

附件 3

《5G 移动通信基站电磁辐射环境监测方法
(征求意见稿)》

编制说明

生态环境部辐射环境监测技术中心

中国信息通信研究院

二〇二〇年四月

目 次

1 项目背景.....	2
2 必要性.....	2
3 编制目的和依据.....	4
4 主要技术内容说明.....	4
5 标准初稿审查情况.....	24

《5G 移动通信基站电磁辐射环境监测方法 (征求意见稿)》编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

为保护环境，防治电磁辐射环境污染，规范 5G 移动通信基站电磁辐射环境监测，2019 年 9 月生态环境部辐射源安全监管司向生态环境部辐射环境监测技术中心（以下称“技术中心”）下达开展《5G 移动通信基站电磁辐射环境监测方法》（以下简称《5G 监测方法》）制订任务。

1.2 工作过程

2019 年 9 月，成立编制组，人员组成有曹勇、林远、穆晨旻、赵顺平、李育敏、刘贵龙、吴剑、叶焱栋、朱滢、李夏。

2019 年 9 月，开展某 5G 实验室室外基站电磁辐射环境监测。

2019 年 10 月，联合中国信息通信研究院与北京市辐射安全技术中心对中国联通北京市区三座代表性 5G 移动通信基站进行电磁辐射环境监测。

2019 年 11 月，生态环境部辐射源安全司邀请相关专家对《5G 监测方法（初稿）》进行咨询审议。

2020 年 3 月，生态环境部辐射源安全监管司召开视频会议听取《5G 监测方法》修改、完善情况并提出下一步工作要求。

2020 年 4 月，编制组完成《5G 监测方法（征求意见稿）》。

2 必要性

第五代移动通信技术（5G）自 2012 年始发展迅速，已成为新一轮全球经济增长的驱动力。2013 年，多个国家相继成立了官方 5G 组织，包括中国的 IMT-2020（5G）推进组、韩国的 5G Forum、欧洲的 5GIA、日本的 5GMF、美国的 5G Americas 以及后来成立的巴西 5G Brazil 等。为建立全球统一的 5G 标准、更好地推进 5G 产业发展，这些 5G 官方组织逐步加强国际合作，组织全球 5G 峰会，探讨政策策略、频谱规划、技术创新、标准发展、技术试验、部署方式、产业生态及垂直行业应用、国际合作等系列议题。2014 年，ITU 发布了文件 IMT.vision（ITU-R, 2014），用三大应用场景和八大技术指标要求来描述 5G 的愿景和需求。2015 年，5G 关键技术开始收敛，包括新型网络架构和多种无线关键技术。2016 年，5G 领域更是发生了突破性事件，其一为 3GPP 在 R14 正式启动了 5G 新空口（5G NR）研究，并计划用 R15 和 R16 两个版本完

成 5G NR 标准化工作；其二为中国正式启动了 5G 技术试验，计划分为工信部主导的技术研发试验和运营商主导的产品研发试验两个阶段。这些事件逐步推动 5G 走向商用。

为满足 5G 技术指标要求，需要一系列关键技术的支持。对应于 5G 技术路线和融合技术制式的潜在关键技术包括大规模天线（massive multiple-input multiple-output, massive MIMO）、非正交多址接入（non-orthogonal multiple access, NOMA）、超密集组网（ultra dense networking, UDN）、先进编码调制、灵活的频谱接入等无线关键技术和新型网络架构及网络关键技术（Chen et al., 2015a）。

目前，5G 处于标准形成和产业推进的关键时期，各国都很重视 5G 发展，将 5G 视作国家数字化战略中的优先发展领域，加强产业布局，以期利用 5G 形成新的竞争形势。5G 产业生态不仅包括传统移动通信本身，而且还带来集成电路（integrated circuits, IC）、信息安全及各垂直行业应用。5G 将与云计算、大数据、人工智能、虚拟现实等技术结合，实现在机器人、无人机、自动驾驶等领域的创新应用，提升现有工业化水平，跨界融合，创造新行业和产业形态，激发信息革命，并将数字经济构建打造成可与水电供应相提并论的基础设施。特别需要指出的是，得益于其满足超高可靠和超低时延能力，5G 将促进车联网、无人机、移动医疗和工业互联网等垂直行业应用。基于这一新的产业生态，一个国家的数字经济将会上升到一个新的水平。

中国非常重视 5G 发展。2019 年 6 月 6 日，工业和信息化部正式向国内运营商发放 5G 商用牌照，5G 移动通信基站大规模建设的进程不断提速。

从 1G 到 4G，移动通信系统都是基于传统蜂窝结构，由多个六边形的蜂窝组成，是干扰受限的系统。5G 引入了超密集组网，采用更多接入点（如本地小基站、无线中继站、微基站和分布式天线系统等），网络结构不再规则，安装和部署也不再是六边形规律，覆盖范围也存在重叠，形成异构分层网络结构。5G 特有的大数据、海量连接和场景体验，将使万物智能互联的时代成为现实；成为一个普及、低时延和适应性的平台，以满足未来的需求。5G 网络将有更大的容量和更快的数据处理速度，通过手机、可穿戴设备和其它联网硬件推出更多的新服务将成为可能。

从 5G 移动通信基站本身的特点来看，5G 移动通信基站从基站整体架构，基站发射天线，基站天线发射的电磁波频率，基站发射功率等都与前几代移动通信基站有很大的改变；从 5G 移动通信基站电磁辐射环境管理的角度来看，5G 移动通信基站天线发射的电磁波有多个不同频率，GB8702 中对于针对不同频率的电磁波有不同的标准限值。从这两个方面来看，现行的移动通信基站电磁辐射环境监测方法（HJ972-2018）已经无法满足 5G 移动通信基站的电磁辐射环境监测。

因此，为科学评估 5G 移动通信基站电磁辐射环境影响，规范 5G 移动通信基站电磁辐射环境监测，有必要制订 5G 移动通信基站电磁辐射环境监测方法。

3 编制目的和依据

3.1 编制目的

基于 5G 移动通信基站技术特点，规范 5G 移动通信基站电磁辐射环境监测。

3.2 编制依据

- (1) GB8702-2014 电磁环境控制限值；
- (2) HJ/T10.2-1996 辐射环境保护管理导则-电磁辐射监测仪器和方法；
- (3) HJ/T10.3-1996 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；
- (4) HJ 972-2018 移动通信基站电磁辐射环境监测方法；
- (5) ITU-T K .100 2017-07 Measurement of radio frequency electromagnetic fields to determine compliance with human exposure limits when a base station is put into service；
- (6) IEC 62232:2017-08 Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radio communication base stations for the purpose of evaluating human exposure；
- (7) IEEE Std C95.1-2019 IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz；
- (8) ICNIRP PUBLICATION -2020 FOR LIMITING EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELDS (100kHz TO 300 GHz) .

4 主要技术内容说明

4.1 关于“前言”

本章按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国环规科技〔2017〕1号）要求，给出了本标准的编制目的、内容、提出单位、起草单位、批准单位、实施时间、解释单位等内容。

4.2 关于“适用范围”

2019年6月6日工业和信息化部正式向中国电信（3400 MHz）、中国移动（2600 MHz）、中国联通（3500 MHz）、中国广电（700 MHz 和 4800 MHz）发放了 5G 商用牌照。目前，我国 5G 基站大规模商业部署全部是围绕 6GHz 以下频段展开；毫米波频段相关关键技术及产品

仍在验证和研发中，没有进行大规模的部署。

因此，本方法适用于发射频率在 6GHz 以下的已经投入使用或即将投入使用的 5G 移动通信基站的电磁辐射环境监测。

4.3 关于“规范性引用文件”

本章列出标准中规范性引用的文件，经过标准条文的引用后，成为标准应用时不可缺少的文件。

4.4 关于“术语和定义”

参考 HJ 972 已明确的“移动通信”、“基站”和“电磁辐射环境敏感目标”定义。

补充术语“5G”、“5G 电信终端设备”、“选频式电磁辐射监测仪”和“应用场景”定义。

其中术语“5G”参考中国工信出版集团、人民邮电出版社 2019 年 8 月第 1 版由汪丁鼎、许光斌、丁巍、汪伟、徐辉编著的《无线网络技术与规划设计》进行定义。

术语“5G 电信终端设备”参考《中华人民共和国电信条例》（国务院令第 666 号）进行定义。

术语“选频式电磁辐射监测仪”参考《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》(HJ972-2018)进行定义。

术语“应用场景”参考中国电信集团 2018 年 9 月 14 日发布的《5G 全网通终端技术指引 V1.0》及 2020 年 3 月 23 日工业和信息化部《关于推动 5G 加快发展的通知》(工信部通信〔2020〕49 号)进行定义。

4.5 关于“监测仪器”

4.5.1 关于“基本要求”

依据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令 第 44 号）及关于修改《建设项目环境影响评价分类管理名录》部分内容的决定（生态环境部令 第 1 号），无线通讯类建设项目环境影响评价类别为环境影响登记表。同时，根据《关于印发〈通信基站环境保护工作备忘录〉的通知》（环办辐射函〔2017〕1990 号）中附件《通信基站环境保护工作备忘录》第六条的内容，“各运营商和铁塔公司承诺开展移动通信基站周围环境敏感目标电磁环境监测，数据真实有效，确保环境质量达标，基站投入运行后尽快自行或委托依法通过计量认证的监测机构按照《移动通信基站电磁辐射环境监测方法（试行）》（环发〔2007〕114 号），对周围电磁环境敏感目标进行电磁辐射环境监测”。

因此，移动通信基站电磁环境监测的一项重要目的是为了判断移动通信基站运行产生的电磁场强是否满足环境质量标准规定。

监测仪器的选择、仪器本身的性能及仪器操作人员的操作方法是决定监测数据准确性的重要因素。《5G 监测方法》对监测仪器提出了基本要求和仪器电性能基本要求，仪器基本要求的内容包含了仪器的选择和仪器的操作要求；仪器电性能基本要求则分别对仪器的频率响应、动态范围、各向同性等不同指标做了具体要求。

本方法关于“监测仪器”的内容对比 HJ972 主要做了以下四个方面的修改：

1.删除了非选频式宽带辐射测量仪的相关内容，规定“监测时，应采用选频式电磁辐射监测仪，监测频率范围应设置为被测 5G 移动通信基站发射天线工作状态时的下行发射频段。”

2.增加了“监测仪器的检波方式应设置为方均根检波方式，监测仪器结果类型设置为平均值。”

3.增加了对监测仪器支架的材质要求。

4.对测量仪电性能要求做了修改。

修改原因如下：

1.5G 移动通信基站辐射单元和天线技术不断演化，基站整体结构及基站天线辐射方向图等都与前几代移动通信基站有较大的区别。因此，HJ972 中关于监测仪器的基本要求内容并不能完全适用于 5G 移动通信基站的监测。

2.GB8702 对于电磁辐射环境的控制限值是根据频率划分，即 0.1MHz-3MHz，3MHz-30MHz，30MHz-3000MHz，3000MHz-15000MHz 都分别有不同的限值，非选频式辐射监测仪配备的探头（天线）的频率响应范围无法对 100kHz-6000MHz 进行频率细分。

5G 移动通信基站之前，所有移动通信基站的工作频率均在 800MHz-3000MHz 的范围内，因此可以使用频率响应范围在 100kHz-3000MHz 的非选频式辐射监测仪探头（天线），对应的限值则可以使用 GB8702 中规定的频率范围在 30MHz-3000MHz 的限值标准（考虑到环境中 100kHz-30MHz 频率范围内电磁辐射场强贡献值小到可以忽略）。

但 5G 移动通信基站的工作频率既有在 3000MHz 以下，也有在 3000MHz 以上。根据 GB8702 中的规定，这两类基站的限值是不同的，且非选频式宽带辐射监测仪无法分辨工作频率在 3000MHz 以下和 3000MHz 以上的基站电磁辐射贡献率。因此，使用非选频式宽带辐射监测仪监测 100kHz-6000MHz 频率范围内的综合场强数据无法与 G8702 形成对应关系。

因此，使用非选频式宽带辐射监测仪进行监测，无法准确判断单个 5G 移动通信基站电磁环境质量是否达标。故本方法删除了非选频式宽带辐射监测仪的相关内容。

3.监测数据应依据 GB8702 “表 1 注 2:0.1MHz~300GHz 频率，场量参数是任意连续 6 分钟内的方均根值”，对于选频式辐射测量仪其检波方式应设置为方均根值检波方式。

按照 GB8702 规定，监测时间采用了 6 分钟的监测时间，而使用选频式辐射测量仪进行监测时，其扫频间隔（数据采样间隔）一般都会大于 1 次/秒。因此，在 6 分钟监测时间内，监测仪器将会监测到至少 360 个监测数据，对于这些数据的处理，一般可以采用读取最大，读取最小值，读取平均值等几种数据处理方式。根据 HJ972 中数据处理的相关内容，同时参考 ICNIRP 等国际组织公开发表的标准及文献内容，编制组认为采用平均值的处理方式最为合理。

原文节选如下：

HJ972 中的相关描述：

连续监测时，测量数据按照公式处理：

$$E_G = \frac{1}{k} \sum_{s=1}^k E_s$$

式中： E_G ——监测点位 24h（或一定时间内）内测量某频段电场强度的平均值，V/m；

k ——24 小时（或一定时间内）内测量某频段的测量次数。

ICNIRP PUBLICATION -2020 中的相关描述：

S_{inc} , E_{inc} , and H_{inc} are to be averaged over 6 min.

4.选频式辐射监测仪能够在探头（天线）的频率响应范围，对监测频率范围进行设置，同时能够显示不同频率电磁辐射贡献的频谱分布图。

例如：被测移动通信基站的下行频率为 2515MHz-2675MHz，监测时将监测频率范围设置在 2515MHz-2675MHz，限值则对应 GB8702 中规定的频率范围在 30MHz-3000MHz 的限值标准；被测移动通信基站的下行频率为 3400MHz-3500MHz，监测时将监测频率范围设置在 3400MHz-3500MHz，限值则对应 GB8702 中规定的频率范围在 3000MHz-15000MHz 的限值标准（其中 f 取最低频率 3400 MHz）。

使用选频式辐射监测仪进行监测，能够准确反映被测移动通信基站的电磁辐射环境贡献值，并且测量值有明确对应的控制限值。因此，应使用选频式辐射监测仪进行监测，才能够准确判断被测移动通信基站电磁环境质量是否达标。

5.由于本方法关于监测读数的内容相比 HJ972 做了修改（详见后文“监测读数”），每次测量时间不少于 6 分钟的要求，宜使用支架来辅助进行测量。且从仪器的角度而言，非选频式宽带辐射监测仪和选频式辐射监测仪本身都配备了支架架设的接口。因此，本方法对所使用的支架材质做了要求。

4.5.2 关于“监测仪器电性能基本要求”

《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》（HJ972-2018）中关于选频式辐射监测仪电性能基本要求引用自《辐射环境保护管理导则-电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T 10.2-1996）中的内容，具体要求如表 1 中所示：

表 1 选频式辐射监测仪电性能基本要求

项 目	指 标
测量误差	<3dB
频率误差	<被测频率的 10 ⁻³ 数量级
动态范围	最小场强≤7×10 ⁻⁶ W/m ² （0.05 V/m） 最大场强≥25 W/m ² （100 V/m）
各向同性	在其测量范围内，探头的各向同性≤2.5 dB

IEC62232: 2017 中 B3.1.2.2 中对选频式电磁辐射监测仪的监测仪器电性能基本要求做了如下规定：

Table B.6 summarizes the performance requirements for the frequency-selective measurement system for RF exposure evaluation.

Table B.6 – Frequency-selective measurement system requirements

Frequency response	Minimum detection level	Dynamic range	Linearity	Probe isotropy ^a
900MHz to 3GHz ±1,5dB	<0.01mW/m ² (i.e. 0,06V/m) Signal-to-noise ratio of at least 10dB in the measurement bandwidth	>60dB	±1.5dB	<900MHz:<2dB From 900MHz to 3GHz:<3dB >3GHz:<5dB
<900MHz and >3GHz ±3dB for the frequencies to be measured				
^a Probes and measurement antennas with isotropic response are recommended. Single-axis (e.g.dipole) and directional measurement antennas are permitted provided that the measurements are post processed to obtain the total field strength (equivalent to a measurement with an isotropic probe/measurement antenna).				

从内容上来看，我国的 HJ/T 10.2-1996 与 IEC62232: 2017 推荐的标准对选频式辐射监测仪的电性能都有不同的要求；从具体要求来看，我国的 HJ/T 10.2-1996 与 IEC62232: 2017 推荐的标准之间也存在着一定的差异。

下面将从仪器测量的原理、仪器电性能要求的项目及指标这两个方面进行解释（为了表述更加全面，下文对非选频式宽带电磁辐射监测仪一并进行了说明）。

一、仪器测量的原理

1.非选频式宽带电磁辐射监测仪测量原理：

非选频式宽带电磁辐射监测仪由探头和测量主机组成（仪器测量工作原理可见 HJ/T10.2-1996），探头内部包括三个正交的偶极子天线（分别为 X 轴天线，Y 轴天线和 Z 轴天线），偶极子天线中间接了一个肖特基检波二极管，检波二极管输出接高阻线，经过高阻线传输后到达测量主机，主机内部有运算放大电路和 AD 采样电路。其中，高阻线和三个偶极子天线的夹角均为 54.7°。偶极子天线接收空间中的电磁场，任意入射方向、任意极化方向的电磁场都可以正交分解为 X 分量、Y 分量和 Z 分量，由 X 轴天线、Y 轴天线和 Z 轴天线分别接收，再由检波二极管检波后得到直流的检波电压。该检波电压与被测电磁场的强度成正比，三路检波电压经过高阻线传输到测量主机中，测量主机对该检波电压进行放大和采样后得到检波电压的数值，经过校准后分别得到三个轴向电场分量的强度，再合成得到总的场强。

2.选频式电磁辐射监测仪测量原理：

选频式电磁辐射监测仪由天线和测量主机组成（仪器测量工作原理可见 HJ/T10.2-1996），该天线为三轴全向天线，也就是三个正交的偶极子天线（分别为 X 轴天线，Y 轴天线和 Z 轴天线），三个天线是按照相互垂直的方式组装在一起的。三轴全向天线的输出为一条同轴射频线，主机通过一个射频电子开关控制选择测量所使用的天线，也就是同一时刻只选择其中一个天线连接到射频线进而输出到主机中。测量主机为一个频谱仪。射频线和这三个偶极子天线之间的夹角也都是 54.7°。测量时，测量主机控制依次接入 X、Y、Z 轴天线，对每一个天线通过扫频测量，得到该天线的频谱，依次测量被测电场的 X 分量频谱，Y 分量频谱和 Z 分量频谱，最后在主机中将这三个分量合成为总频谱。经过引入天线因子修正后得到测量场强频谱。

二、仪器电性能要求的项目及指标

衡量电磁辐射监测仪的关键性能参数有三个，分别为频率响应，各向同性和动态范围，频率响应和各向同性是影响测量不确定度的两个重要因素。

1.频率响应

频率响应用于衡量测量仪器对于相同幅度不同频率信号的响应能力差异，无论是非选频式还是选频式测量仪器，其传感器都是天线，天线在工作的频率范围内，对不同频率信号的接收能力是不一样的（也就是天线因子不一样）。频率响应 $\pm 3\text{dB}$ ，简单来说就是测量频率范围内各个频点的测量值与基准值之间的偏差都小于等于 3dB。3dB 带宽是天线中常用的概念。频率响应越大，测量的不确定越大。

频率响应 (dB) = $20 \times \log_{10}(E/E_0)$ （其中 E_0 为标准场强值，E 为电场测量值）。

举例分析：

标准场强值为 E_0 ，对应的功率密度为 P_0 ，则 $P_0=E_0^2/377$ 。

标准场强值为 E_0 ，如果 E 比 E_0 大 3dB，即 $3dB=20\times\log_{10}(E/E_0)$ ， $E/E_0=10^{(3/20)}=1.141$ 。

电场测量值为 E ，如果 E 比 E_0 小 3dB，即 $-3dB=20\times\log_{10}(E/E_0)$ ， $E/E_0=10^{(-3/20)}=0.707$ 。

电场测量值为 E 对应的功率密度为 P ， $P=E^2/377$ ，如果 E 比 E_0 大 3dB，也就是 P 比 P_0 大 3dB，则 $3dB=10\times\log_{10}(P/P_0)$ ， $P/P_0=10^{(3/10)}=2$ 。

如果 E 比 E_0 小 3dB，也就是 P 比 P_0 小 3dB，则 $-3dB=10\times\log_{10}(P/P_0)$ ， $P/P_0=10^{(-3/10)}=0.5$ 。

注： $10\times\log_{10}(P/P_0)=10\times\log_{10}(E^2/E_0^2)=20\times\log_{10}(E/E_0)$

由于非选频式宽带电磁辐射监测仪没有频谱分析能力，所以其不能通过逐个频点修正校准的方式来改善频率响应，只能靠探头设计来确保频率响应特性。而选频式电磁辐射监测仪具有频谱分析能力，可以逐个频点校准（也就是不同频率使用不同的天线因子）来改善天线的频率响应。

2.各向同性

各向同性是衡量测量仪器对不同入射方向不同极化方向的电磁场的响应能力差异。前面的原理分析可知，无论选频式还是非选频式测量仪器，三个天线都是正交的，理论上天线之间没有差异。但是实际上由于工艺等原因，1) 三个天线性能有差异；2) 天线和天线之间没有严格的正交，天线和天线之间相互耦合，3) 非选频式测量仪探头中的高阻线与天线之间非正交，高阻线和偶极子天线之间相互耦合，4) 选频式测量仪天线的输出同轴射频线，同轴射频线和偶极子天线之间相互耦合。这就导致了实际上探头对于不同方向入射、不同极化方向的电磁场测量存在差异。各向同性测试示例：在暗室中，用信号源、功放及喇叭天线在测试点位处产生一个特定幅度，特定频率的电场，将测量探头放置在测试点位，探头或天线支杆与场的极化方向呈 54.7° 夹角，让探头围绕着支杆旋转，每旋转 30° 方向记录一个场强测试值。记录电场最大值 E_{max} 和最小值 E_{min} ，通过以下公式计算该探头或天线的各向同性：

$$A = 20 \log_{10} \left(\frac{E_{max}}{\sqrt{E_{max} E_{min}}} \right) dB$$

理论上各向同性越小越好，越小测量不确定度越小。但当前各个电磁辐射监测仪器设备厂家的技术水平、工艺水平所限，市场上主流的 100kHz-6GHz 非选频式电磁辐射监测仪的各向同性指标能达到 $\leq 1dB$ 。而 30MHz-6GHz（或 420MHz-6GHz）的选频式电磁辐射监测仪三轴全向天线的各向同性指标能达到 $\leq 2.5dB$ 。之所以非选频式电磁辐射监测仪的各向同性能做的较好，而选频式电磁辐射监测仪的各向同性较差，主要是非选频式电磁辐射监测仪探头中使用的高阻

线，高阻线中传输的直流检波信号，高阻线对被测量的射频电磁场信号呈现出很大的衰减特性，高阻线所接收射频电磁信号几乎全部被消耗掉不会再次激发出来。因此高阻线和三个偶极子天线之间的耦合非常小。而选频式电磁辐射监测仪天线输出为同轴射频线（阻抗 50Ω ）要传输的就是被测量的信号，因此射频线外导体也会充当一个天线，一来接收被测量的电磁信号，二来充当发射天线发射所接收的电磁场信号，而该同轴射频线和三个天线之间的夹角都是 54.7° ，而非垂直，因此射频线和天线之间的耦合会很大，而这个耦合特性是与入射波的方向相关的，和被测电磁场的频率也是相关的，这个会严重影响天线的各向同性。因此选频式电磁辐射监测仪的各向同性指标比较差，还没有可行的方法可以解决这个问题。

3.动态范围及探头检出限

动态范围用于衡量测量仪器对于幅度快速变化的信号的测量能力，动态范围不同于测量量程，有的仪器是有量程档位选择的，可以通过控制测试链路中的衰减器或者放大器来选择不同的量程档位。实际上，对于快速变化信号，电磁测量仪器是无法及时的跟上信号变化的幅度来调整量程的，动态范围是在不进行量程切换情况下的所能测量信号幅度的范围（满足测量准确度要求）。探头检出限既仪器测量量程，包括了检出下限和检出上限。

动态范围（dB）= $20 \times \log_{10}(E_{\max}/E_{\min})$ （其中 E_{\max} 为仪器最大量程， E_{\min} 为电场测量值）。

举例说明：非选频式电磁辐射监测仪器的测量量程一般为固定值，无法进行调节；选频式电磁辐射监测仪器的测量量程则可以设置程档位（一般为手动设置也可以自动调节）。下面以选频式电磁辐射监测仪器为例说明动态范围及探头检出限的指标意义。

如表 1 中选频式辐射监测仪电性能基本的要求，其动态范围要求 $>60\text{dB}$ ，下检出限 $\leq 7 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ （ 0.05 V/m ），上检出限 $\geq 25 \text{ W/m}^2$ （ 100 V/m ）。假设我们将仪器量程调整为 100 V/m ，仪器动态范围为 $60\text{dB}=20 \times \log_{10}(E_{\max}/E_{\min})$ ，既 $E_{\max}/E_{\min}=10^3$ ，此时仪器的下检出限则为 $100/10^3 \text{ V/m}=0.1 \text{ V/m}$ ，既仪器将无法检出小于 0.1 V/m 的电磁信号。

在使用选频式辐射监测仪进行 5G 移动通信基站电磁辐射环境监测时，建议将仪器的量程设置为 20 V/m 左右为宜。

4.测量误差、频率误差

频率响应用于衡量测量仪器对于相同幅度不同频率信号的响应能力差异。而选频式电磁辐射监测仪具有频谱分析能力，可以逐个频点校准（也就是不同频率使用不同的天线因子）来改善天线的频率响应。因此，对于选频式电磁辐射监测仪提出了测量误差和频率误差的要求。

①测量误差

决定测量误差的因素非常多，比如各同向性、频率响应、探头线性度以及测量的环境条件

等。各同向性、频率响应前文已做解释，测量的环境条件对测量误差的影响不是主要因素。因此这里仅对探头线性度做说明。

线性度是描述传感器静态特性的一个重要指标，以被测输入量处于稳定状态为前提。在规定的条件下，传感器校准曲线与拟合直线间的最大偏差（ ΔY_{max} ）与满量程输出（Y）的百分比，称为线性度（线性度又称为“非线性误差”）。

在电磁辐射测量中，线性度是指一个固定频率的电磁波信号，在不同发射功率时所测量的数值与标准数值的最大偏差。

线性度（dB）= $20 \times \log_{10}(E/E_0)$ （其中 E_0 为标准场强值，E 为电场测量值）。

②频率误差

在电磁辐射测量中，频率误差是指设置的测量频率与实际测量的频率之间的误差。频率误差的要求为 10^{-3} 数量级。

（比如我们测试一个 3000MHz 的电磁波信号，我们将选频电磁辐射仪器的测量频率误差应优于 ± 3 MHz）。

三、小结及建议

《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》（HJ972-2018）中关于监测仪器电性能基本要求引用自《辐射环境保护管理导则-电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T 10.2-1996），其要求基本能够满足 5G 移动通信基站电磁辐射环境的监测。

为进一步减小仪器测量的误差，结合国际电工委员会（IEC）等国际组织对电磁辐射监测仪器的最新要求。可以在 HJ972-2018 的基础上对仪器电性能做更加严格和细致的要求。

编制组认为：结合 IEC62232：2017 推荐的要求，对 5G 移动通信基站（6GHz 以下）电磁辐射环境监测仪器电性能基本要求修改如下（见表 2）：

表 2 选频式辐射监测仪电性能基本要求

项目	指标
频率响应	700MHz~5GHz，优于 ± 1.5 dB
	<700MHz，或>5GHz，优于 ± 3 dB
动态范围	>60dB
探头检出限	探头的下检出限 $\leq 7 \times 10^{-6}$ W/m ² 且上检出限 ≥ 25 W/m ²
线性度	优于 ± 1.5 dB
频率误差	<被测频率的 10^{-3} 数量级
各向同性	<700MHz，各向同性<2dB
	700MHz~5GHz，各向同性<3dB

>5GHz, 各向同性<5dB

下文对比 HJ972-2018 中对选频式辐射监测仪电性能的要求进行说明。

HJ972-2018 中对选频式带宽辐射监测仪电性能要求的指标为：测量误差、频率误差、动态范围和各向同性。IEC62232：2017 对选频式带宽辐射监测仪电性能要求的指标为：频率响应、最小检出限、动态范围、线性度、各向同性。

测量误差：前文已经说明决定测量误差的因素非常多，比如各同向性、频率响应、探头线性度以及测量的环境条件等，其中由仪器电性能决定的因素为各同向性、频率响应、探头线性度三个方面，因此在本监测方法中分别对这三项指标提出了具体要求，同时删除了对测量误差的要求。

频率响应、探头线性度及各同向性：HJ972-2018 中将仪器频率响应、探头线性度及各同向性的要求全部合并为测量误差要求，本方法参照 IEC62232：2017 推荐的标准，对三个指标分别进行要求，其要求也与 IEC62232：2017 保持一致。同时根据 5G 移动通信基站的工作频率，对仪器在不同频段的表现进行了调整。

频率误差：与 HJ972-2018 的要求一致。

动态范围及探头检出限：HJ972-2018 中将动态范围及探头检出限合并为一栏，本方法将对两项指标分别作出要求，这样的表述方法更加清晰。其要求的内容相比 HJ972-2018，明确了仪器动态范围的要求；相比 IEC62232：2017，则增加了探头检出上限的要求。

此外，本方法中对仪器电性能的要求指标及参数调研过程中，已对现有主流电磁辐射监测仪器做过调研，并与仪器厂商做过深入交流，确认现有仪器能满足本方法中对仪器电性能的要求。

4.6 关于“监测工况及 5G 电信终端设备”

1.监测工况

5G 移动通信基站使用了大规模阵列天线和 3D 波束赋形等关键技术，既基站天线的实际发射功率和天线波束方向都是随着基站覆盖范围内的小区用户的业务需求空间分布而变化的。

当基站覆盖范围内用户没有业务需求时，基站是处在一个信号“广播”状态，在基站的覆盖范围内不断进行用户搜寻，此时基站的实际发射功率很低；当基站在覆盖范围内用户业务需求量增加时，基站与终端用户建立相应的业务连接，基站执行上、下行通信，满足用户的需求；基站的实际输出功率大小与小区内用户的业务需求类型直接相关。

因此，基站的工况与基站覆盖范围内的业务需求直接相关，既基站监测时的工况与监测时

基站的应用场景（基站覆盖范围内的 5G 电信终端设备状态）相关。

2.5G 电信终端设备

基站天线的实际发射功率和天线波束方向都是随着基站覆盖范围内的终端业务需求空间位置分布而改变的，基站天线的实际发射功率与业务终端的业务需求类型直接相关。

5G 移动通信基站天线（典型天线）发射的电磁波的示意图如图 1 所示，电磁波实测三维方向图如图 2 所示。

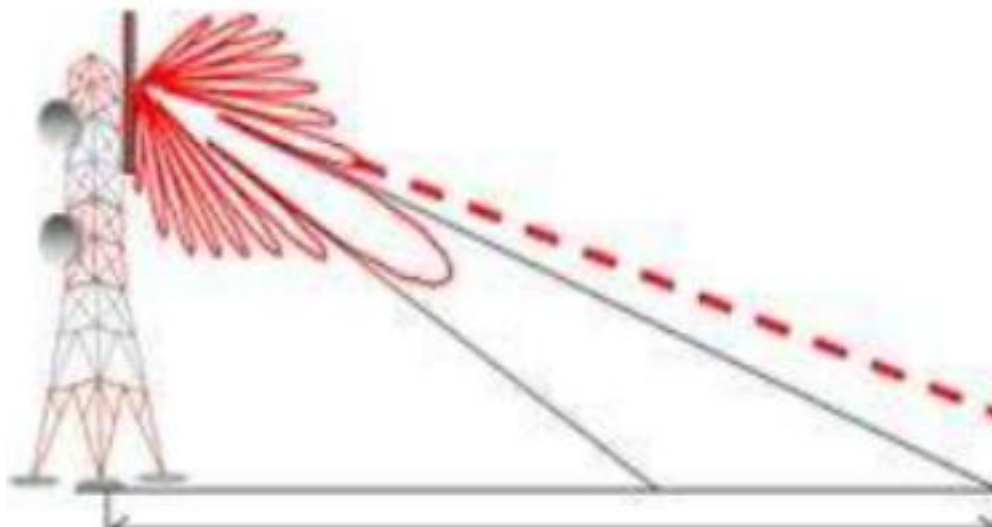


图 1 基站天线发射电磁波示意图

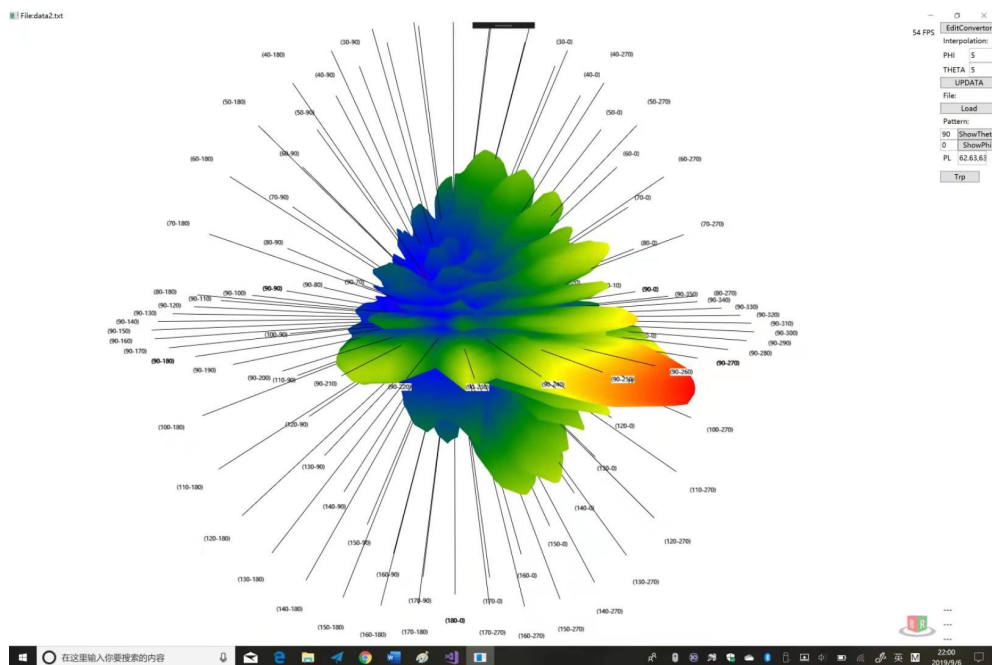


图 2 基站天线发射电磁波实测三维方向图

由图 1 和图 2 可见，5G 移动通信基站天线发射的电磁波主瓣方向的波束较窄，因此，监测时，执行业务的业务终端应该与监测仪器保持一定的距离，随着执行业务的业务终端与监测仪

器之间的距离加大，监测数据有一个下降的趋势。

同时，当执行业务的业务终端与监测仪器之间的距离过小时，业务终端上行（业务终端本身的发射天线向被测移动通信基站发射电磁波信号）业务会导致监测数据增大。因此，执行业务的业务终端与监测仪器距离增加可以减少业务终端上行业务对监测结果的影响，但同时又会造成监测点位偏离被测基站天线发射的电磁波的主射方向，从而无法测出基站天线发射的电磁波主瓣方向的最大值。而且，随着 5G 用户的增加，实际监测场景会越来越复杂，监测无法完全避免业务终端上行业务对监测结果的影响。

综上所述，本方法对监测时执行业务的业务终端与监测仪器距离提出如下要求：监测时，监测仪器探头（天线）尖端与操作人员之间躯干距离不少于 0.5m，且应与 5G 电信终端设备呈水平正向布置并保持在 1m 至 3m 范围内；避免或尽量减少周边偶发的其他电磁辐射源的干扰及监测仪器支架泄漏电流等影响。

为了解不同监测场景和终端对监测结果的影响，2019 年 9 月 20 日和 9 月 25 日，编制组对某 5G 实验室的室外基站电磁辐射环境影响进行监测。2019 年 10 月 30 日，编制组与中国信息通信研究院和北京市辐射安全技术中心北京开展了 5G 移动通信基站电磁辐射环境监测。2020 年 4 月 3 日，编制组再次对某 5G 实验室的室外基站进行监测，对监测仪器探头（天线）尖端与 5G 电信终端设备的距离进行了验证。

某 5G 实验室选取了基站工作频率在 3400MHz-3500MHz，天线离地高度 18m，标称功率 200W 的室外 5G 移动通信基站。

北京市区选取了基站工作频率在 3400MHz-3600MHz，天线离地高度分别为 14m、22m、40m 的三处 5G 移动通信基站。

监测的仪器使用了不同厂家生产的选频式电磁辐射监测仪和非选频式宽带电磁辐射监测仪。

监测点位布设在正对基站天线方向不同直线距离，不同相对高度等多处。

监测数据记录采用了读取实时值（读数间隔 15s）、6 分钟连续采样值（采样速率 1s/次）两种方式。

应用场景则包括了：5G 终端处于待机状态，5G 终端执行实际业务（下载、视频、通话等），5G 终端使用测速软件模拟“灌包业务”，5G 终端在监测点位的不同方向、不同距离时执行业务，多台 5G 业务终端同时使用并执行不同业务等。

监测结果表明，不同应用场景的监测数据差异较大，其中，当 5G 业务终端处于待机状态时的基站电磁辐射监测数据相对较小，5G 业务终端使用测速软件模拟“灌包业务”时监测数据较

大。需要特别指出的是，5G 业务终端使用测速软件模拟“灌包业务”仅作为一种网络测速工具，执行时间有限，不能作为常规业务考虑。

考虑到，5G 移动通信基站的应用场景十分复杂，基站覆盖范围内的 5G 电信终端设备状态也各有不同。因此，本方法对 5G 移动通信基站的主要应用场景都在监测方法表 A.1 现场监测记录表（二）中进行了罗列，监测人员可以根据监测目的选择不同的应用场景。

综上，相比 HJ972-2018，本方法将“监测工况”的要求修改为“监测工况及 5G 电信终端设备”要求。修改如下：

监测工况及监测场景

监测时，被监测的 5G 移动通信基站应为正常工作状态。

监测时，应保证至少有一台 5G 电信终端设备处于正常工作状态，且应与被测 5G 移动通信基站建立连接。

监测时，监测仪器探头（天线）尖端与操作人员之间躯干距离不少于 0.5m，且应与 5G 电信终端设备呈水平正向布置并保持在 1m 至 3m 范围内；避免或尽量减少周边偶发的其他电磁辐射源的干扰及监测仪器支架泄漏电流等影响。

监测时，应包括 5G 电信终端设备使用的应用场景。

原因如下：

1.被测 5G 移动通信基站处于正常工作状态，是指要排除被测基站在调试、或者检修等非正常状态下进行监测。

2.应配备至少一台的 5G 电信终端设备，前文已经介绍基站工况与 5G 电信终端设备状态有关，因此监测时必须要有至少一台 5G 电信终端设备，5G 电信终端设备用来“激发”和“引导”5G 移动通信基站天线发射的电磁波，因此无需对 5G 电信终端设备做限制，但推荐使用 5G 手机等携带和移动方便的 5G 电信终端设备。

3.不同的 5G 电信终端设备可能使用不同运营商提供的 5G 服务，同一个 5G 终端在使用不同运营商提供的 SIM 卡时也可以执行不同运营商提供的 5G 服务。因此，监测时，应确认所使用的 5G 业务终端能够与被测 5G 移动通信基站建立连接。

4.监测时，5G 业务电信终端设备与监测仪器探头（天线）尖端应与呈水平正向布置并保持在 1m 至 3m 范围内。布置的方式及距离由现场监测数据分析得出。

5.5G 移动通信基站的主要应用场景都在监测方法表 A.1 现场监测记录表（二）中进行了罗列，监测人员可以根据监测目的选择不同的应用场景。为了确保监测时，监测点位是在 5G 基站天线的波束覆盖范围内，监测应至少选择表 A.1 现场监测记录表（二）中的一种应用场景。

4.7 关于“资料收集”

HJ972 中关于“基本要求”的内容包括了资料收集和仪器选择两个方面的内容，本方法中关于仪器选择的内容已在监测方法 2.2.1 基本要求中说明。因此将“基本要求”修改为“资料收集”。

关于被测移动通信基站的基本信息收集，本方法对开展监测工作应收集的信息提出了明确的要求，同时根据监测性质和目的，还提出了可收集的其它相关信息。

关于应收集和可收集的信息内容，本方法在 HJ972 的基础上进行了优化，增加了基站平均负载、天线下倾角（机械下倾角+电子下倾角）、天线波瓣宽度（水平宽度、垂直宽度）、天线方向图等信息。

基站平均发射功率（平均负载）：基站平均负载能反映基站在一段时间内的平均发射功率，当基站覆盖范围内用户数量较多且较为活跃时，基站的平均负载也相对较高，同时基站对电磁辐射环境影响的贡献也较大。

天线下倾角（机械下倾角+电子下倾角）：天线下倾角能够决定 5G 移动通信基站的最大覆盖范围，天线的下倾角一般由一个固定的机械下倾角度和一个可自动调节的电子下倾角度组成，因此必须同时取得 HJ972-2018 中规定的天线离地高度及天线的机械下倾角和电子下倾角信息才能判断出基站最大覆盖范围。

天线波瓣宽度（水平宽度、垂直宽度）：5G 移动通信基站天线发射的电磁波为 3D 波束（既有水平宽度也有垂直高度），因此，要准确判断基站天线的覆盖范围，除了要取得天线下倾角的信息还应取得天线波瓣宽度（水平宽度、垂直宽度）。

天线方向图：天线方向图是被测移动通信基站天线发射的电磁波波瓣宽度、主瓣方向等参数的示意图，能够让监测人员更加直观的了解被测移动通信基站天线发射出的电磁波的形状。天线方向图对于监测人员的监测布点也能起到一定的帮助。

具体表述如下：

开展监测工作前，应收集被测 5G 移动通信基站的基本信息，包括：基站名称、运营单位、建设地点、发射频率范围、天线离地高度、天线支架类型、天线数量和运行状态。

根据监测性质和目的，还可收集其他信息，包括：经纬度坐标、发射机型号、标称功率、实际发射功率、天线增益、天线下倾角（机械下倾角+电子下倾角）、天线波瓣宽度（水平宽度、垂直宽度）、天线方向图和平均负载等参数。

相比 HJ972-2018，本方法主要做了如下调整：将原先应收集的经纬度坐标、网络制式类型

修改为还可收集的其他信息。在还可收集其他信息中增加了基站平均负载、天线倾角（机械下倾角+电子下倾角）、天线波瓣宽度（水平宽度、垂直宽度）、天线方向图等信息。

原因如下：

1.基站的经纬度坐标对监测及监测布点没有直接影响，且部分基站的经纬度坐标因涉密等原因无法公开，因此无需做强制要求。

2.本方法明确为 5G 移动通信基站电磁辐射环境监测方法，监测对象为工作频率小于 6GHz 的 5G 移动通信基站，因此无需收集网络制式类型的信息。

3.还可收集其他信息的内容要求仅对监测人员收集信息时提供参考，相比 HJ972-2018 增加的几项内容前文已经详细说明。

4.8 关于“监测因子”

《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》（HJ972-2018）规定的监测因子为功率密度（或电场强度），同时 GB8702-2014 表 1 中也分别对电场强度、磁场强度、磁感应强度、功率密度做了限值要求。

根据移动通信基站电磁辐射的特性，衡量移动通信基站对电磁辐射环境的影响参数应为功率密度，在 5G 移动通信之前，移动通信基站天线产生的辐射近场区距离极短（一般远小于 1 米），HJ972-2018 中移动通信基站的监测布点全部是在辐射远场区，在电磁辐射在远场区，功率密度与电场强度是可以通过公式换算的（换算公式见 HJ972 中 5.7 数据处理）。因此，HJ972-2018 规定了监测因子为功率密度（或电场强度）。

本方法规定“5G 移动通信基站电磁辐射环境的监测因子为射频电磁场，监测参数为功率密度，单位 W/m^2 ”。原因主要有三点：

1.监测因子为射频电磁场，因功率密度是代表电磁场中能量流密度，即在单位时间内穿过垂直于传播方向的单位面积的能量，故监测参数使用功率密度能更准确的表示电磁场中能量大小。

2.根据 5G 移动通信基站电磁辐射的特性，其近场区的距离变长，监测时，无法确保监测点位全部会布设在辐射远场区。同时，根据上文说明，衡量移动通信基站对电磁辐射环境的影响参数应为功率密度，在辐射近场区电场强度与功率密度是无法使用公式进行换算的。

3.参考 ICNIRP PUBLICATION -2020 中的相关规定，对于 2GHz 到 6GHz 的频率，没有对电场强度的限值规定，仅规定了功率密度的限值要求。原文节选如下：

Table 6.Reference levels for local exposure,averaged over 6min,to electromagnetic fields from 100kHz to 300GHz (unperturbed rms values) .

Exposure scenario	Frequency range	Incident E-field strength; $E_{inc}(V m^{-1})$	Incident H-field strength; $H_{inc}(A m^{-1})$	Incident power density; $S_{inc}(W m^{-2})$
Occupational	0.1-30MHz	$1504/f_M^{0.7}$	$10.8/f_M$	NA
	>30-400MHz	139	0.36	50
	>400-2000MHz	$10.58 f_M^{0.43}$	$0.0274 f_M^{0.43}$	$0.29 f_M^{0.86}$
	>2-6GHz	NA	NA	200
	>6-<300GHz	NA	NA	$275/f_G^{0.177}$
	300GHz	NA	NA	100
General public	0.1-30MHz	$671/f_M^{0.7}$	$4.9/f_M$	NA
	>30-400MHz	62	0.163	10
	>400-2000MHz	$4.72 f_M^{0.43}$	$0.0123 f_M^{0.43}$	$0.058 f_M^{0.86}$
	>2-6GHz	NA	NA	40
	>6-<300GHz	NA	NA	$55/f_G^{0.177}$
	300GHz	NA	NA	20

4.8 关于“监测布点”

5G 移动通信基站天线发射的电磁波水平方向示意图如图 3 所示。选择某基站的参数，使用 Tilt Calculator 软件对基站发射的电磁波进行模拟计算的结果示意图如图 4 所示。

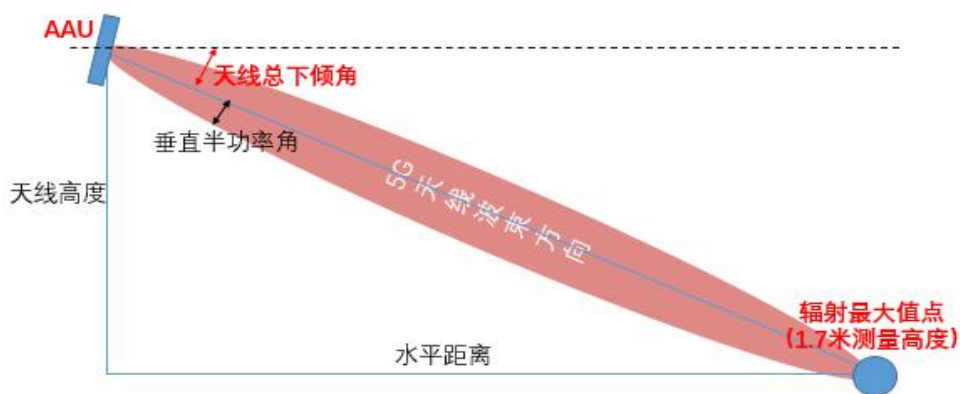


图 3 基站天线发射的电磁波水平示意图

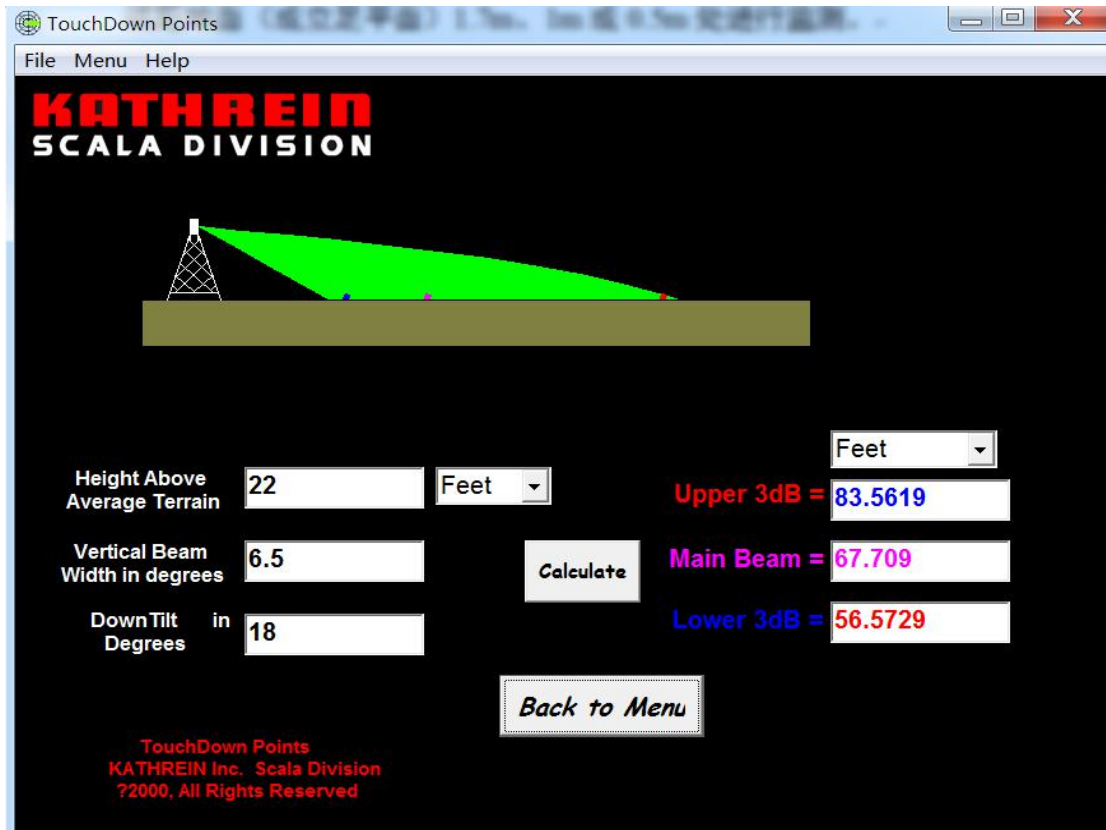


图 4 基站发射电磁波模拟计算结果示意图

根据图 3 和图 4 的电磁波水平示意图及模拟计算结果示意图可知，在理想环境下（基站覆盖范围内为平整的空地）天线架设高度为 22m 的 5G 移动通信基站天线发射的电磁波场强最大值点在基站天线水平距离 67.7m 处(此距离和基站天线架设高度成正比)。此结果与基站电磁辐射理论计算的结果吻合。

5G 移动通信基站发射的电磁波在测点处的电场强度理论计算值可以通过公式 4-1 计算获得。

$$20\lg(E(\text{dBm})) = \text{Prx}(\text{dBm}) - 20\lg(\lambda) + 7 \quad (\text{公式 4-1})$$

其中：

λ 为 5G 移动通信基站发射的电磁波波长

Prx 为接收信号电平值，可通过公式（4-2）获得

E 为测点处电场强度值

$$\text{Prx}(\text{dBm}) = \text{Pt}(\text{dBm}) + \text{G}(\text{dBi}) - \text{PL}(\text{dB}) \quad (\text{公式 4-2})$$

其中：

Prx 为接收信号电平值

Pt 为 5G 移动通信基站天线发射的实际发射功率

G_{tx} 为 5G 移动通信基站天线在测点方位上的的天线增益

PL 为信号在传播路径上的路径损耗，可通过（4-3）获得

$$PL = 32.4 + 20\log_{10}(d_{3d}) + 20\log_{10}(f_c) \quad (\text{公式 4-3})$$

其中：

PL 为信号在传播路径上的路径损耗

d_{3d} 为 5G 移动通信基站天线到测点的直线距离

f_c 为 5G 移动通信基站发射的电磁波频率

结合实测数据，可知当监测点位分别距离基站 35m、45m、53m、59m、82m、126m 处监测的电场强度数据是有一个先上升再下降的趋势的，且当距离为 59m 的时候的监测数据呈现出最大值。

从理论计算和实际监测的结果可以得出，在理想环境下（基站覆盖范围内为平整的空地）天线架设高度在 22m 以上的移动通信基站天线发射的电磁波场强最大处在基站 50m 以外。

在实际监测中，由于基站的架设高度、天线下倾角都有不同，基站覆盖范围内的环境特征也十分复杂（建筑物遮挡、反射、绕射等），本方法规定：监测时，应将监测点位布设在 5G 移动通信基站天线下倾角及天线波瓣宽度覆盖范围内的电磁环境敏感目标处。

同时，本方法中关于建筑物内监测的要求，可以针对在建筑物内监测室外基站对建筑物内的电磁辐射环境影响，也可以针对建筑物内超过 GB8702-2014 表 2 中规定豁免范围的室内分布式基站天线电磁辐射环境影响进行监测。其要求内容沿用 HJ972-2018 的规定。

4.9 关于“监测高度”

根据 HJ/T10.2-1996 中的要求，考虑到人体站姿、坐姿和卧姿三种情况下头部受到电磁辐射的影响，监测可分别选择量仪器探头（天线）尖端距地面（或立足平面）1.7m、1m、0.5m 处进行监测。

HJ972 则要求测量仪器探头（天线）尖端距地面（或立足平面）1.7m 的规定。

本方法认为沿用 HJ972 的要求可以满足 5G 移动通信基站电磁辐射环境监测的要求。

原因如下：

1.5G 移动通信基站天线的架设一般都有一定的高度，因此，当选择 1.7m、1m、0.5m 三种监测高度时，1.7m 的架设高度是相对距离基站天线最近的架设方式。根据基站天线电磁波的特性（电磁辐射随传播距离衰减），1.7m 的架设高度时的监测数据会大于 1m 和 0.5m 架设高度时的监测数据。

2.本着兼顾效率的原则，选取三种架设高度中最具代表性的高度，已经能够反映 5G 移动通信基站电磁辐射环境影响的情况，因此，无需再对其它两种监测高度做强制性要求。

3.通过对 1.7m、1m、0.5m 三种不同监测高度的监测数据分析认为 1.7m 的监测高度能够满足监测要求。

4.10 关于“监测读数”

下文将结合前文中监测仪器的检波方式应设置为方均根检波方式；监测仪器结果类型设置为平均值；及读取监测仪器的积分值作为测量值的内容，分别对方均根值、平均值及积分值进行详细说明。

4.10.1 关于方均根值、平均值及积分值的说明

在进行方均根值、平均值及积分值的说明之前，首先要对选频式电磁辐射监测仪的监测原理进行简要的说明。在使用选频式电磁辐射监测仪进行 5G 移动通信基站电磁辐射环境进行监测时，监测的对象是移动 5G 通信基站下行发射频率（一般为 100M 带宽的频段）的场量，监测参数为功率密度。监测时，仪器对每个频点逐个进行扫描，其扫频间隔一般 $\leq 1s$ （扫完整个监测频段的所有频点为一次扫频）。因此，当仪器完成一次扫频后，每个频点都可以得到一个功率密度值，将所有频点的功率密度值进行求和（积分），就能得出监测频段内所有频点贡献的功率密度值的总和，既仪器的积分值（监测仪器每完成一次扫频就能得出一个积分值）。因此。仪器在监测时，在一段监测时间（比如 6 分钟）能得出 N 个积分值，将这所有的积分值进行平均，所得出的功率密度值，就是 5G 移动通信基站电磁辐射环境影响的监测值。

1.方均根值，是指选频式电磁辐射监测仪进行监测时，每个频点都可以得到的场量参数的方式。一般有峰值和方均根值两种方式，对应仪器上的峰值检波方式和 RMS 检波方式的选择。因此，本方法中规定仪器的检波方式应设置为 RMS（方均根）检波方式。

2.积分值，是指监测频段内所有频点贡献的功率密度值的总和。由于 5G 移动通信基站电磁辐射的发射频率是一个频段（一般为 100M 带宽的频段），因此监测时必须将整个发射频段各个频点的场量参数进行求和（积分），才能得出被测 5G 移动通信基站电磁辐射的监测值。

积分公式在 ICNIRP PUBLICATION-2020 的原文节选如下：

$$E_{spatial_average} = \sqrt{\frac{1}{V} \int_V |\mathbf{E}|^2 dv},$$

where V is the volume of the integration ($V = \int_V dv$).

3.平均值，是指在一段监测时间（比如 6 分钟）得出所有的积分值进行平均处理。

4.10.2 国家标准及国际现行的导则标准中关于方均根值及平均值的规定

1.根据 GB8702 表 1 注 2: 0.1MHz~300GHz 频率, 场量参数是任意连续 6 分钟内的方均根值。

2.参考 ICNIRP PUBLICATION – 2020, 其中多处提到方均根值和 6 分钟平均值。

原文节选如下:

Table 6.Reference levels for local exposure,averaged over 6min,to electromagnetic fields from 100kHz to 300GHz (unperturbed rms values) .

$S_{inc}, E_{inc},$ and H_{inc} are to be averaged over 6 min.

3.参考 IEEE Std C95.1-2019, 也多处提到方均根值和平均值, 原文节选如下:

Spatial and temporal peaks averaged over 6 min

The E, H and S values those rms values unperturbed by the presence of the body.

4.10.3 小结

综上, 不论是对标国家标准还是国际现行的导则标准都推荐使用 6 分钟以上测量值的平均值作为 5G 移动通信基站电磁辐射环境影响的监测值。

HJ972 中规定每个测量点连续测 5 次, 每次测量时间不应小于 15s 的读数方法可以理解为在 6 分钟测量值中抽样选取 5 个最大的监测值进行平均。

但是这种读数方式存在三个问题:

1.监测结果无法对标 GB8702-2014 中: 0.1MHz~300GHz 频率, 场量参数是任意连续 6 分钟内的方均根值。

2.移动通信基站天线的发射功率由基站覆盖范围内的用户需求决定(基站天线发射的功率实时变化), 采用抽样的方式无法对监测数据进行充分的平均, 也无法完全准确的评估 5G 移动通信基站电磁辐射的影响。

3.现有的大部分数据业务, 在 5G 高速率、大带宽等特点下, 变成“小包”业务, 瞬时业务会造成监测读数不稳定。监测执行人员, 对“若测量读数起伏较大时”理解不一致, 容易造成不同监测人员获得不一致的监测结果。瞬时的最大值也会造成监测读数不准确, 造成监测结果不可信。

因此, 本方法将监测读数的要求为: 每个监测点每次监测时间不少于 6 分钟, 读取监测仪器任意连续 6 分钟的积分值为测量值。

4.11 关于“记录”

监测记录的要求与 HJ972-2018 基本一致。

相比 HJ972-2018，本方法做了如下修改：

1.监测条件的记录中，增加了记录监测时的监测频率、应用场景状态、5G 电信终端设备型号及数量。

2.对附录 A 现场监测记录、监测报告内容与格式做了相应的调整。

4.12 关于“质量保证”

质量保证相关内容与 HJ972-2018 相关条款一致。

5 标准初稿审查情况

2019 年 11 月 8 日，生态环境部辐射源安全监管司在北京组织召开了本标准初稿专家咨询审议，并形成审议意见。

编制组对审议意见进行了修改、完善，情况如下：

1.监测工况表述应更准确。

5G 监测方法（征求意见稿）4.3 节，明确被测 5G 移动通信基站工况和 5G 电信终端设备工况，明确监测仪器探头（天线）尖端与操作人员的距离，5G 电信终端设备与监测仪器的布置方向和距离，明确监测时 5G 电信终端设备所使用的应用场景。

2.对标 GB8702-2014，进一步完善监测数据记录与处理

已对标 GB8702，完善 5.6 节相关信息。

3.优化基站参数信息的收集，进一步论证室内监测的高度

已优化基站参数信息的收集，室内、外监测统一测量高度。

4.与会代表提出的其他意见。

其他相关意见，已在征求意见稿中落实。