

# DB42

湖 北 省 地 方 标 准

DB42/T 2187—2024

## 毫米波云雷达观测规范

Specifications for millimeter wave cloud radar observation

2024 - 02 - 01 发布

2024 - 04 - 01 实施

湖北省市场监督管理局 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 观测基本要求 ..... 2

    5.1 性能 ..... 2

    5.2 功能 ..... 3

    5.3 环境与场地 ..... 3

6 观测方法 ..... 4

    6.1 观测检查 ..... 4

    6.2 观测模式 ..... 4

    6.3 观测日志 ..... 7

7 观测数据与产品 ..... 7

    7.1 数据文件 ..... 7

    7.2 数据质量控制和反演 ..... 8

    7.3 数据存储与传输 ..... 8

    7.4 雷达产品 ..... 8

8 定标和维护 ..... 9

    8.1 定标 ..... 9

    8.2 维护 ..... 9

附录 A（资料性） 毫米波云雷达观测日志 ..... 10

附录 B（资料性） 毫米波云雷达定标记录 ..... 11

参考文献 ..... 12



## 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。

本文件由中国气象局武汉暴雨研究所提出。

本文件由湖北省气象局归口。

本文件起草单位：中国气象局武汉暴雨研究所、四创电子股份有限公司、成都远望探测技术有限公司。

本文件主要起草人：万蓉、万霞、徐桂荣、周志敏、陈俊、谢承华。

本文件实施应用中的疑问，可咨询湖北省气象局，联系电话027-67847819，邮箱：hubeiqixiangfgc@163.com；对本文件的有关修改意见建议请反馈至中国气象局武汉暴雨研究所，联系电话：027-81804905，邮箱：wanx@whihr.com.cn。



# 毫米波云雷达观测规范

## 1 范围

本文件规定了毫米波云雷达的观测基本要求、观测方法、观测数据与产品、定标和维护。  
本文件适用于地基毫米波云雷达的观测业务、野外科学试验及应用。

## 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 13384—2008 机电产品包装通用技术条件

QX/T 2—2016 新一代天气雷达站防雷技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**毫米波云雷达** millimeter wave cloud radar

工作在Ka波段和W波段内，基于大气中水凝物粒子（云滴、冰晶、雪花等）的后向散射原理来测量回波强度，基于多普勒效应来测量径向速度和速度谱宽等信息的雷达。

### 3.2

**功率谱** power spectrum

雷达接收到目标物散射的回波信号经过快速傅里叶变换处理后得到的数据。

### 3.3

**基数据** base data

以同相和正交数据作为输入，结合目标物位置信息、时间信息和雷达参数经信号处理算法得到的数据。

注：同相和正交数据是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。

### 3.4

**雷达产品** radar product

对基数据进行处理得到具有显著物理意义的数据、图像、文字等信息。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

FAN:扇形扫描 (Fan scanning)

PPI:平面位置图像 (Plan Position Indicator)

RHI:距离高度图像 (Range Height Indicator)

THI:时间高度图像 (Time Height Indicator)

VOL:体积扫描 (Volume scanning)

## 5 观测基本要求

### 5.1 性能

#### 5.1.1 工作频率

应满足下列要求:

- a) Ka 波段云雷达的工作频率在 34.5 GHz~35.5 GHz 内选取;
- b) W 波段云雷达的工作频率在 93.5 GHz~94.5 GHz 内选取。

#### 5.1.2 硬件制式

雷达硬件体制为双偏振、单发双收制式。

#### 5.1.3 观测内容

应包括下列内容:

- a) 功率谱数据: 每个雷达距离库对应一组数据, 由 256 个回波谱点组成, 每个回波谱点分别对应一个多普勒速度;
- b) 基数据: 至少包括雷达反射率因子、径向速度、速度谱宽、线性退极化比。

#### 5.1.4 测量范围

应满足下列要求:

- a) 雷达反射率因子: -45 dBZ~35 dBZ;
- b) 径向速度: -17 m/s~17 m/s (采用速度退模糊技术);
- c) 速度谱宽: 0 m/s~8 m/s;
- a) 线性退极化比: -30 dB~0 dB。

#### 5.1.5 分辨力

应满足下列要求:

- a) 距离: 30 m;
- b) 时间: 10 s;
- c) 天线角度: 不大于  $0.4^{\circ}$ ;
- d) 雷达反射率因子: 0.1 dBZ;
- e) 径向速度: 0.1 m/s;
- f) 速度谱宽: 0.1 m/s;
- g) 线性退极化比: 0.1 dB。

#### 5.1.6 测量误差

应满足下列要求:

- a) 雷达反射率因子: 不大于 1 dBZ;
- b) 径向速度: 不大于 0.5 m/s;
- c) 速度谱宽: 不大于 0.5 m/s;
- d) 线性退极化比: 不大于 0.2 dB。



### 5.1.7 探测距离

应满足下列要求：

- a) 最大探测高度不小于 15 km；
- b) 最小探测高度不大于 150 m。

### 5.1.8 最小可测回波强度

雷达在10 km处测得的反射率因子不大于-30 dBZ。

注：雷达在一定距离上检测到目标物散射的最弱回波信号对应为最小可测回波功率，单位为dB；对最小可测回波功率进行以10为底的对数运算，再乘以10得到最小可测回波强度，单位为dBZ。通常用最小可测回波强度来表征毫米波云雷达探测弱回波的能力。

## 5.2 功能

### 5.2.1 一般要求

应满足连续观测。

### 5.2.2 校时

应能通过卫星授时或网络授时校准雷达数据采集计算机的时间，授时精度优于0.1 s。

### 5.2.3 操作和监控

应满足下列功能：

- a) 具有机内自检和设备监控的功能，自检和监控内容包括天线伺服状态、接收机状态、发射机状态、电源状态等；
- b) 具有远程支持能力，包括操作显示终端升级、切换观测模式、修改雷达系统参数、测试系统相位的噪声、接收机动态范围和噪声系数等。

### 5.2.4 方舱与载车

野外科学试验观测应有方舱和载车的配备，并应包括下列功能和要求：

- a) 载车具有调平装置和定位经纬度、海拔高度的功能；
- b) 在 2 h 内由运输状态转入工作状态；
- c) 适应野外全天候工作；
- d) 运输车辆可维修；
- e) 配备发电机组；
- f) 方舱具有防雨、防尘、防腐措施；
- g) 方舱具有屏蔽、隔热性能；
- h) 方舱配备空调；
- i) 方舱具有逃生窗口，并配备消防器材；
- j) 方舱与载车具备公路运输的标准；
- k) 方舱与载车能够整体运输，在运输状态下，其外形尺寸及重量符合 GB/T 13384—2008 第 3 章的要求；
- l) 防雷满足 QX/T 2—2016 第 7 章～第 13 章的要求。

## 5.3 环境与场地

应满足下列要求：

- a) 雷达观测点周围无高大建筑物、高大树木、山脉等遮挡，在雷达探测方向上的遮挡物对天线的遮挡仰角不大于  $0.5^{\circ}$ ，其他方向的遮挡角一般不大于  $1^{\circ}$ ；
- b) 雷达观测点周围无影响雷达工作的电磁干扰；
- c) 雷达与大地的连接，安全可靠，有设备地线、动力电网地线和避雷地线，避雷针与雷达公共接地线不得共用同一接地网；
- d) 雷达能适应海拔 3000 m 及以上高度的低气压环境。

## 6 观测方法

### 6.1 观测检查

#### 6.1.1 开机前

应做好下列检查：

- a) 雷达天线罩是否完好；
- b) 方舱或载车的空调是否正常；
- c) 雷达电源输入和 UPS 输出电压是否正常；
- d) 系统各项设置是否符合要求，各分机是否处在正常工作状态，通信网络是否正常；
- e) 本地磁盘空间是否充足；
- f) 功率谱数据与基数据存储选项是否正确；
- g) 雷达显示终端的系统时间是否准确。

#### 6.1.2 运行中

在确认开机前检查内容正常后，先加载发射系统低压，后加载发射系统高压。雷达运行中，应做好下列检查：

- a) 观测模式是否正确；
- b) 基数据是否存储，功率谱数据是否选择存储；
- c) 雷达运行状况。

雷达系统状态等内容应在观测日志中填写。

#### 6.1.3 关机

应按下列顺序操作：

- a) 退出发射系统高压；
- b) 退出发射系统低压；
- c) 操作伺服系统使得雷达天线指向天顶归位；
- d) 切断雷达系统电源；
- e) 填写观测日志中观测模式、天气实况，完成数据备份。

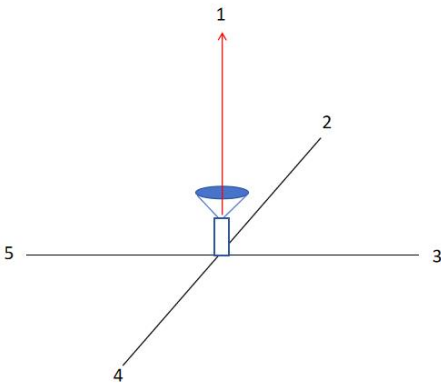
### 6.2 观测模式

#### 6.2.1 时间高度图像（THI）

应按照天线指向要求和应用场景进行观测：

- a) 天线指向：雷达天线垂直天顶，方位角： $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ，俯仰角： $90^{\circ}$ ，见图 1；

- b) 应用场景：业务观测和科学试验的主要观测模式，对测站上空云层做连续观测，可进行单个云团的垂直特征分析和测站及周边地区云的垂直分布的统计分析。



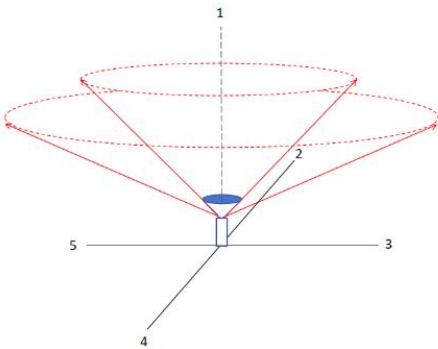
- 标引序号说明：
- |                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| 1——天顶（俯仰角 $90^{\circ}$ ）； | 4——方位角（ $180^{\circ}$ ）； |
| 2——方位角（ $0^{\circ}$ ）；    | 5——方位角（ $270^{\circ}$ ）。 |
| 3——方位角（ $90^{\circ}$ ）；   |                          |

图 1 THI 观测模式图示

6.2.2 体积扫描（VOL）

应按照天线指向要求和应用场景进行观测：

- a) 天线指向：雷达天线抬升俯仰角做圆锥扫描，方位角： $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ，俯仰角： $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ，见图 2；
- b) 应用场景：用于对雷达探测距离以内的云团做三维结构观测，进行单个云团的垂直特征分析和云团移动轨迹追踪。



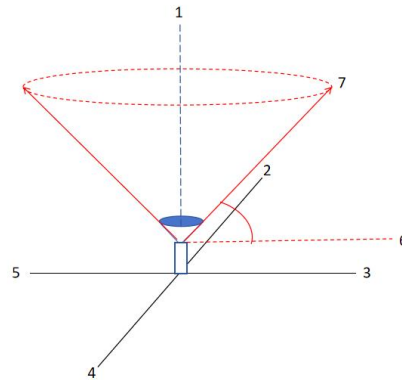
- 标引序号说明：
- |                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| 1——天顶（俯仰角 $90^{\circ}$ ）； | 4——方位角（ $180^{\circ}$ ）； |
| 2——方位角（ $0^{\circ}$ ）；    | 5——方位角（ $270^{\circ}$ ）。 |
| 3——方位角（ $90^{\circ}$ ）；   |                          |

图 2 VOL 观测模式图示

6.2.3 平面位置图像（PPI）

应按照天线指向要求和应用场景进行观测：

- a) 天线指向：雷达天线抬升至定向俯仰角做圆锥扫描，方位角： $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ，俯仰角：定向角度，见图 3；
- b) 应用场景：用于对雷达探测距离以内的云团做云层结构剖面观测，进行单个云团的垂直特征分析。



标引序号说明：

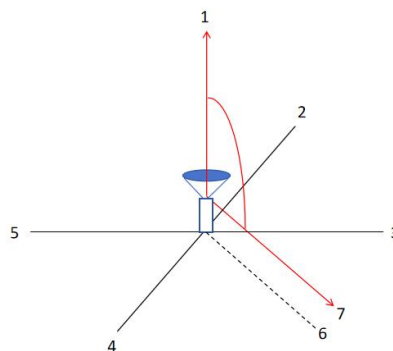
- |                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| 1——天顶（俯仰角 $90^{\circ}$ ）； | 5——方位角（ $270^{\circ}$ ）； |
| 2——方位角（ $0^{\circ}$ ）；    | 6——俯仰角（ $0^{\circ}$ ）；   |
| 3——方位角（ $90^{\circ}$ ）；   | 7——俯仰角（定向角度）。            |
| 4——方位角（ $180^{\circ}$ ）；  |                          |

图 3 PPI 观测模式图示

#### 6.2.4 距离高度图像（RHI）

应按照天线指向要求和应用场景进行观测：

- a) 天线指向：雷达天线沿定向方位做抬升俯仰角扫描，方位角：定向角度，俯仰角： $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ，见图 4；
- b) 应用场景：用于对雷达探测距离以内的云团做云层结构的剖面观测，进行单个云团的垂直特征分析。



标引序号说明：

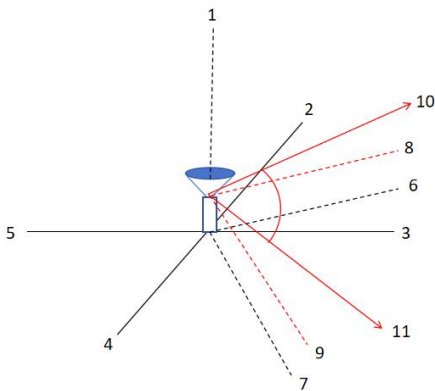
- |                           |                                  |
|---------------------------|----------------------------------|
| 1——天顶（俯仰角 $90^{\circ}$ ）； | 5——方位角（ $270^{\circ}$ ）；         |
| 2——方位角（ $0^{\circ}$ ）；    | 6——方位角（定向角度）；                    |
| 3——方位角（ $90^{\circ}$ ）；   | 7——俯仰角（ $0^{\circ}$ ），方位角（定向角度）。 |
| 4——方位角（ $180^{\circ}$ ）；  |                                  |

图 4 RHI 观测模式图示

6.2.5 扇形扫描（FAN）

应按照天线指向要求和应用场景进行观测：

- a) 天线指向：雷达天线沿定向俯仰角改变方位角扫描，方位角：定向角度 1～定向角度 2，俯仰角：定向角度 3，见图 5；
- b) 应用场景：用于对雷达探测距离以内、特定方位范围的云团做三维结构观测，进行单个云团的垂直特征分析。



标引序号说明：

- |                           |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| 1——天顶（俯仰角 $90^{\circ}$ ）； | 7——方位角（定向角度2）；                    |
| 2——方位角（ $0^{\circ}$ ）；    | 8——俯仰角（ $0^{\circ}$ ），方位角（定向角度1）； |
| 3——方位角（ $90^{\circ}$ ）；   | 9——俯仰角（ $0^{\circ}$ ），方位角（定向角度2）； |
| 4——方位角（ $180^{\circ}$ ）；  | 10——俯仰角（定向角度3），方位角（定向角度1）；        |
| 5——方位角（ $270^{\circ}$ ）；  | 11——俯仰角（定向角度3），方位角（定向角度2）。        |
| 6——方位角（定向角度1）；            |                                   |

图 5 FAN 观测模式图示

6.3 观测日志

应满足下列要求：

- a) 观测日志内容包括观测台站名称、观测员、观测日期、雷达系统状态、观测模式、天气实况、数据备份时间信息，参考格式见附录 A；
- b) 业务观测日志填写时间遵循上一级管理部门的规定，野外科学试验观测日志在当天 20:00 时前完成填写，如有停电等突发状况及时填写；
- c) 观测日志归档保存。

7 观测数据与产品

7.1 数据文件

7.1.1 数据时制

观测数据计时方法采用24小时制，计时精度为秒，记录时间从北京时(下同)00:00:00到23:59:59。

7.1.2 文件格式

数据文件应为Network Common Data Format (NetCDF) 格式。

### 7.1.3 文件名称

文件名称由数据类型标识和雷达观测开始时间构成。

a) 数据类型标识：

- 1) SPM: 功率谱数据；
- 2) THB: THI 观测模式的基数据；
- 3) VTB: VOL 观测模式的基数据；
- 4) PTB: PPI 观测模式的基数据；
- 5) RTB: RHI 观测模式的基数据；
- 6) FTB: FAN 观测模式的基数据；

b) 雷达观测开始时间，按年、月、日、时、分、秒顺序排列。

示例：

“SPM20230614232928”表示2023年6月14日23时29分28秒开始观测的功率谱数据文件。

## 7.2 数据质量控制和反演

应满足下列要求：

- a) 功率谱数据质量控制包括杂波抑制、噪声估计、谱矩估计等；
- b) 基数据质量控制包括悬浮物杂波去除、距离旁瓣去除、速度退模糊等，悬浮物杂波去除可用雷达反射率因子-线性退极化比阈值法，距离旁瓣识别取30 dB为阈值，速度退模糊只处理一次模糊(毫米波云雷达通常不观测强降水云)；
- c) 数据融合处理包含THI观测模式下不同脉冲宽度观测数据在垂直方向的拼接等；
- d) 数据质量控制后，功率谱数据宜反演得到云内水凝物粒子的直径、数浓度、下落速度等参数，基数据宜反演得到云底高度、云顶高度、云的物理厚度等参数。

## 7.3 数据存储与传输

### 7.3.1 数据存储

应满足下列要求：

- a) 业务观测数据存储于本地电脑，备份数据存储遵循上一级数据管理部门的规定；
- b) 野外科学试验观测数据存储于本地电脑，备份数据存储到科研专用设备；
- c) 区分存储雷达观测的初始数据和质量控制后的数据。

### 7.3.2 数据传输

应满足下列要求：

- a) 业务观测数据通过专用网络上传，数据上传时间遵循上一级数据管理部门的规定；
- b) 野外科学试验结束7 d内上传观测数据到科研专用设备。

## 7.4 雷达产品

### 7.4.1 产品内容

应包括下列产品：

- a) 基本产品：雷达反射率因子 PPI、径向速度 PPI、速度谱宽 PPI、线性退极化比 PPI、雷达反射率因子 RHI、径向速度 RHI、速度谱宽 RHI、线性退极化比 RHI、雷达反射率因子 THI、径向速度 THI、速度谱宽 THI、功率谱的廓线显示；
- b) 反演产品：云底高度、云顶高度、云的物理厚度、云中水凝物的直径、数浓度、下落速度等云物理参数。

#### 7.4.2 产品显示

应满足下列要求：

- a) 产品窗口同时显示主要的观测参数信息；
- b) 数据色标等级不少于 16 级；
- c) 产品图像支持缩放、移动、动画等功能；
- d) 支持鼠标获取地理位置、高度和数据值等信息的功能；
- e) 有与观测位置匹配的地理信息。

### 8 定标和维护

#### 8.1 定标

应按照下列要求进行定标：

- a) 每月进行雷达机内系统灵敏度、动态范围、速度定标误差的测试，参考格式见图 B. 1；
- b) 每年进行雷达发射机峰值功率、系统灵敏度、动态范围、速度定标误差、脉冲宽度、接收机噪声系数、接收机增益的测试，参考格式见图 B. 2；
- c) 机外测试仪表在仪表使用寿命有效期内。

定标宜在晴天进行。

#### 8.2 维护

##### 8.2.1 月维护

应按照下列要求进行月维护：

- a) 用清水清洁天线罩上堆积的尘土、积雪、积冰等异物，以减少回波衰减；
- b) 清理方舱或载车内的尘土等杂物，开门窗通风，以减少静电。

月维护宜在晴天进行。

##### 8.2.2 年维护

应按照下列要求进行年维护：

- a) 检查伺服系统的传动关节是否松动，给伺服齿轮加润滑油，以保证雷达多种观测模式正常运行；
- b) 对方舱或载车内的空调过滤网和雷达机柜等进行清洁，以减少静电。

年维护宜在晴天进行。

附 录 A  
(资料性)  
毫米波云雷达观测日志

图A. 1给出了毫米波云雷达观测日志式样。

|         |  |      |                          |                      |    |
|---------|--|------|--------------------------|----------------------|----|
| 观测站点名称: |  | 观测员: |                          | 观测日期:    年    月    日 |    |
| 雷达系统状态  |  | 观测模式 | 天气实况                     | 功率谱和基数据最近一次的备份时间     | 备注 |
| 电源系统    |  |      | 08-08时降水量: _____mm       |                      |    |
| 发射系统    |  |      | 逐小时降水量最大值及出现时刻: _____    |                      |    |
| 接收系统    |  |      | 降水类型(雨、雪、冰雹)及出现时刻: _____ |                      |    |
| 信号系统    |  |      | 闪电及发生时刻: _____           |                      |    |
| 伺服系统    |  |      | 云的类型: _____              |                      |    |
| 空调      |  |      | 云量: _____                |                      |    |

图 A. 1 毫米波云雷达观测日志式样



附 录 B  
(资料性)  
毫米波云雷达定标记录

图B. 1给出了毫米波云雷达月定标记录式样，图B. 2给出了年定标记录式样。

|            |  |      |  |       |  |   |   |   |
|------------|--|------|--|-------|--|---|---|---|
| 观测站点名称:    |  | 定标员: |  | 定标日期: |  | 年 | 月 | 日 |
| 标定内容       |  |      |  |       |  |   |   |   |
| 系统灵敏度(机内)  |  |      |  |       |  |   |   |   |
| 动态范围(机内)   |  |      |  |       |  |   |   |   |
| 速度定标误差(机内) |  |      |  |       |  |   |   |   |

图 B. 1 毫米波云雷达月定标记录式样

|         |  |      |  |       |  |   |   |   |
|---------|--|------|--|-------|--|---|---|---|
| 观测站点名称: |  | 定标员: |  | 定标日期: |  | 年 | 月 | 日 |
| 标定内容    |  |      |  |       |  |   |   |   |
| 发射机峰值功率 |  |      |  |       |  |   |   |   |
| 系统灵敏度   |  |      |  |       |  |   |   |   |
| 动态范围    |  |      |  |       |  |   |   |   |
| 速度定标误差  |  |      |  |       |  |   |   |   |
| 脉冲宽度    |  |      |  |       |  |   |   |   |
| 接收机噪声系数 |  |      |  |       |  |   |   |   |
| 接收机增益   |  |      |  |       |  |   |   |   |
| 其他问题处理  |  |      |  |       |  |   |   |   |

图 B. 2 毫米波云雷达年定标记录式样

参 考 文 献

- [1] GB/T 12648—1990 天气雷达通用技术条件
  - [2] QX/T 461—2018 C波段多普勒天气雷达
  - [3] QX/T 504—2019 地基多通道微波辐射计
  - [4] QX/T 524—2019 X波段多普勒天气雷达
  - [5] QX/T 620—2021 风廓线雷达观测规范
-