

浅谈二次雷达反射假目标的计算与分析

孙振海

民航新疆空管局 乌市迎宾路 830016

摘要: 本文由某地常规二次雷达产生的反射假目标现象入手, 经公式推导计算出反射体位置要素, 并通过实地走访推测假目标出现原因。本文所推导的公式可用于类似的反射假目标计算与分析。

关键字: 雷达; 反射假目标; 分析

Discussion on the calculation and analysis of secondary radar reflection false target

Zhenhai Sun

Xinjiang Air Traffic Control Bureau of CAAC , No.46, Yingbin Road, Wushi City, 830016

Abstract: This paper starts with the phenomenon of false targets generated by a certain conventional secondary radar, calculates the factors of the reflector position by formula deduction, and speculates the causes of false targets by field visits. The formulas derived in this paper can be used to calculate and analyze similar false reflection targets.

Keywords: radar; reflection false target; analysis

引言

随着城市经济的快速发展, 空管二次雷达台站外部环境日趋复杂, 雷达反射假目标现象也变得更为频繁。雷达维护保障人员必须在假目标发生时快速定位反射体位置, 并为台站环境保护、目标屏蔽处理等后续工作提供指引。

本文通过一个具体的雷达反射假目标分析案例, 介绍了假目标反射体位置计算公式与分析方法。

一、反射假目标概述

根据形成原因的不同, 二次雷达所产生的假目标可分为以下几种类型: 障碍物反射、异步干扰、同步窜扰和交织、旁瓣穿透及绕环、二次环绕以及虚幻假目标。

反射假目标, 又称多径假目标, 是指二次雷达与目标之间的询问/应答脉冲, 经障碍物反射后, 在雷达天线指向障碍物的方向上产生假目标的现象。由于信号反射造成的衰减较大, 真、假目标到雷达站之间的距离不会相差太大, 并且真实信号的探测距离一定小于反射信号的距离。在较为典型的假目标现象中, 真实信号与反射信号的识别码一致, 高度码一致。但是常规条件下, 因信号衰减或脉冲录取识别等原因, 二者的识别码和高度码会有不一致的情况发生。

二次雷达反射假目标产生的频次可以真实地反映站址周边地形地物对雷达设备运行所产生影响的大小。如果一个二次雷达站的周边净空条件不好, 高大建筑物较多, 或者有成片的金属结构屋顶, 那么该雷达一定会频繁出现反射假目标现象。这也是雷达站选址工作程序中要求对雷达站址周边环境进行现场勘察的原因。根据 MH/T 4003.2-2014《民用航空通信导航监视台(站)设

置场地规范 第二部分: 监视》中相关要求: 空管二次雷达应设置在开阔、地势较高的地带, 周边应无严重的地形地物遮挡。在空管二次雷达 16KM 范围内不应有影响雷达正常工作的大型反射物体, 例如风力涡轮发电机等。^[3]

二、假目标现象描述

随着乌鲁木齐城市的发展, 空管雷达站周边的环境变得越来越复杂, 高层住宅和钢结构厂方或仓库越建越多, 随之而来的假目标现象也越来越频繁。

某日终端管制中心反映: 本场东南冲突调配区域内连续多日产生假目标现象, 与本场以西约 20 公里区域内的正常飞行航班产生冲突, 严重影响本场起降航班飞行安全。经数据回放发现当日 17:25 时 CSN6893 和 17:45 时产生的假目标现象较为明显, 均与真实目标触发重码告警。

将产生重码告警的若干架航班真实位置和假目标位置分别进行标注, 如图中黄色点迹, 发现当航班飞行到特定位置时, 会大概率引发镜像反射形成假目标。真假目标二次代码相同, 产生原因疑似雷达附近障碍物镜面反射。

从雷达数据记录中提取相应航班记录并进行解析, 选取 SAC/SIC、时间(TOD), 斜距(RHO), 方位(THETA)等关键数据片段如下:

表格 1 真假目标位置数据片段

SAC	SIC	时间	斜距	方位	目标属性
98	8	424.046875S	15.742188	155.253296	假目标
98	8	424.898438S	15.296875	231.015015	真目标
98	8	428.078125S	15.960938	155.258789	假目标

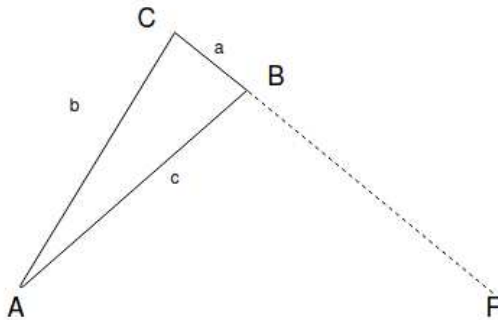
98	8	428.929688S	15.515625	230.982056	真目标
----	---	-------------	-----------	------------	-----

由数据整理可知, 真假目标均为某常规二次雷达 (SAC98/SIC8) 提供, 距离差约为 0.45NM (0.83km), 角度差约为 75 度。

三、计算公式推导

4.1 反射体位置计算

根据雷达天线, 真目标, 反射假目标方位建立平面简图。图中, C 点为雷达天线位置, A 为真目标位置, B 点为反射体位置, F 为因 B 点反射形成的假目标位置。



假设真目标 A 的方位与距离为 (θ_A, ρ_A) , 反射假目标的方位与距离为 (θ_F, ρ_F) 。由此可知, 真目标探测距离为 $\rho_A = |AC| = b$, 假目标探测距离 $\rho_F = |CF| = a + c$, $\angle C = \theta_A - \theta_F$ 。

根据余弦定理可知:

$$2ab \cos C = a^2 + b^2 - c^2$$

代入 $c = \rho_F - a$

$$2ab \cos C = a^2 + b^2 - (\rho_F - a)^2$$

整理后得到:

$$a = \frac{(\rho_F + b)(\rho_F - b)}{2(\rho_F - b \cos C)} \quad \text{公式 1}$$

代入 $b = \rho_A$, $\angle C = \theta_A - \theta_F$

$$a = \frac{(\rho_F + \rho_A)(\rho_F - \rho_A)}{2(\rho_F - \rho_A \cos(\theta_A - \theta_F))} \quad \text{公式 2}$$

根据上述推导可得出, 假目标反射面相对于雷达天线的坐标为 (θ_F, a) , 即:

$$\left(\theta_F, \frac{(\rho_F + \rho_A)(\rho_F - \rho_A)}{2(\rho_F - \rho_A \cos(\theta_A - \theta_F))} \right) \quad \text{公式 2}$$

图 2 真假目标位置简图

4.2 反射体镜面夹角计算

局部放大 B 点处反射体细节, 如下图所示:

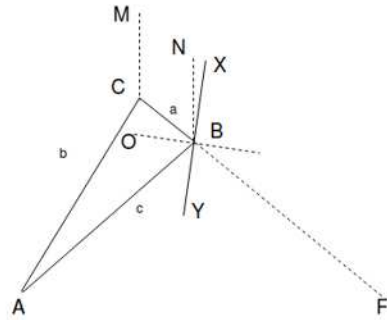


图 3 真假目标位置及反射面简图

XY 为 B 点处反射体的镜面, OB 为法向垂线, 则 $\angle OBX = \angle OBY = 90^\circ$, 入射角 $\angle ABO$ 等于出射角 $\angle CBO$ 。

实际情况下, 因地形、功率衰减等因素, 反射体位置 B 和雷达天线 C 之间的距离 a 远小于真目标距离 b, 因此 c 近似等于 b, 则。

反射体镜面的方向角有助于实地勘察时, 对反射体进行二次确认。

综上所述, 由反射体计算位置 (a) , 反射体镜面方位角, 以及厢式保障车辆停放时间和假目标出现时间的对应关系三方面因素可以推测假目标反射体为临时停放在路边的厢式保障车辆。经与当地保障单位协调后, 图中所示区域未再停留大型厢式保障车辆, 类似的反射假目标现象也未再发生。

参考文献:

- [1] 刘海天. 雷神二次雷达环绕假目标的诊断和分析[J]. 无线互联科技, 2017(03):26-27.
- [2] 程剑. 试论航管二次雷达现场调试阶段假目标抑制方法[J]. 电子世界, 2019(04):21-22.
- [3] 张尉. 二次雷达原理 M. 北京: 国防工业出版社, 202x.
- [4] 舒涛. 预先危险分析方法在航管二次雷达站运行管理中的应用[J]. 中国民航飞行学院学报, 2012(3): 42-45.
- [5] 黄培康等. 雷达目标特性. 电子工业出版社: 2005 年 03 月.