

雷达等射束高度图制作方法

邓 志 刘文文 黄美金

(福建省气象局,福州 350001)

提 要

结合实践经验,详细介绍了雷达等射束高度图(也称为雷达有效地理视距图)制作的原理和方法。

关键词: 雷达等射束高度图 阻挡角 大气折射

引 言

中国气象局制订的《天气雷达观测暂行规定》要求:雷达建站时应绘制四周遮挡角分布图,以及距测站 1km 高度和海拔 3km、6km 的雷达最大探测距离范围图(等射束高度图)^[1]。所谓等射束高度图,就是根据雷达站四周地形、地物等的阻挡作用,假设在标准大气折射条件下,各个方向上波束中心轴线能够到达某一规定高度的最大距离的连线图,也称为雷达有效地理视距图。它与地物阻挡角图比较,能够更直接地反映测站四周地物阻挡对雷达探测能力的影响。

绘制等射束高度图,首先在使用雷达资料时,可避免把某一方向上低于波束最低高度的降水区,由于探测不到而误认为没有降水过程;其次,对邻近雷达建站选址和雷达组网拼图工作有指导作用,使在建设相邻雷达时能考虑到相互弥补探测盲区的问题;再次,还是雷达建站选址和布设自动雨量站选点的重要技术依据之一。

1 基本概念

1.1 等效地球半径

为了测量雷达实际探测距离,引入等效地球半径 R_e' 这一概念。就是设想当地球半径 R_e 改变为 R_e' 后,雷达电磁波在以 R_e' 为半径的地球球面上成直线传播。这样等效地球表

面与设想沿直线传播的雷达电磁波之间的相对曲率和真实地球表面与真实雷达电磁波折射曲线之间相对曲率相同。

相应标准大气折射情况下的等效地球半径约为 8500km。

1.2 雷达地理视距与有效地理视距。

雷达用理想仰角仅考虑地曲和标准大气折射影响,电磁波束能够照射到某一高度目标物的最远距离,称为雷达地理视距^[2]。图 1 中 AB 即为雷达地理视距,在直角 $\triangle ACO$ 和 $\triangle BCO$ 中:

$$AC^2 = (h + R_e')^2 - R_e'^2 = h^2 + 2hR_e'$$

$$BC^2 = (H + R_e')^2 - R_e'^2 = H^2 + 2HR_e'$$

因为一般情况下, $H, h \ll R_e'$, 简化上式后有:

$$AB = AC + BC = \sqrt{2R_e'} * (\sqrt{H} + \sqrt{h})$$

具体计算时 $R_e' = 8500\text{km}$, AB 以 km 为单位, H, h 以 m 为单位有:

$$AB = 4.15 * (\sqrt{H} + \sqrt{h}) \quad (1)$$

由公式(1)可以知道,若不考虑阻挡物的影响,天气雷达要保证对 1km 高度目标物的探测能力有 200km,其架设的理想高度在 275m 以上即可。同时,这一高度已可以避免地面镜反射对雷达探测能力的影响^[3]。

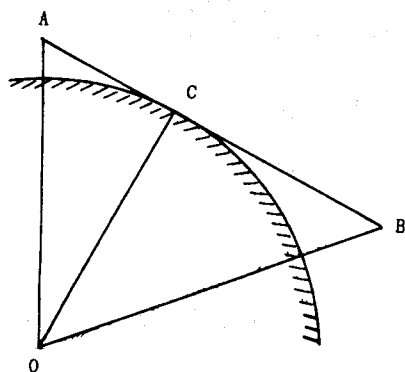


图1 雷达地理视距示意

A为雷达位置,高 h ;B为目标物位置,高 H ;
O为地心,等效地球半径 R_e'

在实际情况中,雷达的探测能力不仅受雷达参数、各种衰减、折射和降水云性质等因素的影响,而且也受到在雷达站四周的高大建筑物、山脉的影响,有的影响甚至相当严重。福建长乐气象雷达站的正北方向建有军事雷达站,它的地势比天气雷达阵地高出数米,加上设备的高度也仅高数十米,但在实际观测中就造成天气雷达在正北方位上有约12度宽的探测盲区。如图2所示,在正北方向的气象回波就象被“刀”切去一角。就各种阻挡物对雷达探测距离的影响,可以利用考虑地球表面曲率和标准大气折射条件下的雷达测高公式进行计算。雷达测高公式:

$$H = h + R \sin \alpha + R^2 / 2R_e' \quad (2)$$

其中:波束中心轴线所在高度 H ,雷达天线中心位置的海拔高度 h ,仰角 α ,斜距 R ;式中的最后一项是随距离变化因地曲和大气折射作用形成的地曲补偿项, R_e' 是等效地球半径。

$$\text{地理距离 } R' = R \cos \alpha \quad (3)$$

斜距 $R \cong$ 地理距离 R' (因为仰角 α 较小) (4)

由公式(2)和公式(4),已知 H 、 h 和各方位上的阻挡仰角 α ,就能够得到规定高度 H 各个方位的雷达最大探测距离 R ,即雷达有

效地理视距。

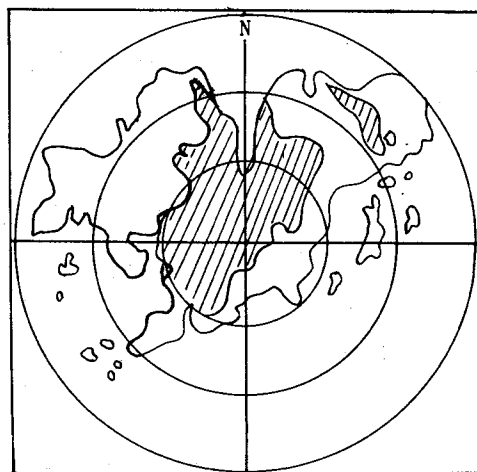


图2 长乐雷达回波图

2 制作步骤

2.1 获取阻挡角

使用经纬仪和小比例地图(五万分之一比例以内)作业,测取雷达站四周阻挡角。阻挡角的测取方位间隔在地势平坦方位上可以 $5^\circ \sim 10^\circ$,在地势复杂的方位上以能够准确反映阻挡物轮廓为原则。根据测绘标准,经纬仪作用距离仅数百米,因此需要利用小比例地图配合作业。利用地图计算阻挡角时要注意扣除标准大气折射条件下的地球曲率影响。

阻挡物主要有:地势(山)、建筑物、大型铁塔等。

阻挡角还能够利用地理信息系统(GIS)获得。

2.2 数据整理计算

整理各方位阻挡角的数据,根据雷达测高公式(公式2),求取各个方位上,已知阻挡仰角和三个规定高度的雷达最大探测距离 R 。其中计算1km高度的最大探测距离不要考虑雷达的架设高度 h 。

2.3 绘制挡角分布图和等射束高度图

挡角分布图(图3),采用极坐标,以同心圆为遮挡仰角大小的坐标,由里向外角度由

小到大,确定起始和最终角度大小可依据实际情况而定。将测取的各方位的阻挡角在设计好的底图上点出,而后依顺序连线。

等射束高度图(图4),也采用极坐标形式绘制,距离范围设定250km,将计算得到

的规定高度的雷达探测距离依次标出,而后按顺序连线。1km高度和海拔3km、6km高度的探测范围可绘于同一图上。

数据整理计算和挡角分布图、等射束高度图可由计算机处理完成。

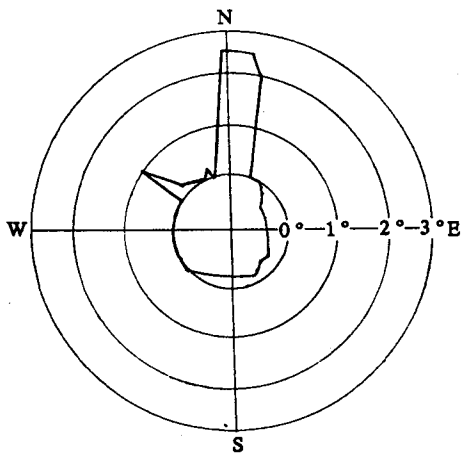


图3 长乐雷达阻挡角分布

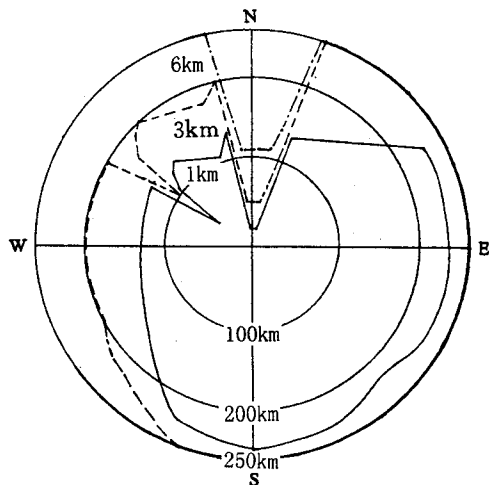


图4 长乐雷达等射束高度

3 小结

①影响天气雷达探测能力的因素很多,其中最主要的一个因素是阻挡物对电磁波的阻挡作用。因此,中国气象局对天气雷达站址环境要求极高,要求在雷达主要探测方向上(降水过程的主要来向)的阻挡角不应大于 0.5° ,其他方向的挡角一般不应大于 1° 。

②遮挡角测量和等射束高度图绘制一般情况在建站前后各做一次。进行上述工作在建站前是为建站选址服务,必须进行。完成建站后,可以根据雷达天线实际高度和遮挡角变化情况而定。

③在四周遮挡角发生较大变化后,应及时绘制新的等射束高度图,并提供给相关单位。

参考文献

- 1 中国气象局业务发展与天气司. 天气雷达观测暂行规定. 1998:4.
- 2 朱炳海等. 气象学词典. 上海:上海辞书出版社,1985:923.
- 3 马振华等. 气象雷达回波信息原理. 北京:科学出版社,1986:30~35.
- 4 陈良栋. 天气雷达资料的分析与应用. 北京:气象出版社,1991:20~21.

Drawing Radar Chart with Iso-beam Height

Deng Zhi Liu Wenwen Huang Meijin

(Fujian Meteorological Bureau, Fuzhou 350001)

Abstract

The drawing method and principle of radar chart with iso-beam height (radar range chart) were described based on the practical experience.

Key Words: radar range obstructing corner atmospheric refraction