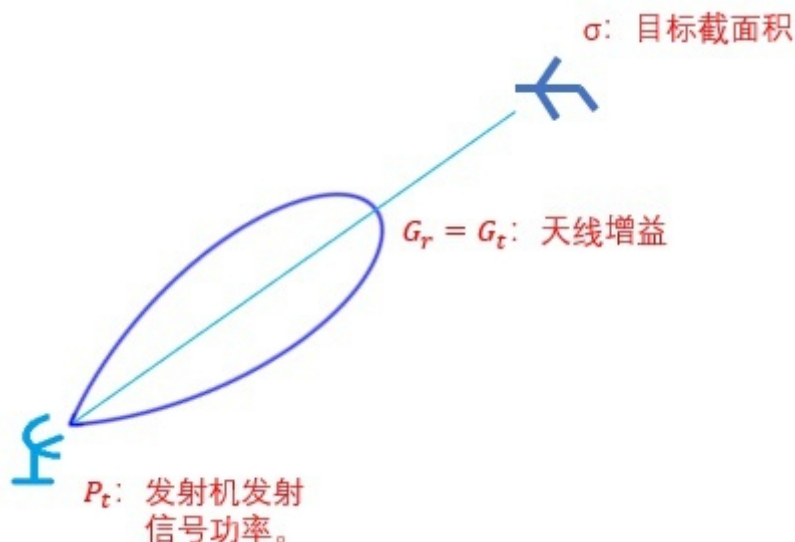


一、基本雷达方程

雷达基本方程（理想无损耗自由空间传播的单极地雷达方程），也叫做最大作用距离方程。雷达探测目标过程如下图所示。

R_{max} ：雷达探测的最远距离



P_t ：雷达发射机发射信号的功率。

G_t ：发射天线增益，这里假设目标与雷达天线的连线正好穿过天线方向图最大增益处。

G_r ：接收天线增益，假设天线为收发共用，根据天线收发互益原理，有 $G_r = G_t$ 。

σ ：表示 RCS，目标雷达截面积，反应入射电磁波照射到目标上之后发射回来的电磁波的大小。隐身飞机就是将 σ 做的很小。当雷达电磁波照射到目标上之后，反射回来的电磁波功率很弱，就达到了目标对雷达隐身的目的。

假设电磁波反射回来之后，经过接收天线主瓣最大值（接收天线方向图最大增益为 G_r ）。接收机接收到的信号功率就等于反射回来的信号功率乘以接收天线增益 G_r 。此时，接收机能否检测到信号跟 S_{imin} 有关。 S_{imin} 表示接收手机灵敏度，即最小可检测信号，单位：瓦。

如果满足

$$P_r \geq S_{imin}$$

P_r 为接收机接收到的信号

或者

雷达就可以探测到目标。

基本雷达方程公式推导

对于无方向性天线，到达目标的单位面积的入射功率密度为：

$$\frac{P_t}{4\pi R^2}$$

单位：瓦/ m^2 。其中， $4\pi R^2$ 表示球体面积。

考虑发射天线增益，到达目标的入射功率密度为：

$$\frac{P_t G_t}{4\pi R^2}$$

目标反射回来的功率：

$$\frac{P_t G_t \sigma}{4\pi R^2}$$

单位：瓦。需要注意的是，对于同一个目标来说 σ 不是一成不变的，不同方位的 σ 并不相同。

目标的反射信号到达接收天线处的功率密度：

$$\frac{P_t G_t \sigma}{4\pi R^2} * \frac{1}{4\pi R^2}$$

假设接收天线的有效面积为 A_r 。

$$P_r = \frac{P_t G_t \sigma}{4\pi R^2} * \frac{A_r}{4\pi R^2}$$

根据天线理论， A_r 与天线增益 G_r 的关系为：

$$G_r = \frac{4\pi A_r}{\lambda^2}$$

所以有：

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4}$$

当 $P_r = S_{imin}$ 时， R 就取得最大值：

$$R_{max} = \left[\frac{P_t G_t G_r \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 S_{imin}} \right]^{1/4}$$

需要注意的是，公式中所有变量的单位均为国际标准单位。

提高雷达接收机的灵敏度就是把 S_{imin} 做小

示例

(1)若 $G_t = 1000$, 则分贝值为 $10\lg 1000 = 30dB$

同理 $30dB$ 转为真值 $\rightarrow 10^{\frac{30}{10}} = 1000$

(2)若 $S_{imin} = 10^{-12}w$, 则分贝值为 $10\lg 10^{-12} = -120dBw$

若 $S_{imin} = 10^{-9}mw$, 则分贝值为 $10\lg 10^{-9} = -90dBmw$

往雷达作用方程里面代的时候是代入 $10^{-12}w$

示例

已知 $P_t = 100KW$, $G_t = G_r = 23dB$, $\lambda = 5cm$, $S_{imin} = -110dBm$, $\sigma = 5m^2$

求 R_{max}

$$R_{max} = \left[\frac{10^5 * 10^{2.3*2} * 0.05^2 * 5}{(4\pi)^3 * 10^{-14}} \right]^{1/4} = 39.8(Km)$$

二、雷达的工作频率

常用的工作频率：220MHz~35GHz

又分为若干个波段：

序号	波段名称	频率
1	L	1000 ~ 2000MHz
2	S	2000 ~ 4000MHz
3	C	4000 ~ 8000MHz
4	X	8000 ~ 12000MHz
5	Ku	1.2 ~ 18GHz
6	K	18 ~ 27GHz
7	Ka	27 ~ 40GHz

三、雷达的应用

1、军用

- 预警雷达：作用距离比较远，主要探测目标为洲际导弹
- 警戒雷达：作用距离一般在几百公里左右，探测目标主要是飞机
- 引导指挥雷达：引导指挥己方目标
- 火控雷达：控制火炮、地对空导弹对目标进行精确打击
- 战场监视雷达：探测战场的坦克、军车、人等
- 测高雷达：测量载体距地面的高度
- 近炸引信：目标离导弹距离小于一定范围，近炸引信引爆炸弹打击目标
- 末制导雷达：导弹刚刚打出去的时候，主要靠引导雷达告诉导弹目标在什么位置。当导弹距离目标比较近的时候，主要靠导弹上的末制导雷达为导弹指明目标位置。

2、民用

主要包括：气象雷达、航管雷达、遥感雷达等。

3、按雷达信号形式分类

- 连续波雷达：发射连续的正弦波
- 脉冲雷达：发射的波形是矩形脉冲
- 脉冲压缩雷达：发射宽脉冲，在接收机中对收到的回波信号加以压缩处理，以便得到窄脉冲。实现脉冲压缩的主要两种形式：线性调频和相位编码。脉冲压缩能解决距离分辨力和作用距离的矛盾。
- 多普勒雷达
- 频率捷变雷达

四、电子战与雷达

1、电子战的定义

电子战 (EW)：Electronic War War，敌我双方利用无线电电子装备或器材所进行的电子信息斗争，电子战包括电子对抗和电子反对抗。

电子对抗 (ECM)：Electronic Counter Measurement，为了探测地方无线电电子设备的电磁信息，削弱和破坏其使用效能，所采取的一切战术和技术的总称。可分为：电子侦察、电子干扰、电子隐身和伪装、电子摧毁。

电子反对抗 (ECCM)：Electronic Counter Counter Measurement，在地方实施电子对抗的条件下，保证我方有效的使用电磁信息，所采取的一切战术和技术的总称。

2、雷达的抗干扰措施

与天线有关的抗干扰技术：旁瓣相消、旁瓣匿影；

与发射机有关的抗干扰技术：发射信号功率、发射信号的变化；

与接收机有关的抗干扰技术：PC；

反隐身：多基地雷达（目标从不同方向反射的 RCS 不同）。