

ICS 33. 200
CCS M 53



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 605—2021

地基相干多普勒测风激光雷达

Ground-based coherent Doppler wind lidar

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 术语和定义 | 1 |
| 4 缩略语 | 1 |
| 5 要求 | 2 |
| 6 验证方法 | 7 |
| 7 检验规则 | 9 |
| 8 标志和随行文件 | 9 |
| 9 包装、运输与贮存 | 9 |
| 附录 A(规范性) 地基相干多普勒测风激光雷达性能验证方法 | 11 |
| 参考文献 | 17 |

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、中国气象局气象探测中心、成都信息工程大学、上海光学精密机械研究所。

本文件主要起草人：舒仕江、张国亮、刘晨、刘小冬、李佳、陈玉宝、何建新、姚振东、陈卫标、周军。

地基相干多普勒测风激光雷达

1 范围

本文件规定了采用相干探测体制的地基相干多普勒测风激光雷达的设计、生产、检验、试验测试和包装运输等基本要求。

本文件适用于采用相干探测体制的地基相干多普勒测风激光雷达的设计、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 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 2423.3 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 3784 电工术语 雷达

GB 4208 外壳防护等级(IP代码)

GB 7247.1—2012 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求

GB/T 17626.1—2006 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验总论

GJB 74A—1998 军用地面雷达通用规范

3 术语和定义

GB/T 3784 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

[相干多普勒测风]激光雷达 [coherent Doppler wind] lidar

采用相干探测体制，利用激光与大气气溶胶粒子产生的多普勒频移效应实现对大气风场遥测的一种激光雷达。

3.2

零差探测 homodyne detection

本振光与信号光差频为零的相干探测体制。

3.3

外差探测 heterodyne detection

本振光与信号光差频为某一非零固定值的相干探测体制。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

- CNR:载噪比(Carrier to Noise Ratio)
DBS:多普勒波束摆动(Doppler Beam Swing)
FFT:快速傅里叶变换(Fast Fourier Transform)
PPI:平面位置显示器(Plan Position Indicator)

5 要求

5.1 分类与组成

5.1.1 分类

根据激光雷达所用激光器类型和扫描能力的不同,激光雷达可分为连续波风廓线激光雷达和扫描式脉冲测风激光雷达。

5.1.2 组成

激光雷达由室外激光雷达主机和室内产品应用终端组成。室外激光雷达主机由光源及探测分系统、光学收发分系统、伺服扫描分系统、系统控制及信号处理分系统、辅助分系统等组成;室内产品应用终端为安装有应用软件的计算机。

5.2 外观、结构和工艺

应包括下列要求:

- a) 激光雷达的产品外观质量符合 GJB 74A—1998 中 3.3 的要求;
- b) 激光雷达的结构、工艺符合 GJB 74A—1998 中 3.2 的要求。

5.3 人-机-环境系统工程

激光雷达的人-机-环境设计应符合 GJB 74A—1998 中 3.9 的要求。

5.4 功能

5.4.1 工作模式

应包括下列功能:

- a) 连续波风廓线激光雷达支持速度方位显示(VAD)扫描方式;
- b) 扫描式脉冲测风激光雷达支持 PPI、距离高度显示(RHI)、DBS、固定视线模式、体积扫描、扇面扫描和任意指向扫描方式,具备扫描任务调度功能,能按预设时间段和扫描方式远程控制运行;
- c) 连续波风廓线激光雷达和扫描式脉冲测风激光雷达应具有无人值守的自动运行功能和 7 d×24 h 连续工作能力。

5.4.2 远程监控

激光雷达应具备下列远程监控功能:

- a) 远程控制系统开关机;
- b) 远程升级软件;
- c) 系统状态监控项目符合表 1 的要求。

表 1 远程监控系统状态监控项目表

| 设备 | 监控项目 |
|------------------------------|-------------|
| 光源及探测分系统 | 激光输出功率 |
| | 激光器温度 |
| | 激光器上电状态 |
| | 探测器上电状态 |
| 伺服扫描分系统 | 方位角 |
| | 俯仰角 |
| | 扫描组件温度 |
| | 扫描机构上电状态 |
| 系统控制及信号处理分系统 | 工控机上电状态 |
| | 采集板上电状态 |
| | 剩余存储空间 |
| | 通信连接状态 |
| 辅助分系统 | 设备姿态俯仰角与翻滚角 |
| | 指北方位角 |
| | 经度 |
| | 纬度 |
| | 海拔高度 |
| | 机柜空间温度 |
| | 机柜空间湿度 |
| | 系统上电状态 |
| | 空调启动状态 |
| | 温度探头故障 |
| 远程监控系统状态的监控项目应在终端软件中显示数值或状态。 | |

5.4.3 自动在线标校

激光雷达应具备自动在线标校功能。

5.4.4 气象数据产品生成

激光雷达生成的气象数据产品应以图像、表格或文字等形式输出,包括但不限于下列:

- a) 功率谱和谱的零阶矩、一阶矩和二阶矩;
- b) 回波 CNR;
- c) 水平风速和水平风向;
- d) 垂直气流速度和垂直气流方向;
- e) 风切变。

5.4.5 地理参数设置与数据存储

激光雷达应具备下列地理参数设置与数据存储的功能：

- a) 设置地理参数：站号、站址、经度、纬度和海拔高度等；
- b) 存储数据：功率谱数据、径向速度数据和风廓线产品数据等。

5.4.6 气象产品显示

激光雷达应具备下列气象产品显示功能：

- a) 多窗口显示产品图像，支持鼠标联动；
- b) 产品窗口显示主要观测参数信息；
- c) 产品图像叠加可编辑的地理信息及符号产品；
- d) 鼠标获取地理位置、高度和数据值等信息。

5.5 性能

5.5.1 系统性能

5.5.1.1 激光雷达工作波长宜在 1400 nm~2200 nm 范围内选择。

5.5.1.2 激光雷达应满足表 2 中规定的测量范围指标。

表 2 测量范围指标

| 序号 | 项目 | 连续波风廓线 激光雷达 | 扫描式脉冲测风激光雷达 | |
|----|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | DBS 模式 | 低仰角 PPI 扫描模式 |
| 1 | 最大探测距离 | 垂直高度大于或等于 200 m | 垂直高度大于或等于 3 km | 径向距离大于或等于 8 km |
| 2 | 最小探测距离 | 垂直高度小于或等于 10 m | 垂直高度小于或等于 100 m | 径向距离小于或等于 100 m |
| 3 | 径向风速测量范围 | 0 m/s~50 m/s | -50 m/s~50 m/s | |
| 4 | 水平风速测量范围 | 0 m/s~60 m/s | | — |
| 5 | 垂直风速测量范围 | 0 m/s~20 m/s | | — |
| 6 | 风向测量范围 | 0°~360° | | — |

5.5.1.3 激光雷达应满足表 3 中规定的测量性能指标。

表 3 测量性能指标

| 序号 | 项目 | 连续波风廓线 激光雷达 | 扫描式脉冲测风激光雷达 | |
|----|-----------------|------------------|-------------------|----------|
| | | | DBS 模式 | PPI 扫描模式 |
| 1 | 径向速度测量误差(均方根误差) | ≤0.1 m/s | ≤0.5 m/s | |
| 2 | 风速测量误差(均方根误差) | ≤0.3 m/s | ≤1.5 m/s | — |
| 3 | 风向测量误差(均方根误差) | ≤5° ^a | ≤10° ^a | — |
| 4 | 径向风速分辨力 | ≤0.1 m/s | | |
| 5 | 风速分辨力 | ≤0.2 m/s | | — |
| 6 | 风向分辨力 | ≤0.5° | | — |

表 3 测量性能指标(续)

| 序号 | 项目 | 连续波风廓线 激光雷达 | 扫描式脉冲测风激光雷达 | |
|--|-------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| | | | DBS 模式 | PPI 扫描模式 |
| 7 | 时间分辨力 | | $\leq 1 \text{ min}$ | $\leq 40 \text{ s}$ |
| 8 | 距离分辨力 | $\leq 20 \text{ m}$ | 窄脉冲模式 ^b 为 60 m | |
| | | | 宽脉冲模式 ^b 为 120 m | |
| ^a 水平风速应不小于 6 m/s。 ^b 应采用与距离分辨力匹配的激光脉冲宽度。 | | | | |

5.5.1.4 激光雷达标定项目和指标应符合下列要求：

- 自动网络授时和卫星授时误差不大于 1 s；
- 连续波风廓线激光雷达距离定位标定 10 m 处误差不大于 5 cm；
- 脉冲测风激光雷达距离定位标定误差不大于 5 m；
- 速度标定误差不大于 0.1 m/s；
- 水平度标定误差不大于 1.5°；
- 指北标定误差不大于 1°。

5.5.1.5 激光雷达对外通信接口应满足下列要求：

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

5.5.1.6 连续波风廓线激光雷达功耗应不大于 500 W，扫描式脉冲测风激光雷达功耗应不大于 3 kW。

5.5.2 分系统性能

5.5.2.1 激光雷达的光源及探测分系统应满足表 4 中规定的技术指标。

表 4 光源及探测分系统技术指标

| 序号 | 项目 | 连续波风廓线 激光雷达 | 扫描式脉冲测风激光雷达 | |
|----|--------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | | | 窄脉冲模式 | 宽脉冲模式 |
| 1 | 激光波长 | 1400 nm~2200 nm(见 5.5.1.1) | | |
| 2 | 激光线宽 | $\leq 100 \text{ kHz}$ | | |
| 3 | 脉冲波形 | 连续波 | 高斯型 | |
| 4 | 脉冲宽度 | — | $400 \times (1 \pm 5) \% \text{ ns}$ | $800 \times (1 \pm 5) \% \text{ ns}$ |
| 5 | 脉冲重复周期 | — | $80 \mu\text{s} \sim 2 \text{ ms}$ | |
| 6 | 平均功率 | $\geq 1 \text{ W}$ | | |

5.5.2.2 激光雷达的光学收发分系统应满足表 5 中规定的技术指标。

表 5 光学收发分系统技术指标

| 序号 | 项目 | 连续波风廓线激光雷达 | 扫描式脉冲测风激光雷达 |
|----|-------|--|-------------|
| 1 | 望远镜口径 | ≥50 mm | |
| 2 | 镀膜要求 | 光学透射面镀对激光波长处的高透膜；光学反射面镀激光波长处的高反膜；膜层在激光雷达主机标称工作环境条件下不允许产生起皮、脱膜、裂纹、起泡等缺陷，光学性能无退化 | |

5.5.2.3 激光雷达的伺服扫描分系统应满足表 6 中规定的技术指标。

表 6 伺服扫描分系统技术指标

| 序号 | 项目 | 连续波风廓线激光雷达 | 扫描式脉冲测风激光雷达 | |
|----|---------|------------|----------------|---------|
| | | | 方位 | 俯仰 |
| 1 | 风廓线波束仰角 | 60°±5° | | |
| 2 | 扫描范围 | 0°~360° | | -2°~90° |
| 3 | 扫描速度 | ≥360(°)/s | 0(°)/s~20(°)/s | |
| 4 | 扫描加速度 | — | ≥20(°)/s² | |
| 5 | 指向定位精度 | ≤0.1° | | |
| 6 | 角度分辨力 | ≤0.01° | | |

5.5.2.4 激光雷达的系统控制及信号处理分系统应满足表 7 中规定的技术指标。

表 7 系统控制及信号处理分系统技术指标

| 序号 | 项目 | 连续波风廓线激光雷达 | 扫描式脉冲测风激光雷达 | |
|--------------------|----------|----------------|-------------|-------|
| | | | 窄脉冲模式 | 宽脉冲模式 |
| 1 | 采样频率 | ≥150 MHz | ≥300 MHz | |
| 2 | FFT 点数 | 128/256/512/更多 | | |
| 3 | 最大处理距离库数 | — | ≥80 | |
| 4 | 距离库长 | — | 60 m | 120 m |
| 激光雷达主机应能存储一周的原始数据。 | | | | |

5.6 互换性

同型号激光雷达的组件和分系统应保证功能、性能和接口的一致性，最小可替换单元均能在现场替换。

5.7 安全性

激光雷达的安全性应符合下列要求：

- a) 机械安全性、电气安全性和雷电防护符合 GJB 74A—1998 中 3.10 的要求；
- b) 激光安全性类别为 1 类或 1M 类，且安全防护和安全标记符合 GB 7247.1—2012 第 4 章和第 5 章的要求。

5.8 环境适应性

5.8.1 气温

激光雷达的环境气温应满足下列条件：

- a) 室外： $-30\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (工作)， $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (贮存)；
- b) 室内： $10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (工作)， $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (贮存)。

5.8.2 相对湿度

激光雷达的环境相对湿度应满足下列条件：

- a) 室外： $15\%\sim 95\%$ ，无凝露；
- b) 室内： $15\%\sim 90\%$ ，无凝露。

5.8.3 防沙尘、防淋雨、抗风及其他防护

5.8.3.1 激光雷达主机(室外)的外壳防护等级应不低于 GB 4208 规定的 IP54。

5.8.3.2 激光雷达主机(室外)应能承受 50 m/s 的最大阵风风速、 30 m/s 的最大平稳风速，伺服扫描分系统应不产生永久性变形或破坏。

5.8.3.3 激光雷达主机(室外)应具有防霉、防盐雾等措施。

5.9 电磁兼容性

激光雷达的电磁兼容性应符合 GB/T 17626.1—2006 第 6 章的规定。

5.10 电源适应性

激光雷达的电源适应性应具备在下列供电条件下 ze 常工作的能力：

- a) 单相交流电源稳态电压： $220\times(1\pm 10\%)\text{ V}$ ；
- b) 单相交流电源稳态频率： $50\times(1\pm 5\%)\text{ Hz}$ 。

5.11 维修性/可靠性

激光雷达的平均修复时间(MTTR)应不大于 30 min ，平均故障间隔时间(MTBF)应不小于 2500 h 。

5.12 设计寿命

激光雷达的设计寿命应不小于 8 a 。

6 验证方法

6.1 组成

应目测检查激光雷达系统组成的完备性。

6.2 外观、结构和工艺

应目测检查激光雷达的外观、结构和工艺的合规性。

6.3 人-机-环境系统工程

应目测检查激光雷达的人-机-环境设计的合规性。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/416034112230010101>