

基于相位差的多系统通信基站的电磁辐射监测

王晓云, 陈志平

(核工业二七〇研究所, 江西 南昌 330200)

摘要:在安徽宣城通信基站中选取103个基站并设置924个监测点位,用电磁辐射分析仪监测,利用相位差确定所属区域后对基站电磁辐射强度作理论预测,与现场监测值对比分析。结果表明,现场监测电场强度值为 $0.20\text{ V/m} \sim 1.86\text{ V/m}$,均值为 0.45 V/m ;功率密度为 $0.011\text{ }\mu\text{W/m}^2 \sim 0.918\text{ }\mu\text{W/m}^2$,均值为 $0.063\text{ }\mu\text{W/m}^2$,远小于标准限值。说明该区电磁环境状况整体较好,基站周围电磁辐射随着距离的增大而不断减小,功率密度实测值变化趋势与理论预测值基本一致。

关键词:电磁辐射监测;相位差;多系统;通信基站;安徽宣城

中图分类号:X837

文献标志码:B

文章编号:1006-2009(2019)01-0068-04

Electromagnetic Radiation Monitoring for Multi System Communication Base Station based on Phase Difference

WANG Xiao-yun, CHEN Zhi-ping

(Research Institute No. 270 CNNC, Nanchang, Jiangxi 330200, China)

Abstract: 103 base stations in Xuancheng Anhui were selected and 924 monitoring sites were set up. The electromagnetic radiation was monitored by NARDA NBM-550/EF0391 electromagnetic radiation analyzer. The intensity of electromagnetic radiation was predicted theoretically by using phase difference for location determination and comparing with field monitoring value. The results showed that the electric field strength was $0.20\text{ V/m} \sim 1.86\text{ V/m}$, with the average of 0.45 V/m . The power density was $0.011\text{ }\mu\text{W/m}^2 \sim 0.918\text{ }\mu\text{W/m}^2$, with the average of $0.063\text{ }\mu\text{W/m}^2$, far below the standard limits. It showed that the electromagnetic environment in the study area was good as a whole. The electromagnetic radiation around the base station decreased as the distance increased. The variation of measured power density was basically consistent with the theoretical prediction.

Key words: Electromagnetic radiation monitoring; Phase difference; Multi-system; Communication base station; Xuancheng Anhui Province

为提高电信基础设施利用率,越来越多的基站以共建、共享模式存在,这也必然会增加单一物理站址周围的电磁辐射水平^[1-2]。目前,国内外学者对电磁辐射强度的预测评估最主要的方法是仿真预测分析^[3-5]、实地测量和理论分析及计算^[6]。多天线电磁辐射的研究中,考虑最多的是最大功率密度法^[7]或通过基站天线方向图改进测量方法^[8-9]。这些预测方法要么忽略天线方向性函数(假设天线的水平方向性函数和垂直方向性函数相等且为最大值1),要么忽略天线间距及高差引起的相位差(假设所有天线集中在一点)所造成的影响,综

合考虑基站各参数及相位变化下电磁辐射预测模式却鲜见报道。

今在已有研究的基础上,以安徽宣城通信基站为例,提出一种基于相位差的多系统通信基站的电磁辐射预测方法。旨在从环境影响的角度结合不同类型基站电磁辐射特征与基站四周环境,探讨基站选址与设备选型方案,完善电磁辐射研究方法,为基站建设和环境评价提供数据基础。

收稿日期:2017-11-22;修订日期:2018-12-21

作者简介:王晓云(1986—),女,河南新乡人,工程师,硕士,主要从事辐射环境影响评价与核技术应用研究。

1 材料与方法

1.1 研究区概况与监测点布设

研究区位于安徽省东南部,地跨东经 $117^{\circ}58' \sim 119^{\circ}40'$ 、北纬 $29^{\circ}57' \sim 31^{\circ}19'$ 。参照《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器与方法》(HJ/T 10.2—1996)(以下简称《导则》),在敏感点相对较多或人口相对密集的地区,依据以发射天线为中心、基站周围半径50 m范围内存在敏感点为原则选取监测基站,基站周围半径50 m范围外有敏感点也应选取代表性点监测。在宣城运营的通信基站中选取103个进行监测,共设有效监测点位计924个。

1.2 监测方法与评价标准

采用NARDA NBM-550/EF0391型电磁辐射分析仪,根据《导则》对监测环境的规定,无雪、无雨、无雾、无冰雹,天气晴朗,温度为 4°C 以上,相对湿度 $<80\%$,风力 <3 级的气候条件下监测,测量指标为综合电场强度 $E(\text{V}/\text{m})$ 。

《电磁环境控制限值》(GB 8702—2014)中规定频率范围在30 MHz~3 000 MHz的电场强度公众曝露控制限值为12 V/m,功率密度公众曝露控制限值为 $40 \mu\text{W}/\text{m}^2$,当公众曝露在多个频率的电场中时,应综合考虑所致曝露。

1.3 基于相位差的区域判别及功率密度预测方法

根据《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》(HJ/T 10.3—1996)及现状监测结果分析,若基站周边各敏感点均达标,则进行下一步安全防护距离计算及核实。计算出主瓣安全防护距离,若基站周围各敏感点至天线直线距离均大于主瓣安全防护距离,则符合要求。若主瓣安全防护距离之内有敏感点,则判别其与天线相对空间位置关系:①位于天线主瓣区域,不符合该要求,必须优化;②位于天线垂直/水平副瓣区域,需进行副瓣安全防护距离计算及核实,在副瓣安全防护距离之内不符合要求,在副瓣安全防护距离之外,需通过选取相应的天线垂直副瓣增益或水平副瓣增益归一化值作功率密度预测,判别是否达标。

2 结果与分析

2.1 电磁环境状况

研究区辐射源频率主要集中于300 MHz~3 000 MHz,监测的电场强度为综合场强,研究区内103个监测基站共924个监测点位电场强度为

$0.20 \text{ V}/\text{m} \sim 1.86 \text{ V}/\text{m}$,平均值为 $0.45 \text{ V}/\text{m}$,最大值仅占标准限值的9.3%。各监测点功率密度为 $0.011 \mu\text{W}/\text{m}^2 \sim 0.918 \mu\text{W}/\text{m}^2$,均值为 $0.063 \mu\text{W}/\text{m}^2$,最大值仅占标准限值的2.3%。测量结果表明基站周围的电磁辐射监测值均符合限值要求,说明研究区电磁环境状况整体较好。

监测点位的电场强度值与功率密度值随与天线距离增加而减小,50 m范围外点位监测值(电场强度 $0.20 \text{ V}/\text{m} \sim 0.86 \text{ V}/\text{m}$,功率密度 $0.011 \mu\text{W}/\text{m}^2 \sim 0.196 \mu\text{W}/\text{m}^2$)明显低于50 m内点位监测值(电场强度 $0.20 \text{ V}/\text{m} \sim 1.86 \text{ V}/\text{m}$,功率密度 $0.011 \mu\text{W}/\text{m}^2 \sim 0.918 \mu\text{W}/\text{m}^2$)。两者最低值相近是因为监测点位周边环境较单一,周边为菜地或草坪,无其他辐射源。这说明基站周围电磁辐射随着距离的增大而不断减小。大量实测和文献^[10]都表明功率密度随着距离增加而衰减。

2.2 基于相位差的多系统通信基站电磁辐射分析

考虑天线的方向函数,即天线在特定方向的增益,假设定向天线的方向函数为 $F(\theta, \varphi)$,那么天线在距离预测点 r 米处的功率密度(W/m^2)为 $S = \frac{P \times G \times F(\theta, \varphi)}{4\pi r^2}$ 。其中: P 为天线口功率, W ; G 为天线增益(倍数); r 为测点到天线直线距离, m 。当多根天线安置在1个基站中时,传统的预测方法忽略每根天线的具体方向性函数,并且假设多根天线重叠在一点,最大辐射方向相同。然而在实际工程应用中,天线不同的安放位置及天线之间存在的间距使得不同天线到预测点之间产生一个相位差,这会导致不同天线的方向性函数存在差异。通过确定每个监测点位与各天线的间距及高差从而更加准确得出 θ 角,天线到预测点的距离求解图详见图1。根据所属区域判别及功率密度预测方法,计算各点位与各天线的间距、高差及 θ 角,提高预测结果的精确度,能够更加真实地反映天线周围空间的电磁辐射总强度。

Yang等^[11]提出的天线方向性函数预测方法的研究成果中得出该电磁辐射预测方法的理论结果要低于传统多天线电磁辐射预测方法的理论结果,而上述研究在此基础上将相位差所产生的影响更加细化,故比传统多天线电磁辐射预测方法具备更高的精确度,更加趋近于实际测量结果,不会过大地评估目标位置的电磁辐射强度。

2.3 功率密度实测与预测数据仿真对比

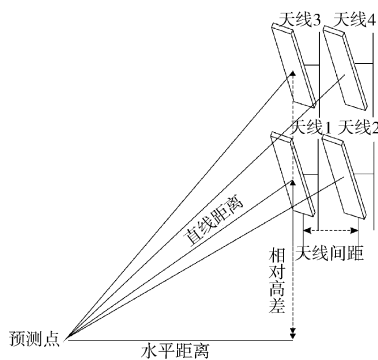


图1 监测点电磁辐射求解示意

Fig.1 Solution of electromagnetic radiation in the monitoring site

研究区共 924 个监测点位中,进行功率密度预测的点位有 137 个,实测值范围为 $0.011 \mu\text{W}/\text{m}^2 \sim 0.918 \mu\text{W}/\text{m}^2$,均值为 $0.063 \mu\text{W}/\text{m}^2$,预测值范围为 $0.629 \mu\text{W}/\text{m}^2 \sim 6.435 \mu\text{W}/\text{m}^2$,均值为 $1.663 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 。

在研究区的 103 个监测基站中选取 4 个典型基站(4 个典型基站在系统类型、天线增益、发射功率、天线高度及架设方式等参数上具有一定代表性^[12]),共 42 个监测点位,在全部网络模式下同时运行监测数值,并根据所提供的技术参数计算出每个网络单独运行的功率密度贡献,做算术叠加。结果表明,不同类型基站的电磁环境影响程度基本在同一水平,电场强度测量值为 $0.21 \text{ V}/\text{m} \sim 0.86 \text{ V}/\text{m}$,远低于标准限值 $12 \text{ V}/\text{m}$;功率密度测量值为 $0.012 \mu\text{W}/\text{m}^2 \sim 0.196 \mu\text{W}/\text{m}^2$,功率密度预测值为 $0.919 \mu\text{W}/\text{m}^2 \sim 3.265 \mu\text{W}/\text{m}^2$,亦远低于标准限值 $40 \mu\text{W}/\text{m}^2$,然而预测值明显高于测量值。

在选取的 4 座典型基站中,宁国滨河花园站的 12 个监测点(总共 15 个)和绩溪农行站 4 个监测点(总共 9 个)位于天线副瓣区域,其副瓣安全防护距离分别为 9.8 m 和 14.5 m,其功率密度预测值均达标。

由实测与预测结果可以看出:各基站功率密度实测值变化趋势与理论预测值基本一致,且理论预测值相比较实测值偏大。主要是理论预测在理想化的模式下进行,而现场监测时,基站未处于满负荷工作状态,现场监测主要考虑现场建筑物屏蔽、空气损耗等因素,导致实测值相对理论值较低^[13]。

对典型基站垂直方向上的测量结果表明:天线正对的高层建筑上,电磁辐射最大值出现在与天线高度最接近的楼层。距离基站相同距离处,主瓣辐

射强度 > 波束宽度的边缘线上辐射强度 > 第一副瓣方向辐射强度。这说明由于天线辐射垂直方向波瓣有一定宽度,天线电磁辐射在主瓣方向上最大,偏离主瓣方向会使强度降低,偏离越大降低越明显。这与一些学者的研究成果相近^[14]。

3 结语

研究区 924 个监测点位中,电场强度与功率密度均达标。说明研究区电磁环境状况整体较好,辐射源对环境贡献较小。监测点位的电场强度值与功率密度值随与天线距离增加而减小。各基站功率密度实测数值变化趋势与理论预测值基本一致,呈显著正相关,且理论预测值相比较实测值偏大。

上述研究是针对通信基站天线远场区的电磁影响情况。理论计算仅适用于远场区,对近场区不太适用。然而随通信技术发展,天线工作频段逐步扩大,其近场区边界范围也越大,而且在实际中近场区和远场区的界限并不是完全明确。在这个过渡区里电磁波的能量由感应逐步形成向外辐射,监测结果才逐渐符合理论衰减规律。故近场区的电磁辐射预测研究方法将是研究的一个新方向。

研究提出的基于相位差的多系统通信基站的电磁辐射预测模式,虽然尽可能考虑到天线方向性函数和天线间距及高差引起的相位差所产生的影响,但是现场监测周围环境状况等各因素仍然未能考虑周全,评价结果与实际风险相比要保守一些,且未能将话务量变化而导致电磁辐射值偏差的因素排除,故在后续研究中还需适当调整。

[参考文献]

- [1] 刘复雷,谢强,李茜,等. 江西省通信基站电磁环境现状调查分析[J]. 环境监测管理与技术,2016,28(2):37-40.
- [2] 蔡绮霞. 基站共建共享对电磁辐射性能影响的研究[D]. 北京:北京邮电大学,2011.
- [3] NEUBAUER G, CECIL S, GICZI W, et al. The association between exposure determined by radiofrequency personal exposimeters and human exposure: a simulation study[J]. Bioelectromagnetics,2010,31(7):535-545.
- [4] PARAZZINI M, SIBELLA F, PAGLIALONGA A, et al. Assessment of the exposure to WLAN frequencies of a head model with a cochlear implant[J]. Bioelectromagnetics,2010,31(7):546.
- [5] MARINA B. Assessment of population and occupational exposure to Wi-Fi systems: measurements and simulations[J]. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility,2011,53(1):219-228.
- [6] SCHUBERT M, BORNKESSEL C, WUSCHEK M, et al. Electro-

magnetic exposure of the general public to DVB-T and DAB transmitters compared to analogue TV and FM radio[C]//IEEE. INICA'07. 2nd International ITG Conference. NY:IEEE,2007.

- [7] FELIX O K, GABRIEL A U, EMMANUEL A C. Investigation and analysis on electromagnetic radiation from cellular base station transmitters and the implications to human body[J]. Journal of Environment and Ecology, 2014(5):46-60.
- [8] OH S S, KIM J M, YUN J H, et al. Antenna measurement method in Fresnel region by cp-variation scanning[C]//IEEE. Antennas and Wireless Propagation Letters. NY:IEEE,2008.
- [9] OH S S, LEE Y H. Simulation study for EIRP measurement of base station antenna using simple phase retrieval technique [C]//IEEE. 2011 XVIth International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic

Wave Theory (DIPED). NY:IEEE,2011.

- [10] 张邦俊,张莉,翟国庆,等. 移动基站近距离区域电磁辐射污染分布特征[J]. 中国环境科学,2002,22(6):565-568.
- [11] YANG J, WANG L, LI X, et al. A prediction model for electromagnetic radiation of multi-system base station[C]//IEEE Computer Society. ICCSEE-13. HANG ZHOU:IEEE Computer Society,2013.
- [12] 姚颖,武攀峰,陆炜. 移动通信基站架设方式对地面电磁辐射分布的影响[J]. 环境监测管理与技术,2016,28(6):64-67.
- [13] 张海鸥,潘超,夏远芬,等. 移动通信基站电磁辐射时空分布及衰减特征[J]. 电力科技与环保,2009,25(4):55-57.
- [14] 陈园园. TD-SCDMA 基站电磁辐射测量和预测方法研究[D]. 郑州:郑州大学,2012.

本栏目编辑 吴珊

(上接第63页)

颗粒)原生磁铁矿和磁赤铁矿等强磁性物质为主,该层位中大部分元素含量相对细粒层偏低。

3 结语

铁帽顶磁铁矿下游的河流沉积剖面中,沉积物中重金属具有较高或者非常高的含量,而综合分析认为,其富集机制应以原生作用为主。研究剖面中 χ_{lf} 的最低值已高于前人认为的污染土壤标准值,其主要原因可能是受上游物源区影响。该区域沉积物中,控制样品磁化率高低的强磁性物质总体含量高,沉积物磁化率背景值相应也高。研究样品的 χ_{lf} 与 χ_{fd} 显著负相关,与污染土壤普遍呈现的特征相一致,而与重金属元素的相关性并未表现出常规污染土壤所呈现的特征,甚至几乎相反。因此,在实际工作中,对于一些特殊区域,简单地利用磁化率指标指示重金属污染水平需要谨慎。

[参考文献]

- [1] ZHOU J M, DANG Z, CAI M F, et al. Soil heavy metal pollution around the Dabaoshan Mine, Guangdong Province, China [J]. Pedosphere, 2007,17(5):588-594.
- [2] 师荣光,郑向群,龚琼,等. 农产品产地土壤重金属外源污染来源解析及防控策略研究[J]. 环境监测管理与技术,2017,29(4):9-13.
- [3] 朱昊,吴春发,陈宜. 苏中地区小麦籽粒重金属含量水平及健康风险[J]. 环境监测管理与技术,2017,29(1):35-38.
- [4] OLDFIELD F, SCOULOS M. Particulate pollution monitoring in the Elefsis Gulf: The role of mineral magnetic studies[J]. Marine Pollution Bulletin,1984,15(6):229-231.
- [5] 方芳,李晓燕. 磁化率对土壤重金属污染的指示作用系[J]. 环境监测管理与技术,2011,23(S1):78-83.

- [6] LIU D X, MA J H, SUN Y L, et al. Spatial distribution of soil magnetic susceptibility and correlation with heavy metal pollution in Kaifeng City, China[J]. CATENA,2016,139:53-60.
- [7] 文昌生,王军. 广东大顶铁矿地质特征及其找矿标志[J]. 资源环境与工程,2015,29(2):164-168.
- [8] 刘青松,邓成龙. 磁化率及其环境意义[J]. 地球物理学报,2009,52(4):1041-1045.
- [9] 卢升高. 土壤频率磁化率与矿物粒度的关系及其环境意义[J]. 应用基础与工程科学学报,2000,8(1):9-15.
- [10] HAY K L, DEARING J A, BABAN S M, et al. A preliminary attempt to identify atmospherically-derived pollution particles in English topsoils from magnetic susceptibility measurements[J]. Physics and Chemistry of the Earth,1997,22(1-2):207-210.
- [11] 旺罗,刘东生,吕厚远. 污染土壤的磁化率特征[J]. 科学通报,2000,45(10):1091-1094.
- [12] 付淑清,殷学博,方国祥,等. 新丰江上游铁矿区河流沉积剖面微量元素特征[J]. 安全与环境学报,2013,13(6):123-127.
- [13] 程志中,谢学锦,潘含江,等. 中国南方地区水系沉积物中元素丰度[J]. 地学前缘,2011,18(5):289-295.
- [14] 任天祥,伍宗华,羌荣生. 区域化探异常筛选与查证的方法技术[M]. 北京:地质出版社,1998:15-17.
- [15] 鄢明才,迟清华. 中国东部地壳与岩石的化学组成[M]. 北京:地质出版社,1997:105-135.
- [16] SAWYER E W. The influence of source rock type, chemical weathering and sorting on the geochemistry of clastic sediments from the Quetico metasedimentary belt, Superior province, Canada[J]. Chemical Geology, 1986(55):77-95.
- [17] 刘彩彩,邓成龙. 南方红土的磁性矿物组成及其区域性差异[J]. 第四纪研究,2012,32(4):626-634.
- [18] 吕镜,刘秀铭,王涛,等. 花岗岩上发育的亚热带红土岩石磁学特征[J]. 第四纪研究,2014,34(3):504-515.
- [19] JINADASAS K B P N. Adsorption of fluoride on goethite surface implications on dental epidemiology[J]. Environmental Geology, 1993, 21(4):251-255.
- [20] 陆雅海,黄昌勇,袁可能,等. 砖红壤及其矿物表面对重金属离子的专性吸附研究[J]. 土壤学报,1995,32(4):370-376.