电磁学小知识
(三)

黄明兵　主编

北京银冠电子出版电子有限公司

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　录

◎电磁辐射究竟有多可怕 1
◎常见的电磁辐射源 4
◎　常见的电磁辐射源 15
◎电磁辐射：福兮？祸兮？ 18
◎电磁辐射环境保护管理办法 25
◎地球磁场完成一次颠倒需 7000 年 70
◎太阳黑子活动可能为 20 万年来最强，极可能导致地球磁场发生位移 72
◎地球磁场是怎样产生的 75
◎地球磁场是怎样产生的 86
◎电流的磁场 95

◎电磁辐射究竟有多可怕

近年来，国内外媒体对电磁辐射有害的报道一直未断：意大利每年有 400 多名儿童患白血病，专家认为病因是受到严重的电磁污染；美国一癌症医疗基金会对一些遭电磁辐射损伤的病人抽样化验，结果表明在高压线附近工作的人，其癌细胞生长速度比一般人快 24 倍；我国每年出生的 2000 万儿童中，有 35 万为缺陷儿，其中 25 万为智力残缺，有专家认为，电磁辐射是影响因素之一。

电磁辐射的危害真这么耸人听闻吗？

其实人类一直生活在电磁环境里。地球本身就是一个大磁场，其表面的热辐射和雷电都可产生电磁辐射。此外，太阳及其他星球也自外层空间源源不断地产生电磁辐射。但天然产生的电磁辐射对人体是没有损害的，对人体构成威胁、对环境造成污染的是人工产生的电磁辐射。

早在 168 年以前，英国人法拉第就发现了一种奇妙现象：电流通过媒体时可产生电场和磁场，这就是后来被人们称之为电磁感应的现象。19 世纪 80 年代，人们利用电磁感应原理，建立起世界上第一座发电站。从此，人类大步迈进了电磁辐射的应用时代。

从 1901 年首次开始的全球通讯，到如今移动通

信的大面积使用，以及家家必备的彩电、冰箱，电磁辐射的应用已经深入到人类生活的各个方面。在充分享受电磁辐射带来的方便舒适的同时，人们也日渐感受到它的负面效应。如电磁兼容中的电磁辐射曾造成导航系统、医疗信息系统、工业过程控制和信息传输系统的失控，干扰了人们对广播、电视的收听……

听说家用电器、电子设备、移动通讯设备等电器装置，只要处于操作使用状态，它的周围就会存在电磁辐射。又听说电磁辐射可以穿透包括人体在内的多种物质。有人因此将产品电磁辐射产生的污染比喻为“隐形杀手”。那么电磁辐射对人体健康会造成多大的危害呢？

记者为此采访了北京劳动保护科学研究所教授赵玉峰。

赵教授说：“电磁辐射和电磁污染是两个概念，电磁辐射虽无处不在，无时不在，但电磁污染只有在电磁辐射超过一定强度（即安全卫生标准限值）后，才对人体产生负面效应，导致头疼、失眠、记忆衰退、血压升高或下降、心脏出现界限性异常等症状。如在电磁辐射超强度的环境下长期作业，严重的可能引起部分人员流产、白内障，甚至诱发致癌……”

赵玉峰坦言，电磁辐射对人的影响虽普遍存在，

却并不可怕。不同的人或同一人在不同年龄段对电磁辐射的承受能力是不一样的，即使在超标环境下，也不意味着所有人都会得病，因此大可不必对电磁辐射“草木皆兵”。当然，对老人、儿童、孕妇或装有心脏起搏器的病人，对电磁辐射敏感人群及长期在超剂量电磁辐射环境中工作的人应采取防患措施。

针对日常生活中接触电器产品产生的电磁辐射，可能危及健康，中国消费者协会 8 月 6 日发出警示：生活中须防电磁辐射。

“其实，电磁辐射到底对人体健康有没有影响并不是什么新鲜问题。”中国预防医学科学院研究员李天麟告诉记者，“国内外有关专家学者对电磁辐射的研究及评论已长达半个世纪之久，但由于研究的目的、方法、条件（接触电磁辐射源的距离、时间、生物模型等不同）等因素不一致，目前全球有关专家学者们对电磁辐射生物学效应研究结果和观点也不尽一致。因此，电磁辐射对人体究竟有哪些影响及危害，还需要进一步探讨。”

不过，李天麟认为，作为一个大国，我国有关主管部门应当尽快制定一个全国统一的电磁辐射安全卫生强制性国家标准。以便生产企业能遵循这一标准研制、开发超低电磁辐射的电器、设备，保障消费者

需要全本请访问 www.ertongbook.com

的安全。同时将电磁辐射的管理纳入正常的社会环境保护范围，有效地保护消费者、劳动者的合法权益。

记者就制定电磁辐射标准问题采访了几个有关部门，了解到，过去卫生部、电子工业部（现合并到信息产业部）、国家环保总局、军队等部门，都分别制定过本行业电磁辐射安全的标准，但却没有一个统一的电磁辐射安全强制性国家标准。据悉，目前我国正在着手制定电磁辐射方面的强制性国家标准，今年年底前有望出台。

据国家环保总局专家介绍，目前我国的电磁辐射环境是比较好的，相当于五六十年代时我国面临的水污染、大气污染的情况，有苗头出现，远未到严重的地步。但从现在就要从严管理，未雨绸缪。因为社会经济发展离不开对电磁辐射的应用。若电磁污染到了环境无法忍受的地步，再想进一步发展经济就举步维艰了。

◎常见的电磁辐射源

一般来说，雷达系统、电视和广播发射系统、射频感应及介质加热设备、射频及微波医疗设备、各种电加工设备、通信发射台站、卫星地球通信站、大型电力发电站、输变电设备、高压及超高压输电线、地铁列车及电气火车以及大多数家用电器等都是可以

产生各种形式、不同频率、不同强度的电磁辐射源。

电磁辐射场区的划分

电磁辐射场区一般分为远区场和近区场。

近区场及特点

以场源为中心，在一个波长范围内的区域，通常称为近区场，也可称为感应场。近区场通常具有如下特点：

近区场内，电场强度与磁场强度的大小没有确定的比例关系。即：E1377H。一般情况下，对于电压高电流小的场源(如发射天线、馈线等)，电场要比磁场强得多，对于电压低电流大的场源(如某些感应加热设备的模具)，磁场要比电场大得多。

近区场的电磁场强度比远区场大得多。从这个角度上说，电磁防护的重点应该在近区场。

近区场 的电磁场强度随距离的变化比较快，在此空间内的不均匀度较大。

远区场及特点

在以场源为中心，半径为一个波长之外的空间范围称为远区场，也可称为辐射场。远区场的主要特点如下：

在远区场中，所有的电磁能量基本上均以电磁波

形式辐射传播，这种场辐射强度的衰减要比感应场慢得多。

在远区场，电场强度与磁场强度有如下关系：在国际单位制中，E=377H，电场与磁场的运行方向互相垂直，并都垂直于电磁波的传播方向。

远区场为弱场，其电磁场强度均较小。

近区场与远区场划分的意义

通常，对于一个固定的可以产生一定强度的电磁辐射源来说，近区场辐射的电磁场强度较大，所以，我们应该格外注意对电磁辐射近区场的防护。对电磁辐射近区场的防护，首先是对作业人员及处在近区场环境内的人员的防护，其次是对位于近区场内的各种电子、电气设备的防护。而对于远区场，由于电磁场强较小，通常对人的危害较小，这时我们应该考虑的主要因素就是对信号的保护。另外，应该有对近区场一个概念，对我们最经常接触的从短波段 30MHz 到微波段的 3000MHz 的频段范围，其波长范围从 10 米到 1 米。 电磁辐射污染的简单测试

根据测试对象及环境选用测试仪器

在对某电子、电气设备的电磁辐射进行测试时，需要注意以下问题。尽可

能多的了解此电子、电气设备的各种电气指标、

运行参数，在此前提下，确定采用不同的测试仪器。一般来说，对近区场的电磁测试，如果测试频段在短波段或微波段，可选用国产的 701 型三维场强计或其它三维场强计，其测试频率范围大致在几百 KHz 至 1GHz 左右。对变电站或高压、超高压输电线进行测试时，应选用工频电磁场测试设备。对远场区测试时，根据不同的测试频段，可选用频谱仪或干扰场强测试仪。测试时，应按照《辐射环境保护管理导则电磁辐射监测仪器和方法》HJ/T10.2-1996 的要求进行测试。

电磁辐射测量采用的计量单位

通常，对大于 300MHZ 的微波频段，采用平均功率密度 mW/cm2 作为计量单位，

小于 300MHZ 的频段，采用电场强度 V/m 和磁场强度 A/m 作为计量单位。在进行电磁环境测量时，干扰场强国家计量标准采用单位为 mV/m，用分贝表示时，1mV/m=0dB。

三．电磁辐射危害人体的机理

电磁辐射危害人体的机理主要是热效应、非热效应和累积效应等。

1．热效应：人体 70%以上是水，水分子受到电磁波辐射后相互摩擦，引起机体升温，从而影响到体内器官的正常工作。

2．非热效应：人体的器官和组织都存在微弱的电磁场，它们是稳定和有序的，一旦受到外界电磁场的干扰，处于平衡状态的微弱电磁场即将遭到破坏，人体也会遭受损伤。

3．累积效应：热效应和非热效应作用于人体后，对人体的伤害尚未来得及自我修复之前（通常所说的人体承受力---内抗力），再次受到电磁波辐射的话，其伤害程度就会发生累积，久之会成为永久性病态，危及生命。对于长期接触电磁波辐射的群体，即使功率很小，频率很低，也可能会诱发想不到的病变，应引起警惕。

多种频率电磁波特别是高频波和较强的电磁场作用人体的直接后果是在不知不觉中导致人的精力和体力减退，容易产生白内障、白血病、脑肿瘤，心血管疾病、大脑机能障碍以及妇女流产和不孕等，甚至导致人类免疫机能的低下，从而引起癌症等病变。

权威统计数字表明：经常在显示器前工作的人群中，上述疾病的发病率明显高于普通人群。电磁辐射是主要原因之一。

测试结果的分析及不同类型防护设备的选用

1. 测试结果的分析与电磁辐射方面国标的选用

在对辐射源周围环境进行电磁辐射测试之后，应

将电磁测试结果与相应的

国标做对照，我国已经颁布的电磁兼容方面的环境标准及法规有数十项，应根据现场的情况，采用适合此环境的国标或行业标准。

最常用的电磁方面的标准是《电磁辐射防护规定》(GB8702-88)、《环境电磁波卫生标准》(GB9175-88)、工业、科学、医疗射频设备无线电干扰辐射允许值(GB4824.1-84)。

在对一般环境的电磁辐射分析中，应主要选用《环境电磁波卫生标准》主要选用《环境电磁波卫生标准》(GB9175-88)，根据辐射源的主要辐射频率，参照表2，找到其辐射强度限值。注意掌握三个标准限值，一般我们把居民居住的环境按一级安全区处理，则其标准限值为：在长、中、短波，电场强度应小于10V/m；在超短波段，电场强度应小于5V/m；在微波波段，其辐射功率密度应小于10μW/cm2。考虑到对在电磁辐射环境内工作人员的保护，我们建议在职业安全卫生领域，采用《电磁辐射防护规定》(GB8702-88)的相应限值。

将测试结果与国标对照后，如果发现测试结果超过国标限值，应考虑采取防护措施。首先应该考虑在辐射源的设备上采取措施，尽可能将其辐射值降低至

需要全本请访问 www.ertongbook.com

国标限值之下。如果因为条件所限，无法降低辐射源周围的电磁场强度，而作业人员又必须在此环境下工作，或其它人员必须在此环境下生活，则对这些人员应该采取个体防护措施。

2．根据测试结果选用电磁个体防护设备

随着人们物质文化水平的不断提高，各种家用电器：彩电、录像机、VCD、家用电脑、微波炉、电磁炉、无绳电话、手机等相继进入千家万户，这些家用电器和电子设备在使用过程中都会向环境空间发射与漏泄一定强度的电磁波，电磁辐射已成为继水污染、大气污染、噪声污染之后当今人们生活中的第四大污染。因此，许多研究机构和生产厂家都在相继研究开发防电磁辐射的民用产品，以减少电磁辐射对人类健康的危害。现在看来，穿着防电磁辐射的服装是比较方便有效的方法。

一般来说，作业人员所处环境的电磁场强度超过国标限值或者作业人员所处环境的电磁场强度未超过国标限值，但与此限值比较接近，而作业人员又需要长时间在此环境工作时，都应考虑采用辐射防护用品。选用个体防护产品时，应首先确定电磁辐射的衰减度，然后，参照各种产品说明中对电磁波的衰减参数，确定使用何种形式的防护用品。降低电磁辐射方

面的个体防护用品主要包括防护服装、防护眼镜及辐射防护屏。

目前国内已经开发出多种面料的防护服装。防护服装中有：防护衬衫，防护围裙，防护马甲，防护大褂，护胎宝，孕妇裙，夹克套装等，此外还有用于设备屏蔽的屏蔽布等。表 3 列出了常用的电磁辐射方面的个体防护产品、制成材料及屏蔽效能。

防护服装是根据屏蔽或吸收原理制作的。防护眼镜是用于保护操作人员的眼镜免受伤害，对于防护眼镜的要求是：透视度要足够高，不影响视线；屏蔽效果要好（原则上应保证屏蔽后场强控制在国标限值之下）；重量轻，镜面启动灵活。防护眼镜的基本材料是金属网或金属膜。

制成防护服装的面料对于电磁波的防护起着决定性的作用。因此在选用电磁辐射防护服装时，应了解防护服装所采用的面料，是否是大的专业厂家制造的，并且是否有电磁辐射专业检测部门的检测证书。在确保这两条的前提下，再考虑服装的做工和美观是否符合要求。

3．电磁辐射个体防护产品的使用范围

电磁辐射个体防护产品可应用于：

直接从事电磁波作业及间接接受电磁影响人员

的防护；

带心脏起搏器及其他对电磁辐射敏感人群的防护；

可与其他吸波材料配合，制成多频谱兼容伪装隐身材料，将在现代军事战争中发挥重要作用。

除了上述个体防护的范围以外，还可根据实际需要，做成窗帘、屏幛，对特殊环境予以防护；做成罩、套，对有关的电磁波辐射源进行屏蔽防护。

4. 对电磁辐射区内工作人员的防护措施

推测或检测到射频功率密度超过 50mW/cm2 的区域，应认为是电磁辐射潜在危险区。

人员容易误入的危险区域应设有警告标记。除非有紧急情况，凡经计算或用场强计测量超过 50mW/cm2 的区域，不允许人员在未采取防护措施的情况下进入。

应防止大功率信号发生器在试验过程中放电，因为它将对其周围区域内产生大于 50mW/cm2 的电磁辐射。在做此类操作时，应用假负载或其它吸收材料吸收其输出能量。

应利用保护用品使辐射危害减至最小。必须保证在发射天线射束区内工作的维护人员穿好保护服装。

应该禁止身上带有金属移植件，心脏起搏器等辅

助装置的人员进入电磁辐射区。

应给受到辐射源，电磁能和高压装置辐射的人员作定期身体检查。

5．国内电磁辐射防护材料的最新研究动态

随着人们对电磁环境的重视和科学技术的进步，近一两年来，又有许多新型的屏蔽织物研制成功。比较典型的是由北京某公司研制的新型防辐射服装面料，这种服装面料是用不锈钢纤维、棉纤维、涤纤维和麦饭石纤维混合纺织而成的，这种面料做起来的服装穿起来和普通服装没什么差别，但具有防电磁辐射、抗静电、耐洗涤、透气性好、柔软、舒适和保健等功能。

此外，上海研制成功采用多离子织物和金属化纤维织物的电磁辐射屏蔽材料。多离子织物是采用目前国际最先进的物理和化学工艺，对纤维进行离子化处理。该产品以吸收为主，将有害的电磁辐射能量通过织物自身的特殊原理转变成热能散发掉，从而避免了环境二次污染、净化了空气。由于织物中含有大量金属阳离子可起到杀菌除臭作用，对皮肤无刺激，有助人体表皮微循环。同时具有防静电、防部分 X 射线及紫外线等功能。多离子织物是目前国际上屏蔽低、中频段电磁辐射最先进的民用防护材料。

工频电磁辐射的危害

根据研究及相关测试表明，变压器、超高压配电装置和超高压输电线在运行中，会形成一定强度的工频电磁辐射。据相关资料显示，550KV输电线的工频电场辐射在距地面1.5m处可以达到9.7KV/m之高。工频磁场对计算机显示器偏转系统可能产生较严重的干扰，具体现象是，使显示器的显示画面发生抖动，显示器边缘可能出现色斑。高强度的工频电磁辐射还可能造成计算机死机。

高压架空电力线路和变电站的运行，会产生无线电噪声，这种无线电噪声严重时，会对电力线路和变电站附近居民的无线电（主要是中、短波广播）接收和专业无线电台站的工作造成骚扰影响。由于电力线路和变电站占地大，尤其是电力线路长度可能达几百公里，影响范围广，

通常情况下，架空电力线路和变电站无线电噪声的产生有三类根源：分别是，在导线及其金属表面处空气中的电晕放电；绝缘子承受高电位梯度区域中放电并产生火花；连接松动或接触不良产生的间隙火花放电。当运行电压在100KV以上（通常导线表面电位梯度>12KV/cm）时，第一种根源占据主导地位，成为不可消除的，属线路固有的特性。

此文侧重电磁辐射的个体防护和测试，有必要就电磁辐射对其他电子设备的干扰和其他电磁兼容问题作进一步的论述。

◎ 常见的电磁辐射源

一般来说，雷达系统、电视和广播发射系统、射频感应及介质加热设备、射频及微波医疗设备、各种电加工设备、通信发射台站、卫星地球通信站、大型电力发电站、输变电设备、高压及超高压输电线、地铁列车及电气火车以及大多数家用电器等都是可以产生各种形式、不同频率、不同强度的电磁辐射源。

2. 电磁辐射场区的划分

电磁辐射场区一般分为远区场和近区场。

2. 1 近区场及特点

以场源为中心，在一个波长范围内的区域，通常称为近区场，也可称为感

应场。近区场通常具有如下特点：

近区场内，电场强度与磁场强度的大小没有确定的比例关系。即：E1377H。一般情况下，对于电压高电流小的场源(如发射天线、馈线等) ，电场要比磁场强得多，对于电压低电流大的场源(如某些感应加热设备的模具) ，磁场要比电场大得多。

近区场的电磁场强度比远区场大得多。从这个角

需要全本请访问 www.ertongbook.com