



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 675—2023

气象探测环境保护规范 风廓线雷达站

Specification for meteorological observing environs protection—Wind
profiler radar station

2023-09-05 发布

2023-12-01 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 保护范围和要求	2
4.1 通用要求	2
4.2 遮蔽角	2
4.3 电磁辐射	2
5 测量方法	2
5.1 遮蔽角	2
5.2 电磁干扰	3
附录 A(资料性) 风廓线雷达站对各种干扰源干扰电压容限值计算方法和防护间距的计算示例	4
A.1 干扰电压容限值计算方法	4
A.2 防护间距计算方法	5
附录 B(规范性) 遮蔽角测量与计算方法	7
B.1 遮蔽角测量	7
B.2 遮蔽角计算方法	7
B.3 遮蔽角与距离、障碍物高度之间的关系	8
参考文献	9

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：中国气象局气象探测中心、北京无线电测量研究所。

本文件主要起草人：吴蕾、沈江林、陈俊、李瑞义、杨馨蕊、王斯正。

气象探测环境保护规范 风廓线雷达站

1 范围

本文件规定了风廓线雷达站探测环境保护的范围和要求,描述了对应的测量方法。

本文件适用于 L 波段和 P 波段风廓线雷达站探测环境保护活动,VHF 波段风廓线雷达站探测环境保护活动可参考使用。

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 13618—1992 对空情报雷达站电磁环境保护要求

GB/T 25003—2010 VHF/UHF 频段无线电监测站电磁环境保护要求和测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风廓线雷达 **wind profiler radar; WPR**

利用大气折射指数起伏对电磁波的散射作用,采用多普勒雷达技术探测大气风速、风向及垂直气流等参量随高度分布的遥感设备。

注 1:亦称风廓线仪。

注 2:风廓线雷达有三波束和五波束二种,倾斜波束的发射倾角通常为 15° 或 20° 。

注 3:根据风廓线雷达的工作频率,风廓线雷达可分为 L 波段风廓线雷达、P 波段风廓线雷达和 VHF 波段风廓线雷达。

[来源:GB/T 37467—2019,3.2.13,有修改]

3.2

风廓线雷达站 **wind profiler radar station**

由风廓线雷达和满足设备运行环境要求的设施及其空间构成的场所。

3.3

障碍物 **obstacle**

对雷达所发射和接收的高频电磁波产生遮蔽和影响的物体。

[来源:GB 31223—2014,3.3]

3.4

遮蔽角 **shielding angle**

以雷达天线反射面中心为基准点,反射面为基准平面,在同一铅垂面内,从基准点发出的观测视线由基准平面抬升至离开障碍物时的角度。

4 保护范围和要求

4.1 通用要求

风廓线雷达站周边不应有对雷达正常工作产生影响的干扰,包括障碍物对雷达波束的遮挡、电磁辐射干扰等。

不可避免的有源干扰造成的雷达接收机灵敏度损失不应大于 1 dB。

4.2 遮蔽角

风廓线雷达站周边建筑物、树木等对风廓线雷达天线阵面遮蔽角,在雷达波束指向方位左右各 25° 范围内,遮蔽角不应大于 30°,范围外遮蔽角不应大于 40°。

4.3 电磁辐射

4.3.1 电磁干扰

风廓线雷达站周边,其他电子设备在风廓线雷达工作频点 ± 5 MHz 的频率范围内造成的干扰,折合到雷达天线口面干扰信号场强不应大于 $-5\text{ dB}\mu\text{V/m}$;在其他频率范围时不应大于 $55\text{ dB}\mu\text{V/m}$ 。风廓线雷达最大容许干扰信号场强计算示例见 A.1。

4.3.2 防护间距

风廓线雷达站对典型干扰源的防护间距应满足表 1 中的规定,对其他干扰源的防护间距应按 GB 13618—1992 附录 B—附录 D 以及本文件 4.3.1 规定的电磁干扰要求进行计算。防护间距计算示例见 A.2。

表 1 风廓线雷达站对典型干扰源的防护间距

干扰源		防护间距/m
高压架空输电线路	500 kV	200
	220 kV~330 kV	200
	110 kV	150
高压变电站	500 kV	400
	220 kV~330 kV	200
	110 kV	200
轨道交通		600
汽车公路		30
工业、科学和医疗设备		20(距离所在建筑物外墙)

5 测量方法

5.1 遮蔽角

5.1.1 测量设备

进行遮蔽角测量时,使用的测量设备应符合表 2 的要求。

表 2 遮蔽角测量使用的仪器、仪表和设备

序号	设备名称	主要性能要求	
1	测距仪	测量范围	≥ 30 m
		测量误差	± 5 mm
2	全站仪	距离测量范围	≥ 1 km
		角度测量标准偏差	$\leq 2''$
		测距标准偏差	$\pm (3 + 2 \times 10^{-6} D)$ mm (D 为望远镜物镜的有效孔径)

5.1.2 测量和计算

遮蔽角的测量和计算应按照附录 B 的方法进行。

5.2 电磁干扰

5.2.1 测试条件

应在晴空条件下进行电磁干扰测量。

5.2.2 测量设备

进行电磁干扰测量时,使用的仪器、仪表和设备应符合 GB/T 25003—2010 中 5.1 的要求;在测量过程中,特别是进行 L 波段电磁干扰测量时,应关闭测量设备的定位等功能。

5.2.3 测试地点

测量电磁干扰时,应在天线阵面架设地点 20 m 范围内选择不少于 1 个点进行测试;选取的测试地点应地势高、视野开阔,周围无明显反射物。

5.2.4 测量和计算

按下列步骤进行测量和计算:

- 在选取的测试点,按照 GB/T 25003—2010 中 5.1 的要求架设测量天线,连接测试系统;
- 接通电源并开启测试设备,待设备稳定后开启测试;
- 开始人工操作或启动自动测试系统软件,依据测试频段等设置测试参数、仪器参数和其他相关参数;
- 在被测频段,将测量天线调整为垂直和水平两种极化方式进行测量;
- 通过自动测试系统软件或人工控制测量天线在不同仰角、全方位 360° 范围内进行旋转测试,软件自动或人工记录和保存测试结果,测试仰角应包括 0° 、 20° 、 40° 、 60° 、 75° 、 80° 、 90° ,方位角间距应不大于 15° ;
- 在被测频段,应在不少于 4 个不同的时间段进行不少于 5 次的循环扫描测量,其中,每个时间段应选择同一天内早中晚等不同时间节点并至少有一次夜间时间段;
- 按 GB/T 25003—2010 中 5.3 的要求进行数据处理,计算测试结果。

附录 A

(资料性)

风廓线雷达站对各种干扰源干扰电压容限值计算方法和防护间距的计算示例

A.1 干扰电压容限值计算方法

A.1.1 根据规定的规则,干扰信号造成灵敏度损失最大值为 1 dB,由雷达方程可知:

$$10\lg \frac{P'_{r,\min}}{P_{r,\min}} = 1 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$P'_{r,\min}$ ——存在干扰信号时的雷达接收机输入信号功率,单位为分贝毫瓦(dBm);

$P_{r,\min}$ ——无干扰信号时的雷达接收机输入信号功率(等于最小可检测信号功率 N),单位为分贝毫瓦(dBm)。

可以得到:

$$P'_{r,\min} = P_{r,\min} + 0.26 P_{r,\min} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中, $P'_{r,\min}$ 需满足最小可检测信噪比要求,即: $P'_{r,\min} = I + N$, 其中, I 是干扰功率,则 $I = 0.26N$ 。

A.1.2 根据干扰源对风廓线雷达造成的干扰功率最小的原则,对应的干扰电压容限值 $U_{jf,\max}$ 为:

$$U_{jf,\max} = 0.51 U_{nf} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

U_{nf} ——无干扰信号时,等效到接收机输入端的系统噪声电压有效值,单位为微伏(μV)。

A.1.3 雷达接收机输入端的系统噪声功率与噪声温度、带宽等有关,同时噪声功率 P_n 可以由电压、阻抗计算得到,因此根据公式(A.4)和公式(A.5)可得 U_{nf} 的具体数值。

$$P_n = U_{nf}^2 / R = kT B_n \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

$$U_{nf} = \sqrt{kTB_n R} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

k ——玻尔兹曼常数数值,一般取 1.38×10^{-23} ,单位为焦耳每开尔文(J/K);

T ——系统噪声温度值,单位为开尔文(K);

B_n ——接收机等效噪声带宽值,单位为兆赫兹(MHz);

R ——接收机输入阻抗值,单位为欧姆(Ω)。

A.1.4 根据 QX/T 525—2019、QX/T 608—2021 以及 QX/T 629—2021 可知,风廓线雷达接收机最高灵敏度可达 -111 dBm,即 $P_n = -111$ dBm,则可得风廓线雷达接收机输入端等效噪声电压 U_{nf} 为 $0.63 \mu V$ 。

因此,接收机输入端最大容许干扰功率 I 为:

$$I = 0.26 P_n = -116.85 \text{ (dBm)} \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

对应的最大容许干扰电压为:

$$U_{jf,\max} = 0.51 U_{nf} = 0.32 (\mu V) \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

A.1.5 根据 GB/T 25003—2010,5.3 的公式(2)可知接收机输入端干扰功率与信号场强之间的关系,即:

$$E = I + 107 + 20\lg f_0 - G_r - 29.78 + L_r \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

f_0 ——为风廓线雷达工作频率值,单位为兆赫兹,取 1300(MHz);

G_r ——天线增益值,取 30,单位为分贝(dB);

L_r ——接收馈线损耗值,取 3,单位为分贝(dB)。

可以得到折合到风廓线雷达天线口面最大容许干扰场强不大于 $-4.35 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ 。

风廓线雷达最大容许干扰场强计算过程中的各类数值结果见表 A.1。

表 A.1 风廓线雷达最大容许干扰场强计算过程中的各类数值结果

序号	项目	风廓线雷达 (以低对流层风廓线雷达为例)
1	灵敏度损失	1 dB
2	接收机输入端干扰功率/接收机输入端等效噪声功率	0.26
3	接收机输入端干扰电压/接收机输入端等效噪声电压	0.51
4	接收机输入端等效噪声功率	-111 dBm
5	接收机输入端干扰功率(对白噪声干扰)	-116.85 dBm
6	接收机输入端等效噪声电压	$0.63 \mu\text{V}$
7	接收机输入端的最大容许干扰电压(对白噪声干扰)	$0.32 \mu\text{V}$
8	天线增益	30 dB
9	馈线损耗(预计)	3 dB
10	折合到天线口面最大容许干扰场强	$-4.35 \text{ dB}\mu\text{V/m}$

A.2 防护间距计算方法

A.2.1 高压架空输电线路、变电站防护间距

A.2.1.1 根据 GB 13618—1992 中 3.1.2 的规定,对于不同性质的随机高频脉冲干扰,在风廓线雷达接收机输入端的最大容许电压有增量系数,即:

$$U_{jf,\max} = 10\lg(0.51C U_{nf}) \quad \dots\dots\dots (\text{A.9})$$

式中:

$U_{jf,\max}$ ——最大容许干扰电压有效值,单位为分贝微伏($\text{dB}\mu\text{V}$);

C ——高压架空输电线路、变电站相对于白噪声最大容许干扰电压的增量系数,取值 3。

A.2.1.2 根据 GB 13618—1992 的附录 B,可得风廓线雷达对高压架空输电线路、变电站等最大容许干扰场强为:

$$E_{jq,\max} = U_{jf,\max} + 20\lg f - G - 10\lg Z + \Delta E_{gp} + L - 9.8 \quad (\text{A.10})$$

式中:

$E_{jq,\max}$ ——最大容许准峰值干扰场强值,单位为分贝微伏每米($\text{dB}\mu\text{V/m}$);

$U_{jf,\max}$ ——最大容许干扰电压有效值,单位为分贝微伏($\text{dB}\mu\text{V}$);

f ——雷达工作频率值,单位为兆赫兹(MHz),取 1300(MHz);

G ——雷达天线增益值,单位为分贝(dB),取 30(dB);

Z ——雷达接收机输入阻抗值,单位为欧姆(Ω),取 50(Ω);

ΔE_{gp} ——准峰值场强 E_{jq} 与峰值场强 E_{jp} 之差值,单位为分贝(dB),取值 -14(dB);

L ——雷达馈线损耗值,单位为分贝(dB),取 3(dB)。

A.2.1.3 以风廓线雷达对高压架空输电线路、变电站的防护间距计算为例,根据 GB 13618—1992, D.2 公式可得:

$$D_{\min} = 10^{\frac{1}{20}(E_0 - 20\lg f + 20\lg B_n - E_{\text{jq}, \max})} \dots\dots\dots (\text{A. 11})$$

式中：

- $D_{\min}$ —— 防护间距值,单位为米(m)；
- E_0 —— 不同电压等级的场强常量数值,取值见表 A. 2,单位为分贝微伏每米($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)；
- f —— 雷达工作频率值,单位为兆赫兹(MHz),取 1300(MHz)；
- B_n —— 雷达接收机等效噪声带宽值,单位为千赫兹[kHz,取 1(MHz),即 1000(kHz)]；
- $E_{\text{jq}, \max}$ —— 最大容许准峰值干扰场强值,单位为分贝微伏每米($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$),计算见公式(A. 10)。

表 A.2 不同电压等级的常量

电压等级 kV	500		220~330		110	
	变电站	线路	变电站	线路	变电站	线路
$E_0 / (\text{dB}\mu\text{V}/\text{m})$	47.94	41.94	41.94	40.44	41.94	37.44

以 500 kV 高压变电站为例,结合公式(A. 10)和公式(A. 11)及相关数值,可得,风廓线雷达对 500 kV 的高压变电站的防护间距为 376 m。为了方便,选取整数 400 m,根据上述步骤,同样可以计算得到 220 kV~330 kV、110 kV 不同电压等级的防护间距。

A.2.2 轨道交通防护间距

A.2.2.1 根据 GB/T 24338.2—2018 图 1 以及图 2 发射限值曲线图,统一选取发射限值 85 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ (10 m 法)进行防护间距计算。

根据 GB/T 24338.2—2018 中 5.1.1.4 对于不同距离的场强修正如下：

$$E_{10} = E_x + n \times 20 \times \lg (D/10) \dots\dots\dots (\text{A. 12})$$

式中：

- E_{10} —— 等效于 10 m 法的测量结果值,单位为分贝微伏每米($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)；
- E_x —— 在 D (m)处的实际测量值,单位为分贝微伏每米($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)；
- n —— 修正因数,在此频段为 1。

A.2.2.2 根据雷达天线口面干扰信号场强不大于-5 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 的要求,以及考虑天线远瓣-35 dB 以及天线围网约 20 dB 的隔离作用,即：

$$D \geq 10 \times 10^{\frac{[-85 - (-5 + 35 + 20)]}{20}} = 562 (\text{m}) \dots\dots\dots (\text{A. 13})$$

为了方便,距离选取整数,即风廓线雷达对轨道交通的防护间距为 600 m。

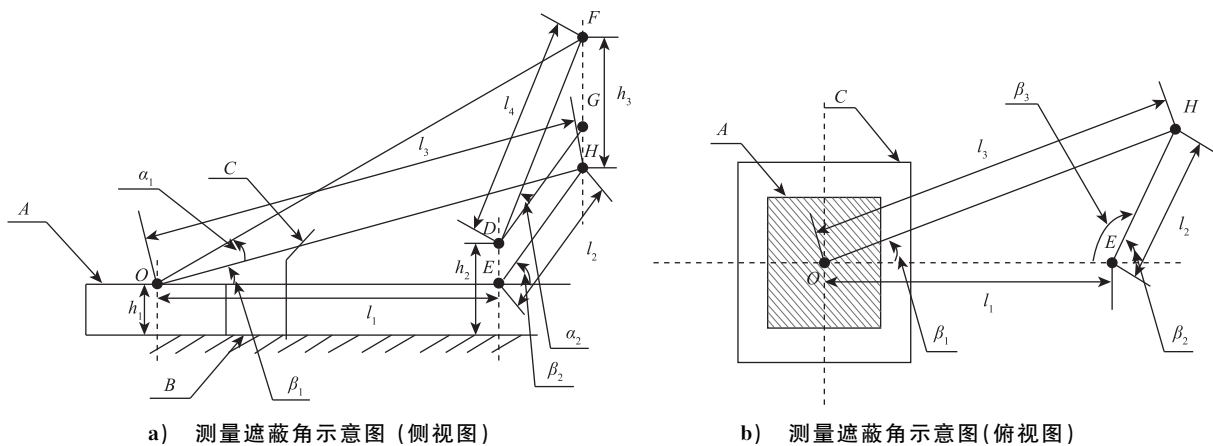
附录 B
(规范性)
遮蔽角测量与计算方法

B.1 遮蔽角测量

风廓线雷达天线阵面已建设完毕后,无法将全站仪放置于天线阵面所在中心点进行测量,宜将全站仪放置在风廓线雷达天线阵面周边合适位置进行测量,并且通过几何关系换算得到遮蔽角。

已知风廓线雷达波束扫描方向方位角(以北为 0° ,顺时针旋转为正,逆时针旋转为负),分别为 γ 、 $\gamma+90^\circ$ 、 $\gamma+180^\circ$ 、 $\gamma+270^\circ$, γ 为定北角(即为与正北的夹角)。按下列步骤进行测量:

- 根据障碍物所在大致方位选取全站仪的放置位置,确保障碍物方位位于风廓线雷达某一波束扫描方位角 $\pm 45^\circ$ 以内;
- 将全站仪放置在风廓线雷达某一波束扫描方位角的延长线上(见图 B.1),并记录该波束扫描方位角为 ζ (γ 、 $\gamma+90^\circ$ 、 $\gamma+180^\circ$ 、 $\gamma+270^\circ$ 中任意一个), E 点为全站仪在天线阵面所在平面投影点,全站仪距离天线阵面中心点即 l_1 应不大于 30 m,天线阵面中心点高度与全站仪高度参考平面为同一平面;



标引序号说明:

O——雷达天线阵面中心点;
A——天线阵面;
B——地表;
C——天线围网;
D——全站仪放置点;

E——全站仪在天线阵面所在平面投影点;
F——障碍物最高处所在位置;
G——障碍物最高处在全站仪所在平面投影点;
H——障碍物最高处在天线阵面所在平面投影点。

图 B.1 测量遮蔽角示意图

- 调整全站仪的水平和方位,方位 0° 为选取的一波束扫描方向,物镜对准后开始测量;
- 调整全站仪物镜方位以及仰角,将物镜中心十字线对准障碍物最高处,记录测得的仰角、方位角以及斜距,方位角顺时针(正北到正东的方向)为正,逆时针(正东到正北的方向)为负;
- 测量多个障碍物遮蔽角时,重复 a)~d)的过程;
- 对上述测量到的数据进行整理计算,得到以天线阵面中心点为观察点的方位角和遮蔽角。

B.2 遮蔽角计算方法

根据 B.1 测量过程可知,全站仪可测得: α_2 、 l_4 与 β_2 ,则根据几何关系可以得到:

$$l_2 = l_4 \cos \alpha_2 \dots\dots\dots (\text{B. 1})$$

$$h_3 = l_4 \sin \alpha_2 + h_2 - h_1 \dots\dots\dots (\text{B. 2})$$

$$\beta_3 = 180^\circ - \beta_2 \dots\dots\dots (\text{B. 3})$$

已知 l_1 、 l_2 以及 β_3 ，根据余弦定理可知：

$$l_3 = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2l_1 l_2 \cos \beta_3} \dots\dots\dots (\text{B. 4})$$

同时已知 l_3 和 h_3 ，则可以得到：

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \frac{h_3}{l_3} \dots\dots\dots (\text{B. 5})$$

$$\beta_1 = \cos^{-1} \frac{l_1^2 + l_3^2 - l_2^2}{2l_1 l_3} \dots\dots\dots (\text{B. 6})$$

即 α_1 、 β_1 为以天线阵面中心为观察点得到的仰角和方位角 ($-45^\circ \sim +45^\circ$)，根据每次测量全站仪所在扫描波束的方位角 ζ ，得到相对于正北的方位角 ($0^\circ \sim 360^\circ$)。

B.3 遮蔽角与距离、障碍物高度之间的关系

根据遮蔽角的定义，障碍物的高度与遮蔽角、阵面中心与障碍物的水平距离关系见公式 (B. 7)：

$$h_s \leqslant d_s \sin \alpha \dots\dots\dots (\text{B. 7})$$

式中：

- h_s —— 障碍物的高度；
- d_s —— 阵面中心与障碍物的水平距离；
- α —— 遮蔽角。

典型遮蔽角 30° 和 40° 障碍物高度和水平距离的关系见表 B. 1。

表 B.1 障碍物高度和水平距离的关系

单位为米

序号	水平距离	障碍物高度	
		遮蔽角 30°	遮蔽角 40°
1	5	2.5	3.2
2	10	5.0	6.4
3	15	7.5	9.6
4	20	10.0	12.8
5	50	25.0	32.1
6	100	50.0	64.3
7	200	100.0	128.5
8	500	250.0	321.3
9	750	375.0	482.0
10	1000	500.0	642.7

参 考 文 献

- [1] GB/T 24338.2—2018 轨道交通 电磁兼容 第2部分:整个轨道系统对外界的发射
 - [2] GB 31223—2014 气象探测环境保护 天气雷达站
 - [3] GB/T 37411—2019 天气雷达选址规定
 - [4] GB/T 37467—2019 气象仪器术语
 - [5] QX/T 525—2019 有源 L 波段风廓线雷达(固定和移动)
 - [6] QX/T 608—2021 无源 L 波段风廓线雷达
 - [7] QX/T 629—2021 P 波段风廓线雷达
 - [8] 中国气象局综合观测司. 观测司关于印发 L 波段风廓线雷达功能规格需求书的通知:气测函(2019)162 号[Z],2019 年 12 月 25 日
 - [9] 中国气象局. 风廓线雷达建设指南[Z],2012
 - [10] 中国民用航空局. 民用机场与地面航空无线电台(站)电磁环境测试规范:AP-118-TM-2013-01[Z],2013 年 4 月 19 日. http://www.caac.gov.cn/XXGK/XXGK/GFXWJ/201511/t20151102_8205.html
-

中 华 人 民 共 和 国
气 象 行 业 标 准
气象探测环境保护规范 风廓线雷达站
QX/T 675—2023

*

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:1 字数:30 千字
2023 年 10 月第 1 版 2023 年 10 月第 1 次印刷

*

书号:135029-6338 定价:25.00 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