

提速铁路运营的电力机车司机室电场、磁场分布调查

吴丰德, 徐鹏, 杨静, 胡新全, 郭强, 王建强, 刘晓峰, 杨少华

摘要: [目的] 了解提速及电化改造后机车乘务人员的工作环境中电场和磁场水平。[方法] 以 8:00—18:00 时段运行的机车为主, 将兰州—嘉峪关区段运行的 3 车型的电力机车司机室作为观察组, 嘉峪关—柳园区段运行的 3 型内燃机车为对照组。用梅花布点法在司机室的左右两侧门、窗、后壁以及司机、副司机的头部、仪表台、身后门等 11 个测点进行电场及磁场状况监测, 并进行分布分析, 每车型跟踪测量至少 3 台次以上, 每台次根据不同位置、不同时速、不同运行情况测量 3 次以上。测量与评价方法按《作业场所工频电场卫生标准》(GB 16203—1996) 及《电磁辐射暴露限值和测量方法》(草案) 进行。[结果] 电力机车司机室在司机、副司机头部等关键部位及其余测点的电场、磁场强度合格率均为 100%, 且电力机车与内燃车电场强度差异具有统计学意义 ($H=0, P<0.01$); 电力机车磁感应强度整体明显高于内燃机车 ($H=0, P<0.001$)。磁感应强度与机车的牵引功率存在正相关性 ($r=0.9401, P<0.005$), 且主要集中在构成司机室的空间钢架结构四周, 而空间内人的头部等关键部位则相对较低 ($P<0.01$)。[结论] 电力机车司机的关键部位的电场及磁场均小于国标或草案导出的职业暴露限值, 电力机车司机室的磁感应强度除主要受接触网电磁的影响外, 亦受高速行驶的列车表面静电磁及机车自身电器设备电磁的影响。行驶速度波动, 并频繁“加电”可造成司机室磁场强度增加。

关键词: 铁路; 机车; 司机室; 电磁污染

Distribution of Electromagnetic Pollution in Driver Compartment of Electric Locomotive after Rail Speed Elevated WU Feng-de, XU Peng, YANG Jing, HU Xin-quan, GUO Qiang, WANG Jian-qiang, LIU Xiao-feng, YANG Shao-hua (Center for Disease Control and Prevention of Lanzhou Railway Bureau, Gansu 730000, China) • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To examine the intensity changes in electric field and magnetic field in driver compartment after rail speed increase and the electrification reform of locomotives. [Methods] The observation group was composed of three electric locomotive models running Lanzhou-Jianguyuan Pass route, while the control group was composed of three diesel locomotive models running Jianguyuan Pass-Liuyuan route. Totally 11 sampling sites in driver compartments were selected to monitor and record electric and magnetic field intensities. At least three trains were monitored per locomotive model and each train was measured at least three by combinations of location, speed, and operation condition. All measurement and evaluation were performed according to the *Health standard for electric field in the work environment* (GB 16203—1996) and *Limits and test methods for exposure to electromagnetic field (draft)*. [Results] The qualification rates of electromagnetic radiation at the key positions such as the head of drivers were all 100% in the selected compartments. The difference in electric field intensity between the electric locomotives and the diesel locomotives was significant statistically ($H=0, P<0.01$), and the intensity of magnetic field in the electric locomotives was also higher than that in the diesel locomotives ($H=0, P<0.001$). A strong positive correlation was found between the intensity of magnetic field and the traction power of locomotive ($r=0.9401, P<0.005$), and mainly concentrated around the steel structure of the compartments, but such correlation was relatively lower at the key positions such as the head of drivers ($P<0.01$). [Conclusion] The intensity values of electromagnetic field at the key positions of drivers of electric locomotives are lower than the relevant national occupational limits or the limits derived from the draft. The intensity of electromagnetic field in driver compartments of electric locomotives are mainly affected by overhead lines, surface electrostatic field from running trains at high speed, and electromagnetic field from the electrical equipment of locomotives. That locomotives running at waved speeds and being “powered” frequently could increase the intensity of electromagnetic field in driver compartments.

Key Words: railway; locomotive; driver compartment; electromagnetic pollution

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2014.0008

[基金项目] 兰州铁路局科技发展基金立项课题(编号: [2009]465号)

[作者简介] 吴丰德(1967—), 男, 大专, 主管医师; 研究方向: 铁道职业卫生预防工作; E-mail: dhwfd@sina.com

[作者单位] 兰州铁路局疾病预防控制中心, 甘肃 730000

随着全球日用电子产品的高速普及, 引起人们对电磁辐射问题的高度关注。铁路电力牵引工频电磁场对人体健康的影响, 也随着兰新铁路干线电气化的改造及铁路运输大提速而倍受关注。虽自 1972 年以来, 国内外学者对工频电磁场与人体健康的关系进行了长期广泛的研究, 但至今尚无一致结论。目前

国内铁路已进行了 6 次大提速, 铁路机车司机室值乘劳动卫生环境随之不断改变。为了解提速及电化改造后机车乘务人员的劳动卫生现状, 本项目拟对兰新干线兰州—柳园段运行的所有电力车型的机车司机室的电场、磁场进行跟踪监测, 本文报道该项研究结果。

1 对象与方法

1.1 对象

2010 年 3—11 月, 以 8:00—18:00 时间段兰州—嘉峪关区段运行的所有车型的电力机车 (SS3、SS7E、HXD3 型) 司机室为观察组, 以同时段嘉峪关—柳园区段运行的内燃机车的所有车型 (DF4、DF8B、DF11 型) 做对照组, 共计 6 型车。接触网输电为交流 50 Hz 27.5 kV。

1.2 方法

1.2.1 测量仪器 仪器采用美国 TriField Meter 电、磁、微波/无线电三用测试器。测量仪器均在计量有效期内。

1.2.2 采样方法 测量者手持测试仪器, 用梅花布点法在司机室的左右两侧门、两侧窗户、后壁以及司机、副司机的头部、

仪表台、身后门等 11 个测点进行测量, 每车型跟踪测量 3 台次以上, 每台次根据不同测点、不同时速、不同运行 (静止、运行、变速、加电与否) 情况测量 3 次以上, 记录电、磁场来源、强度分布。电场测量与评价方法按《作业场所工频电场卫生标准》(GB 16203—1996)^[1] 进行, 以算术平均值统计; 磁感应强度测量比照《电磁辐射暴露限值和测量方法》(草案) 进行, 以中位数的算术均值统计。

1.2.3 统计学分析 采用简明统计 2000 软件进行均数、相关分析与秩和检验等数据统计分析。

2 结果

2.1 两类机车司机室电场平均水平

表 1 显示, 在司机室 9 个部位的测点中, 电力机车三车型仅有不到一半 (18%~45%) 的测点电场强度检出测值。内燃车型所有测点电场强度均未检出。电力机车司机室在工作人员头部等关键部位测点上合格率均为 100%, 且电力机车与对照的内燃车型在电场强度测值上的差异具有统计学意义 ($H=0$, $P<0.01$)。

表 1 两类机车司机室电场强度测量均值 (kV/m)

机车型号	司机头部	司机仪表台	副司机头部	副司机仪表台	司机左侧门	司机身后门	副司机右侧门	副司机身后门	司机室后壁
电力机车	0.76	0.31	—	1.28	0.21	0.02	0.22	—	—
SS3	—	0.04	—	—	0.64	0.05	0.66	—	—
SS7E	2.29	0.90	—	3.83	—	—	—	—	—
HXD3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
内燃机车	—	—	—	—	—	—	—	—	—

[注] 司机室内电场由测量者手持测试仪测得。受测量者人体的畸变影响, 数据可能比实际值偏高。“—”未检出。

2.2 两类机车司机室磁感应强度平均水平

表 2 显示, 磁感应强度每一测点监测数据呈非正态分布, 数据集中在小于 1 μ T 或 10 μ T 左右, 故采用中位数代表每一监测点的集中趋势。监测结果显示, 无论是电力机车还是内燃机车, 其司机室的 11 个部位的测点中均有磁场分布, 且磁感应强度与机车的牵引功率显示正相关性 ($HXD3>SS7E>SS3>DF11>DF8B>DF4$, $r=0.9401$, $P<0.005$)。电力机车的磁感应强度整体明显高于内燃机车 ($H=0$, $P<0.001$)。

从磁感应强度空间分布可看出, 无论是电力机车还是内燃机车, 司机室的两侧门、副司机的身后门磁感应强度均相对较高。显示机车司机室磁感应强度主要集中在构成司机室的钢架结构四周, 而空间内人的头部等关键部位则相对较低。内燃机车玻璃窗等处存有相对较高的磁感应强度, 也提示机车司机室的磁感应强度除主要受接触网电磁的影响外, 亦受高速行驶的列车表面静电磁及机车自身电器设备电磁的影响。

表 2 电力与内燃机车司机室磁感应强度测量均值 (μ T)

机车型号	司机头部	司机仪表台	副司机头部	副司机仪表台	司机左侧门	司机身后门	副司机右侧门	副司机身后门	司机室后壁	司机左侧窗	副司机右侧窗
内燃机车	1.312	2.544	0.969	1.132	2.187	1.790	1.938	2.503	2.072	6.158	6.878
DF4	0.099	0.347	0.192	0.221	1.603	0.472	1.190	0.458	0.188	5.631	6.258
DF8B	0.831	1.556	0.422	0.465	0.878	0.827	0.523	3.000	2.007	6.461	7.229
DF11	3.007	5.730	2.294	2.710	4.080	4.070	4.100	4.050	4.020	6.382	7.147
电力机车	3.522	4.281	5.695	6.105	6.262	7.620	6.710	8.031	4.415	8.327	8.906
SS3	2.859	3.394	2.879	3.677	6.030	5.187	6.595	6.092	2.382	7.576	8.321
SS7E	3.931	4.807	4.206	4.638	8.386	8.174	6.906	8.000	2.313	7.823	8.396
HXD3	4.075	4.643	10.00	10.00	4.370	9.500	6.630	10.00	8.550	9.582	10.00

2.3 “加电”对机车司机室电磁场强度的影响

监测显示, 不同运行速度与机车司机室的电磁场强度并无相关关系但与“加电” (意味着机车电流负荷增加和功率的增

大) 与否却有极强的相关关系, 结果见表 3。“加电”与不“加电”之间磁通量强度值存在显著性差异 ($H=0$, $P<0.01$)。提示机车在恒速、减速状态下机车的磁场强度始终保持在一个较低

的水平,而仅有在持续加速的情况下才保持在一个相对较高的水平。

表3 “加电”对机车司机室磁感应强度(μT)的影响
(以SS3副司机右侧门为例)

项目	不加电	加电
空档静止	3.56	8.25
时速 26km	2.70	8.73
时速 39km	3.21	9.82
时速 81km	1.97	10.00
时速 88km	5.75	10.00
均值	4.29	9.36
统计量	$H=0$	$P<0.05$

3 讨论

电、磁场是目前全球较为关注的环境焦点问题之一。而随着我国大陆铁路六次大面积提速及铁路电气化改造的发展,铁路机车司机室电、磁场环境的职业卫生问题也日益引起人们的关注。我国目前《作业场所工频电场卫生标准》中规定了作业场所工频电场 8h 最高允许量为 5 kV/m 的标准限值,但职业环境的磁场限值从 2001 年提出《电磁辐射暴露限值和测量方法》(草案)以及 2011 年卫生部组织起草的《100 kHz 以下电磁场职业接触限值(征求意见稿)》至今仍未正式出台。

本次监测显示,电力机车司机室内作业人员的关键部位及其余测点的电场和磁场测值均远小于国标或草案导出的职业暴露限值(50 Hz 职业暴露 $<5\text{ kV/m}$ 及 $<78\text{ }\mu\text{T}$)。磁场也小于国际非电离辐射防护委员会(ICNIRP)推荐的公众全天辐射的工频限值 0.1 mT ,但高于无接触网的环境本底($0.02\text{ }\mu\text{T}$),也高于无电力机车停靠的接触网线下监测均值($0.3\text{ }\mu\text{T}$)。司机室窗外磁感应强度则相对更高(约 $10\text{ }\mu\text{T}$)。构成司机室的钢架构的表面存在较高磁感应强度,而作业人员的关键部位却很小,造成这种较好效果的原因是机车司机室与铁轨及地面构成了良好的导体通路所致。这与王雷的报道相一致^[2]。

本研究认为,机车乘务人员要形成良好的驾驶习惯,在保证安全的情况下注意驾驶的平稳性,因速度波动性地行驶并频繁“加电”,可造成司机室电磁强度的数倍增加。

磁场并非电力机车所独有,内燃机车也存在一定量的磁场,但机车司机室电场与磁场之间并不存在相互依存的对应关系。这是因为静止电荷在其周围空间产生电场,运动电荷(电流)在其周围空间同时产生了磁场,在频率很低时,电场和磁场是相互独立的,彼此没有联系。同样电力机车供电系统工作

频率是 50 Hz ,也属于极低频率,故其周围的电场和磁场也没有相互依存、相互转化的关系^[3]。

电力机车做为已在西方国家普遍使用,且做为世界上最先进干线铁路的牵引设备,因其环保、经济而成为中国铁路电气化未来的发展目标。本研究也显示,电力机车是一种低电、低磁,较安全的牵引工具。长期接触低剂量的电、磁场的机车乘务人员,他们的健康是否会受到不利的影响,国内外的大量研究仍不能给出一致肯定的结论^[4]。王建强^[5]报道,电力机车司机在失眠、头痛、多梦症状方面与对照相比差异有统计学意义,工作满意度、负性情绪显著低于对照,血红蛋白、中性粒细胞、红细胞显著高于对照,单核细胞、血小板、白细胞含量显著低于对照;朱绍忠等^[6]报道,长期接触铁路电力牵引工频电、磁场的职工细胞总数和淋巴细胞总数明显低于对照组,同时血清中免疫球蛋白 IgG、IgA 也低于对照组,且差异有统计学意义,提示长期接触低剂量的电、磁场对人体的神经精神行为、血常规、细胞免疫、体液免疫系统可能产生不利影响。但是,世界卫生组织(WHO)与国际癌症研究机构(LARC)最新的对低频电场、磁场健康风险的全面风险评估结论是:电场不存在实际健康问题;磁场长期、低水平接触的健康影响迄今未能证实(见 WHO FACT SHEET No.322);最新的国内《100 Hz 以下电磁场职业接触限值》编制说明中对国内外大量文献研究结果汇总显示,长期接触低剂量的电、磁场对人的健康是否有影响的结论仍不确定。机车司机室长期低剂量工频电、磁场对机车司机的健康效应仍有待进一步深入研究。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国卫生部. GB16203—1996 作业场所工频电场卫生标准[S]. 北京: 国家标准出版社, 1996.
- [2] 王雷. 铁路火车驾驶室工频电场强度分布的调查[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2006, 24(4): 243-244.
- [3] 王玲, 黄川友, 王纲. 高压输电线路的电场磁场及其环境影响[J]. 东北电力技术, 2008(8): 24-26.
- [4] 黄慧隆. 铁路电力牵引工频电磁场对人体的健康影响与防护对策[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2008, 35(4): 164-167.
- [5] 王建强. 高压工频电磁对电力机车司机职业危害调查[J]. 中国公共卫生, 2004, 20(12): 1497-1498.
- [6] 朱绍忠, 王起恩, 朱连标, 等. 工频电磁场对电气化铁路职工免疫系统的影响[J]. 劳动医学, 2001, 18(5): 291-293.

(收稿日期: 2013-06-17)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 洪琪; 校对: 徐新春)