

电磁辐射环境影响及 电磁兼容学术讨论会 论文集

国家环境保护局
监督管理司 编

中国环境科学出版社

• 北 京 •

图书在版编目 (CIP) 数据

电磁辐射环境影响及电磁兼容学术讨论会论文集/国家环境保护局监督管理司编. -北京: 中国环境科学出版社, 1996. 10

ISBN 7-80135-109-6

I. 电… II. 国… III. ①电磁辐射-辐射环境-学术会议-文集②电磁兼容性-学术会议-文集 N. R122.4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 17258 号

内 容 简 介

本书是全国首次有关电磁辐射环境保护与电磁兼容学术讨论会的学术论文集。

全书收集了有关专家、学者对电磁辐射与电磁兼容在环境保护方面面临的问题、现状、以及探索有关措施、管理办法的各种论文近 50 篇。以利于广大读者对电磁辐射及电磁兼容对环境影响的认识和了解。

本书可供从事电磁辐射、电磁兼容、环境管理的科技人员、管理人员学习、参考。

中国环境科学出版社出版发行

(100062 北京崇文区北岗子街 8 号)

北京市燕山联营印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1996 年 10 月第 一 版 开本 850×1168 1/32

1996 年 10 月第一次印刷 印张 10 5/8

印数 1—600 字数 284 千字

ISBN 7-80135-109-6/X · 1078

定价: 18.00 元

目 录

谈电磁生态效应	高攸纲 (1)
电磁辐射环境研究——国外动态与建议	张林昌 (7)
电磁辐射环境管理	赵亚民 (16)
浅谈电磁辐射环境管理中的几个问题	范锦华 (24)
深圳特区环境电磁辐射传播模型研究与污染水平 评价	孙杰等 (28)
厦门市环境电磁辐射污染的测量与评价	赖成宗 (36)
抚顺市环境电磁辐射分布规律的研究与评价	王振新等 (46)
昆明城区电磁辐射调查	李树林 (56)
包头市环境电磁辐射监测与环境质量评价	王灵秀等 (62)
城市环境电磁波及人群暴露水平	施浚人等 (69)
城市电视、广播电磁环境调查与研究	王 毅等 (71)
天津电视塔电磁辐射现状、调查与研究	王淑萍 (78)
广东宝岗电台的电磁辐射对周围环境影响的调查	周 毛等 (95)
兰州市工业射频设备近场区电磁辐射污染现状 监测与评价	刘生海等 (105)
深圳特区交通干线汽车火花干扰对局部环境 电磁污染测试与调查	孙 杰 (111)
对医院电磁环境的制约技术	鲍协文等 (115)
超高压输电线路邻近民房时的工频电场效应	周琴斌等 (120)
关于“高压线路个别地段危及群众安全”的调 查报告 (摘要)	周琴斌等 (129)

微波, 卫星通讯中微波辐射的影响及防护	何文印	(138)
放射性废物微波真空干燥处理器的漏能防护	陈宗明	(147)
高频介质热合机电磁辐射控制技术研究	赖成宗	(151)
关于危害电磁场强测量时注意的问题	于华昌等	(158)
关于环境电磁辐射测量中有关问题的探讨	隋文力等	(166)
趋势面分析在环境电磁辐射监测中的应用	刘文魁等	(170)
机载源天线有效辐射功率电平测量	陈桂敏	(174)
生物体电磁特性及无损测量	吴正炳等	(181)
人体可承受的电磁环境	鲍协文等	(188)
关于我国电磁辐射环境基准研究刍议	姚耿东等	(198)
强电磁脉冲对屏蔽体内的影响	虞国寅等	(204)
电磁兼容幅度筛选措施	刘 萍等	(210)
电磁兼容技术频率剔除	刘 萍等	(217)
抗干扰光检测电路的分析与模拟	洪淑清等	(224)
电子器件对微波辐照敏感度的测量	陈琅轩	(228)
亚纳秒电磁脉冲通过孔缝与腔体耦合实验	景 涛等	(235)
低成本光纤传输系统及其主要性能测试	董天临等	(243)
超高频电感线圈 CAD	洪淑清等	(246)
两种大地导电率算法的研究	陈建成等	(249)
电磁脉冲滤波器	柳光福等	(260)
平面波导相控阵天线的矩量法分析	闫恒庄等	(267)
Prony 法在电磁脉冲模拟试验数据处理中的 应用	刘 凯等	(274)
计算机软件可靠性的研究	聂 焱等	(278)
关于计算机的电磁兼容性研究	卢 凌等	(283)
大型计算机机房电磁兼容性问题的考虑	卢 凌等	(291)
电热毯的电磁场强度和人体感应电流	鲁德强等	(297)
电热毯的安全性评价和防护	姜 槐等	(301)
低电磁场安全型电热毯的研制	鲁德强	(303)
暴露在超短波电磁场中大鼠的剂量效应	徐培基等	(305)

蒜和蚕豆根尖微核技术监测电磁辐射污染

的实验比较 刘文魁等 (310)

微波辐射对大鼠血清和毛发中微量元素

含量的影响 刘文魁等 (315)

微波辐射对大鼠过氧化脂质的影响研究 刘文魁等 (316)

电磁辐射场的理论计算 (摘要) 倪士英等 (317)

劈形算子在矢量场论中的误用 (摘要) 吴雄斌等 (318)

从军事角度看电磁脉冲效应 (摘要) 刘永新等 (319)

核电磁脉冲的统计模式识别 (摘要) 谢玉钧等 (320)

短时AR模型在NEMP模式识别中的应用 (摘要)

..... 王庐松等 (321)

Fisher判别方法在核电磁脉冲识别中的应用 (摘要)

..... 谢玉钧等 (322)

复杂目标的改进部件分解法 (摘要) 杨河林等 (323)

近远场更换中的无相位技术——圆柱面扫描情况

..... 董文锋等 (324)

一种工件自进动式扩展场型微波烧结应用器

..... 傅文斌等 (325)

关于转发《'95全国电磁辐射环境保护及电磁

兼容学术研究会》会议纪要的通知..... (326)

谈电磁生态效应

高 攸 纲

(北京邮电大学 171 信箱 100088)

前 言

环境科学当前已引起政府部门及众多学者的关注。电磁场也已成为当今的重要环境因素之一。电磁辐射源包括无线电及电视广播的天线、空中交通管制系统的雷达天线以及其它多种民用及军用电子设备,还包括移动通信的手持收发信机等的众多通信系统。加之近年来高压输电线电压等级不断升高,电气化铁道不断扩展,人们所处的空间电磁环境日益恶劣,随着环境保护意识的增强,人们对暴露在电磁场中可能危害健康的问题极为关心。世界各国有关科技人员对此进行了必要的研究,研究的中心问题是电磁场对包括人类在内的各种生物的组织作用后所产生的生物效应,本文就此情况作一介绍。

一、强电线电场对环境的影响

国外医学研究结果表明,强电线的电场对人体组织产生有害影响。据德国某医学杂志报道,住在强电线附近的居民,由于强电场的长时间作用,血液和神经系统发生变性,使一些居民受电磁污染而死亡。德国有一位妇女曾向法院告状:自从电力总局在她的农场附近架设高压输电线以来,她的奶牛产奶量开始减少,因此要求赔偿。后经确定,电线附近的电场确实能影响家畜乳腺的正常功能。在美国,电磁环境问题,特别是超高压输电线下的电磁环境问题是在 1972 年 50 万伏输电线开始应用时提出来的。在

美国这一电磁环境问题已经成为居民的切身利益问题。引起电磁环境的因素是输电线电晕放电杂生的杂波（可听噪声、电视、收音机和杂波等）、臭氧以及导体内电流及电压产生的磁场及电场。

日本在 1976 年修改的电气设备技术标准第 112 条 3 项明确指出，考虑对人类的影响，规定在离地面高 1 米处的电场强度应在 3 千伏/米以下。在美国电气安全规范（NESC）等文献中并没有明确规定超高压输电线下的电场容许值，但通常取 8~10 千伏/米。

苏联 Korobkova 夫人曾向 CIGRE 提交了报告，介绍苏联在对 40~50 万伏级变电所内工作的 45 个工人进行健康诊断的情况。在平均电场强度为 7.8~10 千伏/米直接感应电流 120 微安的环境中的工人，有 26 人患有神经衰弱，中枢神经机能障碍等疾病，有 12 人患有心血管系统失调等疾病，14 人心电图异常，41 人诉说有头痛、疲劳、失眠、消化系统失调等疾病，这些诊断结果在生理学的研究中也得到了证明。以后又在 50 万伏变电所工作的 250 个工人中看到同样的病症，因此制定了电场强度不超过 5 千伏/米的标准（作业人员）。

最近我国邵方殷等同志在浙江一带对 50 万伏交流输电线下的电场进行了大量测试研究工作，指出一般居民的房屋能有很好的屏蔽作用。万里兮同志对房屋引起的电场畸变进行了深入的分析研究。

为了分析工频电场长期作用于人体的影响，国外近年来还曾对鼠类进行了观察研究。试验中将老鼠分成两类，其中一群直接受电场影响，而另一群则事先加以保护，从而观察两群老鼠的生活状态，进行对比，以分析工频强电场对它们的影响。通过观察，发现工频强电场对雌鼠影响较大。在饮水量、生长速度、体重及白血球指标方面都出现了明显差别。

强电线引起的工频场可用镜像法进行计算。通过计算，如规定地面以上 1.8 米处场强不超过 5 千伏/米，则对 33 万伏的工频输电线而言，人体与输电线中心线距离应在 15 米以上，而与最近

1

的边线距离应在 6 米以上；对 50 万伏的工频输电线而言，人体与输电线中心线的距离应在 22 米以上，而与最近的边线距离应在 10 米以上。电压等级愈高，则此距离愈大。我国付宾兰同志对葛洲坝至上海的直流输电线的空间电荷及静电场进行了分析，提出了作用于人体的场强不得超过 6 千伏/米，并提出人员离开输电线的距离应在 29 米以上。此外，日本近年来还用平行平板电极产生的 50 千伏/米电磁场对植物玉米和苜蓿的发芽和生长状况作了实验。在发芽过程中没有发现特别的变化。但在生长过程中，在叶尖看到电晕，发生了损伤及变色现象。这可能是由于电晕产生热及臭氧等的影响。在 25 千伏/米的电磁情况下也可能看到电晕，而在 20 千伏/米时却没有损伤，因此建议把产生电晕的门限值定为 22.5 千伏/米。

二、射频场影响

电磁场的生物效应，一般有以下几点看法：

1. 当人暴露在辐射电磁场中时，外界入射场以不同的程度影响人组织，感应产生电流并产生能量吸收现象。

2. 能量耦合的过程决定于暴露在场中人体形态、大小以及场的参量。

3. 在暴露过程中能量吸收率一般超过能量耗散率，以致体温上升。大多数电磁场生态效应就是这种热刺激的间接后果，因此被看作热效应。

4. 在内部场的场强与生物效应的烈度间存在密切的关系。内部场的强度，常用该场向物体单位重量发出的能量来衡量，此能量率即通常所谓的“比吸收率 (SAR)”，并以每公斤的瓦数来表示。

5. 有一个 SAR 整体临界值，超过此值就增大了健康危害效应的可能性。

6. 对在局部加热较集中的部分而言，SAR 整体临界值的概念并不足以防护有害的生物效应。

例如，当人体暴露于手持发射机的非均匀电磁场中，在人体内形成复杂的场分布，头部组织的分层结构及形状使场更偏向不均匀分布。从比吸收率来说，场模型需要着重考虑该组织的电气特性差异。

7. 局部过分加热将产生有害的生物效应。应尽量避免头部的暴露，因为对温升特别敏感的眼睛水晶体及头脑的某些部分不宜受到局部加热。

8. 防止局部过热，对小重量人体组织的平均比吸收率必须满足规定要求，国际上已就局部加热及整体临界比吸收率规定了暴露标准。目前是防止热效应对人及其它生物的伤害。虽然在热效应基准以下的低基准暴露曾被认为是绝对安全的，但一系列的研究已报道生物效应与低基准暴露也有联系，这就是通常所谓的非热效应。

众所周知，“大哥大”收话时，接受来自基地台的无线电波信号，对波及范围的人影响不大，但当持机者发话时，波声经过“大哥大”转换成高频电磁波将电信号发射出去时，“大哥大”顶部的发射天线附近会产生较为强烈的高频波，它影响到使用者的头部健康。一位意大利企业家使用“大哥大”无线电话后，工作效率大大提高，可是3年后，他的脑部却发现了恶性肿瘤，经CT扫描确诊，病变部位，正好位于“大哥大”天线顶端习惯放置附近。一位美国商人在使用“大哥大”4年后，同样发现脑部出现肿瘤，后经多方治疗，终因病重医治无效而死。仅管我国使用“大哥大”“二哥大”的历史不长，但其对人体的作用与影响已有显示。从来信来访的许多使用者的主诉症状而言，均有不同程度的“电磁过敏症”，比如头痛头昏、失眠多梦、全身乏力、记忆力衰退等。廊坊已有1名死于脑癌的记载，他使用1台进口的“大哥大”，2~3年后即出现神经衰弱症状，他总以为是工作累的，直到头痛得十分严重时，才去医院检查，确诊为头部有恶性肿瘤，并到了晚期，患肿瘤部位正好是天线“大哥大”相对应的部位。

从辐射强度来看，通过几种类型不同的移动电话天线近距离

(5~10 厘米)范围内的辐射强度分析,其场强平均超过我国国家标准规定限值(50 微瓦/厘米²)的 4~6 倍之多,有一种类型的“二哥大”手机天线近场区场强度竟高达 5.97 毫瓦/厘米²,超过标准近 120 倍,在这么高的辐射场强长期反复作用下,可以肯定会造成人脑部的危害影响。

三、国际上关于电磁场生态效应的科研动态

对工频场的影响,美国能源部非常重视,朱克博士组织相关人员进行大量研究,并与日本、加拿大、俄国等签订了合作开展科研工作的协议,一般每年都要举办一次研讨会,交流他们的科研成果。

目前在美国还开展了低频磁场对人体影响的研究,发现低频磁场在较多情况下也会对人体产生不利影响。

在射频方面,英国国家防护协会(NRPB),研究了电磁场与癌症危险之间的关系。移动电话安全与否也一直是人们关注的问题。美国食品与药材行政管理局(FDA)在 1992 年发布有关蜂窝电话的建议书出版。这也是国际非电离辐射防护委员会的意见,1993 年 5 月 IEEE 出版了这方面的说明。电工标准化组织的欧洲委员会建立了 TC111 技术委员会,以研究并报告人体暴露于电磁场的情况。TC111 指定 SC111B 分委会完成人体在 10 千赫至 300 吉赫的电磁场中暴露标准的制定工作。这一文件草案对手持通信设备未提出任何参数数据,也无任何禁止条款。

1993 年 10 月,欧共体常务理事会 III(DGIII)向电工标准化组织提交了一份有关 30 兆赫至 6 吉赫移动通信安全要求标准的委托书。所定标准应有移动通信使用者对热效应的防护要求。由于非热效应的生物机理性质还不能完全确定,DGIII 又向电工标准化组织提出,要求制定移动通信频率范围内的非热效应研究计划,此项工作任务交付给 SC111B 工作组,并已由 SC111B 受理。

四、电磁饥饿

某些文献报道，人们由于长期受地球场的作用，一旦处于“电磁真空”环境也不适应，将受到“电磁饥饿”的危害。近20年美、俄等国通过研究得出结论：“对于生物来说，长期与地磁场隔离，会发生一系列的变化，昆虫、鱼、鸟会丧失测向本领。在生物种群中间，自然突变率提高，促成恶性肿瘤和其它病症的发生等。人体如果处于“磁场真空”的环境中，则首先发生中枢神经系统的功能变化。”关于这一问题的认识，仍有待进一步深化。

结 语

对“电磁污染”及“电磁饥饿”的研究形成了电磁生态学。本文扼要介绍了这方面的内容，介绍了国内外一些科研动态。但所述电磁污染范围仍只限于微波频段以下的污染。此外，光频电磁波也会对人体产生不利影响，它与上述微波频段以下的电磁污染都属于非电离辐射引起的污染。此外，通过观测分析，人们发现过强的磁场也会给人体带来不利影响。

应该指出，这类问题的研究，并未引起人们广泛的重视，即使在国外某些技术先进国家，也还有人不顾电磁场的不利影响，大力开展利用电磁场的一些实验。例如利用磁场增殖水产，破坏了生态。今后，生理学、农业学、生态学、电磁学等方面有必要开展合作，对电磁生态效应进行广泛深入的研究。

电磁辐射环境研究

——国外动态与建议

张林昌

(北方交通大学 北京 100044)

摘要 本文重点介绍与人体健康有关的电磁环境应开展的研究内容以及近年来国外研究的特点。最后提出了几点建议。

关键词: 电磁环境 强电磁场

一、引言

电磁环境一般分为两类问题:一类是电磁环境与各种用电设备、系统之间的关系。这方面主要指较弱的电磁场源。因为对于绝大多数敏感设备来说,不需要很强的电磁骚扰(Disturbance)就可能引起性能的降级。另一类是电磁环境与生物体、主要是人类的相互关系。一般指较强的电磁辐射。对环境工作者来说,后者是更重要的电磁环境。虽然就全球范围讲,电磁环境属于局部环境。但是由于它广泛存在,又不易被感觉,所以对产生的生物效应的长周期性质等特点,更应该给予特别的注意。

实际上,上述的强场与弱场的危害对象不同,也是相对而言。例如,强的电磁场可能引起引信误爆;反之,较弱的电磁场如干扰了心电起搏器,也会造成患者死亡。

本文重点探讨强场电磁环境。

二、应开展的研究内容

国外,不晚于五十年代初,就开始了强电磁场对人体危害的

研究。在我国，这方面工作的开展较晚，应急起直追。作者认为，应进行下列研究：

1. 强电磁场源的研究 对人类产生影响主要是强电磁场，因而研究强电磁发射的机制，发射的时域与领域特性，电磁场强度与功率谱密度等，这些是研究电磁环境的基础。人为的强电磁场源主要有大型广播设备、雷达、通信设备、工频高压系统、工业高频电磁场加热设备（包括对非导体的介质加热，其使用频率为 10^7Hz 频段；也包括对导体或半导体的感应加热，其使用 10^5Hz 频段），以及微波加强设备（如家用微波炉工作在 10^9Hz 频段）等。

2. 传播特性的研究 无论是强电磁场或弱电磁场，从源到对象之间的传播方式都有两种：传导与辐射。对于设备或系统的干扰来说，传导与辐射两种传播方式都可能起作用。但对生物体的影响来说，主要的传播方式是辐射。所以在研究电磁场生物效应的领域中常把源与传播方式习惯地统称为电磁辐射。

研究传播特性，就是研究电磁能量如何从源传播到生物体。通过辐射传播的电磁场可分为两类，一类是可以脱离源独立地对传播特性进行研究，一般称为远场。例如：研究由电视塔的电磁辐射对附近居民的影响，研究雷达天线的电磁辐射对周围居民的影响等。另一类是近场，这是指对象与源的距离小于几个波长的情况。这时必须将源与传播过程结合在一起研究，源的特性不可能与传播特性截然分开。例如手持无线移动通信收发信机及音频热合机对操作人员的辐射危害等。在实际研究工作中，后者的难度更大些，但实际遇到的场合却比前者为多。

对于近场电磁辐射的研究可从下列三方面着手。（1）理论分析与计算。主要目的在于求不同的强电磁场源附近的场分布。由于大多数问题都涉及近场分布，所以一般情况下将源的特性与场的传播问题统一进行考虑。由于所研究的问题常常是复杂的，因而分析求解的过程不能依靠解析法，而是常常借助于数值方法，例如矩量法、有限元法、有限差分法等。（2）实验室研究。即在近似理想的环境中（例如电波暗室），对强电场源周围的场分布进行

测量，画出分布图。测量可在实际的源附近进行（即 1:1）或者将强电磁场源做成缩尺模型，并将测量频率按所研究的频率成比例提高。实验室研究的困难在于，要使测量探头（天线）尽量少的扰动原来的场分布，使测量用的电线电缆在强电磁场环境下不感应附加电动势，以及模型的制做与测量场地的理想化程度等。测量需全自动化，以减小操作人员对场的干扰，也为了对人员的防护。（3）现场测量与研究。在现场对强电磁场源的场分布进行测量。这些测量容易受环境和周围物体的影响。

3. 生物效应的研究 研究生物体（甚至细胞、遗传基因）受电磁场辐射后产生的变化，包括生理的及心理的。例如对神经系统、血液及循环系统、免疫系统、生殖与遗传、肿瘤等。这方面的研究应该包括：（1）机理研究。美国学者认为电磁场的危害主要是热效应，而俄罗斯的学者更重视非热效应。所以两国的标准中允许的辐射电平相差甚远，美国比俄国宽很多。但无论强调什么机理，这方面研究应在以下四级尺度下进行，即个体、器官、细胞和基因。（2）实验室方法。建立强的电磁场源，研究生物体在强电磁场辐射下的变化。（3）现场研究与跟踪。这类研究的对象多为人群，借助统计学方法进行分析，俄国学者注重长时间（例如 10 年）跟踪调查。

生物效应虽然可以与以上两方面研究分开独立进行。但必须确切了解被研究对象周围的电磁场的分布特征，数值大小，以及如何在实验室内形成所需的场等。这些是研究生物效应必不可少的基础数据。

三、国外研究特点

国外电磁场理论的学者，电磁兼容与电磁环境学者，越来越多地注意电磁辐射环境的研究。以下，将通过一些例子说明近年来国外这方面研究值得我们注意的特点。

1. 电磁场数值方法的广泛采用

由于被研究对象边界条件（包括几何轮廓）的复杂性以及重

点研究近场问题。使得应用经典的电磁场理论的解析法建模与分析，经常会遇到一些不可解决的困难。加以当前计算机的普及与性能的不断提高，使得电磁场数值方法获得了越来越多地应用于计算电磁辐射的场分布。如美国的 E·T·Chesworth 于 1989 年首次对移动通信手持机在头部的近场分布进行了计算，应用矩量法与积分方程，对 400MHz 短螺旋天线进行的计算结果表明，其磁场强度大于美国 ANSI 95.1—1982 标准（“人体暴露于无线电频率电磁场的安全电平”）一个数量级。他提出了一个不可能做到的建议：最好在发射时，将手持机离开头部一个手臂的距离。此外，大到整个人体，小到一个眼球的场分布计算，都广泛地使用着电磁场的数值方法。

2. 重视实验室研究

国外的一些权威性研究机构十分重视进行电磁辐射场源特性的实验室研究。例如：美国国家标准与技术研究院（NIST）接受美国政府的任务：对手持机近场分布的研究。J. Adams 于 1993 年发表了该测量报告。他组成了一个可使手持机旋转的测量系统，测量探头沿垂直方向排列 9 个，同时测量不同高度的电场强度，探头与手持机天线的距离可变。测量频率：40, 162, 464MHz（功率 5W）；823MHz（功率 3W）。在 7~57cm 距离范围内移动探头。测量结果见图 2-1。由图 2-1 可见，当 162MHz 的手持机距离 7cm 时（转动 360°）在最强方向的三维合成场可达 800V/m 以上，比 ANSI 95.1 的规定超出一个数量级，比我国国家标准 GB9175-88《环境电磁波卫生标准》中的中间区超出更多。该项实验的特点是探头很小，对场的扰动小，并且可以一次完成 9 个高度的数据。

利用电波暗室进行模型实验也是国外常用的方法。例如日本学者 H. Tsukahara 为了研究小轿车外部场对车内的影响，用数值方法对来自不同方向的外界场导致的车小电磁环境电平进行了计算。为了验证其理论的正确性，在电波暗室内进行了 $\frac{1}{6}$ 的缩尺模型试验（见图 2-2）。国外学者普遍认为，理论计算的结果必需有

实验数据进行验证。该实验的缺点是使用了六面挂吸波材料的微波暗室。实际上应该用五面挂的电磁兼容暗室。

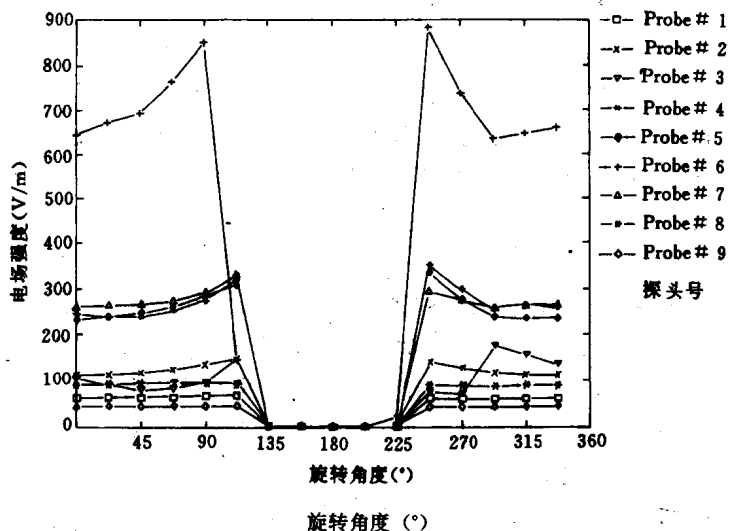


图 2-1 手持机的近场场强

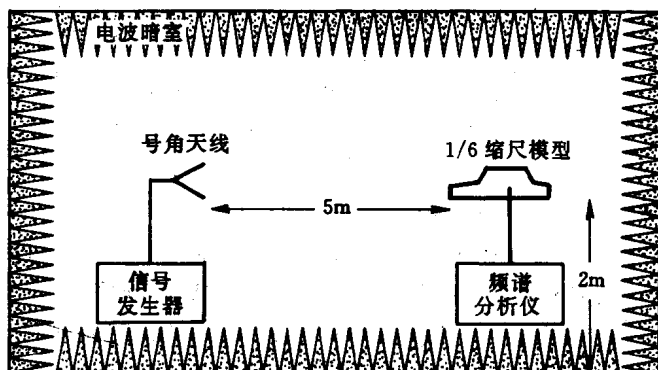


图 2-2 缩尺模型实验

3. 同样重视现场研究

由于现场实验的结果更接近实际情况,所以虽然精度较差,但国外学者仍不乏应用。VRC-12 是常用的战术通信系统,以色列学

者 E. B. Joffe 应用一个实验系统 (1992), 对其车载条件下周的场进行测量。并用矩量法等三种方法进行了场分布的计算。计算结果与实验结果吻合得较好, 其实验工作就是在现场做的。得到的结果之一是: 在该电台以外距离 1m, 频率 75MHz, 天线距地面 2.46m 条件下, 最大场强可达 45V/m (如按远场折算相应于 $0.54\text{mW}/\text{cm}^2$), 这一数据与 IRPA 标准 ($1.0\text{mW}/\text{cm}^2$) 相比不超标, 但以我国国标衡量, 则超标。由于是距天线 1m, 如距离再近, 则问题就更严重了。更突出的是美国学者 P. D. Fisher 用了十年时间 (1982—1991) 测量了 5000 部交通警用测速雷达 (包括 30 个型号, 8 种不同的车内安装位置) 对车内使用者的辐射暴露情况, 结论是基本符合 ANSI 95.1 的指标 (该报告发表于 IEEE Trans. on EMC)。由此可见, 国外在这方面投入的力量, 能在学报上刊载现场实验报告, 也可见国外学者对实验工作的重视。

4. 对场分布的研究趋向细化

早期对暴露在强电磁辐射下的生物体的场分布大都局限于个体。近年来, 对场分布的研究无论是理论计算还是实验工作都趋向细化。场分布的研究由个体转向局部, 由体外转向体内。例如: 1991 年发表的一篇文章, 用时域有限差分法 (FDTD) 分析了高频塑料热合机操作人员所承受的电磁场强度, 建造了一个用于计算的人体模型, 高 175.5cm, 重 69.6kg。将该模型分为 5628 个单元, 每个单元大小为 2.62cm。这样他就可以细化到分别对眼、颈部、心脏、肝脏、膀胱、膝部与踝部的场分布进行研究。又如: 1995 年加拿大学者 K. E. Mokhtech 发表文章报道了他对手持机对眼内温升影响的研究情况。他建造了一个用于计算的人眼模型, 将其分为四个区: 从外向内依次为角膜、房水、晶状体、玻璃状体。计算了符合 ANSI 95.1 标准 (1.5GHz, 0.42W) 的入网手持机引起的眼内的等温图, 图 2-3 为一例, (发射天线距离 6.25mm, 工作频率 1.5GHz, $I_0=107\text{mA}_0$) 由此例可见当前国外研究工作的细化程度。

5. 生物实验的规模日益庞大