

电磁辐射监测基础知识

甘肃省核与辐射安全局

宗 凌

培训内容

- 电磁辐射基础知识
- 移动通讯系统的电磁辐射监测
- 输变电设施的电磁辐射监测
- 电磁环境现状监测

概述

■ 国增此的有交深需地市、益为划既的围电设至集，业日。规在压范供建甚密农了需有，高务，的，立、出必并级特服统施郊林业提的的等、电系设城路工给中导压压供给电入线及供产主电高；供变进力以的生为的超网能输渐电高能和网络批成电力逐空提电活成线一设的电前架点的对生、出了建善压当压热的平人们能输设电完高为高的水人人扩高建配为此变区关注生活，为以提又输较因改地关生展成了。上；了也而些受化发已行设基础路成但市某倍文速能进建基线建。城，为质飞电国统路电，障离区成物的，我系线输荷保远小响们化求在能电流负了来宅影人代需来电输直电到原民境着现的年速压、用得由及环随防长近加高流入求点区其

概述

- 随着21世纪的到来，人类已进入信息时代，广播电视、无线电通信的快速发展，大量电视发射塔，广播发射站，雷达站，卫星通信地球站，微波中继站，移动通信基站等产生电磁场的设备也越来越多。这些设备对人类的生活和发展起到了重要的作用，但也造成环境中电磁能量密度增大，频谱增宽，无线电噪声水平增高。

概述

- 尽管输变电设施和广电通信设施产生电磁效应的机理和对电磁环境影响不同，但它们都会在邻近该设施的局部空间可能产生较高的电磁场曝露。高强度，长时间的电磁场照射，对公众的身体健康有不良的影响；同时对家用电器、医疗设施等造成干扰。高强度的电磁场是一个重要的环境污染要素，而电磁波是能量流污染，看不到，听不到，嗅不着，摸不着，但却充满了环境空间。所以，我们要加强对电磁波特性的研究，既要把电磁能作为一种资源，充分地利用为人类造福；又要加强电磁环境管理，做好建设项目电磁环境的预测与评价，将其负面效应控制在最小的影响程度。

一. 电磁环境术语

■ 1、电磁环境

指存在给定场所的所有电磁现象的总和。一般有三种典型存在形式：

工频电场、工频磁场：目前我国电力供电频率为50Hz，在导线或设备周边产生工频电磁环境，以电磁感应为主。

低频电磁场：一般指10K - 100KHz频率特征的电磁场，是一个较复杂的电磁环境，感应、传导、辐射几种形式共存。

高频电磁场：国标《电磁辐射防护规定》（GB8702-88）中频率范围是指100KHz以上的电磁环境，远场主要为辐射场。

■ 2、电磁辐射

能量以电磁波的形式由源发射到空间的现象。或称时变电磁场以波的形式向远处传播不再返回的过程称电磁辐射。

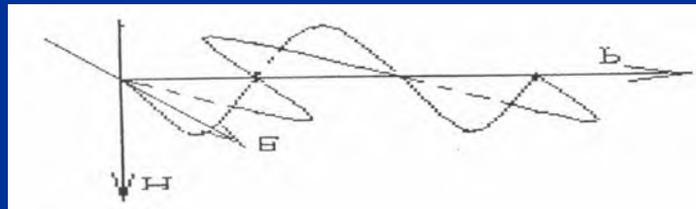
一. 电磁环境术语

■ 3、电磁污染

是指天然的和人为的各种电磁波的干扰及有害的电磁辐射。

■ 4、电磁波

交替变化与交替产生的电场和磁场，由近而远的传播。即波动的电磁场。它是物质存在的一种特殊形式，它是由交变的电场和交变的磁场所组成。表征电磁波属性的是电场强度和磁场强度。交变的电场产生交变的磁场，交变的磁场产生交变的电场，二者互为前提、互为结果，相互依存。在空间上二者相互垂直、同相位变化。电磁波如图(A-1)所示。



频率范围名称表

频率名称	频率范围	波长范围	波长名称
甚低频	$3 \sim 30\text{kH}_z$	$100000 \sim 10000\text{m}$	超长波
低频	$30 \sim 300\text{kH}_z$	$10000 \sim 1000\text{m}$	长波
中频	$300 \sim 3000\text{kH}_z$	$1000 \sim 100\text{m}$	中波
高频	$3 \sim 300\text{MH}_z$	$100 \sim 10\text{m}$	短波
甚高频	$30 \sim 300\text{MH}_z$	$10 \sim 1\text{m}$	超短波
超高频	$300 \sim 300000\text{MH}_z$	$1 \sim 0.001\text{m}$	微波

二、建设项目电磁环境管理的分类

- 建设项目中电磁环境管理可按照国家环保总局1997年组织进行的《全国电磁辐射环境污染源调查》中的分类实施，即：
 - 1、广播电视系统发射设备；
 - 2、通信、雷达及导航等无线电发射设备；
 - 3、工业、科学、医疗射频设备；
 - 4、交通系统电磁辐射设备；
 - 5、高压电力系统设备。
- 上述设备有关电磁环境的主要内容见表1。

2、电磁环境的主要建设项目

项目分类	建设项目名称	建设项目主要内容	电磁环境因子单位
一、广播电视发射系统	(一) 中波广播台站 (0.1 ~ 3.0MHz _z)	1. 机房: 发射机、馈线; 2. 发射天线: 中波塔, 有单塔、双塔、四塔和八塔等	电磁辐射: V/m
	(二) 短波广播台站 (3.0 ~ 30MHz _z)	1. 机房: 发射机、馈线; 2. 发射天线: 有同相水平、菱形天线等	电磁辐射: V/m
	(三) 电视发射台 (塔) (48.5 ~ 960MHz _z)	1. 机房: 发射机、馈线; 2. 发射塔: 单偶极子板、双偶极子板、四偶极子板等不同层天线	电磁辐射: mW/cm ²
	(四) 调频广播台 (塔) (87 ~ 108MHz _z)	1. 机房: 发射机、馈线; 2. 发射塔: 双偶极子板天线	电磁辐射: mW/cm ²
二、通信、雷达及导航等无线发射设备	(一) 短波发射台站 (3.0 ~ 30MHz _z)	1. 机房: 发射机、馈线; 2. 天线: 同相水平、菱形天线等型式	电磁辐射: V/m
	(二) 卫星通信地球站 (目前: C波段 4/6GHz; Ku波段 11/14GHz)	1. 机房: 发射机、馈线; 2. 天线: 抛物面天线	电磁辐射: mW/cm ²
	(三) 微波通信站 (1 ~ 40GHz _z)	1. 机房: 发射机、馈线; 2. 天线: 发射塔、抛物面天线	电磁辐射: mW/cm ²
	(四) 移动通信基站 (0.15 ~ 2.0GHz _z) 包括: 移动电话、集群通信、寻呼通信、网络通信等	1. 机房: 发射机、馈线; 2. 天线: 全向或定向天线	电磁辐射: mW/cm ²
	(五) 雷达与导航设备 (包括中波、超短波和微波多种频率)	1. 机房: 发射机、馈线; 2. 天线: 多种型式天线	电磁辐射: V/m或mW/cm ²

三、工业、科学、医疗射频设备	(一) 工业和科学射频设备 (多种频率泄漏)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高频感应加热设备：如高频溶炼炉、高频淬火设备等； 2. 高频介质加热设备：如塑料热合机、高频干燥设备等； 3. 微波加热设备：如微波炉等； 4. 其他高频加工设备：如高频电弧焊机、超声探头等 	电磁辐射：V/m、mW/cm ² 、dB (μV/m)
	(二) 医疗射频设备 (多种频率泄漏)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 超短波理疗仪 (超短波频段)； 2. 微波治疗仪 (微波频段)； 3. 其他类 	电磁辐射：mW/cm ² 、V/m、dB (μV/m)
四、交通系统电磁辐射设备	(一) 电牵引系统	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电气化铁道； 2. 城市轨道交通 (地铁、轻轨、无轨等) 	电磁辐射：dB (μV/m)
	(二) 城市道路	汽车发动机点火系统、电动喇叭、整流器、蓄电池等	电磁辐射：dB (μV/m)
五、高压电力设备	(一) 高压电力线	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1000kV超高压架空电力线； 2. ±800kV超高压直流输电线； 3. 500kV架空电力线；±500kV直流输电线 4. 220kV (330kV) 架空电力线； 5. 110kV架空电力线 	电磁感应：(1) 交流：工频电场 (V/m)、工频磁场 (2) 直流：合成场强 (V/m)、电子流密度 (nA/m ²)、直流感应强度 (mT)。 电磁噪声：dB (μV/m)
	(二) 变电站、牵引变电所	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地面户外型站所 2. 地面户内型站所 3. 地下户内型站所 	同上
	(三) 大电流电力设备	变电站、升压站、开闭站、换流站等	同上

二、建设项目电磁环境管理的分类

- 根据《电磁辐射环境保护管理办法》国家环保总局第18号令规定，电磁辐射建设项目和设备名录：
 - 一、发射系统
 - 1. 电视（调频）发射台及豁免水平以上的差转台
 - 2. 广播（调频）发射台及豁免水平以上的干扰台
 - 3. 豁免水平以上的无线电台
 - 4. 雷达系统
 - 5. 豁免水平以上的移动通信系统

二、建设项目电磁环境管理的分类

■ (二)工频强辐射系统

1. 电压在100千伏以上送、变电系统
2. 电流在100安培以上的工频设备
3. 轻轨和干线电气化铁路

二、建设项目电磁环境管理的分类

■ (三)工业、科学、医疗设备的电磁能应用

1. 介质加热设备
2. 感应加热设备
3. 豁免水平以上的电疗设备
4. 工业微波加热设备
5. 射频建设设备

二、建设项目电磁环境管理的分类

- 建设上列电磁辐射建设项目应在建设项目立项前办理环境保护申报登记手续，是上列电磁辐射设备应在购置设备前办理环境保护申报登记手续。
- 豁免水平的确认由省级人民政府环境保护主管部门依据《电磁辐射防护规定》（GB8702-88）执行。

三、电磁辐射环境保护的法律法规

- 我国电磁环境管理始于20世纪80年代。1988年国家环保局组织制定了《电磁辐射防护规定》（GB8702-88）。1997年国家环保总局以第18号令形式颁布了《电磁辐射环境保护管理办法》，使我国电磁辐射环境管理有了依据，并提出了具体的“电磁辐射建设项目和设备名称”，为建设项目电磁环境影响评价做了具体规定，并相继出台了《辐射环境保护管理导则——电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T10.2-96）、《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/T10.3-96）、《500kV超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》（HJ/T24-1998）、《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》（环发[2007]114号）等技术规范和导则，使我国电磁环境影响评价有了相关政策和依据。
- 在广播电视、无线电通信领域也颁布了相应的行业法规及技术政策，这些都是我们进行环境影响评价工作的依据。

四、 环境标准

■ 《电磁辐射防护规定》（GB8702-88）

该标准与环境影响评价有关的条款主要为“电磁辐射防护限值”、“对电磁辐射源的管理”、“电磁辐射监测”。

■ 1、电磁辐射防护限值

（1）基本限值

- ① 职业照射：在每天8h工作期间内，任意连续6min按全身平均的比吸收率（SAR）应小于0.1W/kg。
- ② 公众照射：在一天24h内，任意连续6min按全身平均的比吸收率（SAR）应小于0.2W/kg。

(2) 导出限值

①职业照射：在每天8h工作期间内，电磁辐射场的场量参数在任意连续6min内的平均值应满足表2-1-1要求。

表2-1-1 职业照射导出限值

频率范围 (MHz)	电场强度 (V/m)	磁场强度 (A/m)	功率密度 (W/m ²)
0.1 ~ 3	87	0.25	(20) 1)
3 ~ 30	150/	0.40/	(60/f) 1)
30 ~ 3000	(28) 2)	(0.075) 2)	2
3000 ~ 15000	(0.5) 2)	(0.0015) 2)	f/1500
15000 ~ 300000	(61) 2)	(0.16) 2)	10

注：1) 系平面波等效值，供对照参考。

2) 供对照参考，不作为限值；表中f是频率，单位为MHz；表中数据作了取整处理。

- ② 公众照射：在一天24h内，环境电磁辐射场的场量参数在任意连续6min内的平均值应满足表2-1-2要求。

表2-1-2公众照射导出限值

频率范围 (MHz)	电场强度 (V/m)	磁场强度 (A/m)	功率密度 (W/m ²)
0.1 ~ 3	40	0.1	(4.0) ¹⁾
3 ~ 30	67/	0.17/	(12/f) ¹⁾
30 ~ 3000	(12) ²⁾	(0.032) ²⁾	0.4
3000 ~ 15000	(0.22) ²⁾	(0.001) ²⁾	f/7500
15000 ~ 300000	(27) ²⁾	(0.073) ²⁾	2

注：1) 系平面波等效值，供对照参考。

2) 供对照参考，不作为限值；表中f是频率，单位为MHz；表中数据作了取整处理。

二、移动通信系统

1、移动通信基本工作原理及系统组成

移动通信一般是指移动体与固定地点、或者移动体相互间通过有线和无线信道进行的通信。移动通信受空间限制少，实时性好，在当今信息时代，在高效的生产和生活活动中，移动通信为人们更有效地利用时间提供了可能，这是它近期迅速发展原因之一，典型的移动通信系统的组成方案如图2-2-8所示。

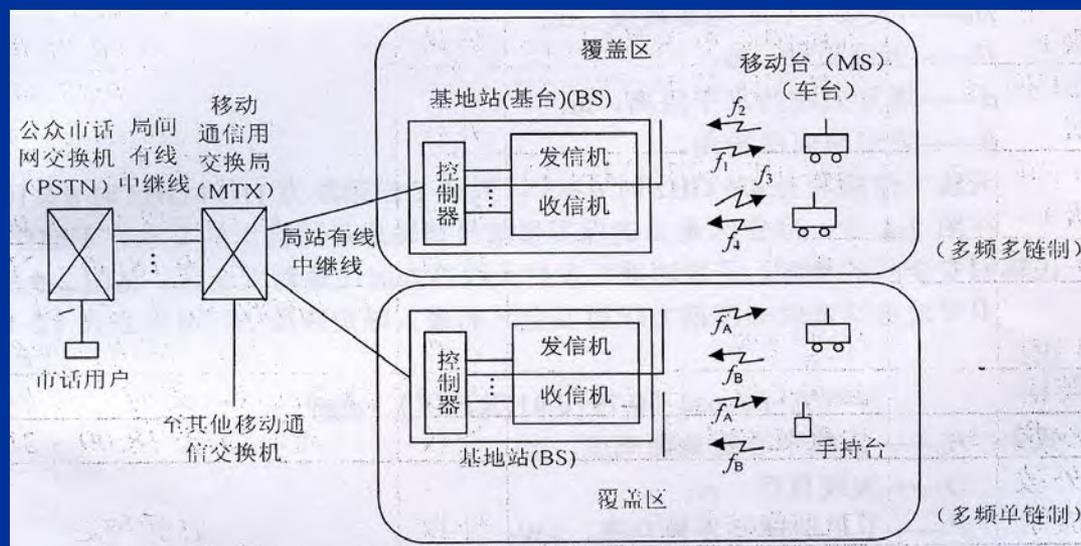


图 移动通信系统的组成

二、移动通信系统

■ 移动通信基地台站

移动通信系统由移动通信交换局（MTX）、基站（BS）、移动台（MS）及局间和局站间的中继线组成，它是一个有线、无线相结合的综合通信系统。移动台与基站、移动台与移动台之间采用无线传输方式，基站与移动通信交换局，移动通信交换局与地面网之间则一般以有线方式进行信息传输。移动通信交换局与基站担负信息的交换和接续以及对无线频道的控制等。基站与移动台都设有收发信机，收发信共用装置（双工器或多工器）和天线、馈线等。每一个基站都有一个由发信功率与天线高度所确定的地理覆盖范围，称为（基台）覆盖区，由多个覆盖区组成全系统的服务区，利用这样的通信系统，在装有移动台的载体上，人们就可在行动中与其通信对象进行通信。

二、移动通信系统

- 移动通信基站由室内与室外两部分组成。
- 室内部分有基站控制器、电源、收发射机、功率放大器、合路器、耦合器、双工器及馈线等设备。在设计、制造这些设备时已采取了严密的屏蔽措施，一般不会对周边环境产生电磁波漏泄，实测结果很小。
- 室外部分有馈线和收、发天线等。基站运行时，其发射天线向周围发射电磁波，使天线周围环境功率密度增高。基站发射天线辐射特征是研究重点。
- 为了充分利用频率资源，移动通信采用了多种多址技术，从频分多址（FDMA）、时分多址（TDMA）、码分多址（CDMA），到目前3G技术综合采纳了三种多址工作方式，实现了宽频多媒体全球数字移动通信技术。我国TD-SCDMA是时分双工和码分多址的完美结合。

二、移动通信系统

■ 2.移动通信分类

近年来城市无线电移动通信迅速发展，目前移动通信网主要包括：

- (1) 移动电话网。如中国移动公司GSM网、中国联通公司CDMA网和中国电信、中国网通公司的PHS（小灵通）网等；
- (2) 无线电寻呼网。因为单向通信，近年来已逐渐萎缩；
- (3) 无线电集群网。如政府部门的集群政务共网及企事业单位的专业集群网等。

二、移动通信系统

■ 3、移动通信网天线的辐射特点

(1) 工作频率为超短波和分米波段，为视距波传输，各通信网由中心站、基地站及用户站（用户机）组成；

(2) 各无线电通信网覆盖的面积越大，则各基站发射机设备功率越大或基站数目越多。为了提高通信质量，市区内高层建筑上基站台越建越多，在许多地区，基地台天线已建在居民区楼上。移动电话基站天线高度，由于蜂窝网不断分裂，蜂窝变小，天线高度降低，已由原来的50m左右降为20m左右。

(3) 建在热点地区的基地台，由于服务区用户多，基地台占有多个载频，增大了天线发射电磁波的辐射量。

在城市无线电通信网中，群众反映最多、影响面最广的是移动电话网。

二、移动通信系统

■ 4、移动通信基站设置中应注意的问题

移动电话基站电磁辐射监测结果表明，规范科学架设天线一般不会污染周围环境敏感建筑物，因为电磁波主瓣和强副瓣会从楼房顶部或空隙中穿过，但是下述情况应当给予关注：

(1) 基地站定向天线高度低于周围建筑，面对敏感建筑且距离较近时。移动电话基站建设初期，由于布局不合理，部分距基站较近的居民窗口处，功率密度可达上百 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$ 。

(2) 当基站天线安装于高层建筑边缘，且有一定倾角时，天线辐射电磁波的垂直波瓣可能辐射到本楼天线下方的居民窗口处。实测安装在楼顶女儿墙上且下倾角较大的基站天线，其下方居民窗口处功率密度可达 $40\mu\text{w}/\text{cm}^2$ 。

(3) 居民区内建有多网站（多个移动电话天线或多个寻呼、集群通信天线）。某城市设在电话局楼顶的多网基站天线，其25m处居民楼窗口功率密度可达近 $400\mu\text{w}/\text{cm}^2$ 。

二、移动通信系统

■ 5. 移动通信基站电磁辐射环境监测方法

4.1 环境条件

监测时的环境条件应符合行业标准和仪器的使用环境条件，建议在无雨、无雪的天气条件下监测。

二、移动通信系统

■ 5. 移动通信基站电磁辐射环境监测方法

4.3 监测人员

现场监测工作须有二名以上监测人员才能进行。

4.4 监测时间

在移动通信基站正常工作时间内进行监测，建议在 8:00—20:00 时段进行。

二、移动通信系统

■ 5. 移动通信基站电磁辐射环境监测方法

4.2 测量仪器

4.2.1 基本要求

测量仪器根据监测目的分为非选频式宽带辐射测量仪和选频式辐射测量仪。进行移动通信基站电磁辐射环境监测时，采用非选频式宽带辐射测量仪；需要了解多个电磁波发射源中各个发射源的电磁辐射贡献量时，则采用选频式辐射测量仪。

测量仪器工作性能应满足待测场要求，仪器应定期检定或校准。

监测应尽量选用具有全向性探头（天线）的测量仪器。使用非全向性探头（天线）时，监测期间必须调节探测方向，直至测到最大场强值。

二、移动通信系统

■ 5. 移动通信基站电磁辐射环境监测方法

5.1 基本要求

监测前收集被测移动通信基站的基本信息，包括：

- a) 移动通信基站名称、编号、建设地点、建设单位、类型；
- b) 发射机型号、发射频率范围、标称功率、实际发射功率；
- c) 天线数目、天线型号、天线载频数、天线增益、天线极化方式、天线架设方式、钢塔桅类型（钢塔架、拉线塔、单管塔等）、天线离地高度、天线方向角、天线俯仰角、水平半功率角、垂直半功率角等参数。

二、移动通信系统

■ 5. 移动通信基站电磁辐射环境监测方法

5.2 监测参数的选取

根据移动通信基站的发射频率,对所有场所监测其功率密度(或电场强度)。

二、移动通信系统

■ 5. 移动通信基站电磁辐射环境监测方法

5.3 监测点位的选择

监测点位一般布设在以发射天线为中心半径 50m 的范围内可能受到影响的保护目标，根据现场环境情况可对点位进行适当调整。具体点位优先布设在公众可以到达的距离天线最近处，也可根据不同目的选择监测点位。移动通信基站发射天线为定向天线时，则监测点位的布设原则上设在天线主瓣方向内。

二、移动通信系统

■ 5. 移动通信基站电磁辐射环境监测方法

探头（天线）尖端与操作人员之间距离不少于 0.5m。

在室内监测，一般选取房间中央位置，点位与家用电器等设备之间距离不少于 1m。在窗口（阳台）位置监测，探头（天线）尖端应在窗框（阳台）界面以内。

对于发射天线架设在楼顶的基站，在楼顶公众可活动范围内布设监测点位。

进行监测时，应设法避免或尽量减少周边偶发的其他辐射源的干扰。

二、移动通信系统

■ 5. 移动通信基站电磁辐射环境监测方法

5.4 监测时间和读数

在移动通信基站正常工作时间内进行监测。每个测点连续测 5 次，每次监测时间不小于 15s，并读取稳定状态下的最大值。若监测读数起伏较大时，适当延长监测时间。

测量仪器为自动测试系统时，可设置于平均方式，每次测试时间不少于 6min，连续取样数据采集取样率为 2 次/s。

二、移动通信系统

■ 5. 移动通信基站电磁辐射环境监测方法

5.5 测量高度

测量仪器探头（天线）尖端距地面（或立足点）1.7m。根据不同监测目的，可调整测量高度。

二、移动通信系统

■ 5. 移动通信基站电磁辐射环境监测方法

7.1 基本信息

记录移动通信基站名称、编号、建设单位、移动通信基站类型、发射频率范围、功率（W）等参数。

记录环境温度、相对湿度、天气状况。

记录监测开始结束时间、监测人员、测量仪器。

绘制监测点位平面示意图。

二、移动通信系统

■ 5. 移动通信基站电磁辐射环境监测方法

7.2 监测结果

监测结果以功率密度 (W/m^2 或者 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$) 或电场强度 (V/m) 表示。

选频监测时, 建议给出频谱分布图。

7.3 结论

根据不同的监测目的, 可按照 GB8702 对监测结果进行分析并给出结论。

二、移动通信系统

5. 移动通信基站电磁辐射环境监测方法

电场强度与功率密度在远区场中的换算公式为：

$$S = \frac{E^2}{377} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：S——功率密度 (W/m²)；

E——电场强度 (V/m)。

磁场强度与功率密度在远区场中的换算公式为：

$$S = H^2 \times 377 \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：S——功率密度 (W/m²)；

H——磁场强度 (A/m)。

三、输变电设施

■ 交流输变电工程

- 按照电压等级的不同，交流输电网可分为：
 - 输电网：电压在110kV及以上；
 - 配电网：电压在10 kV ~ 35kV；
 - 供电网：电压为220V、380V。

在输电网中，110（66）~ 220kV电压为高压；330 ~ 750kV电压为超高压；1000kV以上电压为特高压。当前500kV超高压输电网已成为各省和跨省电网的主干网。

三、输变电设施

■ 评价范围

按《500kV超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》（HJ/T 24-1998）的规定，以送电线路走廊两侧30m的带状区域为工频电场、工频磁场的
评价范围；以送电线路走廊两侧2000m带状区域为无线电干扰评价范围。

线路走廊则执行《电力设施保护条例》（国务院令
第239号）中对电力线路保护区的规定，即架空电力线路保护区。

三、输变电设施

■ 评价标准

关于高压送变电设施的工频电场、工频磁场限值目前尚无国家标准，现以我国环境保护行业标准《500kV超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》（HJ/T 24-1998）的规定进行评价：以4kV/m作为居民区工频电场评价标准；以0.1mT作为工频磁感应强度的评价标准；对于高压送电线路的无线电干扰限值根据国标《高压交流架空送电线无线电干扰限值》（GB15707-1995）规定在距边相导线投影20m距离处、测试频率为0.5MHz的晴天条件下量值作为评价标准：

500kV线路为55dB（ $\mu\text{v}/\text{m}$ ）；

220~330kV线路为53dB（ $\mu\text{v}/\text{m}$ ）；

110kV线路为46dB（ $\mu\text{v}/\text{m}$ ）。

当测试频率为1MHz时，则上述限值分别减去5dB（ $\mu\text{v}/\text{m}$ ）即可。

三、输变电设施电磁环境影响的测量



工频电场强度的测量



工频磁感应强度的测量



无线电干扰场强的测量



交流输电线路电磁环境测量

三、输变电设施电磁环境影响的测量

五

交流高压变电站电磁环境测量

邻近输电线路的民房的工频

六

电场和工频磁感应强度测量

三、输变电设施电磁环境影响的测量

■ 工频电场强度的测量

1. 工频电场强度的测量，可应用球形偶极子场强表。该表的探测电极是由两个半球组成的偶极子，沿赤道面互相绝缘，接在一个低阻抗的测量回路上。将偶极子电极放入待测工频电场后，可显示出感应电流值。按下列关系即可显示待测工频电场强度 E 。

三、输变电设施电磁环境影响的测量

工频电场强度的测量

$$E_0 = \frac{I}{3\pi\epsilon_0\omega a^2}$$

其中：
 I ——感应电流值
 ϵ_0 ——真空的介电系数
 ω ——角频率
 a ——偶极子半径

三、输变电设施电磁环境影响的测量

■ 工频电场强度的测量

2. 测量时，为避免在探头处产生较大的电场畸变，测量人员应距离仪器探头2.5m以上，并测量最大值。

三、输变电设施电磁环境影响的测量

■ 工频磁感应强度的测量

工频磁场测量仪器由测量线圈和一个交流电流表组成。在待测磁场中，探测线圈中产生感应电流，根据下列关系式可显示出被测场的工频磁感应强度。

三、输变电设施电磁环境影响的测量

- 工频磁感应强度的测量
- 对于一个边长为 $2a$ 的正方形探测线圈，线圈中央的磁感应强度值为：

$$B_z(0,0,0) = \frac{\sqrt{2}\mu_0 IN}{\pi a}$$

其中：

I —— 感应电流值

μ_0 —— 空气磁导率

N —— 线圈匝数

a —— $\frac{1}{2}$ 线圈边长

三、输变电设施电磁环境影响的测量

■ 工频磁感应强度的测量

测量时，需适当转动探测线圈以显示最大值。

三、输变电设施电磁环境影响的测量

无线电干扰场强的测量

- 通常使用无线电干扰测量接收机，也可以应用频谱分析仪。工作于准峰值检波方式，按规定的离地高度架设接收天线。
- 无线电干扰测量接收机的技术特性应符合国家标准《无线电干扰和抗扰度测量设备规范》（GB/T 6113-1995）的规定。

三、输变电设施电磁环境影响的测量

无线电干扰场强的测量

无线电干扰场强测量值应为：

$$R[dB(\mu V/m)] = A[dB] + K[dB]$$

其中： $A[dB]$ ——仪表的指示值

$K[dB]$ ——天线校正系数

三、输变电设施电磁环境影响的测量

交流输电线路电磁环境测量



工频电场强度测量



工频磁感应强度测量



无线电干扰场强测量

三、输变电设施电磁环境影响的测量

1、工频电场的测量

以输电线路档距中央导线弛垂最大处线路中心的地面投影点为测试原点，沿垂直于线路方向为测量路径，按测点间距为5m，顺序布点至边相导线地面投影点外50m处，在边相导线地面投影点外5m内可适当加密测点，以测取工频电场的**最大值**。应用工频电场测量仪按序点测量**离地1.5m**处工频电场强度的垂直分量。

在测量中，确认某测点工频电场测值已为环境背景值时，可不再向远处测点继续测量。

三、输变电设施电磁环境影响的测量

■ 2、工频磁场的测量

工频磁场的测量可在工频电场测点处同点进行，但应使用工频磁场测量仪测量工频磁场在离地面

1.5m处的**垂直分量**和**水平分量**。如果使用的仪表能同时指示工频磁场强度的合成值时，应同时进行分量和**合成值**的记录。应注意，不能在先后读出垂直分量值和水平分量值后，再以均方根值计算出合成值。

三、输变电设施电磁环境影响的测量

■ 3、无线电干扰的测量

应使用测量接收机或频谱分析仪，工作于准峰值检波方式，按规定的离地面高度架设天线。

测点的分布按工频电场测量路径上的 2^n m距离设置，其中 $n=0、1、2……11$ 的正整数。顺序测量各测点在 $0.5(1 \pm 10\%)$ MHz频率的量值，也可测试1MHz频率的量值。在测量中确认某测点的无线电干扰测值已为环境背景值时，可不再向远处测点继续测量。

在上述测点之外，还应在距边相导线地面投影**20m**处布设测点，分别测量0.15、0.25、0.50、1.0、1.5、3.0、6.0、10、15、30MHz各频率的量值，并据此画出频谱特性曲线。

三、输变电设施电磁环境影响的测量

交流高压变电站电磁环境测量



工频电场强度测量



工频磁感应强度测量



无线电干扰场强测量

三、输变电设施电磁环境影响的测量

交流高压变电站电磁环境测量

1、工频电场强度测量

- 测点应分布于变电站各侧围墙外，距围墙5m处，应避免变电站进出输电线路的影响。
- 测量工频电场强度离地面1.5m处的垂直分量或综合量的最大值。
- 衰减测量时，以测点中测值最大处的围墙垂直线作为测试路径，围墙为起点，按2m或5m间隔布置测点，直至50m处或环境背景处为止。

三、输变电设施电磁环境影响的测量

交流高压变电站电磁环境测量

■ 2、工频磁场的测量

测量方法与工频电场强度测量相同。

需同时测量工频磁感应强度的水平分量和垂直分量。

三、输变电设施电磁环境影响的测量

交流高压变电站电磁环境测量

- 3、无线电干扰的测量
- 测点应分布于变电站各侧围墙外，距**围墙20m**处，应避免变电站进出输电线路的影响。
- 衰减测量时，以测点中测值最大处的围墙垂直线作为测试路径，围墙为起点，按 2^n m处布点测量，其中 $n=0, 1, 2, \dots, 11$ 等正整数或直至环境背景处为止。

三、输变电设施电磁环境影响的测量

邻近输电线路的民房的工频电场工频磁感应强度测量（DL/T 988-2005）



房屋内测量



民房阳台测量



楼顶平台测量

三、输变电设施电磁环境影响的测量

邻近输电线路的民房的工频电场工频磁感应强度测量（DL/T 988-2005）

- 1、房屋内测量：应在距离墙壁和其它固定物体1.5m外的区域内测量，测出最大值作为评价依据。如不能满足与墙面距离时，则取屋内平面中心作为测量点。

三、输变电设施电磁环境影响的测量

邻近输电线路的民房的工频电场工频磁感应强度测量（DL/T 988-2005）

- 2、民房阳台测量：当阳台尺寸能满足房屋内测量条件要求时，按屋内测量方法进行。若不满足时，则应在阳台平面**中央点**测量。

三、输变电设施电磁环境影响的测量

邻近输电线路的民房的工频电场工频磁感应强度测量（DL/T 988-2005）

- 3、楼顶平台测量：应在距离墙壁和其它固定物（如护栏）1.5m外的区域内测量，并测得**最大值**。若不能满足上述条件，则在平台**中央点**测量。

四、电磁环境现状监测

- 电磁环境的测量与实验室的测量有很大的不同，由于一般是室外测量，环境条件复杂，空域中的频谱很宽，辐射场变化幅度很大，部分环境点需要进行连续测量等特点。必须根据环境电磁场的特点和规律采用专用测量仪器，针对每一类辐射源特点制定具体的测量方法，形成一套科学的、实用的测量规范，使监测数据具有可比性和客观性。
- 电磁环境现状监测按《辐射环境管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T10.2-1996）和《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》（环发[2007]114号）的要求进行。现状监测要点如下：

四、电磁环境现状监测

■ 1、气候条件

- 气候条件应符合行业标准和仪器标准中规定的使用条件。测量记录表应注明环境温度、相对湿度。
- 环境温度一般为 $-10 \sim +40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度小于80%。室外测量应在无雨、无雪、无浓雾、风力不大于三级的情况下进行。
- 为保证测量数据的可比性，测量中测量人员的操作姿势和与仪器的距离（一般不应小于0.5m）应保持相对不变，无关人员远离天线，馈线和测量仪器3m以外。

■ 2、测量高度

- 取离地面1.7—2m高度。也可根据不同目的，选择测量高度。
- 。

四、电磁环境现状监测

■ 3、测量频率

- 选频测量中一般取电场强度测量值 $>50\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的频率作为测量频率(根据需要可选择 $<50\text{dB } \mu\text{V/m}$ 信号测量)。

■ 4、测量时间

- 根据目前广播电视和移动通信均为城市的主要电磁辐射源的特征,测量时间可根据监测对象和目的确定。一般可分昼间和夜间,工作时段或休息时段(如早、中、晚、夜间)等。若24小时昼夜测量,昼夜测量点不应少于10点。每次测量观察时间不应小于15秒,并读取稳定状态下的最大值。若指针摆动(显示值起伏较大)过大,应适当延长观察时间。
- 测量仪器为自动测试系统时,每次测量时间不小于6min,连续取样数据采集样率为2次/S

四、电磁环境现状监测

- 布点方法
- 1、典型辐射体环境测量布点
- 对典型辐射体，比如某个电视发射塔周围环境实施监测时，则以辐射体为中心，按每间隔 45° 的八个方位为测量线，每条测量线上选取距场源分别30，50，100m等不同距离定点测量，测量范围根据实际情况确定。

四、电磁环境现状监测

布点方法

- 2、一般环境测量布点
- 对整个城市电磁辐射测量时，根据城市测绘地图，将全区划分为 $1 \times 1\text{km}^2$ 或 $2 \times 2\text{km}^2$ 小方格（小城市网格可按 $0.5 \times 0.5\text{km}^2$ ），取方格中心为测量位置。
- 3、测点考察与调整
- 按上述方法在地图上布点后，应对实际测点进行考察。考虑地形地物影响，实际测点应避开高层建筑物、树木、高压线以及金属结构等，尽量选择空旷地方测试。允许对规定测点调整，测点调整最大为方格边长的 $1/4$ ，对特殊地区方格允许不进行测量。需要对高层建筑测量时，应在各层阳台或室内选点测量。

四、电磁环境现状监测

测量仪器

- 1、非选频式辐射测量仪（综合场强仪）
- 具有各向同性响应或有方向性探头的宽带辐射测量仪属于非选频式辐射测量仪。用有方向性探头时，应调整探头方向以测出最大辐射电平。

四、电磁环境现状监测

测量仪器

- 2、选频式辐射测量仪（分频式测量仪）
- 各种专门用于EMI测量的场强仪，干扰测试接收机，以及用频谱仪、接收机、天线自行组成测量系统经标准场校准后可用于此目的。测量误差应小于 $\pm 3\text{dB}$ ，频率误差应小于被测频率的 10^{-3} 数量级。该测量系统经模/数转换与微机联接后，通过编制专用测量软件可组成自动测试系统，达到数据自动采集和统计。
- 自动测试系统中，测量仪可设置于平均值（适用于较平稳的辐射测量）或准峰值（适用于脉冲辐射测量）检波方式。每次测试时间不少于6min，数据采集取样率为2次/s，进行连续采样。

四、电磁环境现状监测

2、分频场强监测

- 为了解建设地点现状电磁环境频率分布特征或需要了解多个电磁波发射源中各个发射源的电磁辐射贡献量时，则采用选频式辐射测量仪进行分频场强监测。根据目前我国无线电设备频率范围，分频场强监测所采用的选频式辐射测量仪频率范围一般为0.15MHz - 40GHz，它包括了中短波、超短波及微波段大部分频点。根据建设项目性质（工作频率特征）可以灵活地选择部分常用频段即可。

四、电磁环境现状监测

3、监测布点要求

- (1) 新建项目：应在项目建设边界处、中心处及评价范围内典型敏感目标处布置监测点；
- (2) 改扩建项目：应在原台站边界处、天线发射主瓣方向、改扩建处及评价范围内典型敏感目标处布置监测点；
- (3) 建设项目周边有楼房或高层建筑时：要增加楼房不同高度（楼层）的场强垂直分布测点，特别是中短波发射天线周边建筑、移动通信及微波通信主瓣方向上的建筑更应关注其场强垂直分布测量值；在室内监测，一般选取房间中央位置，点位与家用电器等设备之间距离不少于1m；在窗口（阳台）位置监测，探头（天线）尖端应在窗框（阳台）界面以内；

四、电磁环境现状监测

3、监测布点要求

- (4) 短波发射天线工作频率与发射仰角的关系：对于同一副短波天线，频率越高（短波电台除不同台站分配不同工作频率外，还因电离层有日变化，白天和夜间临界频率不同），发射仰角越低，天线增益也越大，地面附近场强会越高；另一方面，短波段“公众照射导出限值”随着频率增大而更严格）。因此，从环境保护角度出发，可选择发射天线现有工作频率的高端进行监测。
- (5) 进行监测时，应设法避免或尽量减少周边偶发的其他辐射源的干扰。

四、电磁环境现状监测

3、监测布点要求

- 4、做好现场记录
- 主要包括监测台站信息、监测条件、监测结果及相关信息和现场布点示意图等

四、电磁环境影响预测

电磁环境评价标准

- 1、公众总的受照射剂量
- 公众总的受照射剂量包括各种电磁辐射对其影响的总和，既包括拟建设可能或已经造成的影响，还要包括已有背景电磁辐射的影响。总的受照射剂量限值不应大于国家标准《电磁辐射防护规定》（GB8702-88）的要求。
- 2、单个项目的影响
- 为使公众受到总照射剂量小于GB8702-88的规定值，对单个项目的影响必须限制在GB8702-88限值的若干分之一。
在评价时：①对于由国家环境保护总局负责审批的大型项目可取GB8702-88中场强限值的1/，或功率密度限值的1/2；②其他项目则取场强限值的1/，或功率密度限值的1/5作为评价标准。

四、电磁环境影响评价范围

- 1、功率 $>200\text{kW}$ 的发射设备
- 以发射天线为中心、半径为 1km 范围全面评价，如辐射场强最大处的地点超过 1km ，则应在选定方向评价到最大场强处和低于标准限值处。
- 2、其他陆地发射设备
- 评价范围以天线为中心：发射机功率 $>100\text{kW}$ 时，其半径为 1km ；发射机功率 $P \leq 100\text{kW}$ 时，半径 0.5km 。
- 对于有方向性天线，按天线辐射主瓣的半功率角内评价到 0.5km ，如高层建筑的部分楼层进入天线辐射主瓣的半功率角以内时，应选择不同高度对该楼层进行室内或室外（阳台或窗口）的场强测量。移动通信基站评价范围可重点在 100m 范围内，验收监测时可重点选取天线周围 50m 范围内的典型敏感点进行监测。

谢谢！