

ICS 33 060 20

M 37

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1710.1-2007

TD-SCDMA 数字蜂窝移动通信网智能天线 第 1 部分：天线

Smart Antennas for TD-SCDMA Digital Cellular Mobile
Communication Network
Part 1:Antenna Array

2007-09-29 发布

2008-01-01 实施

中华人民共和国信息产业部 发布

电话：82054513 <http://www.ptsnet.cn>



目 次

前 言.....II

1 范围.....1

2 规范性引用文件1

3 定义.....1

4 分类.....2

5 要求.....3

6 测量方法.....10

7 检验规则.....17

8 标志、包装、运输和贮存.....18

电话：82054513 <http://www.ptsn.net.cn>

前 言

《TD-SCDMA数字蜂窝移动通信网 智能天线》分为两部分：

——第1部分：天线

——第2部分：天线智能控制

本部分为《TD-SCDMA数字移动通信网智能天线》的第1部分。

第1部分天线，包括天线阵列和射频校准网络；第2部分天线智能控制，包括核心自适应算法。

本部分由中国通信标准化协会提出并归口。

本部分起草单位：信息产业部电信研究院、中国移动通信集团公司、大唐移动通信设备有限公司、京信通信系统（中国）有限公司、中兴通讯股份有限公司、西安海天天线科技股份有限公司、中国普天信息产业集团公司、鼎桥通信技术有限公司、广东通宇通讯设备有限公司、摩比天线技术有限公司、中国电子科技集团公司第十四研究所

本部分主要起草人：贺 鹏、安少赓、马 欣、李传军、薛锋章、张 翔、卜斌龙、吴 翔、秦 岩、赵恩惠、胡 伟、金鹤飞、丁海煜、张 军、曾召华、肖良勇

TD-SCDMA 数字蜂窝移动通信网智能天线

第 1 部分：天线

1 范围

本部分规定了 TD-SCDMA 系统智能天线天线部分的术语定义、分类、电性能、机械特性、环境条件、测量方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本部分适用于工作频段为 1 880~1 920MHz、2 010~2 025MHz、2 300~2 400MHz 的 TD-SCDMA 系统智能天线。同类型其他频段、规格的天线也可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本部分。然而，鼓励根据本部分达成协议的各方，研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB/T 191	包装储运图示标志
GB/T 2423.1	电工电子产品环境试验规程 试验 A：低温试验方法
GB/T 2423.2	电工电子产品环境试验规程 试验 B：高温试验方法
GB/T 2423.3	电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ca：恒定湿热试验方法
GB/T 2423.5	电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Ea 和导则：冲击
GB/T 2423.6	电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Eb 和导则：碰撞
GB/T 2423.10	电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Fc 和导则：振动（正弦）
GB/T 2423.38	电工电子产品基本环境试验规程 试验 R：水试验方法
GB/T 2828.1	计数抽样检验程序 第 1 部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
GB/T 2829	周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）
GB/T 3873	通信设备产品包装通用技术条件
GB/T 9410	移动通信天线通用技术规范
YD/T 828.22	数字微波传输系统中所用设备的测量方法 第 2 部分：地面无线接力系统的测量 第 2 节：天线
YD/T 1059-2004	移动通信系统基站天线技术条件

3 定义

GB/T 9410 确立的以及下列定义适用于本部分。

3.1 智能天线阵 Smart Antenna Array

N 个取向相同的天线按照一定方式排列和激励，利用波的干涉原理可以产生强方向图，能形成预定波束的多单元组成的阵列结构天线。

3.2 全向智能天线阵 Omni-Directional Smart Antenna Array

在 360°任意方位上均可进行波束扫描的智能天线阵列。

3.3 定向智能天线阵 Directional Smart Antenna Array

在特定方向内的方位上均可进行波束扫描的智能天线阵列。

3.4 单元波束 Element Beam Pattern

智能天线阵列中任意馈电端口在其他所有端口都接匹配负载时发射或接收到的辐射方向图。

3.5 广播波束 Broadcast Beam Pattern

对智能天线阵列施加特定的幅度和相位激励所形成的全向覆盖或扇区覆盖的辐射方向图。

3.6 业务波束 Traffic Beam Pattern

对智能天线阵列施加特定的幅度和相位激励所形成的在工作角域内具有任意波束指向扫描以及具有高增益窄波束的方向图。

3.7 隔离度 Isolation

多端口天线的一个馈电端口上的入射功率与该入射功率在其他馈电端口上可得到的功率之比。

3.8 智能天线阵列的基准轴 Basic Axis of smart Antenna Array

全向阵列的基准轴为全向阵列天线中心到生产商规定的起始端口（例如 1#端口）的连线方向（如图 1（a）所示）；直线阵（定向阵）的基准轴为阵列结构的法线方向（如图 1（b）所示）。端口排序分别如图 1（a）和图 1（b）所示。

3.9 业务波束指向角 Boresight of Traffic Beam

业务波束方向图主波束最大值所在的垂直平面与基准轴所在的垂直平面之间的夹角 ϕ （如图 1 所示）。

3.10 智能天线端口定义 Definition of Antenna Array Port

1~8 为八列单元天线阵单元馈电端口，六单元阵列排列序号 1~6，四单元阵列排列序号 1~4，排列顺序如图 1 所示。

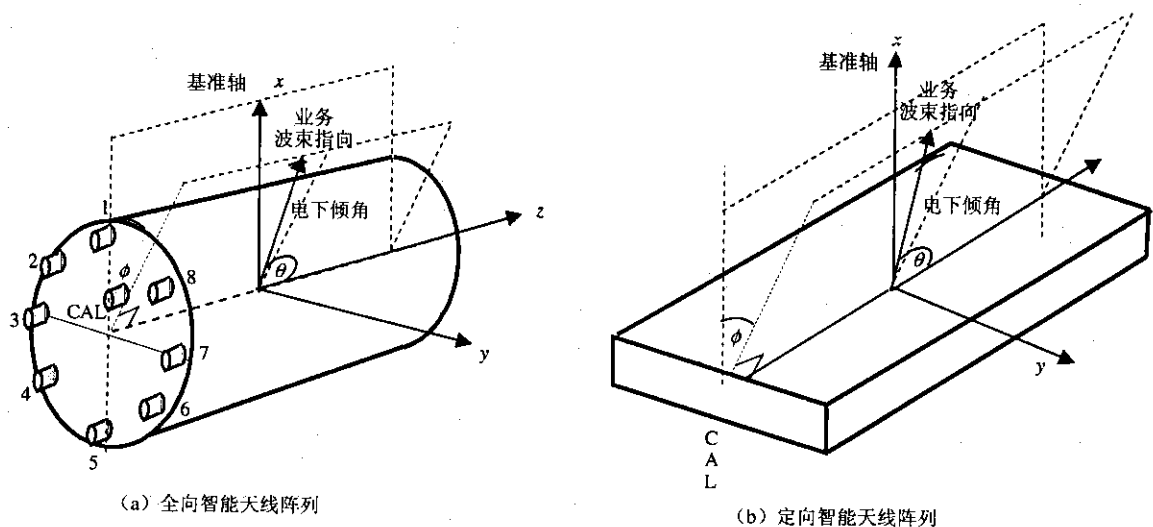


图 1 智能天线阵外部结构及基准轴坐标

4 分类

智能天线阵列典型有以下五类：八列单元定向直线智能天线阵、六列单元定向直线智能天线阵、四列单元定向直线智能天线阵、八列单元全向环形智能天线阵、六列单元全向环形智能天线阵。其他类型的天线也可进行参照使用。

5 要求

5.1 电性能要求

5.1.1 八列单元定向直线智能天线阵 (见表 1)

表1 八列单元定向直线智能天线阵

频段 (MHz) ^{注1}			1 880~1 920, 2 010~2 025	
结构参数			阵列排列形式	直线
			端口数目	8 (单元端口) +1 (校准端口)
			极化方式	垂直
			单元之间间距 (mm)	75
			接口类型	N-50K
			馈电位置	底部或中部
电路参数			垂直面电下倾预设置值 ^{注2} (°)	0, 3, 6, 9
			垂直面电下倾角精度 (°)	±1
			垂直面机械下倾范围 (°)	0~10
			输入阻抗 (Ω)	50
			各单元端口驻波比	≤1.5
			相邻单元端口隔离度 (dB)	≥20
			每端口连续波功率容量 (W)	≥50
校准参数			校准端口至各单元端口的耦合度 (dB)	-26±2
			校准端口到各单元端口幅度最大偏差 ^{注3} (dB)	≤0.7
			校准端口到各单元端口相位最大偏差 ^{注3} (°)	≤5
			校准端口驻波比	≤1.5
			校准通道耦合方向性 (dB)	≥15
性能参数	有源输入回波损耗		各单元端口有源输入回波损耗 (φ=±60°之间, 相对于50Ω) (dB)	≤-10
	垂直面波束		垂直面半功率波束宽度 (°)	≥6.5
			上部第一旁瓣电平 (dB)	≤-16
			下部第一零点填充 (dB)	≥-18
	单元波束		水平面半功率波束宽度 (°)	100±15
			增益 (dBi)	>14.5
			前后比 ^{注4} (dB)	≥23
			交叉极化比 (轴向) (dB)	≥15
			交叉极化比 (±60°范围内) (dB)	≥10
	业务波束	波束 1 ^{注5}	水平面半功率波束宽度 (°)	≤15
			视轴增益 (dBi)	≥23.5
			水平面旁瓣电平 (dB)	≤-12
			前后比 (dB)	≥28
		波束 2 ^{注6}	水平面半功率波束宽度 (°)	≤25
			视轴增益 (dBi)	≥18
			水平面旁瓣电平 (dB)	≤-7
			前后比 (dB)	≥25
	广播波束 ^{注7}	65°	水平面半功率波束宽度 (°)	65±5
			视轴增益 (dBi) ^{注8}	≥16
			视轴增益@φ=±60 处电平下降 (dB)	-10±2
			半功率波束宽度内的电平波动 (dB)	≤2
			前后比 (dB)	≥25

表 1 (续)

频段 (MHz) 注1			1 880~1 920, 2 010~2 025	
性能参数	广播波束注7	90°	水平面半功率波束宽度 (°)	90±8
			视轴增益 (dBi) 注8	≥15
			视轴增益@φ=±60 处电平下降 (dB)	-7±2
			半功率波束宽度内的电平波动 (dB)	≤2
			前后比 (dB)	≥25
		30°±9	水平面半功率波束宽度 (°)	30±4
			半功率波束宽度内的电平波动 (dB)	≤2
			前后比 (dB)	25
		100°±9	水平面半功率波束宽度 (°)	100±10
			半功率波束宽度内的电平波动 (dB)	≤2
		前后比 (dB)	25	

注 1: 2 300~2 400MHz 频段的的天线指标待定, 未在此表中列出。

注 2: 电下倾角预设值不为 0 时, 允许相应的增益指标下降为 $0.07\times\theta_i$ dB, 其中 θ_i 为电下倾角预设值。

注 3: 校准端口与每个馈电端口形成一个校准通道, 对任意端口进行测量得到相位/幅度误差, 在相同频点上取所有测量值之间的最大偏差即得到本指标。

注 4: 范围为主方向 $180^{\circ}\pm30^{\circ}$, 取同极化与交叉极化前后比中较差者。

注 5: 波束 1 为天线端口输入等幅同相信号得到的波束。

注 6: 波束 2 为 8 列单元的激励幅度均匀、且激励相位呈线性递增 (差分相位规定为 $\Delta\Psi=2\pi/\lambda d\sin\Delta\varphi$, 其中: λ 为工作频段的中心频点的波长, d 为相邻列的水平方向间距, $\Delta\varphi=60^{\circ}$) 时所得到的增益。

注 7: 广播波束的幅相加权系数参见 5.1.8 节。

注 8: 广播波束增益需要计入由于激励幅/相分布不均匀所引起的与等效各向同性辐射功率相比的电平降低。

注 9: 参考值

5.1.2 六列单元定向直线智能天线阵 (见表 2)

表2 六列单元定向直线智能天线阵

频段 (MHz) ^{注1}		1 880~1 920, 2 010~2 025
结构参数	阵列形式	直线
	端口数目	6 (单元端口) + 1 (校准端口)
	极化方式	垂直
	单元之间间距 (mm)	75
	接口类型	N-50K
	馈电位置	底部或中部
电路参数	垂直面电下倾预设值 ^{注2} (°)	0, 3, 6, 9
	垂直面电下倾角精度 (°)	±1
	垂直面机械下倾范围 (°)	0~10
	输入阻抗 (Ω)	50
	各单元端口驻波比	≤1.5
	相邻单元端口隔离度 (dB)	≥20
	每端口连续波功率容量 (W)	≥50
校准参数	校准端口至各单元端口的耦合度 (dB)	-26±2
	校准端口到各单元端口幅度最大偏差 ^{注3} (dB)	≤0.7
	校准端口到各单元端口相位最大偏差 ^{注3} (°)	≤5
	校准端口驻波比	≤1.5
	校准通道耦合方向性 (dB)	≥15

表 2 (续)

频段 (MHz) ^{注1}			1880~1 920, 2 010~2 025			
性能参数	有源输入回波损耗		各单元端口有源输入回波损耗 ($\varphi=\pm 60^{\circ}$ 之间, 相对于 50Ω) (dB)	≤ -10		
	垂直面波束	垂直面半功率波束宽度 ($^{\circ}$)		≥ 6.5		
		上部第一旁瓣抑制 (dB)		≤ -16		
		下部第一零点填充 (dB)		≥ -18		
	单元波束	水平面半功率波束宽度 ($^{\circ}$)		100±15		
		增益 (dB)		> 14.5		
		前后比 ^{注4} (dB)		≥ 23		
		交叉极化比 (轴向) (dB)		≥ 15		
		交叉极化比 (± 60 度范围内) (dB)		≥ 10		
	业务波束	波束 1 ^{注5}	水平面半功率波束宽度 ($^{\circ}$)		≤ 20	
			视轴增益 (dBi)		≥ 22	
			水平面旁瓣电平 (dB)		≤ -12	
			前后比 (dB)		≥ 25	
		波束 2 ^{注6}	水平面半功率波束宽度 ($^{\circ}$)		≤ 30	
			视轴增益 (dBi)		≥ 17	
			水平面旁瓣电平 (dB)		≤ -6	
			前后比 (dB)		≥ 25	
		广播波束 ^{注7}	65 度	水平面半功率波束宽度 ($^{\circ}$)		65±5
				视轴增益 (dBi) ^{注8}		≥ 16
				视轴增益@ $\varphi=\pm 60$ 处电平下降 (dB)		-10±2
				半功率波束宽度内的电平波动 (dB)		≤ 2
	前后比 (dB)			≥ 25		
	90°		水平面半功率波束宽度 ($^{\circ}$)		90±8	
			视轴增益 (dBi) ^{注8}		≥ 15	
			视轴增益@ $\varphi=\pm 60$ 处电平下降 (dB)		-7±2	
			半功率波束宽度内的电平波动 (dB)		≤ 2	
			前后比 (dB)		≥ 25	
	30° ^{注9}		水平面半功率波束宽度 ($^{\circ}$)		30±4	
半功率波束宽度内的电平波动 (dB)			≤ 2			
前后比 (dB)		≥ 25				
100° ^{注9}	水平面半功率波束宽度 ($^{\circ}$)		100±10			
	半功率波束宽度内的电平波动 (dB)		≤ 2			
	前后比 (dB)		≥ 25			

注 1: 2 300~2 400MHz 频段的的天线指标待定, 未在此表中列出。

注 2: 电下倾角预设值不为 0 时, 允许相应的增益指标下降为 $0.07\times\theta_i$ dB, 其中 θ_i 为电下倾角预设值。

注 3: 校准端口与每个馈电端口形成一个校准通道, 对任意端口进行测量得到相位/幅度误差, 在相同频点上取所有测量值之间的最大偏差即得到本指标。

注 4: 范围为主方向 $180^\circ\pm 30^\circ$, 取同极化与交叉极化前后比中较差者。

注 5: 波束 1 为天线端口输入等幅同相信号得到的波束。

注 6: 波束 2 为 6 列单元的激励幅度均匀、且激励相位呈线性递增 (差分相位规定为 $\Delta\varphi=2\pi/\lambda d\sin\Delta\varphi$, 其中: λ 为工作频段的中心频点波长, d 为相邻列的水平方向间距, $\Delta\varphi=60^\circ$) 时所得到的增益。

注 7: 广播波束的幅相加权系数参见 5.1.8 节。

注 8: 广播波束增益需要计入由于激励幅/相分布不均匀所引起的与等效各向同性辐射功率相比的电平降低。

注 9: 参考值

5.1.3 四列单元定向直线智能天线阵 (见表 3)

表 3 四列单元定向直线智能天线阵

频段（MHz） ^{注1}			1 880~1 920, 2 010~2 025	
结构参数			阵列形式	直线
			端口数目	4（单元端口）+1（校准端口）
			极化方式	垂直
			单元之间间距（mm）	75
			接口类型	N-50K
			馈电位置	底部或中部
电路参数			垂直面电下倾预设置值 ^{注2} （°）	0, 3, 6, 9
			垂直面电下倾角精度（°）	±1
			垂直面机械下倾范围（°）	0~10
			输入阻抗（Ω）	50
			各单元端口驻波比	≤1.5
			相邻单元端口隔离度（dB）	≥20
			每端口连续波功率容量（W）	≥50
校准参数			校准端口至各单元端口的耦合度（dB）	-26±2
			校准端口到各单元端口幅度最大偏差 ^{注3} （dB）	≤0.7
			校准端口到各单元端口相位最大偏差 ^{注3} （°）	≤5
			校准端口驻波比	≤1.5
			校准通道耦合方向性（dB）	≥15
性能参数	有源输入回波损耗		各单元端口有源输入回波损耗（φ=±60°之间，相对于50Ω）（dB）	≤-10
	垂直面波束		垂直面半功率波束宽度（°）	≥6.5
			上部第一旁瓣抑制（dB）	≤-16
			下部第一零点填充（dB）	≥-18
	单元波束		水平面半功率波束宽度（°）	100±15
			增益（dBi）	14.5
			前后比 ^{注4} （dB）	≥23
			交叉极化比（轴向）（dB）	≥15
			交叉极化比（±60°范围内）（dB）	≥10
	业务波束	波束 1 ^{注5}	水平面半功率波束宽度（°）	≤28
			视轴增益（dB）	≥20.5
			水平面旁瓣电平（dB）	≤-12dB
			前后比（dB）	≥25dB
		波束 2 ^{注6}	水平面半功率波束宽度（°）	≤36
			视轴增益（dBi）	≥15
			水平面旁瓣电平（dB）	≤-4
前后比（dB）			≥25dB	

表 3 (续)

频段 (MHz) ^{注1}				1 880~1 920, 2 010~2 025
性能参数	广播波束 ^{注7}	65°	水平面半功率波束宽度 (°)	65±5
			视轴增益 (dBi) ^{注8}	15
			视轴增益@φ=±60 处电平 (dB)	-10±2
			半功率波束宽度内的电平波动 (dB)	≤2
			前后比 (dB)	>25

注 1: 2 300~2 400MHz 频段的的天线指标待定, 未在此表中列出。

注 2: 电下倾角预设值不为 0 时, 允许相应的增益指标下降为 0.07×θ_idB, 其中 θ_i 为电下倾角预设值。

注 3: 校准端口与每个馈电端口形成一个校准通道, 对任意端口进行测量得到相位/幅度误差, 在相同频点上取所有测量值之间的最大偏差即得到本指标。

注 4: 范围为主方向 180°±30°, 取同极化与交叉极化前后比中较差者。

注 5: 波束 1 为天线端口输入等幅同相信号得到的波束。

注 6: 波束 2 为 4 列单元的激励幅度均匀、且激励相位呈线性递增 (差分相位规定为 ΔΨ=2π/ λ d sinΔφ, 其中: λ 为工作频段的中心频点波长, d 为相邻列的水平方向间距, Δφ=60°) 时所得到的增益。

注 7: 广播波束的幅相加权系数参见 5.1.8 节。

注 8: 广播波束增益需要计入由于激励幅/相分布不均匀所引起的与等效各向同性辐射功率相比的电平降低

5.1.4 八列单元全向环形智能天线阵 (见表 4)

表 4 八列单元全向环形智能天线阵

频段 (MHz) ^{注1}		1 880~1 920	2 010~2 025
结构参数	阵列形式	环形	环形
	端口数目	8 (单元端口) +1 (校准端口)	
	阵列半径 (mm)	100	93
	极化方式	垂直	垂直
	接口类型	N-50K	N-50K
	馈电位置	底部	底部
电路参数	垂直面电下倾预设值 ^{注2} (°)	0, 3, 6, 9	0, 3, 6, 9
	垂直面电下倾角精度 (°)	±1	±1
	输入阻抗 (Ω)	50	50
	各单元端口驻波比	≤1.5	≤1.5
	相邻单元端口隔离度 (Db)	≥18	≥18
	每端口连续波功率容量 (W)	≥50	≥50
校准参数	校准端口至各单元端口的耦合度 (dB)	-26±2	-26±2
	校准端口到各单元端口幅度最大偏差 ^{注3} (dB)	≤0.7	≤0.7
	校准端口到各单元端口相位最大偏差 ^{注3} (°)	≤5	≤5
	校准端口驻波比	≤1.5	≤1.5
	校准通道耦合方向性 (dB)	≥15	≥15
性能参数	输入回波损耗	各单元端口有源输入回波损耗 (dB)	≤-10
	垂直面波束	垂直面半功率波束宽度 (°)	≥6.5
		上部第一旁瓣抑制 (dB)	≤-12
		下部第一零点填充 (dB)	≥-22

表 4 (续)

频段 (MHz) ^{注1}			1 880~1 920	2 010~2 025	
性能参数	业务波束	波束 1 ^{注4}	水平面半功率波束宽度 (°)	≤35	≤35
			视轴增益 (dBi)	≥14	≥14
			水平面旁瓣电平 (dB)	≤-5	≤-5
	广播波束	视轴增益 (dBi)	≥8.5	≥8.5	
		方向图圆度 ^{注5} (dB)	± (1+0.08×φ)	± (1+0.08×φ)	

注 1: 2 300~2 400MHz 频段的的天线指标待定, 未在此表中列出。

注 2: 电下倾角预设值不为 0 时, 允许相应的增益指标下降为 0.07×θ_ldB, 其中 θ_l 为电下倾角预设值。

注 3: 校准端口与每个馈电端口形成一个校准通道, 对任意端口进行测量得到相位/幅度误差, 在相同频点上取所有测量值之间的最大偏差即得到本指标。

注 4: 波束 1 为天线馈电端口激励, 按照公式:

$$W_i=\exp\left\{-j\frac{2\pi}{\lambda}R\cos\left[\frac{\pi}{N}-\frac{2\pi}{N}(i-1)\right]\right\}$$

其中, $i=1, 2, \dots, N$; $N=8$ (对于 8 列阵)

计算出的幅度和相位进行调整的电流得到的波束, 其中 λ 为每个工作频段的中心频点。

注 5: 电下倾角预设值不为 0 时, 方向图圆度指标为± (1+0.08×φ) dB, 其中 φ 为电下倾角预设值

5.1.5 六列单元全向环形智能天线阵 (见表 5)

表 5 六列单元全向环形智能天线阵

频段（MHz） ^{注1}		1 880~1 920	2 010~2 025	
结构参数	阵列形式	环形	环形	
	端口数目	6（单元端口）+1（校准端口）		
	阵列半径（mm）	72	68	
	极化方式	垂直	垂直	
	接口类型	N-50K	N-50K	
	馈电位置	底部	底部	
电路参数	垂直面电下倾预设置值 ^{注2} （°）	0， 3， 6， 9	0， 3， 6， 9	
	垂直面电下倾角精度（°）	±1	±1	
	输入阻抗（Ω）	50	50	
	各单元端口驻波比	≤1.5	≤1.5	
	相邻单元端口隔离度（dB）	≥18	≥18	
	每端口连续波功率容量（W）	≥50	≥50	
校准参数	校准端口至各单元端口的耦合度（dB）	-26±2	-26±2	
	校准端口到各单元端口幅度最大偏差 ^{注3} （dB）	≤0.7	≤0.7	
	校准端口到各单元端口相位最大偏差 ^{注3} （°）	≤5	≤5	
	校准端口驻波比	≤1.5	≤1.5	
	校准通道耦合方向性（dB）	≥15	≥15	
性能参数	输入回波损耗	各单元端口有源输入回波损耗（dB）	≤-10	≤-10
	垂直面波束	垂直面半功率波束宽度（°）	≥6.5	≥6.5
		上部第一旁瓣抑制（dB）	≤-12	≤-12
		下部第一零点填充（dB）	≥-22	≥-22

表5 (续)

表 3 (续)

频段 (MHz) ^{注1}				1 880~1 920	2 010~2 025
性能参数	业务波束	波束 1 ^{注4}	水平面半功率波束宽度 (°)	≤52	≤52
			视轴增益 (dB)	≥12.5	≥12.5
			水平面旁瓣电平 (dB)	≤-4	≤-4
	广播波束		视轴增益 (dB)	≥8	≥8
			方向图圆度 ^{注5} (dB)	± (1+0.08×φ)	± (1+0.08×φ)

注 1: 2 300~2 400MHz 频段的的天线指标待定, 未在此表中列出。

注 2: 电下倾角预设值不为 0 时, 允许相应的增益指标下降为 $0.07 \times \theta_i$ dB, 其中 θ_i 为电下倾角预设值。

注 3: 校准端口与每个馈电端口形成一个校准通道, 对任意端口进行测量得到相位/幅度误差, 在相同频点上取所有测量值之间的最大偏差即得到本指标。

注 4: 波束 1 为天线馈电端口激励, 按照公式:

$$W_i = \exp \left\{ -j \frac{2\pi}{\lambda} R \cos \left[\frac{\pi}{N} - \frac{2\pi}{N} (i-1) \right] \right\}$$

其中, $i = 1, 2, \dots, N$; $N = 6$ (对于 6 列阵)

计算出的幅度和相位进行调整的电流得到的波束, 其中 λ 为每个工作频段的中心频点。

注 5: 电下倾角预设值不为 0 时, 方向图圆度指标为 $\pm (1+0.08 \times \varphi)$ dB, 其中 φ 为电下倾角预设值

5.1.6 防雷性能要求

防雷性能要求是直接接地。

5.1.7 天线增益系列化

对于表1~表5, 当相应阵列口径在水平面尺寸维持不变, 而在垂直面的尺寸增大或减小时, 根据天线原理, 相应的天线单元波束增益、广播波束增益、业务波束增益将成正比增加或减小, 同时相应的垂直面方向图半功率波束宽度将成反比减小或增加。而其余的电气指标维持不变。不同增益对应的指标变化见表6。

表6 不同增益对应的指标变化

指标	原指标 (参考) ^{注1}	增益+2dB	增益-1.5dB	增益-3dB
单元波束增益 (dBi)	Ge	Ge + 2dB	Ge - 1.5dB	Ge - 3dB
广播波束增益 (dBi)	Gb	Gb + 2dB	Gb - 1.5dB	Gb - 3dB
0°扫描时的业务波束增益 (dBi)	Gs1	Gs1 + 2dB	Gs1 - 1.5dB	Gs1 - 3dB
最大扫描角时的业务波束增益 (dBi)	Gs2	Gs2 + 2dB	Gs2 - 1.5dB	Gs2 - 3dB
垂直面方向图半功率波束宽度 (°)	Vhpbw	Vhpbw / 1.59	Vhpbw / 0.7	Vhpbw / 0.5
天线总高度 (mm)	H	H × 1.59	H × 0.7	H × 0.5

注1: 原指标的参考值从相应的表1~表5中得到

5.1.8 天线广播波束幅相加权系数

天线厂家应提供各工作频段上中心频点上相应的广播波束幅相加权系数 (幅度权值以 dB 形式给出)。

5.2 机械特性要求

5.2.1 安装要求: 抱杆直径 50~114mm。

YD/T 1710.1-2007

5.2.2 一般结构要求：天线结构应牢固可靠，便于安装、使用和运输。

5.3 环境条件要求

5.3.1 抗风能力：工作风速 36.9 m/s；极限风速 55 m/s。

5.3.2 摄冰厚度：10mm 不被破坏。

5.3.3 环境温度：工作温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ ；极限温度 $-55^{\circ}\text{C}\sim+75^{\circ}\text{C}$ 。

5.3.4 具有良好的防雨性能。

5.3.5 具有防盐雾、潮湿、大气中二氧化硫与紫外线辐射的能力。

6 测量方法

6.1 概述

天线增益、半功率波束宽度、前后比及副瓣电平的测量可以采用远场、紧缩场和近场的测试方法，近场测试可以采用柱面型或球面型。无论是远场、紧缩场和近场，都鼓励采用具有低反射电平的无回波暗室环境，以尽量消除环境和干扰的影响。

本部分的叙述以常用的远场测试方法为准，鼓励采用立体方向图测量，提供更全面的方向图参数。

6.2 增益测量

6.2.1 测量框图如图 2 所示。

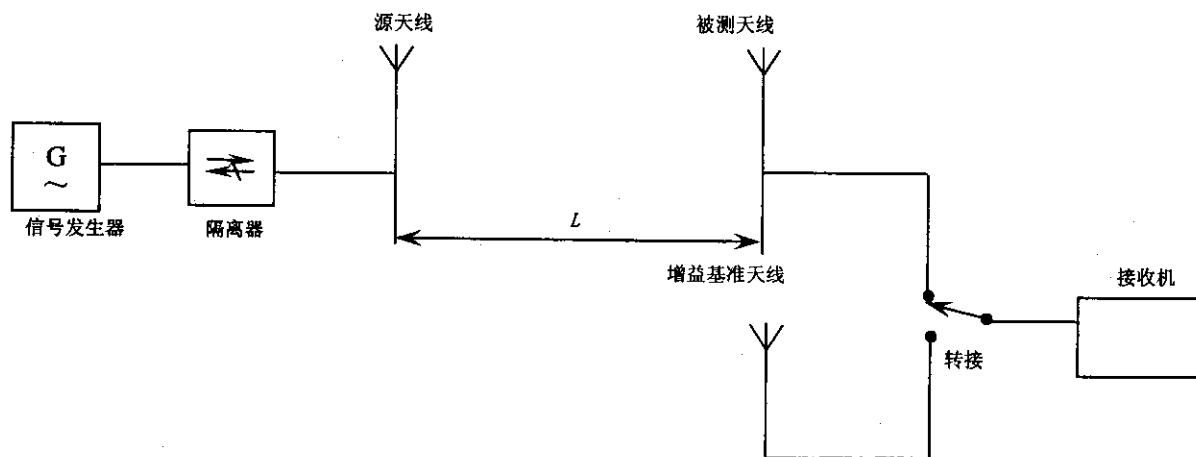


图 2 天线增益测量

6.2.2 测量条件

6.2.2.1 被测天线与源天线具有相同的极化方式。

6.2.2.2 被测天线和源天线之间测量距离应满足：

$$L \geq \frac{2(D^2 + d^2)}{\lambda} \quad (1)$$

式中： L —源天线与被测天线距离 (m)；

D —被测天线最大尺寸 (m)；

d —源天线最大辐射尺寸 (m)；

λ —测试频率波长 (m)。

6.2.2.3 被测天线应安装于场强基本均匀的区域，场强应预先用一个半波偶极天线在被测天线的有效天线体积内进行检测，如果电场变化超过 1.5dB，则认为试验场是不可用的。此外，增益基准天线在 2 个正交极化面上测得的场强差值应小于 1dB。

6.2.2.4 测量用信号发生器、接收机等测量设备和仪表应具有良好的稳定性、可靠性、动态范围和测量精度，以保证测量数据的正确性。测量用仪表应有计量合格证，并在校验周期内。

6.2.3 测量步骤

测量开始前，应准备好与测量参数相对应的天线阵列幅相加权馈电网络，在对其幅相加权值确认的同时，要在非被测网络单元端接匹配负载的情况下，分别测量出总的馈电输入端口到各阵列单元输入端口传输系数的模 $|S_{i,j}|$ (dB)，并利用公式：

$$L_n = 10 \times \log \sum_{j=1}^N 10^{\frac{-|S_{i,j}|}{10}} \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

其中， N 为阵列单元馈电端口数，求出与测量参数对应的天线阵列加权馈电网络的插入损耗。以备方向图测量时对相应的增益测量结果进行修正。

开始测量时，必须将被测天线和增益基准天线交替做水平和俯仰调整，以确保每一天线在水平和俯仰上的最佳指向，使其接收的功率电平为最大。

测量步骤如下：

a) 增益基准天线与源天线对准，通过转接，使增益基准天线与接收机相连接，此时接收机接收功率电平为 P_1 (dBm)。

b) 被测天线通过带有相应馈电端口所需加权值的馈电网络转接，使被测天线与接收机相连，然后通过测量调整使它与源天线对准，此时，接收机接收功率电平为 P_2 (dBm)。

c) 重复步骤 a) 和 b)，直至 P_1 和 P_2 测量的重复性达到可以接受的程度。

d) 被测天线某频率点的增益 G 按式 (3) 计算：

$$G = G_0 + (P_2 - P_1) + N \quad (3)$$

式中： G_0 —基准天线的增益 (dBi)。

N —是计入了对应天线阵列加权馈电网络插入损耗 L_N 后的接收机输入端分别到被测天线和增益基准天线输出端通路衰耗的修正值 (dB)。

e) 在同个工作频带内，测量高、中、低 3 个频率点，并计算分贝平均值。

f) 根据电性能要求中的不同增益定义，设置阵列馈电网络各输出端口的幅相加权值，先测出馈电网络相应的插入损耗，然后重复步骤 b) 到 e)，分别进行相应增益测试。

6.2.4 性能判据

对于每个工作频段都进行高、中、低 3 个频点增益的测试，平均值应满足增益指标的要求，而且高、中、低 3 个频点增益的最差值不能小于增益指标 1.0dB。否则，判定不合格。

6.3 方向图圆度（全向天线）、半功率波束宽度、前后比、交叉极化比的测量

6.3.1 测量示意图如图 3 所示。

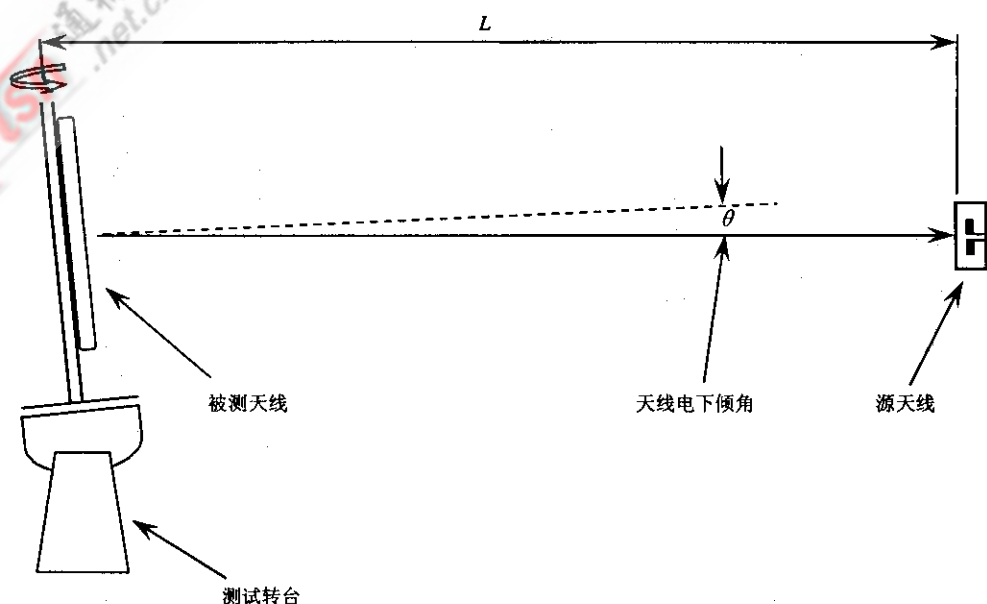


图3 天线方向图圆度、半功率波束宽度、前后比、副瓣电平测量

6.3.2 测量条件满足6.2.2节。

6.3.3 测量步骤

a) 被测天线垂直安装，通过具有所需加权值的馈电网络转接，使被测天线与接收机相连；并与源天线同极化对准。

b) 被测天线在测试转台上作方位旋转，并把接收到的电平作为角度的函数记录下来，得天线水平面同极化方向图 $F(\varphi)$ ，记录天线水平面半功率波束宽度 φ_1 ，波束指向最大值的接收电平 P_3 ，阵列法线背向 $180^\circ \pm 30^\circ$ 范围内最大接收电平 P_4 ，全向最小接收电平 P_5 。

c) 保持被测天线于同极化最大接收电平位置，将源天线极化旋转 90° ，并微调极化使被测天线在该位置接收电平最小。

d) 重复 b) 测试过程，得天线水平方向交叉极化方向图 $f(\varphi)$ ，记录轴向接收电平 P_6 ，阵列法线背向 $180^\circ \pm 30^\circ$ 范围内最大接收电平 P_7 。

e) 测量结果：

$$\text{全向天线：方向图圆度} = \pm(P_3 - P_5)/2 \quad (4)$$

$$\text{定向天线：水平面半功率波束宽度为 } \varphi_1$$

$$\text{同极化前后比} = P_3 - P_4 \quad (5)$$

$$\text{交叉极化前后比} = P_3 - P_7 \quad (6)$$

天线前后比为同极化与交叉极化前后比中较差者

$$\text{轴向交叉极化比} = P_3 - P_6 \quad (7)$$

$$\pm 60^\circ \text{ 范围内交叉极化比} = \min(F(\varphi) - f(\varphi)) \quad (8)$$

f) 被测天线水平安装，并与源天线同极化对准，重复 b) 测试过程，可以得天线垂直面半功率波束宽度 θ_2 。

6.3.4 性能判据

对于每个工作频段都进行高、中、低 3 个频点测试，测量结果应满足对应指标的要求。

6.4 天线电下倾角测量

6.4.1 测量条件满足 6.2.2 节。

6.4.2 测量系统能保证收发天线等高，天线垂直安装误差小于 0.2° 时，天线可垂直架设，此时转台俯仰角为 0° 。反复调整转台俯仰使天线接收到的功率电平为最大，记录这时转台的仰角为 θ ，则天线电下倾角 $\theta_t = \theta$ 。

6.4.3 测量系统不能保证收发天线等高，天线垂直安装误差大于 0.2° 时，建议天线采用水平架设，全向天线用一根，定向天线用一根天线正反架设（绕测试系统水平轴旋转 180° ），测量示意图如图 4 所示。

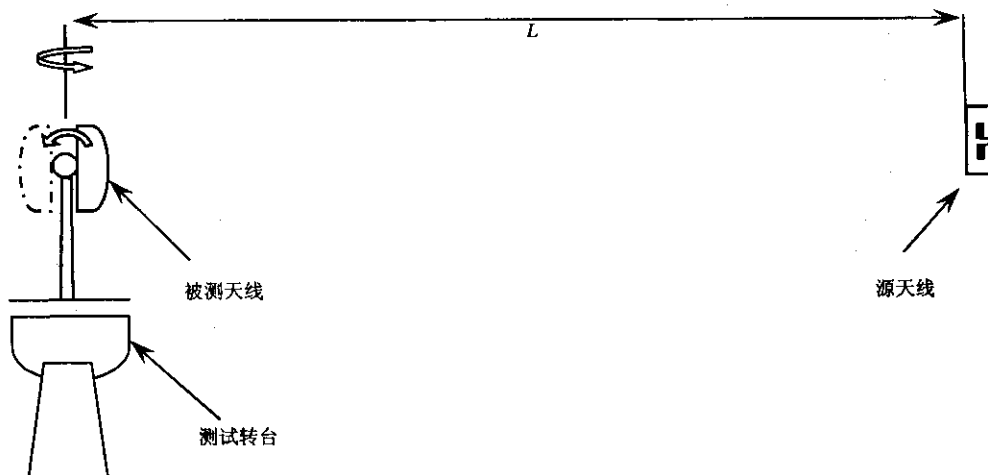


图 4 天线电下倾角测量

6.4.4 测量步骤

a) 天线作 360° 方位旋转，找出 2 个主瓣出现的位置，计算两主瓣之间的夹角分别为 θ_3 与 θ_4 （相对天线来说分别是上、下夹角）；

b) 测量结果：天线电下倾角 $\theta_t = (180 - \theta_4) / 2 = (\theta_3 - 180) / 2$ (9)

6.4.5 性能判据

对于每个工作频段都进行高、中、低 3 个频点测试，测量结果应满足对应指标的要求。

6.5 驻波比测量

6.5.1 测量框图如图 5 所示。

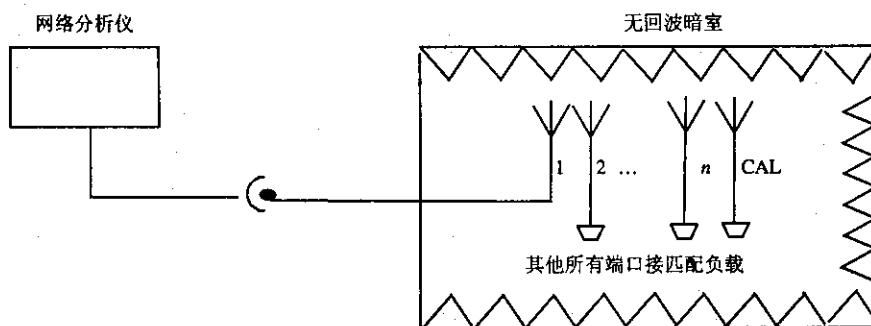


图 5 天线驻波比测量

6.5.2 测量条件

被测天线应该安装在一个相对的没有反射，并且离测试设备和测试人员相当远的自由空间或无回波暗室。检验测试场地合格的方法如下：

选择驻波比小于 1.5 的天线在 8 个相隔 45° 的水平方向上至少移动半个波长，且向上、向下各移动半个波长时，如驻波比测量值减 1 的变化小于 10%，则认为测试场是合格的。

鼓励采用具有多个测试端口的矢量网络分析仪进行测试，以提高测试效率。

6.5.3 驻波比测量步骤

- 将被测天线安装在符合 6.5.2 节的测量条件的自由空间或模拟自由空间。
- 按测量系统要求进行系统校准。
- 将测量系统与被测天线的任意一端口相连接（如图 5 所示），被测天线的其余端口一律接匹配负载，在工作频率范围内进行驻波比的测量，测试的驻波读数就是被测的天线端口的电压驻波比；天线驻波比应为工作频带内各频点驻波比的最差值。
- 重复 c) 步骤，测试其他端口的驻波比。

6.5.4 性能判据

选取每个工作频段中性能最差的频点，该频点上测量结果应满足对应指标的要求。

6.6 有源回波损耗测量

6.6.1 测量框图如图 6 所示。

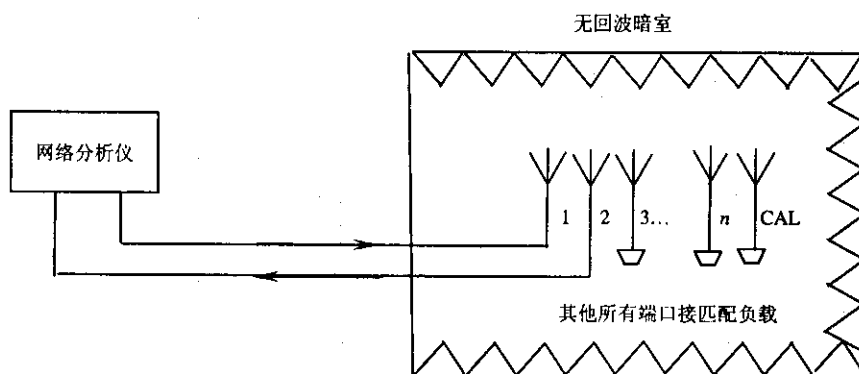


图 6 有源回波损耗测量

6.6.2 测量条件同 6.5.2 节。

6.6.3 有源输入回波损耗间接测量步骤

- 将被测天线安装在符合 6.5.2 节的测量条件的自由空间或模拟自由空间。
- 按测量系统要求进行系统校准。
- 将测量系统与被测天线的第 i 个馈电端口相连接（如图 5 所示），被测天线的其余端口一律接匹配负载，在工作频率范围内进行复反射系数 S_{ii} 的测量，测试的 S_{ii} 读数就是第 i 个馈电端口的自反射系数。
- 将测量系统与被测天线的第 i 个和第 j 个馈电端口相连接（如图 6 所示），被测天线的其余端口一律接匹配负载，在工作频率范围内进行传输系数 S_{ij} 的测量，测试的 S_{ij} 读数就是第 j 个馈电端口到 i 个馈电端口的传输系数。
- 重复 c)、d) 步骤，测试完成所有端口的 S_{ii} 和 S_{ij} 。
- 根据矩阵公式： $[b] = [S][a]$ ，可以求出任意幅/相激励 a_i 对应的反射信号 b_i ，从而求出第 i 个辐射端口的复反射系数 $\Gamma_i = b_i/a_i$ ，根据复反射系数可以求出第 i 个馈电端口相应的有源输入回波损耗为 $20\log(\Gamma_i)$ 。
- 求所有辐射端口有源回波损耗的最大值。
- 重复 f) 给出扫描角为 0° 、 $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 45^\circ$ 、 $\pm 55^\circ$ 的幅/相激励 a_i ，求相应的有源回波损耗。重复 g)，

求所有有源回波损耗的最大值。

6.6.4 性能判据

选取每个工作频段中性能最差的频点，该频点上测量结果应满足对应指标的要求。

6.7 隔离度测量

6.7.1 测量框图如图 7 所示。

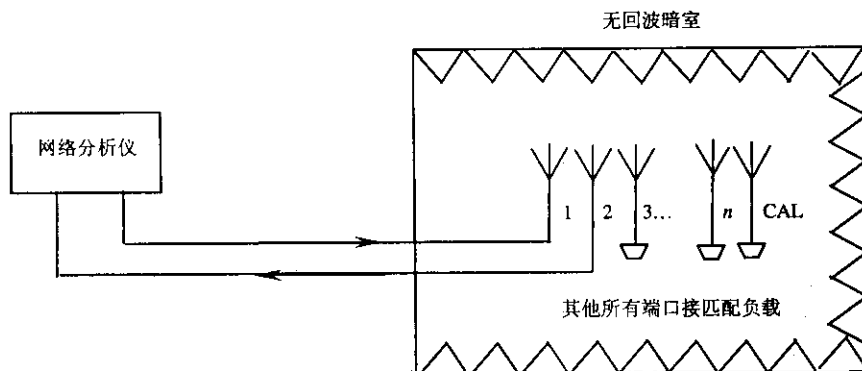


图 7 天线隔离度测量

6.7.2 测量条件满足 6.5.2 节。

6.7.3 测量步骤

同 6.6.3 节中 a)、b)、d)、e)。将所有测试的复数 S_{ij} 值取绝对值和对数，得并求最大值，即为隔离度指标。

6.7.4 性能判据

选取每个工作频段中性能最差的频点，该频点上测量结果应满足对应指标的要求。

6.8 校准电路参数测量

6.8.1 测量框图如图 8 所示。

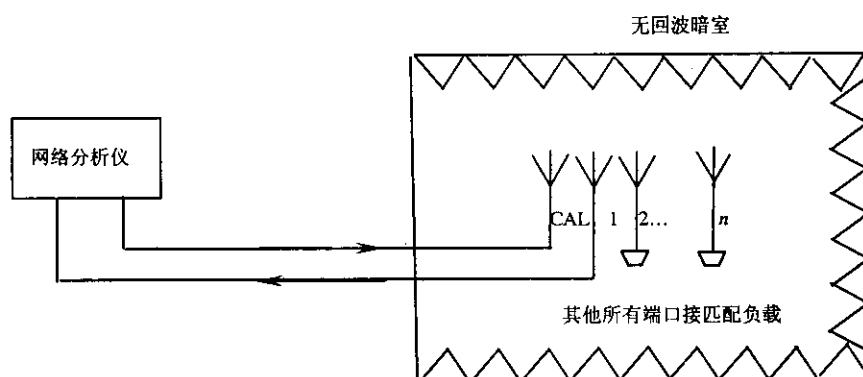


图 8 校准电路参数测量

6.8.2 测量条件满足 6.5.2 节。

6.8.3 测量步骤

- 将被测天线安装在符合 6.5.2 节测量条件的自由空间或模拟自由空间。
- 按测量系统要求进行系统校准。
- 将测量系统与被测天线的校准端口和第 i 个馈电端口相连接（如图 6 所示），被测天线的其余端口一律接匹配负载，在工作频率范围内进行传输系数 $S(i, \text{CAL})$ 的测量。
- 重复 c) 步骤，测试完成所有端口的 $S(i, \text{CAL})$ 。

测出校准口 CAL 至多个辐射端口 i 的传输系数 $S(i, \text{CAL})$, 将所有测试 $S(i, \text{CAL})$ 值分别求模和求相角, 将所有模曲线和相角曲线分别画在 2 张图中, 比较并分别求出最大的模 (即幅度) 偏差和相位偏差。

6.8.4 性能判据

对于每个工作频段都进行测试, 测量结果最差值应满足对应指标的要求。

6.9 功率容限测量

6.9.1 测量条件

温度: $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$;

气压: $86\text{kPa} \sim 106\text{kPa}$;

相对湿度: $45\% \sim 75\%$ 。

6.9.2 测量步骤

被测天线与射频信号源在规定的条件下连接, 给被测天线施加指定频率的规定功率, 持续时间 1 h, 在实验过程中实时监控天线发射的功率电平。没有明显杂波, 信号电平不出现明显波动。天线不应有损坏或损伤, 其驻波比满足本部分要求。

6.10 一般结构要求试验方法

可以用验算、目测和机械的方法对天线结构进行检查, 以验证材料、外形尺寸和结构设计、加工是否符合要求。

6.11 环境试验方法

环境试验的项目、要求和方法见表 7。

表7 环境试验方法

名 称	试验项目	试验条件	方 法	测量内容
低温试验	温度	$-40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$	按GB/T2423.1中规定的方法进行	驻波比
	试验样品温度稳定时间	1 h		
	持续试验时间	2 h		
	恢复时间	1 h		
高温试验	温度	$+60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	按GB/T2423.2中规定的方法进行	驻波比
	试验样品温度稳定时间	1 h		
	持续试验时间	2 h		
	恢复时间	1 h		
冲击试验	温度变化速率	$1^{\circ}\text{C}/\text{min}$	按GB/T2423.5中规定的方法进行	驻波比 隔离度 校准参数
	加速度	300 m/s^2		
	冲击脉冲持续时间	18 ms		
	冲击次数	18		
碰撞试验	加速度	200 m/s^2	按GB/T2423.6中规定的方法进行	驻波比 隔离度 校准参数
	碰撞脉冲持续时间	6 ms		
	每分钟碰撞次数	40 ~ 80		
	总碰撞次数	垂直方向400次 前后、左右水平 方向各300次 共1 000次		

表7 (续)

名 称	试验项目	试验条件	方 法	测量内容
振动 (正弦) 测试	频率 单振幅 三个互相垂直轴上 各振动时间 谐振点振幅 试验时间	1~30 Hz; 30~55Hz 0.75 mm; 0.25 mm 0.5 h 0.35 min 1 min	按GB/T2423.10中规定的方法进行	驻波比 隔离度 校准参数
汽车运输试验	公路等级 路程	三级 200 km	包装好的产品或对运输敏感的电器部件, 按标志“向上”或任意位置放置, 汽车装有1/3的额定载重负荷, 以20~40km/h的速度行驶	驻波比
恒定湿热试验	温度 相对湿度 试验时间 恢复时间	+40℃ ± 2℃ 90%~95% 24 h 1 h	按GB/T 2423.3中规定的方法进行	
风载试验	风速	36.9 m/s	在自然环境中验证	结构要求
冰负荷试验	冰厚度	10 mm	在自然环境中验证	
冲水试验	雨强度 倾斜角度 时间	4000±600 mm/h 45° 2 h	按GB/T 2423.38中规定的方法进行	驻波比 防水性能

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分型式检验 (例行检验) 和出厂检验 (交收检验) 两类。

7.1.1 型式检验

对产品技术条件规定的各项指标进行全面的检验, 一般为两年检查一次。当遇到下列情况之一时必须进行型式检验:

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定;
- 正式生产后, 如结构、材料、工艺有较大改变, 可能影响产品性能时;
- 产品长期停产, 恢复生产时;
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- 国家或行业质量监督机构认为必要时。

型式检验按GB2829采用一次抽样方案: $n=3$, $Ac=0$, $Re=1$, 判别水平 III 级, 不合格质量水平 (RQL) 为65。

7.1.2 出厂检验

7.1.2.1 出厂检验项目应根据表8规定进行。

7.1.2.2 出厂检验采用抽样的方法, 抽样采用GB2828.1一次正常检查抽样方案。

7.1.2.3 产品质量以不合格品数表示。任何样本在检验中有任何一项不合格, 则该样本单位应判为不合格品。

表8 出厂检验项目、合格质量水平和检查水平

检验项目	技术要求	试验方法	AQL	检查水平
一般结构要求	5.2.3节	6.9节	4.0	S-3
辐射端口电压驻波比	5.1节	6.5.1节 6.5.2节 6.5.3节	1.5	S-3
相邻辐射端口之间隔离度	5.1节	6.6节	1.5	S-3
校准参数	5.1节	6.7节	1.5	S-3

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

产品应有产品标志和外包装标志。

8.1.1 产品标志

天线上应有铭牌，其基本内容为：制造商名称、产品名称、商标、产品型号、制造日期、产品序列号，频段、增益（业务零度波束增益）；电下倾角；阵列形式和单元数目；检验合格标志。

8.1.2 外包装标志

应符合GB 191第二章的有关规定。

8.2 包装

8.2.1 包装要求的基本内容应符合GB 3873中2.3.1和2.3.2的规定。

8.2.2 产品随带文件

产品合格证；

产品说明书；

装箱单；

附件清单；

安装图；

其他有关的技术资料。

8.3 运输

天线在运输过程中尽量避免较大的震动及碰撞，应遵守箱外的标志规定。

8.4 贮存

包装好的产品应放置在周围空气中无酸性、碱性及其他腐蚀性气体且通风、干燥的库房中。贮存期限不超过两年，存期超过两年需重新测量，检验合格后方可使用。