，后墙壁铺设70毫米厚的泡沫塑料，两室的声级差，(5)是司机室

内未铺设吸声材料时，两室的声级差。根据机车实际运转时电气间（或冷却间）测量A声级和噪声频谱，减去两室的声级差，分别可以得出司机室内铺设和未铺设吸声材料时的A声级和噪声频谱。表5中(2)是I司机室（与电气间临近）内顶棚、门铺设40毫米厚，后墙铺设70毫米厚的泡沫塑料计算的A声级和噪声频谱。它在A声级比I司机室内未铺设吸声材料(3)计算的结果要降低6分贝，比司机室后墙隔声和吸声改进前，（指司机室后墙板厚1.5毫米，吸声材料仅在后墙铺设40毫米泡沫塑料）要降低5.5分贝。由频谱看，(2)比(3)从125~4000赫芝整个频段的噪声均有降低，(2)比(4)从125~1000赫芝噪声有降低，1000赫芝以上两者差不多。同样，对II司机室（与冷却间临近）A声级(6)比(7)和(8)均要降低6分贝。由频谱看，(6)比(7)从125~4000赫芝整个频段均有降低，(6)比(8)在125和500~4000赫芝有降低，250赫芝两者差不多。这表明，上述采取的抑制空气噪声的一些措施，从A声级上讲，是明显的达到了预期的效果。

司机室内有无吸声材料时，后墙壁的隔声量(分贝)

表4

序号		A	频 谱 分 析 (赫)					
			125	250	500	1000	2000	4000
(1)	电气间(或冷却间)白噪声频谱	105.5	91.5	96.5	100.5	102.5	99.0	86.0
(2)	司机室内吸声处理后白噪声频谱	79.0	71.0	75.0	76.5	75.5	70.0	50.0
(3)	隔 声 量	26.5	20.0	21.5	24.5	27.0	29.0	36.0
(4)	司机室内不加吸声处理白噪声频谱	84.0	74.5	82.0	82.0	81.0	75.5	55.5
(5)	隔 声 量	20.5	16.5	14.5	18.5	21.5	23.5	31.5

吸声和隔声处理的减噪效果(分贝)

表5

序 号		室内吸声 (泡沫塑料)	司 墙 板 厚 (mm)	A	频 谱 分 析 (赫)					
					125	250	500	1000	2000	4000
(1)	电气间实际白噪声频谱			102	102	101	99	98	93	88
(2)	I司机室吸声处理后噪声频谱	顶棚、门40 ^{mm} 后墙70 ^{mm}	2.5	75.5	82	79.5	75	71	64	52
(3)	I司机室不加吸声处理的噪声频谱	无	2.5	81.5	85.5	86.5	80.5	76.5	69.5	56.5
(4)	改进前I司机室噪声频谱	后墙40 ^{mm}	1.5	81	85	83	83	73	62	53
(5)	冷却间实际白噪声频谱			104	103	104	107	102	96	88
(6)	II司机室吸声处理后的噪声频谱	顶棚、门40 ^{mm} 后墙70 ^{mm}	2.5	77.5	83	82.5	83	75	67	52
(7)	II司机室不加吸声处理的噪声频谱	无	2.5	83.5	86.5	89.5	88.5	80.5	72.5	56.5
(8)	改进前II司机室噪声频谱	后墙40 ^{mm}	1.5	83.5	86	82	85	78	69	61

为了试验采用隔声和吸声的手段在机车实际运行中抑制空气噪声传播的效果，我们在0101号车上对司机室内顶棚、后墙铺设了聚胺酯软泡沫塑料和后墙壁钢板增加2.5毫米厚的内燃机车进行实际牵引运行试验。从测量结果可见，I司机室A声级为81分贝比原来未改进前的84分贝降低2—3分贝。II司机室为85分贝(A)降低7分贝。从表6中可见，电气间和I司机室或冷却间和II司机室之间的声级差，在A声级和500赫芝以上时相差比较大。但从总声级和250赫芝以下的低频段来看，两个声级差的相差就比较小。这是由于：(1)单层钢板的隔声量随频率增加而增加，频率越高隔声量越大。(2)软泡沫塑料的吸声系数亦是随频率而增加。(3)初步改进的机车，司机室内未采用低频吸声结构。机车上也未有抑制固体声的措施。在这里显然固体噪声的影响就成为一个突出的因素了。

在运行实测中，机车上的乘务人员反映，司机室内总的噪声响度，比改进前的机车小了。我们主观的反应，也感到那种刺耳的高频噪声减小很多，而低频噪声显得突出了。这和测量A声级降低较多，而总声级降低较少的结果是一致的。

东风₄0101号机车经吸声和隔声处理后，机车运行中的减噪效果(分贝) 表6

声级与频谱分析	A	总噪声级	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
机器间	118.5	121	112	110	108.5	113.5	116	112	105.5	100
冷却间	111.5	118.5	108	113	108	111	106.5	100	92	82
电气间	103.5	111	105	101	100	99.5	97	95	82	71
II司机室	85	102	95	95	87.5	83	79	69	61	55
I司机室	81	101	96.5	86	84	75	68	61	55	50
电气间与I司机室声级差	26.5	10	8.5	15	16	24.5	29	34	27	21
冷却间与II司机室声级差	26.5	16.5	13	18	20.5	28	27.5	31	31	27

五、小 结

根据以上的试验和计算结果以及考虑到机车的设计要求和安装条件等，对于司机室内抑制空气噪声提出如下的改进措施：

(1) 要加强墙壁隔绝空气噪声的能力，间壁钢板要保证有一定的厚度，但是从机车设计和隔声的合理性考虑，采用2.5~3毫米厚钢板是合适的。

(2) 墙壁上的孔洞和门的缝隙的处理，对于隔绝来自机器设备的空气噪声起着重要的作用，特别是与司机室相邻近的这道墙壁，在机车设计和安装过程中要十分重视有些隐蔽部分的孔洞和缝隙的处理。

(3) 在隔绝空气噪声达到一定限度的基础上，就需要依靠增加司机室内的吸收来降低噪声。室内噪声是随吸声单位的增加而降低的，但是降低的幅度又随吸声单位的增加逐步减少。对于司机室内采用12个吸声单位左右的吸收是合适的。

(4) 从吸声效果、劳动卫生和安装条件等因素综合考虑，对于试验的三种吸声材料中以聚脂型聚胺脂软泡沫塑料为合适。

(5) 机车内低频噪声十分强烈。在司机室内采用的泡沫塑料等多孔性材料的同时,不应忽视低频吸声结构的使用。因此,可以在司机室内做天棚吊顶,座椅的底面和背面以及门等部位做成穿孔板共振吸声结构来增加低频的吸收,从而降低司机室内的低频噪声。

(6) 采用隔绝空气噪声和吸声处理措施,对于降低司机室内的中高频噪声是有效的。但是,还必须进一步采取控制固体噪声的相应措施,降低低频噪声,以便从根本上改善机车的噪声状况。

参 考 资 料

- (1) 铁道部劳动卫生研究所等:降低内燃机车噪声振动的研究(资料之一)——东风₄型内燃机车的噪声测定与分析,1976。(内部资料)
- (2) 铁道部劳动卫生研究所等:降低内燃机车噪声振动的研究(资料之二)——东风₄型内燃机车的振动测定与分析,1976。(内部资料)
- (3) ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СПЕКТРОВ ОСНОВНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ШУМА В КАБИНЕ ТЕПЛОВОЗА 2ТЭЮЛ ОТ РЕЖИМОВ РАБОТЫ
- (4) 交通部劳动卫生研究所:东风型内燃机车噪声振动的初步研究——交通部劳动卫生通讯(内部资料)1974年1期,
- (5) N.N.斯拉文:生产性噪声及其防止方法;科技卫生出版社.1959.
- (6) 声学译丛第11号第(12)(13)(14)之67~77页,
- (7) 装配式墙板的空气声隔绝性能及孔洞缝隙对隔声的影响——声学学报1966年3月,第3卷第1期,
- (8) E.G.里查孙主编:声学技术概要上册——第四章.科学出版社 1961.