



噪声长期作用对脑电图功率谱的影响

铁道部劳动卫生研究所 宋子中
中国科学院心理研究所 封根泉

一、前言

噪声对人体的影响是复杂的而且是多方面的。如所周知，它除直接损害听觉器官引起噪声性耳聋之外，还产生所谓噪声对“非听觉”的影响，这主要表现在心血管系统和神经系统等方面。大量的调查研究业已证明，人们长期处于高噪声的环境下，最常见的表现之一是出现神衰症候群^[1~3]。为了观察噪声对中枢神经系统的影响，有些学者曾经对噪声作用后脑电图的变化进行过实验研究，但是由于各个试验中噪声的性质和作用方式不同，或者因为对脑电图的分析方法不同，因而取得的实验结果也有所差异^[4,5]。我们为了进一步探索噪声对中枢神经系统的影响，对受噪声长期作用后工人的脑电图，使用电子计算机进行分析处理。并且进一步观察工人的主诉症状与脑电图变化的内在联系，这对于揭示噪声的“非听觉”影响也许会有帮助。同时希望通过这项工作，能为制订噪声标准提供参考数据。

二、对象和方法

1. 受检者：在某稳态噪声工厂中4个不同声级强度的车间里，随机选择工龄10年以上的39名工人作为检查对象。他们经五官科检诊双耳均无任何疾患，过去也无接触强噪声和爆震等历史。平日劳动强度属于轻度至中等度。所接触噪声强度和受检者的详细情况为：

75分贝(A)：8人(男6，女2)，年龄31~49岁，平均43.6岁。工龄12~28年，平均20.8年。

85分贝(A)：10人(男9，女1)，年龄25~50岁，平均22.9岁。工龄6~36年，平均22.9年。

90分贝(A)：12人(男9，女3)，年龄30~48岁，平均41.2岁。工龄11~33年，平均23.3年。

95分贝(A)：9人(男5，女4)，年龄31~46岁，平均35.1岁。工龄13~30年，平均17.8年。

95分贝(A)组中有6名受检者进行了两次试

验，其中1次在工作期间用耳塞防护以减少噪声的影响(以下称防护组)。

2. 脑电图记录：每一名受检者当天工作7小时，于上班前半小时和下班后半小时先后记录两次脑电图。记录时受检者在屏蔽室内闭目、安静、坐姿。记录仪器用意大利E₈型携带式脑电图仪。用墨水笔记录的同时在示波器的监视下，用日本TE-AC8导磁带记录器记录信号。引导电极采取左右枕部(O₁, O₂)单极导联。每次先记录3分钟自发脑电图，接着用1次/秒的闪光刺激，记录2分钟闪光诱发脑电图(以下简称诱发脑电图)。同时令受检者默诵闪光次数，使形成一定的思维活动。

3. 脑电图信号处理和数据取用：把记录在磁带上的每一个受检者的脑电图信号，输入日本三荣厂生产的7T08医用数据处理机，分别进行自发和诱发脑电图的自功率谱密度函数的分析，并用x-y记录仪把处理结果的图形记录下来，同时在荧光屏上读出各个主要数据值。采用程序系统是功率谱NO:27。计算机的各项参数为：采样时间5毫秒，取样25段，采样总长度125秒，分辨率0.159赫，增益K=4。在每一个人的自功率谱中，把 α 频段内功率最大的频率称为“主频率”，在这个频率上的幅值(相对值)叫作“主频率功率”。当出现两个或两个以上的高峰时则求最高两个峰的平均值。如果 α 频段内无明显峰可见，这样的材料不作统计。此外，为了观察接触噪声后所产生的不良影响，还对每一个受检者详细地进行了主诉症状的询问，项目有耳鸣、耳聋、耳痛、头痛、头昏、眩晕、失眠、多梦、乏力、记忆力减退、心悸、恶心、肢体麻木等13项，分别填表后进行统计分析，并与脑电图的结果进行对照。

三、结果

在实际分析过程中对左枕和右枕的脑电图，分别进行了自功率谱的分析。但在整理资料时，发现

左枕的自功率谱比右枕的自功率谱变化更为显著，因而下面仅对左枕一侧的记录进行分析讨论。

1. 各个不同噪声强度组工前和工后脑电图的变化情况，见表1和图1。

工前自发和诱发脑电图的主频率功率各个噪声强度之间F检验 $P < 0.05$ 。

从表中可以看到，自发和诱发脑电图的左枕主频率在75分贝(A)时稍快，85分贝(A)以上时稍慢但各个声级组之间差异并不大，而且工后与工前相比，也较为稳定。可是，左枕主频率功率在各个不同噪声强度之间进行比较，却明显地显示出随着噪声声级升高，其功率也增大的相应关系，尤其是工前的主频率功率改变更显著，不论是自发还是诱发

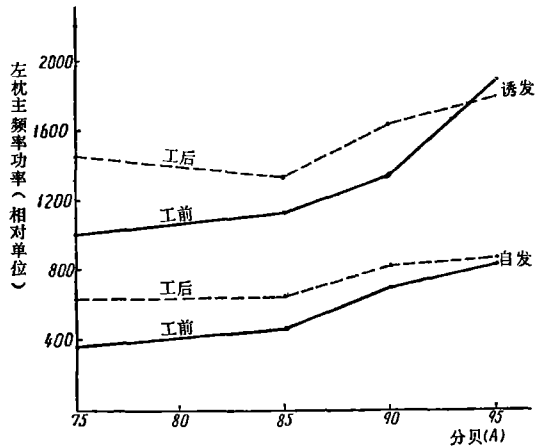


图1 噪声强度与左枕主频率功率的关系

噪声强度与左枕主频率及主频率功率之关系

表1

噪声强度组分贝 (A)	工 前				工 后			
	自发脑电图		诱发脑电图		自发脑电图		诱发脑电图	
	主频率 (赫)	主频率* 功率	主频率 (赫)	主频率* 功率	主频率 (赫)	主频率* 功率	主频率 (赫)	主频率* 功率
75	11.15	375	11.36	1004	11.04	643	11.57	1450
85	10.05	463	10.41	1132	9.85	650	10.18	1332
90	10.27	701	10.44	1343	10.32	830	10.86	1623
95	10.35	830	10.44	1887	10.44	861	10.54	1793
95 (防)	—	—	—	—	10.24	1079	10.54	1929

* 相对单位: 941 = 50微伏

脑电图，在各个噪声强度之间都有显著性差异 (F检验, $P < 0.05$)。同时还可以看到，在各个噪声强度下，诱发脑电图的主频率功率都大于自发脑电图的主频率功率，而且工后值也都大于工前值。此外，佩戴耳塞防护后，反而见到自发和诱发脑电图的主频率功率有增大的现象。从图1的曲线情况来看，除了明显可见上述的主频率功率为诱发大于自发脑电图，工后大于工前之外；还可看出自发和诱发脑电图的两条工前曲线以及两条工后曲线，各自

之间基本呈现平行关系。并且这四条曲线有一个共同趋势，略为表现出一个分界，即当噪声强度达到85分贝(A)以上时，各曲线的陡度增大，其中诱发脑电图在90分贝(A)以上其陡度则更大。而且75、85分贝(A)两组数值及90、95分贝(A)两组数值都相对地较为接近。这就说明噪声90分贝(A)以上对神经系统的影响比90分贝(A)以下要大得多。

2. 左枕主频率功率与主诉症状数之间的关系，见表2和表3。

主诉症状数与自发脑电图左枕主频率功率的关系

表2

主诉症状数	工 前			工 后		
	受检者 人数	主频率功率*大于1100的出现率		受检者 人数	主频率功率*大于1100的出现率	
		人 数	%		人 数	%
≤ 2	14	0	0	13	0	0
3 ~ 4	14	2	14.2	12	1	8.3
≥ 5	11	5	45.4	7	4	57.1
合 计	39	7	17.9	32	5	15.6

注: 工前和工后主诉症状数之间 χ^2 检验差异显著 ($P < 0.05$)

* 相对单位: 941 = 50微伏

主诉症状数与诱发脑电图左枕主频率功率的关系

表 3

主诉症状数	工 前			工 后		
	受检者	主频率功率*大于1000的出现率		受检者	主频率功率*大于1400的出现率	
	人 数	人 数	%	人 数	人 数	%
≤ 2	13	5	38	11	2	18
≥ 3	24	18	75	22	13	59
合 计	37	23	62	33	15	45

注：工前和工后主诉症状数之间 χ^2 检验差异显著 ($P < 0.05$)。

* 相对单位, 941 = 50微伏。

由表 2 的自发脑电图可以看出, 无论工前或工后, 主诉症状数少于 (和等于) 2 个的受检者, 无 1 人出现左枕主频率功率大于 1100, 而主诉症状数多于 5 个 (包括 5 个) 的受检者, 其左枕主频率功率大于 1100 的人数则较多, 工前占 45.4%, 工后占 57.1%。从表 3 的诱发脑电图来看, 工前左枕主频率功率大于 1000, 工后大于 1400 时, 主诉症状数少于 (和等于) 2 个的人数与多于 3 个 (包括 3 个) 的人数百分率有显著性差异, 亦即凡出现 3 个以上主诉症状者, 多数人的左枕主频率功率升高至 1000 (工前) 和 1400 (工后) 以上。因而说明噪声对中枢神经系统的影响越大, 主诉症状数越多, 左枕脑电图的主频率功率也就越高。

四、讨论

1. 关于噪声对脑电图的影响, 斋藤和雄^[4]曾实验观察到 90 分贝白噪声作用 10 分钟后, 安静时的 α 脑波减少, 在 6 ~ 7 赫的 θ 波处出现峰值。Favino^[5]研究了噪声同时对 ACTH 和脑电图影响的变化, 发现 92 分贝(A)连续噪声和间断噪声作用 140 分钟后, 血液中 ACTH 升高, 同时脑电图 α 节律增多电压增高。他们所得的结果有些不同, 但是这些结果是用肉眼分析得到的。我们这次采用电子计算机分析方法, 分别对接触噪声前、后的脑电图进行分析。结果表明, 左枕脑电图的主频率在各个不同噪声强度作用后基本上变化不大, 保持相对的稳定状态。而随噪声影响发生变化的主要是主频率的功率 (幅值)。可以看到不管是自发脑电图或是诱发脑电图, 其左枕主频率功率都随着噪声强度的升高而增大, 表现出明显的对应关系; 而且它与噪声长期作用后产生的主诉症状数有着密切的关系, 症状数越多, 其功率也就越大。因而左枕主频率功率的大小, 能够反应噪声对中枢神经系统影响的强弱和主诉症状的多少。

2. 本文结果中观察到的工前自发和诱发脑电图的左枕主频率功率, 与噪声强度存在明显的对应关系, 而且各个声级之间有显著性差异, 这种变化可以认为是由于受到噪声的长期不良影响逐步累积的慢性效应。因为工后的左枕主频率功率之变化, 虽没有达到显著差异的程度, 但也已出现随噪声强度升高功率增大的趋势。并且在我们的另一次实验中也可以得到证明: 我们选择没有接触过强噪声, 听力完全正常的 5 名健康青年人 (平均年龄 19.2 岁), 在恒温实验室内分别接触等效连续 A 声级为 75, 80, 85, 90 分贝噪声 2 小时, 同样地记录每人的自发和诱发脑电图, 也进行同样的功率谱分析, 所得结果显示 2 小时噪声作用后, 左枕主频率功率的改变, 也出现同样的趋势。所以这种慢性累积性效应存在于工人上班以前, 说明暂时性改变可能转变为持久性的了, 这一点与长期噪声作用后的神经症候群也许有一定的关系。

3. 诱发脑电图的主频率功率大于自发脑电图的主频率功率以及工后的主频率功率大于工前的主频率功率, 这种变化可能与大脑皮层的兴奋性升高有一定关系。曾经有人观察到, 由于大脑皮层的兴奋, 使得皮层放电的神经原数目增多, 放电频率也增大, 整个说来使得脑电位的能量就增加了^[6]。在脑电图检查时施以闪光刺激, 让受检者产生视觉感受, 引起枕部视觉区域的皮层兴奋, 又加上令其默诵闪光次数的思维活动, 所以在记录诱发脑电图时, 大脑皮层的兴奋性要比自发脑电图升高。同样道理, 作为音响刺激的噪声, 被听觉器官感受, 引起听神经的兴奋冲动传达到大脑, 也使皮层的兴奋性升高, 因此可看到在工后出现主频率功率增大的现象。根据这种理论的解释, 在我们的结果中就出现一个疑点, 我们愿意把它提出来和同行进行讨论。在表 1 中可以看到, 佩戴耳塞防护的一组 (6 名) 工

人,无疑是减少了噪声的不良影响,但是自发和诱发脑电图的左枕主频率功率,反而比不戴耳塞时升高。显然,这里可能还有别的影响因素存在,有待进一步探索。

4. 根据图1所提供的曲线变化情况,可以明显地看出噪声强度超过90分贝(A)以上,左枕主频率功率也出现急剧的变化。这种变化最终将会导致什么后果,目前尚无法预计。不过主频率功率大,则主诉症状数也多,似有一定的内在联系。因此,在制订噪声标准中,对脑电图的研究,可以考虑作为一项重要指标。

五、小结

1. 对75, 85, 90, 95分贝(A)稳态噪声下工作十年以上的39名工人,进行了工前和工后、自发和诱发脑电图的检查,用电子计算机进行了自功率谱密度函数的分析。

2. 工前左枕主频率功率(相对值)与噪声强度有明显的对应关系,随着声级升高而左枕主频率功率增大,各个声级之间有显著性差异(F检验, $P < 0.05$)。

3. 工人的主诉症状数与左枕主频率功率有一定关系,主诉症状数愈多功率也愈大,说明左枕主频率功率可以在一定程度上反映大脑的功能状态。

4. 诱发脑电图与自发脑电图、工后与工前的左枕主频率功率之差异,可能与大脑皮层的兴奋性有关。在不同噪声强度时左枕主频率功率的改变,考虑是噪声长期作用的慢性累积效应。

5. 当噪声强度超过90分贝(A)时,左枕主频率功率出现急剧升高的现象,因此本结果可供制订工业噪声标准之参考。

参考文献

- [1] 北京工业噪声标准研究协作组:接触噪声工人的主观听觉和神经系统损伤情况调查报告(内部资料) 1977
- [2] Miller JD: Effects of Noise on people. J Acoust Soc Am 56(3): 729, 1974
- [3] 张家志:噪声对人体影响的研究现状与动态. 国外医学参考资料卫生学分册(1): 4, 1979
- [4] 斋藤和雄:騒音の生理学的评价に関する研究. 日公卫志11(5): 445, 1964
- [5] A Favino: ACTH and Corticoids Levels in Plasma with Contemporaneous E-EG change during Noise in man. Med Lavoro66(2): 109, 1975
- [6] 北京市神经外科研究所电生理室:临床脑电图学讲义(内部) 1974

扫气泵进排气口消声器

成都机车车辆工厂 崔景孝 于宪英

扫气泵(又称换气泵),是东风1、2、3型内燃机车101207柴油机的重要部件,主要功能是扫除气缸内的废气送入新鲜空气。我厂对扫气泵大修后,要对扫气泵进行磨合试验,及其性能试验。扫气泵主要试验参数:进气管径为500毫米;排气管径350毫米;风量185米³/分;转速1751转;送气压力200毫米汞柱;吸气真空度600至700毫米水柱。

图1中的 L_1 是实测的扫气泵单机试验时噪声频谱特性, L_2 是改善后扫气泵进排气口消声器的噪声频谱特性曲线,显示消声性能良好。从未改善前频谱中可以看出,噪声高达113.5分贝(A),频带宽63, 125, 250, 500, 1000赫均超过国家标准,其特点是:声级高,频带宽、低频突出,传布距离远,影响范围大。不仅危害操作工人的健康,

而且严重干扰在周围环境中工作人员的正常工作。试验进行时,距扫气泵进排气口35米处的厂部办公楼前的噪声仍高达90分贝(A),办公楼内各科室的人员深受其害,人们感到头晕、头胀,生产科难以用电话调度全厂生产,长途电话联系被迫中断。不仅如此,噪声的危害超越了工厂,影响工厂附近职工、居民的睡眠和休息,反映十分强烈。成为我厂自68年转产内燃机车修理以来的老大难问题。

为了有效地控制扫气泵噪声的危害,在资阳内燃机车制造厂的帮助下,用丹麦B&K 2112声频频谱仪,B&K 2305记录仪对扫气泵试验台位进行了现场测定,对扫气泵试验时发出的噪声进行了全面的分析:扫气泵是由225千瓦电机带动,电机产生电磁性噪声;扫气泵传动齿轮发出的机械噪声;扫气泵进气口和排气口发出的空气动力性噪声。这三