



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 608—2021

无源 L 波段风廓线雷达

Passive phased array L-band wind profile radar

2021-05-10 发布

2021-09-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	2
4 分类与组成	2
4.1 分类	2
4.2 组成	2
5 技术要求	2
5.1 一般要求	2
5.2 安全要求	2
5.3 技术指标要求	3
6 试验方法	8
6.1 试验环境条件	8
6.2 设备组成	10
6.3 技术要求	10
6.4 性能指标要求	10
6.5 天线阵面	13
6.6 发射机	17
6.7 波束控制器	19
6.8 监控分系统	19
6.9 接收机	19
6.10 信号处理器	21
6.11 数据处理及应用终端	22
6.12 无线电声波探测系统	23
7 检验规则	23
7.1 检验分类	23
7.2 检验设备	23
7.3 检验项目	23
8 标志和随行文件	26
8.1 标志	26
8.2 随行文件	26
9 包装、运输与贮存	26
9.1 包装	26
9.2 运输	26
9.3 贮存	26
附录 A(规范性) 信号功率的谱矩及信噪比计算方法	28

附录 B(规范性) 风速、风向及 C_n^2 计算方法	29
参考文献	30

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。

本文件由全国气象仪器与观测方法标准化技术委员会(SAC/TC 507)提出并归口。

本文件起草单位：北京敏视达雷达有限公司、南京恩瑞特实业有限公司、中国气象局气象探测中心、中国航天科工集团第二研究院二十三所。

本文件主要起草人：段士军、李忱、吴蕾、梁学东、陆雅萍、李佳、贾晓星、郭光明。

无源 L 波段风廓线雷达

1 范围

本文件规定了采用无源相控阵体制的无源 L 波段风廓线雷达的分类与组成、技术要求、试验方法、检验规则、标志和随行文件、包装、运输与贮存等要求。

本文件适用于采用无源相控阵体制的边界层 L 波段、低对流层固定式 L 波段风廓线雷达的设计、生产和检验。

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。

GB/T 191—2008 包装储运图示标志

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 B：高温

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Db：交变湿热

GB/T 3784 电工术语 雷达

GB 4793.1—2007 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第 1 部分：通用要求

GB/T 19520.12—2009 电子设备机械结构 482.6 mm(19 in)系列机械结构尺寸 第 3-101 部分：插箱及其插件

QX/T 78—2007 风廓线雷达信号处理规范

QX/T 162—2012 风廓线雷达站防雷技术规范

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

风廓线雷达 **wind profiler radar**

用来探测大气风场的雷达，包括边界层风廓线雷达、对流层风廓线雷达、平流层风廓线雷达和中层风廓线雷达。

[来源：GB/T 3784—2009，2.1.1.29]

3.1.2

无源相控阵天线 **passive phased array antenna**

采用集中发射体制，由无源阵子和无源功率分配网络组成的相控阵天线。

3.1.3

无线电声波探测系统 **radio-acoustic sounding system**

利用声波引起大气折射指数起伏对电磁波的散射作用，进行大气温度垂直梯度探测的系统。

[来源:QX/T 525—2019,3.1.3]

3.1.4

I/Q 数据 in-phase and quadrature data

同相正交数据,雷达接收机输出的模拟中频信号经过数字中频采样和正交解调后得到的时间序列数据。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

DBS:多普勒波束扫描

FFT:快速傅里叶变换

MTBF:平均故障间隔时间

MTTR:平均维护时间

RASS:无线电声波探测系统

SNR:信噪比

I/Q:同相正交

DC:直流

4 分类与组成

4.1 分类

根据探测高度及安装平台,无源 L 波段风廓线雷达可分为低对流层风廓线雷达、边界层风廓线雷达(固定式)和边界层风廓线雷达(可移动式)三种。固定式雷达的天线安装在机房旁边或者机房房顶。可移动式雷达的天线一般安装在载车或方舱顶部。

4.2 组成

无源 L 波段风廓线雷达由无源相控阵天线(含天线阵面和无源功分网络两部分)、波束控制器、发射机、接收机、信号处理器、数据处理及应用终端、无线电声波探测系统(选配)及配电分系统等组成。此外,固定式风廓线雷达还应包括电磁屏蔽网;可移动式风廓线雷达还应包括载车或可移动方舱。

5 技术要求

5.1 一般要求

应包括下列要求:

- a) 雷达结构设计综合考虑室外工作环境、电磁兼容性、可维修性和通风散热等要求,并在机壳预留接地端子;
- b) 雷达产品的发射机、接收机、信号处理器、数据处理及应用终端、波束控制器、配电分系统等有源部分安装于室内;
- c) 雷达产品的无源相控阵天线(含天线阵面和无源功分网络两部分)安装于室外;
- d) 插箱、插件结构尺寸符合 GB/T 19520.12—2009 中第 5 章—第 10 章的规定。

5.2 安全要求

应包括下列要求:

- a) 雷达的安全性符合 GB 4793.1—2007 中第 5 章—第 7 章及第 9 章的要求,

b) 雷达站的防雷符合 QX/T 162—2012 中第 7 章—第 12 章的要求。

5.3 技术指标要求

5.3.1 一般要求

应包括下列要求：

- a) 雷达具有自动、连续、无人值守,自动在线标定校准,远程监控和遥控的能力;
- b) 雷达具备自动校时功能;
- c) 雷达采用 DBS 工作方式,获取一次风场数据的时间一般为 6 min,在获取风场之外的时间内可完成在线标定校准等功能。

5.3.2 总体技术指标要求

5.3.2.1 工作频率

在 1270 MHz~1295 MHz 和 1300 MHz~1375 MHz 范围内选择工作频段。

5.3.2.2 测量范围

测量范围指标应符合表 1 的要求。

表 1 测量范围指标

序号	项目	低对流层风廓线雷达	边界层风廓线雷达 (固定式)	边界层风廓线雷达 (可移动式)
1	最高探测高度	≥ 6 km	≥ 3 km	≥ 2 km
2	最低探测高度	≤ 150 m	≤ 100 m	≤ 100 m
3	水平风速测量范围	0 m/s~60 m/s		
4	垂直风速测量范围	0 m/s~20 m/s		
5	风向测量范围	$0^{\circ}\sim 360^{\circ}$		
6	大气虚温测量范围 (选配 RASS 时)	223 K~323 K		

5.3.2.3 测量性能

测量性能指标应符合表 2 的要求。

表 2 测量性能指标

序号	项目	低对流层风廓线雷达	边界层风廓线雷达 (固定式)	边界层风廓线雷达 (可移动式)
1	风速测量误差(均方根偏差)	≤ 1.5 m/s		
2	风向测量误差(均方根偏差)	$\leq 10^{\circ}$		
3	大气虚温测量误差(均方根偏差) (选配 RASS 时)	≤ 1 K		
4	风速分辨力	≤ 0.2 m/s		

表 2 测量性能指标(续)

序号	项目	低对流层风廓线雷达	边界层风廓线雷达 (固定式)	边界层风廓线雷达 (可移动式)
5	风向分辨力	$\leq 0.5^\circ$		
6	时间分辨力	三波束工作时:时间分辨力不大于 3 min; 在五波束工作时:时间分辨力不大于 6 min		
7	高度分辨力	低模式为 120 m,高模式为 240 m(应采用与距离分辨力匹配的子脉冲宽度的脉冲压缩技术)	低模式为 60 m,高模式为 120 m(应采用与距离分辨力匹配的子脉冲宽度的脉冲压缩技术)	

5.3.2.4 最小可检测信号

不大于 -145 dBm。

5.3.2.5 动态范围

不小于 90 dB(高于灵敏度电平 50 dB 以上)。

5.3.2.6 相干性

系统相位噪声:不大于 0.1° 。

5.3.2.7 输出基础数据

以图像、表格、文字等形式输出不少于下列的基础数据:

- a) 功率谱和谱的零、一、二阶矩;
- b) 回波信噪比;
- c) 水平风速、风向;
- d) 垂直气流速度和方向;
- e) 大气折射率结构常数 C_n^2 ;
- f) 大气虚温(选配 RASS 时)。

5.3.2.8 可靠性/可维修性

应包括下列要求:

- a) MTBF:不小于 2500 h;
- b) MTTR:不大于 30 min。

5.3.2.9 设备设计使用年限

15 年。

5.3.2.10 监控

监控项目见表 3,监控项目应在终端软件中显示数值或状态参数。

表 3 监控项目

设备	监控项目
天线分系统	波束指向状态信息
发射机	发射机过热故障
	发射机输入故障
	发射机无输出故障
	发射机电源故障
	发射机输出驻波故障
	发射机工作温度数值
	发射机输出前向功率数值
接收机	天线反射功率数值
	接收机电源采样信号

5.3.2.11 自动标定

自动标定项目及指标应符合下列要求：

- a) 接收通道强度线性度标定,误差:不大于 1 dB;
- b) 速度标定,误差:不大于 0.2 m/s;
- c) 最小可检测信号标定,指标应符合 5.3.2.4 的要求;
- d) 动态范围标定,指标应符合 5.3.2.5 的要求;
- e) 系统相干性标定,指标应符合 5.3.2.6 的要求。

5.3.2.12 通信

对外通信接口应符合下列要求：

- a) 通信标准:不低于 100 Base-T;
- b) 硬件接口:RJ-45 或光纤接口;
- c) 通信协议:TCP/IP 协议。

5.3.2.13 功耗与电源

功耗与电源指标应符合表 4 的要求。

表 4 功耗与电源

序号	项目	低对流层风廓线雷达	边界层风廓线雷达 (固定式)	边界层风廓线雷达 (可移动式)
1	功耗	≤ 8 kW	≤ 5 kW	≤ 3 kW
2	采用交流电源	380 V/220 V $\times(1\pm 10\%)$ 、50 Hz $\times(1\pm 5\%)$		

5.3.2.14 环境适应性

环境适应性应符合下列要求。

- a) 温度：
 - 1) 室外部分： $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
 - 2) 室内部分： $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 相对湿度：室外部分不大于 100%，室内部分不大于 95%。
- c) 抗风：能经受的最大阵风风速为 50 m/s，能经受的最大平均风速为 30 m/s。在上述情况下，天线和电磁屏蔽网不产生永久性变形或破坏。
- d) 其他环境适应性：具备防盐雾、防霉、防沙尘和防雷击能力。
- e) 电磁兼容性：具有静电屏蔽、电磁屏蔽设计，设备地线中模拟地线(Ga)与数字地线(Gd)和安全地线(Gp)分开。

5.3.2.15 系统智能化要求

系统应具备下列功能：

- a) 远程控制雷达系统开关机能力；
- b) 远程系统运行参数监测和控制能力；
- c) 软件远程升级能力。

5.3.3 分系统技术要求

5.3.3.1 天线阵面

天线阵面安装在天线罩内。天线罩应具有光滑平整的低风阻外形、架设和维修方便、安全可靠、具有防锈措施和能全天候工作。移动式天线整罩尺寸不应大于载车尺寸。

天线阵面技术指标应符合表 5 的要求。

表 5 天线阵面技术指标

序号	名称	技术指标		
		低对流层风廓线雷达	边界层风廓线雷达 (固定式)	边界层风廓线雷达 (可移动式)
1	天线类型	模块化微带无源相控阵天线		
2	工作频率	见 5.3.1		
3	波束指向	五波束,一个铅垂方向和四个方位相互正交、具有相同仰角的倾斜波束		
4	倾斜波束倾角	$15^{\circ}\pm 5^{\circ}$		
5	波束宽度	$\leq 3^{\circ}$	$\leq 4.5^{\circ}$	$\leq 9^{\circ}$
6	天线增益	$\geq 35\text{ dB}$	$\geq 30\text{ dB}$	$\geq 24\text{ dB}$
7	最大副瓣(收发之和)	$\leq -40\text{ dBc}$ (扫描面和非扫描面)		
8	远区副瓣(收发之和)	$\leq -60\text{ dBc}$	$\leq -60\text{ dBc}$	$\leq -50\text{ dBc}$
9	驻波系数	≤ 1.3		
10	发射支路馈线损耗	$\leq 3\text{ dB}$		
11	接收支路馈线损耗	$\leq 4\text{ dB}$		
12	极化方式	线极化		
13	波瓣形式	笔形波束		
14	波束转换方式	电控		
15	天线罩传输损耗(双程)	$\leq 0.2\text{ dB}$		
16	双程屏蔽网隔离度	$> 40\text{ dB}$		

5.3.3.2 发射机

采用集中发射全固态脉冲发射体制,技术指标应符合表 6 的要求。

表 6 发射机技术指标

序号	项目	低对流层风廓线雷达	边界层风廓线雷达 (固定式)	边界层风廓线雷达 (可移动式)
1	工作频率	见 5.3.1		
2	峰值功率	≥ 6 kW	≥ 2 kW	≥ 2 kW
3	脉冲宽度	窄脉冲: $0.8 \mu\text{s}$ 宽脉冲: $1.6 \mu\text{s}$ 乘以子脉冲数	窄脉冲: $0.4 \mu\text{s}$ 宽脉冲: $0.8 \mu\text{s}$ 乘以子脉冲数	
4	脉冲重复周期	$20 \mu\text{s} \sim 100 \mu\text{s}$		
5	最大占空比	$\geq 10\%$		
6	发射频谱宽度	≤ 35 MHz(在 -35 dBc 处)		

5.3.3.3 波束控制器

波束控制器采用数字控制方式。

5.3.3.4 监控分系统

监控分系统由时序控制器、状态监视器和主控计算机组成,按表 3 进行监控。

5.3.3.5 接收机

接收机应符合下列要求。

- a) 噪声系数:不大于 1.5 dB(低噪放入口处测试)。
- b) 接收机灵敏度:
 - 1) 不大于 -111 dBm(脉冲宽度为 $0.8 \mu\text{s}$);
 - 2) 不大于 -108 dBm(脉冲宽度为 $0.4 \mu\text{s}$)。
- c) 中频采样位数:不少于 16 bit。
- d) 中频采样频率:不小于 40 MHz。
- e) 数字中频带宽:与脉冲宽度匹配。
- f) I/Q 输出位数:不少于 24 bit。
- g) 镜频抑制比:不小于 70 dB。
- h) 接收机频率源短时稳定度:优于 $10^{-11}/\text{ms}$ 。
- i) 接收机频率源相位噪声:不大于 -120 dBc/Hz(@ 1 kHz)。
- j) 接收机频率源输出杂散:不大于 -60 dBc。

5.3.3.6 信号处理器

5.3.3.6.1 风廓线雷达信号处理方法应按照 QX/T 78—2007 中第 4 章的要求执行,信号功率的谱矩及信噪比应按照附录 A 计算。

5.3.3.6.2 设备具有采用发射脉冲进行距离标校功能。

5.3.3.6.3 信号处理器技术指标应符合表 7 的要求。

表 7 信号处理器技术指标

序号	项目	低对流层风廓线雷达	边界层风廓线雷达 (固定式)	边界层风廓线雷达 (可移动式)
1	处理模式	常规模式,脉冲压缩模式		
2	时域相干积累数	1~1024		
3	FFT 点数	128,256,512,1024,2048 或更多		
4	最大处理库数	≥100		
5	库长	120 m/240 m	60 m/120 m	
6	输出	功率谱密度分布或 I/Q 数据		

5.3.3.7 数据处理及应用终端

数据处理及应用终端由终端处理软件及计算机组成。它接收信号处理器输出信号,生成各种产品。应符合下列要求:

- a) 数据处理及应用终端应具有设置台站参数功能,包括站号、站址、经度、纬度、海拔高度等系统参数的设置;
- b) 数据处理及应用终端应具有数据文件存储功能,存储内容包括功率谱数据文件、径向数据文件、实时采样高度上产品数据文件、半小时平均采样高度上产品数据文件、一小时平均采样高度上产品数据文件等;
- c) 风速、风向及 C_n^2 应按照附录 B 进行计算。

5.3.3.8 无线电声波探测系统

无线电声波探测系统的技术指标应符合下列要求:

- a) 工作频率:2500 Hz~3200 Hz;
- b) 3 dB 声波束宽度:10°±2°;
- c) 声天线增益:不小于 10 dB;
- d) 声压级:不小于 130 dB(声天线口面上方 1 m 处);
- e) 声源喇叭承受功率:不小于 100 W/8 Ω;
- f) 声功放输出功率:0 W~1 500 W/4 Ω(可调);
- g) 音频输入幅度:峰峰值电压(V_{pp})不大于 2 V;
- h) 隔音:筒内衬吸音材料。

6 试验方法

6.1 试验环境条件

6.1.1 室内测试环境条件

室温在 15 °C~25 °C,空气相对湿度不大于 70%。

6.1.2 室外测试环境条件

空气温度在 5℃~35℃,空气相对湿度不大于 80%,风速不大于 5 m/s。

6.1.3 试验仪表和设备

试验仪表和设备主要性能应符合表 8 的要求。

表 8 试验仪表和设备

序号	设备名称	主要性能要求
1	信号源	频率:10 MHz~13 GHz 输出功率: -135 dBm~21 dBm
2	频谱仪	频率:10 MHz~13 GHz 最大分析带宽:不低于 25 MHz 精度:不低于 0.19 dB
3	功率计(含探头)	功率: -35 dBm~20 dBm 精度误差:不大于 0.1 dB
4	衰减器	频率:DC~18 GHz 精度误差:不大于 0.5 dB 功率:不小于 2 W
5	检波器	频率:100 MHz~3.5 GHz 灵敏度:1 mV/10 μW 最大输入功率:10 mW
6	示波器	带宽:不小于 200 MHz
7	矢量网络分析仪	频率:100 MHz~13 GHz 动态范围:不小于 135 dB 输出功率:不小于 15 dBm
8	噪声系数分析仪(含噪声源)	频率:10 MHz~7 GHz 测量范围:0 dB~20 dB 精度误差:不大于 0.15 dB
9	信号分析仪	频率:10 MHz~7 GHz 功率: -15 dBm~20 dBm 分析偏置频率:1 Hz~100 MHz 精度误差:不大于 3 dB
10	大功率衰减器	频率:DC~2 GHz 精度误差:不大于 0.5 dB 峰值功率:不小于 8 kW
11	相位噪声分析仪	频率:1 MHz~7 GHz 最大分析带宽:不低于 25 MHz 精度:不低于 0.2 dB

6.2 设备组成

目测检查雷达系统组成。

6.3 技术要求

6.3.1 一般要求

目测检查雷达的结构设计、安装布局、插箱、插件等设计文件及实物。

6.3.2 安全要求

目测检查系统安全标识、接地保护、电源连接及保护、电缆连接及防护。检查雷达站防雷工程测试数据。

6.4 性能指标要求

6.4.1 一般要求

操作演示检查。

6.4.2 总体技术要求

6.4.2.1 工作频率

使用频谱仪测试发射机输出耦合信号的中心频率。

6.4.2.2 测量范围

查验数据处理及应用终端获得的实际观测数据和历史记录检查测量范围数据。

6.4.2.3 测量性能

6.4.2.3.1 风速测量误差(均方根偏差)

6.4.2.3.1.1 在设备风速测量范围内选定理论风速值,计算频偏,设定信号源固定频偏,由接收机入口注入,在数据处理及应用终端多次重复读取风速值,计算结果的均方根偏差值。

6.4.2.3.1.2 频偏与速度理论值 V_1 (米每秒,m/s)按下面公式进行计算:

$$V_1 = -(\lambda \times f_d)/2$$

式中:

λ ——雷达波长值,单位为米(m);

f_d ——注入信号的频率与雷达工作频率的差值,单位为赫兹(Hz)。

6.4.2.3.2 风向测量误差(均方根偏差)

由风速测量误差,根据合成水平风的理论计算公式(见附录 B),计算由不同波束测量误差产生的风向测量误差。

6.4.2.3.3 大气虚温测量误差

在大气虚温测量范围内,选取固定虚温值,计算频率偏移值,信号源输出频率设定为工作频率上加固定频率偏移值,设备运行虚温测量模式,多次读取测量值,计算结果的均方根偏差值。

6.4.2.3.4 风速分辨力

信号源由接收机注入,频率偏移量由 0.2 m/s 的速度计算获得,逐次步进改变频率偏移量,在数据处理及应用终端多次重复读取风速值应以 0.2 m/s 逐次变化。

6.4.2.3.5 风向分辨力

由风速分辨力,根据合成水平风的理论计算公式(见附录 B),计算风向分辨力。

6.4.2.3.6 时间分辨力

查验数据处理及应用终端获得的实际观测数据和历史记录检查时间分辨力。

6.4.2.3.7 高度分辨力

查验数据处理及应用终端获得的实际观测数据和历史记录检查高度分辨力。

6.4.2.4 最小可检测信号

测试示意图见图 1。用系统正常运转程序,设置 FFT 点数和脉冲累积数,改变信号源输出功率,增加可变衰减器的衰减值,直到数据处理终端上不能分辨,此时信号源输出功率值就是系统最小可检测信号($P_{r,min}$)。

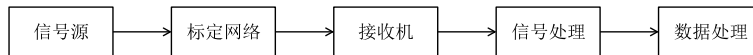


图 1 最小可检测信号测试示意图

6.4.2.5 动态范围

采用信号源经标定网络输入到接收机入口,在测得系统最小可测功率 $P_{r,min}$ (dBm) 的基础上,逐渐加大接收系统的输入功率,在数据终端读取输出功率,并依次记录数值,直到终端输出功率出现 1 dB 压缩点,此时接收系统的输入功率记为 $P_{r,max}$ (dBm);则接收系统的动态范围为: $P_{r,max} - P_{r,min}$,如图 2 所示,根据测试结果,绘制动态范围曲线(见图 3)。

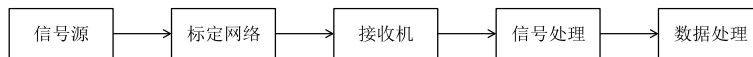


图 2 动态范围测试示意图

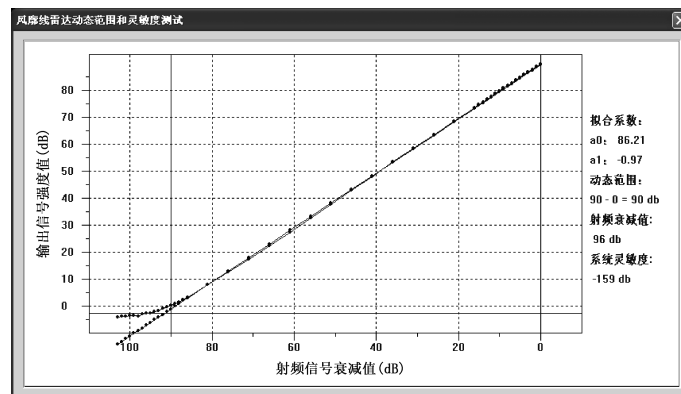


图 3 动态范围曲线

6.4.2.6 相干性

测试示意图见图4。发射机输出耦合信号经衰减后送回至接收机,接收机经信号处理获得的 I/Q 两路信号送至数据处理软件。数据处理软件计算出 I/Q 两路信号的相角的标准差就是所求相位噪声。

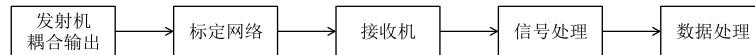


图4 相干性测试示意图

6.4.2.7 输出基础数据

查验数据处理及应用终端获得的实际观测数据和历史记录对输出基础数据进行检查。

6.4.2.8 可靠性/可维修性

应符合下列要求:

- a) 使用一个或一个以上雷达不少于半年的运行数据,统计系统的可靠性,结果用平均故障间隔(MTBF)表示;
- b) 使用一个或一个以上雷达不少于半年的运行数据,统计系统的可维护性,结果用平均修复时间(MTTR)表示。

6.4.2.9 监控

操作检查参数的显示,演示报警功能。

6.4.2.10 自动标定

实际操作并通过数据处理及应用终端对自动标定输出数据文件检查。

6.4.2.11 通信

操作检查数据处理及应用终端计算机通信接口及通信协议。

6.4.2.12 功耗与电源

雷达开机连续运行,统计1h用电量。

6.4.2.13 环境适应性

应按下列要求进行:

- a) 目测检查防护措施,对系统部件温湿度适应能力的试验方法按 GB/T 2423.1、GB/T 2423.2 和 GB/T 2423.4 的有关规定进行;
- c) 检查相关设计文件,对系统防盐雾、防霉、防沙尘、防雷击能力和电磁兼容性设计检查。

6.4.2.14 系统智能化要求

实际操作检查雷达远程开关机能力,远程系统运行参数监测和控制能力,软件远程升级能力。

6.5 天线阵面

6.5.1 测试方法

6.5.1.1 天线类型

目测检查天线类型。

6.5.1.2 天线方向图的测试

6.5.1.2.1 测试内容

包括接收方向图的测试和发射方向图的测试。整机测试时,天线方向图的测试一般只查验承制方的自测数据,通过对天线方向图的测试,可以完成工作频率、波束指向、波束宽度、天线增益、最大副瓣、远区副瓣的参数测试。

6.5.1.2.2 接收方向图的测试

测试示意图见图 5。测试应按下列步骤进行。

- a) 雷达工作在只接收状态。波束控制器控制使天线波束分别指向“垂直、东、南、西、北”5 个波束位置,同时操作检验波束电控转换方式。
- b) 信号源经过扫描架上的喇叭天线发出信号,天线阵面将接收到的信号由 N 个行(或列)无源功分网络和波束控制单元合成后送到矢量网络分析仪。
- c) 天线扫描架根据预设的模式对整个雷达天线阵面进行扫描,矢量网络分析仪记录每个扫描位置获得的幅度和相位数据。最后将 5 个波束位置的数据进行计算,得到 5 组接收天线方向图数据。
- d) 将测试结果填入表 9 中。

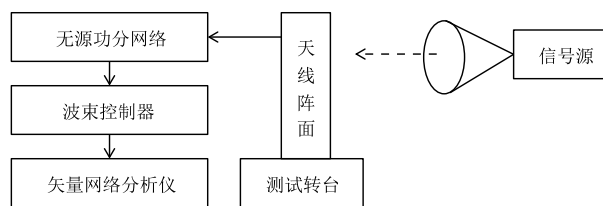


图 5 接收天线方向图测试示意图

表 9 接收天线方向图测试结果

项目	单位	要求	接收天线方向图测试结果				
			垂直	东	西	南	北
波束指向							
倾斜波束倾角	°						
波束宽度	°						
天线增益	dB						
最大副瓣	dBc						
远区副瓣	dBc						
波束转换方式							

6.5.1.2.3 发射方向图的测试

测试示意图见图 6。测试应按下列步骤进行。

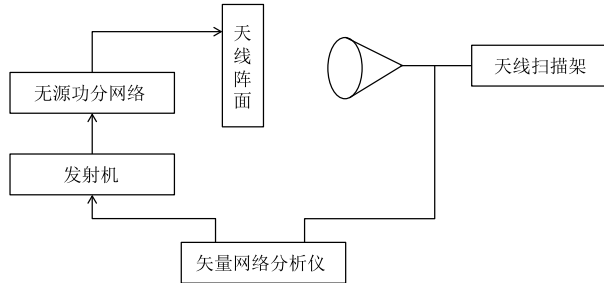


图 6 发射天线方向图测试示意图

- a) 雷达工作在只发射状态。波控控制器控制天线波束分别指向“垂直、东、南、西、北”5 个波束位置。
- b) 矢量网络分析仪发出信号送给发射机,经发射机放大后经功分网络送到天线阵面上辐射出去。扫描架上的天线阵子将接收到信号送给矢量网络分析仪。
- c) 天线扫描架根据预设的模式对整个雷达天线阵面进行扫描,矢量网络分析仪记录每个扫描位置获得的幅度和相位数据。最后将 5 个波束位置的数据进行计算,得到 5 组发射天线方向图数据。
- d) 将测试结果填入表 10 中。

表 10 发射天线方向图测试结果

项目	单位	要求	发射天线方向图测试结果				
			垂直	东	西	南	北
波束指向							
倾斜波束倾角	°						
波束宽度	°						
天线增益	dB						
最大副瓣	dBc						
远区副瓣	dBc						

6.5.1.2.4 测试结果处理

综合表 9 和表 10 的结果,将天线方向图测试结果填入表 11,其中波束指向、波束宽度、天线增益取平均值,最大副瓣和远区副瓣取收发之和。

表 11 天线方向图测试结果

项目	单位	要求	天线方向图测试结果				
			垂直	东	西	南	北
波束指向							
倾斜波束倾角	°						
波束宽度	°						
天线增益	dB						
最大副瓣(收发之和)	dBc						
远区副瓣(收发之和)	dBc						

6.5.1.3 驻波系数测试

测试示意图见图 7。矢量网络分析仪标校后在天线端口进行天线驻波测试。

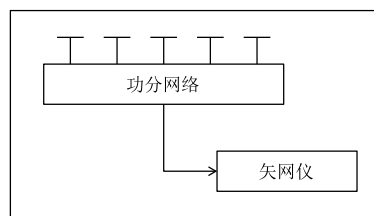


图 7 驻波测试示意图

测试结果填入表 12 中。

表 12 驻波系数测试结果

技术指标	测试值
≤ 1.3	

6.5.1.4 馈线损耗的测试

6.5.1.4.1 测试示意图见图 8。发射支路馈线损耗,即为发射机输出到功分网络的端口至天线单元入口处这一段馈线网络的损耗。

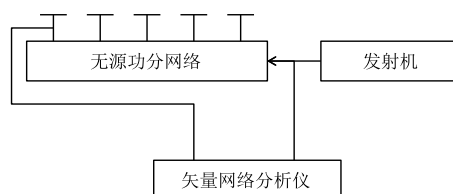


图 8 馈线损耗测试示意图

6.5.1.4.2 接收支路的馈线损耗由两部分组成,第一部分与发射支路馈线损耗相同;第二部分由室内单元的环形器、限幅器和若干电缆的损耗组成,第二部分一般不超过 1 dB。

6.5.1.4.3 雷达有 N 个行馈和 N 个列馈网络,因此该值有 $2N$ 个。由于这 $2N$ 个网络的设计完全相同,故测试时可以查验承制方的自测数据并进行抽测。

6.5.1.4.4 测试结果填入表 13 中。

表 13 馈线损耗测试结果

项目	技术指标 dB	测试值 dB
发射支路馈线损耗	≤ 3	
接收支路馈线损耗	≤ 4	

6.5.1.5 极化方式及波瓣形式

由 6.5.1.2.3 发射方向图测试数据,得到雷达发射方向图,查验雷达极化方式及波瓣形式。

6.5.1.6 天线罩传输损耗和屏蔽网隔离度测试

查验天线罩传输损耗的微波暗室测试结果。

测试示意图见图 9。测试按下列步骤进行:

- a) 将信号源的输出幅度设为 0 dBm,在无屏蔽网的情况下记录频谱分析仪的读数(P_1);
- b) 关闭屏蔽网,记录频谱分析仪的读数(P_2),则屏蔽网的单向隔离度(I)为 P_1 与 P_2 的差,双程屏蔽网隔离度为单向屏蔽隔离度的 2 倍;
- c) 将测试结果填入表 14 中。

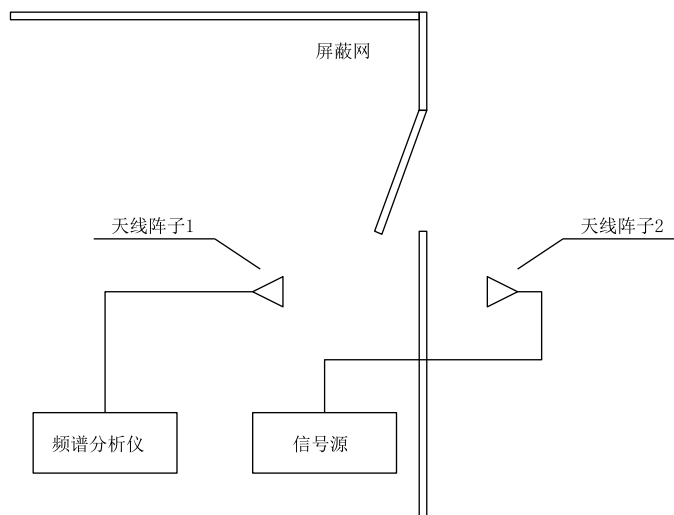


图 9 天线屏蔽网隔离度测试示意图

表 14 屏蔽网隔离度测试结果

频谱分析仪的读数(P_1) dBm	频谱分析仪的读数(P_2) dBm	双程屏蔽网隔离度(2I) dB

6.6 发射机

6.6.1 测试仪器

大功率衰减器、频谱分析仪、功率计、示波器、检波器。

6.6.2 测试方法

6.6.2.1 工作频率、发射频谱宽度

测试示意图见图 10。测试按下列步骤进行。

- a) 将大功率衰减器连接发射机输出端,用频谱分析仪测试工作频率。
- b) 频谱分析仪选择适当分辨带宽和量程,分别测量高模式(宽脉冲)、低模式(窄脉冲)下的发射脉冲频谱,找出中心频率 f_0 ,在低于峰值 -10 dBc、-20 dBc、-30 dBc、-35 dBc、-40 dBc、-50 dBc 处记录频率值,计算出发射信号的频谱宽度。该指标可以抽测。
- c) 工作频率、发射频谱宽度(分窄、宽脉冲)测试结果分别填入表 15—表 17 中。

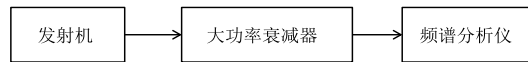


图 10 工作频率、发射频谱宽度测试示意图

表 15 工作频率测试结果

项目	技术指标 MHz	测试值 MHz
工作频率		

表 16 低模式(窄脉冲)测试结果

距离中心频率频谱线衰减量 dBc	频谱宽度 MHz		
	左频偏	右频偏	谱宽
-10			
-20			
-30			
-35			
-40			
-50			

表 17 高模式(宽脉冲)测试结果

距离中心频率频谱线衰减量 dBc	频谱宽度 MHz		
	左频偏	右频偏	谱宽
-10			
-20			
-30			
-35			
-40			
-50			

6.6.2.2 发射机峰值功率

测试示意图见图 11。将大功率衰减器连接发射机输出端口,用功率计分别测量高模式、低模式下发射机峰值功率。

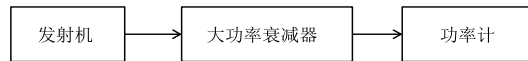


图 11 发射功率测试示意图

发射机峰值功率测试结果填入表 18 中。

表 18 发射功率测试结果

项目	脉冲类型	测试值 kW	备注
发射机峰值功率	窄脉冲		
	宽脉冲		

6.6.2.3 发射脉冲参数

测试示意图见图 12。将大功率衰减器连接发射机输出端口,用示波器分别测量高模式、低模式下的发射脉冲参数。

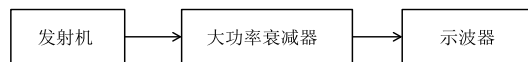


图 12 发射脉冲参数测试示意图

发射脉冲参数测试结果填入表 19 中。

表 19 发射脉冲参数测试结果

项目	工作模式	脉宽 μs	重复周期 μs	占空比 %
发射脉冲参数	低模式			
	高模式			

6.7 波束控制器

实际操作检查。

6.8 监控分系统

查验数据处理及应用终端对监控项目的记录文件。

6.9 接收机

6.9.1 测试仪器

包括信号源、频谱分析仪、示波器、信号分析仪、噪声源、噪声系数分析仪。

6.9.2 测试方法

6.9.2.1 噪声系数

噪声系数测试示意图见图 13。首先将噪声源与噪声系数分析仪连接,测试噪声源的噪声作为基准,然后将噪声源连接接收机的输入端,输出端接噪声系数分析仪。此时噪声系数分析仪的读数为噪声系数。

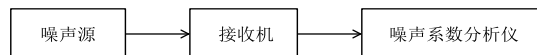


图 13 噪声系数测试示意图

噪声系数测试结果填入表 20 中。

表 20 噪声系数测试结果

项目	技术指标	测试值	备注
噪声系数	≤ 1.5 dB(低噪声放大器入口处)		

6.9.2.2 接收机灵敏度

测试示意图见图 14。首先将信号源连接接收机的输入端,输出端接频谱分析仪。频谱分析仪设置合适的中心频率,设置适当的扫频范围、分辨带宽和视频带宽。测试时,首先关闭信号源,测得噪声电平 P_N (dBm),再打开信号源,调整信号源的输出功率,使频谱分析仪的读数为 $P_N + 3$ dB,此时信号源的输出功率值即为接收灵敏度。该指标可以抽测。

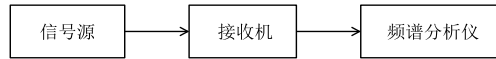


图 14 接收机灵敏度测试示意图

接收机灵敏度测试结果填入表 21 中。

表 21 接收灵敏度测试结果

项目	技术指标	测试值	备注
接收灵敏度			频谱分析仪设置:连续波、分析带宽为 1 MHz、显示带宽为 30 Hz

6.9.2.3 中频采样位数

依据系统中频采样芯片型号,查验 AD 芯片手册,确定中频采样位数。

6.9.2.4 中频采样频率

测试示意图见图 15。将接收机的中频采样时钟与频谱分析仪连接并读出结果,应符合 5.3.3.5 的要求。

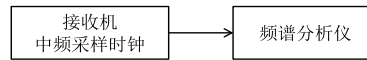


图 15 中频采样频率测试示意图

6.9.2.5 数字中频带宽

测试示意图见图 16。将信号源连接到接收机射频(或数字中频)输入端,设置合适的中频频率;改变信号源频率,记录数据处理终端输出信号下降 3 dB 时的两边频率 f_1 和 f_2 ,则接收机的数字中频带宽为 $f_2 - f_1$ 。

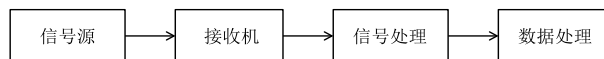


图 16 数字中频带宽测试示意图

6.9.2.6 I/Q 输出位数

查验数据处理存储的 I/Q 原始数据,查验 I/Q 输出位数。

6.9.2.7 镜频抑制比

在接收机输入端分别注入工作频率和镜像频率信号,用频谱仪在接收机中频输出端测试,两个输出中频信号相等时,工作频率和镜像频率信号的功率差值即为镜频抑制比。

6.9.2.8 接收机频率源短时稳定度

测试示意图见图 17,将频率源本振输出连入相位噪声分析仪,将相位噪声分析仪切换至短稳测试

模式,此时相位噪声分析仪的读数为频率源短时稳定度。

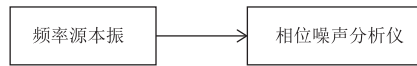


图 17 频率源短时稳定度测试示意图

6.9.2.9 接收机频率源相位噪声

测试示意图见图 18,将频率源本振输出连入相位噪声分析仪,将相位噪声分析仪切换至相位噪声模式,此时相位噪声分析仪的读数为频率源输出相位噪声。

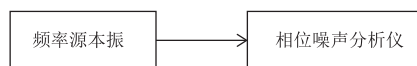


图 18 频率源相位噪声测试示意图

6.9.2.10 接收机频率源输出杂散

测试示意图见图 19,将频率源本振输出连入频谱仪,频谱频率范围设置 10 MHz~6.0 GHz,最高值 P_1 与次峰值 P_2 功率差值为输出杂散。

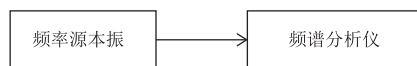


图 19 频率源输出杂散测试示意图

6.10 信号处理器

6.10.1 处理模式、时域相干积累数、FFT 点数

实际操作数据处理及应用终端软件,查验处理模式设置;演示修改检查时域相干累计数、FFT 点数。

6.10.2 最大处理库数、库长

6.10.2.1 通过数据处理及应用终端软件检查,分别查验低、高两种模式下的库长;将低、高两种模式下的库数加起来减去交叠部分库数就得到总库数。

6.10.2.2 库长库数检验测试结果填入表 22 中。

表 22 库长库数检验测试结果

项目	低模式		高模式		总库数
	库长	库数	库长	库数	
设计值					
测试值					

6.10.3 输出

通过数据处理及应用终端软件检查。

6.10.4 距离标校

测试示意图见图 20。测试按下列步骤进行：

- a) 将发射机输出耦合信号经衰减器直接送入接收机，在数据处理软件中显示该信号的位置即为零距离；
- b) 将发射机输出耦合信号经衰减器、15 μs 延迟线后送入接收机，在数据处理软件中显示该信号的位置即为 2250 m。

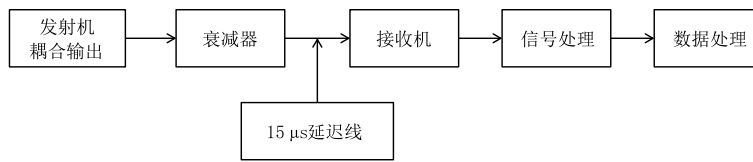


图 20 距离标校测试示意图

距离标校测试结果填入表 23 中。

表 23 距离标校测试结果

项目	设计值	测试值
探测距离标校		

6.11 数据处理及应用终端

6.11.1 台站参数设置

检查是否提供站号、站址、经度、纬度、海拔高度等系统参数的设置功能。

6.11.2 数据文件存储、数据文件格式

数据存储与管理检查结果填入表 24 中。

表 24 数据存储与管理检查结果

序号	数据存储与管理	是否具备
1	功率谱数据文件	
2	径向数据文件	
3	实时采样高度上产品数据文件	
4	半小时平均采样高度上产品数据文件	
5	一小时平均采样高度上产品数据文件	

6.12 无线电声波探测系统

由 RASS 承制方提供测试方法和测试报告,应符合 5.3.3.8 的要求。

7 检验规则

7.1 检验分类

7.1.1 定型检验

定型检验在下列情况下进行:

- a) 新产品定型;
- b) 主要设计、工艺、组件和部件有重大变更。

7.1.2 出厂检验

设备完成生产出厂时进行。

7.1.3 现场检验

设备完成现场安装调试交付用户前进行。

7.2 检验设备

所使用的试验与检验设备应在检定有效期内。

7.3 检验项目

应按照表 25 进行检验。

表 25 检验项目、技术要求和试验方法表

序号	检验项目名称	技术要求条文号	试验方法条文号	定型检验	出厂检验	现场检验
分类与组成						
1	组成	4.2	6.2	●	—	●
技术要求						
2	一般要求	5.1	6.3.1	●	●	●
3	安全要求	5.2	6.3.2	●	●	●
一般技术指标要求						
4	一般要求	5.3.1	6.4.1	●	●	●
总体技术指标要求						
5	工作频率	5.3.2.1	6.4.2.1	●	●	●
6	测量范围	5.3.2.2	6.4.2.2	●	●	●
7	风速测量误差(均方根偏差)	5.3.2.3	6.4.2.3.1	●	●	●
8	风向测量误差(均方根偏差)	5.3.2.3	6.4.2.3.2	●	●	●

表 25 检验项目、技术要求和试验方法表(续)

序号	检验项目名称	技术要求条文号	试验方法条文号	定型检验	出厂检验	现场检验
9	大气虚温测量误差	5.3.2.3	6.4.2.3.3	●	●	●
10	风速分辨力	5.3.2.3	6.4.2.3.4	●	●	●
11	风向分辨力	5.3.2.3	6.4.2.3.5	●	●	●
12	时间分辨力	5.3.2.3	6.4.2.3.6	●	●	●
13	高度分辨力	5.3.2.3	6.4.2.3.7	●	●	●
14	最小可检测信号	5.3.2.4	6.4.2.4	●	●	●
15	动态范围	5.3.2.5	6.4.2.5	●	●	●
16	相干性	5.3.2.6	6.4.2.6	●	●	●
17	输出基础数据	5.3.2.7	6.4.2.7	●	●	●
18	可靠性/可维修性	5.3.2.8	6.4.2.8	●	—	●
19	设备设计使用年限	5.3.2.9	—	●	—	—
20	监控	5.3.2.10	6.4.2.9	●	●	●
21	自动标定	5.3.2.11	6.4.2.10	●	●	●
22	通信	5.3.2.12	6.4.2.11	●	●	●
23	功耗与电源	5.3.2.13	6.4.2.12	●	●	●
24	环境适应性	5.3.2.14	6.4.2.13	●	●	●
25	系统智能化要求	5.3.2.15	6.4.2.14	●	●	●
天线阵面						
26	天线类型	5.3.3.1	6.5.1.1	●	—	●
27	工作频率	5.3.3.1	6.5.1.2	●	—	●
28	波束指向	5.3.3.1	6.5.1.2	●	—	●
29	倾斜波束倾角	5.3.3.1	6.5.1.2	●	—	●
30	波束宽度	5.3.3.1	6.5.1.2	●	—	●
31	天线增益	5.3.3.1	6.5.1.2	●	—	●
32	最大副瓣(收发之和)	5.3.3.1	6.5.1.2	●	—	●
33	远区副瓣(收发之和)	5.3.3.1	6.5.1.2	●	—	●
34	驻波系数	5.3.3.1	6.5.1.3	●	—	●
35	发射支路馈线损耗	5.3.3.1	6.5.1.4	●	—	●
36	接收支路馈线损耗	5.3.3.1	6.5.1.4	●	—	●
37	极化方式	5.3.3.1	6.5.1.5	●	—	●
38	波瓣形式	5.3.3.1	6.5.1.5	●	—	●
39	波束转换方式	5.3.3.1	6.5.1.2	—	—	●
40	天线罩传输损耗(双程)	5.3.3.1	6.5.1.6	●	●	—

表 25 检验项目、技术要求和试验方法表(续)

序号	检验项目名称	技术要求条文号	试验方法条文号	定型检验	出厂检验	现场检验
41	双程屏蔽网隔离度	5.3.3.1	6.5.1.6	●	●	—
发射机						
42	工作频率	5.3.3.2	6.6.2.1	●	●	●
43	峰值功率	5.3.3.2	6.6.2.2	●	●	●
44	脉冲宽度	5.3.3.2	6.6.2.2	●	●	●
45	脉冲重复周期	5.3.3.2	6.6.2.2	●	●	●
46	最大占空比	5.3.3.2	6.6.2.2	●	●	●
47	发射频谱宽度	5.3.3.2	6.6.2.1	●	●	●
波束控制器						
48	波束控制器	5.3.3.3	6.7	●	●	●
监控分系统						
49	监控分系统	5.3.3.4	6.8	●	●	●
接收机						
50	噪声系数	5.3.3.5	6.9.2.1	●	●	●
51	接收机灵敏度	5.3.3.5	6.9.2.2	●	●	●
52	中频采样位数	5.3.3.5	6.9.2.3	●	●	—
53	中频采样频率	5.3.3.5	6.9.2.4	●	●	—
54	数字中频带宽	5.3.3.5	6.9.2.5	●	●	—
55	I/Q 输出位数	5.3.3.5	6.9.2.6	●	●	—
56	镜频抑制比	5.3.3.5	6.9.2.7	●	●	—
57	接收机频率源短时稳定度	5.3.3.5	6.9.2.8	●	●	—
58	接收机频率源相位噪声	5.3.3.5	6.9.2.9	●	●	—
59	接收机频率源输出杂散	5.3.3.5	6.9.2.10	●	●	—
信号处理器						
60	处理模式	5.3.3.6	6.10.1.1	●	●	●
61	时域相干积累数	5.3.3.6	6.10.1.1	●	●	●
62	FFT 点数	5.3.3.6	6.10.1.1	●	●	●
63	最大处理库数	5.3.3.6	6.10.1.2	●	●	●
64	库长	5.3.3.6	6.10.1.2	●	●	●
65	输出	5.3.3.6	6.10.1.3	●	●	●
66	距离标校	5.3.3.6	6.10.1.4	●	●	●
数据处理及应用终端						
67	台站参数设置	5.3.3.7	6.11.1.1	●	—	●

表 25 检验项目、技术要求和试验方法表(续)

序号	检验项目名称	技术要求条文号	试验方法条文号	定型检验	出厂检验	现场检验
68	数据文件存储、数据文件格式	5.3.3.7	6.11.1.2	●	—	●
无线电声波探测系统						
69	无线电声波探测系统	5.3.3.8	6.12.1	●	—	●
注：●为必检项目；—为不检项目。						

8 标志和随行文件

8.1 标志

应符合下列要求：

- 标志耐久性符合 GB 4793.1—2007 中 5.3 的规定；
- 产品标牌有产品型号、设备名称、公司名称、产品序号、生产日期；
- 每个包装箱外标记不褪色的装箱号、毛重，并标记“怕雨”“向上”等符合 GB/T 191—2008 规定的运输标志。

8.2 随行文件

随行文件应包含产品合格证、装箱单、保修卡、技术手册、维护手册、用户手册、备附件清单等。

9 包装、运输与贮存

9.1 包装

应符合下列要求：

- 雷达在经检验合格、随机文件齐套并对设备做好防护及内包装后，方可进行装箱；
- 装箱时，按照装箱明细表和装箱图进行，做到文、图与实物相符；
- 按照产品包装设计文件和工艺文件的要求，对箱内设备采取分隔、缓冲、支撑、垫平、卡紧、固定和防水等措施，做到内外包装紧凑、防护周密、安全可靠；
- 装箱检验后，封箱牢固，进行编号、标志，并由订购和承制双方代表打封印；
- 配套设备的包装进行统一的编号和标志。

9.2 运输

雷达产品运输符合以下条件：

- 宜在三级以上公路运输、空运、水运或铁路运输；
- 运输过程中应防止剧烈振动、挤压、雨淋及化学物品侵蚀。

9.3 贮存

雷达长期贮存(贮存 6 个月以上)的库房环境应符合下列要求：

- 温度：0℃～35℃；

- b) 相对湿度:20%~80%;
- c) 无强电磁干扰。

附录 A

(规范性)

信号功率的谱矩及信噪比计算方法

A.1 信号功率的谱矩计算方法

$$m_0 = \sum_{i=1}^h p_i \dots\dots\dots (A.1)$$

$$m_1 = \sum_{i=1}^h v_i p_i \dots\dots\dots (A.2)$$

$$m_2 = \sum_{i=1}^h v_i^2 p_i \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

- m_0 ——信号功率谱的 0 阶矩；
- m_1 ——信号功率谱的一阶矩；
- m_2 ——信号功率谱的二阶矩；
- h ——有效信号功率谱的求和范围；
- p_i ——第 i 点信号功率值；
- v_i ——第 i 点速度值；

$$P_r = m_0 \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

P_r ——信号功率估值。

$$\tilde{v} = \frac{m_1}{m_0} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

\tilde{v} ——平均速度估值。

$$\tilde{\omega} = 2 \times \left[\frac{m_2}{m_0} - \left(\frac{m_1}{m_0} \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

$\tilde{\omega}$ ——速度谱宽估值。

A.2 信噪比计算方法

$$r_{\text{SNR}} = 10 \lg \left(\frac{\sum_{i=1}^h p_i}{P_N} \right) \dots\dots\dots (A.7)$$

式中：

- r_{SNR} ——信号功率与噪声功率之比；
- h ——有效信号功率谱的频率范围；
- p_i ——第 i 点信号功率值；
- P_N ——噪声功率。

附 录 B

(规范性)

风速、风向及 C_n^2 计算方法

B.1 风速、风向计算方法

B.1.1 三波束风廓线雷达三维风计算方法

$$U_E(h) = \frac{1}{\sin(\theta)}(V_{R,E}(h) - V_{R,Z}(h)\cos\theta) \dots\dots\dots(B.1)$$

$$U_N(h) = \frac{1}{\sin(\theta)}(V_{R,N}(h) - V_{R,Z}(h)\cos\theta) \dots\dots\dots(B.2)$$

$$U_Z(h) = V_{R,Z}(h) \dots\dots\dots(B.3)$$

式中：

- U_E ——水平风在东方向的分量,单位为米每秒(m/s);
- θ ——倾斜波束的天顶角,单位为度($^\circ$);
- $V_{R,E}$ ——风廓线雷达偏东方向测得的径向速度,单位为米每秒(m/s);
- $V_{R,Z}$ ——风廓线雷达在天顶方向测得的径向速度,单位为米每秒(m/s);
- U_N ——水平风北方向的分量,单位为米每秒(m/s);
- $V_{R,N}$ ——风廓线雷达偏北方向测得的径向速度,单位为米每秒(m/s);
- U_Z ——大气垂直运动速度,单位为米每秒(m/s)。

风廓线雷达测得的径向速度均以朝向雷达方向为正速度。

B.1.2 五波束风廓线雷达水平风合成计算方法

将两个对称方向的倾斜波束的径向速度进行平均后,按三波束风廓线雷达水平风合成的方法计算。

B.2 大气折射率结构常数 C_n^2 计算方法

$$C_n^2 = \frac{KT_0BN_F}{5.4 \times 10^{-5} \lambda^{5/3} P_t (H/2)G_1G_2L_1L_2} R^2 \cdot r_{SNR} \dots\dots\dots(B.4)$$

式中：

- K ——波尔兹曼常数;
- T_0 ——绝对温度,单位为开(K);
- B ——噪声带宽,单位为赫兹(Hz);
- N_F ——噪声系数;
- λ ——波长,单位为米(m);
- P_t ——发射功率,单位为瓦(W);
- H ——脉冲照射深度,单位为米(m);
- G_1 ——相控阵天线发射增益;
- G_2 ——相控阵天线接收增益;
- L_1 ——发射损耗;
- L_2 ——接收损耗;
- R ——天线中心到大气目标的距离,单位为米(m);
- r_{SNR} ——信噪比。

参 考 文 献

- [1] GB/T 3784—2009 电工术语 雷达
 - [2] QX/T 525—2019 有源 L 波段风廓线雷达(固定和移动)
 - [3] 中国气象局. 关于印发风廓线雷达功能设计规范(L 波段)的通知:中气函〔2012〕185 号[Z], 2012 年 5 月 3 日
 - [4] ISO/TC 146/SC 5 N:2014 Meteorology—Ground-based remote sensing of wind—Radar wind profiler
-

中华人民共和国
气象行业标准
无源 L 波段风廓线雷达
QX/T 608—2021

*

气象出版社出版发行
北京市海淀区中关村南大街 46 号
邮政编码:100081
网址:<http://www.qxcbs.com>
发行部:010-68408042
北京建宏印刷有限公司印刷

*

开本:880 mm×1230 mm 1/16 印张:2.5 字数:75 千字
2021 年 6 月第 1 版 2021 年 6 月第 1 次印刷

*

书号:135029-6241 定价:48.00 元

如有印装差错 由本社发行部调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68406301