

T/ZASDI

团 体 标 准

T/ZASDI 0001—2025

用频系统电磁兼容及防护数字样机建模与 封装要求

Modeling and Packaging Requirements for Electromagnetic Compatibility and
Protection of Frequency-using System Digital Mock-up

2025 - 04 - 11 发布

2025 - 05 - 01 实施

目 次

前 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 概述 2

5 技术要求 3

 5.1 基于电磁参数的数字样机封装 3

 5.2 基于仿真模型的数字样机封装 6

 5.3 基于测试数据的数字样机封装 8

附 录 A （资料性）示例 12

附 录 B 附表 16

全国团体标准信息平台

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村科创智慧军工产业技术创新战略联盟归口。

本文件起草单位：北京航空航天大学、中关村科创智慧军工产业技术创新战略联盟、中国航天科技集团有限公司第一研究院第一设计部、中国航天科技集团第一研究院战术武器总体技术部、中国航天科工集团第三总体设计部、中国航空工业集团公司沈阳飞机设计研究所、中国舰船研究设计中心、中国船舶集团系统工程院、中国兵器工业集团第二〇一研究所、中国电子科技集团有限公司电子科学研究所、东南大学。

本文件主要起草人：李尧尧、孟有为、肖厚普、苏东林、张涛、姜铁华、吕长春、吴为军、曾宪亮、栗伟珉、杨武、孙红、李博，何暖、贺琨、李姗、吴上、王颖、熊瑛、张莹、丛源涛、刘姜玲、兰春艳、周春燕、李小健、赵越、刘建洋、宋焦焦、孟微微、王亚菊、刘微、刘朝阳、夏博翱、龚籽钰。

全国团体标准信息平台

用频系统电磁兼容及防护数字样机建模与封装要求

1 范围

本文件规定了用频系统电磁兼容及防护数字样机建模与封装的术语、定义、类型、建模及封装方法等内容。

本文件适用于总体单位根据成品单位提供的用频系统数据构建相应电磁兼容数字样机模型,以获取用频系统电磁发射、电磁敏感和电磁易损性特性。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GJB 72A-2002 电磁干扰和电磁兼容性术语

GJB 151B-2013 军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求与测量

GB/T 40134-2021 航天系统电磁兼容性要求

GJB 1389B-2022 系统电磁环境效应要求

GJB 8892.15-2017 武器装备论证通用要求 第15部分:电磁环境适应性

GJB/Z 170.14-2013 军工产品设计定型文件编制指南 第14部分:电磁兼容性评估报告

3 术语和定义

GJB 72A-2002、GJB 151B-2013、GB/T 40134-2021、GJB 1389B-2022、GJB 8892.15-2017、GJB/Z 170.14-2013界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数字样机 英文名称 **Digital Mock-up**

通过获取成品单位提供的局部参数,按照数据类型构建用频系统对应的数据库,供总体单位获得用频系统电磁发射、电磁敏感和电磁易损性整体特性。使用软件化的数字样机建模来代替真实的物理样机,可用于破解不同单位间数据难以共享、数据规范不统一而影响系统整体电磁兼容及防护设计的难题。

3.2

电磁干扰 英文名称 **Electromagnetic Interference**

任何可能引起不希望有的或不能接受的响应、故障、性能降级,以及被过早定位、检测、发现的电子现象,电子信号或电磁泄露(包括人为的和自然的)均被称为电磁干扰。

3.3

电磁发射 英文名称 **Electromagnetic Emission**

以辐射及传导的形式从源传播出去的电磁能量。

3.4

电磁敏感 英文名称 **Electromagnetic Susceptibility**

设备、器件或系统因电磁干扰可能导致工作性能降级的特性。

3.5

电磁易损 英文名称 **Electromagnetic Vulnerability**

导致系统产生性能下降、严重故障或受到安全威胁等的电磁敏感性。

3.6

电磁防护 英文名称 **Electromagnetic Protection**

保护人员、系统的各种措施，以避免因有意或无意使用电磁频谱而降低、抑制、破坏系统性能。

3.7

基于电磁参数的数字样机 英文名称 **Electromagnetic Parameter-Based Digital Mock-up**

通过对雷达、通信、导航、控制等用频系统的重要电磁参数进行理论公式化封装，获得用频系统电磁发射、电磁敏感和电磁易损性数字样机。

3.8

基于仿真模型的数字样机 英文名称 **Simulation Model-Based Digital Mock-up**

用频系统研发部门采用仿真工具进行用频系统仿真设计，包括雷达、通信、导航、控制等用频系统电磁场仿真模型、电路仿真模型以及多物理场仿真模型，并利用协同仿真技术封装，获得用频系统电磁发射、电磁敏感和电磁易损性数字样机。

3.9

基于测试数据的数字样机 英文名称 **Test Data-Based Digital Mock-up**

通过GJB 151B-2013等标准对雷达、通信、导航、控制等用频系统的传导敏感、传导发射、辐射发射、辐射敏感等电磁相关的重要测试数据进行拟合封装，获得用频系统电磁发射、电磁敏感和电磁易损性数字样机。

4 概述

用频系统电磁兼容及防护数字样机建模与封装一般包括：

- a) 基于电磁参数的数字样机封装；
- b) 基于仿真模型的数字样机封装；
- c) 基于测试数据的数字样机封装。

用频系统电磁兼容及防护数字样机建模与封装框架如图1所示，ST表示数据类型的优先级。

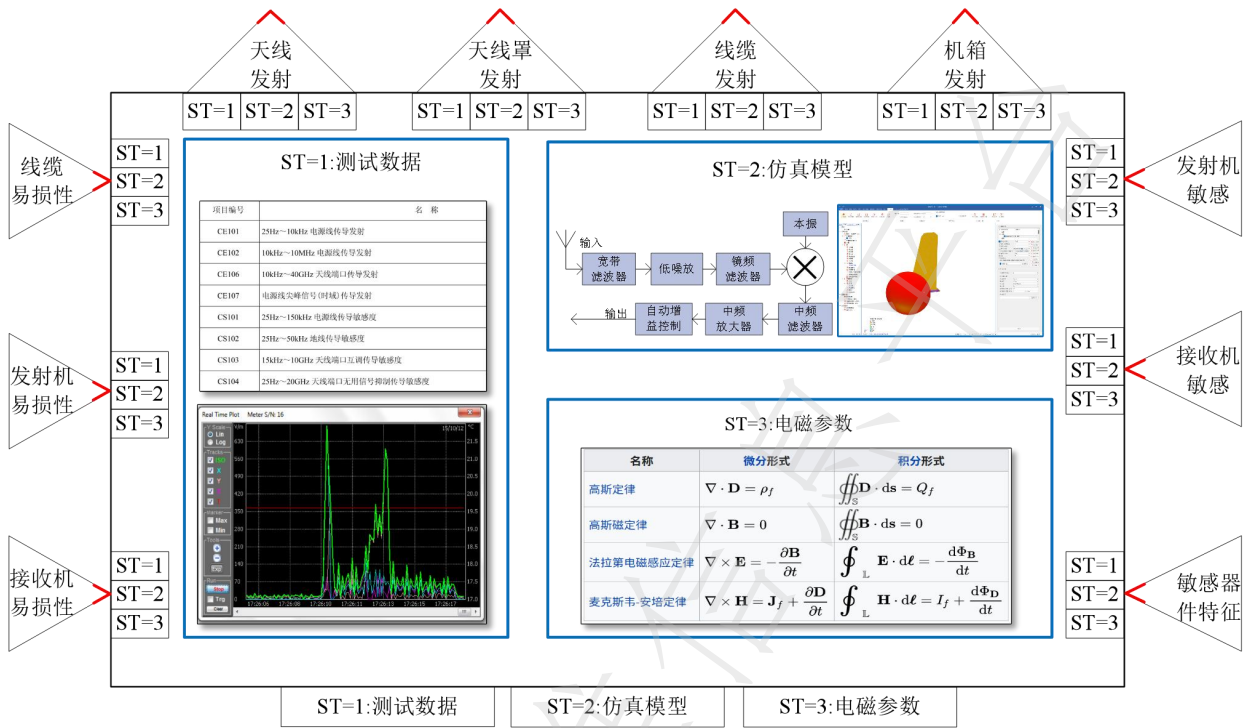


图 1 用频系统电磁兼容及防护数字样机封装框架

利用用频系统的测试数据，不考虑内部结构和特性的情况下，在系统端口进行测试，根据测试数据建立数字样机模型；其次通过仿真模型可以提取用频系统的电磁兼容及防护特性以建立数字样机模型；还可以通过用频系统的电磁参数建立理论公式化的数字样机模型。最终供总体单位获得用频系统电磁发射、电磁敏感和电磁易损性特性。

5 技术要求

5.1 基于电磁参数的数字样机封装

电磁参数是表征用频系统的电磁性能所需要的参数。电磁参数代入电磁理论公式，可表征设备的发射特性、接收敏感性、敏感器件易损性等电磁性能。电磁参数分为用频、用电和结构三类参数。用频参数是反应数字样机的频率相关特性的参数，用电参数是反应数字样机中设备的电源特性的参数，结构参数是反应数字样机中的设备的必要物理性质的参数。

5.1.1 输入条件

5.1.1.1 电磁发射数字样机

- a) 天线电特性参数，详见附录 B 表 B. 1，具体安排如下：
 - 1) 必要参数：天线类型、天线收发属性、天线工作频段、天线主波束增益、天线第一副瓣增益、方向图方位面 3dB 波瓣宽度、方向图俯仰面 3dB 波瓣宽度、天线极化；
 - 2) 可选参数：天线第二副瓣增益、天线波束扫描方式、方位面扫描范围、俯仰面扫描范围、天线扫描速度等电特性参数。
- b) 天线罩特性参数，详见附录 B 表 B. 2，具体安排如下：
 - 1) 必要参数：天线罩工作频段、典型入射角度的透射系数、典型入射角度的插入损耗；
 - 2) 可选参数：次要典型入射角度的透射系数、次要典型入射角度的插入损耗等。

- c) 线缆特性参数，详见附录 B 表 B. 3，具体安排如下：
 - 1) 必要参数：线缆类型、单位长度线缆损耗；
 - 2) 可选参数：线缆工作频段、线缆电磁屏蔽效能。
- d) 发射机参数，详见附录 B 表 B. 4，具体安排如下：
 - 1) 必要参数：工作频段、发射机信号 3dB 带宽、峰值功率、带外抑制、谐波抑制、杂波抑制等；
 - 2) 可选参数：发射机类型、发射频、发射机信号带、平均功率、发射功率是否可调、谐波抑制度、带外杂散抑制度、发射馈线损耗、脉冲宽度、脉冲重复频率、码元宽度、调制样式等。
- e) 机柜特性参数，详见附录 B 表 B. 5，具体安排如下：
 - 1) 可选参数：机柜不同频段、不同照射方向的电磁屏蔽效能等；
 - 2) 可选参数：机柜物理尺寸、机柜材料等。

5.1.1.2 电磁敏感数字样机

- 天线、天线罩、线缆和机柜的输入条件见5.1.1。
- 接收机参数，详见附录B表B. 6，具体安排如下：
- a) 必要参数：接收增益、接收频段、接收机射频 3dB 带宽、接收机中频频率、接收机中频带宽、灵敏度电平；
 - b) 可选参数：接收机噪声系数、接收机射频带宽、本振频率、饱和电平、抗烧毁电平、干扰判据等。

5.1.1.3 电磁易损性数字样机

- 敏感器件一般包括接收机射频前端的限幅器、低噪声放大器等。
- 接收机敏感器件易损性参数（详见附录B表B. 7），具体要求如下：
- a) 必要参数：击穿电压、击穿电流；
 - b) 可选参数：半导体材料熔点温度、半导体键合线熔断温度等；
 - c) 可选输入条件：该部分作为敏感器件损毁的外部条件。雷电时域波形表达式、静电放电瞬时电压或电流值、高功率微波能量值、高辐射场辐射量值、核电磁脉冲场强值等。

5.1.2 模型封装方法

5.1.2.1 电磁发射数字样机封装

用频系统电磁发射数字样机的构建主要包括发射信号及频谱特性模型化封装、线缆模型化封装、天线模型化封装和天线罩模型化封装。

根据发射机参数输入条件，构建发射机参数模型，当有特殊构建要求时，构建参数相应增加（格式见表1）。

表 1 发射机参数模型

序号	发射机参数模型						
	必要参数（用频）			可选参数（用频）			必要参数（用电）
	工作频段	3dB 带宽	••	调制方式	20dB 带宽	•••	供电电源功率

根据线缆参数输入条件，构建线缆参数模型（格式见表2）。

表 2 线缆参数模型

序号	线缆参数模型						
	必要参数（用频）		可选参数（用频）			必要参数（结构）	
	单位长度线缆损耗		工作频段	屏蔽效能	...	线缆长度	线缆横截面积

根据天线参数输入条件，构建天线参数模型（格式见表3）。

天线的必要参数可以确定天线的辐射性质，但部分天线的辐射特性较为复杂，这需要可选参数的介入，因此天线的输入参数需要根据具体需求进行扩充。

表 3 天线参数模型

序号	天线参数模型								
	必要参数						可选参数		
	工作频段	增益	方位面 3dB 波瓣宽度	俯仰面 3dB 波瓣宽度	典型副瓣增益	天线极化	波束扫描方式	波束扫描速度	...

根据天线罩参数输入条件，构建天线罩参数模型（格式见表4）。

表 4 天线罩参数模型

序号	天线罩参数模型						
	必要参数（用频）				必要参数（结构）		可选参数（结构）
	工作频段	典型入射角度的透射系数	典型入射角度的插入损耗		天线罩物理尺寸		天线罩材料

根据机柜参数输入条件，构建机柜参数模型（格式见表5）。

表 5 机柜参数模型

序号	机柜参数模型				
	必要参数（用频）			可选参数（结构）	
	典型频点屏蔽效能			机柜物理尺寸	机柜材料

5.1.2.2 电磁敏感数字样机封装

用频系统电磁敏感数字样机的构建主要包括天线罩模型化封装、天线模型化封装、线缆模型化封装、滤波及接收灵敏度模型化封装。

根据接收机参数输入条件，构建接收机参数模型，当有特殊构建要求时，构建参数相应增加（格式见表6）。

表 6 接收机参数模型

序号	接收机参数模型								
	必要参数（用频）					可选参数（用频）			必要参数（用电）
	接收频段	接收增益	射频 3dB 带宽	中频频率	灵敏度电平	噪声系数	20dB 带宽	...	供电电源功率

5.1.2.3 电磁易损性数字样机封装

用频系统接收机敏感器件易损性参数模型，主要创建用频系统接收机射频前端的限幅器、低噪声放大器等敏感器件易损性参数模型。

根据接收机敏感器件的易损性参数输入条件，构建敏感器件易损性参数模型，当有特殊场景下易损性构建要求时，构建参数相应增加（格式见表7）。

表 7 接收机敏感器件易损性参数模型

序号	接收机敏感器件易损性参数模型						
	敏感器件名称	必要参数（用频）		可选参数（用电）		外部环境	
		击穿电压	击穿电流	半导体材料 熔点温度	...	外部环境 名称	环境参数 （辐射能量值等）

5.2 基于仿真模型的数字样机封装

基于仿真模型的用频系统数字样机，是通过对雷达、通信、导航、控制等用频系统电磁场仿真模型、电路仿真模型、以及多物理场仿真模型，并利用场路仿真技术封装，获得用频系统电磁发射、电磁敏感和电磁易损性数字样机。

5.2.1 输入条件

在电磁仿真软件中建立对应用频系统结构模型：

- a) 对于具有三维数字化模型的用频系统结构，根据仿真对象选择相关的用频系统结构，经专业模型前处理简化后通过电磁仿真软件导入；
- b) 对于不具有三维数字化模型的用频系统结构，按照相关用频系统结构外形尺寸，在仿真软件中绘制相应的电磁仿真结构模型。

绘制模型时一般包括模型简化和模型修复等步骤：

- a) 模型简化，根据仿真效率和精度，对用频系统结构电磁仿真模型进行结构删减，简化过程应保证模型的有效性和准确性，一般遵循以下要求：
 - 1) 简化模型不应改变用频系统结构的基本几何特征；
 - 2) 简化模型应保证电磁波的传播路径不受严重破坏；
 - 3) 局部模型的简化程度应考虑天线的安装位置；
 - 4) 用频系统结构内部的设备模型根据任务特点和需求进行简化。
- b) 模型修复，根据简化过程引入的结构突变，对导入或者绘制的用频系统结构电磁仿真模型进行结构修补，修复过程一般遵循以下要求：
 - 1) 模型修复的重点在简化过程引入的孔缝，不应涉及与仿真需求相关的原始孔缝结构；
 - 2) 模型修复应做到模型连接体平滑过渡，不应产生阶梯效应或者毛刺结构；
 - 3) 材料设置。
- c) 根据用频系统结构的材料种类，设置结构模型的材料参数，一般分为两类：
 - 1) 金属结构，应设置电导率等；
 - 2) 介质结构，应设置相对介电常数、相对磁导率、电损耗角正切、磁损耗角等。

5.2.2 模型封装方法

5.2.2.1 电磁发射数字样机封装

基于场路仿真模型的用频系统电磁发射数字样机，需要依托电磁理论、电路理论等，构建场和路的物理控制方程，运用数值仿真方法，构建用频系统电磁发射数字样机，支持的仿真文件类型如表8所示。

表 8 可导入的模型文件

序号	导入模型类型	功能描述
1	3D CAD 模型	ACIS、CATIA、PARASOLID、SOLID WORK 模型文件
2	3D CAE 模型	NASTRAN、ADS MODEL、HFSS/AEDT、AWR、MICROSTRIPS 模型文件
3	3D general 模型	STEP、IGES、VDA-FS、STL、OBJ 模型文件
4	2D CAD 模型	DXF、GDSLL、GERBER 模型文件
5	2D CAE 模型	Cadence、CST layout、mentor graphics expedition、hyperlynx、PADS 模型文件

根据用频系统组成需要构建以下仿真模型。

a) 发射机行为级模型详见附录 B 表 B. 8)，发射机电路结构一般包括：

- 1) 直接变换式结构，将调制和上变频合二为一，在一个电路模块中实现；
- 2) 分步式结构，先将基带信号调制至中频，再将调制信号移至发射载波上。

不同层次的模型如下：

电路级模型，应该创建发射机电路的基本组成模块，其中必要的模块一般包括调制模块、本振模块、混频模块、功放模块，其对应参数也是必要的。

器件级模型，发射机电路由电阻、电容、电感、二极管等元器件组成。

发射机电路模型文件格式为仿真软件对应的工程文件。

b) 线缆仿真模型（详见附录 B 表 B. 9）

线缆仿真模型应按普通非屏蔽线、单层屏蔽线、双层屏蔽线、双绞线、单层屏蔽双绞线、双层屏蔽双绞线等类别，并根据各类线缆的敷设图，创建线缆的电磁模型，以及说明创建线缆仿真模型的软件和版本号。线缆在电磁仿真模型中以损耗系数的形式表示。

c) 天线电磁模型（详见附录 B 表 B. 10）

天线电磁模型应创建三维几何模型或三维电磁仿真模型。

- 1) 对于三维几何模型，应创建发射/接收天线各个组成部分的三维几何模型，模型文件格式为 iges、stp、x_t 等；
 - 2) 对于三维电磁仿真模型，应创建发射/接收天线各个组成部分的三维模型、各部分的材料特性以及加载元器件，并说明创建三维电磁仿真模型的软件和版本号。
- d) 天线罩电磁模型（详见附录 B 表 B. 11）天线罩电磁模型应创建三维几何模型或三维电磁仿真模型。

- 1) 对于三维几何模型，应创建天线罩各个组成部分的三维几何模型，模型文件格式为 iges、stp、x_t 等；
- 2) 对于三维电磁仿真模型，应创建天线罩各个组成部分的三维模型、各部分的材料特性以及加载元器件，并说明创建三维电磁仿真模型的软件和版本号。

e) 机柜电磁模型（详见附录 B 表 B. 12）

机柜的电磁模型应创建三维几何模型或三维电磁仿真模型

- 1) 对于三维几何模型，应创建机柜的各个组成部分的三维几何模型，一般包括散热窗、孔缝等，模型文件格式为 iges，stp，x_t 等；
- 2) 对于三维电磁仿真模型，应创建机柜三维模型与材料特性，并说明创建三维电磁仿真模型的软件和版本号。

5.2.2.2 电磁敏感数字样机封装

基于场路仿真模型的用频系统电磁敏感数字样机，需要依托电磁理论、电路理论等，构建场和路的物理控制方程，运用数值仿真方法，构建用频系统电磁敏感数字样机。

接收机电路仿真模型为：（详见附录B表B.13）

- 1) 直接放大式结构，如零中频接收机，直接将射频信号进行解调输出；
- 2) 超外差结构，将射频信号下变频到中频，再进行解调，需要对镜频信号进行抑制。
- a) 不同层次的模型：
 - 1) 电路级模型，应该创建接收机电路的基本组成模块，其中必要的模块一般包括滤波模块、混频模块、解调模块、本振模块、功放模块，为了提高建模精度，可以补充自动增益控制模块，多级下变频和镜像频率抑制模块；
 - 2) 器件级模型，接收机电路由电阻、电容、电感、二极管等元器件组成；
 - 3) 电磁易损性数字样机封装。

用频系统接收机敏感器件的多物理场模型，应创建雷达、通信、导航等用频系统射频前端的限幅器PIN二极管和低噪声放大器晶体管的多物理场仿真模型，并说明创建接收机敏感器件多物理场模型的软件和版本号。三维几何模型文件格式：iges、stp、x_t等，电磁仿真模型文件格式：FEKO、HFSS、CST、SEMT仿真软件对应的文件格式（任一种均可），多物理场仿真模型文件格式：mph、mpltxt等Comsol文件（详见附录B表B.14）。

5.3 基于测试数据的数字样机封装

通过在标准实验室对一个系统或其中一部分的设备，用标准仪器设备去测试从而得到的数据。对被试设备进行试验，确定在一定环境条件下，设备相应的电磁敏感、电磁发射及电磁易损数据。

5.3.1 总则

本文件中电磁发射和敏感度项目用字母和数字的组合CE×××、CS×××、RE×××、RS×××表示，其中CE表示传导发射，CS表示传导敏感度，RE表示辐射发射，RS表示辐射敏感度，×××表示项目序号的三位阿拉伯数字。

5.3.2 输入条件

基于测试数据的用频系统数字样机封装输入条件一般包括：

- a) 天线测试数据、天线罩测试数据等；（详见附录B表B.15、详见附录B表B.16）
- b) 线缆测试数据：线缆屏蔽测试数据、单位长度电缆损耗测试数据等；（详见附录B表B.17）
- c) 用频系统发射特性测试数据参数：电源线传导发射测试数据、天线端口传导发射测试数据、电源线尖峰信号传导发射测试数据、磁场辐射发射测试数据、电场辐射发射测试数据、天线谐波和失真输出辐射发射测试数据；（详见附录B表B.18）
- d) 机柜测试数据参数；（详见附录B表B.19）
- e) 接收机电磁敏感特性测试数据参数：电源线传导敏感度测试数据、地线传导敏感度测试数据、天线端口互调传导敏感度测试数据、天线端口无用信号抑制传导敏感度测试数据、天线端口交调传导敏感度测试数据、电源线尖峰信号传导敏感度测试数据、电缆束注入传导敏感度测试数据、电缆束注入脉冲激励传导敏感度测试数据、电缆和电源线阻尼正弦瞬变传导敏感度测试数据、磁场辐射敏感度测试数据、电场辐射敏感度测试数据等；（详见附录B表B.20）
- f) 易损性测试数据参数：限幅器击穿电压、限幅器击穿电流、限幅器半导体材料熔点温度、限幅器半导体键合线熔断温度、低噪声放大器击穿电压、低噪声放大器击穿电流、低噪声放大器半导体材料熔点温度、低噪声放大器半导体键合线熔断温度等；（详见附录B表B.20）
- g) 测试环境参数：一般包括场所背景参数。（详见附录B表B.21）

5.3.3 模型封装方法

5.3.3.1 电磁发射数字样机封装

设备对外发射特性是多种单元发射特性的综合特性。为了能够从设备的外部特征获悉其内部发射特性，需在判断设备内部潜在干扰模块基础上对设备的发射特性进行测试，利用测试数据分解并提取各干扰模块的外部发射特性规律，建立设备各模块的行为级模型。

a) 发射/接收天线电特性测试数据模型

发射/接收天线测试数据模型，一般包括发射/接收天线工作频段内典型频点的E面、H面或三维方向图测试数据，方向图测试角度范围为 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ，角度步进间隔小于天线半功率波瓣宽度的一半；天线驻波比，测试频段应覆盖天线工作频段、边带以及不小于四次谐波对应的频段。

b) 天线罩电特性测试数据模型

天线罩电特性测试数据模型，一般包括天线罩工作频段内典型频点的透射系数和插入损耗测试数据，其中透射系数应给出 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 范围（ 0° 为天线罩法线方向），角度步进间隔不大于 1° ，透射系数的幅度和相位。

c) 线缆测试数据模型

线缆测试数据模型，创建单位长度线缆随频率变化的损耗曲线图或数据，以及线缆随频率变化的电磁屏蔽效能曲线图或数据。

d) 发射特性测试数据模型

雷达、通信、导航、控制等用频系统发射特性测试数据模型，包括传导发射和辐射发射测试数据模型。

1) 传导发射测试数据模型

电源线传导发射（CE101和CE102）测试数据模型，应创建用频系统正常工作状态下，电源线从25Hz~10KHz传导发射电流曲线测试图或测试数据；10KHz~10MHz传导发射电压曲线测试图或测试数据。

天线端口传导发射（CE106）测试数据模型，应创建用频系统正常工作状态下，用频系统天线端口从10KHz~40GHz（频率上限为40GHz或用频系统最高工作频率的20倍，取其较小者）发射的功率谱曲线测试图或测试数据。

电源线尖峰信号传导发射（CE107）测试数据模型，应创建用频系统手动或自动开关操作时，用频系统电源线上的时域电压波形测试图或测试数据。

2) 辐射发射测试数据模型

磁场辐射发射（RE101）测试数据模型，应创建用频系统正常工作状态下，用频系统从25Hz~100KHz频段内，辐射磁场曲线测试图或测试数据。

电场辐射发射（RE102）测试数据模型，应创建用频系统正常工作状态下，用频系统从10KHz~18GHz频段内，辐射电场水平极化和垂直极化分量曲线测试图或测试数据。

天线谐波和乱真输出辐射发射（RE103）测试数据模型，应创建用频系统正常工作状态下，用频系统天线从10KHz~40GHz（频率上限为40GHz或用频系统最高工作频率的20倍，取其较小者）辐射的功率谱曲线测试图或测试数据。

3) 机柜测试数据模型

机柜测试数据模型，创建不同频率，从不同方向照射机柜的电磁屏蔽效能曲线图或数据。

5.3.3.2 电磁敏感数字样机封装

基于测试数据的用频系统电磁敏感数字样机，利用测试数据进行封装，构建用频系统电磁发射数字样机。

a) 传导敏感度测试数据模型

- 1) 电源线传导敏感度 (CS101) 测试数据模型, 创建用频系统正常工作状态下, 提供按 GJB 151B-2013 规定的试验信号电平曲线图, 以及用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况; 若有, 则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
- 2) 地线传导敏感度 (CS102) 测试数据模型, 创建用频系统正常工作状态下, 提供按 GJB 151B-2013 规定, 在用频系统地线上注入 25Hz~50KHz、1V 的开路电压信号时, 用频系统是否出现任何故障、性能降低或超出产品规范中规定的指标允差情况; 若有, 则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
- 3) 天线端口互调传导敏感度 (CS103) 测试数据模型, 创建用频系统正常工作状态下, 提供按照订购方提供的限值, 用频系统是否存在超过规定允差的任何互调产物; 若存在, 则提供用频系统出现规定容限的互调产物的阈值。
- 4) 天线端口无用信号抑制传导敏感度 (CS104) 测试数据模型, 创建用频系统正常工作状态下, 提供按照订购方提供的限值, 用频系统是否存在超过规定允差的任何不希望有的响应; 若存在, 则提供用频系统出现不希望有响应的阈值。
- 5) 天线端口交调传导敏感度 (CS105) 测试数据模型, 创建用频系统正常工作状态下, 提供按照订购方提供的限值, 用频系统是否存在由于交调而出现超过规定允差的任何不希望有的响应; 若存在, 则提供用频系统出现不希望有响应的阈值。
- 6) 电源线尖峰信号传导敏感度 (CS106) 测试数据模型, 创建用频系统正常工作状态下, 提供按 GJB 151B-2013 规定的试验尖峰信号波形曲线图, 以及用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况; 若有, 则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
- 7) 壳体电流传导敏感度 (CS109) 测试数据模型, 创建用频系统正常工作状态下, 提供按 GJB 151B-2013 规定的注入电流测试信号曲线图, 以及用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况; 若有, 则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
- 8) 静电放电敏感度 (CS112) 测试数据模型, 创建用频系统正常工作状态下, 提供按 GJB 151B-2013 规定的施加电压数值, 以及用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况; 若有, 则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
- 9) 电缆束注入传导敏感度 (CS114) 测试数据模型, 创建用频系统正常工作状态下, 提供按 GJB 151B-2013 规定的注入探头输入测试信号曲线图, 以及用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况; 若有, 则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
- 10) 电缆束注入脉冲激励传导敏感度 (CS115) 测试数据模型, 创建用频系统正常工作状态下, 提供按 GJB 151B-2013 规定的注入探头输入测试信号曲线图, 以及用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况; 若有, 则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
- 11) 电缆和电源线阻尼正弦瞬变传导敏感度 (CS116) 测试数据模型, 创建用频系统正常工作状态下, 提供按 GJB 151B-2013 规定的注入探头输入测试信号曲线图, 以及用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况; 若有, 则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。

b) 辐射敏感度测试数据模型

1) 磁场辐射敏感度测试数据模型

磁场辐射敏感度 (RS101) 测试数据模型, 创建用频系统正常工作状态下, 提供按 GJB 151B-2013 规定的磁场辐照强度曲线图, 以及用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况; 若有, 则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。

2) 电场辐射敏感度测试数据模型

电场辐射敏感度（RS103）测试数据模型，创建用频系统正常工作状态下，提供按GJB 151B-2013规定的垂直和水平极化电场辐照强度曲线图，以及用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况；若有，则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。

- 3) 瞬态电磁场辐射敏感度（RS105）测试数据模型，创建用频系统正常工作状态下，提供按GJB 151B-2013规定的辐照信号波形和幅度曲线图，以及用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况；若有，则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。

c) 电磁易损性数字样机封装

- 1) 敏感器件一般包括接收机射频前端的限幅器、低噪声放大器等。接收机敏感器件易损性参数：击穿电压、击穿电流、半导体材料熔点温度、半导体键合线熔断温度等。

附录 A

(资料性)

示例

A.1 基于电磁参数的数字样机模型封装

利用电磁参数进行数字样机模型设计，按照模板输入天线的结构尺寸后保存，点击生成即可生成某雷达天线，见图 A.1

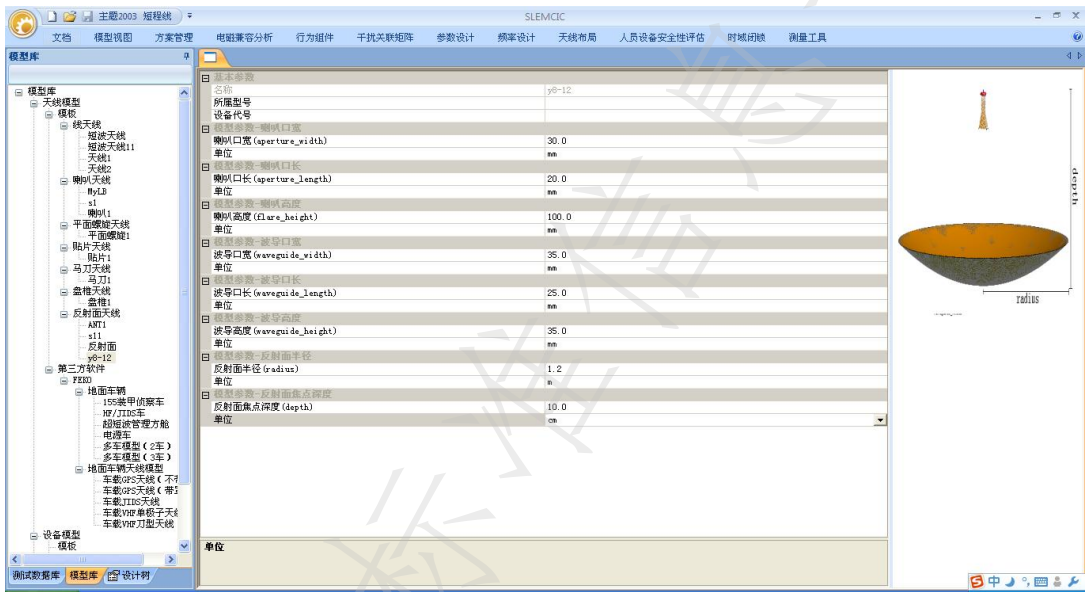


图 A.1 基于电磁参数构建某雷达天线数字样机

右键点击生成模型，即可生成该天线的模型，见图 A.2



图 A.2 基于电磁参数构建某雷达天线数字样机

进一步点击生成.out，可获得某雷达天线的方向图，如 9375MHz 的方向图如图 A.3，在天线工作主频上，增益满足要求，半功率波瓣宽度 E 面 7.7°，H 面 7.5°，在带宽范围内，驻波比保持在 1.8 以下。

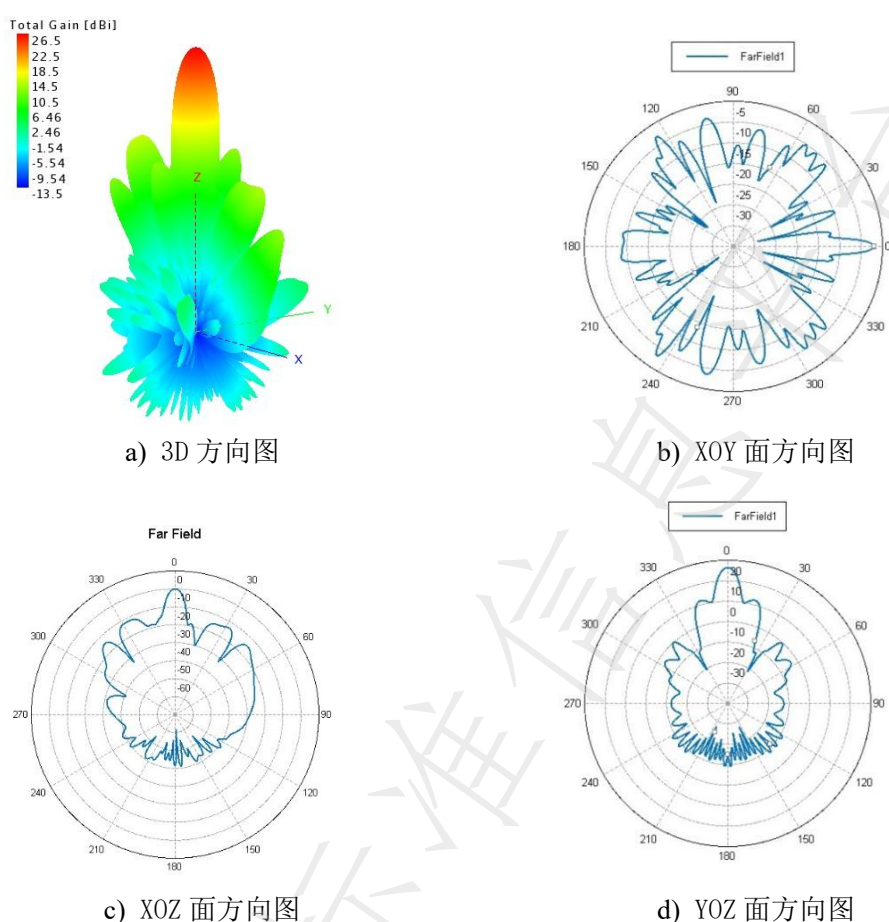


图 A.3 某雷达数字样机生成的雷达天线方向图

A.2 基于仿真模型的数字样机模型封装

根据表 8 可导入的模型文件可知，可导入 HFSS、ADS 等 3D CAE 模型文件。对于通信电台，通常是由多个复杂电路构成，一般包括电调衰减器、调谐滤波器、低噪放、镜频滤波器、自动增益控制模块。为了较为高效合理地对设备进行电磁发射谱研究，基于设备特性的行为级建模方法，对上述模块进行典型参数化赋值，根据原理框图建模，在 ADS 中构建如下模型。

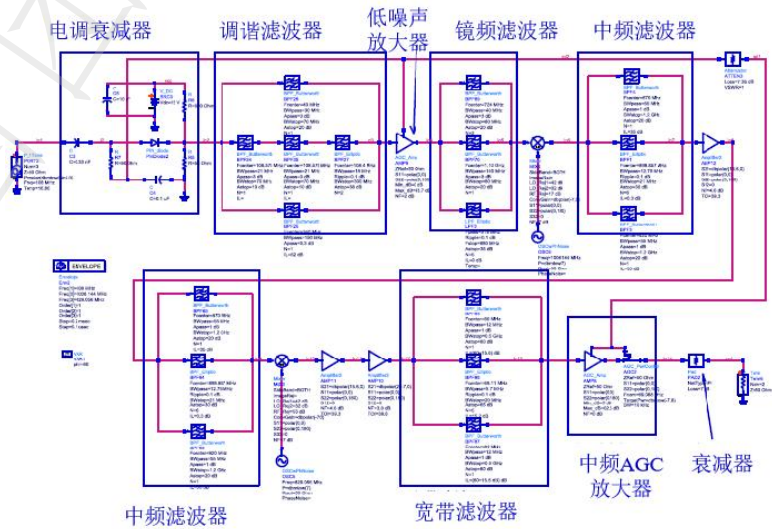


图 5 基于仿真模型构建某通信电台数字样机

对天线进行仿真（频率 74.9MHz~75.1MHz），可得到其三维远场方向图、二维 H、E 面方向图，如图 6 所示。

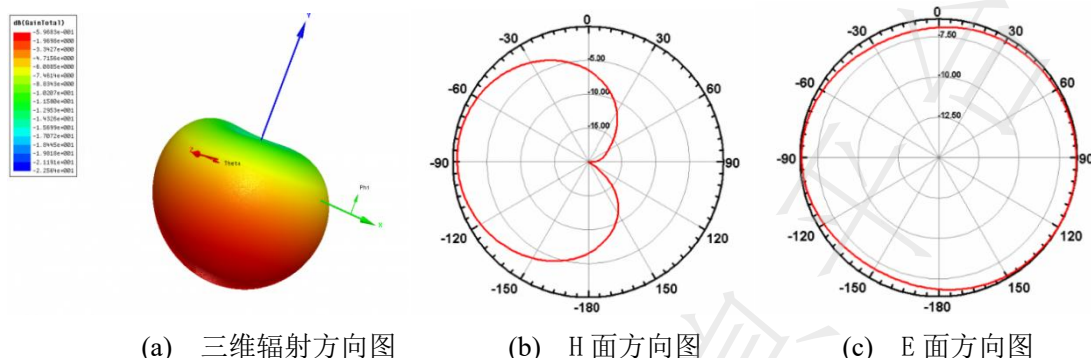


图 6 HFSS 中天线的仿真模型

A.3 基于测试数据的数字样机模型封装

利用测试数据库对设备/分系统的 RE102 测试数据管理，首选选择测试项目类型，后输入相关参数，并提交数据到数据库。数据录入的界面如图 7 所示：

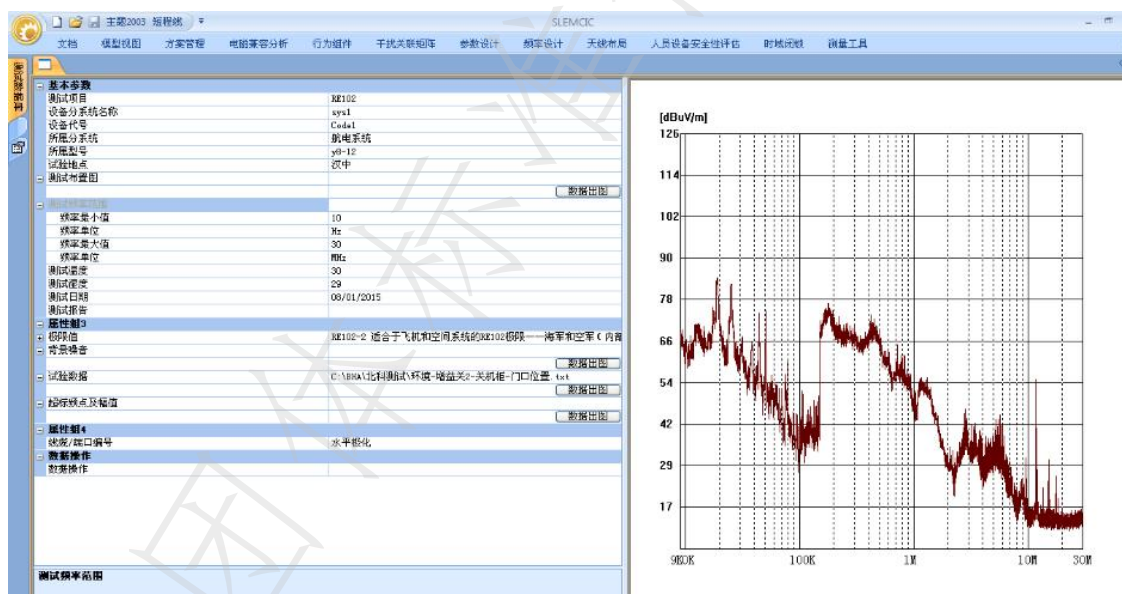


图 7 基于测试数据构建某设备数字样机

根据测试数据结果，还可以采用拟合方法得到带内发射模型和谐波发射模型。其拟合出的典型模型公式化表达见公式 (A.1) 和 (A.2)

$$p(f) = \begin{cases} N, & f < f_B \\ P_B, & f = f_B \\ N, & f > f_B \end{cases} \quad (\text{A.1})$$

$$p(f) = \begin{cases} N, & f \neq f_H \cdot k \\ P_B(k), & f = f_H \cdot k \\ N, & f \neq f_H \cdot k_B \end{cases} \quad (\text{A.2})$$

对于带内发射模型， f_B 表示当前干扰频率， P_B 表示该频率点的输出功率(dBm)，如图 8(a)所示；对

于谐波发射模型， f_H 表示谐波干扰的基波频率， $P_B(k)$ 表示第 k 个谐波频点的输出功率，如图8(b)所示。

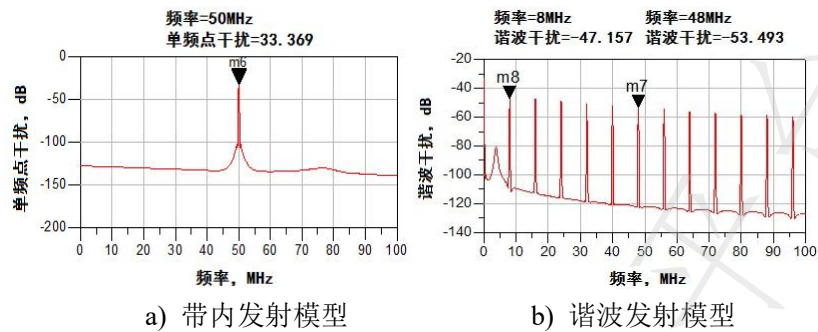


图8 基于测试数据数字样机表征的带内发射和谐波发射示意图

附 录 B

附表

附表是基于电磁参数、仿真模型和测试数据构建数字样机时需要的详细参数。

表 B.1 天线电磁参数

用频参数			
参数名称	数据类型	数据内容	备注
天线类型*	字符串		如线天线、微带天线、螺旋天线、反射面天线、阵列天线等
天线收发属性*	字符串		如发射、接收
工作起始频率*	浮点型		单位 MHz
工作终止频率*	浮点型		单位 MHz
主波束增益*	浮点型		单位 dBi
第一副瓣增益*	浮点型		单位 dBi
第二副瓣增益	浮点型		单位 dBi
后瓣增益	浮点型		单位 dBi
天线极化*	字符串		如线极化（水平、垂直）、圆极化等
方位面 3dB 波瓣宽度*	浮点型		单位°
俯仰面 3dB 波瓣宽度*	浮点型		单位°
天线波束扫描方式	字符串		如扇形波形、针状波束等 (如有动态扫描过程, 方位面和俯仰面扫描范围为必要参数)
方位面扫描范围	浮点型		单位°, 给出起始角度和终止角度
俯仰面扫描范围	浮点型		单位°, 给出起始角度和终止角度
天线扫描速度	浮点型		单位 m/s
天线工作频带内驻波比	浮点型		
天线工作频带外平均驻波比	浮点型		
结构参数			
天线物理尺寸*	浮点型		需提供天线的长、宽、高 单位 m
天线材料	字符串		填写该材料名称, 附该材料相应参数
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.2 天线罩电磁参数

用频参数			
参数名称	数据类型	数据内容	备注

表 B.2（续）

工作起始频率*	浮点型		单位 MHz
工作终止频率*	浮点型		单位 MHz
0° 入射角的透射系数*	浮点型		天线罩法线方向为 0°
20° 入射角的透射系数*	浮点型		
40° 入射角的透射系数	浮点型		
60° 入射角的透射系数	浮点型		
80° 入射角的透射系数	浮点型		
0° 入射角的插入损耗*	浮点型		天线罩法线方向为 0° 单位 dB
20° 入射角的插入损耗*	浮点型		单位 dB
40° 入射角的插入损耗	浮点型		单位 dB
60° 入射角的插入损耗	浮点型		单位 dB
结构参数			
天线罩物理尺寸*	浮点型		需提供天线罩的长、宽、高 单位 m
曲面类型	字符串		
曲率参数	浮点型		
天线罩壁厚度	浮点型		单位 mm
天线罩材料	字符串		填写该材料名称，附该材料相应参数
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.3 线缆特性参数

用频参数			
参数名称	数据类型	数据内容	备注
线缆类型*	字符串		如双绞线（标注好几类）、同轴线等
线缆起始频率	浮点型		单位 MHz
线缆终止频率	浮点型		单位 MHz
典型频点 1 的单位长度损耗*	浮点型		单位 dB/m
典型频点 2 的单位长度损耗	浮点型		单位 dB/m
典型频点 3 的单	浮点型		根据情况增加频点数

表 B.3（续）

位长度损耗			
典型频点 1 的屏蔽效能	浮点型		单位 dB
典型频点 2 的屏蔽效能	浮点型		单位 dB
典型频点 3 的屏蔽效能	浮点型		据情况增加频点数
结构参数			
线缆长度*	浮点型		单位 m
线缆横截面面积	浮点型		单位 cm ²
线缆材料	字符串		线缆的材料特性
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.4 发射机参数

用频参数			
参数名称	数据类型	数据内容	备注
发射机类型*	字符串		如固态、行波管等
发射起始频率*	浮点型		单位 MHz
发射终止频率*	浮点型		单位 MHz
峰值功率*	浮点型		单位 dB
带外抑制*	浮点型		单位 dB
谐波抑制*	浮点型		单位 dB
杂波抑制*	浮点型		单位 dB
发射频点集	数组		单位 MHz
平均功率	浮点型		单位 dB
发射机 3dB 信号带宽*	浮点型		单位 MHz
发射机 20dB 信号带宽	浮点型		单位 MHz
发射机 40dB 信号带宽	浮点型		单位 MHz
发射机 60dB 信号带宽	浮点型		单位 MHz
发射馈线损耗	浮点型		单位 dB/m
脉冲宽度	浮点型		单位 μs
脉冲重复频率	浮点型		单位 Hz
码元宽度	浮点型		单位秒
调制样式	字符串		首先给出模拟调制、数字调制，再给出模拟调制的 AM、FM；数字调制 ASK、FSK 等所需的相应参数

表 B.4（续）

第一本振频率	浮点型		单位 MHz
第一本振带宽	浮点型		单位 MHz
第二本振频率	浮点型		单位 MHz
第二本振带宽	浮点型		单位 MHz
第三本振频率	浮点型		单位 MHz
第三本振带宽	浮点型		单位 MHz
第一中频频率	浮点型		单位 MHz
第一中频带宽	浮点型		单位 MHz
第二中频频率	浮点型		单位 MHz
第二中频带宽	浮点型		单位 MHz
第三中频频率	浮点型		单位 MHz
第三中频带宽	浮点型		单位 MHz
用电参数			
供电电源功率*	浮点型		单位千瓦（kW）
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.5 机柜电特性参数

用频参数			
参数名称	数据类型	数据内容	备注
典型频点 1，垂直照射机柜的屏蔽效能	字符串		单位 dB
典型频点 1，45°角照射机柜的屏蔽效能	字符串		单位 dB
典型频点 2，垂直照射机柜的屏蔽效能	字符串		单位 dB
典型频点 2，45°角照射机柜的屏蔽效能	字符串		单位 dB
典型频点 3，垂直照射机柜的屏蔽效能	字符串		单位 dB
典型频点 3，45°角照射机柜的屏蔽效能	字符串		单位 dB
结构参数			
机柜物理尺寸	浮点型		需提供机柜的长、宽、高单位 m

表 B.5（续）

机柜材料	字符串		填写该材料名称，附该材料相应参数
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.6 接收机参数

用频参数			
参数名称	数据类型	数据内容	备注
接收起始频率*	浮点型		单位 MHz
接收终止频率*	浮点型		单位 MHz
接收频点集	数组		
接收增益*	浮点型		单位 dB
接收机噪声系数	浮点型		单位 dB
接收机 3dB 射频带宽*	浮点型		单位 MHz
接收机 20dB 射频带宽	浮点型		单位 MHz
接收机 40dB 射频带宽	浮点型		单位 MHz
接收机 60dB 射频带宽	浮点型		单位 MHz
第一本振频率	浮点型		单位 MHz
第一本振带宽	浮点型		单位 MHz
第二本振频率	浮点型		单位 MHz
第二本振带宽	浮点型		单位 MHz
第三本振频率	浮点型		单位 MHz
第三本振带宽	浮点型		单位 MHz
第一中频频率*	浮点型		单位 MHz
第一中频带宽*	浮点型		单位 MHz
第二中频频率	浮点型		单位 MHz
第二中频带宽	浮点型		单位 MHz
第三中频频率	浮点型		单位 MHz
第三中频带宽	浮点型		单位 MHz
灵敏度电平*	浮点型		单位 dBm
饱和电平	浮点型		单位 dBm
抗烧毁电平	浮点型		单位 dBm
干扰判据	字符串		附干扰判定条件，如干扰电平临界值等
用电参数			
供电电源功率*	浮点型		单位 W
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.7 接收机敏感器件电特性参数

用频参数			
参数名称	数据类型	数据内容	备注
敏感器件名称*	字符串		如限幅器、低噪声放大器等
击穿电压*	浮点型		单位 mV
击穿电流*	浮点型		单位 uA
用电参数			
半导体材料熔点温度	浮点型		单位℃
半导体键合线熔断温度	浮点型		单位℃
外部环境			
雷击电磁脉冲	字符串/浮点型		需要给出时域波形表达式。如雷电流波形为双指数，需提供雷电流幅度（单位 kA）、波头时间长度（单位 us）、波尾时间长度（单位 us）
静电释放	浮点型		需要给出放电时瞬时电压/电流值
高功率微波	浮点型		定义为能量值。单位 W/cm ²
高强度辐射场	浮点型		定义为能量值。单位 W/cm ²
核电磁脉冲	浮点型		单位 V/m
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.8 发射机仿真模型参数

参数名称	数据类型	数据内容	备注
发射机类型	字符串		直接变换式结构、分步式结构
模型层级	字符串		电路级模型、器件级模型
仿真模型	电子文件		文件格式：FEKO、HFSS、CST、SEMT 仿真软件对应的文件格式（任一种均可）
创建仿真模型的软件名称	字符串		
创建仿真模型的软件版本号	字符串		
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.9 线缆仿真模型参数

参数名称	数据类型	数据内容	备注
线缆类型	字符串		普通非屏蔽线、单层屏蔽线、双层屏蔽线、双绞线、单层屏蔽双绞线、双层屏蔽双绞线等
线缆敷设图	电子文件		文件格式：iges、stp、x_t 等

表 B.9（续）

线缆仿真模型	电子文件		文件格式：FEKO、HFSS、CST、SEMT 仿真软件对应的文件格式（任一种均可）
创建仿真模型的软件名称	字符串		
创建仿真模型的软件版本号	字符串		
注：*表示该参数为必要参数。			

表 B.10 天线电磁模型参数

参数名称	数据类型	数据内容	备注
天线收发属性	字符串		发射、接收、或发射与接收
天线三维几何模型	电子文件		文件格式：iges、stp、x_t 等
天线三维电磁仿真模型	电子文件		模型中一般包括天线各个组成部分的三维模型、各部分的材料特性、以及加载元器件。文件格式：FEKO、HFSS、CST、SEMT 仿真软件对应的文件格式（任一种均可）
创建三维电磁仿真模型的软件名称	字符串		
创建三维电磁仿真模型的软件版本号	字符串		
注：*表示该参数为必要参数。			

表 B.11 天线罩电磁模型参数

参数名称	数据类型	数据内容	备注
天线罩三维几何模型	电子文件		文件格式：iges、stp、x_t 等
天线罩三维电磁仿真模型	电子文件		模型中一般包括天线罩各个组成部分的三维模型、各部分的材料特性、以及加载元器件，文件格式：FEKO、HFSS、CST、SEMT 仿真软件对应的文件格式（任一种均可）
创建三维电磁仿真模型的软件名称	字符串		

表 B.11（续）

创建三维电磁仿真模型的软件版本号	字符串		
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.12 机柜电磁模型参数

参数名称	数据类型	数据内容	备注
机柜三维几何模型	电子文件		文件格式：iges、stp、x_t 等
机柜三维电磁仿真模型	电子文件		模型中一般包括机柜各个组成部分的三维模型、各部分的材料特性，文件格式：FEKO、HFSS、CST、SEMT 仿真软件对应的文件格式（任一种均可）
创建三维电磁仿真模型的软件名称	字符串		
创建三维电磁仿真模型的软件版本号	字符串		
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.13 接收机仿真模型参数

参数名称	数据类型	数据内容	备注
接收机类型	字符串		直接放大式结构、超外差结构
模型层级	字符串		电路级模型、器件级模型
仿真模型	电子文件		文件格式：FEKO、HFSS、CST、SEMT 仿真软件对应的文件格式（任一种均可）
创建仿真模型的软件名称	字符串		
创建仿真模型的软件版本号	字符串		
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.14 接收机敏感器件多物理场模型参数

参数名称	数据类型	数据内容	备注
敏感器件名称	字符串		

表 B.14（续）

限幅器 PIN 二极管多物理场仿真模型	电子文件		文件格式：mph、mphtxt 等 Comsol 文件
低噪声放大器晶体管的多物理场仿真模型	电子文件		文件格式：mph、mphtxt 等 Comsol 文件
创建多物理场仿真模型的软件名称	字符串		
创建多物理场仿真模型的软件版本号	字符串		
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.15 天线测试数据参数

参数名称	数据类型	数据内容	备注
天线收发属性	字符串		
典型频点 1 的 E 面方向图	文本文件		1、文本文件数据为 2 列 N 行数据； 2、角度步进间隔小于天线半功率波瓣宽度的一半。
典型频点 1 的 H 面方向图	文本文件		1、文本文件数据为 2 列 N 行数据； 2、角度步进间隔小于天线半功率波瓣宽度的一半。
典型频点 1 的三维方向图	文本文件		1、文本文件数据为 3 列 N 行数据； 2、角度步进间隔小于天线半功率波瓣宽度的一半。
典型频点 2 的 E 面方向图	文本文件		1、文本文件数据为 2 列 N 行数据； 2、角度步进间隔小于天线半功率波瓣宽度的一半。
典型频点 2 的 H 面方向图	文本文件		1、文本文件数据为 2 列 N 行数据； 2、角度步进间隔小于天线半功率波瓣宽度的一半。
典型频点 2 的三维方向图	文本文件		1、文本文件数据为 3 列 N 行数据； 2、角度步进间隔小于天线半功率波瓣宽度的一半。
典型频点 3 的 E 面方向图	文本文件		1、文本文件数据为 2 列 N 行数据； 2、角度步进间隔小于天线半功率波瓣宽度的一半； 3、根据情况适当增加频点。

表 B.15（续）

典型频点 3 的 H 面方向图	文本文件		1、文本文件数据为 2 列 N 行数据； 2、角度步进间隔小于天线半功率波瓣宽度的一半； 3、根据情况适当增加频点。
典型频点 3 的三维方向图	文本文件		1、文本文件数据为 3 列 N 行数据； 2、角度步进间隔小于天线半功率波瓣宽度的一半； 3、根据情况适当增加频点。
天线驻波比	文本文件		1、文本文件数据为 2 列 N 行数据； 2、测试频段范围应覆盖工作频段边带以及不小于四次谐波对应的频段。
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.16 天线罩测试数据参数

参数名称	数据类型	数据内容	备注
天线罩类型	字符串		传统天线罩、电磁材料天线罩等
典型频点 1 的透射系数	文本文件		1、文本文件数据为 3 列 N 行数据； 2、透射系数测试角度范围为：0°~90°，其中 0° 为天线罩法线方向； 3、角度步进间隔不大于 1°； 4、透射系数应包括幅度和相位数据。
典型频点 2 的透射系数	文本文件		1、文本文件数据为 3 列 N 行数据； 2、透射系数测试角度范围为：0°~90°，其中 0° 为天线罩法线方向； 3、角度步进间隔不大于 1°； 4、透射系数应包括幅度和相位数据。
典型频点 3 的透射系数	文本文件		1、文本文件数据为 3 列 N 行数据； 2、透射系数测试角度范围为：0°~90°，其中 0° 为天线罩法线方向； 3、角度步进间隔不大于 1°； 4、透射系数应包括幅度和相位数据。
垂直照射的插入损耗	文本文件		1、文本文件数据为 2 列 N 行数据； 2、测试频段范围应覆盖工作频段、边带以及不小于四次谐波对应的频段。
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.17 线缆测试数据参数

参数名称	数据类型	数据内容	备注
线缆类型	字符串		
单位长度线缆损耗测试数据	文本文件		1、需提供单位长度线缆随频率变化的损耗测试数据； 2、文本文件为 2 列 N 行数据。
线缆屏蔽效能测试数据	文本文件		1、需提供线缆随频率变化的屏蔽效能测试数据； 2、文本文件为 2 列 N 行数据。
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.18 用频系统发射特性测试数据参数

参数名称	数据类型	数据内容	备注
电源线传导发射（CE101）测试数据	文本文件		1、提供电源线从 25Hz~10KHz 传导发射电流曲线测试数据； 2、文本文件为 2 列 N 行数据。
电源线传导发射（CE102）测试数据	文本文件		1、提供电源线从 10KHz~10MHz 传导发射电压曲线测试数据； 2、文本文件为 2 列 N 行数据。
天线端口传导发射（CE106）测试数据	文本文件		1、提供用频系统天线端口从 10KHz~40GHz（频率上限为 40GHz 或用频系统最高工作频率的 20 倍，取其较小者）发射的功率谱曲线测试数据； 2、文本文件为 2 列 N 行数据。
电源线尖峰信号传导发射（CE107）测试数据	文本文件		1、提供用频系统电源线上的时域电压波形测试数据； 2、文本文件为 2 列 N 行数据。
磁场辐射发射（RE101）测试数据	文本文件		1、提供用频系统从 25Hz~100KHz 频段内，辐射磁场曲线测试数据； 2、文本文件为 2 列 N 行数据。
电场辐射发射（RE102）测试数据	文本文件		1、提供用频系统从 10KHz~18GHz 频段内，辐射电场水平极化和垂直极化分量曲线测试数据； 2、文本文件为 3 列 N 行数据。
天线谐波和乱真输出辐射发射（RE103）测试数据	文本文件		1、提供用频系统天线从 10KHz~40GHz（频率上限为 40GHz 或用频系统最高工作频率的 20 倍，取其较小者）辐射的功率谱曲线测试数据； 2、文本文件为 2 列 N 行数据。
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.19 机柜测试数据参数

参数名称	数据类型	数据内容	备注
垂直照射机柜屏蔽效能测试数据	文本文件		1、需提供机柜随频率变化的屏蔽效能测试数据； 2、文本文件为 2 列 N 行数据。
20° 角照射机柜屏蔽效能测试数据	文本文件		1、需提供机柜随频率变化的屏蔽效能测试数据； 2、文本文件为 2 列 N 行数据。
40° 角照射机柜屏蔽效能测试数据	文本文件		1、需提供机柜随频率变化的屏蔽效能测试数据； 2、文本文件为 2 列 N 行数据。
60° 角照射机柜屏蔽效能测试数据	文本文件		1、需提供机柜随频率变化的屏蔽效能测试数据； 2、文本文件为 2 列 N 行数据。
80° 角照射机柜屏蔽效能测试数据	文本文件		1、需提供机柜随频率变化的屏蔽效能测试数据； 2、文本文件为 2 列 N 行数据。
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.20 用频系统敏感特性测试数据参数

参数名称	数据类型	数据内容	备注
电源线传导敏感度（CS101）测试数据	文本文件		需提供以下数据： 1、提供按 GJB 151B-2013 规定的试验信号电平曲线图； 2、用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况； 3、若不满足 GJB 151B-2013 要求，则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
地线传导敏感度（CS102）测试数据	文本文件		需提供以下数据： 1、提供按 GJB 151B-2013 规定，在用频系统地线上注入 25Hz~50KHz、1V 的开路电压信号； 2、用频系统是否出现任何故障、性能降低或超出产品规范中规定的指标允差情况； 3、若不满足 GJB 151B-2013 要求，则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。

表 B.20 (续)

天线端口互调传导敏感度 (CS103) 测试数据	文本文件		需提供以下数据： 1、提供按照订购方提供的限值； 2、用频系统是否存在超过规定允差的任何互调产物； 3、若存在，则提供用频系统出现规定容限的互调产物的阈值。
天线端口无用信号抑制传导敏感度 (CS104) 测试数据	文本文件		需提供以下数据： 1、提供按照订购方提供的限值； 2、用频系统是否存在超过规定允差的任何不希望有的响应； 3、若存在，则提供用频系统出现规定容限的互调产物的阈值。
天线端口交调传导敏感度 (CS105) 测试数据	文本文件		需提供以下数据： 1、提供按照订购方提供的限值； 2、用频系统是否存在由于交调而出现超过规定允差的任何不希望有的响应； 3、若存在，则提供用频系统出现规定容限的互调产物的阈值。
电源线尖峰信号传导敏感度 (CS106) 测试数据	文本文件		需提供以下数据： 1、提供按 GJB 151B-2013 规定的试验尖峰信号波形曲线图； 2、用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况； 3、若不满足 GJB 151B-2013 要求，则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
壳体电流传导敏感度 (CS109) 测试数据模型	文本文件		需提供以下数据： 1、提供按 GJB 151B-2013 规定的注入探头输入测试信号曲线图； 2、用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况； 3、若不满足 GJB 151B-2013 要求，则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。

表 B.20 (续)

静电放电敏感度 (CS112) 测试数据模型	文本文件		需提供以下数据： 1、提供按 GJB 151B-2013 规定的注入探头输入测试信号曲线图； 2、用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况； 3、若不满足 GJB 151B-2013 要求，则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
电缆束注入传导敏感度 (CS114) 测试数据	文本文件		需提供以下数据： 1、提供按 GJB 151B-2013 规定的注入探头输入测试信号曲线图； 2、用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况； 3、若不满足 GJB 151B-2013 要求，则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
电缆束注入脉冲激励传导敏感度 (CS115) 测试数据	文本文件		需提供以下数据： 1、提供按 GJB 151B-2013 规定的注入探头输入测试信号曲线图； 2、用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况； 3、若不满足 GJB 151B-2013 要求，则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
电缆和电源线阻尼正弦瞬变传导敏感度 (CS116) 测试数据	文本文件		需提供以下数据： 1、提供按 GJB 151B-2013 规定的注入探头输入测试信号曲线图； 2、用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况； 3、若不满足 GJB 151B-2013 要求，则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
磁场辐射敏感度 (RS101) 测试数据	文本文件		需提供以下数据： 1、提供按 GJB 151B-2013 规定的磁场辐照强度曲线图； 2、用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况； 3、若不满足 GJB 151B-2013 要求，则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。

表 B.20（续）

电场辐射敏感度（RS103）测试数据	文本文件		需提供以下数据： 1、提供按 GJB 151B-2013 规定的垂直和水平极化电场辐照强度曲线图； 2、用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况； 3、若不满足 GJB 151B-2013 要求，则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
瞬态电磁场辐射敏感度（RS105）测试数据	文本文件		需提供以下数据： 1、提供按 GJB 151B-2013 规定的垂直和水平极化电场辐照强度曲线图； 2、用频系统是否出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值情况； 3、若不满足 GJB 151B-2013 要求，则提供用频系统受影响情况和受影响阈值。
注:*表示该参数为必要参数。			

表 B.21 接收机敏感器件测试数据参数

参数名称	数据类型	数据内容	备注
敏感器件名称	字符串		
限幅器击穿电压	浮点型		单位 V
限幅器击穿电流	浮点型		单位 A
限幅器半导体材料熔点温度	浮点型		单位℃
限幅器半导体键合线熔断温度	浮点型		单位℃
低噪声放大器击穿电压	浮点型		单位 V
低噪声放大器击穿电流	浮点型		单位 A
低噪声放大器半导体材料熔点温度	浮点型		单位℃
低噪声放大器半导体键合线熔断温度	浮点型		单位℃
注:*表示该参数为必要参数。			

全国团体标准信息平台