

脉冲噪声持续时间与豚鼠听觉损伤之关系

梁振福 魏晶 史秀凤 唐志文 胡正元

(海军医学研究所)

本文观察了20、50、100、300、400和1000毫秒6种持续时间在不同压力峰值下豚鼠的听力变化。通过实验找出了持续时间和安全压力峰值之间的修正关系。当压力峰值为145、150、155分贝时,持续时间在50—400毫秒之间,持续时间每增至2倍,听阈偏移约增加3分贝,压力峰值增加5分贝,听阈偏移约增加16—20分贝。回归统计得出持续时间增加或减少至10倍,豚鼠的安全压力峰值减少或增加5分贝。

前 言

在脉冲噪声对听觉损伤诸因素中,持续时间是重要的参数之一。大量的研究证明,持续时间不同所引起的听觉损伤有显著差异,持续时间愈长,危害愈大^[1-4]。因此各国在制定脉冲噪声危险损伤标准时,都把持续时间作为重要参数^[5,6]。为了进行武器发射时脉冲噪声对听觉损伤的标准研究,有必要深入探讨不同持续时间下听觉损伤的规律。本研究在实验室条件下,观察了20、50、100、300、400和1000毫秒6种持续时间在不同压力峰值下豚鼠的听力变化,并试图通过实验找出持续时间和安全压力峰值之间的修正关系。

实验方法

(一) 脉冲噪声的模拟及测量

脉冲噪声的模拟 将方波发生器和白噪声发生器产生的方波与白噪声同时输入到一个非与门,再由非与门输出到JK—250功率放大器,最后由100瓦号筒扬声器发出脉冲噪声(见图1)。不同持续时间和重复率分别

由调节方波波宽和频率来实现。波形见图2。

脉冲噪声的测量 采用B/K—4136电容传声器、2209精密脉冲声级计测量,用线性峰值保持档读数,同时将信号从2209“AC”输出到记忆示波器测量持续时间,即方波的宽度(图3)。测量时,传声器位于相当动物的耳朵部位,声场不均匀度在1分贝以内。噪声以掠入射方向作用于传声器与动物外耳道口。

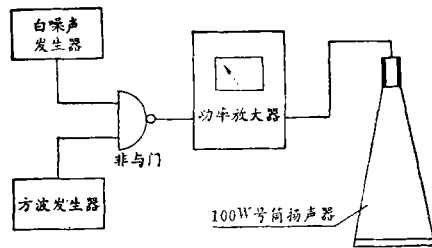


图1 脉冲噪声模拟示意图

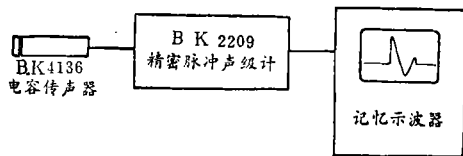
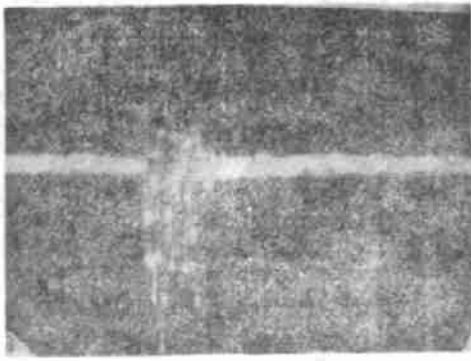


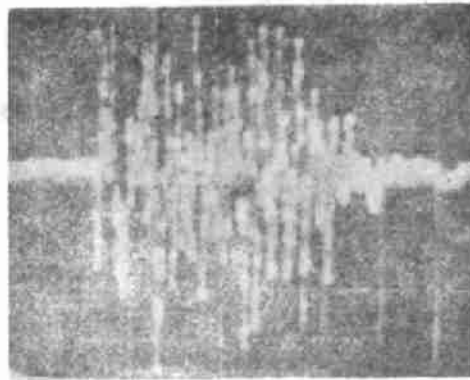
图3 脉冲噪声测量示意图

(二) 实验动物与步骤

本研究采用听力正常的白色雄性豚鼠做



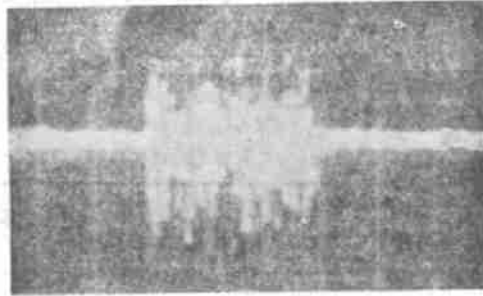
1. 20ms 2ms/div



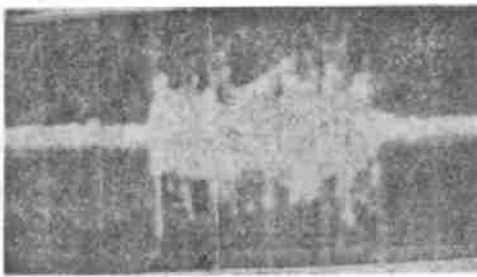
2. 50ms 10ms/div



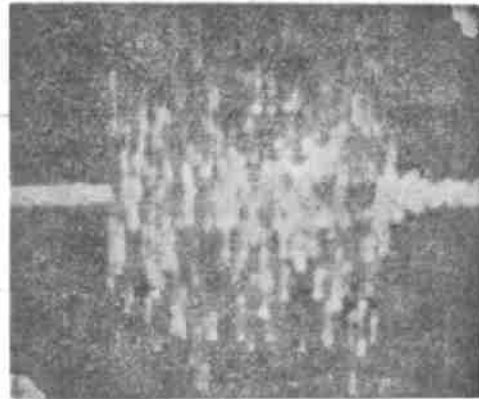
3. 100ms 20ms/div



4. 300ms 100ms/div



5. 400ms 100ms/div



6. 1000ms 200ms/div

图2 脉冲噪声波形图

为实验对象，体重平均 350 克，每组 10 只，暴露前检测耳廓反射筛选动物。各实验组动物均以间隔为 1 秒的重复率作用 2000 次。首先，动物在能引起致伤的较高的声压下暴露，随后以 2.0—2.5 分贝一档逐渐降低声压级，直至暴露后第三天的听阈偏移不超过 8 分贝为止，以这时的声压级作为豚鼠的安全压力

界线。

(三) 实验指标

采用耳廓反射和皮层听区短声诱发电位做为指标，暴露后 48 小时开始测定。同时测定一组正常动物做为对照。动物听觉伤情判断参考中国科学院上海生理研究所伤情的分类法。

实验结果

(一) 听阈偏移与持续时间、压力峰值之间的关系

表 1 表示 6 种持续时间在不同压力峰值下听力的变化及伤情。结果表明, 动物的伤情随着持续增长和压力峰值的增高而加重。图 4 表示听阈偏移与持续时间和压力峰值的关系。由图可看出, 当压力峰值为 145、150、155 分贝时, 持续时间每增至 2 倍, 听阈偏移约增加 3 分贝; 当持续时间在 50—400 毫秒之间时, 压力峰值每增加 5 分贝, 听阈偏移约增加 16—20 分贝。

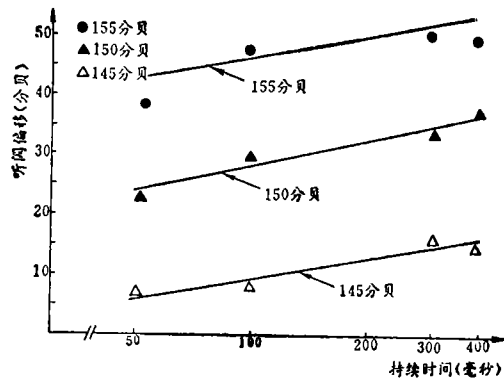


图 4 听阈偏移与持续时间、压力峰值之间的关系

表 1 各组动物听觉伤情及保护率

持续时间 (毫秒)	压力峰值 (分贝)	动物数量 (只)	耳廓反射阈偏移 (分贝)	皮层短声听阈偏移 (分贝)	伤情评定	保护率 (%)
20	148	10	0.9	13.4	微	100
	146	9	0.2	5.2	安全	
50	155	10	4.0	38.4	重	90
	150	9	1.7	23.4	中	
	147.5	10	1.7	18.8	轻	
	145	10	-0.9	6.1	安全	
100	155	10	8.2	47.4	重	90
	150	10	2.0	29.7	中	
	147.5	10	0.2	13.6	微	
	145	10	0.4	8.6	微	
	142.5	10	-1.4	4.5	安全	
300	155	10	8.6	50.1	重	94
	150	10	1.1	34.4	重	
	145	10	-0.2	16.3	轻	
	142.5	10	-1.3	9.1	微	
	140	9	-0.4	3.0	安全	
400	155	9	10.4	48.8	重	100
	150	10	1.1	36.7	重	
	145	10	1.3	15.0	轻	
	142.5	10	0.9	9.0	微	
	140	9	0.3	3.0	安全	
1000	140	10	1.6	20.0	轻	94
	138	9	0.1	5.6	安全	
	136	9	0	2.4	安全	

(二) 不同持续时间的安全压力峰值及其修正关系

持续时间为 20、50、100、300、400 和 1000 毫秒的安全压力峰值分别为 146、145、142.5、140、140 和 138 分贝 (见表 1)。各组保护率 (按耳数计算) 均在 90% 以上, 50、100 毫秒时, 为 90%; 300、1000 毫秒时为 94%; 20、400 毫秒时为 100%。在组伤情评定为安全的全部 112 只实验耳中, 轻伤 1 耳, 占 0.9%, 微伤 5 耳, 占 4.5%, 安全 106 耳, 占 94.6%。以上结果表明, 所得的不同持续时间下的安全压力峰值能对 90% 以上的动物耳朵起到保护作用。

对不同持续时间的安全压力峰值进行回归分析得出, 根据持续时间来估计安全压力峰值的计算公式:

$$P = 152.6 - 5 \lg T$$

式中 P——2000 发的安全压力峰值 (分贝)

T——持续时间 (毫秒)

从图 5 可以看出持续时间每增加或减少至 10 倍时, 豚鼠的安全压力峰值降低或增加 5 分贝。相关系数 $r = 0.99$, 显著性测验 $r > 1 - 0.01$, 相关非常显著。用上面关系式计算不同持续时间下的安全压力估计值, 与实验结果相差很小, 都在 1 分贝以内。因此持续时间增至 10 倍, 安全压力峰值减少 5 分贝的修正关系是符合客观变化规律的。

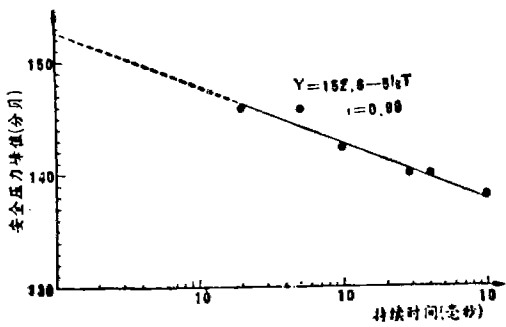


图5 200发安全压力曲线

讨 论

1. 有关脉冲噪声对听觉影响的研究,根据文献报导,脉冲源的产生,一般采用电火花的方法^[2,4,7]。用这种方法产生的脉冲噪声,声压级高,可与武器相较,但持续时间一般只在100微秒以内,远远短于武器发射时的持续时间,同时也无法控制。有的研究用武器作为脉冲源,虽然具有高的声压级和真实感之优点,但代价太大,一般条件下难以实现。本研究采用的模拟方法,持续时间10—1000毫秒均可任意控制。实际测量表明,武器发射时,在人员操作的岗位上,脉冲噪声的持续时间一般在10毫秒以上。因此,我们认为本研究的模拟方法不仅具有操作简便、经济代价小之优点,而且模拟的脉冲持续时间与武器发射的持续时间类似。

2. 从国外已颁布的人体脉冲噪声听觉损伤标准来看,根据持续时间不同,安全压力峰值的修正值有较大的差异。当持续时间在1毫秒以上时,增加或减少至10倍,CHABA^[8]和Coles^[5]标准规定安全压力峰值减少或增加6.5分贝,Forrest标准^[8]为9分贝,Pfander标准^[6]为10分贝,而我们的实验结果为5分贝。CHABA标准的持续时间在200微秒以上时安全压力曲线变平,其理由是考虑到镫骨肌反射性收缩对持续时间200毫秒以上脉冲噪声的保护作用。本实验发现,持续时间在200—1000毫秒之间,安全压力

峰值仍随持续增长而减低。因此,我们认为镫骨肌反射虽然能起到一定的保护效果,但作用是有限的,它不能完全抵消200毫秒以上脉冲噪声所引起安全压力峰值的变化。当然,对这个问题还缺乏充分的实验依据,有待今后进一步探讨。

3. 用本研究结果得出的推导公式计算,在作用2000次,持续时间为1、10、100、200、700、1000毫秒时,豚鼠的安全压力峰值分别为152.6、147.6、142.7、141、138.4、137.6分贝,与CHABA、Coles、Pfander和Forrest的结果相比,豚鼠的安全界线比他们提出的人体听觉保护标准都高些。

一些研究证明,脉冲噪声对人和豚鼠听觉器官的损伤规律是相似的,而且人的耐受力要比豚鼠强^[9,10]。同时也说明上述国外人体标准显得有些保守,确有必要进行修改。

结 论

1. 豚鼠的听阈偏移随持续增长、压力峰值的增高而加大。当压力峰值为145、150、155分贝时,持续时间在50—400毫秒之间,持续时间每增至2倍,听阈偏移约增加3分贝;压力峰值增加5分贝,听阈偏移约增加16—20分贝。

2. 当脉冲以间隔为1秒的重复率作用2000次,持续时间为20、50、100、300、400和1000毫秒时,豚鼠的安全压力峰值分别为146、145、142、140、140和138分贝,保护率均在90%以上。

3. 对6种不同持续时间,作用2000次的安全压力峰值进行回归分析得,持续时间每增加或减少至10倍,豚鼠的安全压力峰值减少或增加5分贝,其关系式为

$$P = 152.6 - 5 \lg T$$

式中 P——2000发的安全压力峰值(分贝);
T——持续时间(毫秒)。

参 考 文 献

- [1] Ward W. D.: «Studies in the aural reflex, III Reflex latency as inferred from indication of temporary threshold shift from impulses», J. A. S. A., Vol.34, pp.1132, (1963)
- [2] Coles R. R. A., and Rice C. G.: «High-intensity noise problems in the Royal Marines», J. Roy. Med. Serv., Vol. 51, pp.2, (1965)
- [3] Loeb M., and Fletcher J. L.: «Impulse duration and temporary threshold shift», J. A. S. A., Vol. 44, pp. 1524, (1968).
- [4] Fletcher J. L., and Loeb M.: «The effects of pulse duration on TTS produced by impulse noise», J. Aud. Res, Vol. 7, pp. 163, (1967)
- [5] Coles R. R. A., Garinther G. R., Hodge D. H., and Rice C. G.: «Hazardous exposure to impulse noise», J. A. S. A., Vol. 43, pp. 336, (1968)
- [6] Pfander F., Bongartz H., Brinkman H., and Kietz H.: «Danger of auditory impairment from impulse noise. A comparative study of the CHABA damage-risk criteria and those of the Federal Republic of Germany», J. A. S. A., Vol. 67, pp. 628, (1980)
- [7] Loeb M., Fletcher J. L., and Benson R. W.: «Some preliminary studies of temporary threshold shift with an arc-discharge impulse noise generator», J. A. S. A., Vol. 37, (1965)
- [8] Rice C. G. and Martin A. M.: «Impulse noise damage risk criteria», J. Sound and Vibration: Vol. 28, No.3, pp. 359, (1973)
- [9] 海军医学研究所第二研究室: «快速增压对人体和动物鼓膜和听力变化的初步观察», 海军医学研究所论文汇编第4辑, 42页, (1974年)
- [10] 冯俊明、梁之安: «动物试验在噪声控制研究中的应用», 第二届声学学术会议论文摘要, 173页, (1979年)

(上接第9页)

小和操作的快慢有关。由于这些不稳定因素存在, 还需要继续试验测定。为此, 目前的节油率以第二次为准, 初步肯定节油率为8%。

上海滚动轴承厂现有锻工柴油加热炉6台, 每年共耗油1000吨左右。若全部推广使用乳化油, 每年可节约轻柴油80吨, 如果1吨0号柴油按450元计价, 这样, 每年可收到3.6万元的经济效益。

八、结 束 语

通过半年多来使用乳化柴油的实际生产表明, 柴油掺水超声乳化技术不仅可推广应用于柴油机, 而且也可以推广到柴油加热炉和窑炉等, 其结果如下:

1. 锻工加热炉烧乳化油后, 经过多次鉴定肯定对于工件的内在质量没有影响。
2. 锻工加热炉烧乳化油, 废气中的NO₂含量有明显的降低, NO下降62.5%, SO₂下降28.6%。

SO₂含量有明显的降低, NO下降62.5%, SO₂下降28.6%。

3. 锻工加热炉烧乳化油, 在掺水量为20%的情况下, 平均节油率为8%左右。

4. 柴油掺水是一项新的燃烧技术, 对于燃烧乳化油能节油的机理分析, 目前国内外提出了各种不同的观点来进行解释, 而多数倾向于“微爆”理论。这项工作还有待于今后继续深入探讨。

本项研究工作是在张必升工程师领导下进行的。参加人员还有中国科学院东海研究站俞明德、邹铁辉、彭金宝; 中国科学院声学研究所八室史国宝、颜世彪等同志。

参 考 文 献

- [1] 上海海运局, 上海船舶运输科学研究所编译, «超声波与燃油掺水»(译文集), 上海科学技术情报研究所出版, P5~15。
- [2] Brown, B. and Goodman, J. E. «High-Intensity Ultrasonics», Published in U. S. A by D. Van Nostrand Company Inc., (1965). P66.