

## 工频电场检测文献数据分析和检测建议

张素丽 郭泽华 余新天 丁燕 朱志良

**【摘要】** 目的 分析文献报道的工频电场检测数据,对检测现状提出看法及建议。方法 检索历年专业文献中的工频电场检测数据,得到 306 篇文献与 193 个有效检测数据。对检测数据进行 Mann-Whitney 和 Wilcoxon *W* 检验。结果 以接触限值的 1/4(1.25 kV/m)、1/2(2.5 kV/m)和接触限值(5 kV/m)对数据进行划分,发现非电力设施和电力设施的检测数据的结构差异有统计学意义( $P<0.05$ )。结论 作为职业有害因素,工频电场辐射的暴露虽广泛,但除去特定的高电压电力相关设施,在工作中工频电场的检测数据却远小于接触限值,其危害性较小。目前存在过度检测的现象。

**【关键词】** 工频电场;数据说明;统计;接触限值

**A literature analysis of power frequency electric field testing data** Zhang Suli\*, Guo Zehua, Yu Xintian, Ding Yan, Zhu Zhiliang. \*Shajing Health Inspection Institute of Baoan District, Shenzhen 518104, China

**【Abstract】 Objective** To analyze the literature on power frequency electric field testing data and to propose views and suggestions for current testing. **Methods** The literature on power frequency electric field testing data published in the previous years was searched to identify 306 articles involving 193 valid testing data. Mann-Whitney test and Wilcoxon *W* test were used for analyzing the testing data. **Results** The classification of data was carried out according to one quarter of occupational exposure limit (1.25 kV/m), one half of the exposure limit (2.5 kV/m), and the exposure limit (5 kV/m). The structure of testing data showed a significant difference between the non-power facility group and the power facility group ( $P<0.05$ ). **Conclusion** As occupational hazard factors, the radiation exposure from power frequency electric field is extensive. However, the power frequency electric field testing data in actual workplaces except high-voltage power facilities are far less than the occupational exposure limit with little harmfulness. There is a phenomenon of excessive testing at present.

**【Key words】** Power frequency electric field; Data interpretation, statistical; Occupational exposure limit

工频电场(power frequency electric field, PFEF)指频率为 50 Hz 的电场,来自电量随时间 50 Hz 周期变化的电荷产生,多见于电力设施和电气设施。作为职业有害因素的工频电场辐射,我国的监测与防控经验有限,往往会出现监测选点不恰当,产生不必要的重复劳动,造成人力、时间等资源浪费。我们将检索到的 1979 年至 2015 年公开发表的有关 PFEF 检测的期刊文献,进行了整理分析,并对工频电场的职业卫生检测提出看法与建议。

### 一、资料与方法

1. 资料:在中国医院知识总库(CHKD)与万方期刊数据以关键词“工频电场”对题名、关键词、摘要进行搜索,共检索到文献 306 篇,时间范围为 1979 年 10 月 1 日至 2015 年 2 月 20 日。

2. 方法:经逐篇阅读,得到有数据结果的 PFEF 文献 99 篇,检测数据 193 项。将高压变电站、发电厂等归为电力设

施,共 56 个检测数据,有 500 kV 变电站、500 kV 输变电线廊、变电所、发电厂、火力发电厂、热电厂、核电厂、垃圾焚烧发电厂、水力发电厂、炭黑尾气发电厂等,电压范围 6~500 kV,为高压及超高压设施。其他非电力设施含有 137 个检测数据,包括五金、化工、电子、钢铁、金属加工等工厂或项目,电压范围 220 V~110 kV,主要为低压设施。

3. 数据处理:利用 SPSS 20.0 进行相关统计分析,分析方法采用 Mann-Whitney *U* 检验与 Wilcoxon *W* 检验。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

### 二、结果

1. 电力设施与非电力设施 PFEF:电力设施电场强度范围为 0.00~21.15 kV/m,平均电场强度为 4.02 kV/m,方差 29.29;非电力设施电场强度范围为 0.00~13.66 kV/m,平均电场强度为 0.28 kV/m,方差 1.62。由于电力设施组与非电力设施组分布不同、方差不齐(表 1 中 K-S 检验结果),故对其进行 Mann-Whitney 检验,电力设施的平均电场强度明显大于非电力设施,见表 1。根据 GBZ 2.2-2007《工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分:物理因素》中的 PFEF 限值,对检测数据是否超限进行分类,结果非电力设施 137 个检测数据中只 1 个检测数据(某电解铝企业电解车间,电场强度为 13.66 kV/m)超标,超标率 0.7%,电力设施超标率 28.6%。见表 2。

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-9391.2015.06.017

基金项目:深圳市宝安区职业病防治重点专科经费支持项目(2012159)

作者单位:518104 深圳市宝安区沙井预防保健所(张素丽,余新天);北京大学公共卫生学院(郭泽华);江苏泰洁检测技术有限公司(丁燕);深圳市宝安区疾病预防控制中心(朱志良)

通信作者:朱志良, E-mail:49014156@qq.com

表 1 193 个工频电场检测数据平均电场强度

	数量	平均电场强度(kV/m)	方差
电力设施	56	4.02	29.29
非电力设施	137	0.28	1.62
合计	193	1.36	12.43
Kolmogorov-Smirnov Z		2.968	
K-S 渐进显著性(双侧)		0.000	
Mann-Whitney U		2323.000	
Z		-4.632	
M-W U 渐进显著性(单侧)		0.000	

表 2 193 个工频电场检测数据超标情况

	超出限值(%)	符合限值(%)	总计
电力设施	16(28.6)	40(71.4)	56
非电力设施	1(0.7)	136(99.3)	137
总计	17	176	193

2. PFEF 超标情况分析:取 1.25 kV/m (1/4 接触限值)、2.5 kV/m (1/2 接触限值)和 5 kV/m (接触限值)作为分界值对 193 个检测数据进行进一步细分,考虑其为单向有序资料,进行 Mann-Whitney U 检验和 Wilcoxon W 检验。由于存在小于 5 的变量,采用精确概率法计算显著性,结果表明,检测地点是否为电力设施对检测数据和数据分布的影响极为显著。在非电力设施中,只 1 个数据超过限值,而在电力设施中,检测数据超过限值的概率则远远高于非电力设施,见表 3。

表 3 193 个工频电场检测数据分布

类别	<1.25 kV/m	1.25 kV/m~	2.5 kV/m~	≥5 kV/m	总计
非电力设施	128(93.4)	7(5.2)	1(0.7)	1(0.7)	137
电力设施	28(50.0)	2(0.4)	10(17.9)	16(28.7)	56
总计	156	9	11	17	193
Mann-Whitney U				2078.000	
Wilcoxon W				11531.000	
Z				-7.274	
精确显著性(双侧)				0.000	
精确显著性(单侧)				0.000	

### 三、讨论

自 2002 年《中华人民共和国职业病防治法》颁布以来,尤其是 2011 年修订后,职业卫生服务机构逐年增多,多个地级市出现 2 家以上的职业卫生服务机构,建设项目职业病危害评价在大多数省份列入了前置审批条件。职业病危害因素识别要求全面,能检测的都要检测。绝大多数建设项目 PFEF 列为检测项目。日常职业卫生检测过程中也存在类似情况。经过我们对国内 PFEF 检测数据进行的初步分析,可以看出工频电场辐射防控的重点应当在发电厂、高压变电站等电力设施,而非一般工厂的变电站(房)。我们曾参加过很多建设

项目职业病危害评价报告书的评审,没有发现一般工厂的变电站(房)超标,数据均远低于职业接触限值。

我国 PFEF 现行相关职业卫生标准为 GBZ 2.2-2007《工作场所所有害因素职业接触限值 第 2 部分:物理因素》中的接触限值,参考了国际非电离辐射防护协会(ICNIRP)的非职业人群推荐限值,给出了足够的安全余量,为 5 kV/m<sup>[1-2]</sup>。此外,除了现场检测电场强度外,数值计算方法在电磁场理论研究和环境评价中也得到了应用。根据叶青等<sup>[3]</sup>对变电站内工频电磁场的理论计算与实测验证,110 kV 变电站实测区域内的地面以上 1.5 m 处的电场强度最大值为 3.18 kV/m,仍小于接触限值;而 220 kV 变电站实测区域内的地面以上 1.5m 处的电场强度最大值为 5.60 kV/m。本次统计的文献数据也支持数值计算方法的结果。需要强调的是工频电场的强度随着电压的降低成比例降低,随着距离的增大而成指数降低,所以实际职业卫生评价中多数建设项目的电压和距离使得实测电场强度超过限值更为困难。

另一方面,PFEF 虽然列入了 GBZ 2.2-2007,但国家的《职业病分类与目录》中并没有相应的职业病病种。通常低电压 PFEF 对人体没有影响,但在高强度的工频电场下,有流行病学研究表明会引起某些疾病患病风险增加<sup>[4]</sup>。但是考虑到研究中的混杂、选择偏倚与偶然性后,相关研究的证据关联较弱,仍不足以支持 PFEF 辐射作为长期暴露有害因素<sup>[4-5]</sup>。更有研究表明与神经系统疾病与心血管系统疾病之间没有明显关联<sup>[6-7]</sup>。

综上所述,建议 PFEF 的检测局限于电力设施,一般工厂的数百伏电压的变电站(房)则不必要设点检测,避免人力物力的浪费。

### 参考文献

- [1] GBZ 2.2-2007. 工作场所所有害因素职业接触限值 第 2 部分:物理因素[S].
- [2] ICNIRP. ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1Hz-100Hz) [J]. Health Physics, 2010, 99(6):818-836.
- [3] 叶青,文远芳,莫染,等. 应用矩量法的变电站内工频电磁场计算及实测[J]. 电网技术,2012,(02):189-194.
- [4] World Health Organization. Environmental Health Criteria 238. Extremely low frequency (ELF) fields [C]. Geneva: World Health Organization, 2007.
- [5] World Health Organization. Electromagnetic fields and public health: exposure to extremely low frequency fields. FactSheet No 322 [C]. Geneva: World Health Organization, 2007.
- [6] McNamee DA, Legros AG, Krewski DR, et al. A literature review: the cardiovascular effects of exposure to extremely low frequency electromagnetic fields [J]. Int Arch Occup Environ Health, 2009, 82(8):919-933.
- [7] Kheifets L. Extremely low-frequency magnetic fields and heart disease [J]. Scand J Work Environ Health, 2007, 20(6): 676-693.

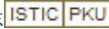
(收稿日期:2015-05-06)

(本文编辑:杨德一)

## 工频电场检测文献数据分析和检测建议

作者: [张素丽](#), [郭泽华](#), [余新天](#), [丁燕](#), [朱志良](#), [Zhang Suli](#), [Guo Zehua](#), [Yu Xintian](#), [Ding Yan](#), [Zhu Zhiliang](#)

作者单位: [张素丽, 余新天, Zhang Suli, Yu Xintian \(518104, 深圳市宝安区沙井预防保健所\)](#), [郭泽华, Guo Zehua \(北京大学公共卫生学院\)](#), [丁燕, Ding Yan \(江苏泰洁检测技术有限公司\)](#), [朱志良, Zhu Zhiliang \(深圳市宝安区疾病预防控制中心\)](#)

刊名: [中华劳动卫生职业病杂志](#) 

英文刊名: [Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases](#)

年, 卷(期): [2015, 33\(6\)](#)

引用本文格式: [张素丽. 郭泽华. 余新天. 丁燕. 朱志良. Zhang Suli. Guo Zehua. Yu Xintian. Ding Yan. Zhu Zhiliang 工频电场检测文献数据分析和检测建议 \[期刊论文\] - 中华劳动卫生职业病杂志 2015\(6\)](#)