(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106059688 A
(43)申请公布日 2016.10.26

(21)申请号 201610485428.9

(22)申请日 2016.06.28

(71)申请人 昆明理工大学
地址 650093 云南省昆明市五华区学府路253号

(72)发明人 邵玉斌 李金山 廖亮

(51)Int.Cl.
H04B 17/27(2015.01)

权利要求书3页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种二维自由空间中无线电信号源的定位方法

(57)摘要

本发明涉及一种二维自由空间中无线电信号源的定位方法，属于无线电信号源定位领域。本发明提出的无线电定位方法区别于传统的测向定位法，首先在任意不在同一条直线的四个位置设有无线电监测器，通过对于无线电监测器接受功率的大小进行分析，测出其接受功率的大小，根据电磁波在二维自由空间的传播模型建立轨迹方程，求得信号源的具体位置。

CN 106059688 A

1.一种二维自由空间中无线电信号源的定位方法，其特征在于：在任意不在同一条直线的四个位置设有无线电监测器，测得四个位置对应的接受功率，根据电磁波在二维自由空间的传播模型建立轨迹方程，求得信号源的具体位置，具体步骤如下：

Step1、设信号源坐标为(X_0,Y_0)，发射功率为P_t；在信号接收区域选择任意不在一条直线上的三点$a_1(X_1,Y_1)$、$a_2(X_2,Y_2)$、$a_3(X_3,Y_3)$，对应的接收功率为P_{r1}、P_{r2}、P_{r3}，根据电磁波在二维自由空间的传播模型可得：

$$(X_1-X_0)^2+(Y_1-Y_0)^2=\frac{kP_t}{P_{r1}}$$

$$(X_2-X_0)^2+(Y_2-Y_0)^2=\frac{kP_t}{P_{r2}}$$

$$(X_3-X_0)^2+(Y_3-Y_0)^2=\frac{kP_t}{P_{r3}}$$

其中k为常数；

Step2、根据以上三点的接收功率方程建立信号源轨迹方程：

$$f_{12}(X_0,Y_0)=\frac{P_{r2}}{P_{r1}}\left[(X_2-X_0)^2+(Y_2-Y_0)^2\right]-(X_1-X_0)^2-(Y_1-Y_0)^2=0 \quad ①$$

$$f_{13}(X_0,Y_0)=\frac{P_{r3}}{P_{r1}}\left[(X_3-X_0)^2+(Y_3-Y_0)^2\right]-(X_1-X_0)^2-(Y_1-Y_0)^2=0 \quad ②$$

$$f_{23}(X_0,Y_0)=\frac{P_{r3}}{P_{r2}}\left[(X_3-X_0)^2+(Y_3-Y_0)^2\right]-(X_2-X_0)^2-(Y_2-Y_0)^2=0 \quad ③$$

联立①②③三个轨迹方程，求得符合信号源可能的坐标点；

Step3、选择第四个点$a_4(X_4,Y_4)$与以上三个点中的一个建立一个轨迹方程④，将步骤(3)中的信号源可能的坐标带入④中筛选，得到干扰源的坐标点。

2.根据权利要求1所述的二维自由空间中无线电信号源的定位方法，其特征在于：所述步骤step1中电磁波在二维自由空间的传播模型如下：

$$P_r=\frac{A_r}{4\pi d^2}P_tG_t$$

式中P_t为发射功率，以圆辐射，$A_r=\frac{\lambda^2G_r}{4\pi}$，λ为工作波长，$G_t$、$G_r$分别表示发射天线和接受天线增益，d为发射天线和接受天线间的距离；

G_t、G_r、A_r均为已知常量，则电磁波在二维自由空间的传播模型可简化为：

$$P_r=\frac{k}{d^2}P_t$$

其中，$k=\dfrac{A_r G_t}{4\pi}$。

3.根据权利要求1所述的二维自由空间中无线电信号源的定位方法，其特征在于：所述步骤step2中信号源可能的坐标点求解过程如下：

为了简化计算的形式，这里令$P_{ij}=\dfrac{P_{ri}}{P_{rj}}$，i∈(1,3)，j∈(1,3)，

由轨迹方程③可得：

$$(X_2-X_0)^2+(Y_2-Y_0)^2=\frac{P_{r3}}{P_{r2}}[(X_3-X_0)^2+(Y_3-Y_0)^2]$$

展开得：

$(1-P_{32})Y_0^2+(2P_{32}Y_3-2Y_2)Y_0+(X_2-X_0)^2+P_{32}(X_3-X_0)^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2=0$

令$A=(1-P_{32})B=(2P_{32}Y_3-2Y_2)$

$C=(X_2-X_0)^2+P_{32}(X_3-X_0)^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2$

则$Y_0=\dfrac{-B\pm\sqrt{B^2-4AC}}{2A}$；

将Y_0带入轨迹方程①中得：

$$P_{21}(X_2-X_0)^2+P_{21}\left(Y_2-\frac{-B\pm\sqrt{B^2-4AC}}{2A}\right)^2-(X_1-X_2)^2-\left(Y_1-\frac{-B\pm\sqrt{B^2-4AC}}{2A}\right)^2=0$$

将上式展开，并把C值带入得：

$$\begin{aligned}&[4A^2P_{21}-4A^2+4A(1-P_{21})(1-P_{32})]X_0^2+\\&[8A^2X_1-8A^2P_{21}X_2-4A(1-P_{21})(2X_2+2P_{32}X_3)]X_0\\&+\left(\begin{array}{l}4A^2P_{21}X_2^2-4A^2X_1^2+4A^2P_{21}Y_2^2-4A^2Y_1^2\\-4AY_1B+4AP_{21}Y_2B-2B^2+2B^2P_{21}\\+4A(1-P_{21})(X_2^2-P_{32}X_3^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2)\end{array}\right)\\&=\mp(2B+4AY_1-4AP_{21}Y_2-2BP_{21})\sqrt{B^2-4AC}\end{aligned}$$

这里令：

$M=8A^2X_1-8A^2P_{21}X_2+4A(1-P_{21})(2P_{32}X_3-2X_2)$

$K=4A^2P_{21}X_2^2-4A^2X_1^2+4A^2P_{21}Y_2^2-4A^2Y_1^2+4ABP_{21}Y_2-4AY_1B-2B^2+2B^2P_{21}$
$+4A(1-P_{21})(X_2^2-P_{32}X_3^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2)$

$$N = \mp\left(2B + 4AY_1 - 4AP_{21}Y_2 - 2BP_{21}\right)$$

将A带入下式可得：

$4A^2P_{21}-4A^2+4A(1-P_{21})(1-P_{32})=0$

将M、K、N带入方程，则方程可化为：

$$MX_0 + K = N\sqrt{B^2 - 4AC}$$

上式两边同时平方，并将C带入上式，化简后可得：

$[M^2+4AN^2(1-P_{32})]X_0^2+[2MK+4AN^2(2P_{32}X_3-2X_2)]X_0+K^2-N^2B^2+4N^2A(X_2^2-P_{32}X_3^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2)=0$

令：$G=M^2+4AN^2(1-P_{32})$

$H=2MK+4AN^2(2P_{32}X_3-2X_2)$

$F=K^2-N^2B^2+4N^2A(X_2^2-P_{32}X_3^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2)$

则方程可化为：

$GX_0^2+HX_0+F=0$

可得 $X_0 = \dfrac{-H \pm \sqrt{H^2 - 4GH}}{2G}$

将X_0，Y_0带入①②③中，得到两个同时满足①②③式的坐标，为可能的信号源坐标。

4.根据权利要求1所述的二维自由空间中无线电信号源的定位方法，其特征在于：所述步骤step3中通过第四个点a_4与第二点a_2建立一个新的轨迹方程：

$$f_{24}(X_0,Y_0) = \frac{P_{r4}}{P_{r2}}\left[(X_4 - X_0)^2 + (Y_4 - Y_0)^2\right] - (X_2 - X_0)^2 - (Y_2 - Y_0)^2 = 0 \qquad ④$$

将步骤step2中求得的干扰源可能的位置坐标点带入轨迹方程④中，满足此方程的点，即为干扰源的坐标点。

一种二维自由空间中无线电信号源的定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种二维自由空间中无线电信号源的定位方法，属于无线电信号源定位领域。

背景技术

[0002] 近年来，随着无线电现代通信技术的进步和信息产业的兴起，频谱资源日益稀缺，所以频谱检测系统对现在的频谱频谱监管越来越重要，加强对于干扰源或非法电台的查出力度势在必行。传统的定位方法中大多采用无源测向定位、多站测向定位、基于方位角和网络拓扑的定位等，在传统的定位方法中，需要测出干扰源的方向，而本发明提供了一种不需要测出干扰源具体方向，只根据接收到的功率大小，实现对干扰源定位的方法。

发明内容

[0003] 本发明提供了一种二维自由空间中无线电信号源的定位方法，以用于解决在不知道干扰源方向的情况下，实现对于干扰源的定位问题。

[0004] 本发明的技术方案是：一种二维自由空间中无线电信号源的定位方法，已知不在同一条直线的任意三个位置a_1、a_2、a_3、a_4处，分别测出他们对应的接收功率大小P_{r1}、P_{r2}、P_{r3}、P_{r4}，根据功率的大小，先根据其中三个点，通过一定的算法推出干扰源的可能位置，再通过第四个点对干扰源的位置进行筛选，最终确定干扰源的具体位置。

[0005] 所述二维自由空间中无线电信号源的定位方法的具体步骤如下：

[0006] Step1、首先确定电磁波在二维自由空间的传播模型如下：

[0007] $$P\mathrm{r}=\frac{A\mathrm{r}}{4\pi\mathrm{d}^2}P\mathrm{t}G\mathrm{t}$$

[0008] 式中P_t为发射功率，以圆辐射，$A_r=\dfrac{\lambda^2 G_r}{4\pi}$，λ为工作波长，$G_t$、$G_r$分别表示发射天线和接受天线增益，d为发射天线和接受天线间的距离；

[0009] 在二维自由空间中，接收功率P_r与发射天线和接受天线间的距离d^2成反比，G_t、G_r、A_r均为已知常量，则电磁波在二维自由空间的传播模型可简化为如下：

[0010] $$P_{\mathrm{r}}=\frac{k}{d^2}P_{\mathrm{t}}$$

[0011] 其中$k=\dfrac{A_{\mathrm{r}}G_{\mathrm{t}}}{4\pi}$。

[0012] Step2、假设信号源的坐标为(X_0,Y_0)，发射功率P_t：

[0013] (1)已知任意一个点$a_1(X_1,Y_1)$的接收功率值P_{r1}，则根据电磁波在二维自由空间的

传播模型可得：$P_{r1}=\dfrac{kP_t}{(X_1-X_0)^2+(Y_1-Y_0)^2}$ ，

[0014] 则$(X_1-X_0)^2+(Y_1-Y_0)^2=\dfrac{kP_t}{P_{r1}}$ 。

[0015] 同样可得

[0016] $$(X_2-X_0)^2+(Y_2-Y_0)^2=\frac{kP_t}{P_{r2}}$$

[0017] $$(X_3-X_0)^2+(Y_3-Y_0)^2=\frac{kP_t}{P_{r3}}$$

[0018] 根据以上三点的接收功率方程建立信号源轨迹方程：

[0019] $$f_{12}(X_0,Y_0)=\frac{P_{r2}}{P_{r1}}\left[(X_2-X_0)^2+(Y_2-Y_0)^2\right]-(X_1-X_0)^2-(Y_1-Y_0)^2=0 \qquad ①$$

[0020] $$f_{13}(X_0,Y_0)=\frac{P_{r3}}{P_{r1}}\left[(X_3-X_0)^2+(Y_3-Y_0)^2\right]-(X_1-X_0)^2-(Y_1-Y_0)^2=0 \qquad ②$$

[0021] $$f_{23}(X_0,Y_0)=\frac{P_{r3}}{P_{r2}}\left[(X_3-X_0)^2+(Y_3-Y_0)^2\right]-(X_2-X_0)^2-(Y_2-Y_0)^2=0 \qquad ③$$

[0022] 联立①②③三个轨迹方程，求得符合信号源可能的坐标点。

[0023] 为了简化计算的形式，这里令$P_{ij}=\dfrac{P_{ri}}{P_{rj}}$，i∈(1,3)，j∈(1,3)。

[0024] 由轨迹方程③可得：

[0025] $$\left(X_2-X_0\right)^2+\left(Y_2-Y_0\right)^2=\frac{P_{r3}}{P_{r2}}\left[\left(X_3-X_0\right)^2+\left(Y_3-Y_0\right)^2\right]$$

[0026] 展开得：

[0027] $(1-P_{32})Y_0^2+(2P_{32}Y_3-2Y_2)Y_0+(X_2-X_0)^2+P_{32}(X_3-X_0)^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2=0$

[0028] 令$A=(1-P_{32})B=(2P_{32}Y_3-2Y_2)$

[0029] $C=(X_2-X_0)^2+P_{32}(X_3-X_0)^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2$

[0030] 则$Y_0=\dfrac{-B\pm\sqrt{B^2-4AC}}{2A}$；

[0031] 将Y_0带入轨迹方程①中得：

[0032]
$$P_{21}\left(X_2-X_0\right)^2+P_{21}\left(Y_2-\frac{-B\pm\sqrt{B^2-4AC}}{2A}\right)^2-\left(X_1-X_2\right)^2-\left(Y_1-\frac{-B\pm\sqrt{B^2-4AC}}{2A}\right)^2=0$$

[0033] 将上式展开,并把C值带入得:

[0034]
$$\begin{aligned}&[4A^2P_{21}-4A^2+4A\left(1-P_{21}\right)\left(1-P_{32}\right)]X_0^2+\\&[8A^2X_1-8A^2P_{21}X_2-4A\left(1-P_{21}\right)\left(2X_2+2P_{32}X_3\right)]X_0\\&+\left(\begin{array}{l}4A^2P_{21}X_2^2-4A^2X_1^2+4A^2P_{21}Y_2^2-4A^2Y_1^2\\-4AY_1B+4AP_{21}Y_2B-2B^2+2B^2P_{21}\\+X_2^2+P_{32}X_3^2\\+Y_2^2-P_{32}Y_3^2\end{array}\right)\\&=\mp\left(2B+4AY_1-4AP_{21}Y_2\right)\sqrt{B^2-4AC}\end{aligned}$$

[0035] 这里令:

[0036] $M=8A^2X_1-8A^2P_{21}X_2+4A(1-P_{21})(2P_{32}X_3-2X_2)$

[0037] $K=4A^2P_{21}X_2^2-4A^2X_1^2+4A^2P_{21}Y_2^2-4A^2Y_1^2+4ABP_{21}Y_2-4AY_1B-2B^2+2B^2P_{21}+4A(1-P_{21})(X_2^2-P_{32}X_3^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2)$

[0038] $N=\mp\left(2B+4AY_1-4AP_{21}Y_2-2BP_{21}\right)$

[0039] 将A带入下式可得:

[0040] $4A^2P_{21}-4A^2+4A(1-P_{21})(1-P_{32})=0$

[0041] 将M、K、N带入方程,则方程可化为:

[0042] $MX_0+K=N\sqrt{B^2-4AC}$

[0043] 上式两边同时平方,并将C带入上式,化简后可得:

[0044] $[M^2+4AN^2(1-P_{32})]X_0^2+[2MK+4AN^2(2P_{32}X_3-2X_2)]X_0+K^2-N^2B^2+4N^2A(X_2^2-P_{32}X_3^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2)=0$

[0045] 令:$G=M^2+4AN^2(1-P_{32})$

[0046] $H=2MK+4AN^2(2P_{32}X_3-2X_2)$

[0047] $F=K^2-N^2B^2+4N^2A(X_2^2-P_{32}X_3^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2)$

[0048] 则方程可化为:

[0049] $GX_0^2+HX_0+F=0$

[0050] 可得 $X_0=\dfrac{-H\pm\sqrt{H^2-4GH}}{2G}$

[0051] 将X_0,Y_0带入①②③中,得到两个同时满足①②③式的坐标,为可能的信号源坐标。

[0052] Step3、选择第四个点d(X_4,Y_4)与以上三个点中的一个建立一个轨迹方程④,将步骤(3)中的信号源可能的坐标带入④中筛选,得到干扰源的坐标点。

[0053] 本发明的有益效果是:在二维自由空间中,当我们不知道信号源方向时,我们根据任意不在同一直线上四个点接受功率值的大小,对信号源进行准确定位。有效的解决了现实生活中知道多个点接受功率值,不知道信号源方向的定位。

附图说明

[0054] 图1是通过三点定位的所有干扰源可能的位置轨迹图;

[0055] 图2是通过四点定位的所有干扰源可能的位置轨迹图。

具体实施方式

[0056] 下面结合附图和具体实施例,对本发明做进一步说明。

[0057] 实施例:设(X_0,Y_0)为(0,0),在(X_0,Y_0)处有一个发射功率P_t为5000W的信号源,在受到信号源影响的区域,取不在同一直线的四个位置a_1(X_1,Y_1)、a_2(X_2,Y_2)、a_3(X_3,Y_3)、a_4(X_4,Y_4),测出它们的接收功率大小P_{r1}、P_{r2}、P_{r3}、P_{r4}分别为8.7873mW、3.4483mW、1.5385mW、4mW,记录对应点的位置坐标值(20,13)、(15,35)、(35,45)、(5,35)。

[0058] 对于前三个点a_1(X_1,Y_1)、a_2(X_2,Y_2)、a_3(X_3,Y_3)建立以下轨迹方程:

[0059]
$$f_{12}(X_0,Y_0)=\frac{P_{r2}}{P_{r1}}\left[(X_2-X_0)^2+(Y_2-Y_0)^2\right]-(X_1-X_0)^2-(Y_1-Y_0)^2=0 \quad ①$$

[0060]
$$f_{13}(X_0,Y_0)=\frac{P_{r3}}{P_{r1}}\left[(X_3-X_0)^2+(Y_3-Y_0)^2\right]-(X_1-X_0)^2-(Y_1-Y_0)^2=0 \quad ②$$

[0061]
$$f_{23}(X_0,Y_0)=\frac{P_{r3}}{P_{r2}}\left[(X_3-X_0)^2+(Y_3-Y_0)^2\right]-(X_2-X_0)^2-(Y_2-Y_0)^2=0 \quad ③$$

[0062] 由式③$\left(X_2-X_0\right)^2+\left(Y_2-Y_0\right)^2=\frac{P_{r3}}{P_{r2}}[\left(X_3-X_0\right)^2+\left(Y_3-Y_0\right)^2]$

[0063] 展开得:

[0064] $(1-P_{32})Y_0^2+(2P_{32}Y_3-2Y_2)Y_0+(X_2-X_0)^2+P_{32}(X_3-X_0)^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2=0$

[0065] 令$A=(1-P_{32})B=(2P_{32}Y_3-2Y_2)$

[0066] $C=(X_2-X_0)^2+P_{32}(X_3-X_0)^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2$

[0067] 则$Y_0=\frac{-B\pm\sqrt{B^2-4AC}}{2A}$;

[0068] 将Y_0带入轨迹方程①中得:

[0069]
$$P_{21}\left(X_2-X_0\right)^2+P_{21}\left(Y_2-\frac{-B\pm\sqrt{B^2-4AC}}{2A}\right)^2-\left(X_1-X_2\right)^2-\left(Y_1-\frac{-B\pm\sqrt{B^2-4AC}}{2A}\right)^2=0$$

[0070] 将上式展开,并把C值带入得:

[0071]
$$\begin{aligned}&[4A^2P_{21}-4A^2+4A\left(1-P_{21}\right)\left(1-P_{32}\right)]X_0^2+\\&[8A^2X_1-8A^2P_{21}X_2-4A\left(1-P_{21}\right)\left(2X_2+2P_{32}X_3\right)]X_0\\&+\left(\begin{array}{l}4A^2P_{21}X_2^2-4A^2X_1^2+4A^2P_{21}Y_2^2-4A^2Y_1^2\\-4AY_1B+4AP_{21}Y_2B-2B^2+2B^2P_{21}\\+4A(1-P_{21})(X_2^2-P_{32}X_3^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2)\end{array}\right)\\&=\mp\left(2B+4AY_1-4AP_{21}Y_2-2BP_{21}\right)\sqrt{B^2-4AC}\end{aligned}$$

[0072] 这里令:

[0073] $M=8A^2X_1-8A^2P_{21}X_2+4A(1-P_{21})(2P_{32}X_3-2X_2)$

[0074] $K=4A^2P_{21}X_2^2-4A^2X_1^2+4A^2P_{21}Y_2^2-4A^2Y_1^2+4ABP_{21}Y_2-4AY_1B-2B^2+2B^2P_{21}+4A(1-P_{21})(X_2^2-P_{32}X_3^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2)$

[0075] $N=\mp\left(2B+4AY_1-4AP_{21}Y_2-2BP_{21}\right)$

[0076] 将A带入下式可得:

[0077] $4A^2P_{21}-4A^2+4A(1-P_{21})(1-P_{32})=0$

[0078] 将M、K、N带入方程,则方程可化为:

[0079] $MX_0+K=N\sqrt{B^2-4AC}$

[0080] 上式两边同时平方,并将C带入上式,化简后可得:

[0081] $[M^2+4AN^2(1-P_{32})]X_0^2+[2MK+4AN^2(2P_{32}X_3-2X_2)]X_0+K^2-N^2B^2+4N^2A(X_2^2-P_{32}X_3^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2)=0$

[0082] 令:$G=M^2+4AN^2(1-P_{32})$

[0083] $H=2MK+4AN^2(2P_{32}X_3-2X_2)$

[0084] $F=K^2-N^2B^2+4N^2A(X_2^2-P_{32}X_3^2+Y_2^2-P_{32}Y_3^2)$

[0085] 则方程可化为:

[0086] $GX_0^2+HX_0+F=0$

[0087] 可得 $X_0=\dfrac{-H\pm\sqrt{H^2-4GH}}{2G}$

[0088] 如图1所示:这样便可求得干扰源的坐标点的可能值:(0,0)、(25.3899,21.9513)、(0,21.9513)、(25.3899,0)。

[0089] 将计算出的可能干扰源的坐标点的可能值分别带入以上三个轨迹方程进行进一步筛选，同时满足以上三个式子的坐标点即为干扰源可能的位置坐标点即(0,0)、(25.3899,21.9513)。

[0090] 再通过第四个点a_4与第二点a_2建立一个新的轨迹方程：

[0091]
$$f_{24}(X_0,Y_0)=\frac{P_{r4}}{P_{r2}}\left[(X_4-X_0)^2+(Y_4-Y_0)^2\right]-(X_2-X_0)^2-(Y_2-Y_0)^2=0 \qquad ④$$

[0092] 并将上步中求得的干扰源可能的位置坐标点带入带入轨迹方程④中，满足此方程的点只有(0,0)，即为信号源的坐标点，如图2所示，轨迹方程相交的点即为信号源的位置。

[0093] 上面结合附图对本发明的具体实施做出了详细说明，但是本发明并不限于上述实施例，在本领域普通技术人、员所具备的知识范围内，还可以在不脱离本发明宗旨的前提下做出各种变化。

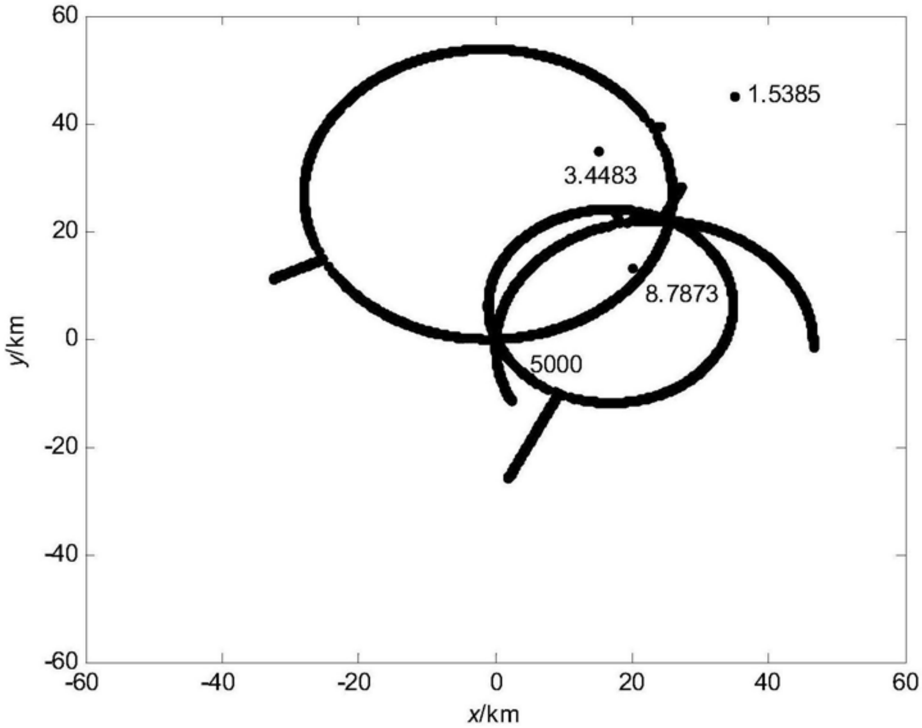
1.5385
3.4483
8.7873
5000
y/km
x/km

图1

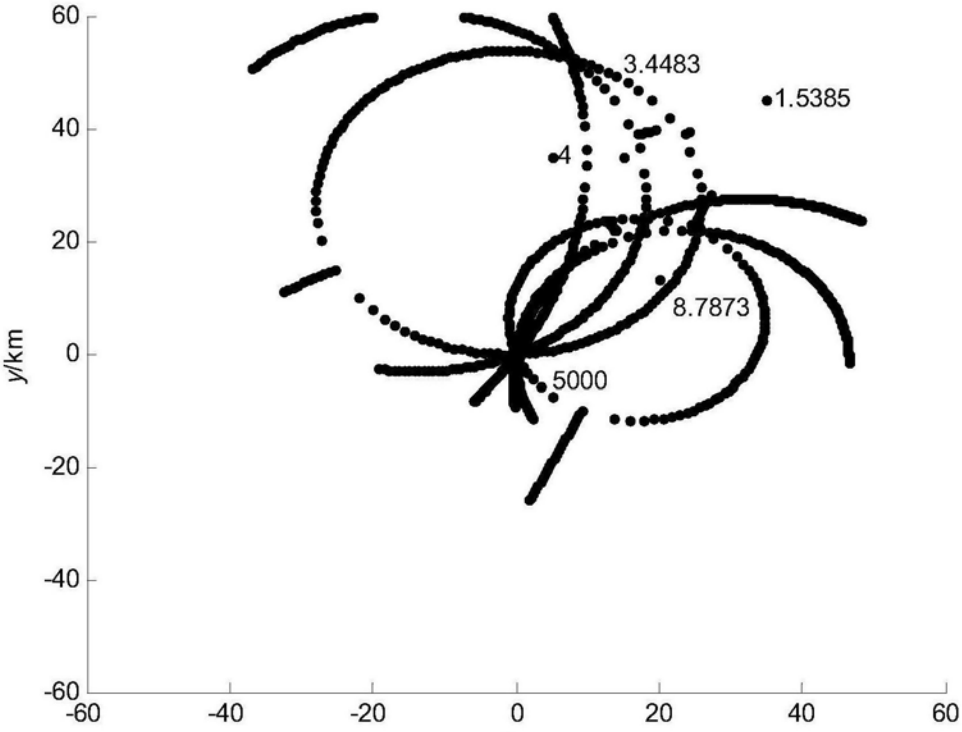
3.4483
1.5385
4
8.7873
5000
y/km
x/km

图2