

附件 3

《雷达电磁辐射监测方法（征求意见稿）》

编制说明

《雷达电磁辐射监测方法》编制组

二〇二二年九月

目 录

1 项目背景	1
2 标准制订的必要性	2
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	4
5 标准主要内容说明	5
6 与国内外同类标准或技术法规的水平对比和分析	19
7 实施本标准的管理措施、技术措施、实施方案建议	20
8 其他附件：试验监测	21

《雷达电磁辐射监测方法》（征求意见稿）

编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

为健全电磁辐射环境标准体系，完善国家生态环境标准体系，满足电磁辐射环境管理需要，规范雷达电磁辐射监测，促进雷达可持续发展，保障公众健康，生态环境部决定制订《雷达电磁辐射监测方法》。

2020年，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（以下简称技术中心）下达《雷达电磁辐射环境监测方法研究》课题研究任务；2021年，生态环境部辐射源安全监管司向技术中心下达《雷达电磁辐射环境监测方法》标准编制任务，技术中心成立标准编制组，主要成员有曹勇、过春燕、吴科庆、范方辉、穆晨旸、吴剑、林远、刘贵龙、叶焱栋、范梦池等10人。

1.2 工作过程

2020年3月，成立《雷达设施电磁辐射环境监测方法研究》课题组，并对国内外关于《雷达电磁辐射环境监测方法》的相关文献、研究报告和标准进行了检索查阅。

2020年5月，召开《雷达设施电磁辐射环境监测方法研究》课题开题论证专家咨询会。

2020年12月，课题组编制完成《雷达设施电磁辐射环境监测方法研究报告》，组织召开课题验收会并通过验收。

2021年1月，生态环境部辐射源安全监管司正式将《雷达电磁辐射环境监测方法》列入2021年度标准制修工作计划，技术中心成立《雷达电磁辐射环境监测方法》标准编制组。

2021年2月，按照生态环境部辐射源安全监管司要求，编制组完成开题论证报告和《雷达电磁辐射环境监测方法（草案）》。

2021年4月，生态环境部辐射源安全监管司组织召开了本标准开题论证报告和草案审查会。

2021年7月，按照生态环境部辐射源安全监管司要求，编制组编制完成《雷达电磁辐射环境监测方法（征求意见稿初稿）》及编制说明。

2021年8月，生态环境部辐射源安全监管司组织召开了本标准征求意见稿初稿技术审查会。

2022年7月，根据生态环境项目任务合同书（雷达电磁辐射环境监测方法（补））（BZ2021001补）的要求，生态环境部辐射源安全监管司结合《雷达电磁辐射环境监测方法》补充完善的情况，组织召开了本标准征求意见稿初稿二次技术审查会。

2022年9月，按照本标准征求意见稿初稿技术审查会意见，编制组编制完成《雷达电磁辐射监测方法（征求意见稿）》及编制说明。

2 标准制订的必要性

2.1 行业概况

雷达是利用电磁波发现目标并获取目标位置等信息的装置。雷达通过天线把发射机产生的电磁波能量射向空间某一方向，然后处于该方向上的目标（比如飞机、船舶、降雨等）反射电磁波，雷达天线接收此回波，送至接收设备进行数据处理并提取有关该目标的信息。

雷达在国内各民用行业的应用较为广泛，种类繁多，形式多样，可按照功能用途、技术体制、装载方式等角度进行分类。按功能用途可以分为空中交通管制雷达、场面监视雷达、测量雷达、气象雷达等；按技术体制可以分为一次雷达、二次雷达、无源雷达、电扫描雷达、机械扫描雷达、脉冲雷达、连续波雷达等；按照装载方式可以分为陆基雷达、车载雷达、机载雷达、船用雷达等。

根据《全国电磁辐射设备（设施）申报登记总结报告》（2009年）的统计数据，雷达发射台共计505个，标称总功率合计约 5×10^4 kW。按发射天线型式统计，水平对称天线占15%，直立天线占6%，抛物面天线占45%，引向天线占5%，其他天线型式占29%。按照发射天线极化方式统计，垂直极化天线占28%，水平极化天线占42%，圆极化天线占4%，其他极化类型占26%。近些年来民用雷达发展迅速，行业规模快速增长，仅以浙江省气象雷达建设为例，十四五期间在现有S波段天气雷达组网的基础上，还要加密建设X波段天气雷达，建设的X波段雷达将多达95个。

2.2 环境保护管理状况

随着雷达技术的迅速发展，应用场景不断丰富，新建设施日益增多，与此同时，雷达电磁辐射的环境影响不可忽视，日渐受到公众关注。电磁辐射监测工作是做好雷达环境管理的基础，为进一步加强国家电磁环境管理，完善生态环境标准体系建设，出台雷达电磁辐射监测技术规范尤为重要。

雷达具有独特的电磁辐射特性，比如架设形式（高台架设或平地架设）、发射信号的连续性（连续波或脉冲波）、波束扫描方式（机械扫描或电扫描）以及运行工作方式（适应不

同探测目的)，与其他电磁辐射发射设施有较大区别。因此在监测方法上与其他电磁辐射发射设施也有所不同，具体体现在监测项目、监测时间和监测布点等方面。目前，雷达电磁辐射监测仍按照《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）（以下简称《导则》）执行，缺少针对性的具体监测方法。《导则》作为电磁辐射监测的指导方法，虽适用于所有电磁辐射设施和环境监测，制订时间也较为久远，经过近二十余年的实践，监测中众多技术问题尚未细化明确，包括监测仪器的选择、监测因子和指标的选取、监测点位的选择（电磁辐射环境敏感目标及断面监测）、监测读数方式（方均根值和瞬时峰值）等，因此制订雷达电磁辐射监测方法迫在眉睫。

综上所述，为保护公众的电磁环境安全，保障雷达发射设施的建设、运行，规范雷达发射台的电磁辐射监测，有效配合公众曝露限值在环境管理工作中的执行，有必要制定专门针对雷达电磁辐射的监测方法。制订雷达电磁辐射监测方法是评价雷达电磁辐射环境影响的技术基础，也是完善我国电磁辐射环境质量标准体系不可或缺的组成部分，对规范雷达电磁辐射监测、环境影响评价及环境管理具有重要意义。

3 国内外相关标准情况

3.1 国内相关标准

经调研，与雷达电磁辐射监测有关的国内标准情况见表 3.1-1。

表 3.1-1 国内雷达电磁辐射监测相关标准

类别	标准名称	颁布部门	备注
环境质量标准	电磁环境控制限值（GB 8702—2014）	原环境保护部	规定了电磁环境中控制公众曝露的电场、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。适用于电磁环境中控制公众曝露的评价和管理。
环境监测标准	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）	原国家环境保护局	规定了电磁辐射测量仪器、电磁辐射污染源监测方法、一般环境电磁辐射测量方法和环境质量预测的场强计算。
国家军用标准	电磁辐射暴露限值和测量方法（GJB5313A—2017）	中央军委装备发展部	规定了 1Hz~300GHz 电磁辐射环境中作业区辐射区和生活区辐射暴露限值、测量和评价方法。
	系统电磁环境效应试验方法（GJB8848—2016）	中央军委装备发展部	规定了系统电磁环境效应试验方法，适用于各种武器系统，包括飞机、舰船、空间和地面系统及其相关军械等。

3.2 国外相关标准

经调研，与雷达电磁辐射监测有关的国际标准情况见表 3.2-1。

表 3.2-1 国外雷达电磁辐射监测相关标准

类别	标准名称	颁布国家/组织	备注
电磁环境暴露 限值标准	ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz)	国际非电离辐射防护委员会	本导则描述的是暴露在 100kHz-300GHz 频段范围内电磁场中的人体保护措施。本文取代了 ICNIRP (1998) 射频导则的 100 kHz 至 300 GHz 频段部分，以及 ICNIRP (2010) 低频导则 100 kHz 至 10 MHz 频段部分。
	IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz (IEEE C95.1—2019)	电气与电子工程师协会	本标准给出了在 0 Hz 至 300 GHz 频率范围内暴露于电场、磁场和电磁场对人体健康造成的既定不利影响的保护安全限值。这些接触限值一般适用于受限环境中允许的人员和非受限环境中的一般公众。
电磁环境监测 标准	IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields with Respect to Human Exposure to Such Fields, 0 Hz to 300 GHz (IEEE C95.3—2021)	电气与电子工程师协会	描述了在 0Hz 至 300GHz 频率范围内，人类暴露于电场和（或）磁场（统称电磁场）的相关度量的计算和测量方法的开发、验证和应用的最佳实践。本推荐方法取代了 IEEE 标准 C95.3™—2002 和 IEEE 标准 C95.3.1™—2010。
	Guide for the measurement and the evaluation of electromagnetic fields in the frequency range 10 kHz - 300 GHz, with reference to the human exposure Appendix B: Measurements and evaluation of the electromagnetic fields generated by radar systems	意大利电工委员会	关于人体暴露在 10 kHz-300 GHz 频率范围内电磁场的测量和评估指南 附录 B: 测量和评估雷达系统产生的电磁场

4 编制目的、依据、基本原则和技术路线

4.1 编制目的

规范雷达电磁辐射监测工作，为生态环境主管部门科学、准确地确定雷达的电磁辐射环境

影响程度、范围和采取防护措施提供技术支持。

4.2 编制依据

- (1) 《生态环境标准管理办法》（生态环境部令第 17 号）
- (2) 《国家生态环境标准制修订工作规则》（国环法规〔2020〕4 号）
- (3) 《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）
- (4) 《电磁环境控制限值》（GB 8702—2014）
- (5) 《电工术语 基本术语》（GB/T 2900.1—2008）
- (6) 《电工术语 雷达》（GB/T3784—2009）
- (7) 《通用雷达站设计标准》（GB 51418—2020）
- (8) 《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）
- (9) 《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）
- (10) 《Fundamentals of Spectrum_Analysis》，C Rauscher，V Janssen，R Minihold - 《Rohde & Schwarz》，2001

4.3 编制基本原则

方法的编制力求做到科学性与可操作性的统一，做到与相关行业导则的协调一致，为雷达的电磁辐射监测提供可靠依据，主要编制原则包括：

- (1) 标准编写格式按国家标准 GB/T1.1 的规定；
- (2) 注意与相关标准的协调性；
- (3) 编写过程中贯彻国家关于积极采用国际标准的政策，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

开展前期研究工作，调研国内外相关标准和文献，组织现场试验监测，细化标准文本编制，明确雷达电磁辐射监测条件（环境条件、仪器条件、监测工况）、监测方法、质量保证要求，加强了监测方法的科学性、严谨性，规范了雷达电磁辐射监测方法，确保监测工作有章可循、生态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《生态环境标准管理办法》（生态环境部令第 17 号）、《国家生态环境标准制修订工作规则》（国环法规〔2020〕4 号）以及《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）的要求，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。

5.2 关于“适用范围”

本标准主要规定了雷达产生的射频电磁场的监测方法，方法的监测对象明确为利用电磁波作为信号载体的雷达，排除激光雷达、超声波雷达等利用光、声等其他信号载体的雷达。本标准的制订目的是服务于建设项目生态环境保护管理，因此，本标准的适用对象为纳入建设项目（通常指固定资产投资管理的项目）范围的雷达。

参照《通用雷达站设计标准》（GB 51418—2020）的规定以及通过对国内部分雷达设施的实地调研，常见纳入建设项目环境保护管理的雷达站主要包括空中交通管制雷达、气象雷达和场面监视雷达三种类型。上述三类典型雷达在民用行业中应用较多，其等效辐射功率一般在 GB8702 规定的豁免水平以上，且有利于通过识别用途的方式进行区分。具体分类和典型代表可见表 5.2-1。

表5.2-1 常见通用雷达一览表

序号	雷达类型	适用典型雷达
1	空中交通管制雷达	空管一次监视雷达、空管二次监视雷达
2	气象雷达	天气雷达、风廓线雷达
3	场面监视雷达	机场监视雷达、港口监视雷达

空中交通管制雷达，也称飞行管制雷达、航行管制雷达，可分为一次（监控）雷达、二次（监控）雷达和导航雷达等。一次（监控）雷达发射频率为：L 波段 1250MHz~1350MHz；S 波段 2700MHz~3000MHz。二次（监控）雷达询问（发射）频率为：1030MHz，应答（接收）频率为：1090MHz。空中交通管制雷达工作的特点是天线旋转，发射脉冲电磁波，波束扫描空域，区别在于一次雷达发射并接收反射的电磁波，而二次雷达发射信号并接收应答信号。空中交通管制雷达发射峰值功率一般在几千瓦到几百千瓦。

气象雷达包括测风雷达、天气雷达和测云雷达等，按频率可分为 S 波段、C 波段、X 波段和 L 波段等。S 波段：2700MHz~3000MHz；C 波段：5300MHz~5700MHz；X 波段：9300MHz~9500MHz；L 波段：1270MHz~1295MHz 和 1300MHz~1375MHz。气象雷达的扫描范围可调，按照探测目的不同有多种工作方式，完成体积扫描、扇扫和任意指向扫描等。气象雷达发射峰值功率一般在几千瓦到几百千瓦。

场面监视雷达分为机场监视雷达和港口监视雷达等，按频率可分为 X 波段和 Ku 波段。X 波段：9000MHz~9500MHz；Ku 波段：12GHz~18GHz。监视雷达的工作特点是天线旋转，向

地面或者水面扫描，水平波束窄，垂直波束宽，可根据工作需要采用软件等手段设置扫描范围。场面监视雷达发射峰值功率一般在几十千瓦。

上述雷达在行业应用中较为广泛，其等效辐射功率一般均超出《电磁环境控制限值》（GB8702）规定的豁免范围，是环境保护重点关注的对象。因此提出本标准适用于空中交通管制雷达、气象雷达和场面监视雷达的电磁辐射监测。而对于其他雷达的电磁辐射监测可根据本标准提出的技术要求参照执行。

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少的文件。

为规范对电磁辐射监测数据的处理，规定了对监测数据进行修约应按照《数值修约规则与极限数值的表示和判定》（GB/T 8170—2019）执行，因此将其纳入规范性引用文件。

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做修改。

参考《电工术语 雷达》（GB/T3784—2009），给出了“雷达”、“空中交通管制雷达”、“气象雷达”、“电扫描”和“机械扫描”的定义。参考《通用雷达站设计标准》（GB 51418—2020）给出了“场面监视雷达”的定义。

按照目前我国的电磁环境管理情况以及电磁辐射类建设项目相关环境保护技术规范的统一描述，给出了“电磁辐射环境敏感目标”的定义。

5.5 关于“监测条件”

5.5.1 环境条件

对环境条件提出明确的要求。通常雷达需要在各种天气环境条件中运行，且温度、湿度等环境条件对射频电磁场的影响不明显。参考《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）以及其他电磁辐射设施的环境监测技术规范的规定，并结合仪器实际使用要求，提出监测时环境条件应符合仪器使用的要求。

5.5.2 监测仪器

5.5.2.1 基本要求

对雷达的电磁辐射监测主要关注的是雷达产生的电磁辐射贡献值，因此需要选用选频式

电磁辐射监测仪进行测量，可明确雷达在其对应频率范围内的电磁环境影响贡献情况。参考《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）的要求，明确“除场强仪外，由接收天线和频谱仪或测试接收机组成的测量系统经校准后，可用于测量。”

非选频式宽带电磁辐射监测仪不具备频率分辨能力，无法开展频点监测；其次非选频式宽带电磁辐射监测仪监测结果为全频段监测值，无法准确对标雷达频段电磁环境控制限值，不易判定监测结果是否达标。故本标准不推荐采用非选频式宽带电磁辐射监测仪。

选频式电磁辐射监测仪通常是对特定频率范围的电磁波进行频谱分析和测量，故本标准明确“监测仪器的工作性能应满足待测电磁场要求，工作频率能够覆盖所监测雷达的发射频率。”

根据监测仪器的配置，对其采用的各向同性探头或单轴探头（天线）做了明确的要求。详见 5.5.2.2 监测仪器电性能基本要求。

依据《电磁环境控制限值》（GB 8702—2014）的要求，环境中电场、磁场、电磁场场量参数应满足公众曝露控制限值要求，在 0.1MHz~300GHz 频率范围内，场量参数是任意连续 6 分钟内的方均根值。同时，对于脉冲电磁波，其功率密度的瞬时峰值或场强的瞬时峰值要满足相关限制要求。因此，仪器监测结果应为场量的方均根值和瞬时峰值。

明确“监测仪器的检波方式应为方均根值检波方式，监测仪器应具备任意测量时段方均根值的读取功能。”方均根值检波又称为有效值检波或者均方根检波，它计算分配到每个像素点内所有采样点的数值，计算结果对应频谱内的信号功率。在计算有效值时，所有采样点的数值均采用线性刻度。有效值可通过下式得出：

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2}$$

式中： V_{RMS} 为电压的有效值(单位： V)；N 为每个像素点所分配的采样点的个数； v_i 为每个采样点的包络电压数值(单位： V)。

再根据阻抗值 R 就可以计算出信号的实际功率：

$$P = V_{RMS}^2 / R$$

在使用方均根值检波时，增加扫描时间，会使参与计算的采样点增多，起到平滑轨迹的作用。但是不允许通过减小视频滤波器带宽或者踪迹平均来平滑显示轨迹，因为这样做会使显示数值变小，造成失真。在使用方均根值检波时，视频滤波器带宽须大于等于 3 倍的分辨滤波器带宽。

明确“若测量对象为脉冲电磁波，仪器还应具备峰值检波功能。”峰值检波的作用是从每个像素点中取出峰值点并显示出来。即使像素点宽度远大于分辨滤波器带宽，也不会发生输入信号丢失的情况。而当扫描时间很短，且像素点宽度远小于分辨滤波器带宽时，其显示数值和采样检波相同，这是因为每个像素点中的采样点只有一个。峰值检波是很多频谱仪的原始设置检波方式，可见它是最常用的检波方式之一。峰值检波的用途很广，除连续波信号外，还可以用来测试脉冲信号，同时也是电磁兼容性测试中常用的检波方式。

以上检波方式原理，参考《Fundamentals of Spectrum_Analysis》，C Rauscher，V Janssen，R Minihold - 《Rohde & Schwarz》，2001 等文献。

5.5.2.2 监测仪器电性能基本要求

决定仪器本身不确定度（测量准确度）的参数主要为频率响应、各向同性及线性度等。动态范围和探头检出限值对仪器实际监测也有较大影响。

（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，选频式测量仪器的传感器是天线，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）。对于 900MHz~3GHz 频段范围，频率响应 $\pm 1.5\text{dB}$ ，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必须不大于 1.5dB。对于<900MHz 和>3GHz 频段范围，频率响应 $\pm 3\text{dB}$ ，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必须不大于 3dB。频率响应越大，测量的不确定越大。

$$\text{频率响应 (dB)} = 20 \lg \frac{X}{X_0} \quad (\text{其中 } X \text{ 为标准场强值, } X_0 \text{ 为实际测量值})$$

举例分析：

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

电场测量值为 E ，如果 E 比 E_0 大 3dB，即 $3\text{dB} = 20 \times \log_{10}(E/E_0)$ ， $E/E_0 = 10^{(3/20)} = 1.141$ 。

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

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 $3\text{dB} = 10 \times \log_{10}(P/P_0)$ ， $P/P_0 = 10^{(3/10)} = 2$ 。

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

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

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) 线性度

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。

$$\text{线性度 (dB)} = 20 \lg \frac{X}{X_0} \quad (\text{其中 } X \text{ 为标准场强值, } X_0 \text{ 为实际测量值})$$

(3) 动态范围

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)。

$$\text{动态范围 (dB)} = 20 \lg \frac{X_{\max}}{X_{\min}} \quad (\text{其中 } X_{\max} \text{ 为仪器量程最大值, } X_{\min} \text{ 为仪器量程最小值})$$

比如动态范围为 60dB,其测量最大值与最小值之比为 1000,如果电场强度最小值为 0.1V/m,电场强度最大值为 100V/m。

(4) 探头检出限

探头检出限即代表能够测量出的最大、最小的场强值。它能代表仪器监测最大、最小量值,上检出限越大,下检出限越小,则仪器监测能力越强,覆盖范围越广,适用度越好。

(5) 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。该参数相对于选频式电磁辐射监测仪较为重要,比如我们测试一个 600kHz 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 $\pm 0.6\text{kHz}$ 。通过对仪器厂家调研,主流选频式电磁辐射监测仪均能满足频率误差小于被测频率 10^{-3} 数量级要求。

(6) 各向同性

各向同性是衡量测量仪器对不同入射方向和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,选频式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) 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：

$$A = 20 \lg \left(\frac{X_{\max}}{\sqrt{X_{\max} X_{\min}}} \right) \text{dB}$$

理论上各向同性越小越好，越小测量不确定度越小。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，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。

参考 IEC62232: 2017 中 B3.1.2.2 中表 B.6 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，见具体表 5.5-1：

表 5.5-1 选频测量系统要求 (IEC62232: 2017 B3.1.2.2 中表 B.6)

频率响应	最低检测水平	动态范围	线性度	各向同性 ^a
900MHz-3GHz ±1.5dB	<0.01mW/m ² (0.06V/m) 测量带宽中的信噪比至少为 10dB	>60dB	±1.5dB	<900MHz: <2dB 900MHz-3GHz: <3dB >3GHz: <5dB
<900MH 和>3GHz ±3dB 用于要测量的频率				
^a 建议使用具有各向同性响应的探头和测量天线。如果对测量进行后处理以获得总场强（等效于各向同性探头/测量天线的测量），则允许使用单轴（例如偶极子）和定向测量天线。				

从参数设置上来看，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；从参数具体要求来看，我国的 HJ/T 10.2—1996 与 IEC62232: 2017 推荐的标准之间也存在着一一定的差异。

综上，选频式电磁辐射监测仪的电性能基本要求以及出处见表 5.5-2。

表 5.5-2 选频式电磁辐射监测仪电性能基本要求

项目	电场指标	备注
频率响应	900MHz-3GHz: ≤±1.5dB <900MH 和>3GHz: ≤±3dB	参考 IEC62232: 2017 (900MHz-3GHz: ±1.5dB; < 900 MHz 和> 3 GHz: ±3dB)
线性度	≤±1.5dB	参考 IEC62232: 2017 (±1.5dB)

动态范围	>60dB	参考 IEC62232: 2017 的要求 (>60dB)
探头检出限	探头的下检出限 $\leq 0.05\text{V/m}$, 且上检出限 $\geq 100\text{V/m}$ 脉冲峰值 $\geq 400\text{V/m}$	下检出限: 参考 HJ 10.2 和 HJ 972—2018: 2017 ($< 0.05\text{V/m}$); 上检出限: 仪器调研结果得出; 脉冲峰值检出限: 仪器调研结果得出。
频率误差	$<$ 被测频率的 10^{-3} 数量级	结合 HJ 10.2 及普遍使用仪器指标, 得出频率误差应小于被测频率的 10^{-3} 数量级
全向天线 各向同性	$< 900\text{MHz}$: $< 2\text{dB}$ $900\text{MHz}-3\text{GHz}$: $< 3\text{dB}$ $> 3\text{GHz}$: $< 5\text{dB}$	参考 IEC62232: 2017 ($< 900\text{MHz}$: $< 2\text{dB}$; $900\text{MHz}-3\text{GHz}$: $< 3\text{dB}$; $> 3\text{GHz}$: $< 5\text{dB}$)。

5.5.3 监测工况

为了更科学的监测雷达电磁辐射对环境的影响, 监测时应满足以下工况要求: 监测应在空中交通管制雷达、气象雷达、场面监视雷达正常运行状态下进行, 同时还应考虑不同工作方式下天线与监测点位的相对位置和角度关系, 选择被测雷达对周围环境影响最不利的场景。

首先, 雷达根据具体的探测需求, 在其运行时均有特定的运行设置, 并且在正常运行状态下稳定运行, 总体上其对周围电磁辐射环境影响也是相对固定的, 因此不需要强制要求雷达在其最大发射功率下进行监测, 而且在实际工作中通常也无法做到。

其次, 根据探测目的, 雷达可能会有不同的工作方式。以多普勒天气雷达为例, 可根据天气实况转换工作方式, 按照预先设定的程序进行体积扫描、扇面扫描或其他指向扫描。在不同的工作方式下, 雷达的扫描范围、天线俯仰角度、扫描速率、重复周期等参数均将对监测结果产生影响, 故应结合雷达的工作方式进行具体的分析, 选择扫描范围与敏感目标区域重合多, 天线俯仰角度相对较底、重复周期相对较多的工作方式进行测量。

5.6 关于“监测方法”

5.6.1 一般流程

为保证监测过程的有效开展, 编制组认为雷达电磁辐射监测过程应遵循相关的流程, 因此主要从以下三个方面考虑:

- (1) 进行资料收集, 了解雷达的基本情况和工作方式, 分析雷达对周围环境影响最不利的的工作方式和场景, 确定监测方案。
- (2) 根据工作需要和监测目的, 开展现场调查, 确定监测点位或者监测断面的布设。
- (3) 实施现场监测工作, 做好相关数据和信息记录。

5.6.2 资料收集

明确监测前应收集和掌握的相应信息。收集的信息包括雷达的基本信息和雷达主要技术参数两大类。

其中，雷达的基本信息，包括雷达名称、建设地点、功能用途、天线类型、架设方式、架设高度、天线俯仰角度、扫描方式、扫描速率和工作方式等。相关信息的要求和作用说明如下：

(1) 雷达名称、建设地点、功能用途，属于建设项目的常规信息，主要用于雷达建设项目在实施测量工作之前的确认以及对其辐射特性的识别。

(2) 天线类型，雷达天线是实现电磁波发射和接收的装置，主要类型包括抛物面天线、端射天线、相控阵天线等，不同的天线类型因其不同的技术特点而采取不同的扫描方式，需要根据其特点布设断面监测点位。（参考 GB/T 3784—2009 电工术语 雷达 3.1.1 和 GB/T 14733—2008 电信术语 天线 712-03-08/712-03-10/712-03-20）

(3) 架设方式，包括高台架设方式、平地架设方式等。从所监测雷达的外观上可以直观的识别架设方式，部分雷达外围有天线罩保护。（参考 GB 51418—2020 通用雷达站设计标准 4.0.2）

(4) 架设高度，指发射天线距离地面的高度，单位为 m。为符合探测要求，部分雷达天线一般架设在天线塔上，在监测雷达附近的多层（或高层）建筑物时，应结合雷达的扫描范围，关注与雷达架设高度接近的楼层，并作为重点监测对象。（参考 GB 51418—2020 通用雷达站设计标准 6.2）

(5) 扫描范围，是指波束扫描的最大方位角范围和俯仰角范围。方位角范围可以是水平面 360°一周或者其中一部分角度。雷达天线发射主波束与水平面之间的角度，在水平面以上为仰角，在水平面以下为俯角，单位为°。结合雷达的架设高度和天线俯仰角度，可以初步判断雷达对周围电磁环境影响最不利的位置。（参考 GB/T 3784—2009 电工术语 雷达 2.2.1.23）

(6) 扫描方式，是指为覆盖规定的探测空域而采用的波束的扫描方式，按照实现方式可分为机械扫描和电扫描。机械扫描利用机械转动天线实现波束的扫描，通常在现场（或在天线罩内）可以观察到旋转的天线，旋转角度范围以内是监测重点范围。电扫描采用电控的方法快速改变天线波束指向，一般在现场无法直观的观察波束的变化，需要由建设单位或天线设计单位给出天线波束指向并定位。（参考 GB/T 3784—2009 电工术语 雷达 2.2.1.18/2.2.1.19/2.2.1.22/2.1.3.6/2.1.3.7）

(7) 扫描速率，是指单位时间内雷达波束扫描的角度，通常也可以表达为单位时间内波束扫描（或者天线旋转）的圈数。扫描速度将决定在一定时间内接受到雷达照射的次数和时长。（参考 GB/T 3784—2009 电工术语 雷达 3.1.33）

(8) 工作方式，指雷达为适应不同的目标、不同的干扰环境或不同的使用情况而采用的工作模式。以多普勒天气雷达为例，可根据天气实况转换工作方式，按照预先设定的程序进行体积扫描、扇面扫描或其他指向扫描。在不同的工作方式下，雷达的扫描范围、天线俯仰角度、扫描速率、重复周期等参数均将对监测结果产生影响，故因结合雷达的工作方式进行具体的分析。（参考 GB/T 3784—2009 电工术语 雷达 2.2.1.16）

雷达主要技术参数，包括发射功率（平均功率、峰包功率）、工作频率范围、波形、脉冲宽度、脉冲间隔、天线增益、天线方向性图等参数。相关参数的要求和作用说明如下：

(1) 发射功率，是雷达发射机的输出功率，可以用平均功率和峰值功率表示，单位为 W 或 kW。平均功率指在正常工作情况下，发射机在调制中以所遇到的最低频率周期相比的足够长的时间间隔内，供给天线馈线的平均功率。峰值功率，也可称峰包功率，指在正常工作情况下，发射机在调制包络最高峰的一个射频周期内，供给天线馈线的功率。（参考 GB/T 13622—2012 无线电管理术语）

(2) 工作频率范围，指雷达发射的电磁波频率，通常单位为 MHz 或 GHz。在测量中，应该根据雷达的工作频率范围选择合适的监测仪器，针对工作频率范围开展监测。（参考 GB/T 3784—2009 电工术语 雷达 2.2.1.11）

(3) 波形，根据持续时间的长短，雷达发出的电磁波可以分为连续波和脉冲波。连续波指介质中质点振动持续时间为无穷的波动。脉冲波是指振动持续时间有限（单个或间歇）的波动。发射和（或）接收连续射频信号的雷达，称为连续波雷达。发射射频脉冲信号的雷达，称为脉冲雷达。（参考 GB/T 3784—2009 电工术语 雷达 2.1.3.20/2.1.3.13）

(4) 脉冲宽度，是指脉冲包络上升沿和下降沿半幅度点（0.5A）之间的时间间隔，通常单位为 ms 或 μs 。（参考 MH/T 4017—2004 空中交通管制 S 波段一次监视雷达设备技术规范 3.12）

(5) 脉冲间隔，第一个脉冲上升沿半幅度点（0.5A）和第二个脉冲上升沿半幅度点之间的时间间隔，通常单位为 ms 或 μs 。（参考 MH/T 4017—2004 空中交通管制 S 波段一次监视雷达设备技术规范 3.15）

(6) 天线增益，天线的主要性能参数，是指天线在最大辐射方向上的辐射功率密度与天线的总辐射功率之比的 4π 倍，单位为 dBi 或 dBd，可参考 HJ10.2 中远场轴向功率密度预测公式，用于对环境敏感点的预测计算。（参考 GB/T 3784—2009 电工术语 雷达 3.1.28）

(7) 天线方向性图，指用等电平线描绘的以方位角和俯仰角为坐标的天线方向图。通过天线方向性图可以获取天线辐射最大方向的增益、波束宽度等相关信息。（参考 GB/T 3784—2009 电工术语 雷达 3.1.26）

5.6.3 监测因子

明确雷达电磁辐射监测因子为射频电磁场，监测指标为电场强度或功率密度。

根据《电磁环境控制限值》（GB 8702—2014）的表 1 公众曝露控制限值注 3 规定：100kHz 以上频率，在远场区，可以只限制电场强度或功率密度，或功率密度，在近场区，需同时限制电场强度和磁场强度。空中交通管制雷达、气象雷达和场面监视雷达的发射频率均大于 100kHz，因此，上述雷达发射天线的近场区要求同时限制电场强度和磁场强度。

根据《电信术语 天线》（GB/T 14733.10—2008）以及有关资料，在天线尺寸 D 大于波长 λ 的情况下，通常取距离天线的距离 $2D^2/\lambda$ 处为近场和远场的划分距离。本标准关注的雷达的工作频率大部分都在 1000MHz 至 10GHz 范围内，即波长为 0.03m~0.3m，而雷达天线尺寸一般为 2m~5m，可知雷达天线近场和远场划分距离大致在数十米至一千余米。以典型的某 S 波段气象雷达为例，发射频率在 2700MHz~2900MHz，相应波长约为 0.11m，雷达天线的直径为 8.5m，求得近场和远场划分距离约 1300m。以典型的某海事雷达为例，工作频率位于 9.2GHz~9.5GHz 之间，相应波长约为 0.032m，取天线边长 2.4m，求得近场和远场划分距离约 360m。按照《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）的规定，一般电磁设施评价范围为 500m~1000m，因此实际评价范围内会有一部分监测点处于雷达天线的近场区内，需同时限制电场强度和磁场强度。

为此，编制组就雷达电磁辐射监测因子与指标以及相应的监测技术问题进行了国内外调研。

在国家军用标准《电磁辐射暴露限值和测量方法》（GJB 5313A—2017），暴露限值章节中，方法对 100kHz 以上的电磁辐射暴露限值做了相关规定。虽然在表 5 生活区短时间暴露的平均暴露限值中规定了电场强度、磁感应强度和等效平面波功率密度的指标，但在表 6 生活区日平均暴露限值中仅规定了电场强度和等效平面波功率密度的指标。而且在测量程序中，对于频率为 100kHz 以上的电磁辐射测参数，仅要求读取（平均或峰值的）电场强度和等效平

面波功率密度，对磁感应强度不作要求。

在电气与电子工程师协会（IEEE）国际电磁安全委员会于 2021 年批准的《电气与电子工程师协会关于人体暴露于 0 Hz 至 300 GHz 电场、磁场和电磁场的测量和计算的推荐方法》（IEEE C95.1—2019）的附录 F.6.雷达设施中，主要介绍了对测量脉冲雷达场的功率密度的方法，也未考虑磁场强度或磁感应强度。

在意大利电工委员会（CEI）于 2016 年出版的《关于人体暴露在 10 kHz-300 GHz 频率范围内电磁场的测量和评估指南》的附录 B：测量和评估雷达系统产生的电磁场（CEI 211-7 B 2016）中，在测量与计算由雷达产生电磁场时均采用电场值（方均根值或峰值），也未考虑磁场强度或磁感应强度。

同时，编制组同时就雷达天线近场区磁场强度监测问题调研咨询多家环境监测单位和国内外主流监测仪器厂商，均认为由于监测技术条件的限制，目前国内外还缺乏能够对 1GHz 以上频段电磁波磁场强度的方均根值和瞬时峰值进行测量的监测仪器。且在已颁布实施的《环境影响评价技术导则 卫星地球上行站》编制说明中，也认为目前在技术上难以实现对发射天线近场区磁场强度的监测。

2020 年，编制组开展《雷达设施电磁辐射环境监测方法研究》，针对上述问题邀请国内高校学者进行专家咨询。结果表明，受目前技术发展的限制，无法有效实现雷达近场区磁场强度的监测及模式计算方法。编制组就此问题撰写了《雷达设施电磁辐射环境监测方法研究》报告，并报送了生态环境部辐射源安全监管司。

5.6.4 监测布点

监测时，应根据不同的监测目的，开展相应的监测布点。例如，监测目的为掌握雷达辐射照射对周围公众环境的影响情况，按照“电磁辐射环境敏感目标监测”布点方式进行监测布点。如监测目的为雷达周围场强分布情况，则按照“断面监测”布点方式进行监测布点。

（1）监测范围

参考《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）的规定：雷达发射机峰值功率 $>100\text{kW}$ 时，其半径为 1km，雷达发射机峰值功率 $\leq 100\text{kW}$ 时，其半径为 0.5km。如果预估的辐射场强最大处大于上述范围，则应监测到最大场强处和满足评价标准限值处中两者范围较大处。

（2）电磁辐射环境敏感目标监测

通过对电磁辐射环境敏感目标，可以掌握雷达对周围公众环境影响情况。

明确电磁环境敏感目标布点位置，室外监测时，点位优先布设在公众日常生活或工作距离天线最近处，不宜布设在需借助工具（如梯子）或采取特殊方式（如攀爬）到达的位置；室内监测时，点位优先布设在朝向天线的窗口（阳台）位置，探头（天线）应在窗框（阳台）界面以内，也可选取房间中央位置。探头（天线）与家用电器等设备之间距离不少于 1 m。

由于雷达的探测特点，采用不同的架设方式，雷达天线一般架设在具有一定高度的天线塔上。因此，电磁辐射环境敏感目标为多层（高层）建筑物时，监测点位应考虑在建筑面向雷达侧的不同楼层进行布设，且优先选择可能受雷达环境影响相对较大的楼层。

（3）断面监测

通过对断面监测，可掌握雷达周围环境场强分布情况。

采用电扫描方式的雷达：电扫描方式的雷达，采用电控的方法快速改变天线波束指向的扫描方式，类似于定向天线，主要场强分布于天线主瓣方向，旁瓣方向场强次之，背瓣方向场强最小。场强断面监测监测点位布设以天线地面投影几何中心点为起点，沿建设单位或天线设计单位给定的天线波束指向进行，直至监测范围。监测点间距一般为 50m 或者 100m，也可根据需要缩短间距，当评价范围大于 500m 时，可适当增大间距，并确定监测范围。

采用机械扫描方式的雷达：利用机械转动天线实现波束的扫描方式，类似于全向天线，通常场强随与天线距离增大逐渐减小。在以天线为圆心的扫描范围各方向上的电磁辐射环境影响基本没有区别，因此场强断面监测点位布设在以天线地面投影几何中心点为起点，在机械扫描范围内，根据运行条件选择某一方向，直至监测范围。监测点间距取 50m 或者 100m，也可根据需要缩短间距，当评价范围大于 500m 时，可适当增大间距，并确定监测范围。

监测点间距取 50m 或者 100m 已可以较好地反映整个断面的电磁场分布情况，在达标位置等重点关注点位附近可适当加密布点，以便确定具体位置。一般距离雷达 500m 后场强值已明显减小，可适当增大监测点间距。

此外，考虑到安全、可行等因素，在海面、湖面或航空管制区等特殊环境无法进行断面测量的，应在记录中说明。

5.6.5 监测高度

按照对射频电磁设施周围环境监测的一般要求，在实施对雷达的电磁辐射监测时，统一监测仪器探头（天线）距地面（或立足平面）1.7m。但根据不同监测目的，也可以选择其他监测高度，但应该在监测记录和报告中注明。

5.6.6 监测读数

为避免监测人员或其他人员身体对监测结果的影响，监测仪器探头（天线）与监测人员躯干之间距离应不少于 0.5m，并避免或尽量减少周边偶发的其他电磁辐射源的干扰，例如在测量过程中接听和拨打移动电话等情况。

根据 GB8702 的要求，在 0.1MHz~300GHz 频率范围内，公众曝露控制限值的场量参数是任意连续 6 分钟内的方均根值。对于脉冲电磁波，除满足上述要求外，其功率密度的瞬时峰值不得超过限值的 1000 倍，或场强的瞬时峰值不得超过限值的 32 倍。

因此，针对发射不同波形电磁波的雷达，需要测量相应的场量参数：

（1）对于发射连续波的雷达，要求每个测点监测时间不少于 6 分钟，读取监测仪器连续 6 分钟监测值的方均根值，同时为确保测量时间内获取足够的数量，还规定仪器的数据采集采样率不小于 1 次/秒。

（2）对于发射脉冲波的雷达，除测量连续 6 分钟的方均根值以外，还需读取每个监测点位在测量时段内的瞬时峰值。

（3）编制组在调研中还发现，例如气象雷达等部分雷达在运行时采用特定的工作方式，其运行周期往往大于 6 分钟，测量应覆盖其电磁辐射环境影响相对较大的时间段。因此，针对此种情况还规定了：当雷达特定工作方式的运行周期大于 6 分钟，则需要适当延长监测时间至整个运行周期，确认运行周期中雷达对周围环境最不利的场景。同时，读取在该场景条件下，监测仪器连续 6 分钟的方均根值。

5.7 数据处理

数据处理包括单位换算和场量合成。

本标准参考《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）给出了式（1），用于将测量仪器读出的场强值的单位为分贝（dB μ V/m）换算成以V/m为单位的场强。

本标准还给出了式（2），用于单轴天线测量时，对三个正交方向的场强分量进行场量合成。

5.8 记录

明确监测时应记录的信息及结果，要求保存必要的频谱分布图或原始记录凭证。

提出现场监测记录、监测报告内容与格式，具体参见本标准附录 A。

5.9 质量保证

为保证监测数据的代表性、准确性和可靠性，本标准针对监测机构、测量点位、监测仪

器、监测人员、环境条件、数据处理和文件存档等方面提出看原则性的质量保证要求。

6 与国内外同类标准或技术法规的水平对比和分析

6.1 与国内同类标准情况

(1) 《电磁环境控制限值》（GB 8702—2014）

本标准是执行《电磁环境控制限值》（GB 8702—2014）中关于环境中电场、磁场、电磁场场量参数应满足公众曝露控制限值要求的具体技术规范。在 0.1MHz~300GHz 频率范围内，对于连续电磁波，测量场量参数任意连续 6 分钟内的方均根值；对于脉冲电磁波，还测量其功率密度的瞬时峰值或场强的瞬时峰值。但限于目前的监测技术条件，对雷达天线近场区磁场强度（磁感应强度）的监测尚无法实施。

(2) 《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）

本标准是《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）在雷达电磁辐射监测领域的具体化技术规范，贯彻了 HJ/T 10.2 在电磁辐射测量仪器、电磁辐射污染源监测方法和一般环境电磁辐射测量方法的总体原则要求，在监测的技术路线上保持一致。针对雷达的特点，本标准在监测流程、监测工况、监测布点、监测度数等方面进行了细化，以更加有利于监测方法的统一和规范。

(3) 《电磁辐射暴露限值和测量方法》（GJB5313A—2017）和《系统电磁环境效应试验方法》（GJB8848—2016）

本标准与《电磁辐射暴露限值和测量方法》（GJB5313A—2017）在生活区的电磁辐射暴露监测内容有一定重合。在具体测量方法上，环境条件、参数了解、测量仪器、一般测量程序和测量指标等方面在总体要求上均保持一致。《系统电磁环境效应试验方法》（GJB8848—2016）虽然主要用于各种武器系统，但其中电磁辐射对人体危害的场强测量与评估方法，对本标准的编制也起到了参考作用。

6.2 与国外同类标准情况

(1) ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz TO 300 GHz)

国际非电离辐射防护委员会制定该导则，用于描述曝露在 100kHz-300GHz 频段范围内电磁场中的人体保护措施。该导则取代了 ICNIRP（1998）射频导则的 100 kHz 至 300 GHz 频段部分，以及 ICNIRP（2010）低频导则 100 kHz 至 10 MHz 频段部分。与我国电磁环境质量标准 GB 8702 相类似，用于衡量电磁环境质量，并保障公众电磁环境暴露安全。

(2) IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz (IEEE C95.1—2019)

电气与电子工程师协会制定该标准，给出了在 0 Hz 至 300 GHz 频率范围内暴露于电场、磁场和电磁场对人体健康造成的既定不利影响的保护安全限值。这些接触限值一般适用于受限环境中允许的人员和非受限环境中的一般公众。也与我国电磁环境质量标准 GB 8702 相类似，用于衡量电磁环境质量，并保障公众电磁环境暴露安全。

(3) IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields with Respect to Human Exposure to Such Fields, 0 Hz to 300 GHz (IEEE C95.3—2021)

电气与电子工程师协会制定该标准，该标准描述了在 0Hz 至 300GHz 频率范围内，人类暴露于电场和（或）磁场（统称电磁场）的相关度量的计算和测量方法的开发、验证和应用的最佳实践。该标准取代了 IEEE 标准 C95.3™—2002 和 IEEE 标准 C95.3.1™—2010。

该标准的附件 F（资料性）案例示例中，F.6.雷达设施专门针对脉冲雷达系统的特点，考虑脉冲电磁波的占空系数和雷达运行的天线旋转占空因数，要求测量功率密度或等效电场强度的方均根值和瞬时峰值，与本标准的总体思路和要求一致。

(4) Guide for the measurement and the evaluation of electromagnetic fields in the frequency range 10 kHz - 300 GHz, with reference to the human exposure Appendix B: Measurements and evaluation of the electromagnetic fields generated by radar systems

意大利电工委员会制定该标准，该标准用于指导人体暴露在 10 kHz-300 GHz 频率范围内电磁场的测量和评估，其中附录 B 为测量和评估雷达系统产生的电磁场。该标准从雷达基本概念和术语、雷达方程、典型特性、测量程序、宽带和窄带测量的比较以及测量示例等方面，详细的介绍了雷达系统产生的电磁场测量和评估。与本标准的总体思路和要求一致。

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

实施本标准是对雷达进行环境监测管理的依据，具有重要的环境和社会效益，可为雷达的环境监测、管理和公众宣传提供技术支撑。

7.2 技术措施

本标准适用于雷达电磁辐射监测。相关行业单位、科研院所应及时跟踪本行业环境保护标准的国内外发展动向，跟踪最新的研究方法和研究成果。

7.3 实施方案建议

建议本标准自发布之日起三个月后实施。

8 其他附件：试验监测

8.1 某天气雷达

(1) 基本情况

雷达基本信息			
雷达名称	某天气雷达	建设地点	浙江省杭州市
功能用途	气象探测	天线类型	抛物面天线
发射功率 (kW)	650	发射频率 (Hz)	2.7GHz - 3GHz
天线增益 (dB)	44	架设高度 (m)	90
扫描方式	<input type="checkbox"/> 电扫描 <input checked="" type="checkbox"/> 机械扫描	信号波形	<input type="checkbox"/> 连续波 <input checked="" type="checkbox"/> 脉冲波
其它参数信息	方位角扫描范围：0~360°；仰角扫描范围：-2°~90° 脉冲宽度：1.57μs（窄脉冲）；4.7μs（宽脉冲） 重复频率：300~1300Hz（窄脉冲）；300~450Hz（宽脉冲）		
监测条件信息			
监测时间	2022年4月21日 14 : 00 ~ 17 : 00		
天气状况	晴		
环境温度	16~23 °C		
相对湿度	53~60%		
雷达现场照片和电磁辐射监测点位示意图			

(2) 监测结果

监测结果							
序号	监测点位名称	与天线距离(m)		监测频率(GHz)	测量时间(min)	电场强度方均根值(单位: V/m)	电场强度瞬时峰值(单位: V/m)
		垂直	水平				
1	气象雷达塔楼上	5	2	2.73	6分钟	0.889	104.5
2	某写字楼26楼南侧窗口	0	1100	2.73	6分钟	0.082	1.088

原始记录凭证	
<p>电池: 21.04.22 15:16:05 GPS: 30°18'24.4"N 122°24'49.2"E 天线: 3AX 0.4-6G 服务表: China Over. GB8702 GP 标准: ---</p> <p>峰值: 44.72 V/m 最大: 104.5 V/m</p> <p>RMS: 0.889 V/m 最大: 1.034 V/m</p> <p>全向 电平记录器 Fcent: 2.73 GHz 量程: 200 V/m RBW: 32 MHz 噪声抑制: 关闭 测量次数: 2 062 VBW: 关闭 平均值: 6 min</p>	<p>电池: 21.04.22 15:35:49 GPS: 30°13'48.8"N 132°24'49.2"E 天线: 3AX 0.4-6G 服务表: China Over. GB8702 GP 标准: ---</p> <p>峰值: 1.002 V/m 最大: 1.088 V/m</p> <p>RMS: 82.2 mV/m 最大: 123.7 mV/m</p> <p>全向 电平记录器 Fcent: 2.73 GHz 量程: 200 V/m RBW: 32 MHz 噪声抑制: 关闭 测量次数: 2 062 VBW: 关闭 平均值: 6 min</p>

说明: 电场强度方均根值采用6分钟RMS值读数; 电场强度瞬时峰值采用最大峰值读数。点位1位于雷达塔楼上, 非环境敏感目标处。



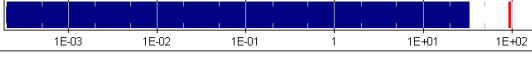

8.2 某机场气象雷达

(1) 基本情况

雷达基本信息			
雷达名称	某机场气象雷达	建设地点	某机场内
功能用途	气象探测	天线类型	抛物面
发射功率 (kW)	250	发射频率 (Hz)	5.42GHz
天线增益 (dB)	43	架设高度 (m)	32m
扫描方式	<input type="checkbox"/> 电扫描 <input checked="" type="checkbox"/> 机械扫描	信号波形	<input type="checkbox"/> 连续波 <input checked="" type="checkbox"/> 脉冲波
其它参数信息	PPI 0~360°连续扫描, 仰角-2~90°; RHI 0~30°往返扫描 波束宽度: $\leq 1^\circ$ 脉冲宽度: 1~2 μ s 重复频率: 250~1300 Hz (1 μ s); 250~1000 Hz (2 μ s) -		
监测条件信息			
监测时间	2022年5月31日 14:00 ~ 17:30		
天气状况	晴		
环境温度	23~27 °C		
相对湿度	53~66 %		
雷达现场照片和电磁辐射监测点位示意图			
			

(2) 监测结果

监测结果							
序号	监测点位名称	与天线距离(m)		监测频率(GHz)	测量时间(min)	电场强度方均根值(单位: V/m)	电场强度瞬时峰值(单位: V/m)
		垂直	水平				
1	机场气象雷达北侧地面	32	35	5.41	6分钟	1.642	16.09
2	机场气象雷达东南侧地面	32	155	5.41	6分钟	1.699	93.44

原始记录凭证			
<p>电池: 31.05.22 14:59:38 GPS: 30°13'48.1" N 120°24'43.5" E 天线: 3AX 0.4-6G 服务表: China Over GB8702 GP</p> <p>峰值: 10.18 V/m 最大: 16.09 V/m</p>  <p>RMS: 1.642 V/m 最大: 1.647 V/m</p>  <p>全向 索引: 18.1 • MAN • 日期: 31.05.22 14:59:39</p> <p>Fcent: 5.41 GHz 重新调用 量程: 200 V/m RBW: 32 MHz 噪声抑制: 关闭 测量次数: 61 VBW: 关闭 平均值: 6 min</p>	<p>电池: 31.05.22 15:14:02 GPS: 30°13'48.8" N 120°24'49.2" E 天线: 3AX 0.4-6G 服务表: China Over GB8702 GP</p> <p>峰值: 32.61 V/m 最大: 93.44 V/m</p>  <p>RMS: 1.699 V/m 最大: 1.891 V/m</p>  <p>全向 电平记录器</p> <p>Fcent: 5.41 GHz 量程: 200 V/m RBW: 32 MHz 噪声抑制: 关闭 测量次数: 2062 VBW: 关闭 平均值: 6 min</p>		

说明: 电场强度方均根值采用 6 分钟 RMS 值读数; 电场强度瞬时峰值采用最大峰值读数。





8.3 某机场空中交通管制雷达（一次雷达）

(1) 基本情况

雷达基本信息			
雷达名称	某机场空中交通管制雷达（一次雷达）	建设地点	浙江省杭州市
功能用途	气象探测	天线类型	抛物面
发射功率（kW）	250	发射频率（Hz）	1.30GHz/2.85GHz
天线增益（dB）	43	架设高度（m）	32m
扫描方式	<input type="checkbox"/> 电扫描 <input checked="" type="checkbox"/> 机械扫描	信号波形	<input type="checkbox"/> 连续波 <input checked="" type="checkbox"/> 脉冲波
其它参数信息	脉冲宽度：1 μ s（短脉冲）；75 μ s（长脉冲） 重复频率：9200~9300Hz（短脉冲）；1100~1200Hz（长脉冲）		
监测条件信息			
监测时间	2022年5月31日 14:00 ~ 17:30		
天气状况	晴		
环境温度	23~27℃		
相对湿度	53~66%		
雷达现场照片和电磁辐射监测点位示意图			


(2) 监测结果

监测结果							
序号	监测点位名称	与天线距离(m)		监测频率(GHz)	测量时间(min)	电场强度方均根值(单位: V/m)	电场强度瞬时峰值(单位: V/m)
		垂直	水平				
1	一次监控雷达东侧空地	32	162	1.30	6分钟	0.853	3.528
				2.85	6分钟	0.805	3.184



原始记录凭证	
<p>电池: 31.05.22 18:18:42 GPS: 30°14'37.5" N 天线: 120°26'51.7" E 线缆: 3AX 0.4-6G 服务表: --- 标准: China Over: GB8702 GP</p> <p>峰值: 3.266 V/m 最大: 3.528 V/m</p>  <p>RMS: 852.8 mV/m 最大: 852.9 mV/m</p>  <p>全向 索引: 29.1 • MAN • 日期: 31.05.22 16:16:43 Fcent: 1.3 GHz 重新调用 量程: 200 V/m RBW: 32 MHz 噪声抑制: 关闭 测量次数: 79 VBW: 关闭 平均值: 6 min</p>	<p>电池: 31.05.22 16:18:49 GPS: 30°14'37.5" N 天线: 120°26'51.7" E 线缆: 3AX 0.4-6G 服务表: --- 标准: China Over: GB8702 GP</p> <p>峰值: 3.159 V/m 最大: 3.184 V/m</p>  <p>RMS: 804.8 mV/m 最大: 805.1 mV/m</p>  <p>全向 索引: 32.1 • MAN • 日期: 31.05.22 16:18:49 Fcent: 2.85 GHz 重新调用 量程: 200 V/m RBW: 32 MHz 噪声抑制: 关闭 测量次数: 25 VBW: 关闭 平均值: 6 min</p>
<p>说明: 电场强度方均根值采用 6 分钟 的 RMS 值读数; 电场强度瞬时峰值采用最大峰值读数。</p>	

8.4 某机场空中交通管制雷达（二次雷达）

(1) 基本情况

雷达基本信息			
雷达名称	某机场空中交通管制雷达（二次雷达）	建设地点	浙江省杭州市
功能用途	空中交通管制	天线类型	垂直孔径天线
发射功率（kW）	2.1	发射频率（Hz）	1.03GHz
天线增益（dB）	27	架设高度（m）	35m
扫描方式	<input type="checkbox"/> 电扫描 <input checked="" type="checkbox"/> 机械扫描	信号波形	<input type="checkbox"/> 连续波 <input checked="" type="checkbox"/> 脉冲波
其它参数信息	脉冲宽度：0.8μs 重复频率：290~300Hz		
监测条件信息			
监测时间	2022年5月31日 14:00 ~ 17:30		
天气状况	晴		
环境温度	23~27℃		
相对湿度	53~66%		
雷达现场照片和电磁辐射监测点位示意图			
			

(2) 监测结果

监测结果							
序号	监测点位名称	与天线距离(m)		监测频率(GHz)	测量时间(min)	电场强度方均根值(单位: V/m)	电场强度瞬时峰值(单位: V/m)
		垂直	水平				
1	二次监控雷达东侧道路	35	83	1.03	6分钟	0.802	3.130
原始记录凭证							
<div style="font-size: small;"> 电池: 31.05.22 15:49:24 GPS: 30°13'45.5" N 120°26'32.5" E 天线: 3AX 0.4-6 服务表: China Over. GB8702 GP 标准: --- </div> <div style="margin-top: 10px;"> 峰值: 3.001 V/m 最大: 3.130 V/m  </div> <div style="margin-top: 10px;"> RMS: 801.7 mV/m 最大: 801.8 mV/m  </div> <div style="margin-top: 10px; font-size: x-small;"> 全向 索引: 25,1 • MAN • 日期: 31.05.22 15:49:24 Fcent: 1.03 GHz 重新调用 量程: 200 V/m REW: 32 MHz 噪声抑制: 关闭 测量次数: 20 VBW: 关闭 平均值: 6 min </div>							
说明: 电场强度方均根值采用 6 分钟 RMS 值读数; 电场强度瞬时峰值采用最大峰值读数。							