文章编号:1000-5404(2013)03-0189-04

论著

坦克行驶训练时舱室内主要有害因素的测量与分析

赵晓龙[1],李代波[1],孙 磊[1],王 涛[2],陶成玉[3],王洪飞[4],韩 飞[1],杨 桓[1],刘文斌[1],崔志鸿[1],刘晋祎[1],曹 佳[1]
(400038 重庆,第三军医大学:军事预防医学院毒理学研究所[1],西南医院急救部[2];233010 安徽 蚌埠,解放军装甲兵学院:教练团卫生队[3],门诊部[4])

[摘要] **目的** 了解我军某型坦克训练时舱室内的主要有害因素的特点和规律。**方法** 选择3辆某型坦克在沙土起伏的路面上以20 km/h的速度行进60 min。实时监测坦克行驶过程中主要气体的浓度,如氧气(O_2)、硫化氢(H_2S)、一氧化碳(CO)、氰化氢(HCN)、氯气(Cl_2)、二氧化碳(CO_2)、二氧化硫(SO_2)、氨气(NH_3)、二氧化氮(NO_2)、可燃性气体(以CH_4表示)以及总挥发性有机化合物(TVOC);采集坦克行驶0、20、40、60 min 4个时间点时舱室内的空气样本,采用GC/MS对空气样本中挥发性有机气体进行定性和定量分析;实时监测坦克内粉尘浓度、噪声强度,检测不同状态下坦克舱室内的电磁辐射强度。**结果** 坦克行驶时舱室内被检出CO_2、NH_3、NO_2和TVOC,且其浓度随着坦克行驶时间的延长而显著增加($P<0.05$,$P<0.01$)。坦克行驶过程中4个时间点检测出的挥发性有机气体分别有122、122、155、154种,同时检出的气体有66种,主要为烷烃类及苯系物,其中苯系物的浓度随着坦克行驶时间的延长而增加($P<0.05$,$P<0.01$)。坦克行驶60 min时的甲苯浓度[$(23.6\pm4.3)\mu g/m^3$]显著高于0 min[$(11.1\pm2.0)\mu g/m^3$]的甲苯浓度($P<0.01$);坦克行驶40[$(28.1\pm14.3)\mu g/m^3$]、60 min[$(31.7\pm2.1)\mu g/m^3$]时的乙苯浓度显著高0 min[$(12.2\pm0.5)\mu g/m^3$]时的乙苯浓度($P<0.05$)。粉尘的浓度随着训练时间的延长而增加,最高浓度达到194.28 mg/m^3;坦克行驶20[(105.4±4.8)dB]、40[(104.9±5.6)dB]、60 min[(105.4±5.2)dB]的等效A声级噪声强度均显著高于原地发动未行驶时[(91.4±7.1)dB]的等效A声级噪声强度($P<0.05$)。坦克内部各状态电磁辐射强度均较低,其中当通信设备和发动机全部打开时电磁辐射强度最大。**结论** 我军某型主战坦克在行驶条件下舱室内存在着多种职业有害因素,其中有害气体、噪声及粉尘的污染较为严重,且主要有害气体及总粉尘的浓度随着坦克行驶时间的延长而增加,其联合作用可能影响坦克乘员的作业效能及身体健康。

[关键词] 坦克; 有害气体; 粉尘; 噪声; 电磁辐射; 有害因素
[中图法分类号] R134.4; R821.5; R994.7 [文献标志码] A

Measurement and analysis of main harmful factors in process of tank marching

Zhao Xiaolong[1], Li Daibo[1], Sun Lei[1], Wang Tao[2], Tao Chengyu[3], Wang Hongfei[4], Han Fei[1], Yang Huan[1], Liu Wenbin[1], Cui Zhihong[1], Liu Jinyi[1], Cao Jia[1] ([1]Institute of Toxicology, College of Military Preventive Medicine, [2]Department of Emergency, Southwest Hospital, Third Military Medical University, Chongqing, 400038; [3]Medical Team of Coaching Regiment, [4]Out-patient Department, College of Armored forces, Bengbu, Anhui Province, 233010, China)

[**Abstract**] **Objective** To explore the characteristics of the main harmful factors in tank cabins during marching, and to provide scientific data for further protective studies. **Methods** Three tanks with the same conditions were subjected randomly and run at 20 km/h over 60 min on sandy path. The concentrations of main gases in the cabin including oxygen (O_2), hydrogen sulfide (H_2S), carbon monoxide (CO), hydrocyanic acid (HCN), chlorine gas (Cl_2), carbon dioxide (CO_2), sulfur dioxide (SO_2), ammonia (NH_3), nitrogen dioxide (NO_2), combustible gas (represented by CH_4) and total volatile organic compounds (TVOC) were monitored with Draeger X-am portable gas detectors during marching. Volatile organic gases (VOCs) were sampled with vacuum SUMMA cans at 0, 20, 40 and 60 min during marching and measured qualitatively and quantitatively with GC/MS. The concentration of the dust, the level of noise and intensity of electromagnetic radiation in the tanks were monitored with LB-FC hand-held dust detector, TES 1352H sound level meter and TES-92 Electro Smog Meter, respectively. **Results** CO_2, NH_3, NO_2 and TVOC were detected, and the

[基金项目] 全军医学科研"十一五"计划专项课题(06Z032)
[通信作者] 曹 佳,电话:(023)68772533,E-mail:caojia1962@126.com
[优先出版] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20121207.1023.026.html(2012-12-07)

concentrations increased significantly along with the marching time ($P<0.01$). There were 122, 122, 155 and 154 kinds of VOCs at above 4 time points, respectively, and 66 kinds of VOCs had been detected at each time point, in which alkanes and benzenes were major constituents. The concentration of toluene at 60 min were significantly higher than that at 0 min (23.6 ± 4.3 *vs* 11.1 ± 2.0 g/m^3, $P<0.01$), and the concentrations of ethyl benzene at 40 and 60 min were significantly higher than that at 0 min (28.1 ± 14.3 *vs* 12.2 ± 0.5 g/m^3, $P<0.05$; 31.7 ± 2.1 *vs* 12.2 ± 0.5 g/m^3, $P<0.05$). Dust concentration increased along with the marching time and the peak concentration was 194.28 mg/m^3. The intensities of noise at 20, 40 and 60 min were significantly higher than that at 0 min (105.4 ± 4.8 *vs* 91.4 ± 7.1 dB, $P<0.05$; 104.9 ± 5.6 *vs* 91.4 ± 7.1 dB, $P<0.05$; 105.4 ± 5.2 *vs* 91.4 ± 7.1 dB, $P<0.05$). The intensity of electromagnetic radiation at each state was quite low, and the intensity at the state with all instruments running was significantly higher than that at the rest state (525.8 ± 365.3 *vs* 3.7 ± 0.2 mV/m, $P<0.01$). **Conclusion** There are many kinds of harmful occupational factors in tanks during marching, and in which harmful gases, noise and total dust pollute were most seriously. The concentrations of main harmful gases and total dust increase along with marching time, and the combined effects of them may influence soldiers' health and work ability.

[**Key words**] tank; harmful gases; dust; noise; electromagnetic radiation; harmful factor

Supported by the Mandatory Project of the "Eleventh Five-year Plan" of Medical Research of PLA (06Z032). Corresponding author: Cao Jia, Tel: 86-23-68772533, E-mail: caojia1962@126.com

坦克乘员作业环境为典型的军用密闭舱室环境。坦克在行驶和射击条件下可以产生多种有害因素,比如有害气体、粉尘、噪声、振动和电磁辐射等[1-3],这些有害因素单独或协同作用,可能会影响乘员军事作业能力和战斗力[4]。目前我军关于坦克舱室卫生学相关的研究比较少见,仅有的公开文献也主要是集中在老式装备的舱室环境问题上。而经过十多年突飞猛进的发展,我军的地面战斗装备已经进行了升级和改换,相关卫生学问题的研究也显得尤为迫切。为此,我们对我军某新型主战坦克在行驶训练条件下的主要有害影响因素进行了测定,定性和定量分析这些有害因素的污染状况和特点,为进一步开展危害效应评估和防护措施研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验对象及仪器

1.1.1 实验对象 在我军某部队坦克训练场选择某型坦克3辆,分别以20 km/h的速度闭窗在起伏的沙土路面上行进60 min,当时天气晴,气温5 ℃,湿度67%,风速为0.25 m/s。

1.1.2 检测仪器 便携式气体检测仪:Draeger X-am 3000、Draeger X-am 5000、Draeger X-am 7000,德国德尔格公司生产;便携式噪声强度检测仪:TES 1352H 噪音计,测量范围为30~130 dB,台湾泰仕电子工业股份有限公司生产;便携式粉尘检测仪:LB-FC 手持式智能粉尘检测仪,测量范围为0~1 000 mg/m^3,青岛路博环保科技有限公司;便携式电磁辐射检测仪,TES-92 Electro Smog Meter,测量范围为38 mV/m~11 V/m,中国台湾泰仕电子工业股份有限公司生产;空气采样罐,真空SUMMA罐,美国ENTECH公司生产。上述便携式检测仪使用前均经过成都测试技术研究院进行标定和校准。

1.2 实验方法

1.2.1 无机气体、可燃性气体及总挥发性有机化合物(TVOC)的检测 Draeger X-am系列便携式气体检测仪于坦克行驶前固定在坦克舱室内车长位且与其口鼻同高处,于坦克发动前开机进行监测,并且每10秒自动记录1次结果,监测气体主要包括:氧气(O_2)、硫化氢(H_2S)、一氧化碳(CO)、氰化氢(HCN)、氯气(Cl_2)、二氧化碳(CO_2)、二氧化硫(SO_2)、氨气(NH_3)和二氧化氮(NO_2)等。

1.2.2 有机气体的采集和测定 采用真空SUMMA罐分别于坦克行驶前(0 min)及坦克行驶20、40、60 min 4个时间点瞬时采集车长位且与其口鼻同高处的有机气体,送成都测试技术研究院进行GC/MS定性和定量分析。

检测仪器及条件[5-6]:进样器,Entech7100A proconcentractor;检测器,GC/MS 7890A/5975C;色谱条件,DB-5ms色谱柱,123-5563,60 m×0.32 mm×1.00 μm,载气为高纯度氦气;柱温箱,35 ℃保持5 min,以6 ℃/min从35 ℃上升到140 ℃,以15 ℃/min从140 ℃上升到220 ℃,在220 ℃保持3 min。

质谱条件[5-6]:接口温度250 ℃,离子源温度200 ℃,四极杆温度170 ℃,电离方式EI,电子能量70 eV,扫描质量范围为35~450。

1.2.3 粉尘的测量 由研究人员坐于坦克舱室内手持LB-FC式智能粉尘检测仪在坦克行驶过程中每5分钟检测1次坦克舱室内车长位口鼻处粉尘的浓度,每个时间点重复测量3次并取其平均值。

1.2.4 噪声的测量 便携式TES 1352H噪音计于坦克行驶前固定在坦克舱室内车长位且与其口鼻同高处,于坦克发动前开机进行监测舱室内噪声强度,并且每10秒自动记录1次结果,于行驶前(0 min),行驶20、40、60 min时重复测定3次后取平均值。

1.2.5 电磁辐射的测量 由研究人员坐于坦克舱室内手持TES-92型电磁辐射检测仪分别检测坦克内部车长位静止、通信

设备打开、发动机打开、通信设备和发动机同时打开 4 个不同状态的电磁辐射值。每种坦克状态重复检测 3 次并取其平均值。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 19.0 统计软件，多个样本均数的比较行单因素方差分析，两个样本均数的比较行 t 检验。

2 结果

2.1 坦克行驶训练时各时间点无机气体、可燃性气体（以 CH_4 表示）以及 TVOC 检测结果

O_2 浓度在各个时间点无显著差异（$P>0.05$）；H_2S、CO、HCN、Cl_2、SO_2、CH_4 等气体在各时间点均未检出，CO_2、NH_3、NO_2 和 TVOC 浓度随着坦克行驶时间的增加显著增加（$P<0.05$，$P<0.01$）。见表 1。

表 1　坦克行驶训练时各时间点舱室内气体检测结果（$n=3$，$\bar{x}\pm s$）

时间	O_2(%)	CO_2(%)	NH_3(cm^3/m^3)	NO_2(cm^3/m^3)	TVOC(cm^3/m^3)
0 min	20.49±0.09	0.06±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	1.30±0.20
20 min	20.48±0.18	0.08±0.00[a]	2.60±0.40[a]	0.07±0.06[a]	3.34±0.51[a]
40 min	20.45±0.06	0.09±0.00[a]	4.33±0.45[ab]	0.22±0.03[ab]	5.67±0.51[ab]
60 min	20.46±0.02	0.11±0.01[abd]	7.40±0.60[abd]	0.29±0.01[abc]	9.10±0.70[abd]

a：$P<0.01$，与 0 min 比较；b：$P<0.01$，与 20 min 比较；c：$P<0.05$，d：$P<0.01$，与 40 min 比较

2.2 坦克行驶时各时间点有机气体检出结果

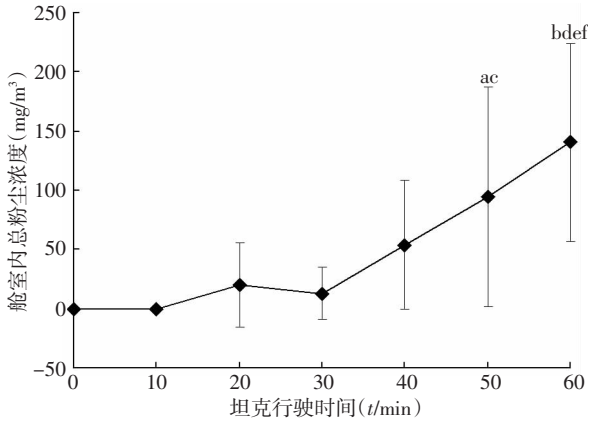
共检出有机气体 222 种，其中烷烃 112 种，烯烃 18 种，醇类 6 种，酮类 4 种，酯类 8 种，苯系物 28 种，胺类 3 种，萘类 19 种，呋喃类 4 种，茚类 4 种，其他类 16 种；而 0、20、40、60 min 4 个时间点分别检出 122、122、155、154 种，4 个时间点同时检出的气体有 66 种，3 辆坦克在行驶过程中同时检出的有机气体有 81 种。

2.3 坦克行驶时各时间点主要有机气体定量检测结果

根据美国环保局空气有机污染物监测方法[5-6]，对 37 种常见挥发性有害气体进行定量检测，共检出 15 种有机气体，其中烷烃类 7 种，苯系物 8 种。从检测结果看，苯系物的浓度相对较高，且主要苯系物的浓度（如苯、甲苯、乙苯等）随着坦克行进时间的延长而显著增加（$P<0.05$，$P<0.01$）；三氯氟甲烷、癸烷浓度随着行驶时间的延长而显著降低（$P<0.05$）。见表 2。

2.4 坦克行驶时粉尘检测结果

坦克行驶前 10 min 时舱室内总粉尘浓度均为 0，然后随着行驶时间的延长而总粉尘浓度逐渐增加，尤其是行驶 50 min 和 60 min 时间点时舱室内总粉尘浓度显著高于行驶前浓度（$P<0.05$，$P<0.01$），行驶 60 min 时其最大浓度可达 194.3 mg/m^3。见图 1。



a：$P<0.05$，b：$P<0.01$，与 0 min 比较；c：$P<0.05$，d：$P<0.01$，与 10 min 比较；e：$P<0.05$，与 20 min 比较；f：$P<0.05$，与 30 min 比较

图 1　坦克行驶过程中舱室内总粉尘浓度随行驶时间的变化

2.5 坦克行进时舱室内噪声强度

坦克在行进过程中噪声强度较大，原地发动但未行驶时（0 min）等效 A 声级噪声强度达到（91.4±7.1）dB，而行驶 20、40、60 min 时等效 A 声级噪声强度分别为（105.4±4.8）、（104.9±5.6）、（105.4±5.2）dB。坦克行驶各时间点时的等效 A 声级噪声强度显著高于原地发动但未行驶时的等效 A 声级噪声强度（$P<0.05$），而坦克行驶过程中各时间点之间的等效 A 声级噪声强度无统计学差异（$P>0.05$）。

2.6 坦克内部电磁辐射情况

对坦克内部车长位置不同状态下不同方向电磁辐射检测结果显示，坦克静止时和只开发动机时电磁辐射相对较小，通信设备打开时电磁辐射值相对较大，通信设备和发动机全部打开时电磁辐射最大，达但均未超过职业场所电磁辐射标准。见表 3。

表 3　坦克内部车长位不同状态电磁辐射检测情况（mV/m，$n=3$，$\bar{x}\pm s$）

轴向	静止	只开发动机	只开通信设备	通信和发动机全开
X 轴	2.1±0.0	2.1±0.0	178.5±43.4[ac]	349.1±161.5[bde]
Y 轴	2.1±0.0	2.1±0.0	176.1±47.1	287.2±252.6[ac]
Z 轴	2.3±0.4	2.1±0.0	181.9±40.5	245.5±247.7[ac]
XYZ 轴	3.7±0.2	3.6±0.0	309.8±75.5	525.8±365.3[bd]

a：$P<0.05$，b：$P<0.01$，与静止比较；c：$P<0.05$，d：$P<0.01$，与只开发动机比较；e：$P<0.05$，与只开通信设备比较

3 讨论

坦克是我军地面作战的主要武器和基本装备，坦克舱室环境比一般职业舱室环境更为恶劣。坦克乘员长期处于舱室内有害气体[7]、粉尘、噪声[8]、电磁辐射、

表 2　坦克行驶时各时间点主要有机气体定量检测结果（$\mu g/m^3$，$n=3$，$\bar{x}\pm s$）

时间	二氟二氯甲烷	三氯氟甲烷	三氯甲烷	1,2－二氯乙烷	二氯甲烷	癸烷	苯	甲苯	乙苯	间、对二甲苯	苯乙烯＋邻二甲苯	三甲苯	二氯苯
0 min	2.8±0.4	0.5±0.4	0.0±0.0	0.0±0.0	1.0±0.4	75.2±11.8	1.7±0.4	11.1±2.0	12.2±0.5	10.1±0.7	11.2±3.6	23.9±8.8	37.5±9.3
20 min	2.8±0.5	1.0±1.0	0.0±0.0	0.0±0.0	4.2±6.1	115.0±68.0	1.5±0.5	13.1±4.4	24.1±8.2	16.8±5.3	17.1±5.8	43.3±15.3	57.9±22.0
40 min	3.1±0.4	0.0±0.0[c]	0.0±0.0	0.0±0.0	3.7±4.0	49.1±74.8	2.3±0.7[a]	17.2±2.1	28.1±14.3[a]	25.0±11.1	19.4±9.9	43.0±15.6	63.5±11.6
60 min	3.9±1.4	0.0±0.0[c]	0.7±1.3	0.7±1.2	0.9±0.9	0.0±0.0[c]	3.7±1.4[d]	23.6±4.3[bde]	31.7±2.1[a]	65.7±76.4	24.9±2.7[a]	43.1±30.3	77.2±56.8

a：$P<0.05$，b：$P<0.01$，与 0 min 比较；c：$P<0.05$，d：$P<0.01$，与 20 min 比较；e：$P<0.05$，与 40 min 比较

振动[9]、高温[10]、寒冷等单独或联合暴露中,其军事作业能力及健康很可能受到严重影响。本研究对我军某新型主战坦克行驶训练时产生的主要有害因素进行了定性和定量检测。

坦克舱室内部空间十分狭小,闭窗作业时,车内、外气体交换不畅,柴油发动机产生的高温使成燃油大量蒸发,无机气体、总悬浮颗粒(TSP)和TVOC大量蓄积于舱室内。本研究表明,该型坦克在行驶训练过程中无机气体的污染较轻,以CO_2、NH_3、NO_2的污染为主,这与裘著革等[7]对某老式坦克舱室内有害气体污染的研究结果相似。本研究发现,有机气体成为舱室内主要的污染气体,其中又以苯系物和烷烃类化合物的污染为主。主要苯系物的浓度随着坦克行进时间的延长而显著增加,说明其极易在舱室内大量蓄积。虽然烷烃类化合物多数不是直接致癌物,但如C_{10}~C_{18}烷烃等是重要的促癌物,应引起重视。苯系物和萘类化合物均毒性很大,且具有致癌、致突变性[11],其对乘员的长期、远后效应也值得重视;而包括有机酸、酯、胺、醇、酮及杂环化合物在内的多种挥发性有机物的联合作用是引起坦克乘员恶心、呕吐、疲惫,影响其战斗力和工作效率的重要原因。

噪声是坦克作业时的主要危害因素之一,主要来源于发动机运转、履带摩擦、通信耳机和弹药发射等。运行时噪声的大小与行驶速度及路面状况有关。从监测的结果来看,某新型主战坦克以20 km/h在起伏的沙土路面上连续开进1 h过程中的平均噪声强度约为105 dB,经加权计算得到1 h的连续等效A声级强度为(102.2±0.2)dB。既往的研究也得到相似的结论,如吴铭权等[8]曾监测到某型坦克在沙土起伏的路面上以23 km/h的速度密闭行进3 h的连续等效A声级强度为107~112 dB。虽然略高于我们测定的结果,但都显著高于"每天工作8 h、等效A声级噪声强度不超过85 dB"的国家卫生限值标准[12]。即便是坦克乘员每天作业时间仅为0.5 h,此噪声环境也超过了国家标准。高强度的噪声除了引起听力下降、令人烦躁,直接影响工作效率和心理情绪以外,还对人的心血管系统、神经系统产生不同程度的影响。

本研究表明,坦克训练时舱室内部的粉尘浓度较高,远远大于工作场所限定的粉尘浓度标准[13];如果开窗训练,坦克行进过程中扬起的灰尘可以直接进入舱室内,使舱室内粉尘污染更为严重。坦克成员在训练过程中几乎没有采取粉尘防护措施,粉尘可随呼吸进入呼吸道,沉积于鼻腔到肺泡的呼吸道内或者肺泡内。长期吸入粉尘主要引起呼吸系统疾病,如上呼吸道刺激、过敏反应、各种尘肺病等。

电磁辐射的热作用、非热作用以及效应累积作用有可能导致机体功能的紊乱,影响人体的循环、免疫、生殖和代谢功能等;其累积效应可造成作业人员永久性病态,甚至危及生命[14]。虽然本研究表明,坦克内部的电磁辐射值没有超过国家标准,但其长期累积作用也应引起重视。

除了以上几种不利因素外,还有其他不利因素,如夏季训练时坦克舱室内的高温、高湿使人烦躁不安甚至发生中暑现象;冬季训练时的低温、寒冷使人手脚麻木、动作迟缓,甚至导致冻伤。以上有害因素往往共同存在,所以评价坦克舱室某一因素对人体的影响时应该考虑与其他因素的复合作用,而我们在研究某因素防治措施的同时,更应研究综合防治措施。

参考文献:

[1] 杨绍勃, 张伟, 郝向阳, 等. 装甲车辆内主要有害气体及其主要危害与对策[J]. 人民军医, 2002, 45(3): 134-135.

[2] 裘著革, 李官贤, 吴佛运, 等. 不同作业条件下坦克驾驶舱内空气污染的定量与污染特征分析[J]. 解放军预防医学杂志, 2000, 18(4): 237-240.

[3] 徐国鑫, 刘江, 孙伟, 等. 穿(破)甲弹攻击后密闭兵器舱室有害气体观察[J]. 解放军预防医学杂志, 2004, 22(5): 389.

[4] 郝向阳, 杨邵勃, 郭红霞, 等. 坦克舱室环境对乘员生理负荷影响的调查[J]. 人民军医, 2005, 48(7): 373-375.

[5] Determination of volatile organic compounds (VOCs) in ambient air using specially prepared canisters with subsequent analysis by gas chromatography. Compendium method TO-14A[S]. Cincinnati: Center for Environmental Research Information Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, 1999.

[6] Determination of volatile organic compounds (VOCs) in air collected in specially-prepared canisters and analyzed by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). Compendium method TO-15[S]. Cincinnati: Center for Environmental Research Information Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, 1999.

[7] 裘著革, 李官贤, 吴佛运, 等. 坦克作业条件下驾驶室内挥发性有机物定性分析[J]. 解放军预防医学杂志, 1999, 17(1): 9-12.

[8] 吴铭权, 姚治中, 陈浩宇, 等. 坦克作业噪声的测试与评价[J]. 解放军预防医学杂志, 2002, 20(2): 83-85.

[9] 吴铭权. 坦克振动对人体的影响及其防护[J]. 人民军医, 2002, 45(3): 135-136.

[10] 郭新梅, 袁修干. 坦克乘员热应激解决的试验研究[J]. 中国生物医学工程学报, 2010, 29(3): 422-426

[11] Phillips D H, Farmet P B, Beland F A, *et al*. Methods of DNA adduct determination and their application to testing compounds for genotoxicity[J]. Environ Mol Mutagen, 2000, 35(3): 222-233.

[12] GJB 50A-2011 军事作业噪声容许限值及测量[S]. 北京: 总后勤部, 2011.

[13] GBZ 2.2-2007 工作场所有害因素职业接触限值[S]. 北京: 国家卫生部, 2007.

[14] 姚智兵, 蒋昊, 吴婷, 等. 电磁辐射的危害及防护[J]. 中国社会医学杂志, 2007, 24(3): 177-179.

(**收稿**:2012-02-26;**修回**:2012-03-23)

(编辑 吴培红)