

第三章

1. 已知某雷达天线的方位扫描范围为 $0^\circ - 360^\circ$ ，扫描周期为 6s，方位波束宽度为 2° ，脉冲重复周期为 1.2ms。

(1) 如果侦察天线采用慢可靠方式搜索该雷达，要在 2min 内可靠的捕获该雷达的信号，应如何选择侦察天线的波束宽度和检测所需要的信号脉冲数量？

(2) 如果侦察天线采用快可靠方式搜索该雷达，在检测只需要 1 个信号脉冲的条件下，应如何选择侦察天线的扫描周期和波束宽度，并达到最高的测角分辨力。

Ex3-1

解： $q_a = 2^\circ$ $T_a = 65$ $\Omega_a = 360^\circ$ $T_r = 1.2 \times 10^{-3} s$ $\Omega_{AoA} = 360^\circ$ $T_R = 2 \text{min} = 120s$ $Z = 1$

(1) 慢可靠搜索

$$T_a \leq T_R \cdot \frac{q_r}{\Omega_{AoA}} \quad 6 \leq \frac{q_r}{3} \quad q_r \geq 18^\circ \quad q_{r \min} = 18^\circ$$

$$T_a \cdot \frac{q_a}{\Omega_a} \geq E \cdot T_r \quad \frac{6 \times 2}{360^\circ} \geq Z \times 10^{-3} \times 1.2 \quad Z \leq 27.77 \quad Z \leq 27$$

(2) 快可靠搜索

$$T_R \leq T_a \cdot \frac{q_a}{\Omega_a} \quad T_R \cdot \frac{q_r}{\Omega_{AoA}} \geq Z \cdot T_r \quad Z = 1$$

$$T_R \leq \frac{6 \times 2}{360} = \frac{1}{30} s \quad \text{取 } T_R = \frac{1}{30} s \quad \frac{1}{30} \cdot \frac{q_r}{360} \geq 1 \times 1.2 \times 10^{-3} \quad q_r \geq 12.96^\circ$$

分辨率 = θ_r 要使最高测角分辨率，取 θ_r 最小值 12.96° 。

2. 某雷达侦察设备采用全向振幅单脉冲---相邻比幅法测向，天线方向图为高斯函数。试求：

(1) 由电压失衡、波束宽度误差和波束安装误差所引起的三项系统测向误差是否与信号的到达方向有关，为什么？

(2) 对于一个六天线系统，波束交点损耗为 3dB，如果上述三项误差分别为：2dB、 7° 、 1.5° ，试分析系统总的测向误差在哪个方向最小？在哪个方向最大？其误差值分别为多少？

(3) 在上述同样条件下，如果采用四天线，波束交点损耗仍为 3dB，则最小、最大系统误差方向有什么变化？误差数值又为多少？

Ex3-2

解：

$$(1) dj = \frac{q_r^2}{12q_s} dR + \frac{q_r R}{6q_s} dq_r - \frac{q_r^2 R}{12q_s^2} dq_s$$

$\frac{q_r^2}{12q_s} dR$ 为电压平衡误差，由于 $q_s = \frac{360^\circ}{N}$ 只与 N 有关，与信号到达方向无关

$\frac{q_r R}{6q_s} dq_r$ 和 $\frac{q_r^2 R}{12q_s^2} dq_s$ 为波束宽度误差与波束安装误差与信号到达方向有关。波束正方向影响最大，此时 R 最大等信号方向影响小，此时 $R=0$

(2) 当 $L = 3dB$ 时， $N = 6$

$$dj = \left| \frac{R}{6} dq_r \right| + \left| \frac{R}{12} dq_s \right| + \left| \frac{360^\circ}{12N} dR \right| = \frac{R}{6} \times 7^\circ + \frac{R}{12} \times 1.5^\circ + \frac{360^\circ}{12 \times 6} \times 2^\circ = 1.29R + 10^\circ$$

在 $0^\circ, 60^\circ, 120^\circ, 180^\circ, 240^\circ, 300^\circ$ 上误差最大。

这时, $R = \frac{12q_s}{qr^2} \times \frac{q_s}{2}$, $q_s = q_r \Rightarrow R = 6$ 最大误差 $dj = 1.29 \times 6 + 10 = 17.74^\circ$

在 $30^\circ, 90^\circ, 150^\circ, 210^\circ, 270^\circ, 330^\circ$ 上误差最小。这时, $R = 0$ 最小误差 $dj = 10^\circ$

(3) 当 $N = 4$ 时, $dj = 1.29R + \frac{360}{12 \times 4} \times 2 = 1.29R + 15^\circ$

在 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ 上误差最大 $dj = 1.29 \times 6 + 15 = 22.74^\circ$

在 $45^\circ, 135^\circ, 225^\circ, 315^\circ$ 上误差最小 $dj = 15^\circ$

3. 某雷达侦察设备采用全向振幅单脉冲---全方位比幅法测向, 天线方向图为高斯函数。试求:

(1) 在波束交点损耗分别为 1dB 和 3dB 条件下, 在 $15^\circ, 25^\circ, 35^\circ, 45^\circ$ 方向上, 四天线系统和六天线系统的理论测向误差;

(2) 对于交点损耗为 1dB 的六天线系统, 如果各信道的误差分别为下表, 试求该设备在 $15^\circ, 35^\circ$ 方向上的系统测向误差。

误差项	天线 0	天线 1	天线 2	天线 3	天线 4	天线 5
通道失衡 dB	0	2	2	-2	-2	0
波束宽度 $^\circ$	-3	-6	+2	0	+1	-5
安装误差 $^\circ$	1.5	0	-1.5	-1	1	1.5

ex3-3

解: $L = 3\left(\frac{q_s}{q_r}\right)^2$ 取负号是因为 L 定义为 $20\lg\left(\frac{F(\frac{q_s}{2})}{F(0)}\right)$, 取正号是因为 L 定义为 $20\lg\left(\frac{F(0)}{F(\frac{q_s}{2})}\right)$

(1) 通过 $L = 1dB, 3dB$, 将 q_r 算出, 参考赵讲义 P17 例 2 第 27 问, $N = 4, q_s = 90^\circ$

$N = 6, q_s = 60^\circ$ q 分别取 $15^\circ, 25^\circ, 35^\circ, 45^\circ$ 由以上各式计算出 $s(30^\circ), c(30^\circ)$ 。 $tg^{-1}\left(\frac{s(30^\circ)}{c(30^\circ)}\right) = \hat{q}$

(2) 取 $L = 1dB$ 时, q_r $N = 6$ 参考赵讲义 P17, $q_s = \frac{360^\circ}{6} = 60^\circ$ q 分别取 $15^\circ, 35^\circ$

通道失衡指 $A = 1$ 变为 $A = 1 \times 10$ 通道失衡 dB / 10

波束宽度误差指 q_r 变为 $q_r + \Delta q_r$

安装误差指 q_s 变为 $q_s + \Delta q_s$

再按照赵讲义 Σ 加起来。

4. 某侦察设备工作波长为 10cm, 拟采用双基线相位干涉仪测向, 其瞬时测量范围为

$-30^\circ \sim +30^\circ$, 相邻基线比为 8

(1) 试求其可能使用的最短基线长度;

(2) 如果实际采用的短基线长度为 8cm, 试求短、长基线在 -30° 、 -20° 、 -10° 、 0° 、 $+10^\circ$ 、 $+20^\circ$ 、 $+30^\circ$ 方向上分别测出的相位差 Δf_s 、 Δf_L ;

(3) 如果长、短基线对 $[0, 2p]$ 相位区间的量化位数名为 3bit, 其中短基线构成高 3bit 方向编码, 长基线构成低 3bit 方向编码, 试求其在上述方向上测得的 6bit 方向编码。

Ex3-4

解: (1) $q_{\max} = \arcsin \frac{l}{2l}$, $q_{\max} = 30^\circ$, $\frac{l}{2l} = 1/2$, $l = l = 0.1m$ 这里 l 是最小基线长度可能使用的最大值。

(2) $f_s = \frac{2pl}{l} \sin q$, $f_l = 8 \times \frac{2pl}{l} \sin q$ q 取 $-30^\circ, -20^\circ, -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ 分别计算 f_s, f_l 即可