

噪声对人的安全行为的影响模拟试验研究

游波^{1,2*}, 汤潇³, 施式亮¹, 刘何清¹, 李润求¹, 罗文柯¹

- (1. 湖南科技大学 资源环境与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201;
2. 湖南科技大学 煤矿安全开采技术湖南省重点实验室, 湖南 湘潭 411201;
3. 广西师范大学 经济管理学院, 广西 桂林 541004)

摘要:为探明噪声环境对人体安全行为的影响规律,依据人体生理与心理的特征选取4个人体安全行为的综合评价指标,基于受限空间噪声环境模拟实验装备,物理模拟仿真高频噪声环境,开展噪声对人的安全行为各个评价指标影响的探索性模拟试验.利用噪声模拟试验所得的结果数据构建了多元线性回归预测模型,对人体安全行为评价指标与噪声环境之间的关系进行了准确的定量分析.实验表明:高频噪声对人的疲劳度、注意力和反应速度的影响较大,而记忆力的影响则较小,并确定了相关的影响程度的预测模型.试验结果对制定相关职业安全健康行业噪声标准和改善恶劣作业环境提供了科研根据.

关键词:噪声;安全行为;环境模拟;多元线性回归;职业健康

中图分类号:X966 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2017)04-0014-06

Simulated Experimental Study of Noise over Human Safety Behavior

You Bo^{1,2}, Tang Xiao³, Shi Shiliang¹, Liu Heqing^{1,2}, Li Runqiu¹, Luo Wenke¹

- (1. School of Resources, Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;
2. Hunan Key Lab of Coal Safety Mining Technique, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;
3. College of Economics and Management, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

Abstract: In order to explore the influence of noise on human safety behavior, four comprehensive evaluation indexes of safety behavior are selected according to the response characteristics of human behavior. Based on the simulated experimental platform of the confined space's noise environment, and the simulated physics and the controllable noise environment in the confined space, this paper also makes the exploratory experiment to discuss the laws that the confined space's noise influences over human safety behavior. In addition, it uses the experimental results mentioned above to build the prediction model of multiple linear regressions and quantitatively analyzes the relation between the safety behavior response index of human being and the noise environment. The experiment shows that the high frequency noise has great influence over the fatigue, attention and reaction rate, and the effect of the memory is small. The prediction model of the influence degree is determined. The prediction model that defines the degrees of relevant influence has provided scientific grounds for formulating the industry standards of occupational health and improving the poor working environment.

Keywords: noise; safety behavior; environmental simulation; multiple linear regression; occupational health

企业生产过程中使用的各种机械设备在运行过程中不可避免的都会产生不同强度和不同频率的噪声^[1].噪声对人体危害的研究经历了漫长的过程,最初是听力危害,再到非听力的生理危害,最后演化到对

收稿日期:2017-03-08

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51704110;51774135;51474105);湖南省教育厅科研一般资助项目(15C0553);湖南省自然科学基金项目(14JJ6034)

*通信作者, E-mail:494907336@qq.com

人非生理的心理影响^[2-4]。人若长时间暴露在噪声环境下,易造成人员疲劳,注意力不集中,反应时间延长,进而导致人员操作时失误率上升,人出现不安全行为的概率增大,从而威胁安全生产^[5-8]。

国内外研究学者在噪声对人的安全行为的影响方面进行了相关研究。Smish Stansfeld^[9]通过对生活在高水平飞机噪声区的居民的调查研究表明,其日常错误(包括注意力,记忆力和行动的失误)要比生活在低噪或无噪地区的人更频繁地出现。Belojevic^[10]在房间里开展了噪声环境下对邮政信件进行分拣的实验,结果显示扬声器发出的噪声水平与试验者分类错误的数量之间有着显著的正相关性,这说明噪声的确会使人犯错。王春雪等^[11,12]通过研究发现噪声对人体安全注意力存在一定的影响,并发现了其影响规律;俞国良等^[13]指出,在95 dB噪声的工厂环境中作业的工人,比在80 dB环境下作业工人的事故量要高出20倍左右。为探索噪声对作业人员的安全行为的影响规律,在基于受限空间噪声环境模拟系统的实验研究平台上,模拟仿真出各种强度的噪声环境,选取人体安全行为响应评价指标开展模拟试验,构建相关数学模型来预测分析噪声对人的安全行为影响的定量关系,并对预测结果进行具体分析,为保障员工的职业健康提供一定的参考价值。

1 噪声环境模拟试验装备构建

噪声环境模拟试验装备是参照室内工业场所的相关噪声标准,设计成封闭式的机械不锈钢舱体,结构坚固;并且采用军工潜艇舱门密封技术,使其密封可靠,能有效与外界隔声;舱门能内外灵活开启,便于人员进出。试验舱分为试验区、操作区和隔离区3部分,密闭试验空间内的噪声环境模拟参数能被自由调节和控制,受试人员的安全行为评价指标参数能通过特定的软件测试出来,传输到操作平台上。

噪声对人的安全行为的影响模拟试验系统主要由噪声调节系统、心理参数测试系统和通讯操作系统组成。噪音的调节范围为0~140 dB,由于系统舱具有隔音功能,因此能在密闭的空间内形成稳定的噪声值。安全行为选取人体疲劳度、记忆力、注意力与反应速度作为定量评价指标,并在专门的电脑软件上进行测试分析。噪声环境模拟实验装备如图1。



图1 噪声环境模拟实验装备

2 噪声对人的安全行为的影响模拟试验设计

2.1 人的安全行为评价指标

噪声环境中不仅对人的生理产生危害,而且还会影响人的心理活动,对人体的安全行为造成影响^[14-17]。当人在噪声环境下作业时,人的安全行为会随着工作时间的增长而发生一系列的变化,并且会随着噪声环境恶劣程度的不同而呈现不同的变化。而人体的安全行为属于定性的主观感受,所以应当根据安全行为特征选取合适的指标,来定量分析噪声环境对人体的影响规律。

1) 疲劳度:人体在劳动过程中体力出现降低的特征称为疲劳。疲劳的直观特点是生理反应。人体产生疲劳时,劳动能力衰减,劳动质量也相应下降。本试验中采用的是国际上统一规范的疲劳度调查问卷法对疲劳度进行测量。

2) 注意力:指对特定事物的有意识的专注反应。在一定时间内,人对外部刺激进行的反馈能力是有限的,只有锁定了特定的注意事物,才能在有限的的能力内进行有效的关注。值得注意的是,注意力持续性不稳,对特定事物的注意集中时间不会太长,一般对一特定的没有变化的事物注意主体所产生的清晰明确的注意意识最多只有几秒钟。

3) 记忆力:记忆能力的强弱不仅仅与人的智力有关,还与其他很多主观或客观因素相联系,包括个人兴趣、自信心程度、情绪稳定程度等等。好的记忆力可以帮助人准确、高效地获取各种信息,增强自身学习知识的能力。

4) 反应时间:人收到刺激后具有一个响应过程,该过程包括接受刺激信号,经传入神经将信号传至大

脑神经中枢,待其对信息进行识别处理之后,再由传出神经将信号指令传到运动感受器官,感受器官接受刺激后就产生了一定的反应,这就是反应的具体实现过程.

各项人体安全行为评价指标的测试软件界面如图 2~图 4.

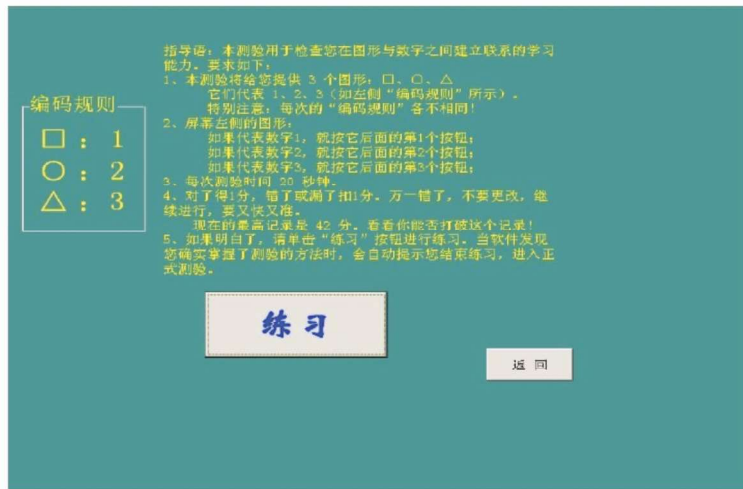


图 2 注意力测试界面

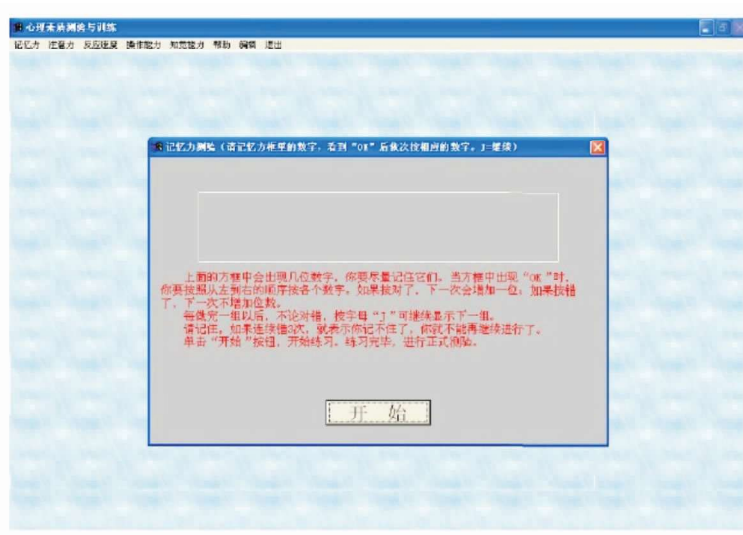


图 3 记忆力测试界面

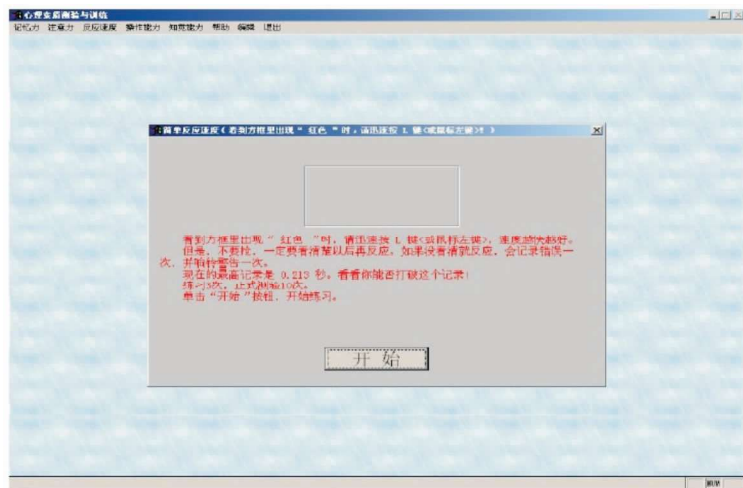


图 4 反应速度测试界面

2.2 试验过程

2.2.1 试验条件

在噪声环境模拟实验系统舱内进行噪声模拟实验,根据工业噪声特点,将试验中噪声环境划分为5个等级:55,65,75,85,95 dB,频率为100~200 Hz可听工业白噪声.本研究只是针对噪声单因素影响,因此将其他各气候条件设置在正常范围之内,以免造成复合影响,将环境舱内的温度设置在20℃左右,湿度为50%左右,风速0.25 m/s左右.

2.2.2 试验样本

为了避免实验人员个人因素对样本结构产生显著的影响,在选择实验样本时应综合考虑年龄、体质等因素.根据此实验样本的要求,本研究在不同年龄段随机选取了30名某工厂作业人员来进行实验测试.

2.2.3 试验步骤

1)在试验测试之前,先在环境舱内调制好相应的气候环境条件,所有的仪器都调制在运行良好状态,并让试验人员做好预先准备活动.

2)在实验前,30名被测试的自愿者应心理平静,不疲劳,不紧张,未服用任何药物,并进行相关医学伦理培训,让其了解实验流程与应急措施.

3)正式实验应保证除了喇叭所播放的高频噪声外,没有其他强烈的干扰噪声.在完成上述初始数据测量后,调整噪声为55 dB,让每位测试者都在该噪声环境下适应10 min;适应期结束后进行疲劳度调查问卷测试,完成疲劳度指标的测试;疲劳度测试结束之后,立马在相关专业软件上对各项安全行为评价指标的进行测试;待各项测试完成之后,当场休息2~3 min,然后设置好下一组噪声级别环境中,重复上述试验步骤.

3 试验结果与分析

3.1 试验数据

通过噪声对人的安全行为的影响模拟实验,可以得到30名试验对象在5种不同级别的噪声环境下,4种安全行为评价指标随不同噪声的变化值.

为减少实验误差和利于数据回归分析,我们对30组试验数据取平均值,由此可得各噪声值下对应的因变量指标值.各试验数据的平均值如表1.

表1 实验数据

噪声/dB	疲劳度/min	注意力/min	记忆力/min	反应时间/s
55	1.8(不疲劳)	67.0	10.0	0.36
65	2.4(不疲劳)	63.2	9.8	0.40
75	5.6(不疲劳)	59.4	9.4	0.42
85	8.2(轻度疲劳)	58.2	8.6	0.43
95	12.6(中度疲劳)	54.4	8.0	0.45

3.2 试验结果分析

通过噪声对人的安全行为的影响模拟试验,预先选取的4项人的安全行为评价指标值会随噪声强度不同而呈对应的变化规律.若以人的安全行为评价指标值为因变量,噪声值为自变量,则两者之间的变化规律曲线见图5~图8.

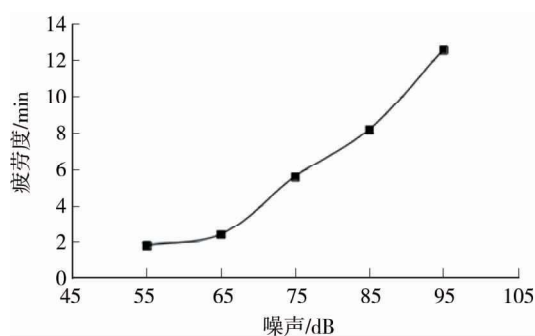


图5 各噪声环境下对人体疲劳度的影响模拟曲线

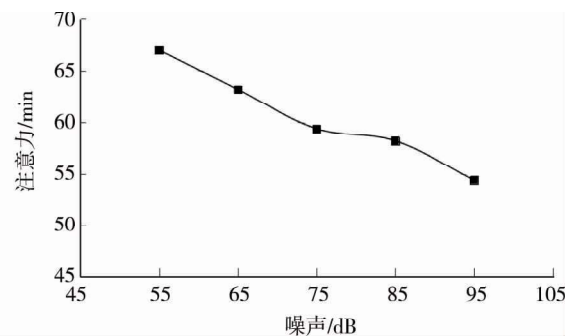


图6 各噪声环境下对人注意力的影响模拟曲线

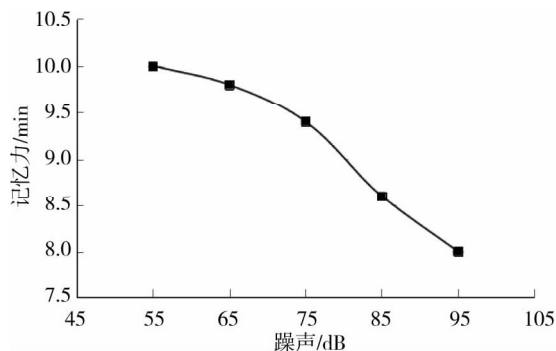


图7 各噪声环境下对人记忆力的影响模拟曲线

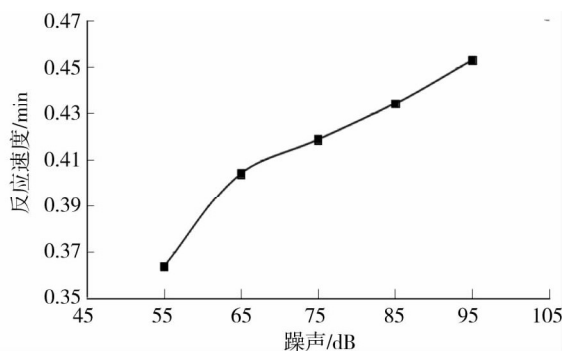


图8 各噪声环境下对人反应时间的影响模拟曲线

随着试验噪声强度的不断增大,人疲劳度越来越明显,注意力越难集中或集中的时间变短,记忆力减弱,反应时间延长.并且由试验数据和图像可以看出,疲劳度、注意力和反应时间受噪声的影响程度较大,记忆力受噪声的影响程度则相对较小.

根据模拟试验中各人体安全行为评价指标与噪声之间的数学关系,建立多元线性回归模型,对其进行更精确的定量分析.以噪声为自变量,安全行为评价指标为因变量来进行多元线性回归预测分析.其多元线性回归预测方程如下:

$$\text{疲劳度} = 0.274x - 14.43, R^2 = 0.949; \quad (1)$$

$$\text{注意力} = -0.302x + 83.09, R^2 = 0.978; \quad (2)$$

$$\text{记忆力} = -0.052x + 13.06, R^2 = 0.955; \quad (3)$$

$$\text{反应时间} = 0.00209x + 0.258, R^2 = 0.952. \quad (4)$$

式中: x 为噪声强度; R^2 为相关系数,表示模拟的密切程度.

多元回归分析方程可以准确反映人的安全行为各评价指标和环境噪声之间的数学关系,4个指标都呈很好的一次线性关系.相关的变量系数即表示各指标值随噪声强度的变化而变化的速率大小,正系数表示成正比关系,负系数表示成负关系.因此由回归结果可以得到,疲劳度、注意力和反应时间都是随着噪声强度增大呈增加趋势,而记忆力则呈降低趋势.根据预测方程与变化曲线可知,记忆力和反应时间变量的权重系数小,但又由于反应时间的基础数值小,则其变化率大,综合起来考虑,反应时间变化依旧较大,故只有记忆力的变化相对较弱.由此可知,噪声对疲劳度、注意力和反应时间的影响相关性较强,而对记忆力的影响相关性则较弱.

4 结论

1)随着噪声强度的不断增大,人体更容易出现疲劳症状;记忆力下降,注意力分散;反应时间延长,反应变迟钝.在影响程度方面,人疲劳程度、注意力和反应时间受噪声的影响作用较明显,而记忆力的变化则不明显.

2)噪声对人的安全行为影响机理可简单表述:噪声通过影响人的疲劳状况、注意力、记忆力和反应速度,进而影响人作业时的信息接收效率或作业心态,致使作业者在进行信息处理时出现偏差或影响作业者的工作积极性,最后导致错误操作,同时反应时间延迟,出现安全行为,增加事故率.

3)人的安全行为影响因素较多,应综合起来做进一步的研究和探讨,而噪声和人的安全行为评价指标的选取、测试可进一步完善和改进.

参考文献:

- [1] 魏志勇. 工业噪声与振动控制技术[M]. 北京: 中国劳动出版社, 2014.
- [2] 游波, 吴超, 王敏. 深井受限空间高温环境影响模拟试验研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2013, 9(11): 30-36.

- [3] Wu C, You B, Li Z J, et al. Development of an artificial intelligence system for simulating working environment of deep underground mines [C]//International Conference on Industrial Engineering and Management, China. Shanghai: 2013, 9: 43-50.
- [4] 韩厉萍, 吴兴裕. 噪声对人思维能力的影响[J]. 航天医学与医学工程, 1999, 12(1): 28-31.
- [5] 李舒梅, 钟显青. 环境噪声对中学生大脑工作能力影响的探讨[J]. 环境与健康杂志, 1993(3): 117-118.
- [6] 程根银, 陈绍杰, 齐金龙, 等. 煤矿井下噪声对人的不安全行为影响分析研究[J]. 华北科技学院学报, 2014(1): 89-93.
- [7] 韩涛. 噪声类型和噪声敏感性对大学生工作记忆及噪声烦躁的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2015.
- [8] 邢世录. 环境噪声控制工程[M]. 北京: 北京大学出版社, 2013: 6-20.
- [9] Smith A S. Aircraft noise exposure, noise sensitivity and everyday errors[J]. Environ Behave, 1986(18): 214-226.
- [10] Belojević G, Öhrström E, Rylander R. Effects of noise on mental performance with regard to subjective noise sensitivity [J]. International Archives of Occupational & Environmental Health, 1992, 64(4): 293-301.
- [11] 王春雪, 吕淑然. 噪声对安全注意力影响实验研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2016, 12(3): 34-41.
- [12] 王春雪, 吕淑然. 噪声对建筑施工人员作业疲劳影响实验研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2015, 11(11): 156-160.
- [13] 俞国良. 环境心理学[M]. 人民教育出版社, 2000.
- [14] 胡琳琳. 噪声对人体健康影响的分析[J]. 污染防治技术, 2009(1): 25-27.
- [15] 赵泓超. 基于生理-心理测量的矿工不安全行为实验研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2012.
- [16] 孟清. 煤矿员工安全心理行为分析[J]. 矿业安全与环保, 2003, 30(1): 231-231.
- [17] Wu T C, Chen C H, Li C C. A correlation among safety leadership, safety climate and safety performance [J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2008, 21(3): 307-318.