文章编号:1001 - 893X(2011)04 - 0120 - 06

加强电磁环境保护,提高城市电磁兼容水平*

管登高[1,2,3],孙传敏[3],孙 遥[3],徐冠立[3],林金辉[1,2],何政伟[3]

(1.成都理工大学 材料与化学化工学院,成都 610059;2.矿产资源化学四川省高校重点实验室,成都 610059;
3.成都理工大学 地球科学学院,成都 610059)

摘 要:分析了城市电磁环境的主要污染源,阐述了城市电磁环境污染的主要危害。提出了加强电磁环境保护、提高城市电磁兼容水平的 4 条主要措施和建议:一是要加强对电磁污染源的约束监管功能;二是要实施强制电磁环境影响评价与认证制度;三是要研发推广经济实用的抑制电磁辐射的新材料、新器件和新技术;四是要加强电磁辐射防护的宣传教育等。

关键词:城市电磁兼容性;电磁环境污染;电磁辐射;电磁环境保护

中图分类号:TN03;TN972 **文献标识码**:A doi:10.3969/j.issn.1001 - 893x.2011.04.026

Strengthen Electromagnetic Environmental Protection and Upgrade Urban Electromagnetic Compatibility Level

GUAN Deng-gao[1,2,3], *SUN Chuan-min*[3], *SUN Yao*[3],
XU Guan-li[3], *LIN Jin-hui*[1,2], *HE Zheng-wei*[3]

(1.College of Materials and Chemistry & Chemical Engineering,Chengdu University of Technology,
Chengdu 610059,China;2.Mineral Resources Chemistry Key Laboratory of Sichuan Higher Education Institutions,
Chengdu 610059,China;3.College of Earth Sciences,Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract:This paper analyses the main pollution sources of urban electromagnetic environment,introduces the chief harms of urban electromagnetic environmental pollution,and puts forward four main measures and suggestions to strengthen electromagnetic environmental protection and upgrade urban electromagnetic compatibility (EMC) level: (1)enhance the supervision and constraints functions of electromagnetic pollution sources;(2) carry out the compulsive environmental impact assessment and certification system;(3) research and develop economic and useful new materials, devices and technologies capable of restraining electromagnetic radiation;(4) promote more publicity and education concerning the electromagnetic radiation protection etc.

Key words:urban electromagnetic compatibility; electromagnetic environmental pollution; electromagnetic radiation; electromagnetic environmental protection

1 引 言

随着城市经济快速发展、人口剧增和现代电磁技术的广泛应用,各种频率电磁波的交互作用使城市中人为电磁能量显著增加[1]。由空间、时间和频谱 3 个要素组成并存在于城市环境中所有电磁现象

* **收稿日期**:2010 - 12 - 14;**修回日期**:2011 - 02 - 28
基金项目:四川省青年基金项目(09ZQ026 - 047);矿物学、岩石学、矿床学国家重点(培育)学科建设项目(SZD0407)
Foundation Item:Sichuan Youth Sci - tech Fund(09ZQ026 - 047);National Key Disciplines (Cultivation) Construction Project of Mineralogy,Petrology and Mineral Deposit Geology of China(SZD0407)

的总和称为城市电磁环境。由电磁辐射引起的城市电磁环境的复杂与恶化已成为一种新的城市现代病——被称为“隐形杀手”的城市电磁环境污染,对城市发展与正常生产生活造成的危害越来越严重[2-3]。为此,电磁环境污染已被世界卫生组织(WHO)列为继大气污染、水污染和噪音污染之后的世界第四大环境污染,联合国人类环境大会已将其列入必须控制的主要污染物之一。

加强城市电磁环境保护、提高城市的电磁兼容水平已成为城市发展和日常运行过程中十分重要的内容之一。随着城市发展理念和建设水平的逐渐提高以及人们对城市电磁环境污染研究的进一步深入,人们越来越重视对城市电磁环境污染的防护与治理。因此,探讨城市电磁环境污染的产生、危害与防治对策,对加强城市电磁环境污染的防治和提高城市电磁兼容水平,以及对促进城市经济发展、社会进步与环境保护三者保持高度和谐统一具有十分重要的作用和现实意义。

2　城市电磁环境的主要污染源

2.1　通信、广播电视发射系统的电磁环境污染

广播电视发射系统主要包括长、中、短波广播、调频广播、电视及差转发射台。其中,从环境电磁辐射电平来看,广播电视发射塔对城市电磁环境所造成的污染最大[4]。发射塔越建越高,这是为了让电视发射天线更高,信号播送的范围更大。如我国的广州塔塔高450 m,天线桅杆160 m,总高达610 m,是当前世界上最高的电视塔之一[5]。发射塔多用电磁辐射性能更好的天线和增大发射功率,以使天线辐射的有用电磁信号更强,从而提高信号的有效接收距离。部分城市的电视发射频率已逐渐从甚高频(VHF, 30 ~ 300 MHz)向特高频(UHF, 300 ~ 3 000 MHz)发展,电视发射功率由几十千瓦发展到几百千瓦。发射塔多位于人口较为稠密的市区或近郊区,以使这些地区有较高场强的电平,从而方便用户接收到较高质量的电视信号。因此,在广播电视发射系统附近尤其是沿主辐射方向区域,存在较强的电磁环境污染。据文献报道[4],在距离高达525 m的莫斯科电视塔(发射功率315 kW)300 m处的地面的电磁辐射场强高达3.8 V/m。

近年来,由于集群专业网、移动、寻呼等通信业务的迅速发展,位于高层建筑的移动通信基站、专业通信网站、寻呼通信基站、微波通信台和地面卫星发射台等用以通信的发射基站、发射台和发射天线的数量日益增多,其电磁场强度日渐增强,局部区域存在超标现象。文献[6]报道的北京架设移动通信天线的某楼顶平台电磁辐射环境监测值大多数小于30 μW/cm^2,但部分平台区域达 40 ~ 80 μW/cm^2,超过了国家规定的限值。

2.2　电力设备系统的电磁环境污染

电力设备系统的电磁环境污染主要来源于各类电力传输线路和变电站等。目前,我国电网输送的是50 Hz工频交流电,其输送电压主要为220/380 V(0.4 kV)、3 kV、6 kV、10 kV、20 kV、35 kV、66 kV、110 kV、220 kV、330 kV和500 kV等,其中,110 kV以上的为高压。输送导线周围和变电站附近产生的工频电场和工频磁场,对人体健康有一定的危害。此外,高压架空送电线路和高压变电站产生的放电频率可达几十千赫的电晕放电和放电频谱可高达数百兆赫的绝缘子放电,这类电磁噪声会对广播和无线通信产生一定的电磁干扰[7]。据文献报道[3],在某露天 500 kV 高压线下电磁辐射场强竟高达5 000 V/m左右,大于4 000 V/m的限值。

2.3　工业、科学和医疗用高频设备的电磁环境污染

工业、科学和医疗用射频设备是指除无线电通信和信息技术设备领域外,为工业、科学、医疗(包括具体用途)目的而产生和/或使用射频能量的设备或器具[8]。这部分设备的主要用途是将高频电磁能转化成热能,如中高频感应加热设备、高频介质加热设备、微波加热及医疗设备、射频医疗设备、射频弧焊设备、电动工具和办公用电子电气设备等。目前,这类设备的年增长率基本都保持在 20% 以上。这些现代化的设备在工作时会产生一定的射频电磁骚扰并向城市空间辐射,从而影响周围电子电气设备的正常工作,加剧城市空间电磁环境污染。表 1[8]为国际无线电干扰特别委员会(International Special Committee on Radio Interference, CISPR)根据《工业,科学和医疗(ISM)射频设备电磁骚扰特性的测量方法和限值》CISPR11 - 1990 提供的2.5 GHz以下工业、科学和医疗用设备的电磁辐射骚扰实测数据。

表 1 2.5 GHz 以下工业、科学和医疗用设备的电磁辐射骚扰实测数据

Table 1 Measured data of electromagnetic radiation disturbance of ISM devices under 2.5 GHz

中心频率/MHz	频率范围/MHz	辐射场强电平范围/(dBμV/m)
6.78	6.765 ~ 6.795	80 ~ 100
13.56	13.553 ~ 13.567	80 ~ 120
27.12	26.957 ~ 27.283	70 ~ 120
40.68	40.660 ~ 40.700	60 ~ 120
433.92	–	60 ~ 120
915	–	60 ~ 120
2 450	2 400 ~ 2 500	30 ~ 120

2.4 城市交通设备系统的电磁环境污染

由于城市机动车、电气化轨道交通等的快速发展,交通干线两侧的电磁环境污染日渐增强。城市电气化轨道交通产生电磁辐射的设备主要是配电及牵引变压器等变电设备及附属设施,以及由集群基站等组成的通信与控制系统等设备和变频变压电动列车。据文献[9]报道,北京地铁八通线列车型式试验结果表明,在型号为 VVVF 的变频变压电动列车客室内距地面450 mm测得其磁场强度小于等于10 G,在距地面900 mm其磁场强度小于等于5 G。

机动车发电机的整流器、发动机的点火系统、电动喇叭、蓄电池的大电流瞬时通断等会产生一定的电磁噪声。例如,当发动机点火系统点火时可产生火花电流脉冲和电弧,其中,火花电流的频谱包括基波、谐波和 X 频段[2]。相对于一般的内燃机汽车,混合动力汽车的电磁骚扰特性更复杂,电磁干扰问题更严重。文献[10]报道了某混合动力汽车按 GB/T 18387 – 2008 标准对其电磁场强度测试结果表明,该车在 12 ~ 17 MHz和 24 ~ 30 MHz频段其电场强度超标,而在 26 ~ 30 MHz频段其磁场强度超标。

2.5 家用电器的电磁环境污染

在城市生活中,家用电器也是重要的电磁环境污染源,主要是以高频辐射为主的微波炉、手机等以及以低频辐射为主的电视机、空调和电脑等,其电磁环境污染的程度与这些辐射源的数量、功率、空间分布及使用频率等有关。文献[11]报道了房军等人依据 GB9175 – 88《环境电磁波卫生标准》于 2004 年前后对北京市昌平等城区的 8 个居民小区的 174 户市民家中的微波炉等家用电器的电磁辐射强度进行了测试,结果见表 2。

表 2 北京市部分家用电器电磁辐射检测结果

Table 2 Detection result of electromagnetic radiation of partial household electronic appliances in Beijing city

电器名称	样本数量	距离/cm	测试结果/(μW/cm²)	合格率/%
微波炉	15 种品牌 132 台	距炉门 5	10.6 ~ 650.0 平均值为 181.9	0
		距炉门 20	平均值为 32.0	21.2
		距炉门 50	平均值为 9.0	62.9
电磁炉	4 种品牌 5 台	距正前方 5	平均值为 189.3	0
		距正前方 20	平均值为 10.7	40
		距正前方 50	平均值为 1.5	100
电脑显示器	36 种品牌 76 台	距屏幕 5	平均值为 2.19	93.4
		距屏幕 20	< 1.0	100
		距屏幕 50	≈0.0	100
电视机	40 种品牌 168 台	距屏幕 5	0 ~ 99.2 平均值为 15.2	49.4
		距屏幕 100	< 1.0	100
		距屏幕 300	≈0.0	100

综上所述,通信、广播电视发射系统,电力设备系统,工业、科学和医疗用高频设备,城市交通设备系统及家用电器等是城市中的主要电磁环境污染源。随着城市进一步发展,城市电磁辐射污染源更多、更复杂,局部电磁环境污染更为严重。

3 城市电磁环境污染的主要危害

3.1 电磁环境污染会降低城市电磁兼容水平

恶化的电磁环境会降低城市电磁兼容水平。所谓城市电磁兼容性(Urban Electromagnetic Compatibility,UEMC)是指设备或系统在城市电磁环境中既能满足其功能要求又不会对城市环境中的任何事物带来不能容忍的任何可能引起装置、设备或系统性能降低或对有生命或无生命物质产生损害作用的电磁现象的能力。UEMC 包括传导、辐射两种类型的电磁干扰(Electromagnetic Interference,EMI)和电磁耐受(Electromagnetic Susceptibility,EMS)等。其中,电磁干扰的危害尤为严重,可造成数字系统与数据传输过程中数据的丢失,影响收音机、电视机的正常收看和收听,引起仪器的假计数甚至误动作,造成导航系统的工作失常、起爆装置的无意爆炸和石油、化工等工业过程控制功能的失效等,导致从小的麻烦到大的灾难性后果[12]。

3.2 电磁环境污染会危及城市电磁信息安全

电磁环境污染会危及城市电磁信息安全。在电

子信息设备工作过程中产生一定的电磁信息泄密的原因在于[13]:由于计算机显示器、通信线路、主机、打印机等输出设备存在的“硬缺陷漏洞”而使计算机易产生电磁泄漏;由于软件程序等存在的“软缺陷漏洞”而使计算机网络较为脆弱和易受攻击。据文献[14]报道,荷兰学者 Wim VanEck 1985 年在《Computer & Security》上首次报道了用改装的黑白电视机把 1 000 m之外的计算机显示器上的信息复现出来的研究结果。目前,其窃取、复现与还原的最远接收距离可达1 600 m以外甚至更远距离。而对于“手机监听王”,用户只要在其上输入被监听手机号码,可监听该手机通话资讯长达20 h以上[15]。因此,由电磁环境污染引起的城市电磁信息安全问题越来越引起世界各国的高度重视。

3.3　电磁环境污染会危害市民健康

随着城市空间电磁环境污染的加剧,人类在尽情享受各种各样的电磁技术带来的高效、便捷服务的同时,作用于人体的电磁辐射会通过热效应、非热效应和积累效应对人体的健康造成一定的危害[16]。由于人体是电磁波的良导体,当能量过大(功率密度大于100 mW/c)的电磁辐射持续长时间穿过人体时,被人体吸收的电磁能量不容易及时通过人体自身的热调节机制散发出去,就会引起人体温度升高,这就是电磁辐射的热效应。如果电磁波长时间作用于人体神经系统,会影响脑电流以及人体的循环、免疫、生殖和代谢等功能,甚至诱发癌症等,这就是电磁辐射的非热效应和积累效应。多种频率电磁波长时间作用于人体,易使人的精力、体力减退,生物钟紊乱,记忆、思考和判断力降低,甚至诱发白内障、脑肿瘤、心血管疾病以及妇女流产和不孕等病变。

由此可见,恶化的城市电磁环境,既会降低城市的电磁兼容水平,又会危及电磁信息安全,还会危害市民健康。

4　加强电磁环境保护、提高城市电磁兼容水平的主要措施

4.1　加强政府相关职能部门对电磁环境污染源的约束和监管

随着城市电磁环境污染源日益增多,城市局部区域的电磁环境污染越来越严重,对城市的发展及正常生产和生活造成了一定的危害。因此,迫切需要加强政府相关职能部门对电磁环境污染源的约束和监管。

首先,要成立相应的行政主管部门,落实其监管权利和职责。为此,国家环保部专门设立了主要负责与电磁环境保护等有关的法律、法规、标准和规范的制定、组织实施及监督管理的核安全管理司(辐射安全管理司),及主要负责组织管理国家环境监测网、组织实施各地的重点和基础监测站对电磁污染源进行监督监测等的环境监测司。

其次,要与时俱进,建立科学、实用和可操作性强的电磁辐射标准体系,规范电磁辐射剂量,统一监管依据。

最后,要及时开展城市电磁环境污染源申报登记,建立城市电磁环境污染源数据库,弄清城市电磁辐射污染设施的分布、运行功率、频率分布等情况,并及时将各类电磁辐射污染源全部纳入监控范围,提高监管能力。

为此,国家环保总局在 1997—1998 年组织实施了首次全国电磁辐射污染源调查。徐州市环保局已对徐州市电磁辐射环境的污染现状进行了调查[17],这对城市电磁环境污染源的控制与治理具有重要的作用和意义。

4.2　加强规划布局,实施强制电磁环境影响评价与认证制度

为了提高城市电磁兼容水平,还需充分发挥环保部门在城市建设中对电磁环境规划布局的指导作用,实施强制电磁环境影响评价与认证制度,特别是对新上电磁辐射设备、项目严格执行环境影响评价与认证制度。例如,在广播电视塔、变电站、高压线、手机基站等大型项目的规划布局及开工建设前要经过严格的电磁环境影响评价,建成后需接受专业机构的检测、验收。环保部门还需加强对城市环境中电磁辐射等的常规监测、督察和执法,对局部区域内造成电磁环境污染较严重的设备及其设施提出整改指令,并督促其达到整改效果。此外,还要加强合作,共同采取措施提高电子电气产品的 EMC 性能和进入城市流通的门槛。为此,我国已于 2002 年 5 月 1 日起对电子电气等强制性产品实行 CCC 认证制度,规定凡列入强制性产品认证目录内的产品必须获得经国家指定的专门机构的 CCC 认证方可上市流通。目前,我国 CCC 认证的第二类标志即为“CCC + EMC”电磁兼容类认证标志,第三类标志为“CCC + S&E”安全与电磁兼容认证标志。将电磁辐射污染控制在国家规定的安全标准之内,杜绝产生新的电磁辐射污染

源,从源头上控制电磁辐射污染,这对城市电磁环境污染源的控制具有重要的作用和意义。

4.3 研发推广经济实用的抑制电磁辐射技术

屏蔽、接地与滤波是抑制电磁辐射提高 EMC 的三大关键技术[18]。屏蔽是用电磁波屏蔽材料对电子电气设备及其所处环境进行防护的技术,屏蔽材料是实现电磁波屏蔽技术的重要物质基础。接地是为了防止电磁干扰而将屏蔽体与地或干扰源的金属壳体之间所做的永久良好的电气连接,这样既可有效保护屏蔽接地体内的设备免受外界电磁波的干扰,又可通过降低屏蔽体外的电磁波强度来减轻或消除电磁波对人体的危害。滤波就是通过滤波器、滤波电路等从含有噪声或干扰的接收信号中将特定频段频率滤除,从而提取有用信号分量的一种技术方法。这三大关键技术在成本、电磁辐射防护性能、使用和维护的难易程度等方面各有特点。研发和推广经济实用的电磁辐射抑制技术对改善城市电磁环境提高电磁兼容水平方面具有十分重要的作用和意义。

4.4 加强电磁辐射污染防护的宣传教育工作

加强电磁辐射污染防护的宣传和教育工作,既利于消除市民由于对电磁辐射的误解而导致的不必要的恐慌,又利于引导市民科学预防电磁环境污染。为此,国家环保部专门设立了主要负责组织、指导和协调全国环境保护宣传教育工作和促进生态文明建设的环境保护宣传教育司,各级地方政府也成立了与此相对应的职能机构,宣传教育引导市民在日常生活和工作中注意加强对电磁辐射污染进行时间和空间防护[19]。例如,要教育市民正确摆放各种电子电气设备,要与电子电气设备保持适当距离,要避免同时启用多种电子电气设备,要缩短电子电气设备的使用时间,每天可服用一定量的维生素 C 或者多吃些富含维生素 C 的新鲜蔬菜(如西红柿、辣椒、香椿、菜花、菠菜等)、水果(如柑橘、枣等)和富含维生素 A、C 和蛋白质的食物(如瘦肉、动物肝脏等)。这些措施可在一定程度上起到积极预防和减轻电磁辐射对人体造成伤害的作用。

可见,为了加强电磁环境保护、提高城市电磁兼容水平,加强政府相关职能部门对电磁环境污染源的约束和监管,需加强规划布局实施强制电磁环境影响评价与认证制度,研发和推广经济实用的抑制电磁辐射技术和加强电磁辐射污染防护的宣传教育工作。

5 结 论

城市主要的电磁环境污染源主要包括通信、广播电视发射系统,电力设备系统,工业、科学和医疗用高频设备,城市交通设备和系统以及家用电器等。恶化的城市电磁环境会降低城市的电磁兼容水平、危及电磁信息安全和危害市民健康。为了加强电磁环境保护提高城市电磁兼容水平,需加强政府相关职能部门对电磁环境污染源的约束和监管,加强规划布局实施强制电磁环境影响评价与认证制度,研发和推广经济实用的抑制电磁辐射的新材料、新器件和新技术,以及加强电磁辐射污染防护的宣传教育工作。

参考文献:

[1] 赵玉峰.现代环境中的电磁污染[M].北京:电子工业出版社,2003.
ZHAO Yu-feng. Electromagnetic Pollution in Modern Environment[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003. (in Chinese)

[2] 孟超,高燕,于淼,等.城市电磁辐射污染的产生与危害[J].安全,2005(5):29-33.
MENG Chao, GAO Yan, YU Miao, et al. Production and Harmfulness of Electromagnetic Radiation Pollution in Cities[J]. Safety, 2005(5): 29-33. (in Chinese)

[3] 王毅,徐辉,麻桂荣,等.城市电磁环境的新问题[J].城市管理与科技,2001,3(3):29-33.
WANG Yi, XU Hui, MA Gui-rong, et al. New Problems of the Electromagnetic Environment in Cities[J]. Urban Administration and Technology,2001,3(3):29-33. (in Chinese)

[4] 王毅.城市电视、广播电磁环境调查与研究[J]. 环境工程,1994,12(3):55-59.
WANG Yi. Investigation and Research on the Electromagnetic Environment of Radio and Television in Cities[J]. Environment Engineering,1994,12(3):55-59. (in Chinese)

[5] 黄襄云,周福霖,金建敏,等.广州新电视塔结构模型振动台试验研究[J].土木工程学报,2010,43(8):21-29.
HUANG Xiang-yun, ZHOU Fu-lin, JIN Jian-min, et al. Shaking Table Test of Guangzhou New TV Tower[J]. China Civil Engineering Journal, 2010,43(8):21-29. (in Chinese)

[6] 臧瑞华,孙全红.北京市移动通信台(基)站电磁辐射的监测与思考[J].环境保护,2001(8):27-28.
ZANG Rui-hua,SUN Quan-hong. Environmental monitoring and Thinking of electromagnetic radiation from Beijing Mobile Stations[J]. Environmental Protection,2001(8):27-28.(in Chinese)

[7] 杨琳.高压输变电工程与电磁辐射环境保护[J]. 山东电力高等专科学校学报, 2004,7(1):51-53.

YANG Lin. High - voltage Power Supply and Transformation and Environment Protection of Electromagnetism Radiation [J]. Journal of Shandong College of Electric Power, 2004,7(1):51 - 53. (in Chinese)

[8] 龚增,刘京林.工业、科学和医疗射频设备电磁骚扰及其测量[J].电子质量, 2000(12):28 - 37.
GONG Zeng, LIU Jing - lin. Electromagnetic Disturbance of Industrial, Scientific, Medical Radio - frequency Equipment and Its Measurement[J]. Electronics Quality, 2000(12):28 - 37.(in Chinese)

[9] 徐阳,梁青槐.北京地铁八通线电磁辐射污染的调查及控制[J].都市快轨交通,2006,19(4): 90 - 92.
XU Yang, LIANG Qing - huai. Investigation and Controlling Measures for Electromagnetic Pollution on Ba - tong Line of Beijing Subway[J]. Urban Rapid Rail Transit,2006,19(4): 90 - 92. (in Chinese)

[10] 金松涛,刘青松.混合动力汽车电磁兼容技术研究[J].客车技术与研究,2010(2):45 - 46.
JIN Song - tao, LIU Qing - song. Study on Electromagnetic Compatibility for Hybrid Electric Vehicles[J]. Bus Technology and Research,2010(2):45 - 46. (in Chinese)

[11] 房军,黄相刚,韩京秀.北京市家庭常用电器电磁辐射状况研究[J].卫生研究, 2007,36(2):181 - 182.
FANG Jun, HUANG Xiang - gang, HAN Jing - xiu. Study on Electromagnetic Radiation of Beijing Family Common Appliances[J]. Journal of Hygiene Research, 2007,36(2): 181 - 182. (in Chinese)

[12] 张淑琴,张彭.电磁辐射的危害与防护[J].工业安全与环保,2008,34(3):30 - 32.
ZHANG Shu - qin, ZHANG Peng. The Harm and Protection of Electromagnetic Radiation[J]. Industrial Safety and Environmental Protection,2008,34(3):30 - 32. (in Chinese)

[13] 管登高.防电磁信息泄密宽频带电磁波屏蔽集成复合材料研究[D].成都:四川大学, 2004:3.
GUAN Deng - gao. Investigation on Shielding Integration Compound Materials for Preventing the Information of Broadband - frequency Electromagnetic Wave from Leakiness[D]. Chengdu:Sichuan University, 2004:3.(in Chinese)

[14] Van W Eck. Electromagnetic Radiation from Video Display unit: an Eavesdropping Risk[J]. Computer & Security, 1985(4):269 - 286.

[15] 陈运迪. 解剖"手机窃听器"[J].电脑知识与技术, 2004(6):59 - 60.
CHEN Yun - di. Dissection of Mobile Phone Listening Devices[J]. Computer Knowledge and Technology,2004(6): 59 - 60.(in Chinese)

[16] 管登高,孙传敏,孙遥,等.一种新研制的电磁屏蔽涂料及其在 EMC 中的应用[J].电讯技术, 2009,49(12): 43 - 46.
GUAN Deng - gao, SUN Chuan - min, SUN Yao, et al. A Newly - developed Electromagnetic Shielding Composit Coating and its Application in EMC[J]. Telecommunication Engineering, 2009,49(12):43 - 46. (in Chinese)

[17] 崔百超,王明明,苏文文. 徐州市电磁辐射环境的污染现状调查及评价[J]. 污染防治技术,2010,23(2):32 - 35.
CUI Bai - chao, WANG Ming - ming, SU Wen - wen. Investigation and Evaluation of the Radiation Environmental Quality in Xuzhou[J]. Pollution Control Technology, 2010, 23(2):32 - 35.(in Chinese)

[18] 张先立,吕斌.复杂电磁环境下电磁兼容性设计[M].兰州:甘肃人民出版社,2006:30 - 76.
ZHANG Xian - li, LV Bin. EMC Design under the Complex Electromagnetic Environment [M]. Lanzhou: Gansu People's Publishing House,2006:30 - 76.(in Chinese)

[19] Guan Deng - gao, Sun Chuan - min, Sun Yao, et al. Electromagnetic Radiation and Electromagnetic Radiation Environmental Pollution Protection[C]//Proceedings of 2010 International Conference on Engineering and Business Management. Chengdu, China: Scientific Rosearch Publishing House,2010:3400 - 3403.

作者简介:

管登高(1970—),男,四川广元人,2004 年于四川大学获工学博士学位,现为副教授,主要研究方向为电磁波屏蔽吸波材料;

GUAN Deng - gao was born in Guangyuan, Sichuan Province, in 1970. He received the Ph.D. degree from Sichuan University in 2004. He is now an associate professor. His research interests include electromagnetic shielding and absorbing materials.

Email:gdg@cdut.edu.cn

孙传敏(1953—),男,四川资阳人,1996 年于瑞士日内瓦大学获工学博士学位,现为教授,主要研究方向为矿物学、岩石学、矿床学。

SUN Chuan - min was born in Ziyang, Sichuan Province, in 1953. He received the Ph.D. degree from Geneva University in 1996. He is now a professor. His research interests include mineralogy, petrology and mineral deposits.

Email:scm@cdut.edu.cn