

doi:103969/j. issn. 0490-6756. 2016. 01. 016

某校园电磁环境时间变化特征与评估

张明安, 赵翔, 许金海, 闫丽萍, 黄卡玛

(四川大学电子信息学院, 成都 610065)

摘要: 随着电磁环境的日益复杂,对电磁环境进行实际测量和评估具有重要的应用价值. 本文根据电磁环境在时间上具有随机变化的动态性,对某校园实际电磁环境的时间变化特征进行了研究. 通过选取某个校园内不同区域的采样点,分别在不同时间测量采样点的电场值,然后对采集的数据进行统计分析,进而给出了相应空间区域内的电场概率密度分布以及电场随时间变化曲线图,具体分析和讨论了实际电磁环境随时间变化的特征,比较了不同区域电磁环境分布情况,并对校园电磁辐射水平作了简要评估.

关键词: 电磁环境; 电场测量; 统计分析; 电磁辐射

中图分类号: O454 **文献标识码:** A **文章编号:** 0490-6756(2016)01-0093-05

Time variation characteristics and assessment of electromagnetic environment in a campus

ZHANG Ming-An, ZHAO Xiang, XU Jin-Hai, YAN Li-Ping, HUANG Ka-Ma

(College of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: With the increasing complexity of the electromagnetic environment (EME), it is necessary to perform actual measurement and evaluation of the EME. Because of the temporal dynamic and random variation of the EME, time variation characteristics of the EME in a campus are considered in this paper. By choosing sampling points in different regions of the campus, respectively measuring electric field value of the sampling points during different time periods, and using statistical analysis of the measurement data, we get the figures of probability density distribution and time variation curve of the electric field. And then, the time variation characteristics of the actual EME are analyzed and discussed, the distributions of the EME in different regions are compared, as well as a brief evaluation of the electromagnetic radiation level in the campus is given.

Key words: Electromagnetic environment; Electric field measurement; Statistical analysis; Electromagnetic radiation

1 引言

电磁环境是指在给定区域内所有电磁现象的总和^[1]. 随着电子信息科学与技术如智能电网、电

子对抗、无线广播、无线通信的快速发展和广泛应用,电磁环境变得越来越严酷和复杂,尤其在人口密集的城市区域. 另一方面,电子电器设备向小型化、集成化方向发展使得它们对外部电磁环境的敏

收稿日期: 2015-03-09

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划 2013CB328904); 国家自然科学基金委员会和中国工程物理研究院联合基金(NSAF-U1530143)

作者简介: 张明安(1990-),男,硕士研究生,研究方向为电磁兼容分析. E-mail: zhangmingan@126.com

通讯作者: 赵翔. E-mail: zhaoxiang@scu.edu.cn

感度不断提高. 因此,有必要对当前电磁环境进行有效评估. 理论上,为获得空间电磁场分布情况,需要基于电磁场/电磁波理论来进行电波传播的分析和计算. 然而,由于电波传播环境的几何与物理结构的复杂性、大尺度、随机性,精确计算几乎不可实现,这就是电波传播领域普遍使用近似公式、经验公式以及概率统计模型来分析电波传播规律的根本原因. 同时,辐射源分布的随机性和工作时间的随机性,也使电磁环境在时间上的动态变化和在空间上的分布呈现随机性. 相对于理论分析方法,要获得电磁环境的相关信息,实际测试的方法更为可行. 通过对电磁环境大量的测试与数据分析,可以获得重要的电磁环境统计规律. 因此,本文旨在针对电磁环境在时间上的随机变化,去研究某校园实际电磁环境随时间变化的特征,在一天当中不同时刻和一周当中周末和工作日进行实时测量,然后对测量数据进行处理和统计分析,给出相应电磁环境辐射评估.

2 测量设备及条件

本文中所采用的电场强度测量仪是由意大利(PMM) Narda 公司生产的 S. T. S/PMMEP 600 测试系统,其测量频率范围为 $100\text{ k}\sim 9.25\text{ GHz}$,场强测量范围为 $0.14\sim 140\text{ V/m}$. 该设备有 6 个单极子天线,可测 X、Y、Z 三个方向的电场分量和总场,如图 1 所示.

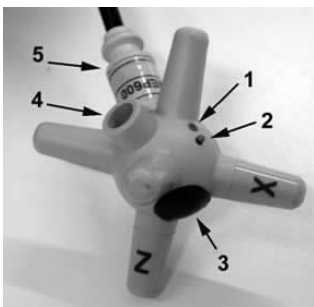


图 1 场强探头

Fig. 1 E-Field probe

本文中的测试选取了某校园内的 5 个不同区域,如图 2 所示. A 区域:一个有电脑和其它电子电器设备的实验室(室内);B 区域:一个开阔的操场(室外);C 区域:住宿区一个普通住宿房间内(室内电器设备很少);D 区域:校园主干道(室外);E 区域:一个靠近通信基站(室外).

其中对 A、B、C 三个区域采取定点测量,用三角支架将场强探头固定在离地 1.7 m 高的地方,

测量工作日和周末两组数据,且每个区域测量时间不少于 12 h ,研究电磁环境随时间变化的特征;而 D、E 两个区域,由于是主干道和公共场合,无法采取长时间测量的方法,因此,对该两个区域进行取点测量,每个采样点采样 10 次(每次间隔 10 s),取平均得出这两个区域综合场强值.



图 2 测量区域位置

Fig. 2 The location of the measurement areas

测量主要时段是上午 $9:00$ 到下午 $6:00$,在该时段空间中各类辐射源大多处在满负荷工作状态. 数据采集主要集中在 2014 年 5 月到 6 月,温度 $20\sim 30^\circ\text{C}$,相对湿度为 $50\%\sim 70\%$.

3 测量结果及分析

3.1 A、B、C 三个区域电磁环境时间变化特征

场强探头在工作日和周末对 A、B、C 三个区域分别进行了 21 h 、 12 h 、 24 h 的定点测量,由此获得电场强度值随时间变化的情况,然后进行统计分析获得对应的概率密度函数(Probability Density Function, PDF). 对应位置两次测量均保证探头处于同一位置和高度,测量示意图如图 3 所示.

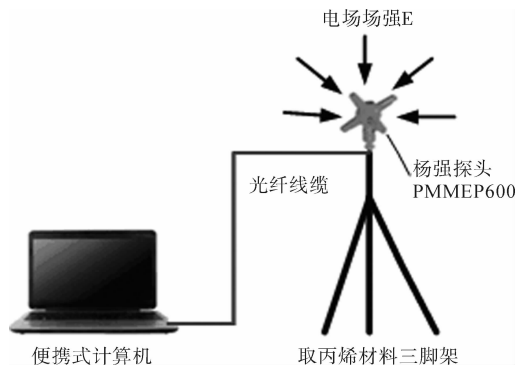


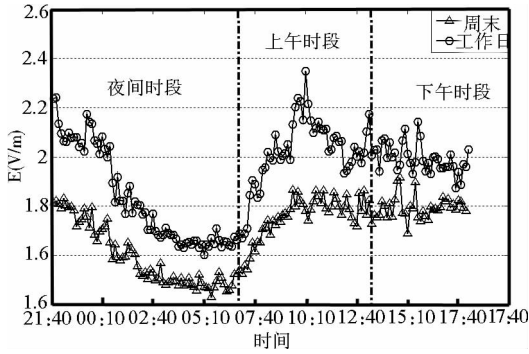
图 3 场强测量示意图

Fig. 3 Field intensity measurement sketch

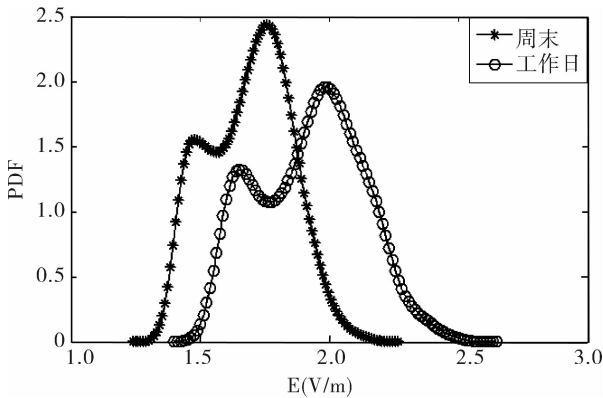
图 4~图 6 给出了 A、B、C 三个区域周末和工作日电场随时间的变化情况以及对应的 PDF 图.

A 区域测量时间从晚上 21 : 40 到第二天下午 18 : 40; B 区域测量时间从上午 9 : 30 到晚上 21 : 30; C 区域测量时间从中午 12 : 30 到第二天中午 12 : 30.

从各点位监测值随时间变化图可以看出, 同一地点工作日与周末电磁环境测量值存在明显的差别. A 和 B 两个区域在工作日的电场测量值比周末大, 而 C 区域由于学生活动与 A 区正好相反, 所以 C 区周末的电场测量值较工作日略大.



(a)



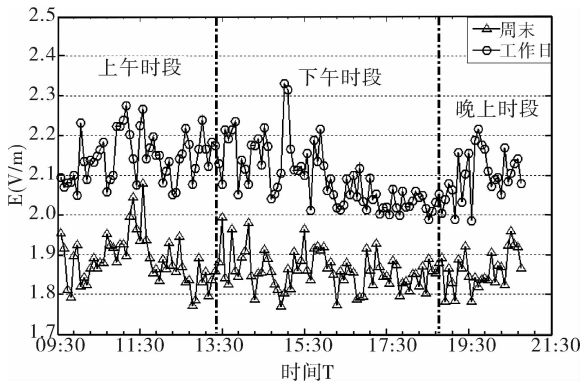
(b)

图 4 A 处两次定点测量结果

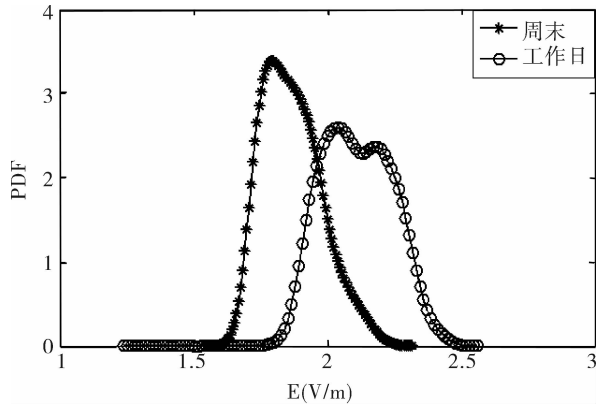
(a) 电场随时间变化情况; (b) 电场 PDF 分布情况

Fig. 4 Results of two measurements at a fixed position in the region A

(a) The E-field changing over time; (b) PDF of E-field



(a)



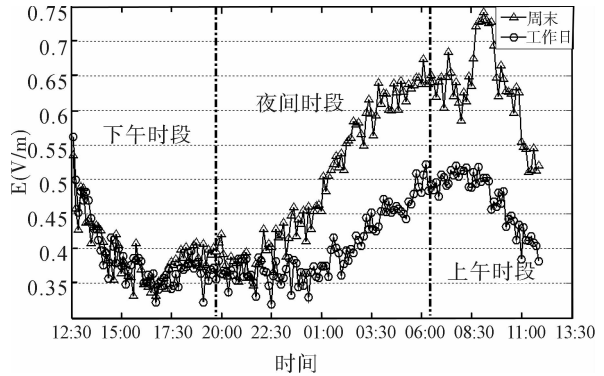
(b)

图 5 B 处两次定点测量结果

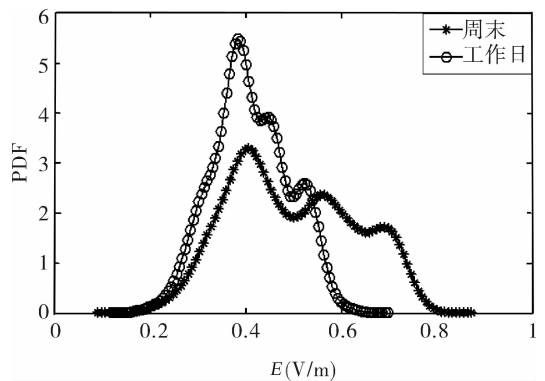
(a) 电场随时间变化情况; (b) 电场 PDF 分布情况

Fig. 5 Results of two measurements at a fixed position in the region B

(a) The E-field changing over time; (b) PDF of E-field



(a)



(b)

图 6 C 处两次定点测量结果

(a) 电场随时间变化情况; (b) 电场 PDF 分布情况

Fig. 6 Results of two measurements at a fixed position in the region C

(a) The E-field changing over time; (b) PDF of E-field

图 4(a)显示 A 区域内电场主要集中在 1.4 ~ 2.4 V/m 的范围内. 一天中上午时段的电场先逐渐升高达到峰值, 然后略有下降后趋于稳定, 下午时段电场随时间变化不大, 基本保持稳定的趋势,

因为白天是 A 区域设备运转高峰时段,夜间由于电子设备处于关闭状态,电场则是随着时间呈现下降的趋势,直到早晨 5:00 达到了最低值. 周末测量值最大为 2.15 V/m,出现在下午 3:10 左右,最小值出现在早上 5:20 左右,值为 1.41 V/m,而工作日的最大测量值在上午 10:10 左右,大小为 2.33 V/m,最小值在早晨 5:10 左右,值为 1.61 V/m. 图 5(a)中, B 区域电场都在 1.7 V/m 以上,且一天中电场随时间变化趋势都很稳定并未出现大的波动,说明在开阔的操场空间中电磁环境处于一种相对稳定的状态. 周末测量的最大值在上午 11:30 左右,值达到了 2.1 V/m,最小值 1.75 V/m,而工作日测量时出现的最大电场值在下午 3:20,大小为 2.33 V/m,最小值 1.97 V/m. 图 6(a)显示, C 区域一天的测量值在中午偏高,下午下降趋于稳定,晚上到凌晨逐渐升高,到第二天上午达到巅峰. 周末最大测量值是在上午 10:00 左右的时间,达到 0.74 V/m,而工作日的最大值在下午 1:00 左右,只有 0.58 V/m. 最小值则均出现下午时段.

图 4(b)、图 5(b)和图 6(b)给出了三个区域电场值的 PDF 分布曲线. 可以看出.

(1)不同区域之间的 PDF 曲线具有明显的差异,但是无论在哪个区域,工作日和周末的 PDF 曲线变化趋势都较为一致.

(2)A、B 区工作日的 PDF 分布相对于周末的分布较为平缓,意味着工作日电场值的方差更大、电场值变化更加剧烈,出现最高概率(波峰)和最低概率(波谷)的电场值更为靠右,与此同时 C 区的对应情况却正好相反.

(3)A、B 区工作日的 PDF 曲线相对于周末更偏右侧,意味着工作日电场值的整体取值更高,而 C 区的对应情况正好相反.

3.2 不同区域电磁环境比较

不同区域由于外环境不同电磁环境可能分布不同,图 7 和图 8 比较了不同区域电场随时间变化情况以及最大值、最小值和平均值的分布情况.

从图 7 可以看出,(1)不同区域因所处环境差异,其电磁环境测值随时间变化规律是不一样的. A 区实验室,白天测量值随时间变化稳定,夜间测量值随时间降低; B 区开阔操场,测量值随时间变化稳定; C 区学生宿舍,白天测量值低而稳定,夜间测量值略有升高;(2)三个区域出现最大值、最小值时段不一样;(3)三个区域各自在工作日和周末两种情况下场强随时间变化几乎保持一致的特征.

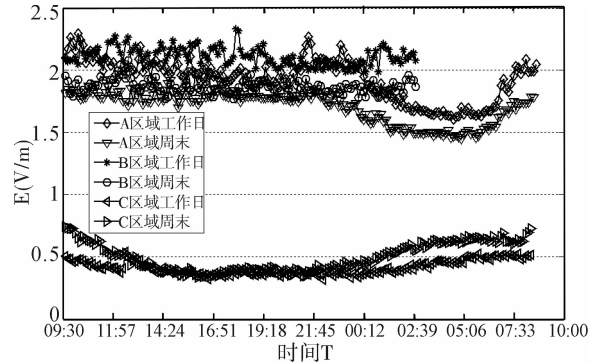


图 7 A、B、C 三区域电场随时间变化比较

Fig. 7 Comparison of E-field changing in region A, B and C over time

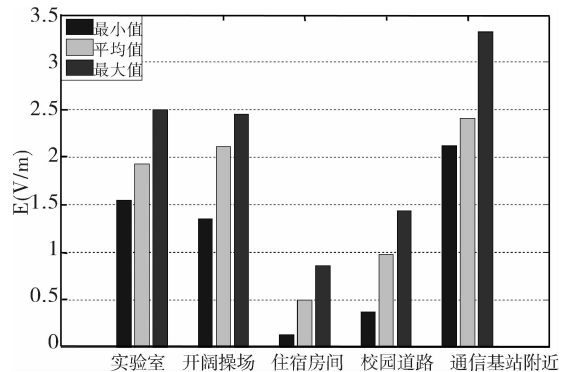


图 8 不同区域电场强度最小值、平均值和最大值的比较

Fig. 8 Comparison of the minimum, average and maximum value in different regions.

图 8 可以看出, E 区域(通信基站附近)所测电场值不论是最大值、最小值还是平均值都相应的比其它四个区域大,其次是 A 区域(实验室)和 B 区域(开阔操场),两个区域的测得的电场值比较接近,比 E 区域所测量的值小但比 D(校园道路)和 C 区域(住宿房间)测得值大很多, C 区域电场值分布最小. 室内环境(几乎无辐射体的情况下的 C 区域)测量值通常小于室外环境(B、D 和 E 三个区域). 分析其原因如下: B、C、D 三个区域临近位置没有明显可见的电磁辐射体,它们的测量值是区域电磁环境背景值,且 C 区域属于室内环境,墙体对外部电磁能量也具有一定的屏蔽作用;而 A、E 两区域临近位置有电磁辐射体,因此测量值比附近没有电磁辐射体的测量值更大些.

3.3 校园电磁环境辐射评估

电磁辐射是指电磁波向外传播过程中存在电磁能量发射的现象^[2]. 环境中电磁能量密度越大、频谱越宽、无线电噪声水平越高,对环境产生电磁干扰和对公众健康就会产生更多的不利影响^[3,4],甚至造成伤害. 虽然,到目前为止许多研究还没有

建立起一个非常明确的电磁辐射和人类不良健康结果之间的因果关系,但是在国内外已经有许多相关的调查^[5-9]. 因此,对于人口密度较大的校园环境,电磁环境辐射评估也就显得尤为重要.

校园电磁环境辐射评估标准是基于国标 GB9175-88《环境电磁波卫生标准》(如表 1 所示),一级标准指在该环境电磁波强度下长期居住、工作、生活的一切人群(包括婴儿、孕妇和老弱病残者),均不会受到任何有害影响的区域;二级标准指在该环境电磁波强度下长期居住、工作和生活的一切人群(包括婴儿、孕妇和老弱病残者)可能引起潜在性不良反应的区域;超过二级标准地区,对人体可带来有害影响;在此区内可作绿化或种植农作物,但禁止建造居民住宅及人群经常活动的一切公共设施,如机关、工厂、商店和影剧院等;如在此区内已有这些建筑,则应采取措施,或限制辐射时间^[10].

表 1 环境电磁波标准限值

Tab. 1 Environmental electromagnetic wave standard limit

频率范围	允许限值			
	一级标准(安全区)		二级标准(中间区)	
	电场强度 (V/m)	功率密度 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	电场强度 (V/m)	功率密度 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
长、中、短波	<10	<26.52	<25	<165.79
超短波	<5	<6.63	<12	<38.2
微波	<6.14	<10	<12.28	<40

某点的功率密度可以通过场强相互转换^[11],转换公式为 $P = \frac{E^2}{\eta}$, 式中, P 为电磁波功率密度; E 为场强; η 为波阻抗,在真空中 $\eta = 120\pi$.

表 2 给出了 A、B、C、D、E 五个区域不同时段场强和相应功率密度的最大值,从表中可以很清晰的看出,校园内任意区域任意时段环境中的场强最大值都未超过国标中的一级标准(安全区),属于不受辐射有害影响的区域,适合各类人群长期学习、工作、生活.

表 2 各区域不同时段电场和功率密度的最大值

Tab. 2 Maximum value of the E-field and power density in each region at different times

地点	E_{\max} (V/m)			P_{\max} ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)		
	上午	下午	夜间	上午	下午	夜间
实验室	2.50	2.40	2.46	1.66	1.53	1.61
住宿房间	0.856	0.76	0.75	0.194	0.153	0.149
开阔操场	2.45	2.44	2.41	1.59	1.58	1.54
校园道路		1.435			0.55	
通信基站附近		3.32			2.92	

4 结 语

本文研究了某校园环境空间中不同点在不同时间电场值变化的情况. 通过统计分析采集点的电场数据,给出了测量地点电场随时间的变化特征以及电场值概率分布统计,对几个测量区域的电场变化和分布进行比较,根据所得数据简要评估了校园电磁环境辐射情况. 这对于更加深入研究电磁环境的动态性和复杂性具有一定的参考意义. 为了对电磁环境能进行更系统全面的检测和评估,我们后续将进行更多不同环境不同条件下的测量.

参考文献:

- [1] 中国人民解放军总装备部. 电磁干扰和电磁兼容性术语[S]. GJB 72A-2002. 北京: 总装备部军标出版发行部, 2003.
- [2] 韦庆, 潘葳. 城市移动通信基站电磁辐射环境调查与评价[J]. 环境监测管理技术, 2012, (4): 33.
- [3] 温锐彪. GSM 移动通信基站对周围环境电磁辐射影响[J]. 生态环境学报, 2011, 20(6-7): 1158.
- [4] 赵玉峰. 现代环境中的电磁污染[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [5] Trecek T, Valic B, Gajsek P. Measurements of background electromagnetic fields in human environment[J]. IFMBE Proc, 2007, 16(2): 222.
- [6] Tan J. Studies on Environmental Influence of Mobile Communications Receiving and Sending Station Electromagnetic Radiation in Urumqi [J]. J Arid Environ, 2005, 19(4): 240.
- [7] Wang Z. Research and appraisalment on distribution regularities of environmental electromagnetism radiation in Fushun[J]. Liaoning Chem Industry, 2006, 35(3): 186.
- [8] Shalamanova T, Iliev I, Ivanova M, et al. EMF risk for operators mounting, adjusting and maintaining base stations[J]. The Environmentalist, 2007, 27(4): 545.
- [9] Paniagua J M, Antonio J, Montana R, et al. Exposure to extremely low frequency magnetic fields in an urban area[J]. Radiat Environ Biophys, 2007, 46(1): 69.
- [10] Chen L, Wei S, Luo C, et al. Measurement of Electromagnetic Environment of Xiamen Island[C]//Proceedings of the Fifth Asia-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics. Xi'an: IEEE, 2009.
- [11] 及燕丽, 王友村, 沈其聪. 现代通信系统[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.