

《区域电磁环境质量监测与评估方法（试行）（征求意见稿）》编制说明

四川省辐射环境管理监测中心站

北京市核与辐射安全中心

二〇二二年三月

目 录

1	项目背景	1
2	标准制订的必要性	1
3	国内外相关标准情况	3
4	编制目的、依据、基本原则和技术路线	3
5	标准主要内容说明	4
6	与国内外同类标准或技术法规的水平对比和分析	26
7	实施本标准的管理措施、技术措施、实施方案建议	27

《区域电磁环境质量监测与评估方法（试行）》

编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》加强电磁辐射污染防治，改善电磁环境质量，规范电磁辐射环境监管工作，生态环境部决定制订《区域电磁环境质量监测与评估方法（试行）》（以下称《方法》）。

2020年，生态环境部辐射源安全监管司向四川省辐射环境管理监测中心站和北京市核与辐射安全中心下达《方法》课题研究任务。2021年，生态环境部辐射源安全监管司向上述单位下达《方法》标准编制任务，成立标准编制组。四川省辐射环境管理监测中心站的主要成员有徐斌、缪尔康、胡林、高鹏、栗琨璞、王纲、唐辉、李元东、蒋斌、邓晓钦、朱杰、赵强；北京市核与辐射安全中心的主要成员有徐辉、李飞、佟晶。

1.2 工作过程

2020年，成立《区域电磁环境质量监测与评估方法研究》课题组，对国内电磁频率使用、区域电磁环境监测情况及仪器设备适用情况进行了调研，并开展了系列试验。

2020年，课题组编制完成《区域电磁环境质量监测与评估方法研究报告》。

2021年1月，成立《区域电磁环境质量监测与评估方法（试行）》标准编制组。

2021年4月，生态环境部辐射源安全监管司在北京组织开题讨论。

2021年6月，编制组根据开题讨论会的意见和建议，编制了《区域电磁环境质量监测与评估方法（试行）（初稿）》。

2021年6月，生态环境部辐射源安全监管司在北京组织专家对初稿进行咨询审议。

2022年3月，编制组根据初稿审议会意见和建议，结合试验结果，对标准进行了修订，形成《区域电磁环境质量监测与评估方法（试行）（征求意见稿）》。

2 标准制订的必要性

2014年9月23日，原环境保护部以《关于发布国家环境质量标准<电磁环境控

制限值>的公告》(公告 2014 年 第 63 号)发布了《电磁环境控制限值》(GB8702-2014),明确该标准为国家环境质量标准;标准规定了“电磁环境中控制公众暴露的电场、磁场、电磁场(1Hz~300GHz)的场量限值、评价方法和相关设施(设备)的豁免范围”;标准适用于“电磁环境中控制公众暴露的评价和管理”;标准中给出的电磁环境定义为:“存在于给定场所的所有电磁现象的总和。”从标准的定位看,《电磁环境控制限值》是针对电磁环境公众暴露评价和管理的环境质量标准。从实际应用层面看,该标准的使用更偏向于特定设施周边的离散点位评价,如输变电设施、基站、广播电台周边公众长期居住、工作、学习的位置。由于环境中电磁场大小随着位置的变化起伏不定,很难用这些离散点位测量值来代表一个区域的电磁环境水平。

目前,《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)是开展区域电磁环境监测的主要依据。该标准发布于 20 多年前,针对当时城市建成区面积较小,城市中电磁辐射贡献来源相对较少的实际情况,该标准规定,对一般环境的电磁辐射现状进行测量时使用网格法,将区域划分为 $1\text{km}\times 1\text{km}$ 或 $2\text{km}\times 2\text{km}$ 的小方格,测量方格中心点作为该网格的电磁环境现状值(同时,可根据测点实际情况,考虑地形影响,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,允许对规定测点进行调整,测点调整最大为方格边长的 $1/4$)。在当时的环境条件和仪器设备条件下,通过该方法可以在一定程度上反应出一般环境的电磁辐射水平。随着城市化进程的加快,城市面积急剧扩张,城市中电磁辐射设施布设密度较 20 年前有巨大增长,使得 1 平方公里或 4 平方公里布设一个测量点得到的数据代表性急剧下降。理论上,网格越小或网格内布点数越多,得到的监测数据更具代表性,这需要将网格进一步划小或密集布设点位,这也意味着监测工作量的指数级变化,若仅依靠人工监测,其工作效率已难以适应当前区域电磁环境监测的需求。

电磁辐射作为环境要素的组成部分,是公众关注的热点。掌握区域电磁环境质量,对电磁环境监管及电磁辐射污染防治工作具有重大意义。为解决现有监测方法效率低、数据代表性弱的问题,适应新形势下电磁辐射环境监管及污染防治工作需要,制定适用于区域电磁环境质量监测与评估的技术标准,是十分必要的。

3 国内外相关标准情况

3.1 国际标准情况

经查阅文献资料，国际电信联盟 2015 年 11 月发布了 ITU-T K.113 Generation of radio-frequency electromagnetic field level maps（第一版），用以评估城市或地区的电磁环境暴露水平，该标准涉及了基于车载仪器路测法的指南：Drive test measurements；国际电信联盟 2020 年 12 月更新发布了 ITU-T K.91 Guidance for assessment, evaluation and monitoring of human exposure to radio frequency electromagnetic fields（第六版）附录 IX.6 也给出了车载测量的相关说明：EMF area scanning with vehicle。

3.2 国内标准情况

国内现有标准为《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），其中提及了一般环境电磁辐射测量方法，方法要求将区域网格的大小限定为 1km×1km 和 2km×2km，选择网格中心采用人工定点测量的方式开展监测。同时，根据测点实际情况，考虑地形影响，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。允许对规定测点进行调整，测点调整最大为方格边长的 1/4。不涉及车载测量。

4 编制目的、依据、基本原则和技术路线

4.1 编制目的

规范全国区域电磁环境质量监测与评估工作，为各级生态环境主管部门及时、准确地掌握所辖区域电磁环境质量提供技术支持。

4.2 编制依据

本标准的编制遵照了以下法规，参考了相关标准：

- (1) 《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）
- (2) 《国家生态环境标准制修订工作规则》
- (3) 《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）
- (4) 《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565-2010）
- (5) 《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）
- (6) 《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/T 10.3-1996）

- (7) 《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》（HJ 972-2018）
- (8) 《环境影响评价技术导则 广播电视》（HJ 1112-2020）
- (9) 《中波广播发射台电磁辐射环境监测方法》（HJ 1136-2020）
- (10) 《5G 移动通信基站电磁辐射环境监测方法》（HJ1151-2020）
- (11) 《短波广播发射台电磁辐射环境监测方法》（HJ1199-2021）
- (12) Generation of radiofrequency electromagnetic field level maps（ITU K.113）
- (13) ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields(100kHz to 300GHz)（HEALTH PHYS 118(5): 483–524; 202）
- (14) IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz（IEEE Std C95.1™-2019）
- (15) ITU-T Guidance for assessment, evaluation and monitoring of human exposure to radio frequency electromagnetic fields（ITU-T K.91 12/2020）

4.3 编制基本原则

基于已有科研成果和实际调研情况，做到方法科学性、可操作性，与相关标准、行业导则协调一致。

- (1) 标准编写格式按照 GB/T 1.1-2020、HJ 565-2010 的规定；
- (2) 注重与相关标准的协调性；
- (3) 编写过程中参考国内电磁辐射方面最新研究成果，并密切结合我国国情，做到技术先进合理、使用方便、切实可行。

4.4 技术路线

组织对国内电磁辐射频率使用、区域电磁环境监测情况及仪器设备适用情况进行了调研，并开展了系列试验。确定区域划定原则、区域电磁环境质量车载巡测方法，区域电磁环境质量评估方法、质量保证要求。规范区域电磁环境质量监测与评估，确保监测与评估工作有章可循、环境保护管理工作有据可依。

5 标准主要内容说明

5.1 关于“前言”

本章按照《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写》（GB/T 1.1-2020）和《国家生态环境标准制修订工作规则》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。

本标准填补了国家生态环境标准中没有专门针对车载式区域电磁环境质量监测和评估相关标准的空白。

5.2 关于“适用范围”

本标准规定了 0.1MHz~6GHz 频段车载式区域电磁环境质量监测与评估方法的技术要求及内容。包括了评估区域划定、监测内容及方法、评估方法、质量保证、资料性附录及规范性附录。

结合电磁辐射设施（设备）频率使用、监测设备性能等调研结果，本标准适用频率范围确定为 0.1MHz-6GHz。

通过对多个城市建成区开展相关测试研究，论证了以车载监测系统巡测的方式尽可能多的获取评估区域内电磁环境数据，并利用大数据分析对区域电磁环境水平做出评估的可行性。课题组依据实践结论制订了本标准的条款，因此本标准适用于区域电磁环境质量监测与评估。车载巡测是为了快速掌握评估区域内 0.1MHz~6GHz 频段各种电磁现象的总体水平，在巡测路径上不针对任何电磁设施也不回避任何电磁设施，巡测路过的电磁辐射设施区域只是整个区域的一小分部，是区域电磁环境现状的局部反映，而非特定设施的监测结果。对特定电磁辐射设施（设备）（如基站、中短波台、电视发射台等）开展监测与评价时，应根据相关监测方法和评价导则进行，因此本标准不适用于电磁辐射设施（设备）的监测与评价。

5.3 关于“规范性引用文件”

本章列出标准中规范性引用的文件，该文件经过标准条文的引用后，成为标准应用时必不可缺的文件。

5.4 关于“术语和定义”

本章给出了相关术语及定义。术语及定义在参考相关标准的基础上直接引用或结合本标准特点稍作修改。

电磁环境，引自《电磁环境控制限制》（GB8702-2014）。

电场强度，电场的表征量。引自《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）。

电场强度占标率，电场强度与 GB8702 限值的比率，按 GB8702“4.2 评价方法”的关系式（3） $\sum_{j=100kHz}^{300GHz} \frac{E_j^2}{E_{Lj}^2}$ 计算，通过内置算法，市场上现有选频式电磁辐射监测仪器均具有该读数选项。各个厂家给出的名称各不相同，有的称为占标比，也有的称为加权值等。为便于统一，将该值称为电场强度占标率。

电磁环境质量指数，用于表征评估区域的电磁环境质量。电磁环境质量指数分为区块指数和区域指数，区块指数由一平方公里网格内有效测点电场强度占标率的算术平均值得到，用 $EQI_{\text{区块}}$ 表示；区域指数由评估区域内区块指数的算术平均值得到，用 EQI 表示。有效测点是指经纬度不重复的点位。

5.5 关于“评估区域”

从行政管理角度考虑，本方法建议按照行政区划划分评估区域。

按照《中华人民共和国环境保护法》第五十四条规定，县级以上人民政府环境保护主管部门和其他负有环境保护监督管理职责的部门，应当依法公开环境质量、环境监测等信息。根据《环境监测管理办法》（国家环境保护总局令 第 39 号）“第二条 本办法适用于县级以上环境保护部门下列环境监测活动的管理（一）环境质量监测”，“第五条 县级以上环境保护部门所属环境监测机构具体承担下列主要环境监测技术支持工作（一）开展环境质量监测……”，从工作职责看，环境质量监测从县级开始，监测数据以县级为单位进行统计与 39 号令要求相符合。为便于各级生态环境部门对本级行政区域内电磁辐射环境的监管，并考虑到电磁辐射的应用主要集中在城市建成区，本标准规定评估区域由一个或数个县级行政区域的城市建成区组成。

如有需要时，也可以对一些感兴趣的公共区域进行评估。如大型小区、院校、公园内的公共区域等。

5.6 关于“区域电磁环境质量监测”

5.6.1 环境条件

对环境条件提出明确的要求。巡测使用的监测系统主要由选频式电磁辐射监测仪器、卫星定位设备和数据采集设备构成，这些设备在设计时已充分考虑户外使用的环境防护要求，在三防等级、抗震、温湿度适应区间上，已能够满足常规环境的使用。因此，本标准规定监测时的环境条件应符合监测系统的使用要求，避免极端环境影响测量。

5.6.2 监测频段

《电磁环境控制限制》（GB8702-2014）公众曝露限值表将 1Hz 到 300GHz 频率进行了划分并给定了各频段的限值，频谱非常广。以其限值表频段划分为基础，课题组对各个频段的常见设施设备进行了资料调研，汇总于表 5.6.2-1。

100kHz 以下频段划分较多，但涉及应用的频率较少，将其合并称为 100kHz 以

下频段。这一频段中，公众最为常见的设备设施为家用电器和输变电设备，其产生的 50Hz 电场和磁场，由于波长很长无法脱离设施存在，影响范围小（50Hz 频率对应的波长等于 6000km，根据天线理论，当发射天线至少达到 1/4 波长时，天线上的电磁场才可以脱离天线向空间辐射，50Hz 频率理论上的发射天线长度在 1500km 以上，按目前输变电设施的建设情况看，不具备电磁波有效发射能力，仅在设施周边一定范围内以感应场的方式存在）。从电磁环境管理上看，交流输变电设施的监测与评价应按相关导则执行。

表 5.6.2-1 频率调研表

GB8702 定义的频段	涉及的主要设备
1Hz~8Hz 8Hz~25Hz 0.025kHz~1.2kHz 1.2kHz~2.9kHz 2.9kHz~57kHz 57kHz~100kHz	家用电器、高压输变电设备、水上移动通信、中频感应加热设备、越洋通信
100kHz~3MHz	中波广播、航空航海导航、海事电台
3MHz~30MHz	业余无线电业务、短波发射设备
30MHz~3000MHz	微功率设备，无绳电话座机及其手机、模拟电视、风廓线雷达、业余无线电业务、航空信标点、校园广播、航向信标、航空地空通信、对讲、专用移动无线视频传输、卫星固定和移动通信、集群通信、无线报警、专用对讲、铁路公安通信、2-5G 基站、数传、无人驾驶航空器、车号自动识别、RFID、航空测距、卫星电话、雷达、微波接力、无线局域网
3000MHz~15000MHz	气象雷达，卫星下行，5G 基站，微波接力、工科医、车联网、无线局域网
15GHz-300GHz	气象卫星，5G 试验，微波接力、车辆测距雷达、微功率设备

100kHz-3MHz 和 3MHz-30MHz 频率范围中，公众接触较多的是中短波，其对应的发射台以中波发射台（526.5kHz~1606.5kHz）较为常见于公众生活区域，短波发射台（2.3 MHz~26.1 MHz）则大多以非民用的方式出现，中短波信号均可脱离辐

射源（天线）以空间电磁波的形式存在，其传播范围从数十公里到数千公里不等。中短波信号广泛存在于公共活动环境中，从宏观角度看，公共活动区域大多位于其远场区，其电磁环境贡献较小。

30MHz-3000MHz 频段内集中了大量的电磁辐射源，如模拟电视（部分频段清频后用于 700MHz 移动通信）、对讲、集群通信、移动通信基站（2-5G）、无线局域网等公众常见设备。该频段由于电磁波波长适中，在城市中传播损耗相对较小，因此被大量使用，各类设施广泛分布于公共活动区域；3000MHz-15000MHz 段，公众常见的设备为 5G 基站和无线局域网的 5G 段，常见设备的频率最高不超过 6000MHz，超过 6000MHz 的频段的电磁辐射源，如气象雷达等设施产生的电磁波因主射方向指向天空云层等特点，很难对公众活动区域产生影响。因此，3000MHz-15000MHz 频率范围中对公众区域的贡献主要在 3000MHz-6000MHz 频段内；15GHz 以上频段公众最容易接触的是车辆雷达，此类雷达频率高达 76GHz 以上，增益高达 40dBi 以上，其波束非常窄，可认为是点对点的传播，用于探测车辆与车辆、车辆与障碍物之间的距离，对其他公众区域的影响较小。

通过分析，在空间中自由传播的电磁波是区域电磁环境的主要构成，其频率主要分布在 100kHz-6GHz 频段，与公众生活最密切的应用则集中在 30MHz-6GHz 频段。目前市场上 100kHz 频率以上选频设备的探头（天线）频率范围主要以 30MHz 为分段，30MHz 以上的天线频率最高到 6GHz，30MHz 以下的天线频率则可覆盖至 100kHz。因此，监测频段确定为 100kHz-6GHz 既与公众日常生活密切相关，在仪器频率覆盖上也是可行的。根据前述分析，标准要求开展区域电磁环境监测时原则上应覆盖 100kHz~6GHz 频段。

5.6.3 监测因子

本标准限定的频段为 0.1MHz-6GHz，属于射频范围，射频电磁场脱离电磁辐射源在自由空间中传播，需通过监测掌握其大小，因此监测因子为射频电磁场。宏观上看，空间中自由传播的电磁波已远离了辐射源，属于电磁辐射的远区场。根据电磁波理论，远场区中的电磁波趋近于平面波，电场与磁场相互垂直，且比值恒定，即 $E/H=120\pi \approx 377$ ，同时，波功率密度矢量（坡印廷矢量） $S=E*H$ ，可以看出，在电磁辐射的远区场，只需要测量其中一个指标即可得到另外两个指标。因此，本标准规定区域电磁环境的监测因子为射频电磁场，监测参数为电场强度。

5.6.4 监测时间

根据课题组的测试，完成一个评估区域的巡测工作需花费数个或十余个工作日不等。从电磁辐射自动监测站长期监测数据曲线（见图 5.6.4-1、图 5.6.4-2）可以看出，同一位置 100kHz-6GHz 每天的电磁环境水平总体呈现出凌晨 1:00-4:00 低，4:00-5:00 逐渐提升，其余时段高的趋势，电场强度数值起伏约 20%，只要在每个工作日选取合适的时间段，电磁环境水平具有相对稳定性，将巡测工作分多个工作日完成的方式可行。根据《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），一般环境电磁辐射的基本测量时间为 5:00-9:00，11:00-14:00，18:00-23:00 城市环境电磁辐射的高峰期。自动监测站数据表明，除上述三个时段属于城市环境电磁辐射高峰期外，9:00-11:00，14:00-18:00 同样是城市电磁辐射的高峰期。因此，以《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）的时间要求为基础，结合实际工作开展的可行性，增补 9:00-11:00，14:00-18:00 作为基本监测时段，最终得到本标准要求的监测时间为 5:00~23:00。同时，监测机构出于研究等目的，可对其他时段开展测试，因此标准提出也可以根据需求在其他时段进行测量。

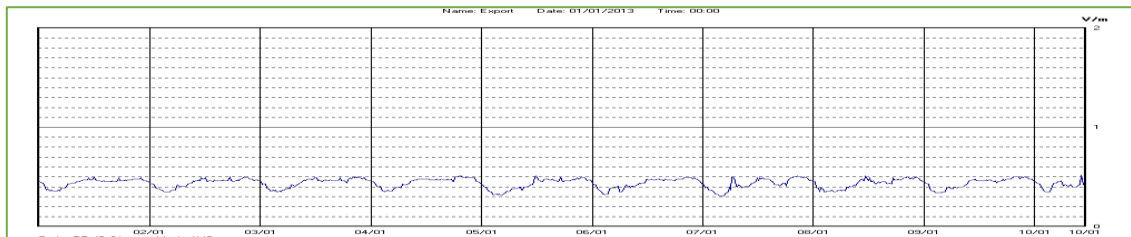


图 5.6.4-1 2013 年自动站测得的环境电磁场随时间变化的数据

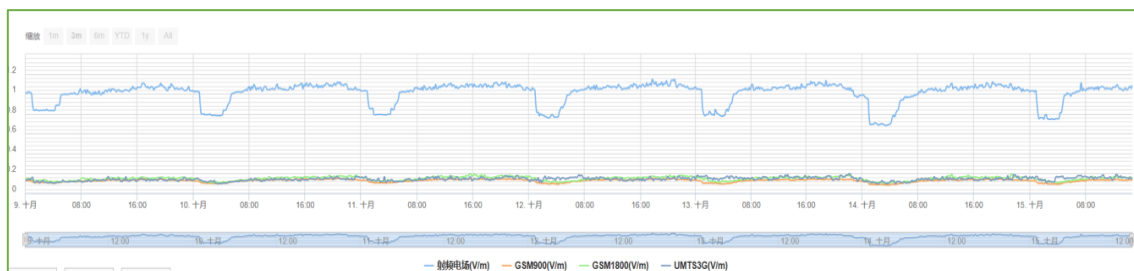


图 5.6.4-2 2020 年自动站测得的环境电磁场随时间变化的数据

以移动通信基站为例，工信部官微发布的《2021 年通信业统计公报》数据显示，截至 2021 年底，我国累计建成并开通 5G 基站 142.5 万个，全国移动通信基站总数达 996 万个，全年净增 65 万个。根据《环境监测管理办法》（国家环境保护总局令 第 39 号）第三条要求，“县级以上环境保护部门应当按照数据准确、代表性强、方

法科学、传输及时的要求，建设先进的环境监测体系，为全面反映环境质量状况和变化趋势，及时跟踪污染源变化情况，准确预警各类环境突发事件等环境管理工作提供决策依据”。电磁辐射设施（设备）的广泛应用使得公众环境中的电磁环境水平发生变化，各地通过开展监测并及时掌握区域电磁环境质量的变化趋势是必要的。同时，车载巡测方式获取的数据量大，可以有效提升环境质量年报数据的代表性。

5.6.5 监测设备

经调研，用于车载巡测的监测设备主要由选频式电磁辐射监测仪器、卫星定位设备和数据采集设备构成。一套完整的车载监测设备可实现数据的自动采集、记录并进行相关数据处理和分析。

5.6.5.1 选频式电磁辐射监测仪器

1) 监测仪器明确应采用选频式电磁辐射监测仪。

电磁辐射监测仪器分为非选频监测仪器（综合场监测仪器）和选频式（频谱）监测仪器两种。使用非选频仪器测量时，不区分被测点位电磁波的频率，只关心电磁波的大小，只要被测点位的电磁波频率在接收探头（天线）频率响应范围内，即可测得电磁场时域幅度大小；选频仪器则可以将时域状态下的电磁波解析为频域上的多个电磁波分量，将频率和幅值同时测出。

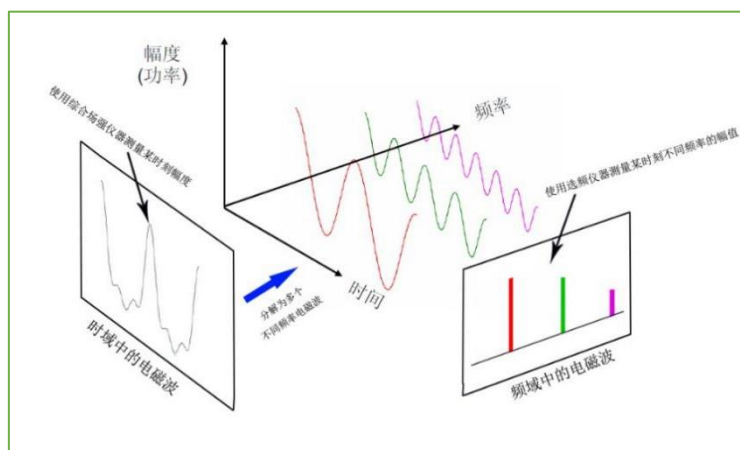


图 5.6.5-1 选频与非选频仪器测量结果比较图

区域电磁环境是由不同电磁辐射源发出的电磁波构成，在对其进行评估时，应遵循 GB 8702 要求，综合考虑多个频率电磁场所致暴露。要实现这一目的，只能使用选频式测量仪器开展监测。

本标准相关研究的开展基于现有选频仪器。现有的选频仪器基本电性能符合《5G 移动通信基站电磁辐射环境监测方法》（HJ1151-2020）、《中波广播发射台

电磁辐射环境监测方法》（HJ 1136-2020）、《短波广播发射台电磁辐射环境监测方法》（HJ1199-2021）三个标准的给出要求。

《5G 移动通信基站电磁辐射环境监测方法》（HJ1151-2020）给出的选频仪器要求如下表 5.6.5-1:

表 5.6.5-1 选频式电磁辐射监测仪器电性能基本要求-1

项目	指标
频率响应	900MHz~3GHz, $\leq \pm 1.5\text{dB}$
	$< 900\text{MHz}$, 或 $> 3\text{GHz}$, $\leq \pm 3\text{dB}$
动态范围	$> 60\text{dB}$
探头检出限	探头检出下限 $\leq 7 \times 10^{-6}\text{W/m}^2$ (0.05V/m) 且上检出限 $\geq 25\text{W/m}^2$ (100V/m)
线性度	优于 $\leq \pm 1.5\text{dB}$
频率误差	$<$ 被测量频率的 10^{-3} 数量级
各向同性	$< 900\text{MHz}$, 各向同性 $< 2\text{dB}$ 900MHz~3GHz, 各向同性 $< 3\text{dB}$ $> 3\text{GHz}$, 各向同性 $< 5\text{dB}$

《中波广播发射台电磁辐射环境监测方法》（HJ 1136-2020）、《短波广播发射台电磁辐射环境监测方法》（HJ1199-2021）给出的选频仪器要求如下表 5.6.5-2, 因本标准测量参数为电场强度, 只摘录电场指标。

表 5.6.5-2 选频式电磁辐射监测仪器电性能基本要求-2

项目	电场指标
频率响应	$\leq \pm 1.5\text{dB}$
线性度	$\leq \pm 1\text{dB}$
动态范围	$\geq 80\text{dB}$
探头检出限	探头的下检出限 $\leq 0.05\text{V/m}$ 且上检出限 $\geq 500\text{V/m}$
频率误差	$<$ 被测频率的 10^{-3} 数量级
各向同性	在其测量范围内, 探头的各向同性 $\leq 1\text{dB}$

注: 该类探头(天线)的频率上限为 30MHz

对比表 5.6.5-1 和 5.6.5-2, 表 5.6.5-2 所列参数在频率响应、线性度、动态范围以及各项同性的要求更高。分析其原因是该类仪器探头频带范围较窄(均不超过 30MHz), 频率响应等参数更容易被调校得到更好的一致性。而表 5.6.5-1 参数对应的探头频带范围通常起于 30MHz 止于 6GHz, 频带宽度超过 5GHz, 从工程应用上很难将一副天线在较宽频带上的各项参数调校得一致, 因此对仪器的各个频段做出了分段要求, 这一要求是现有的选频式电磁辐射监测仪器参数的最低要求。从适用

性和可行性的角度，本标准将表 5.6.5-1 中所列参数规定为车载巡测选频式电磁辐射监测仪器的电性能基本要求。

2) 明确监测“应选用具有各向同性响应探头（天线）的监测仪器，工作频段能够覆盖监测所需的频段”。电场强度作为矢量，可被分解为 X、Y、Z 三个正交的空间分量。使用单偶极子极探头（天线）只能接收电场的一个空间分量，测量过程中需要人工手动调整其方向，以测得其他两个空间场分量，同时还需要考虑场的极化方向，无法满足车载自动测量的需求。当使用三轴正交偶极子探头时，它可以分别接收 X、Y、Z 三个方向场分量，无需人工调整探头方向即可完成空间场的测量且无需考虑场的极化方向，这还需要三轴探头符合表 5.6.5-1 的中各向同性要求，市场上的现有仪器均使用各向同性探头（天线），可满足车载巡测的需求。另外，单一探头工作频段可能无法实现对监测所需频段的全覆盖时，则需要由多个频段的探头对监测频段进行覆盖。

3) 明确监测仪器的检波方式为方均根检波。方均根值检波是指选频式电磁辐射监测仪进行监测时，得到每个频点场量参数的方式。选频仪器一般都有峰值、方均根值两种方式，对应仪器上的峰值检波方式和方均根（RMS）检波方式的选择。根据频谱仪原理，我们人眼看到的一个频点数据，对于仪器来说，实际上包含了多个采样值，一些厂家将其称为“频率桶”，一些厂家称其为“像素点”。这些数据通过取峰值或方均根值得到频点的测量结果，这一过程被称为检波。峰值检波会在“频率桶”中取出一个最大值作为测量结果，通过峰值检波可测试出干扰信号振幅的最大值，在电磁兼容测量中使用较多；方均根检波会将“频率桶”中所有采样值计算方均根得到测量结果，方均根值理论上可以测得任意电磁波信号的有效值，该值与电磁波的功率正相关。电磁波功率作用于人体会产生热效应，相关曝露限值的提出正是基于电磁波功率产生的热效应。电磁环境测量时要得到电磁波功率相关的场量参数，应使用方均根值检波。包括《电磁环境控制限值》GB8702-2014、ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields(100kHz to 300GHz) (HEALTH PHYS 118(5): 483–524; 202)、IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz (IEEE Std C95.1™-2019)、ITU-T Guidance for assessment, evaluation and monitoring of human exposure to radio frequency electromagnetic fields (ITU-T K.91 12/2020) 等国内、国际

标准中限值的场量参数均以方均根值表征。因此，本标准规定仪器检波方式为方均根检波。

4) 监测仪器的工作性能主要是指选频式电磁辐射监测设备的频谱扫描速度。不同厂家的设备因硬件性能不同，在频谱扫描速度上存在一定的差异，这一差异将决定车辆行进的最高车速。频谱扫描速度越快，可以实现更快的车辆行进速度，频谱扫描速度越慢，测量的行进速度越慢。以 30MHz-6GHz 全频段扫描为例，按 5m 间距设置测量点位时：

全频带扫描耗时=300 毫秒，行进速度=60km/h；

全频带扫描耗时=500 毫秒，行进速度=36km/h；

可根据实际情况选择不同性能的仪器。

5.6.5.2 卫星定位设备

通过卫星定位设备获取点位经纬度时，主要需要考虑卫星定位设备的数据刷新率，即每秒定位次数，定位次数应与选频式电磁辐射监测仪器的频谱扫描速度相匹配，以保证每个测量点的位置信息与读数值一一对应。电子地图使用公开出版的导航电子地图即可满足定位需求。从现有的监测系统配置的卫星定位设备看，有使用外置独立装置的，也有使用监测仪器内置集成的，都可以满足测量需求。

5.6.5.3 数据采集设备

车载巡测时数据实时产生，数据产生速度快且数据量大，依靠人工记录几乎不可能。因此需要有专门的数据采集设备来自动连续记录和存储每个测量点位的监测结果。数据采集设备可以由笔记本电脑、工控机、平板电脑等多种载体实现。

5.6.6 监测高度

在开展巡测工作时，应使用符合《中华人民共和国道路交通安全法》的车辆作为监测系统的搭载平台。由于需要将监测仪器的探头（天线）和卫星定位设备放置在车顶（通常以磁吸方式安装），车顶应相对平坦且有足够的安装空间。为验证监测仪器探头安装在车顶后，不同对地高度对测量结果的影响，课题组开展了相关试验。从车辆配置情况看，轿车、越野车和商务车是三大主力车型。轿车高度大多在 1.4m-1.6m 之间，越野车高度大多在 1.6m-1.9m 之间，商务车高度大多在 1.6m-1.8m 之间。不同厂家的探头竖直架设时，探头至车顶的高度约为 0.6m 左右。从监测效率角度考虑，优先选用了车高较高的越野车和车高较低轿车分别架设仪器，测量时将

探头保持竖直放置。越野车架设探头对地高度约为 2.5m，轿车架设探头对地高度约为 2.0m，对相同道路进行测试，仪器架设情况和行驶路径情况见图 5.6.6-1 至图 5.6.6-4。越野车、轿车统计结果一致性较高，见图 5.6.6-5 和图 5.6.6-6。

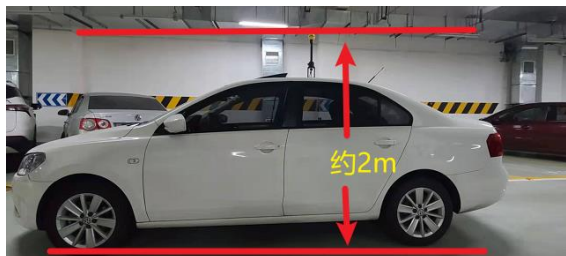


图 5.6.6-1 轿车架设情况



图 5.6.6-2 越野车架设情况

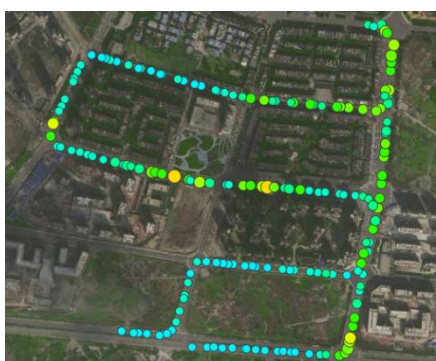


图 5.6.6-3 轿车行驶路径

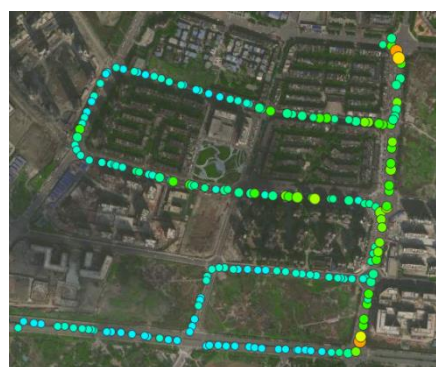


图 5.6.6-4 越野车行驶路径

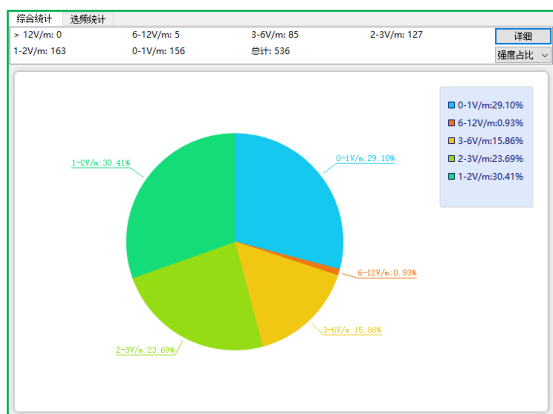


图 5.6.6-5 轿车测量数据统计分析图

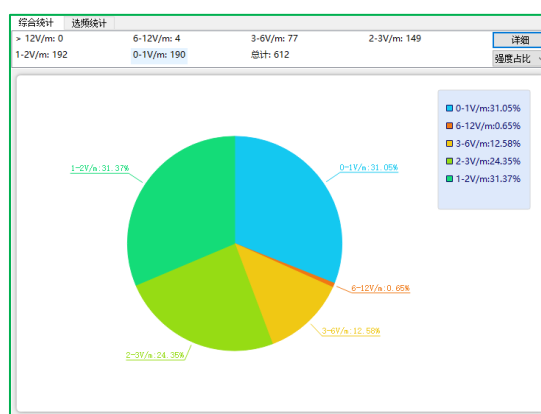


图 5.6.6-6 越野车测量数据统计分析图

以下图 5.6.6-7 至图 5.6.6-9 是其他一些车型架设探头的示例，在相同区域进行测试时，测值的一致性较好。从测试情况看，探头竖直架设时的对地高度多在 2m-2.5m 之间，由于城市的限高问题，在部分地区开展巡测时探头可有一定的倾斜量，《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)对测量高度的规定为 1.7m~2m，因此从车载巡测的普遍适应性及与现行标准的融合角度考虑，

本标准规定探头的架设后对地高度为 1.7m 到 2.5m。常用车型都能满足探头架设的高度要求。



图 5.6.6-7 MPV 车型架设



图 5.6.6-8 轿车架设



图 5.6.6-9 商务车架设



图 5.6.6-10 非机动车架设

同时，考虑到监测机构会出于研究等目的，使用其他搭载平台开展巡测，如非机动车搭载，见图 5.6.6-10，仪器的架设高度应以实际的高度进行记录和说明。因此，本标准规定，“也可根据需求，在其他高度进行监测”。

5.6.7 监测布点

区域电磁辐射环境质量监测是为了反映整个区域的电磁辐射环境质量现状，理论上越是均匀、密集地布设点位，越能更好地呈现整个区域内的电磁环境质量，但现实中由于地形、遮挡物等限制，不可能实现理论上的布点方式。HJ/T10.2-1996 给出的网格法实际上是对区域均匀布点的一种方式，但是受制于人工监测的效率，网格之间测点与测点的间距较长，点位数量较少，导致测量数据的代表性大打折扣。按 HJ/T10.2-1996 网格监测时，测点到测点的过程，大多是通过车辆实现的，若通过自动测量手段，将行车区域的数据记录下来，则可有效弥补测点数量少的缺陷，网格数据的代表性得以提升。目前射频段巡测技术已较为成熟，ITU-K.113(2015)标准中对车载测试的描述：RF-EMF maps can be generated according to the drive test method, which is widely known in the telecommunication sector, as it is regularly employed to assess coverage and other related telecommunication network parameters.从课题组验证的情况看，通过车载巡测的方式获取电磁环境水平是可行的。我们评价电磁辐射设

施的电磁环境分布规律时，通常会按 1m、5m 或者其他间距布设监测断面，以密集的监测点位数据来掌握其周边的电磁场分布规律，并以此为依据来判断电磁辐射设施周边区域大致的电磁环境质量。若将评估区域视为宏观电磁辐射源，也可借鉴断面密集布点的思路，将车行路线视作断面，按断面布点的方式测得数据。见图 5.6.7-1 和图 5.6.7-2 所示成都市 1km 网格布点与车载巡测布点示意图，人工网格测点数量不到 300 个，车载巡测相同区域时，仅覆盖主要道路情况下，测点数量已接近 30 万个。可以看出，以车载巡测的方式可以有效解决评估区域内测点数据少，代表性弱的问题。经测试，点位间距在 1m-5m 时，得到的测量数据统计结果一致性较好，超过 5m 后的统计结果逐渐偏离，见下图 5.6.7-3、图 5.6.7-4。对比 ITU-T K.113(11/2015)，其规定城市区域的监测点位间隔应不大于 5 米，非城市区域的不大于 10 米。经综合考虑现有仪器性能，遵循合理保守的原则，本标准规定巡测时测量点位间距不大于 5m。

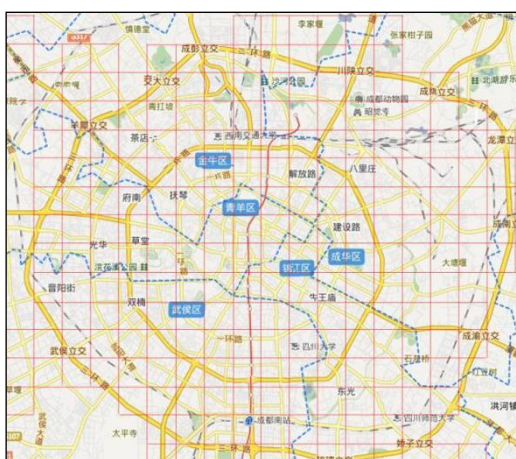


图 5.6.7-1 成都市区人工网格点位

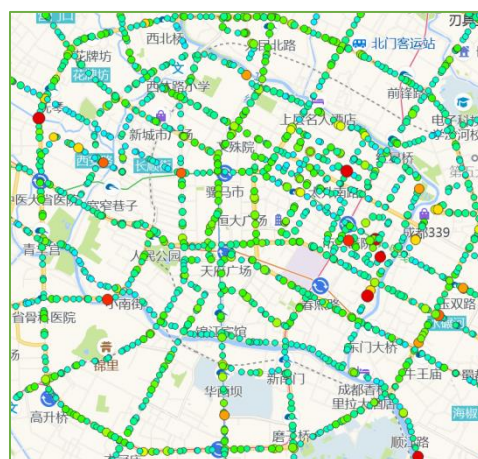


图 5.6.7-2 成都市区车载巡测点位

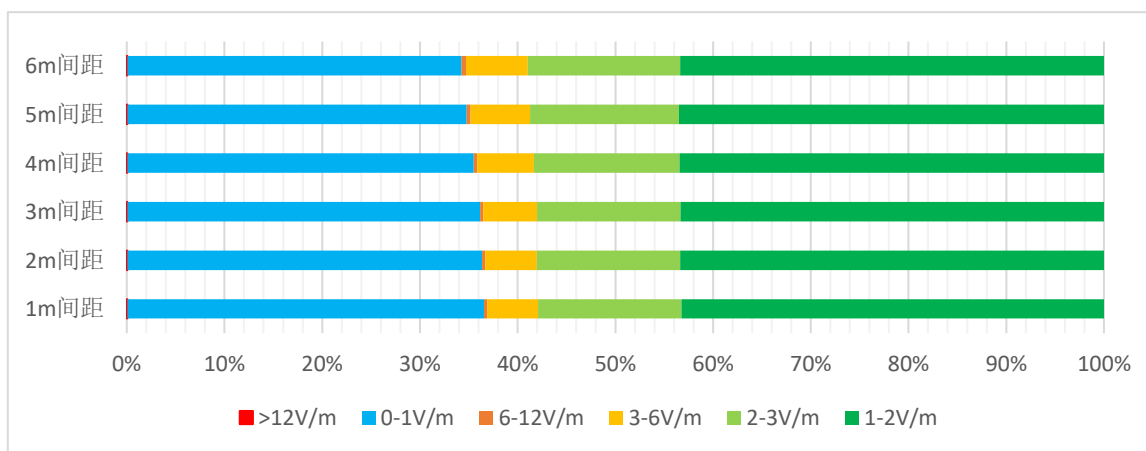


图 5.6.7-3 成都市区不同点位间距下的统计结果

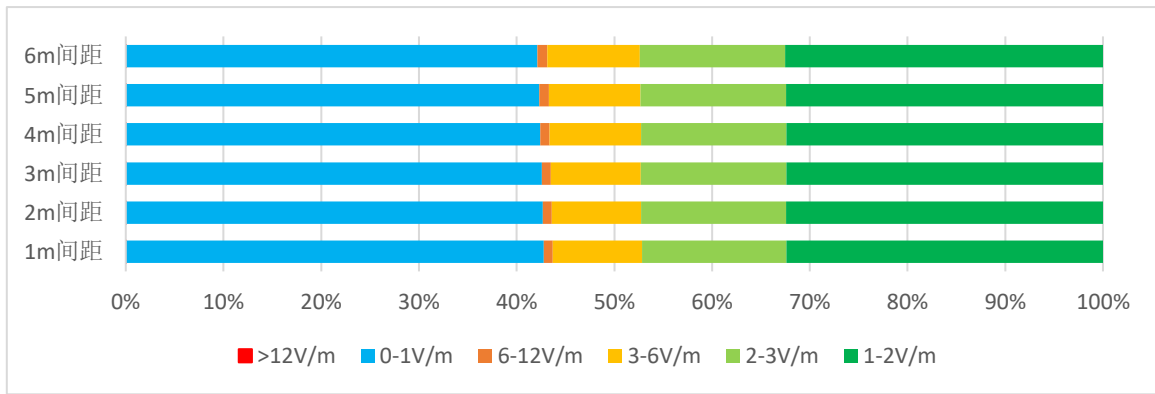


图 5.6.7-4 宜宾市区不同点位间距下的统计结果

参考住房和城乡建设部委托住房和城乡建设部城市交通基础设施监测与治理实验室、中国城市规划设计研究院等单位编制的《2021 年度中国主要城市路网密度与运行状态监测报告》，2021 年度全国 36 个主要城市平均道路网密度为 $6.2\text{km}/\text{km}^2$ 。见下图 5.6.7-5 和图 5.6.7-6。



图 5.6.7-5 2021 年中国主要城市道路网密度汇总

若将评估区域划分为 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 的正方形网格，每平方公里车行的里程数平均值应为 6.2km ，当车辆以 $60\text{km}/\text{h}$ 时速行进时，连续 6 分钟的行进里程数为 6km 。可以看出，将车速限制在 $60\text{km}/\text{h}$ 以内，理论上可以保证 1km^2 网格中最少有连续 6 分钟的测量时间，从城区车载巡测实际平均时速来看，大多低于 $30\text{km}/\text{h}$ ，即便路网密度最低的乌鲁木齐，从理论上也能保证每平方公里车行时间超过 6 分钟。从监测仪器角度看，以 $30\text{MHz} \sim 6\text{GHz}$ 频段为例，现有选频式监测仪器完成一次频谱扫描时间最快为 300 毫秒，稍慢的为 500 毫秒，若按每 5m 获取一个频谱数据，可以实现最高 $60\text{km}/\text{h}$ ，最低 $36\text{km}/\text{h}$ 的测量行进速度，将行进速度限定在 $60\text{km}/\text{h}$ 以内对于仪

器不会产生限制。同时，对照《城市道路工程设计规范》（CJJ37-2012）2016版各级道路的设计时速，见表 5.6.7-1，除快速路外，60km/h 也是其余各级道路的最高时速，根据实测经验，在城市建成区巡测时更多的道路以支路、次干路为主，将行进速度限定在 60km/h 以内，在满足安全的前提下，可以有效保证巡测效率。

表 5.6.7-1 各级道路的设计时速

道路等级	快速路			主干路			次干路			支路		
	100	80	60	60	50	40	50	40	30	40	30	20

备注：引用自《城市道路工程设计规范》（CJJ37-2012）2016版 表 3.2.1

排名	城市	总密度	行政区路网密度标准差	主要行政区路网密度																		
1	深圳	9.6	1.41	福田区	罗湖区	南山区	福田区	福田区	福田区	福田区	福田区	福田区	福田区	福田区	福田区	福田区	福田区	福田区	福田区	福田区		
2	厦门	8.5	0.88	思明区	同安区	湖里区	集美区	翔安区	海沧区													
3	成都	8.4	0.53	锦江区	成华区	青羊区	武侯区	金牛区														
4	福州	7.4	0.91	台江区	仓山区	晋安区	马尾区	鼓楼区	闽侯县													
5	南宁	7.4	1.27	青秀区	鼓楼区	兴宁区	西乡塘区															
6	上海	7.2	2.54	黄浦区	虹口区	长宁区	静安区	徐汇区	普陀区	闵行区	浦东新区	杨浦区	宝山区									
7	杭州	7.2	1.57	上城区	下城区	西湖区	滨江区	江干区	余杭区	拱墅区	萧山区											
8	广州	7.1	1.37	越秀区	海珠区	天河区	白云区	黄埔区														
9	合肥	7.0	0.46	庐阳区	瑶海区	蜀山区	庐阳区															
10	重庆	6.9	1.11	渝中区	江北区	渝北区	南岸区	沙坪坝区	九龙坡区	北碚区	巴南区	大渡口区										
11	昆明	6.8	0.19	西山区	五华区	官渡区	呈贡区	盘龙区														
12	宁波	6.8	1.18	海曙区	鄞州区	江北区	北仑区	镇海区														
13	郑州	6.7	0.65	二七区	金水区	管城回族区	惠济区	中原区														
14	长沙	6.7	0.55	开福区	雨花区	芙蓉区	岳麓区	望城区	天心区													
15	南昌	6.5	1.65	东湖区	西湖区	新建区	青云谱区	青山湖区	南昌县													
16	贵阳	6.3	1.25	云岩区	南明区	乌当区	观山湖区	花溪区	白云区													
17	天津	6.3	1.61	和平区	河北区	红桥区	河东区	河西区	南开区	西青区	津南区	东丽区	北辰区									
18	武汉	6.2	1.45	江汉区	汉阳区	武昌区	江岸区	桥口区	蔡甸区	江夏区	洪山区	青山区										
19	大连	6.1	1.34	西岗区	中山区	沙河口区	甘井子区	金州区	旅顺口区													
20	太原	5.9	0.68	迎泽区	杏花岭区	晋源区	小店区	万柏林区	尖草坪区													
21	西安	5.8	0.91	碑林区	莲湖区	莲湖区	新城区	雁塔区	未央区	长安区												
22	海口	5.8	0.51	龙华区	琼山区	秀英区	美兰区															
23	北京	5.7	1.19	西城区	东城区	海淀区	朝阳区	丰台区	石景山区													
24	南京	5.6	1.28	雨花台区	建邺区	秦淮区	鼓楼区	浦口区	六合区	江宁区	栖霞区											
25	长春	5.5	0.38	宽城区	朝阳区	二道区	南关区	绿园区														
26	西宁	5.5	0.63	城西区	城中区	城东区	城北区															
27	青岛	5.4	1.79	市南区	市北区	市东區	市西區	李沧区	黄岛区													
28	石家庄	5.4	0.42	桥西区	新华区	裕华区	长安区															
29	哈尔滨	5.1	0.90	道里区	南岗区	松北区	香坊区	道外区	呼兰区	阿城区	平房区											
30	沈阳	4.9	1.21	和平区	沈河区	浑南区	铁西区	大东区	皇姑区	苏家屯区	于洪区	沈北新区										
31	济南	4.9	0.66	槐荫区	历下区	天桥区	市中区	历城区	长清区													
32	银川	4.9	0.73	兴庆区	金凤区	西夏区																
33	呼和浩特	4.6	0.68	新城区	赛罕区	回民区	玉泉区															
34	兰州	4.3	0.82	城关区	七里河区	安宁区	西固区															
35	拉萨	4.0	0.60	堆龙德庆区	城关区																	
36	乌鲁木齐	3.5	0.58	新市区	沙依巴克区	水磨沟区	头屯河区	天山区	米东区													

图 5.6.7-6 主要城市行政区道路网密度汇总图

由于城市建成区是公众活动的主要区域，各类电磁辐射应用密集，电磁环境构成来源多，对建成区开展巡测可更有效地反映电磁环境质量。因此本标准规定车辆

搭载监测系统沿评估区域内城市建成区的公共开放道路巡测。

在评估区域中，通常会存在较宽的多车道道路、以及高架桥道路。下图 5.6.7-7 是对某高架桥上层和下层内外侧车道道路的测量结果比较，图 5.6.7-8 是对某双向六车道测量结果。从统计数据来看，同层面的道路，内侧和外侧车道的数据统计结果存在一定差异，分析原因是由于车道间距大于 5m 造成，但总体趋势一致，从实际可操作性看，巡测时车辆始终保持在一条车道的可能性较低，在遵守交通规则和确保行车安全的前提下，对多车道测量时可优先选择靠人行道侧即靠右侧道路行驶；另一方面，从图 5.6.7-7 中可以看出高架桥上层和下层的统计数据差异性较大，分析其原因，由于上层道路的高度与道路两侧楼房高度相近，楼房上安装的移动通信基站较为密集，同时高架桥的交通指示牌上也安装了较多基站，基站与高架桥上层高差较小，其电磁辐射贡献值较大。而下层道路几乎处于各基站的正下方，与基站的高差在 30m 以上，基站对高架桥下层的贡献值较小，测量结果反映了这一情况。因此，对于位于同一位置的立体交通道路，应对各层道路均进行测试。

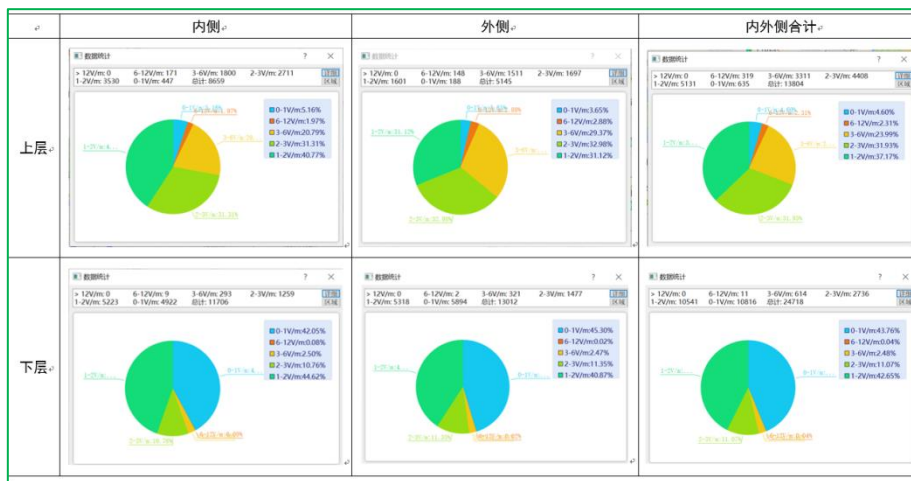


图 5.6.7-7 不同车道、立体交通测量结果统计图

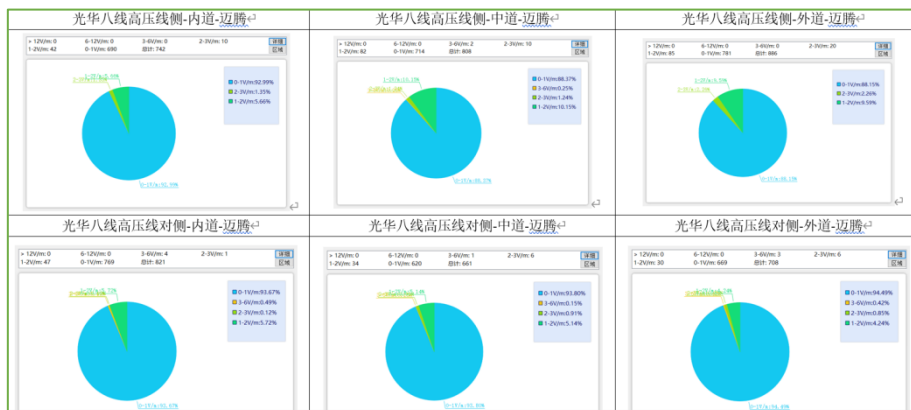


图 5.6.7-8 不同车道测量结果统计图

5.6.8 监测读数

明确监测读数读取选频式电磁辐射监测仪器的实时值，包含了电场强度值及其对应的电场强度占标率。电场强度值是将一次实时扫频中各频点测值积分得到的总场强值。电场强度占标率是一次实时扫频中各频点测值按 GB8702 “4.2 评价方法”的关系式 (3) $\sum_{j=100kHz}^{300GHz} \frac{E_{j}^2}{E_{L,j}^2}$ 计算所得，两个读数均可由监测设备直接得到。

车载巡测的目的是提升数据获取效率，每个点位的数据都需在动态中获取。若每个点位均以停车固定点读数的方式来获取测量值，监测效率与人工监测无异，无法实现大面积区域的高效测量。课题组查阅了固定点自动监测站长期监测数据，数据表明电磁环境水平随时间的变化具有相对稳定性，昼夜电场强度数值起伏在 20% 左右，在本标准提出的 5:00-23:00 监测时段内的数据起伏小于 10%。自动站监测数据表明，在相邻时间段内的实时测量数据与固定点长时间测量值偏差较小，以实时数据来表征点位是可行的。

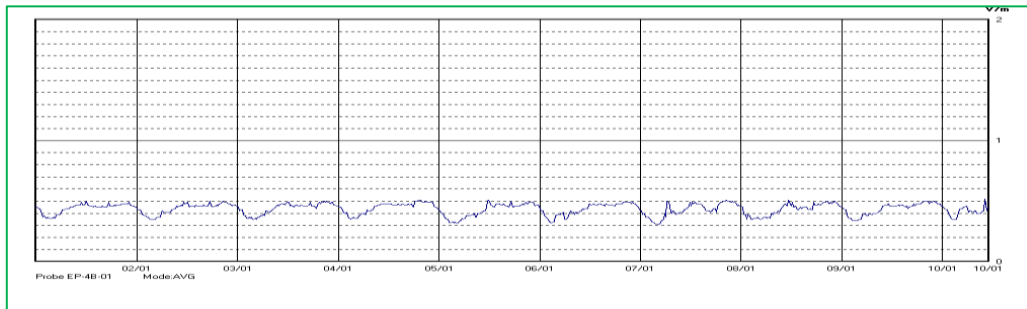


图 5.6.8-1 自动站连续多日监测数据

课题组还采用人工现场固定点监测方式对车载巡测实时结果开展了进一步验证，结果一致性较高：如下图 5.6.8-2 为课题组以巡测方式获取的一个点位的实时数据，电场强度值为 2.931V/m；图 5.6.8-3 为人工定点测量结果，电场强度值为 2.998V/m，尽管两次测量间隔约 2 个月，但两次测量结果一致性较好，一方面印证了自动监测站的分析结果，即电磁环境环境的稳定性，同时也说明通过实时值来表征固定点长时间测量值的可行性。

通过自动站数据分析、人工定点测量数据与实时路测数据比对表明，监测读数读取选频式电磁辐射监测仪器的实时值可行。



图 5.6.8-2 巡测点位测值

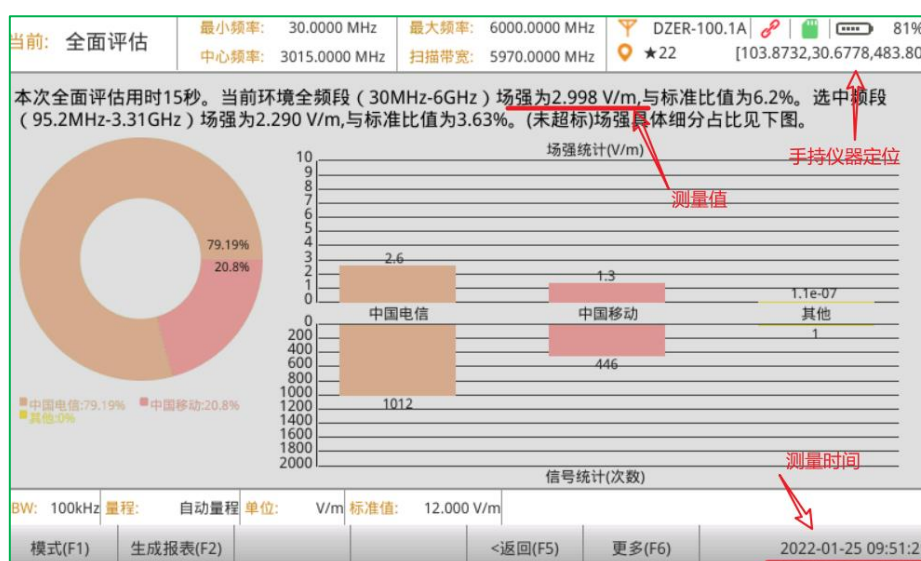


图 5.6.8-3 对同一点位人工手持仪器定点测量结果

5.6.9 记录

明确监测时应记录的信息及结果。

监测时需要记录的监测条件信息主要有环境温度、相对湿度和天气状况，监测日期、监测起止时间、监测人员、监测仪器型号和编号及探头（天线）型号和编号、车型及天线架设高度。

监测时需要记录的监测结果包括：点位的电场强度、电场强度占标率、经纬度数据、测量时间、频谱数据、频谱图。

5.7 关于“区域电磁环境质量评估”

5.7.1 数据处理

车辆巡测过程中，绝大多数时间处于行进状态，理想条件下测量点位应沿道路连续分布，各个测点经纬度唯一。但因遇红灯及其他道路突发状况出现停车，或者

因车辆行驶路径重叠时,测量点位会出现重复,出现同一经纬度有多个读数的情况。为避免经纬度重复数据影响统计结果,需要对经纬度重复的点位进行数据处理,原则是取平均值作为该点位测值。因此,标准要求对于经纬度相同的多个测量点位,计为一个有效测点,其监测读数取平均值后参与评估计算;其余经纬度不同的测量点位,每个都计为有效测点,其监测读数直接参与评估计算。

5.7.2 区域电磁环境质量评估

(1)明确区域电磁环境质量评估分为区块评估和总体评估两部分。区块评估是将已获取巡测数据的评估区域划分为 $1\text{km}\times 1\text{km}$ 的多个网格区块,对每个区块进行电磁环境质量评估,总体评估则是对整个区域的电磁环境质量的评估。如5.6.7节所述,全国主要城市建成区每平方公里的道路里程数平均值为 6.2km ,当巡测车速不超过 60km/h 的条件时,每6分钟的行驶里程数最多为 6km ,理论上可以保证全国主要城市建成区每平方公里巡测时间超过6分钟以上;如5.6.4所述,测量点位的电磁环境水平在时间上的具有相对稳定性,各测量点位的测量时序理论上可被排列到连续6分钟的时间轴上,得到连续6分钟读数。从空间上看,监测点位呈现出微观离散、宏观聚合的态势,即点与点之间虽存在间距(本标准规定小于 5m),但对于宏观的评估区域来说,这些点位的间距可以忽略,据此可将评估区域的监测等效为一个宏观点位进行6分钟以上的连续测量。另一方面,根据相关研究数据,当出行距离在 $600\text{m}-900\text{m}$ 时(程灿等,2014城市居民步行出行距离分布规律研究),公众选择以步行方式出行;有95%的步行出行距离集中在 950m 之内,也就是极限步行距离为 950m (王宁等,2015社区居民适宜步行距离阈值研究)。实际生活中, 1km 以内的区域大多是公众长期生活、工作、学习的活动范围。综合考虑以上因素,课题组认为将 1km 边长的正方形网格用作区块评估范围既可满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)最低6分钟连续监测的时间要求,又高度贴合公众长期活动范围,同时可与《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)规定的一公里边长网格布点相融合,也保障了测量效率。整个评估区域以及构成评估区域的各个区块均能达到最低6分钟的测量时间要求。

(2)明确以求算术平均值的方式得到区块指数,区块指数再算数平均得到区域指数。

区块指数计算：

$$EQI_{\text{区块}} = \frac{\sum_{i=1}^n (E\%)_i}{n} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中： $(E\%)_i$ ——有效测点 i 的电场强度占标率；

n ——网格区块内的有效测点数量。

区域指数计算

$$EQI = \frac{\sum_{i=1}^N EQI_{\text{区块}i}}{N} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中： $EQI_{\text{区块}i}$ ——网格区块 i 的电场强度占标率；

N ——评估区域内的网格区块数量。

从国内外标准要求看，《5G 移动通信基站电磁辐射环境监测方法》（HJ1151-2020）、《中波广播发射台电磁辐射环境监测方法》（HJ 1136-2020）、《短波广播发射台电磁辐射环境监测方法》（HJ1199-2021）均要求读取仪器的 6 分钟平均值。从仪器功能上看，仪器给出的 6 分钟平均值实际上是仪器将 6 分钟内的实时值按内置算法计算得到的 6 分钟平均值，这个最终结果作为《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的对标值。ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields(100kHz to 300GHz)（HEALTH PHYS 118(5): 483–524; 2020）在导出限值表明明确全身曝露对标值为平均值，见图 5.7.2-1。

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 – 30 MHz	$660/f_M^{0.7}$	$4.9/f_M$	NA
	>30 – 400 MHz	61	0.16	10
	>400 – 2000 MHz	$3f_M^{0.5}$	$0.008f_M^{0.5}$	$f_M/40$
	>2 – 300 GHz	NA	NA	50
General public	0.1 – 30 MHz	$300/f_M^{0.7}$	$2.2/f_M$	NA
	>30 – 400 MHz	27.7	0.073	2
	>400 – 2000 MHz	$1.375f_M^{0.5}$	$0.0037f_M^{0.5}$	$f_M/200$
	>2 – 300 GHz	NA	NA	10

图 5.7.2-1 ICNIRP 限值表

IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz（IEEE Std C95.1™-2019）导出限值表中明确公共区域公众全身曝露对标值为平均值，见图 5.7.2-2。ITU-T Guidance for assessment, evaluation and monitoring of human exposure to radio frequency

electromagnetic fields (ITU-T K.91 12/2020) 则是直接引用了 ICNIRP 和 IEEE 两个标准的限值。因此，将评估区域监测时段内的所有实时数据计算平均值进行评价与国内、国际标准要求相符。

Table 7—ERLs for whole-body exposure of persons in unrestricted environments (100 kHz to 300 GHz) [see Figure 3 for graphical representation]

Frequency range (MHz)	Electric field strength (E) ^{a,b,c} (V/m)	Magnetic field strength (H) ^{a,b,c} (A/m)	Power density (S) ^{a,b,c} (W/m ²)		Averaging time (min)
			S_E	S_H	
0.1 to 1.34	614	$16.3 / f_M$	1000	$100\,000 / f_M^2$	30
1.34 to 30	$823.8 / f_M$	$16.3 / f_M$	$1800 / f_M^2$	$100\,000 / f_M^2$	30
30 to 100	27.5	$158.3 / f_M^{1.668}$	2	$9\,400\,000 / f_M^{3.336}$	30
100 to 400	27.5	0.0729	2		30
400 to 2000	—	—	$f_M / 200$		30
2000 to 300 000	—	—	10		30

NOTE— S_E and S_H are plane-wave-equivalent power density values, based on electric or magnetic field strength respectively, and are commonly used as a convenient comparison with ERLs at higher frequencies and are sometimes displayed on commonly used instruments.

^a For exposures that are uniform over the dimensions of the body, such as certain far-field plane-wave exposures, the exposure field strengths and power densities are compared with the ERLs in Table 7. For more typical nonuniform exposures, the mean values of the exposure fields, as obtained by spatially averaging the plane-wave-equivalent power densities or the squares of the field strengths, are compared with the ERLs in Table 7. (See notes to Table 7 through Table 11 in 4.3.5.)

^b f_M is the frequency in MHz.

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

图 5.7.2-2 IEEE 限值表

(3) 明确了计算结果的使用方式，即电磁环境质量指数按对应指数区间评估区域电磁环境质量。

为了直观地表示区域电磁环境质量，本标准设定了区域电磁环境指数区间用于判断区域电磁环境质量。本方法将区域电磁环境视为“宏观电磁辐射源”，参考了《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/T10.3-1996)“大型项目取限值的 $1/\sqrt{2}$ ，其他项目取场强限值的 $1/\sqrt{5}$ ”判断方式，将测得的场强值 E 大于 0 且小于限值 $1/\sqrt{5}$ 的测值区间作为一级测量值区间，将测得的场强值大于等于限值 $1/\sqrt{5}$ 且小于等于限值 $1/\sqrt{2}$ 的测值区间作为二级测量值区间，将测得的场强值大于等于限值 $1/\sqrt{2}$ 且小于限值的测值区间作为三级测量值区间，将测得的场强值大于等于限值的测值区间作为超标区间。由 GB8702 “4.2 评价方法”的关系式 (3) $\sum_{j=100kHz}^{300GHz} \frac{E_j^2}{E_{L,j}^2}$ 可知，电磁环境质量指数在计算时，场强 E 与限值均被平方，对应的 $1/\sqrt{2}$ 和 $1/\sqrt{5}$ 同时被平方，因此可以得到以 1/5 (20%)、1/2 (50%) 为限的基础分界值，并得到表 5.7.2-1 所示的区域电磁环境质量指数。计算所得的 EQI 对应表中指数区间即可给出评估结果。

表 5.7.2-1 区域电磁环境质量指数

电磁环境质量指数区间 (%)	0<EQI<20	20≤EQI≤50	50<EQI≤100	100<EQI
区域电磁环境质量指数级别	一级	二级	三级	超标

5.8 关于“质量保证”

原则性规定开展监测的人员要求、仪器设备使用要求、注意事项、报告上报及存储要求。

5.9 关于“附录”

为方便评估单位掌握区域电磁环境评估报告需要明确的内容，我们编制了资料性附录 A 和附录 B，规范性附录 C。附录 A 给出了区域电磁环境质量监测数据记录单的参考格式、附录 B 给出了区域电磁辐射环境质量评估报告单的参考格式，附录 C 给出了电磁环境质量指数地图标注颜色要求。见表 5.9-1、表 5.9-2、表 5.9-3。

表 5.9-1 区域电磁环境质量监测数据记录单
(资料性附录)

测量任务名称: _____

测量日期: ____年__月__日 温度: __~__℃ 湿度: __~__% 天气: _____

仪器型号及编号: _____ 天线型号及编号: _____ 车型: _____ 探头架设高度: _____ m

点位编号	经度	纬度	电场强度 (V/m)	电场强度占标率 (%)	测量时间
1					__时__分__秒
.....

说明：监测数据记录单、各点位对应的频谱图和频谱数据由数据采集设备自动记录并可以作为数据文件导出。

表 5.9-2 区域电磁环境质量评估报告单
(资料性附录)

××区域电磁环境质量评估报告单	
评估区域	____省____市(地)____县(区)城市建成区。
监测单位	
监测条件	监测起止时间: ____年__月__日 ~ ____年__月__日; 监测时段: ____时 ~ ____时; 天气: ____; 环境温度: ____; 环境湿度: ____。
监测仪器	型号: ____; 校准证书编号及有效期: _____; 检出限: _____。
监测频段	
监测点位数量	有效测点总数: ____万个。

评估结果	<p>1. 区块评估结果</p> <p>区块共计_____个；</p> <p>区块电磁环境质量指数 EQI_{区块}：_____ ~ _____；</p> <p>区块电磁环境质量指数级别：一级区块_____个，二级区块_____个，三级区块_____个，超标区块_____个。</p> <p>2. 总体评估结果</p> <p>电磁环境质量指数 EQI=_____；</p> <p>电磁环境质量指数级别：_____。</p>
------	---

表 5.9-3 电磁环境质量指数地图标注颜色示例
(规范性附录)

根据各评估区块电磁环境质量指数级别，用不同的颜色标记在测绘地图上，直观反映评估区域电磁环境质量。

区域电磁环境质量指数级别	RGB			备注
	R	G	B	
一级	115	194	251	蓝色
二级	50	205	50	绿色
三级	255	223	0	黄色
超标	255	0	0	红色

6 与国内外同类标准或技术法规的水平对比和分析

6.1 国外同类标准情况

经查阅搜索文献资料与调研，国际电信联盟 2015 年发布了 ITU-T K.113 Generation of radio-frequency electromagnetic field level maps。该标准主要提供了基于车载仪器路测法制作射频电磁场 (RF-EMF) 地图的指南，从开展监测仪器来看，基于当时的电磁环境状况，ITU-T K.113 认为使用 100kHz-3GHz 综合场设备监测已足够反映电磁环境总量，监测方法类似；国际电信联盟 2020 年发布了 ITU-T K.91 Guidance for assessment, evaluation and monitoring of human exposure to radio frequency electromagnetic fields，方法在附录中对车载测量进行了描述，仪器的使用要求为选频测量仪器，示例监测系统频率为 30MHz-6GHz，给出了测量数据在地图上的标记方式；本方法论证了我国现阶段的主要频率使用范围，即 100kHz-6GHz，并从现有

经济技术条件出发论证了使用选频式监测仪器对电磁环境评估的必要性和可行性。综合比较 ITU-T K.113 和 ITU-T K.91，本标准在监测频段、仪器使用上相似，在评估方面，国外标准主要考虑了地图标注，本标准考虑了与 GB8702 对标的可行性。

6.2 国内同类标准情况

《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）是目前开展区域电磁环境监测的依据。HJ/T10.2-1996 给出的网格法实际上是对区域均匀布点的一种方式，但是受制于人工监测的效率，网格之间测点与测点的间距较长，点位数量较少，导致测量数据的代表性大打折扣。本方法论证了车载巡测的可行性，通过自动测量手段，将行车区域的数据记录下来，有效弥补测点数量少的缺陷，数据的代表性得以提升。按本方法可实现对网格或大面积区域电磁环境质量的快速测试与评估。

7 实施本标准的管理措施、技术措施、实施方案建议

7.1 管理措施

实施本标准是对区域电磁环境质量监测与评估的依据，具有重要的环境和社会效益，可为电磁环境监管提供技术支撑。

7.2 技术措施

本标准适用于区域电磁环境质量监测与评估。行业单位、科研院所应定期或不定期跟踪本行业环境保护标准的国外发展动向，跟踪最新的研究方法和研究成果。

7.3 实施方案建议

本标准自发布之日起即可实施。