

ICS 07.060
A 47



中华人民共和国国家标准

GB 31223—2014

气象探测环境保护规范 天气雷达站

Specifications for meteorological observing environs protection—
Weather radar station

2014-09-30 发布

2015-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
引言	II
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	2
5 保护要求	2
6 测量方法	4
附录 A (规范性附录) 天气雷达天线电磁辐射场区计算方法	5
附录 B (规范性附录) 天气雷达探测净空保护计算方法	7
附录 C (规范性附录) 障碍物遮挡角容限值计算方法	11
附录 D (资料性附录) 天气雷达站对各种干扰源干扰电压容限值计算方法和最小防护间距的 计算示例	13
附录 E (规范性附录) 障碍物海拔高度及限制海拔高度与限制方位宽度测量和计算方法	15
参考文献	19

前 言

本标准全部技术内容为强制性。

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国气象局提出。

本标准由全国气象仪器与观测方法标准化技术委员会(SAC/TC 507)归口。

本标准起草单位:中国气象局气象探测中心、福建省气象局、贵州省气象局、辽宁省气象局。

本标准主要起草人:陈大任、高玉春、李麟、张沪生、吴太旺、柴秀梅、程飞、李喆、郭锐、陈玉宝。

引 言

天气雷达是监测台风、暴雨、冰雹、龙卷、下击暴流等灾害性天气系统,为防灾减灾、保护人民生命财产安全、短期临近预报预警提供科学决策依据的重要遥感探测设备。为保护天气雷达站的探测环境,充分发挥天气雷达的使用效能,特制定本标准。

气象探测环境保护规范 天气雷达站

1 范围

本标准规定了天气雷达站探测环境保护的范围和要求。
本标准适用于天气雷达站探测环境保护活动。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 4824—2004 工业、科学和医疗(ISM)射频设备 电磁骚扰特性 限值和测量方法(CISPR 11:2003, IDT)

GB 13618—1992 对空情报雷达站电磁环境保护要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

天气雷达站 weather radar station

由天气雷达和满足设备运行环境要求的设施及其空间构成。

注:天气雷达是基于云、雾、雨、雪等粒子对电磁波的散射和产生多普勒效应等原理,探测降水回波强度与多普勒速度的空间分布和演变,并以此警戒跟踪降水天气系统的雷达。

3.2

波束宽度 beamwidth

天线方向图中最大辐射方向两个半功率点之间的夹角。

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。

3.4

孤立障碍物 isolated obstacle

与相邻障碍物的横向间距大于2个波束宽度且遮挡方位角不大于容限值的障碍物。

3.5

遮挡仰角 block elevation angle

从雷达最低工作仰角开始抬升波束直至其下边沿离开障碍物时的角度,即从存在遮挡至遮挡影响消失时波束下边沿的抬升角度。

3.6

遮挡方位角 block azimuth angle

障碍物对雷达波束形成遮挡,雷达波束边沿(-3 dB)进入障碍物区域时所处方位,与雷达波束边沿(-3 dB)退出障碍物区域时所处方位之间的夹角。

3.7

总遮挡方位角 total block angle in azimuth

所有遮挡方位角的总和。

3.8

障碍物限制海拔高度 restricted altitude for obstacle

根据允许的最大遮挡仰角计算得到的障碍物最高点所处海拔高度。

3.9

障碍物限制方位宽度 restricted azimuth width for obstacle

根据允许的最大遮挡方位角计算得到的障碍物宽度。

3.10

净空 clearance

天气雷达按照业务模式在最低仰角工作时,天线主波束不受到遮挡的探测环境。

4 保护范围

4.1 总则

天气雷达站探测环境保护范围由一级保护区和二级保护区构成,范围图示及说明见附录 A。在天气雷达站周边不应有对雷达正常工作产生影响的其他干扰。对于电磁干扰的防护范围不限于一级、二级保护区。

4.2 一级保护区

天气雷达的辐射近场区范围内高于和低于雷达天线口上下沿 10 个雷达波长的平行线与过渡区“边缘”构成的区域。

4.3 二级保护区

以天气雷达为中心,从一级保护区的外沿至距离雷达 20 km 的环形区域。

5 保护要求

5.1 总则

5.1.1 障碍物对天气雷达造成的回波强度损失不应大于 1 dB。

5.1.2 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。

5.2 一级保护区

5.2.1 不应有对天气雷达探测造成遮挡的障碍物。

5.2.2 对应的限制海拔高度 h_2 按式(1)计算,图示及说明见 B.1。

$$h_2 = \begin{cases} h_1 - 10\lambda & 0 < d \leq D^2/2\lambda + 10\lambda/\tan(180\lambda/\pi D) \\ h_1 + D/2 - d \times \tan(180\lambda/\pi D) & D^2/2\lambda + 10\lambda/\tan(180\lambda/\pi D) < d \leq 2D^2/\lambda \end{cases} \dots\dots(1)$$

式中:

h_2 ——雷达天线在水平扫描时物体最高点的限制海拔高度,单位为米(m);

h_1 ——雷达天线口下沿点的海拔高度,单位为米(m);

λ ——雷达工作波长,单位为米(m);

d ——雷达天线口下沿点到物体最高点的水平距离,单位为米(m);
 D ——雷达天线直径,单位为米(m)。

5.3 二级保护区

5.3.1 孤立障碍物遮挡仰角限制

雷达工作在最低仰角时,孤立障碍物遮挡仰角容限值见表 C.1,计算方法见附录 C。

5.3.2 障碍物遮挡方位角限制

雷达工作在最低仰角时,孤立障碍物遮挡方位角容限值见表 C.1,计算方法见附录 C。
 周边所有障碍物的总遮挡方位角不大于 5°。

5.3.3 高度限制

障碍物限制海拔高度按式(2)计算,示意图及说明见 B.2.1。

$$h_3 = h_1 + (D/2) \times \cos\varphi + [d + (D/2) \times \sin\varphi] \times \tan(\varphi - \theta/2 + \beta), d > 2D^2/\lambda \dots\dots(2)$$

式中:

- h_3 ——遮挡仰角容限值 β 对应障碍物最高点的限制海拔高度,单位为米(m);
- d ——雷达天线口下沿点到障碍物最高点的水平距离,单位为米(m);
- β ——障碍物最高点对应的遮挡仰角容限值,单位为度(°);
- φ ——业务模式中雷达最低工作仰角,单位为度(°);
- θ ——雷达天线波束宽度,单位为度(°);
- h_1, D ——同式(1)。

5.3.4 方位宽度限制

孤立障碍物限制方位宽度按式(3)计算,图示及说明见 B.2.2。

$$b = 2 \times d_1 \times \tan(\Psi/2) \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- b ——遮挡雷达波束的孤立障碍物的限制方位宽度,单位为米(m);
- d_1 ——障碍物上任意点所对应的该障碍物遮挡方位角(以雷达天线为圆心的圆心角)在该点的弦到雷达天线中心的距离,单位为米(m);
- Ψ ——障碍物的遮挡方位角容限值,单位为度(°)。

5.4 电磁干扰限制

天气雷达站周边,其他电子设备在雷达工作频点及所占频谱范围内的干扰电压的容限值应满足表 1 的规定。

表 1 干扰电压的容限值

频率范围/GHz	2.7~3.0	5.3~5.7	9.3~9.7
干扰电压容限值/ μ V	0.40	0.43	0.44
注: 2.7 GHz~3.0 GHz 频段的干扰电压容限值引自 GB 13618—1992;5.3 GHz~5.7 GHz、9.3 GHz~9.7 GHz 频段的干扰电压容限值计算方法参见 D.1。			

5.5 最小防护间距

天气雷达站与典型的干扰源的最小防护间距应满足表 2 中的规定。

表 2 最小防护间距容限值

干扰源		最小防护间距 km		
		2.7 GHz~3.0 GHz	5.3 GHz~5.7 GHz	9.3 GHz~9.7 GHz
高压架空输电线路	500 kV	1.00	0.30	0.10
	220 kV~330 kV	0.80	0.24	0.08
	110 kV	0.70	0.21	0.07
高压变电站	500 kV	1.20	0.36	0.12
	220 kV~330 kV	0.80	0.24	0.08
	110 kV	0.70	0.21	0.07
电气化铁路	电力机车	0.70	0.34	0.18
非电气化铁路		0.50	0.24	0.13
汽车公路	高速、一级	0.70	0.42	0.26
	二级	0.70	0.42	0.26
高频热合机		1.20	0.56	0.27

注：2.7 GHz~3.0 GHz 频段的最小防护间距的容限值引自 GB 13618—1992；5.3 GHz~5.7 GHz、9.3 GHz~9.7 GHz 频段的最小防护间距的容限值计算示例参见 D.2。

6 测量方法

6.1 障碍物测量和计算方法

6.1.1 测量设备

角度测量精度应不大于 $2''$ ，全站仪的距离测量精度应不大于 1.5 mm。

6.1.2 障碍物测量与计算方法

障碍物的海拔高度、限制海拔高度和限制方位宽度按照附录 E 中的方法测量和计算。

6.2 电磁干扰测量

6.2.1 测量设备

进行干扰测量所用设备应符合 GB 4824—2004 中 6.2 的要求。

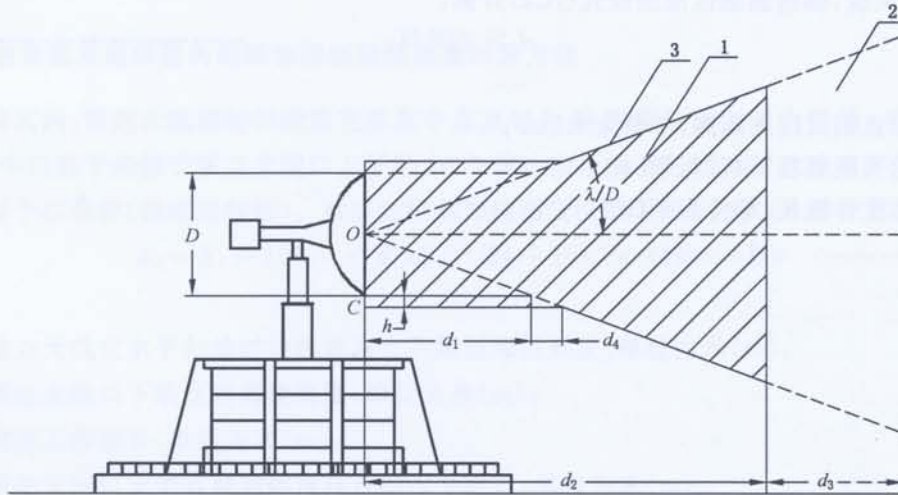
6.2.2 测量程序

按照 GB 4824—2004 中 8.4 的要求进行。

附录 A
(规范性附录)

天气雷达天线电磁辐射场区计算方法

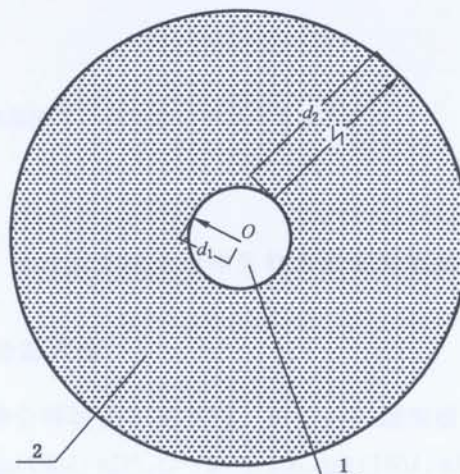
A.1 天气雷达天线周围的电磁辐射场区划分为辐射近场区和辐射远场区,如图 A.1 所示,图 A.2 为俯视示意图。



说明:

- 1——阴影部分为一级保护区, $0 < d_2 \leq 2D^2/\lambda$;
平行波束区, $0 < d_1 \leq D^2/2\lambda$;
 $h = 10\lambda$;
高于和低于雷达天线口上下沿 10 个雷达波长平行线的延长线, $D^2/2\lambda < d_4 \leq D^2/2\lambda + 10\lambda/\tan(180\lambda/\pi D)$;
- 2——阴影外至 20 km 处为二级保护区, $2D^2/\lambda < d_3 \leq 20 \text{ km}$;
- 3——波束上“边缘”(对应过渡区的“边缘”)。

图 A.1 电磁辐射场区及保护区示意图



说明:

- 1——一级保护区, $0 < d_1 \leq 2D^2/\lambda$;
- 2——二级保护区, $2D^2/\lambda < d_2 \leq 20 \text{ km}$ 。

图 A.2 电磁辐射场区及保护区俯视示意图

A.2 对于孔径天线,辐射近场区范围按式(A.1)计算:

$$0 < d \leq 2D^2/\lambda \quad \dots\dots\dots(A.1)$$

式中:

d ——观察点到天线的距离,单位为米(m);

D ——雷达天线直径,单位为米(m);

λ ——雷达工作波长,单位为米(m)。

其中 $0 < d \leq D^2/2\lambda$ 为平行波束区, $D^2/2\lambda < d \leq 2D^2/\lambda$ 为过渡区。

A.3 对于孔径天线,辐射远场区范围按式(A.2)计算:

$$d > 2D^2/\lambda \quad \dots\dots\dots(A.2)$$

式中:

d ——观察点到天线的距离,单位为米(m);

D ——雷达天线直径,单位为米(m);

λ ——雷达工作波长,单位为米(m)。

附录 B
(规范性附录)
天气雷达探测净空保护计算方法

B.1 雷达天线辐射近场区净空环境保护计算方法

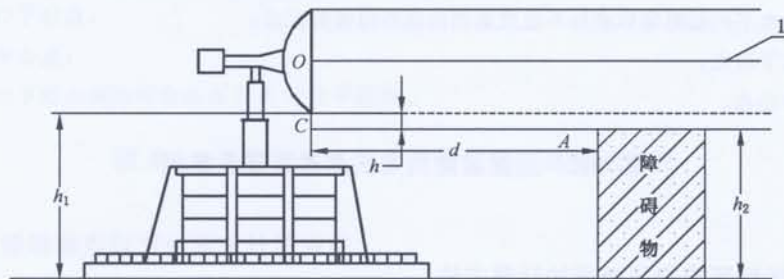
B.1.1 平行波束区及延伸区内障碍物限制海拔高度计算方法

平行波束区内,雷达天线辐射的能量主要集中在直径为 D 的圆柱形空间内传播,考虑工程实践的经验,近场区中以高于和低于雷达天线口上下沿 10 个雷达波长的平行线为雷达净空环境保护基准线,保护距离相应予以延伸(构成延伸区)。对应的限制海拔高度按照图 B.1 用式(B.1)计算:

$$h_2 = h_1 - 10\lambda, 0 < d \leq D^2/2\lambda + 10\lambda/\tan(180\lambda/\pi D) \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- h_2 ——雷达天线在水平扫描时物体最高点的限制海拔高度,单位为米(m);
- h_1 ——雷达天线口下沿点的海拔高度,单位为米(m);
- λ ——雷达工作波长,单位为米(m);
- d ——雷达天线口下沿点到物体最高点的水平距离,单位为米(m)。



说明:

- 1 ——波束中心线, $h = 10\lambda$;
- A ——雷达天线在水平扫描时物体刚好不造成遮挡的限制海拔高度点;
- C ——雷达天线口下沿点;
- O ——雷达天线中心点(馈源)。

图 B.1 平行波束区及延伸区物体限制海拔高度示意图

B.1.2 过渡区内限制海拔高度计算方法

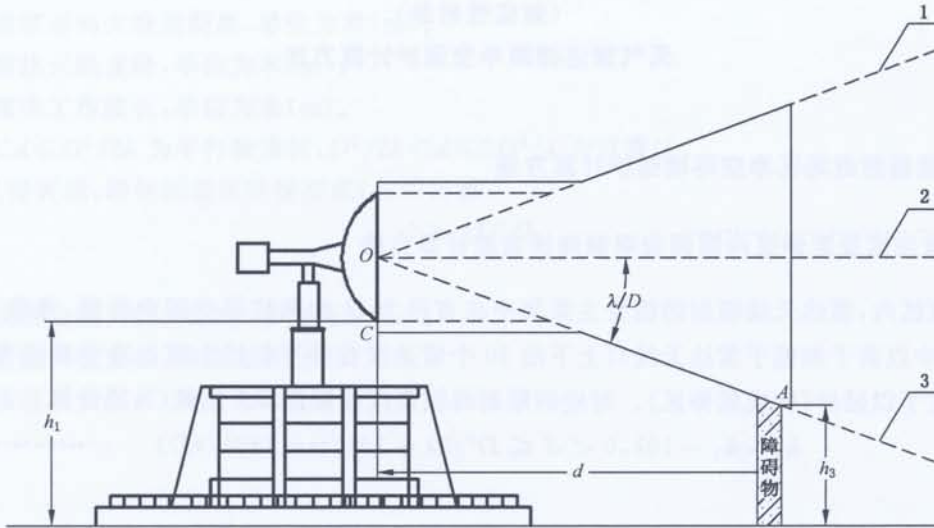
过渡区以其“边缘”为雷达净空环境保护基准线。对应的限制海拔高度按照图 B.2 用式(B.2)计算:

$$h_2 = h_1 + D/2 - d \times \tan(180\lambda/\pi D), D^2/2\lambda + 10\lambda/\tan(180\lambda/\pi D) < d \leq 2D^2/\lambda \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

- h_2 ——雷达天线在水平扫描时物体最高点的限制海拔高度,单位为米(m);
- h_1 ——雷达天线口下沿点的海拔高度,单位为米(m);
- λ ——雷达工作波长,单位为米(m);

D ——雷达天线直径,单位为米(m);
 d ——雷达天线口下沿点到物体最高点的水平距离,单位为米(m)。



说明:

- 1 ——波束上“边缘”;
- 2 ——波束中心线;
- 3 ——波束下“边缘”;
- A ——雷达天线在水平扫描时物体刚好不造成遮挡的限制海拔高度点;
- C ——雷达天线口下沿点;
- O ——雷达天线中心点。

图 B.2 过渡区域内限制海拔高度示意图

B.2 雷达天线辐射远场区净空环境保护计算方法

B.2.1 远场区孤立障碍物限制海拔高度计算方法

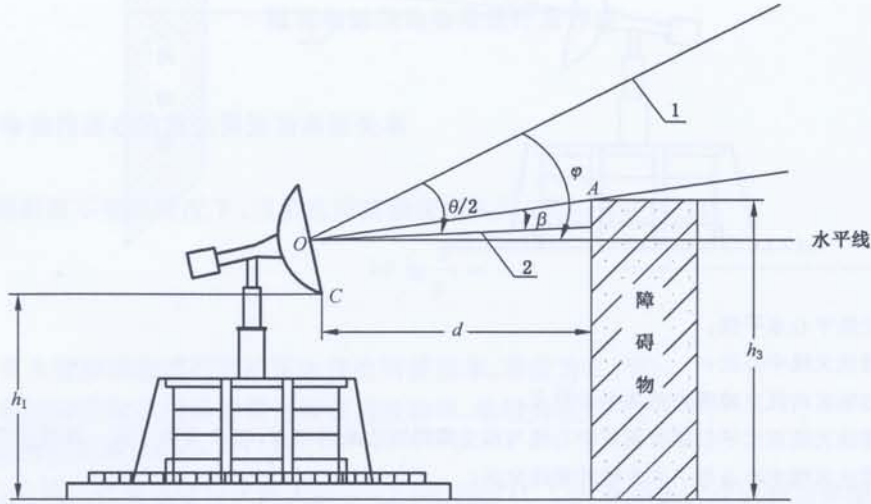
远场区以天线波束下边沿线为雷达净空环境保护基准线,障碍物最高点 A 的限制海拔高度按照图 B.3 用式(B.3)计算:

$$h_3 = h_1 + (D/2) \times \cos\varphi + [d + (D/2) \times \sin\varphi] \times \tan(\varphi - \theta/2 + \beta), d > 2D^2/\lambda \dots\dots (B.3)$$

式中:

- h_3 ——雷达天线在遮挡仰角容限值 β 扫描时障碍物最高点的限制海拔高度,单位为米(m);
- h_1 ——雷达天线口下沿点的海拔高度,单位为米(m);
- D ——雷达天线直径,单位为米(m);
- d ——雷达天线口下沿点到障碍物最高点的水平距离,单位为米(m);
- β ——障碍物最高点对应的遮挡仰角容限值,单位为度($^\circ$);
- φ ——业务模式中雷达最低工作仰角,单位为度($^\circ$);
- θ ——雷达天线波束宽度,单位为度($^\circ$)。

其中,遮挡角容限值见表 C.1。



说明:

- 1 ——波束中心线;
- 2 ——波束下边沿;
- C ——雷达天线口下沿点;
- O ——雷达天线中心点;
- d ——雷达天线口下沿点到障碍物最高点 A 的水平距离。

图 B.3 远场区孤立障碍物限制海拔高度示意图

B.2.2 远场区孤立障碍物限制方位宽度计算方法

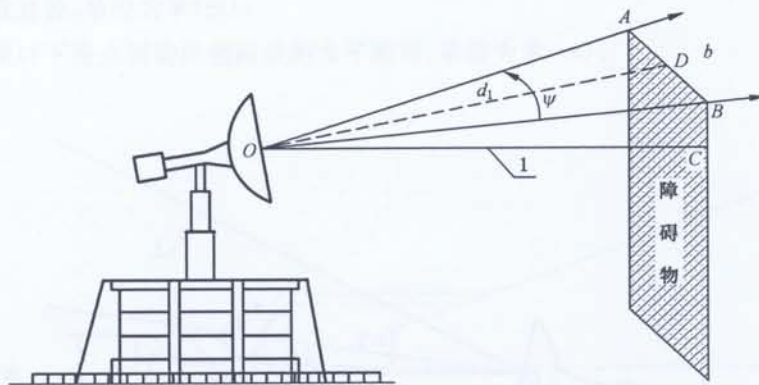
远场区以天线中心线为雷达净空环境保护基准线,雷达探测方向上远场区孤立障碍物限制方位宽度按照图 B.4 用式(B.4)计算:

$$b = 2 \times d_1 \times \tan(\Psi/2) \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

- b ——遮挡雷达波束的孤立障碍物的限制方位宽度,单位为米(m);
- d_1 ——障碍物上任意点所对应的该障碍物遮挡方位角(以雷达天线为圆心的圆心角)在该点的弦到雷达天线中心的距离,单位为米(m);
- Ψ ——障碍物的遮挡方位角容限值,单位为度(°)。

其中,遮挡角容限值见表 C.1。



说明：

- 1 —— 天线中心水平线；
- O —— 雷达天线中心点；
- A、B —— 远场区内孤立障碍物的两个边沿点；
- C —— 雷达天线在水平扫描时波束中心线与孤立障碍物边缘的切点，与 O 点处于同一海拔高度；
- D —— 雷达天线中心点到 AB 连线的垂线交点；
- | AB | —— 遮挡雷达波束的孤立障碍物的限制方位宽度，即雷达天线在某一仰角扫描时，从雷达天线中心处向孤立障碍物扫描方向看去的允许水平横向最大距离， $| AB | = 2 \times | OD | \times \tan(\angle AOB/2)$ ；
- $\angle AOB$ —— 障碍物的遮挡方位角容限值；
- $\angle BOC$ —— 障碍物的遮挡仰角容限值。

图 B.4 远场区孤立障碍物限制方位宽度示意图

附录 C

(规范性附录)

障碍物遮挡角容限值计算方法

C.1 计算障碍物遮挡造成的雷达回波功率损失率

在雷达探测距离不变的情况下,当雷达回波强度损失为 a 时,有式(C.1):

$$10 \lg \frac{p}{p'} = a \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

p ——波束未被障碍物遮挡时的雷达接收回波功率,单位为瓦(W);

p' ——波束被障碍物遮挡后的雷达接收回波功率,单位为瓦(W)。

雷达回波功率损失率为 $(p-p')/p$ 。

根据 5.1.1,取雷达回波强度损失最大值 $a=1$ dB,按式(C.1)计算得出雷达回波功率损失率为 21%。

C.2 计算雷达辐射的总功率(遮挡前)

在实际工程中,天气雷达天线方向图主波束(3 dB)内的功率密度变化近似于高斯函数曲线,高斯分布函数为:

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\theta^2}{2}} d\theta$$

天线方向图中的主瓣能量用 $\int_{-\theta_1}^{\theta_1} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\theta^2}{2}} d\theta$ 计算,其中 $(-\theta_1, \theta_1)$ 为天线主波束上、下边沿偏离主波束轴线的角度。

由《标准正态分布函数数值表》,可知

$$\int_{-4}^4 \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = 1$$

根据 3 dB 波束宽度的定义,当功率密度下降到最大值的一半(半功率点)时,

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x_1^2}{2}} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \Big|_{x=0} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}}$$

解得 $x_1=1.18$ 。

查阅《标准正态分布函数数值表》得

$$P(x \leq 1.18) = 0.881$$

则 $P(x > 1.18) = 0.119$ 。

雷达辐射的总功率(遮挡前)为:

$$P(-1.18 \leq x \leq 1.18) = 1 - 2 \times 0.119 = 0.762$$

C.3 计算孤立障碍物遮挡角容限值

当障碍物遮挡造成雷达辐射功率损失率为 21%时,有效辐射功率为总辐射功率的 79%;为简化计算,仅考虑障碍物遮挡造成雷达辐射功率的单程损失,损失功率为 $0.762 \times 21\% = 0.16$ 。

$$P(x \leq x_2) = 0.881 - 0.762 \times 21\% = 0.721$$

查阅《标准正态分布函数数值表》得 $x_2 = 0.59$ 。

由天线方向图与高斯概率密度函数的对应关系,可得式(C.2):

$$\frac{\theta_2}{\theta_1} = \frac{x_2}{x_1} = \frac{0.59}{1.18} = \frac{1}{2} \dots\dots\dots(C.2)$$

式中:

θ_1 ——半功率点下边沿偏离主波束轴线的角度(值等于半波束宽度),单位为度(°);

θ_2 ——遮挡后波束下边沿偏离主波束轴线的角度,单位为度(°)。

从雷达波束下边沿算起的遮挡角容限值 $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$ 。

由式(C.2)可知 $\Delta\theta = 0.5\theta_1$,该式适用于仰角和方位角。

C.4 典型天气雷达波束宽度下孤立障碍物遮挡方位角、仰角容限值

当天线波束宽度为 0.5° 时, $\theta_1 = 0.25^\circ$, $\Delta\theta = 0.125^\circ$ 。

当天线波束宽度为 1.0° 时, $\theta_1 = 0.5^\circ$, $\Delta\theta = 0.25^\circ$ 。

当天线波束宽度为 1.5° 时, $\theta_1 = 0.75^\circ$, $\Delta\theta = 0.375^\circ$ 。

典型天气雷达波束宽度下孤立障碍物遮挡方位角、俯仰角容限值见表 C.1。

表 C.1 孤立障碍物遮挡角容限值

单位为度

天气雷达波束宽度	孤立障碍物遮挡仰角容限值	孤立障碍物遮挡方位角容限值
0.5	0.125	0.125
1.0	0.25	0.25
1.5	0.375	0.375

附录 D
(资料性附录)

天气雷达站对各种干扰源干扰电压容限值计算方法和最小防护间距的计算示例

D.1 干扰电压容限值计算方法

根据 5.1.2,取干扰信号造成灵敏度损失最大值 1 dB,由雷达气象方程可得到

$$10 \lg \frac{P'_{r,\min}}{P_{r,\min}} = 1,$$

即式(D.1)

$$P'_{r,\min} = P_{r,\min} + 0.26P_{r,\min} \dots\dots\dots (D.1)$$

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)。

$P'_{r,\min}$ 应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 $I = 0.26N$ 。

根据干扰源对天气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

$$U_{jf,\max} = 0.51U_{nf}$$

其中, U_{nf} 为无干扰信号时,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)。

由噪声功率与噪声温度的关系式 $P_n = \frac{U_n^2}{R} = kTB_n$,可得出 U_{nf} 计算公式,见式(D.2):

$$U_{nf} = \sqrt{kTB_n R} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

k ——玻耳兹曼常数,单位为焦耳每开尔文(J/K);

T ——系统噪声温度,单位为开尔文(K);

B_n ——接收机等效噪声带宽,单位为兆赫兹(MHz);

R ——接收机输入阻抗,单位为欧姆(Ω)。

由式(D.2)计算可知,5.3 GHz~5.7 GHz、9.3 GHz~9.7 GHz 接收机输入端等效噪声电压 U_{Cnf} 和 U_{Xnf} 分别为 0.86 μV 、0.88 μV 。由 GB 13618—1992,2.7 GHz~3.0 GHz 接收机输入端等效噪声电压 U_{Snf} 为 0.85 μV 。

D.2 最小防护间距计算示例

以高压架空输电线路、变电站为例,由 GB 13618—1992 附录 B 中式(B.2)可得式(D.3)和式(D.4):

$$E_{Sjq,\max} = U_{Sjf,\max} + 20 \lg f_s - G - 10 \lg Z + \Delta E_{gp} + L - 9.8 \dots\dots\dots (D.3)$$

$$E_{Cjq,\max} = U_{Cjf,\max} + 20 \lg f_c - G - 10 \lg Z + \Delta E_{gp} + L - 9.8 \dots\dots\dots (D.4)$$

式中:

$E_{Sjq,\max}$ ——S 波段准峰值干扰场强容限值,单位为分贝微伏每米($dB \cdot \mu V/m$);

$E_{Cjq,\max}$ ——C 波段准峰值干扰场强容限值,单位为分贝微伏每米($dB \cdot \mu V/m$);

$U_{Sjf,\max}$ ——S 波段干扰电压容限值,单位为分贝微伏($dB \cdot \mu V$);

$U_{Cjf,\max}$ ——C 波段干扰电压容限值,单位为分贝微伏($dB \cdot \mu V$);

- f_s —— S 波段天气雷达的典型工作频率,单位为兆赫兹(MHz);
- f_c —— C 波段天气雷达的典型工作频率,单位为兆赫兹(MHz);
- G —— 雷达天线增益,单位为分贝(dB);
- Z —— 雷达接收机输入阻抗,单位为欧姆(Ω);
- ΔE_{gp} —— 准峰值场强与峰值场强分贝数之差,单位为分贝(dB);
- L —— 雷达天馈系统损耗,单位为分贝(dB)。

由于 C 波段和 S 波段天气雷达的技术指标 G 、 L 、 Z 相近,且两波段 ΔE_{gp} 同源,按照探测环境最佳保护要求,取 $f_s=3$ GHz, $f_c=5.3$ GHz,式(D.4)减去式(D.3),可得 C 波段相对于 S 波段的干扰场强容限值的差值为

$$\Delta E_{jq, \max} = U_{Cjf, \max} - U_{Sjf, \max} + 20 \lg(f_c/f_s) = U_{Cjf, \max} - U_{Sjf, \max} + 20 \lg(5.3/3)$$

对 $U_{Sjf, \max}$ 、 $U_{Cjf, \max}$ 进行量纲显化处理(分贝形式):

$$U_{Sjf, \max} = 20 \times \lg(0.48CU_{Snf}) = 20 \times \lg(0.48 \times 3 \times 0.85) = 1.76 \text{ dB} \cdot \mu\text{V}$$

$$U_{Cjf, \max} = 20 \times \lg(0.51CU_{Cnf}) = 20 \times \lg(0.51 \times 3 \times 0.86) = 2.38 \text{ dB} \cdot \mu\text{V}$$

则 $\Delta E_{jq, \max} = 2.38 - 1.76 + 20 \lg(f_c/f_s) = 0.62 + 20 \lg(5.3/3) = 5.56 \text{ dB} \cdot \mu\text{V/m}$

由 GB 13618—1992 附录 D 中式(D.2)可得式(D.5):

$$D_{\min} = 10^{\frac{E_0 - 20 \lg f + 20 \lg B_n - E_{jq, \max}}{20}} \dots\dots\dots (D.5)$$

式中:

- D_{\min} —— 最小防护间距,单位为千米(km);
- E_0 —— 不同电压等级的场强常量,取值参见 GB 13618—1992 附录 C 中表 C.1,单位为分贝微伏每米($\text{dB} \cdot \mu\text{V/m}$);
- f —— 雷达工作频率,单位为兆赫兹(MHz);
- B_n —— 雷达接收机等效噪声带宽,单位为千赫兹(kHz);
- $E_{jq, \max}$ —— 准峰值干扰场强的容限值,单位为分贝微伏每米($\text{dB} \cdot \mu\text{V/m}$)。

假设 C 波段和 S 波段的 E_0 和 B_n 基本相同,则 C 波段相对于 S 波段的最小防护间距增量系数由式(D.6)得出。

$$k_c = \frac{D_{c, \min}}{D_{s, \min}} = 10^{[-20 \lg(5.3/3) - \Delta E_{jq, \max}]/20} = 10^{[-20 \lg(5.3/3) - 5.56]/20} = 0.30 \dots\dots\dots (D.6)$$

式中:

- $D_{c, \min}$ —— C 波段的最小防护间距,单位为千米(km);
- $D_{s, \min}$ —— S 波段的最小防护间距,单位为千米(km)。

当高压架空输电线路对 S 波段雷达的防护间距为 1 km 时,由 $D_{c, \min} = 0.30D_{s, \min}$ 得到 C 波段雷达的最小防护间距为 0.30 km。

同理,按照探测环境最佳保护要求,X 波段天气雷达的工作频率取 $f_x=9.3$ GHz,X 波段相对于 S 波段的防护间距增量系数由式(D.7)得出。

$$k_x = \frac{D_{x, \min}}{D_{s, \min}} = 0.10 \dots\dots\dots (D.7)$$

式中:

- $D_{x, \min}$ —— X 波段的最小防护间距,单位为千米(km);
- $D_{s, \min}$ —— S 波段的最小防护间距,单位为千米(km)。

当高压架空输电线路对 S 波段雷达的防护间距为 1 km 时,由 $D_{x, \min} = 0.1D_{s, \min}$ 得到 X 波段雷达的最小防护间距为 0.10 km。

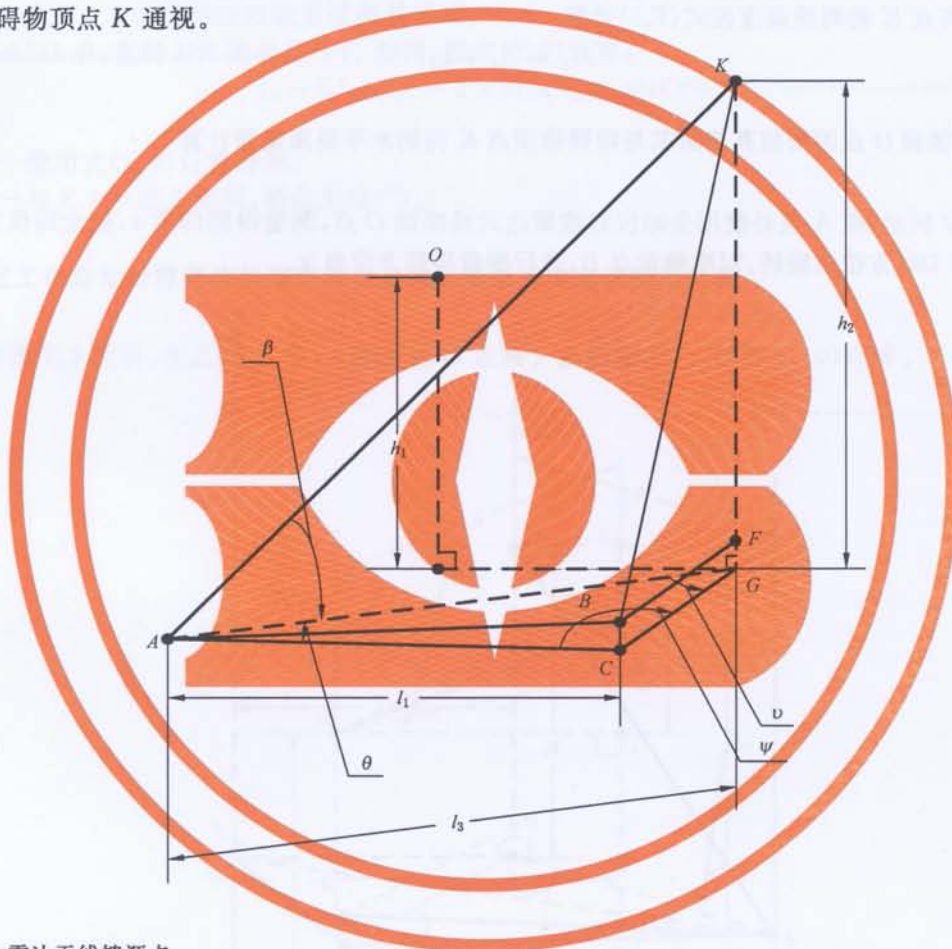
其他干扰源最小防护间距计算方法同上,计算结果为表 2。

附录 E
(规范性附录)

障碍物海拔高度及限制海拔高度与限制方位宽度测量和计算方法

E.1 障碍物顶点 K 的海拔高度测量计算

E.1.1 在障碍物外适当距离选择两个全站仪测量点 A 和 B,如图 E.1 所示,两个测量点之间应通视,且分别与障碍物顶点 K 通视。



说明:

- O —— 雷达天线馈源点;
- K —— 障碍物顶点;
- G —— K 点在水平面 ACG 上的投影。

图 E.1 障碍物顶点 K 测量计算示意图

E.1.2 在 A 点使用全站仪对准障碍物顶点 K 进行测量,得到仰角 β ,然后把全站仪方位角设定为 0° ,沿小于 180° 方位角旋转,对准点 B,测量得到角 θ 及点 A 和点 B 间的水平距离 l_1 。

E.1.3 在 B 点处使用全站仪对准障碍物顶点 K,把全站仪方位角设为 0° ,沿小于 180° 方位角旋转对准 A 点,得到角 ψ 。

E.1.4 使用精度为厘米级(cm)的全球定位设备,测量得到 A 点处的海拔高度 h_0 。

E.1.5 通过几何关系,计算 K 点海拔高度。

在 $\triangle ACG$ 中, v 和 l_3 分别按式(E.1)和式(E.2)计算:

$$\nu = 180^\circ - \theta - \Psi \quad \dots\dots\dots(\text{E.1})$$

$$l_3 = \frac{l_1 \times \sin \Psi}{\sin \nu} \quad \dots\dots\dots(\text{E.2})$$

在 $\triangle AKG$ 中, $\tan \beta$ 按式(E.3)计算:

$$\tan \beta = \frac{h_2}{l_3} \quad \dots\dots\dots(\text{E.3})$$

障碍物顶点 K 相对于 A 点所在水平面的垂直高度按式(E.4)计算:

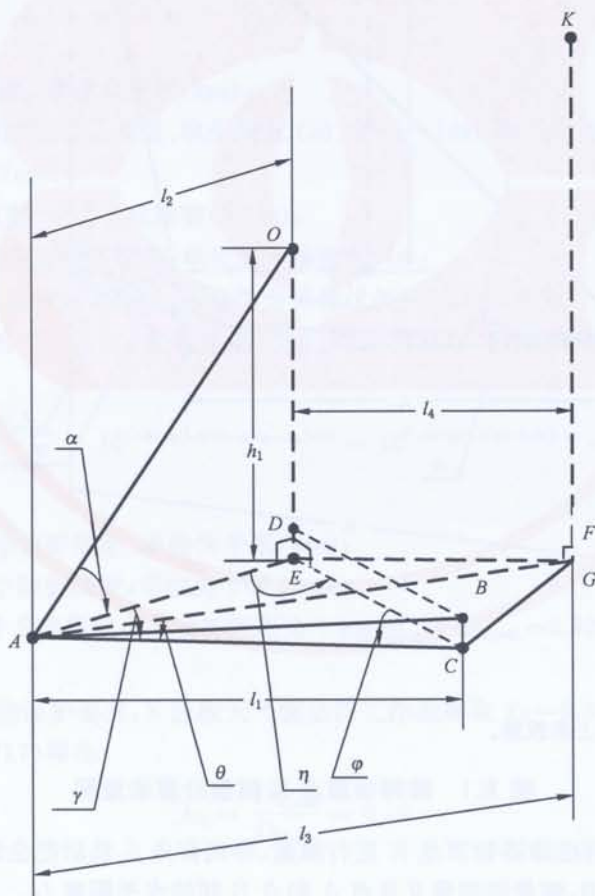
$$h_2 = l_3 \times \tan \beta = \frac{l_1 \times \sin \Psi}{\sin \nu} \times \tan \beta \quad \dots\dots\dots(\text{E.4})$$

障碍物最高点 K 的海拔高度按式(E.5)计算:

$$H_K = h_0 + h_2 \quad \dots\dots\dots(\text{E.5})$$

E.2 雷达天线馈源 O 点的海拔高度及其与障碍物顶点 K 间的水平距离测量计算

E.2.1 如图 E.2 所示,在 A 点处使用全站仪对准雷达天线馈源 O 点,测量得到仰角 α ,把全站仪方位角设定为 0° ,沿小于 180° 方位角旋转,对准测量点 B ,进行测量得到方位角 γ 。



说明:

- O —— 雷达天线馈源点;
- K —— 障碍物顶点;
- OE 和 KG —— 均垂直于水平面 AEG 。

图 E.2 雷达天线馈源海拔高度及其与障碍物顶点间的水平距离计算示意图

E.2.2 在 B 点处使用全站仪对准雷达天线馈源 O 点,把全站仪方位角设定为 0°,沿小于 180°方位角旋转对准 A 点,得到方位角 φ。

E.2.3 按照 E.1 中的方法,测量计算得到天线馈源 O 点相对于 A 点的垂直高度 h₁,通过几何关系,计算雷达天线馈源 O 点的海拔高度 H_R 及其与障碍物顶点间的水平距离 l₄,其中 O 点的海拔高度按式(E.6)计算:

$$H_R = h_0 + h_1 \quad \dots\dots\dots (E.6)$$

在△AEC 中,η 和 l₂ 分别按式(E.7)和式(E.8)计算:

$$\eta = 180^\circ - \gamma - \varphi \quad \dots\dots\dots (E.7)$$

$$l_2 = \frac{l_1 \times \sin\varphi}{\sin\eta} \quad \dots\dots\dots (E.8)$$

式中:

l₁——在 E.1.2 中使用全站仪直接测量得到。

在△AEG 中,直线 DF 的长度与 l₄ 相同,按式(E.9)计算:

$$l_4 = l_2^2 + l_3^2 - 2 \times l_2 \times l_3 \times \cos(\gamma - \theta) \quad \dots\dots\dots (E.9)$$

式中:

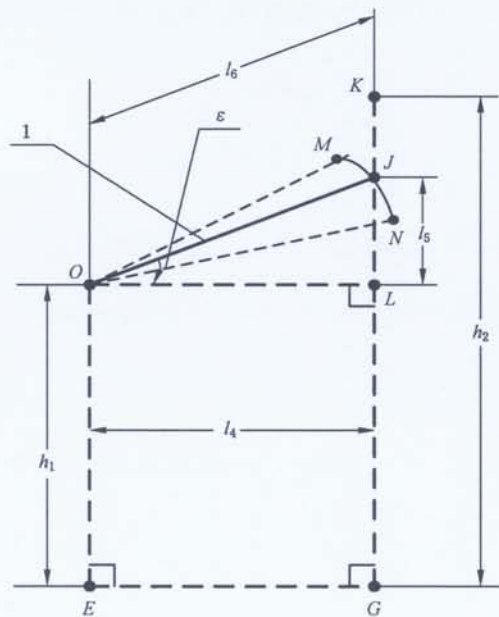
l₃——使用式(E.3)计算得到;

θ——与 E.1 中定义相同,单位为度(°)。

E.3 最低工作仰角时障碍物的限制海拔高度和限制方位宽度测量计算

E.3.1 如图 E.3 所示,在△OLJ 中,天线馈源 O 点到 J 点的距离 l₆ 按式(E.10)计算:

$$l_6 = \frac{l_4}{\cos\epsilon} \quad \dots\dots\dots (E.10)$$



说明:

- 1 —— 雷达波束轴线;
- O —— 雷达天线馈源点;
- K —— 障碍物顶点;
- OE 和 KG —— 垂直于水平线 EG;
- ε —— 雷达的最低观测仰角;
- J —— 雷达以最低仰角观测时,波束轴线与障碍物垂直轴线 KG 的交点;
- MN —— 雷达波束轴线在 J 点的扫描圆周弧线。

图 E.3 最低工作仰角时障碍物限制海拔高度和限制方位宽度计算示意图

E.3.2 雷达最低仰角工作时,障碍物的限制海拔高度 H_L 和限制方位宽度 l_7 按式(E.11)~式(E.13)计算, l_5 是 J 点和 O 点间的相对垂直高度,按式(E.11)计算:

$$l_5 = l_4 \times \tan \varepsilon \quad \dots\dots\dots (E.11)$$

波束轴线长度为 l_6 时,限制方位宽度 l_7 按式(E.12)计算:

$$l_7 = 2 \times l_6 \times \sin(\sigma/2) \quad \dots\dots\dots (E.12)$$

式中:

σ ——遮挡角容限值,单位为度($^\circ$)。

障碍物限制海拔高度 H_L 按式(E.13)计算:

$$H_L = H_R + l_5 - l_6 \times \sin(\phi/2) + l_7 \quad \dots\dots\dots (E.13)$$

式中:

H_R ——使用式(E.6)计算得到;

H_L ——障碍物限制海拔高度,单位为米(m);

ϕ ——雷达波束宽度,单位为度($^\circ$)。

E.3.3 若 $H \geq H_L$,则障碍物在海拔高度 H_L 之上的宽度在弧 MN 中 J 点的切线方向的投影长度不能大于 l_7 。



参 考 文 献

- [1] ITU-R M.1796 建议书(03/2007) 工作于 8 500 MHz~10 500 MHz 频带无线电测定业务中地面雷达的特性与保护评判标准
- [2] ITU-R M.1849 建议书(04/2010) 地面气象雷达的技术和操作问题
- [3] REPORT ITU-R M.2136:2008 Theoretical analysis and testing results pertaining to the determination of relevant interference protection criteria of ground-based meteorological radars
- [4] 斯科尼克.雷达手册[M].2 版.王军,林强,米慈中,等,译.北京:电子工业出版社,2003.

气象探测环境保护规范 天气雷达站

Specifications for meteorological observing systems protection—
Weather radar station

中华人民共和国气象行业标准

气象探测环境保护规范

天气雷达站

GB 31223—2014

本标准按照 GB/T 1.1—2009 的规定起草

本标准由中国气象报社提出并报中国气象学会归口

起草单位:中国气象报社、中国气象学会、中国气象局

本标准主要起草人:王军、林强、米慈中

本标准由中国气象报社提出并报中国气象学会归口

起草单位:中国气象报社、中国气象学会、中国气象局

本标准主要起草人:王军、林强、米慈中

本标准由中国气象报社提出

本标准按照 GB/T 1.1—2009 的规定起草

本标准由中国气象报社提出并报中国气象学会归口

本标准按照 GB/T 1.1—2009 的规定起草

2014-07-11 发布

实施日期:2014-08-01

本标准由中国气象报社提出

起草单位:中国气象报社、中国气象学会、中国气象局

中国气象报社 北京 100081 电话:010-68405370 传真:010-68405371 网址:www.cma.gov.cn



中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
气象探测环境保护规范 天气雷达站
GB 31223—2014

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 38 千字
2014年11月第一版 2014年11月第一次印刷

*

书号: 155066·1-50304 定价 24.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB 31223-2014