
RDA 和 CSA
“运动补偿”点目标仿真
结果对比

仿真程序分别基于:

1. RDA, 采用方式 2 进行 SRC (二维频域相位相乘);
2. CSA

本报告内容:

1. 小斜视角 (3.5°) 情况下, RDA 和 CSA 仿真 “运动补偿” 的结果对比;
2. 同时考虑沿地距 x 轴的运动误差和沿 z 轴的运动误差, 对比 CSA 和 RDA 的仿真结果;

WD

2014.11.20

一、小斜视角 (3.5°) 情况下, RDA 和 CSA 仿真“运动补偿”的结果对比

前面我进行了正侧视情况下, “运动补偿”点目标仿真, 分别采用了 RD 算法和 CS 算法。

郑晓双的博士论文在该部分没有明确提及仿真是否是基于正侧视情况下, 但是我认为是的, 并且我的仿真也是基于正侧视情况下。

同时, 我还想尝试: 在同样的程序情况下进行 3.5° 的小斜视角仿真会有什么样的结果?

这里, 我采取了:

1) 方式 2 实现 SRC 的 RD 算法;

2) CS 算法;

分别进行点目标仿真。

由于这两种算法在没有运动误差的情况下 (即原来的理想点目标仿真) 对于 3.5° 的小斜视角是没有问题的 (即能够得到理想的成像结果)。我想知道, 在引入运动误差后, 分别基于这两种成像算法, 并采用作者所述的两步式运动补偿方法, 能不能适用于 3.5° 的小斜视角仿真?

这里, 我并不进行相关理论推导, 也没有太多的理论分析。而就是想看看仿真结果如何, 是不是能和正侧视一样得到理想的结果? 两种算法有没有区别?

这也许可以对于后续进行运动补偿提供一些想法。

下面就针对这一想法进行仿真。

1. 仿真条件

1) 载机平台运动误差: 只引入地距 x 轴的运动误差, 采用高频正弦误差; 其他方向无误差。Matlab 程序如下:

```
% =====
% 生成载机运动平台的运动误差
% 沿地距 x 轴的运动误差
a = 4;
w = 8;      % 这个控制着该正弦误差属于高频误差
delta_x_t = a*sin(2*pi*w/La*Vr.*ta_mtx);      % 这是沿地距 x 轴的运动误差
% 沿 z 轴 (载机平台高度) 的运动误差
delta_z_t = 0;      % 这是沿 z 轴的运动误差
% =====
```

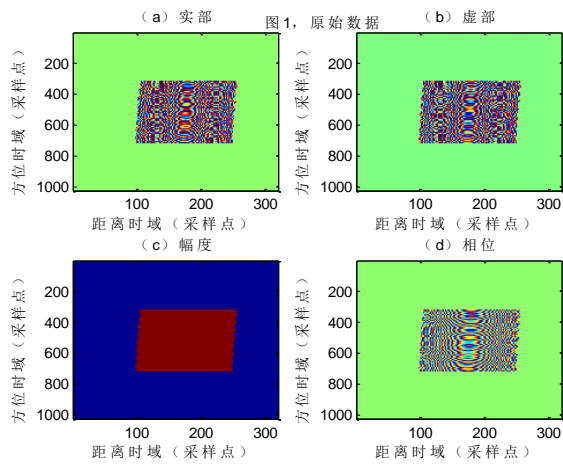
2) 分别进行单点目标 A, 以及 4 个点目标的仿真

3) 采用窄波束运动补偿: 两步式运动补偿方法

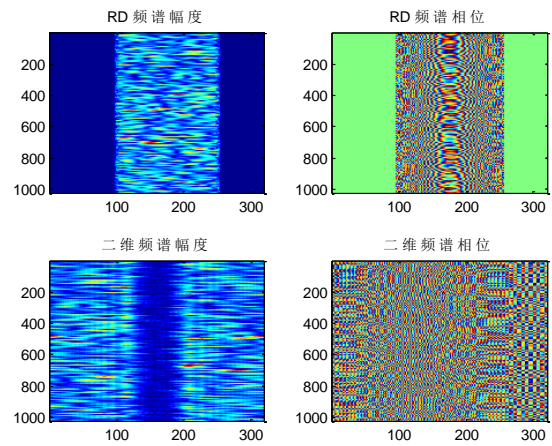
4) 虽然有斜视角, 但是这里对目标中心取距离向和方位向切片时, 不旋转, 直接取出。

2. 方式 2 实现 SRC 的 RD 算法, 仿真结果

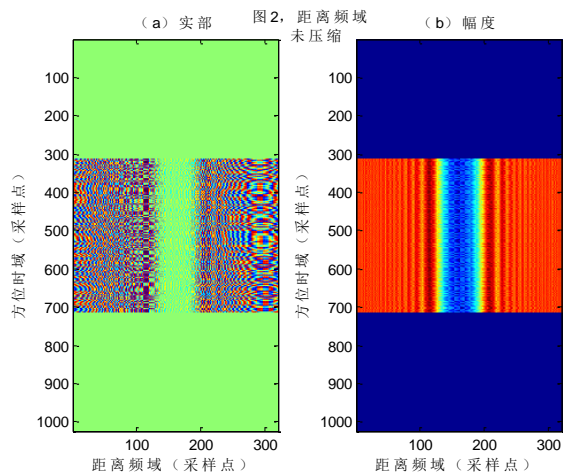
1) 单个点目标 A 仿真



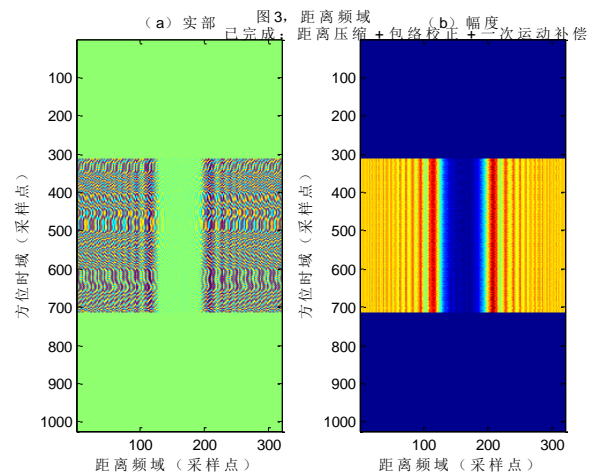
(1) 原始数据



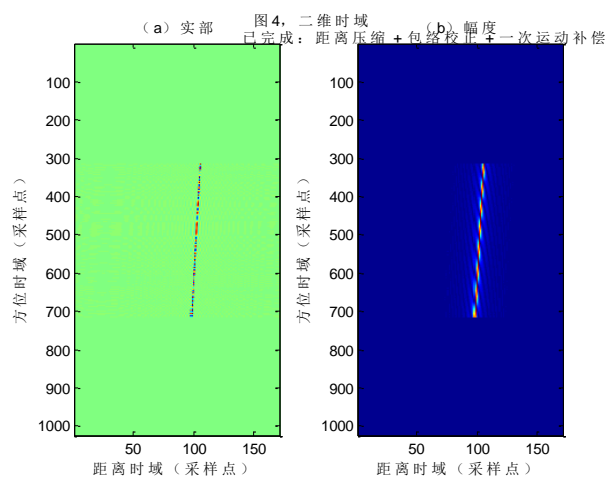
(2) RD 域频谱及二维频谱



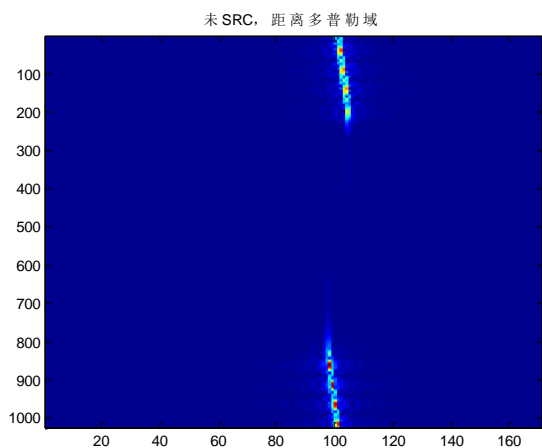
(3) 原始数据变换到距离频域



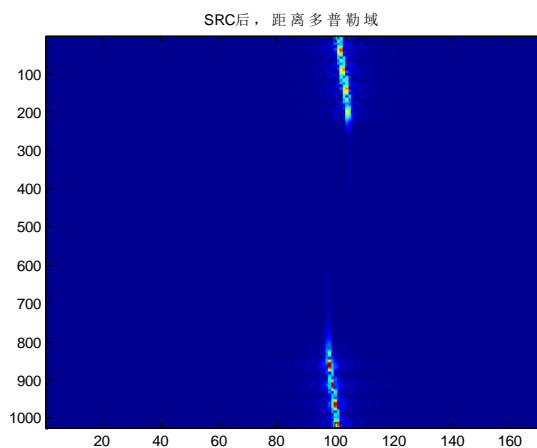
(4) 已完成: 距离压缩、包络校正和一次运动补偿



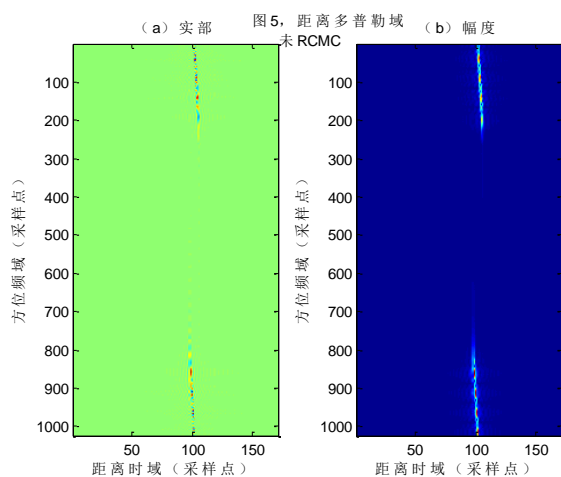
(5) 完成距离压缩、包络校正和一次运动补偿后变换到二维时域, 还未 SRC



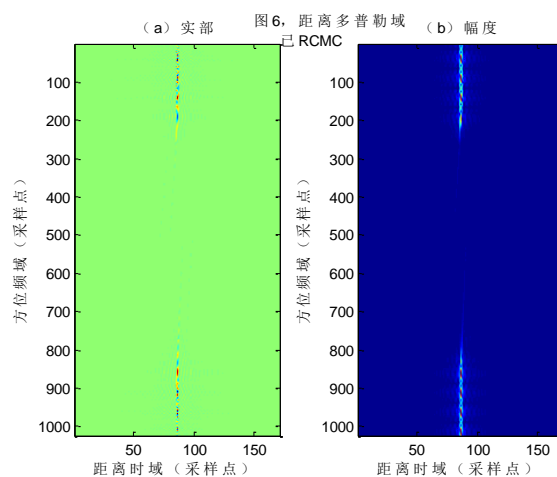
(6) 未 SRC, 距离多普勒域



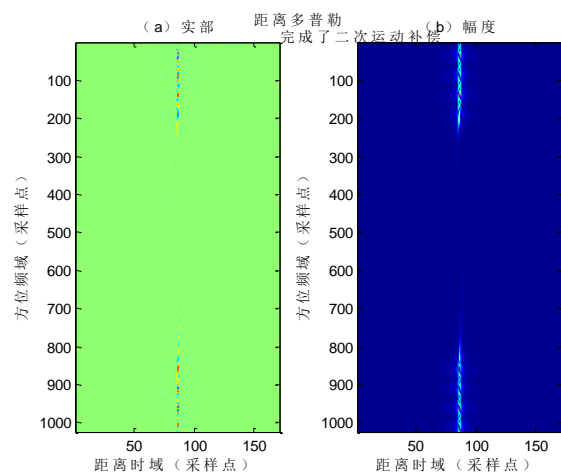
(7) SRC 后, 距离多普勒域



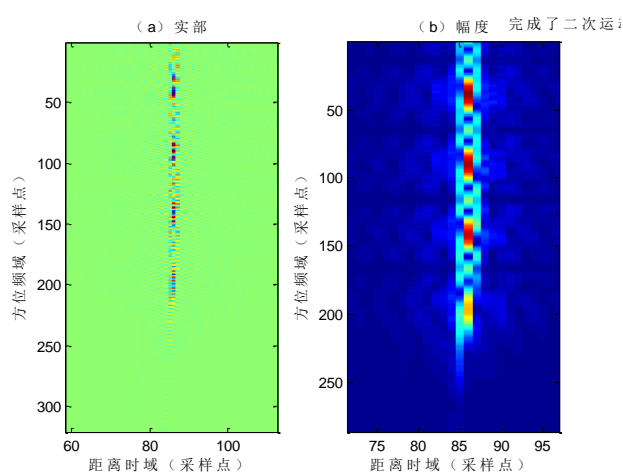
(8) 距离多普勒域, 未 RCMC



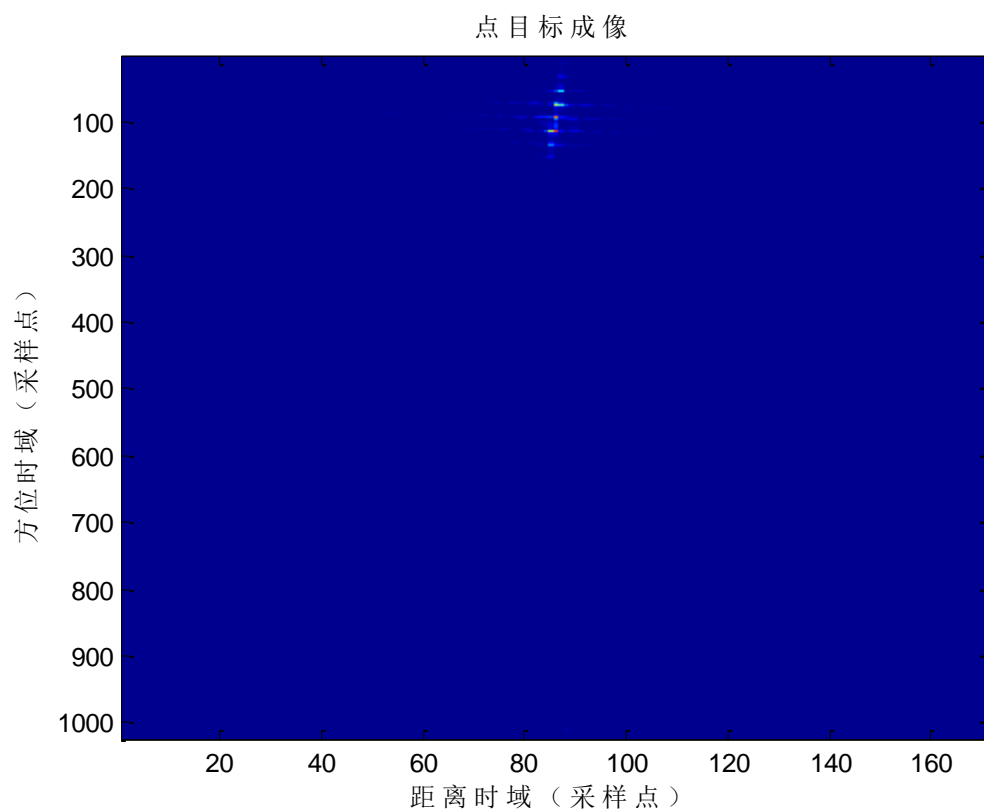
(9) 距离多普勒域, 已 RCMC



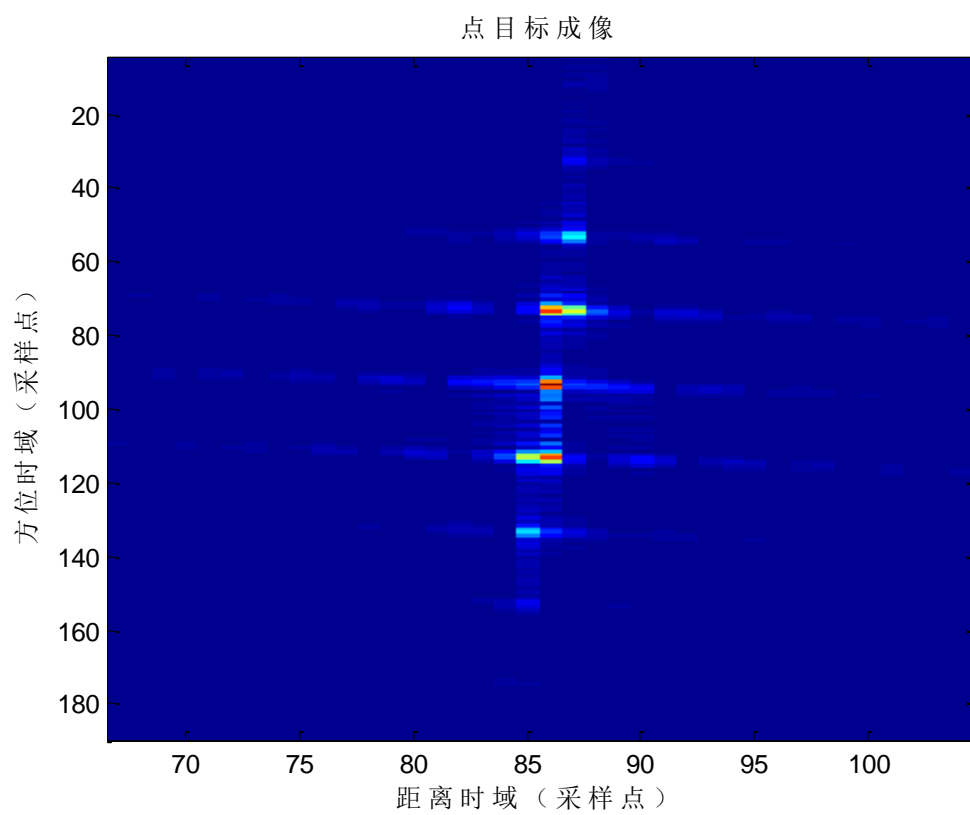
(10) 距离多普勒域, 完成了二次运动补偿



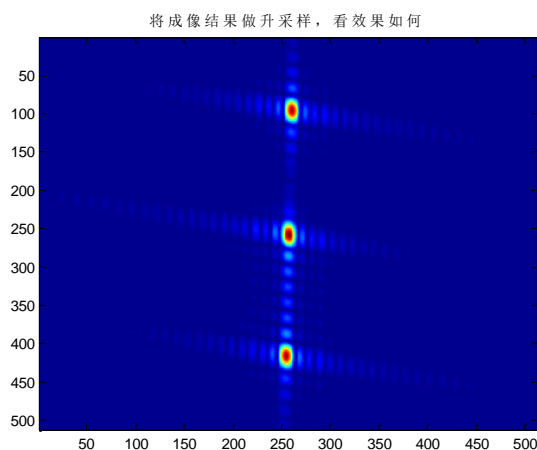
(11) 图 (10) 的局部放大



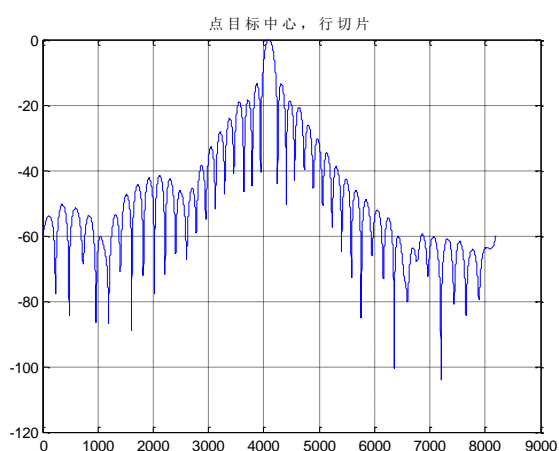
(12) 成像结果



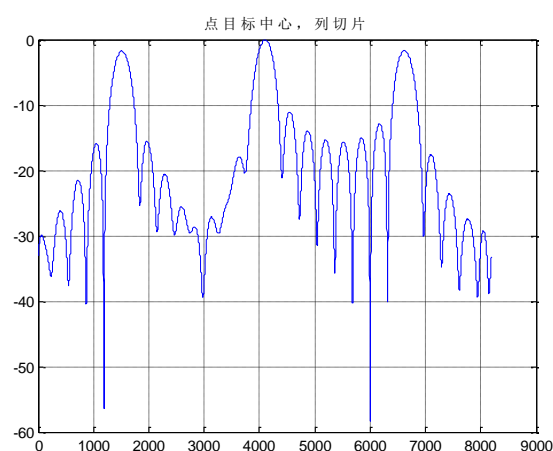
(13) 局部放大



(a) 升采样



(b) 距离向切片（不旋转）



(c) 方位向切片（不旋转）

行切片，点目标中心距离向指标

PSLR	ISLR	IRW
-13.4307	-10.7447	2.6465

列切片，点目标中心方位向指标

PSLR	ISLR	IRW
-1.6470	1.9178	1.6762

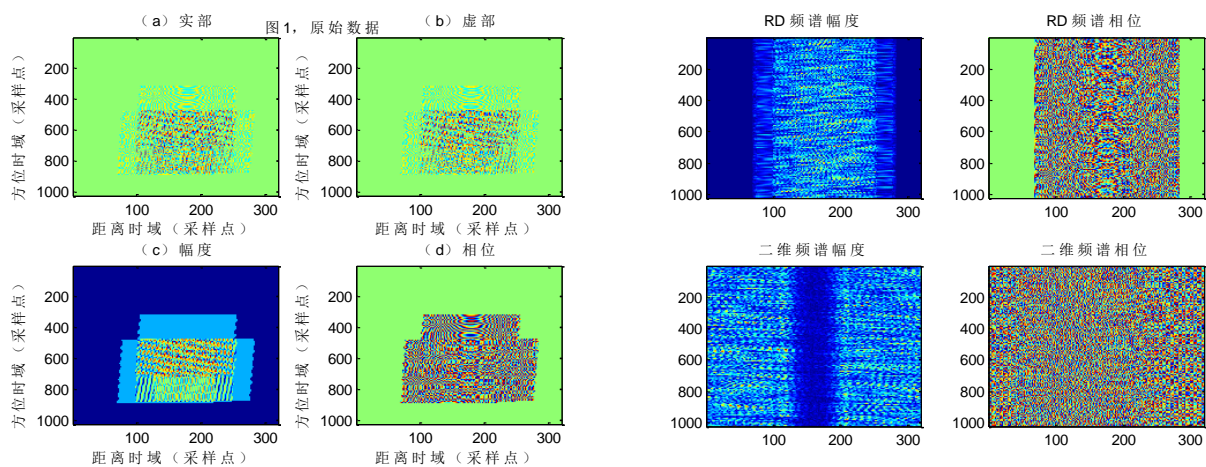
(14) 目标 A

可以看到，这个时候即使目标 A 位于中心距离处，也依然没有办法聚焦（也存在非常强的成对回波）。不管是方位向还是距离向（尤其是方位向）都存在散焦情况。经过升采样后，我们可以更明显的看到点目标 A 在方位向存在的成对回波情况，非常强。

因此，我们可以说，对于 3.5° 情况下的仿真，该两步式运动补偿 RD 算法是不适用的。

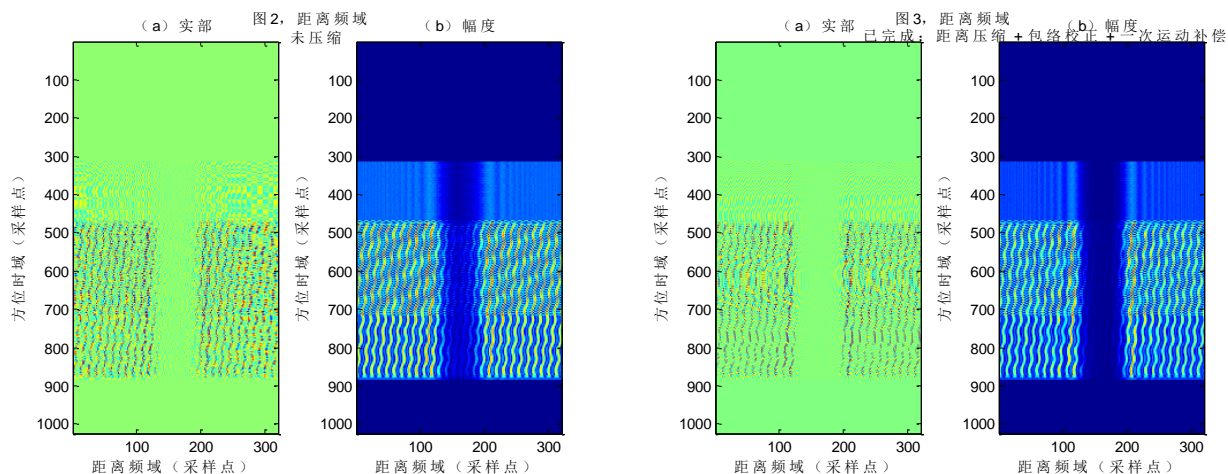
下面我们再看看 4 点目标的仿真结果（显然，也和这里是一样的，但是为了讨论的完整性，下面还是列出来）

2) 4 个点目标仿真



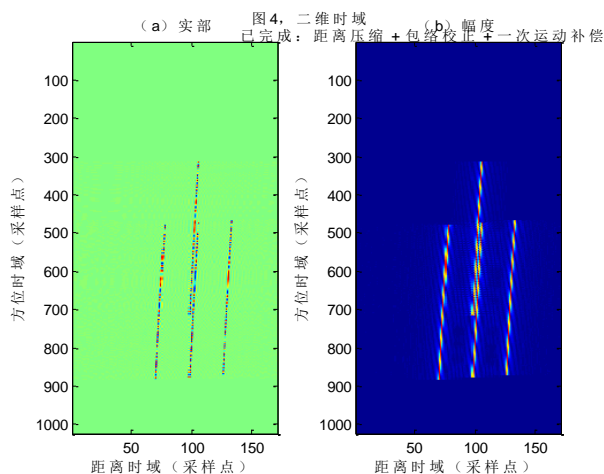
(1) 原始数据

(2) RD 域频谱及二维频谱

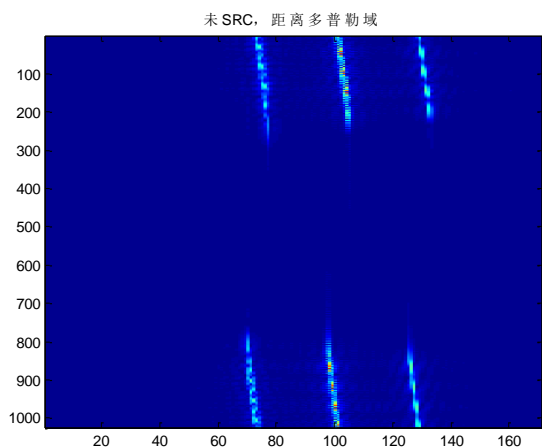


(3) 原始数据变换到距离频域

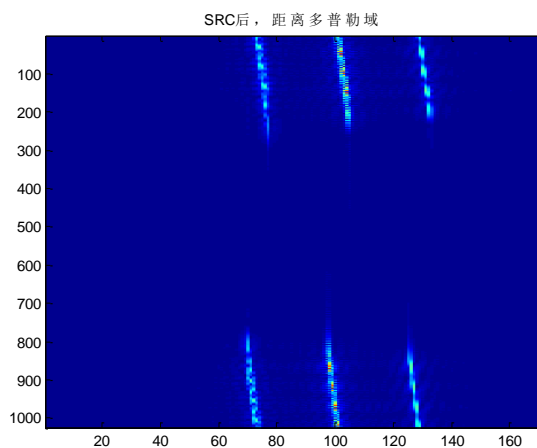
(4) 已完成: 距离压缩、包络校正和一次运动补偿



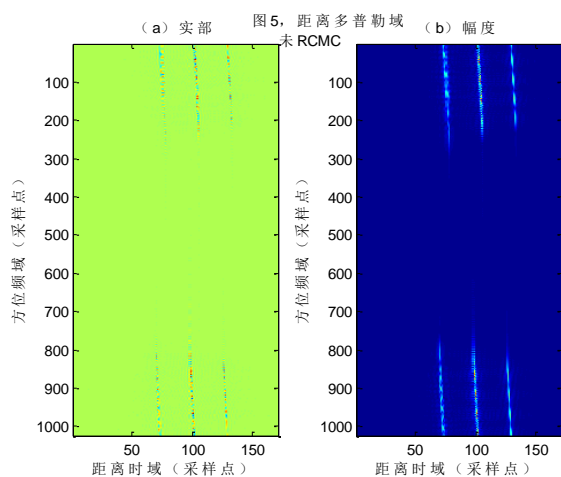
(5) 完成距离压缩、包络校正和一次运动补偿后变换到二维时域，还未 SRC



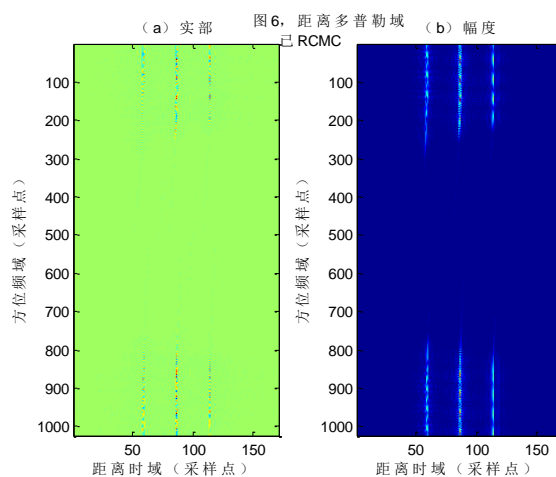
(6) 未 SRC, 距离多普勒域



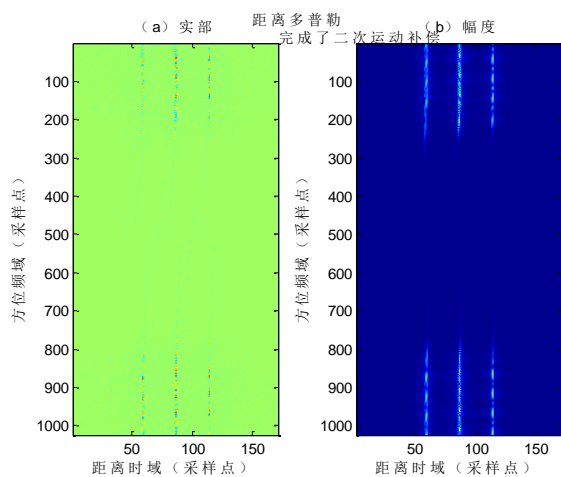
(7) SRC 后, 距离多普勒域



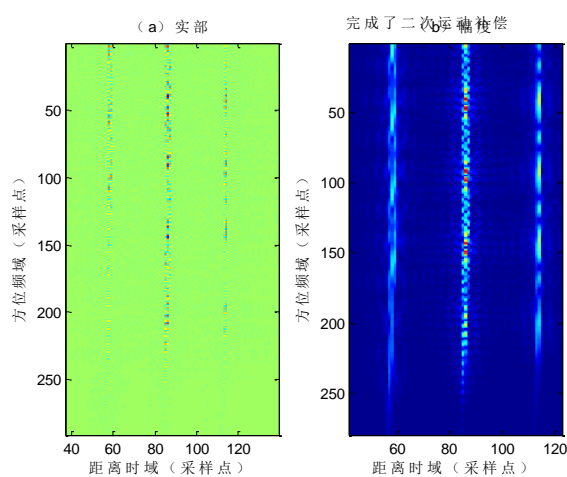
(8) 距离多普勒域, 未 RCMC



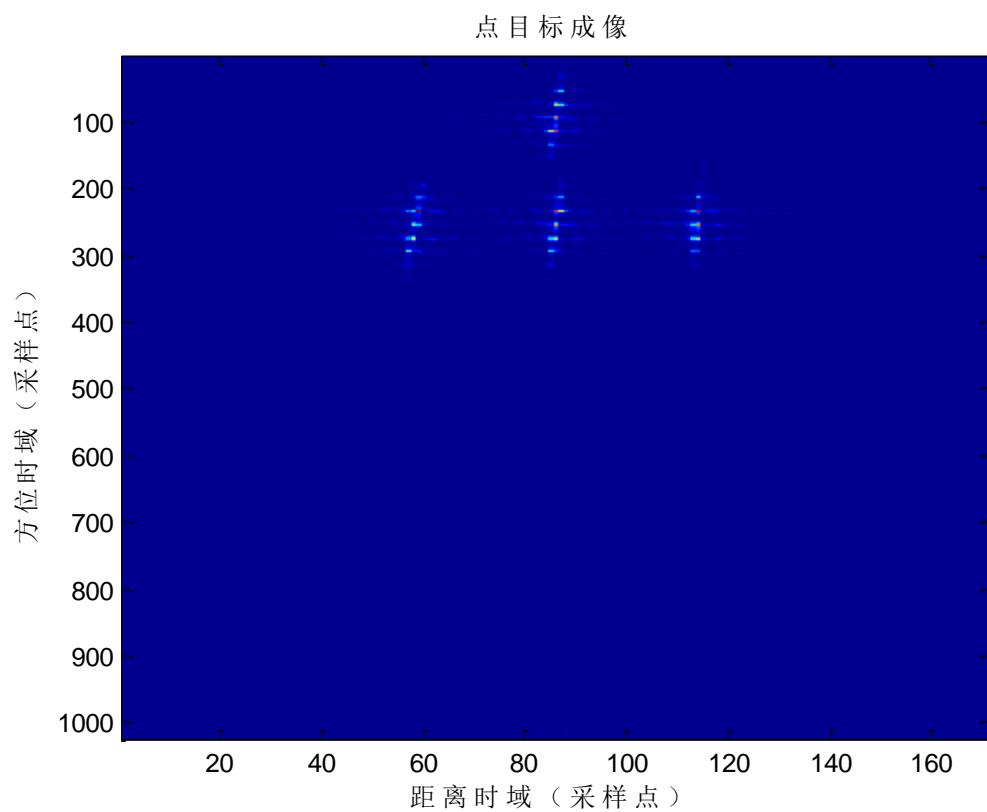
(9) 距离多普勒域, 已 RCMC



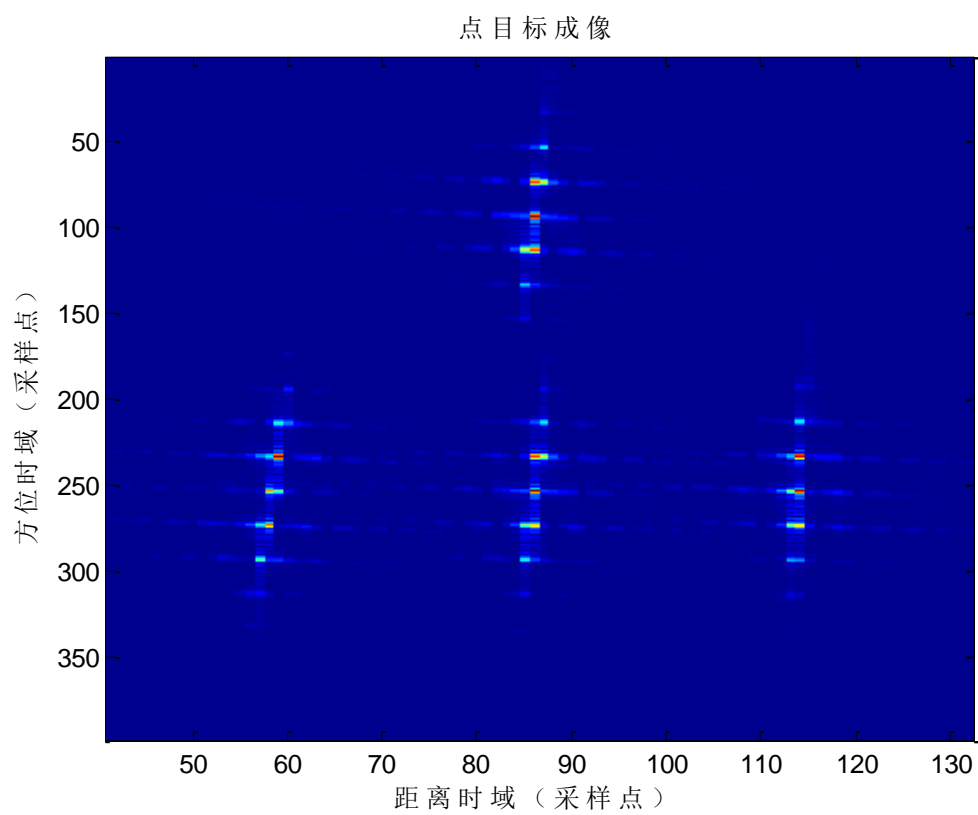
(10) 距离多普勒域, 完成了二次运动补偿



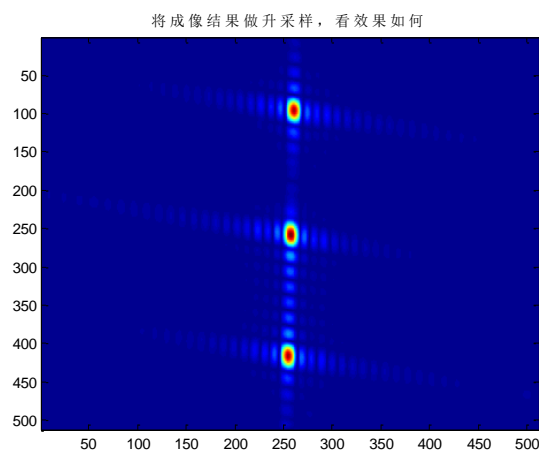
(11) 图 (10) 的局部放大



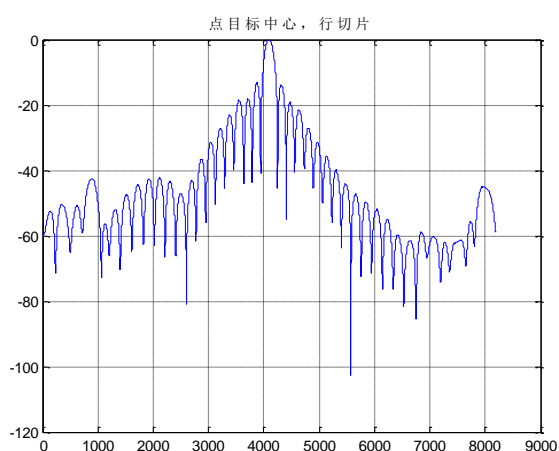
(12) 成像结果



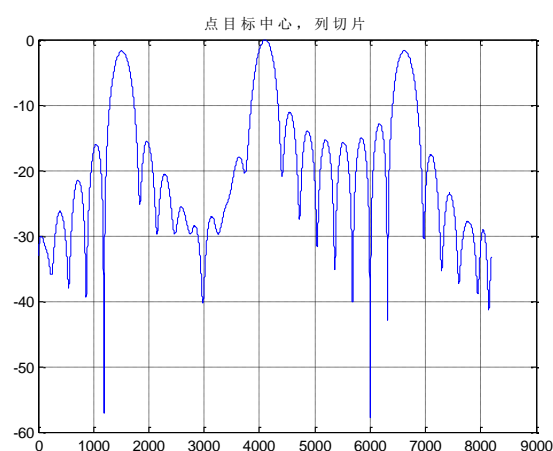
(13) 局部放大



(a) 升采样



(b) 距离向切片（不旋转）



(c) 方位向切片（不旋转）

行切片，点目标中心距离向指标

PSLR	ISLR	IRW
-13.2243	-10.6409	2.6471

列切片，点目标中心方位向指标

PSLR	ISLR	IRW
-1.6473	1.9148	1.6777

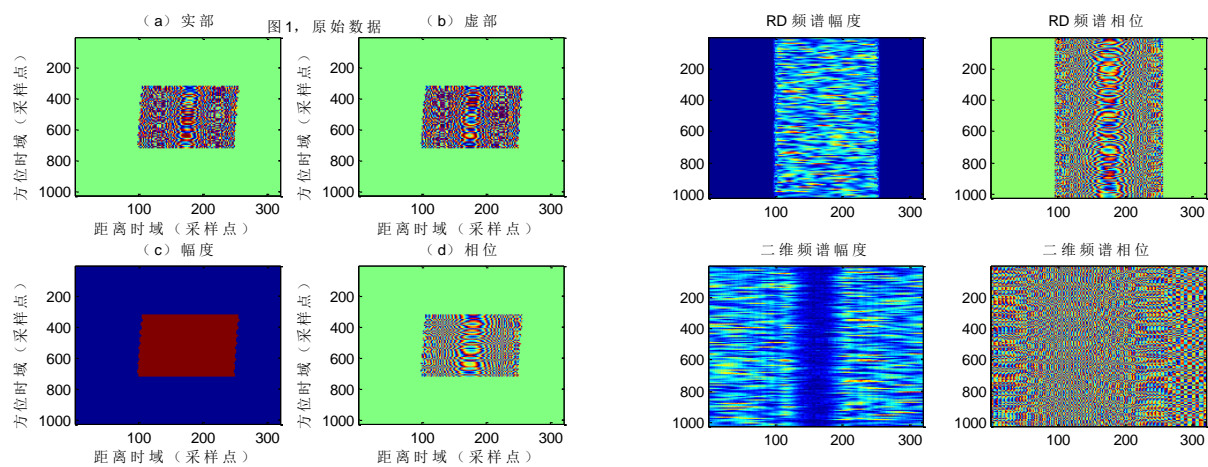
(14) 目标 A

目标 B、目标 C 和目标 D 的结果与目标 A 是类似的，这里就不再列出了。

因此，与前面结论相同，对于 3.5° 斜视角下的运动补偿点目标仿真，该两步式运动补偿 RD 算法是不适用的。

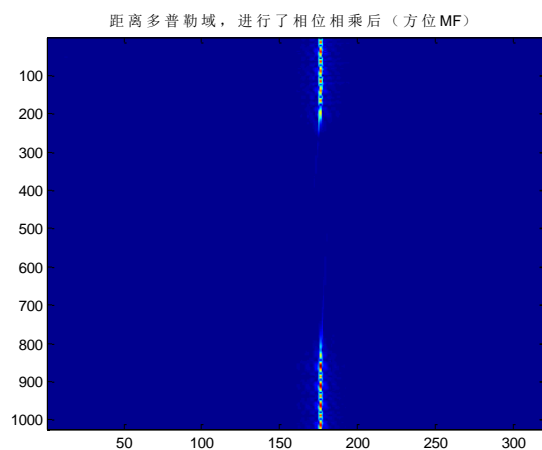
3. CS 算法, 仿真结果

1) 单个点目标 A 仿真



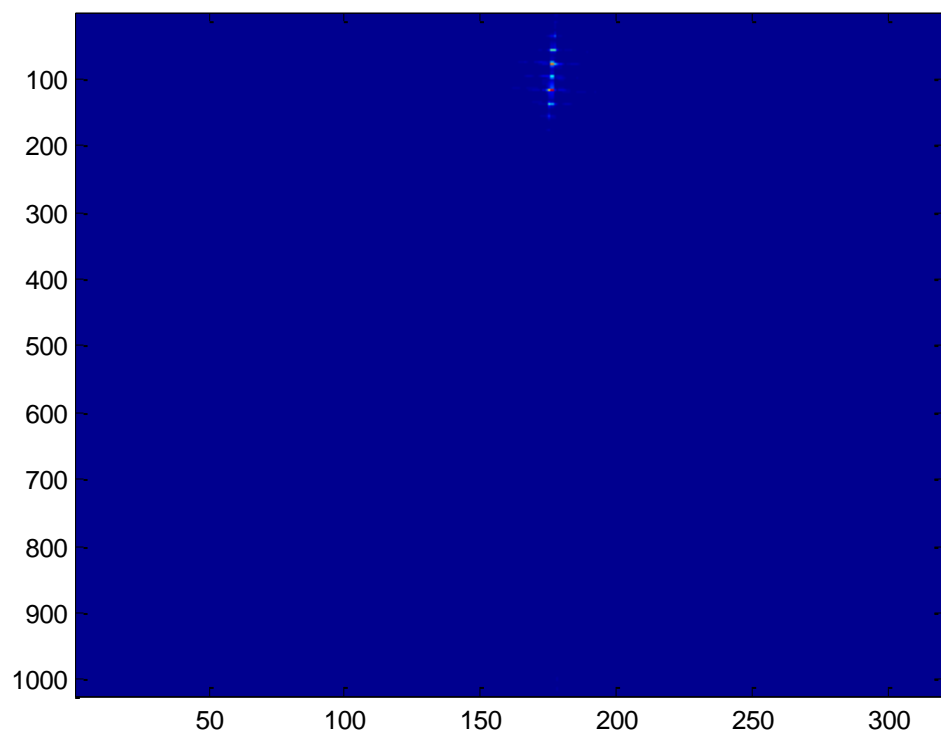
(1) 原始数据

(2) RD 域频谱和二维频谱



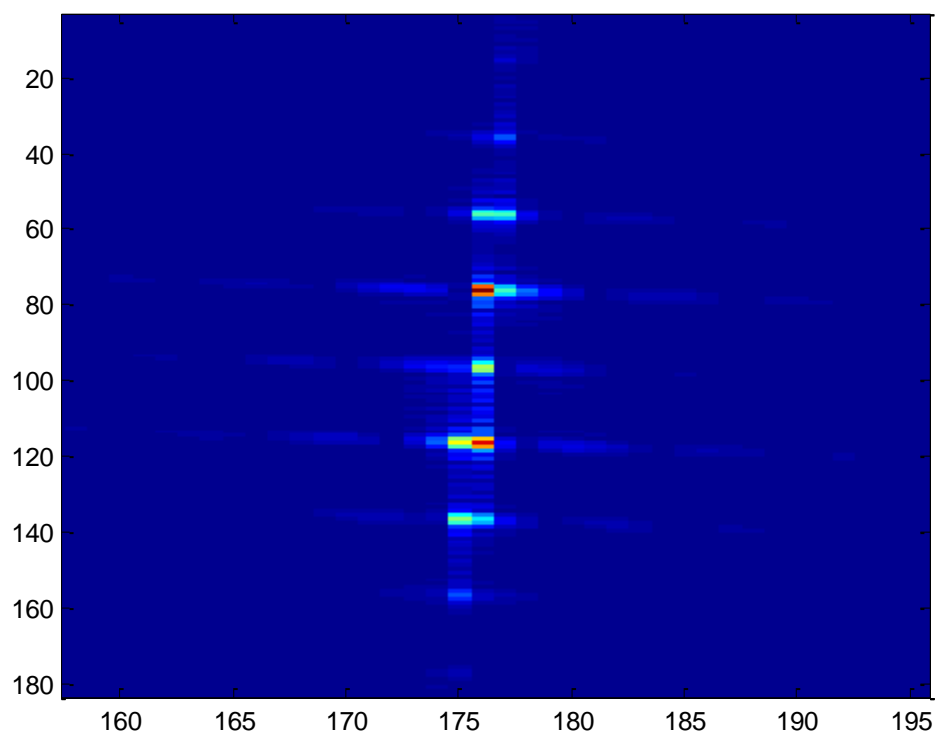
(3) 距离多普勒域, 进行了相位相乘后 (已经完成了所有操作, 只差 IFT 即完成成像)

成像结果

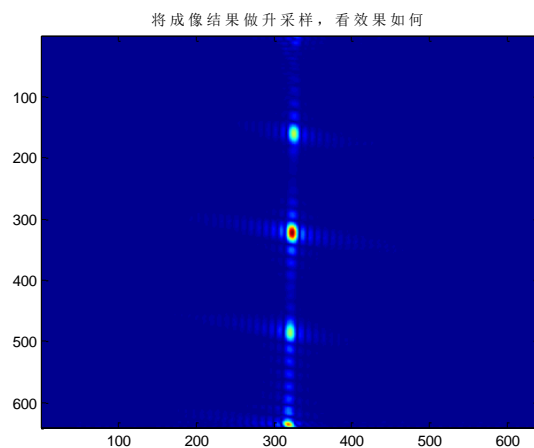


(4) 成像结果

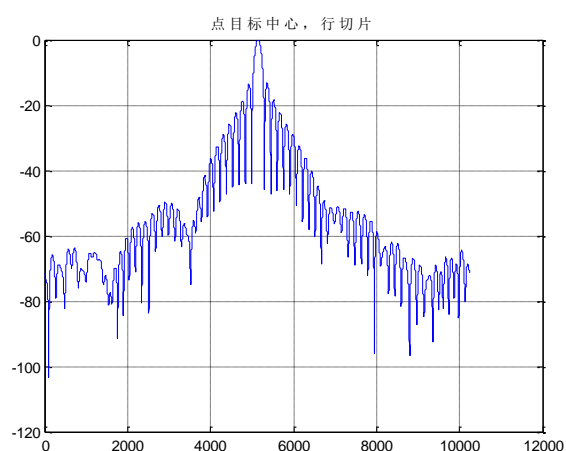
成像结果



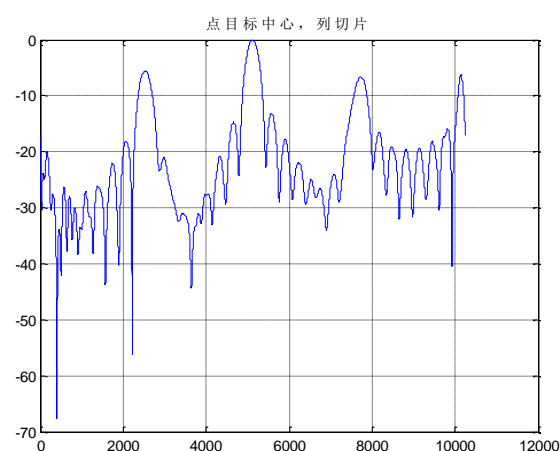
(5) 局部放大



(a) 升采样



(b) 距离向切片（不旋转）



(c) 方位向切片（不旋转）

行切片，点目标中心距离向指标

PSLR	ISLR	IRW
-13.2845	-11.0950	2.6493

列切片，点目标中心方位向指标

PSLR	ISLR	IRW
-5.5260	-1.0484	1.6761

(6) 点目标 A

结果与 RD 仿真时类似(但是方位向情况要比 RD 时好一些, 见方位向指标的计算结果), 说明两步式运动补偿 CS 算法也是不适用于 3.5° 小斜视角仿真的。

2) 4 个点目标仿真

上面已经给出了单点目标的仿真结果, 说明了 CS 和 RD 是类似的, 都不适用与 3.5° 的仿真。此外, CS 的 4 点仿真结果是和 RD 也是类似的, 因此这里已经没有必要再给出 4 个点目标的仿真结果了。

最后, 由于 RD 和 CS 的仿真结果都是类似的, 并且都不适用与这里的 3.5° 斜视角仿真。因此也没有必要再对两者进行对比了。

这一部分的讨论到此结束。

二、同时考虑沿地距 x 轴的运动误差和沿 z 轴的运动误差，对比 CS 和 RD 的仿真结果

前面仿真时，不论是 RD，还是 CS，都只考虑了沿地距 x 轴的运动误差（或者只考虑沿 z 轴的运动误差，这和只考虑沿 x 轴的运动误差时是类似的）。但是都没有同时考虑沿地距 x 轴和沿 z 轴的运动误差。

我想看看，如果同时考虑这两个方向的误差，RD 和 CS 给出的结果是怎么样的？

下面就针对此进行仿真。

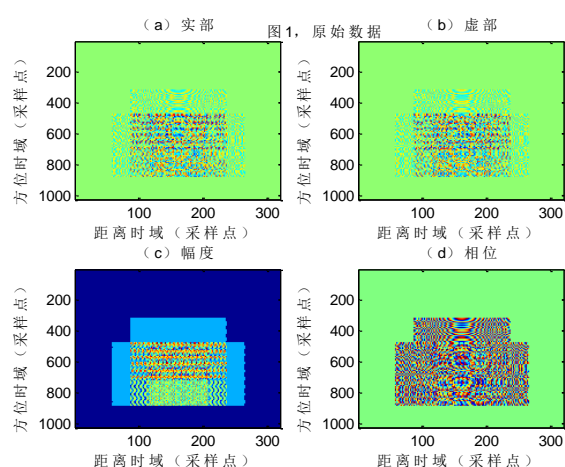
1. 仿真条件

- 1) 正侧视情况下仿真；
- 2) 直接仿真 4 个点目标的结果；
- 3) 运动误差同时考虑两个方向的误差：地距 x 轴，和 z 轴。Matlab 仿真程序如下：

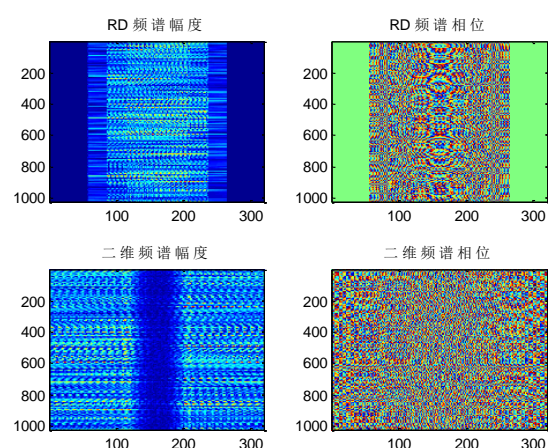
```
% =====
% 生成载机运动平台的运动误差
% 沿地距  $x$  轴的运动误差
a = 4;
w = 8; % 这个控制着该正弦误差属于高频误差
delta_x_t = a*sin(2*pi*w/La*Vr.*ta_mtx); % 这是沿地距  $x$  轴的运动误差
% 沿  $z$  轴（载机平台高度）的运动误差
delta_z_t = a*sin(2*pi*w/La*Vr.*ta_mtx); % 这是沿  $z$  轴的运动误差
% =====
```

- 4) 其余都相同。

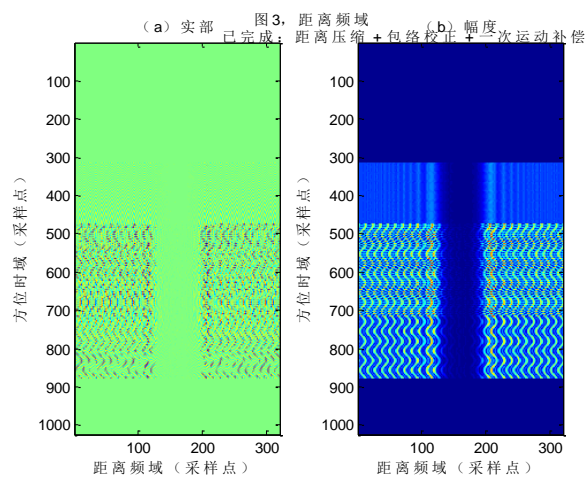
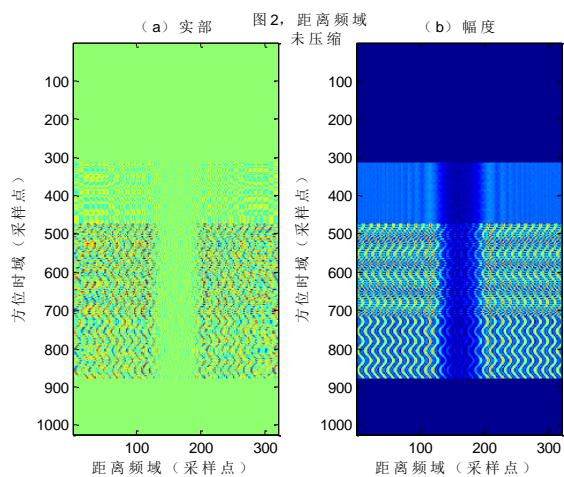
2. 方式 2 实现 SRC 的 RDA



(1) 原始数据

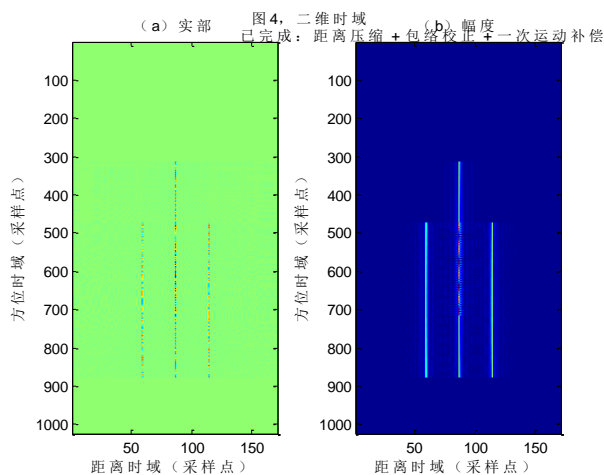


(2) RD 域频谱及二维频谱

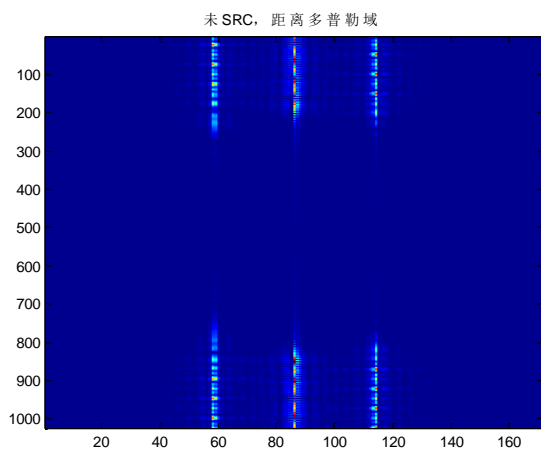


(3) 原始数据变换到距离频域

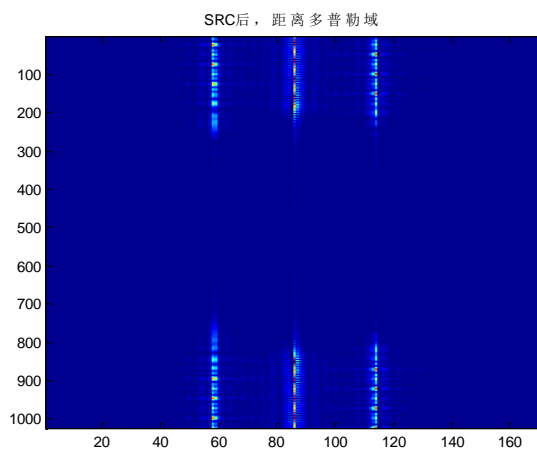
(4) 已完成: 距离压缩、包络校正和一次运动补偿



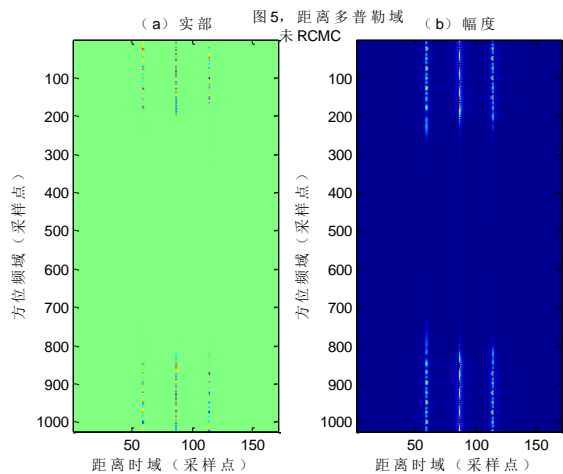
(5) 完成距离压缩、包络校正和一次运动补偿后变换到二维时域, 还未 SRC



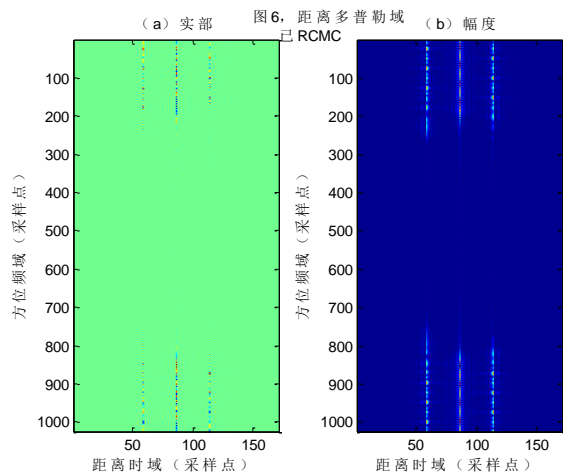
(6) 未 SRC, 距离多普勒域



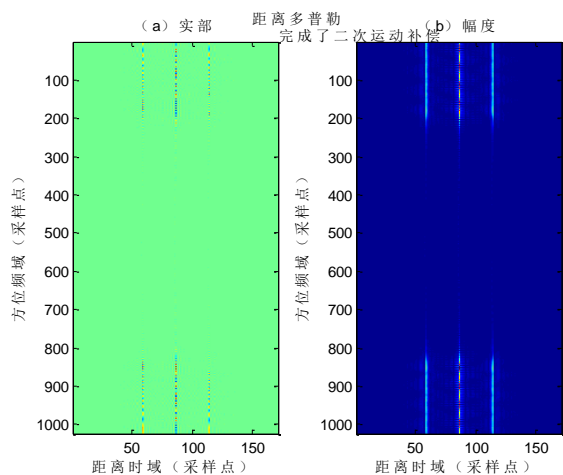
(7) SRC 后, 距离多普勒域



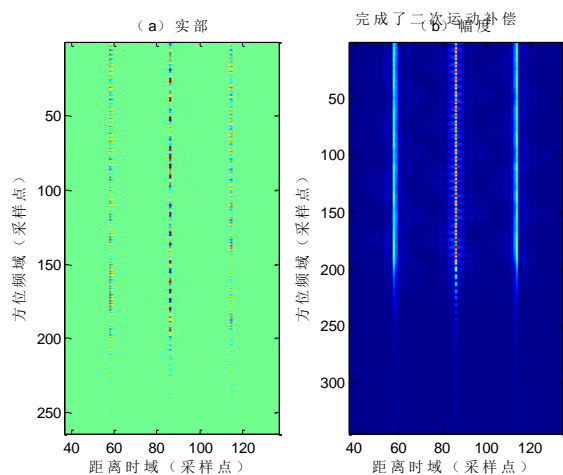
(8) 距离多普勒域, 未RCMC



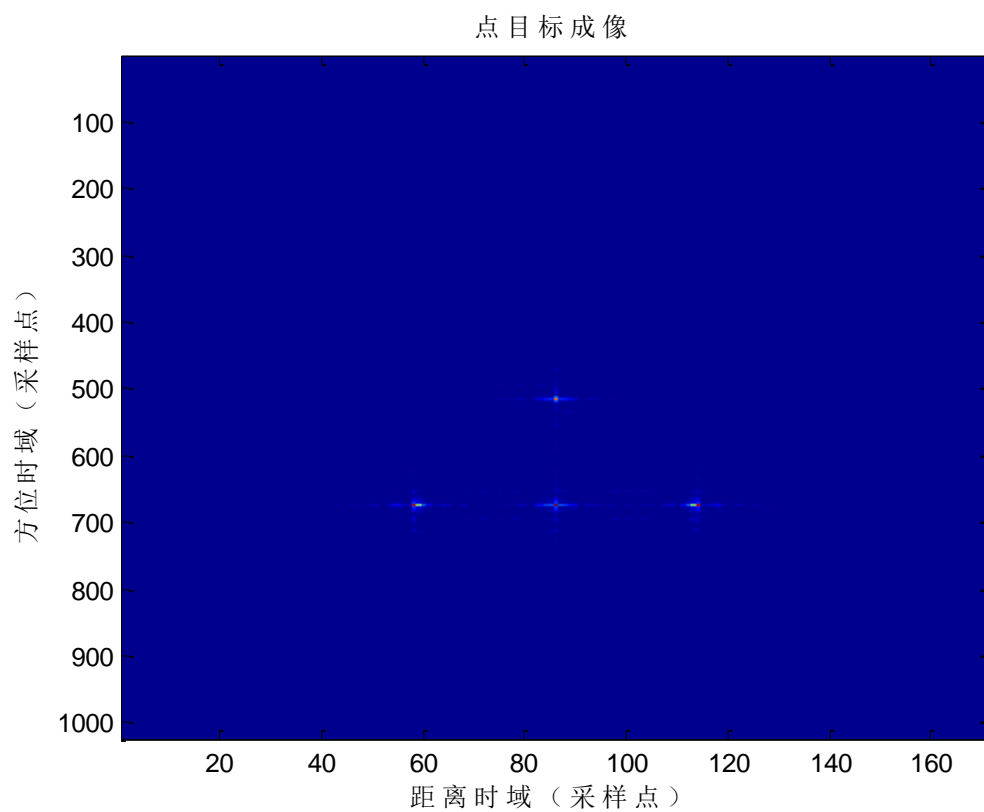
(9) 距离多普勒域, 已RCMC



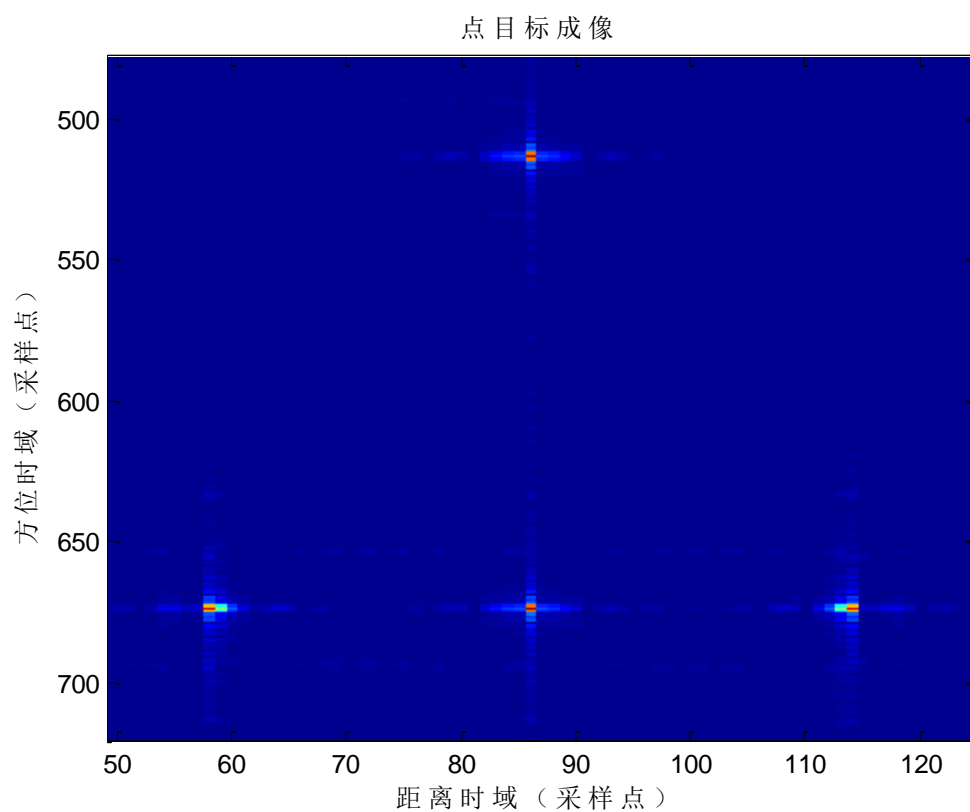
(10) 距离多普勒域, 完成了二次运动补偿



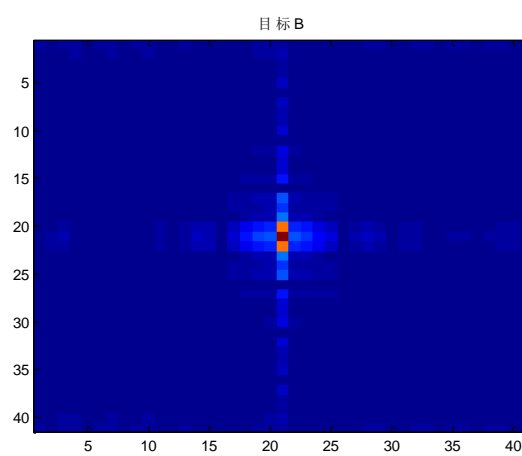
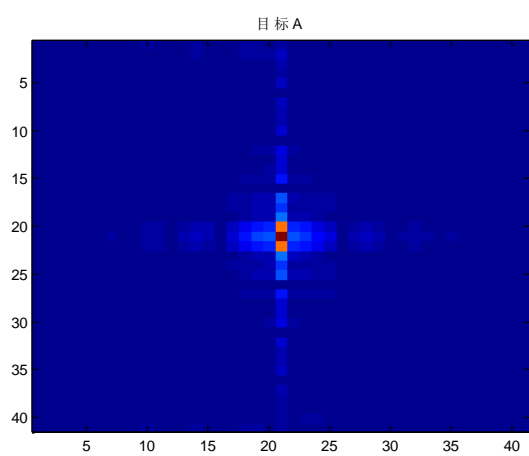
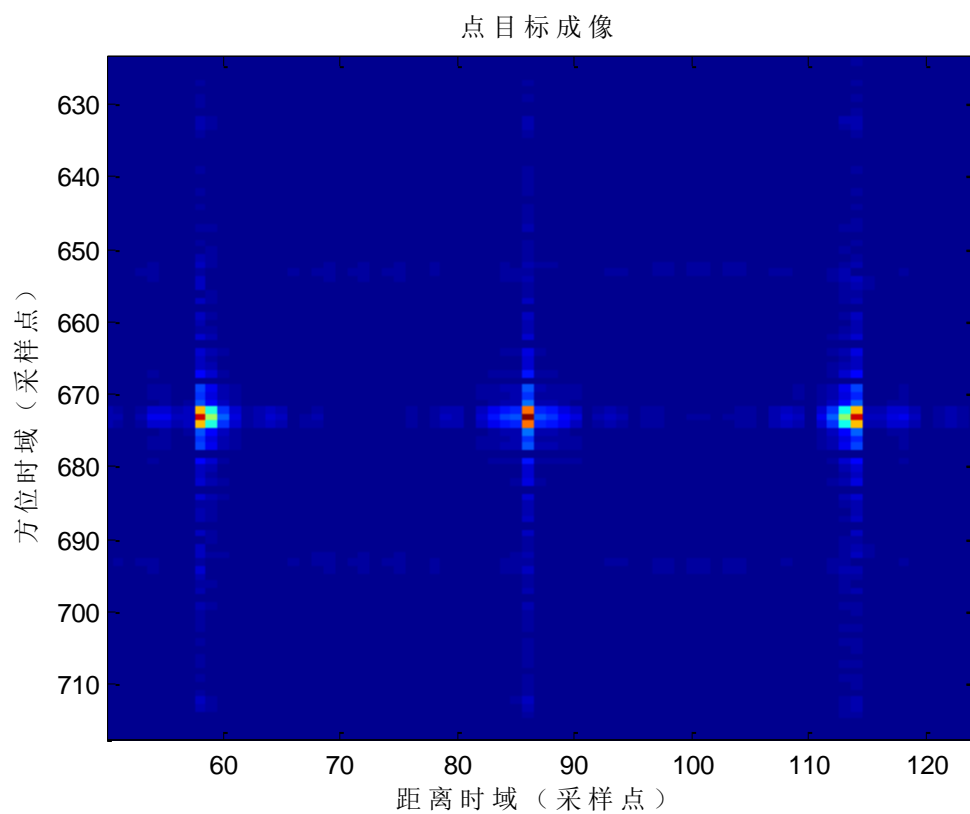
(11) 图(10) 的局部放大

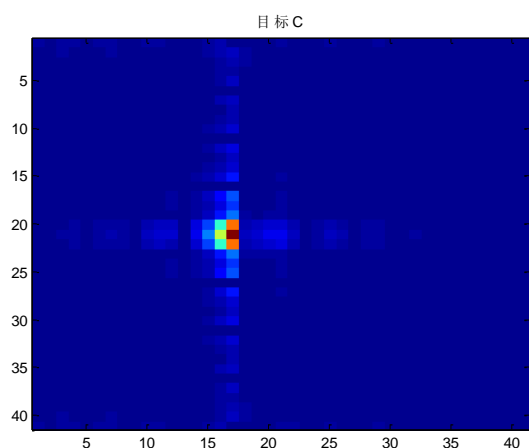


(12) 成像结果

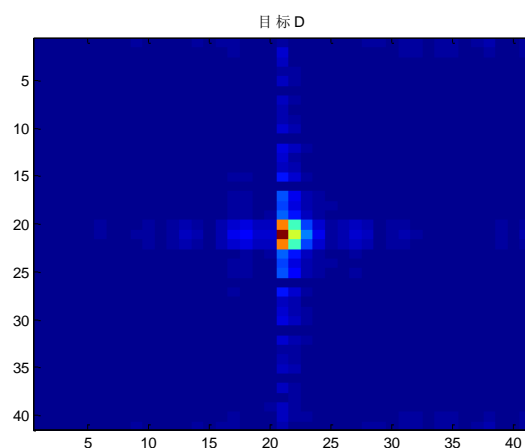


(13) 局部放大 1





(16) 目标 C (未升采样)

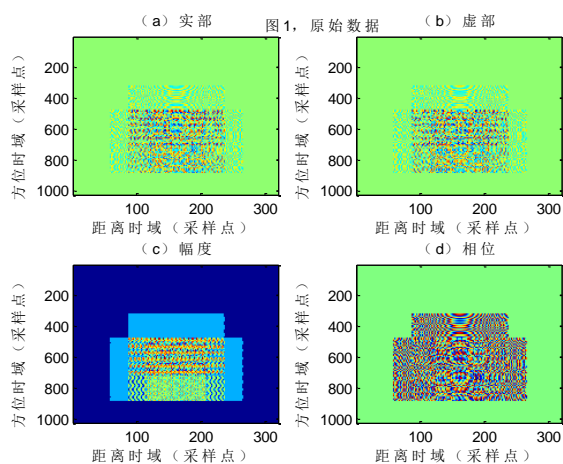


(17) 目标 D (未升采样)

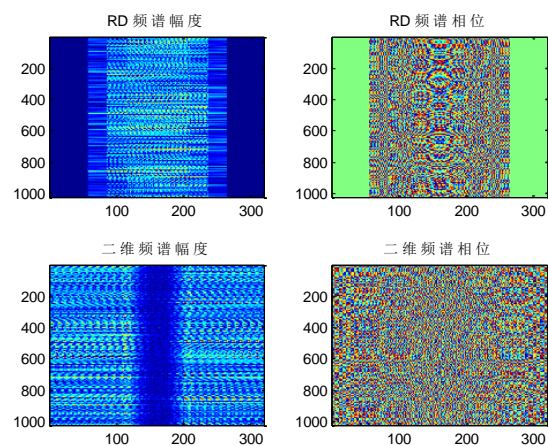
由上可知：4 个目标的运动误差影响都基本得到了补偿，成像结果基本是理想的（当然，我没有做进一步的指标分析，这只是个大概的结论）。

并且，后面会说明，从这里来看（没有进一步地指标分析），RDA 的仿真结果和 CSA 是差不多的。

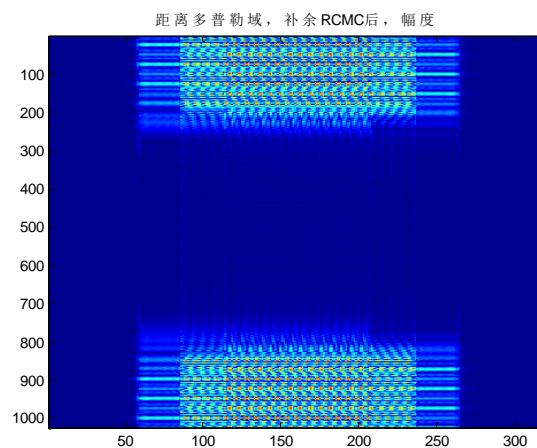
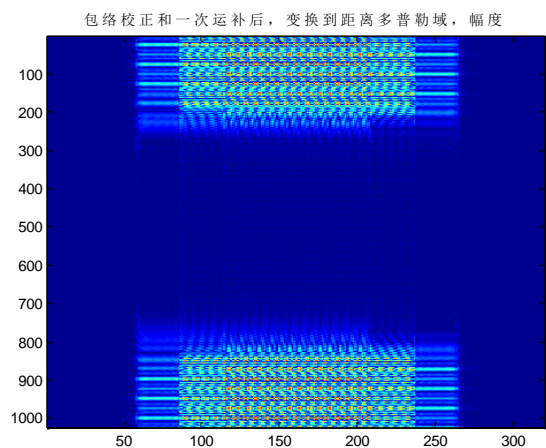
3. CSA



(1) 原始数据

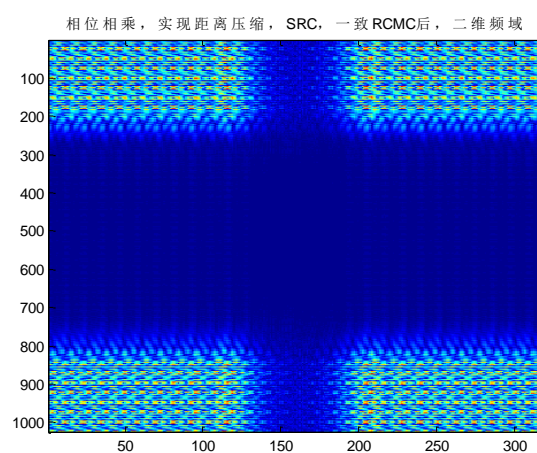
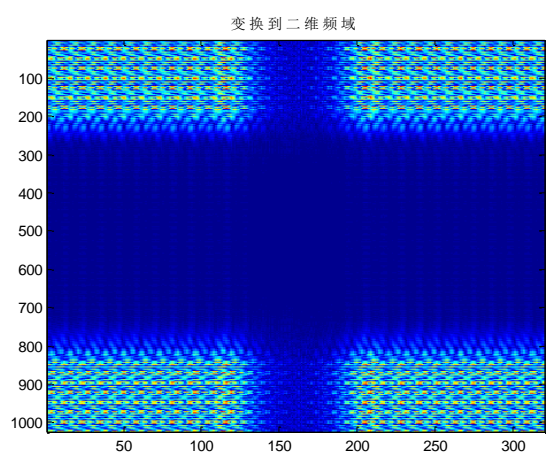


(2) RD 域频谱和二维频谱

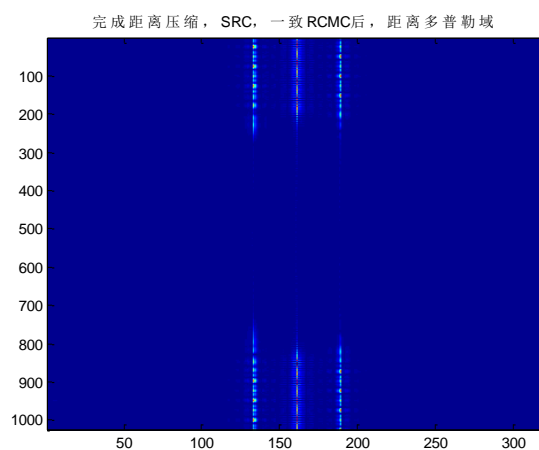


(3) 包络校正和一次运补后，变换到距离多普勒域，幅度

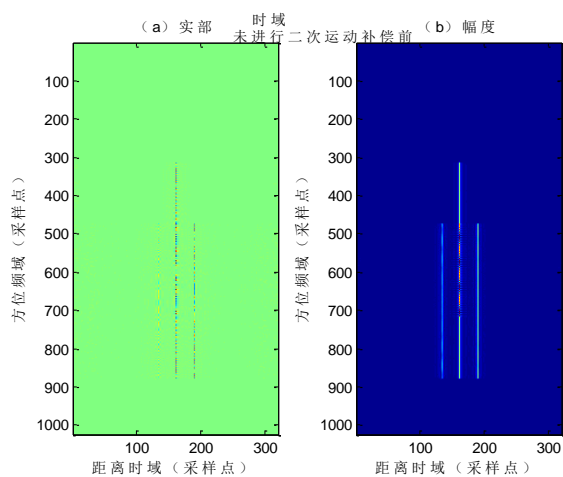
(4) 距离多普勒域，补余 RCMC 后



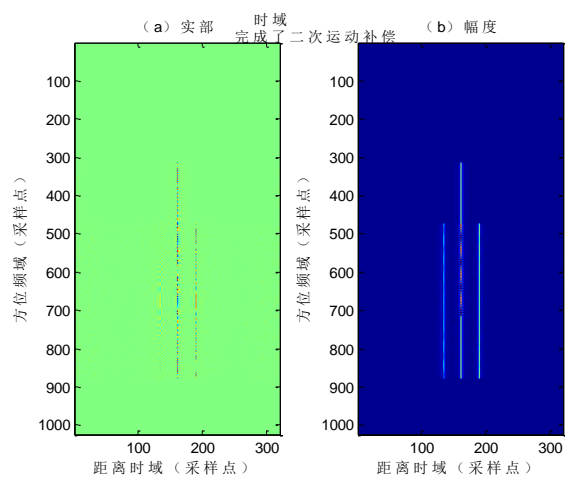
(5) 变换到二维频域

(6) 相位相乘，
实现距离压缩、SRC 和一致 RCMC 后，二维频域

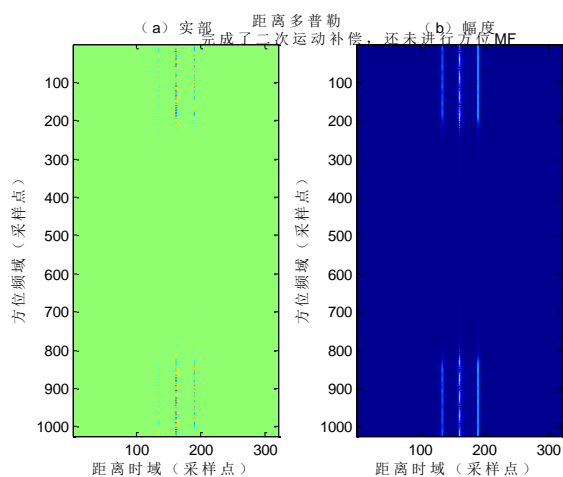
(7) 完成距离压缩，SRC，一致 RCMC 后，距离多普勒域



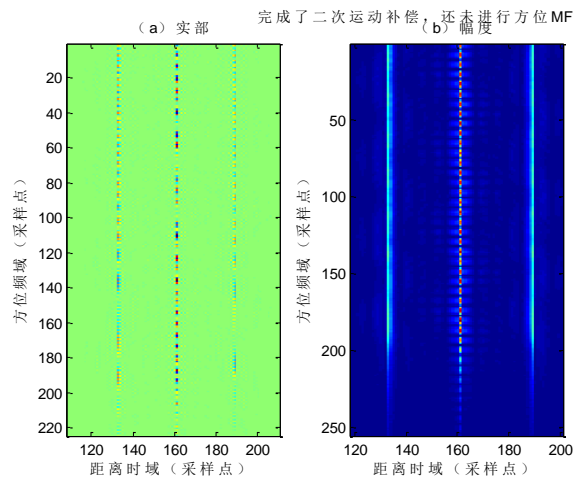
(8) 二维时域, 未进行二次运补前



(9) 二维时域, 完成了二次运补

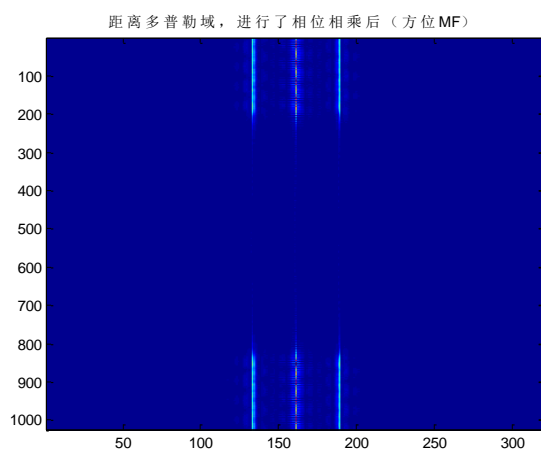


(a)



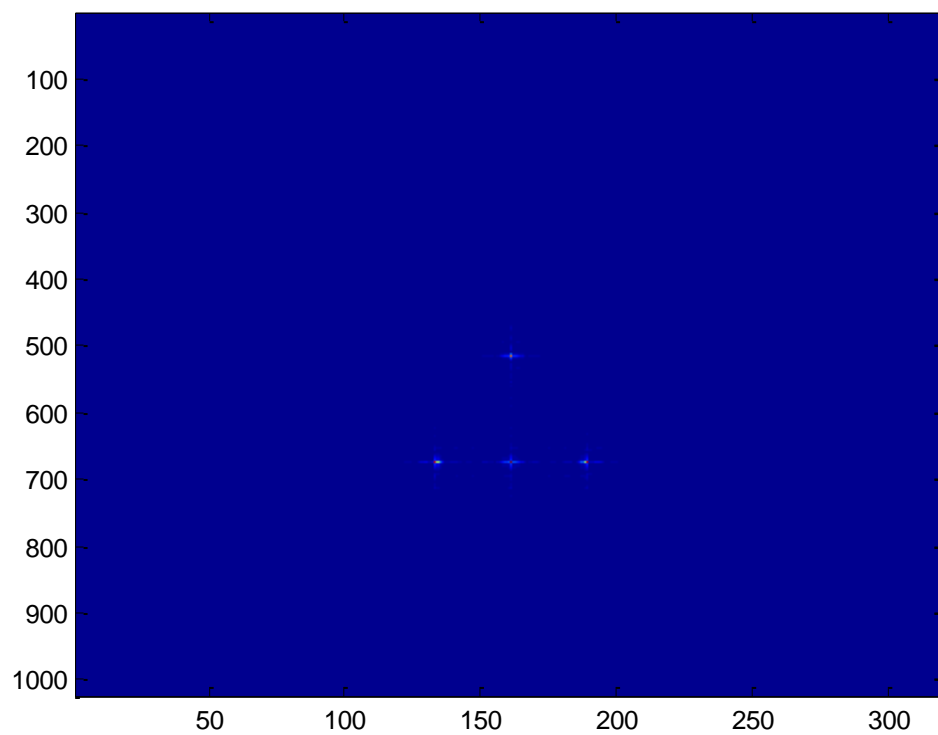
(b) 局部放大

(10) 完成了二次运补, 还未进行方位 MF



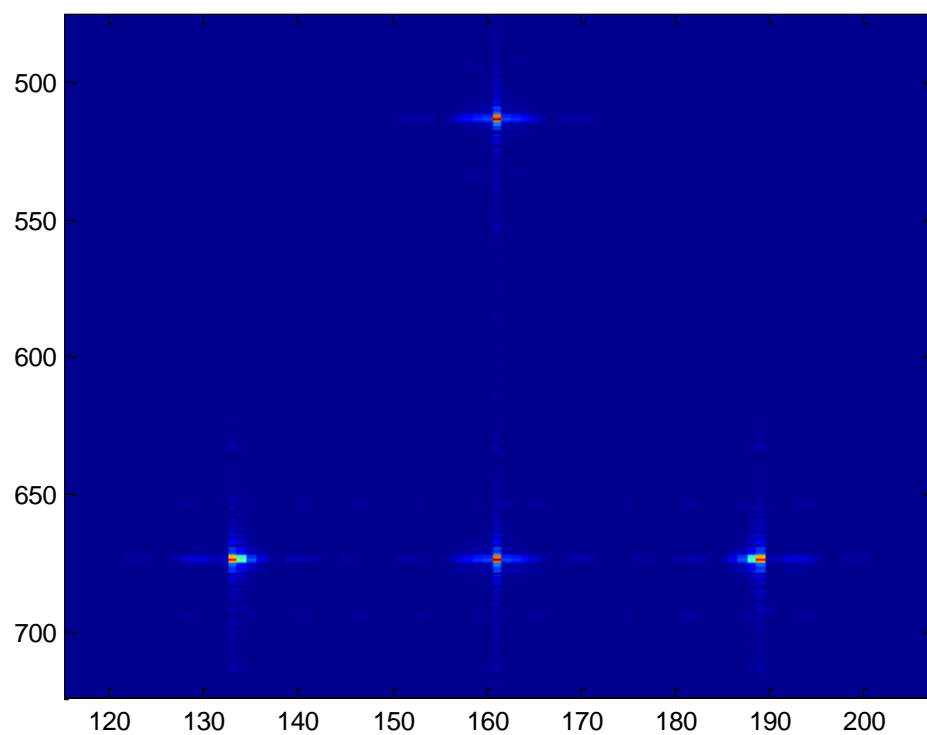
(11) 距离多普勒域, 进行了方位 MF 后

成像结果



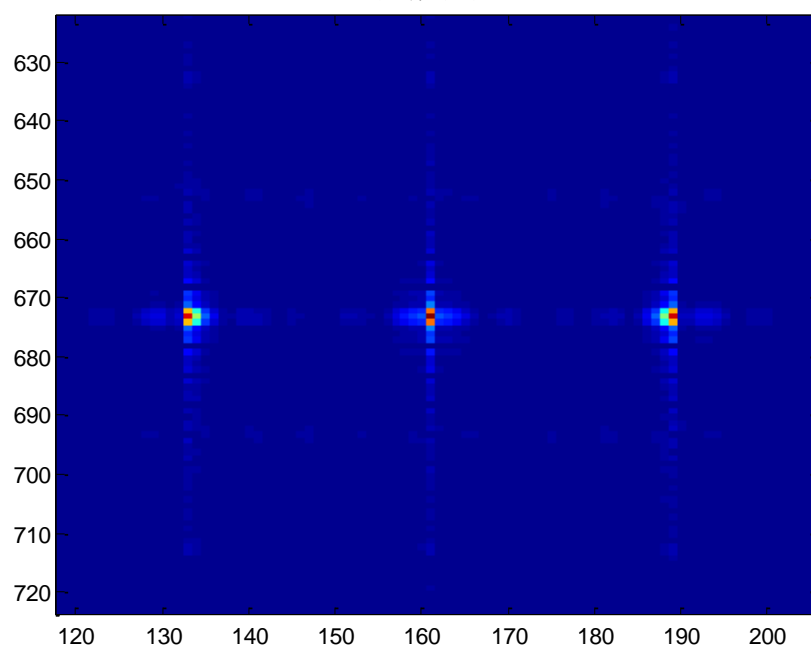
(12) 成像结果

成像结果

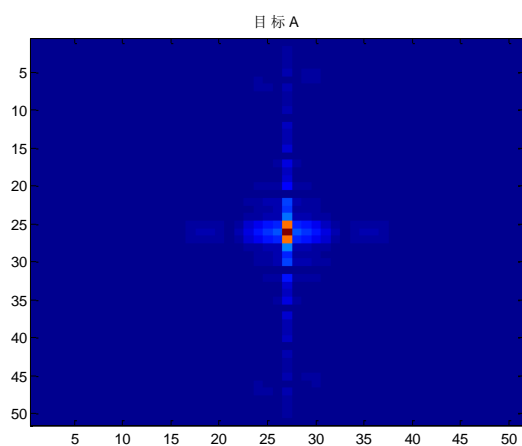


(13) 局部放大 1

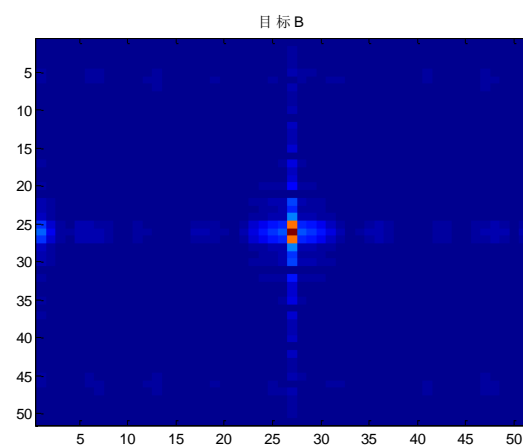
成像结果



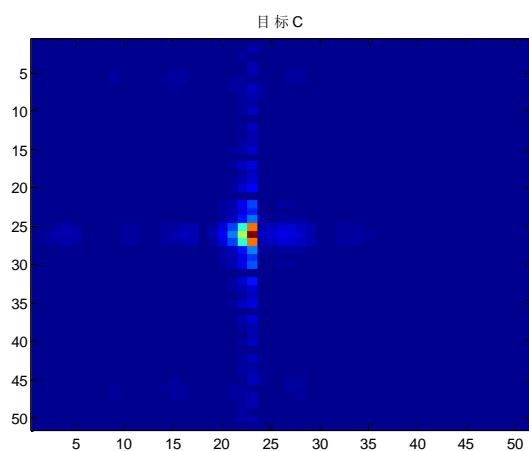
(14) 局部放大 2 (目标 B/C/D)



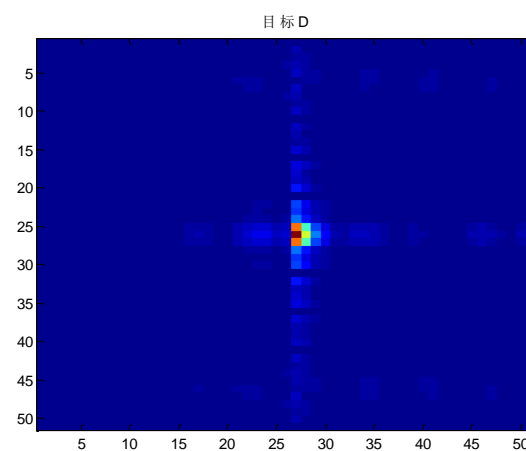
(14) 目标 A (未升采样)



(15) 目标 B (未升采样)



(16) 目标 C (未升采样)



(17) 目标 D (未升采样)

显然, CS 的结果和 RD 是差不多的。

当然, 相比于只考虑某一个轴的误差, 这里的仿真结果还是要略微差一些。注意下图中的两个红色方框中的部分, 这在只考虑某一个轴的误差时是不存在的, 因此在这里的仿真条件下, 还是有一些剩余能量没有被很好地抑制 (或者说运动误差的影响没有被完全消除)。

(注意, 在 RDA 仿真结果中也同样存在这样的现象, 见 RDA 仿真结果的图 (14))

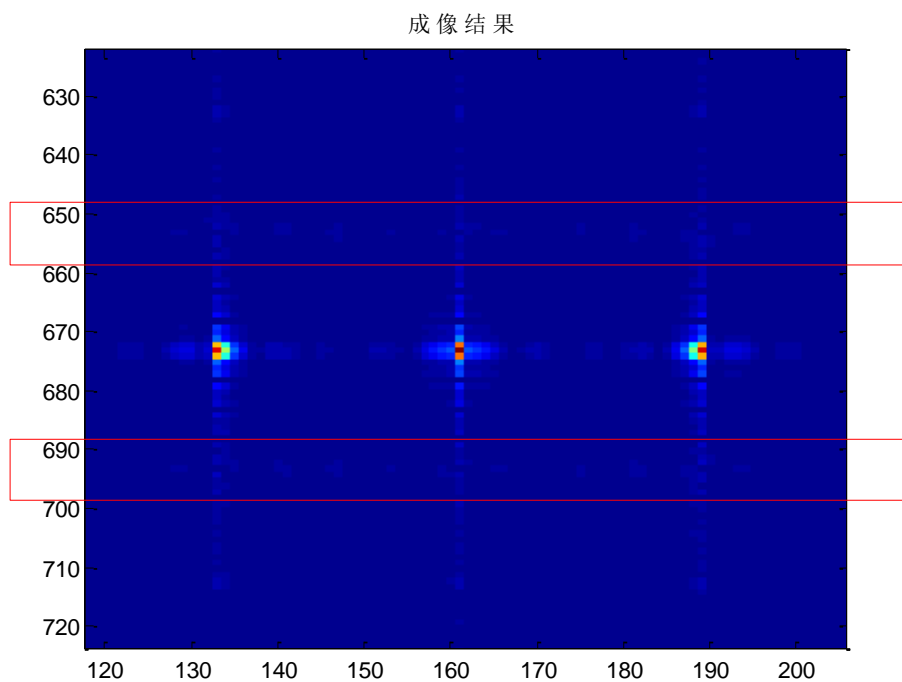
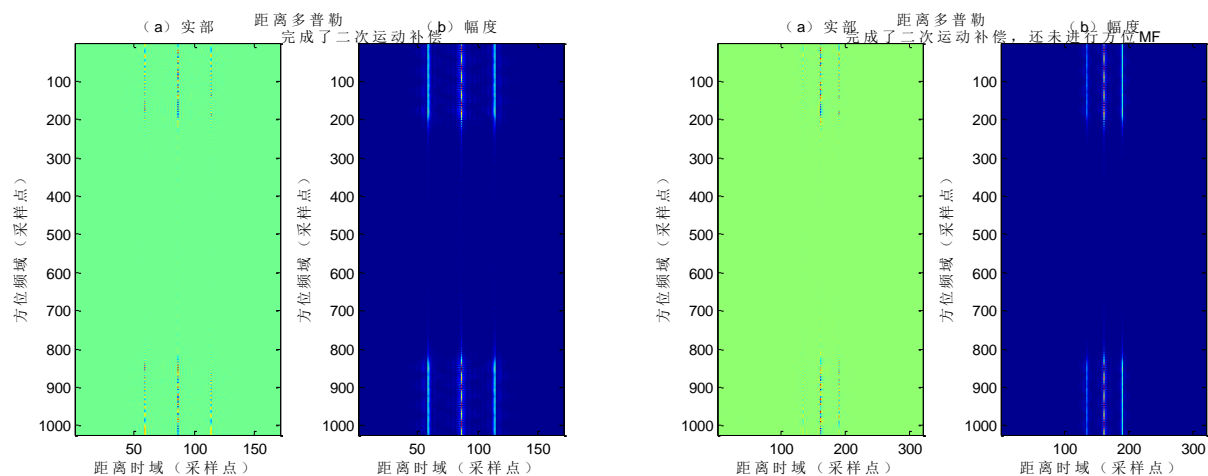


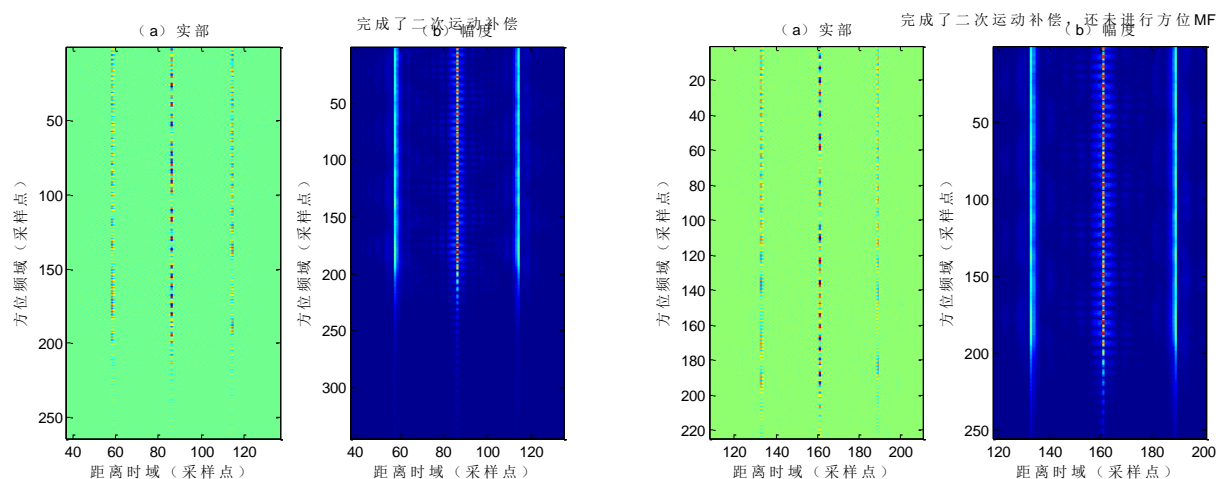
图 (14) 局部放大 2 (目标 B/C/D)

4. 方式 2 实现 SRC 的 RDA 和 CSA 的对比

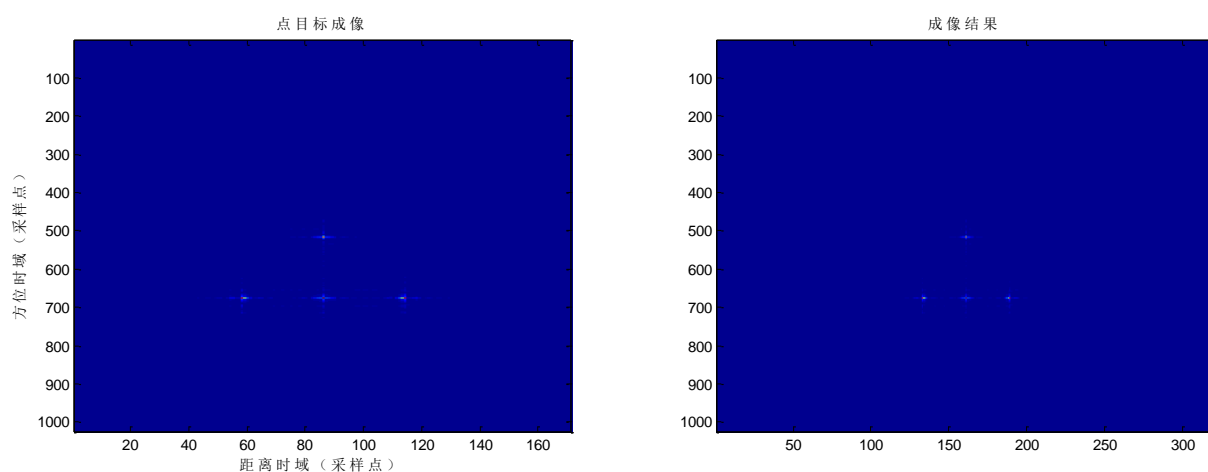
为了方便对比 RDA 和 CSA 的仿真结果，我将上面的结果（整理）对比如下：



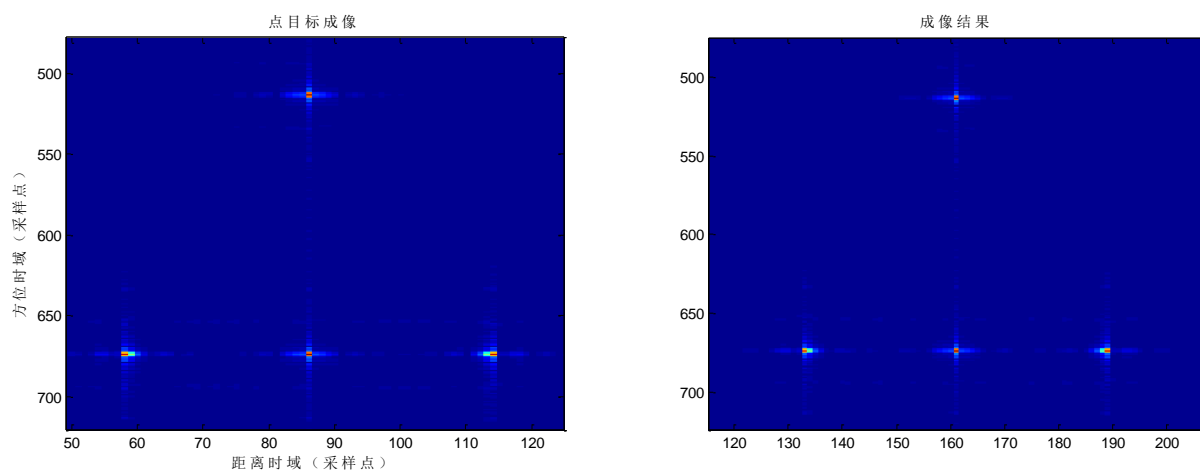
(a) 距离多普勒域，完成了二次运动补偿，但还没有进行方位 MF



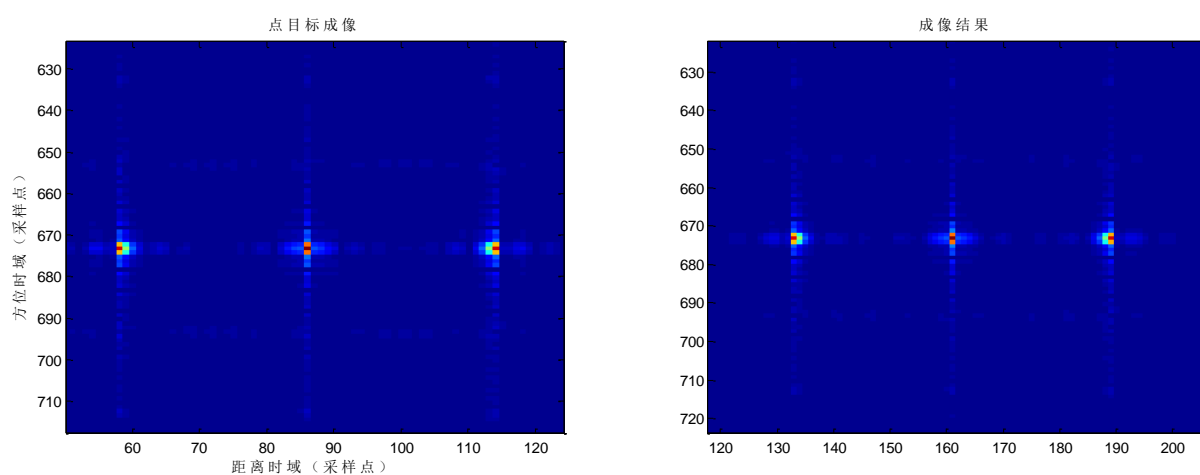
(b) 图 (a) 的局部放大



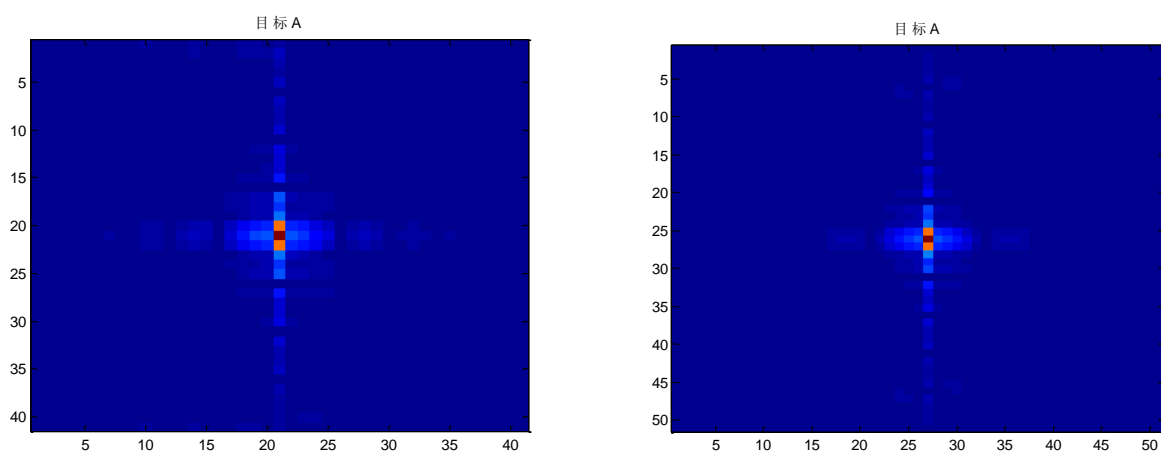
(c) 成像结果



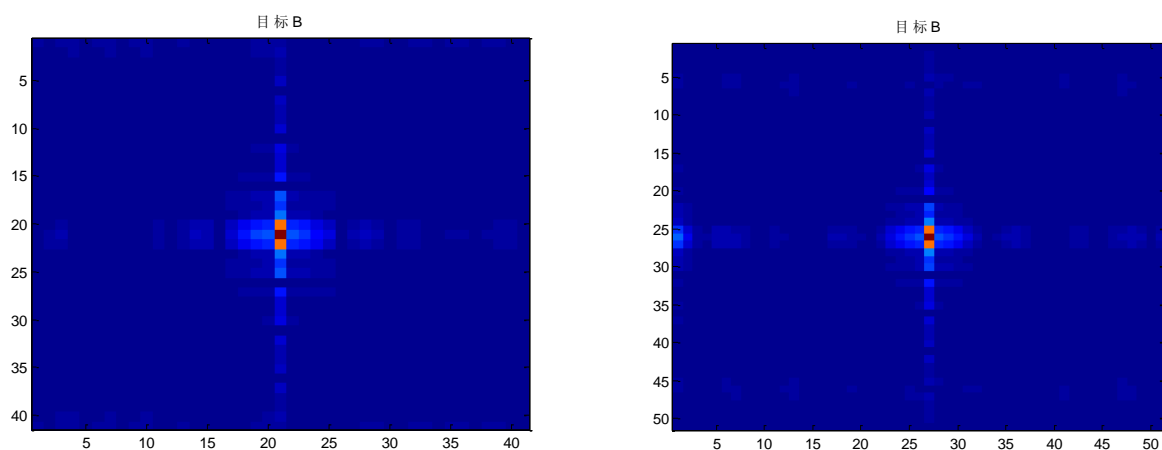
(13) 局部放大 1



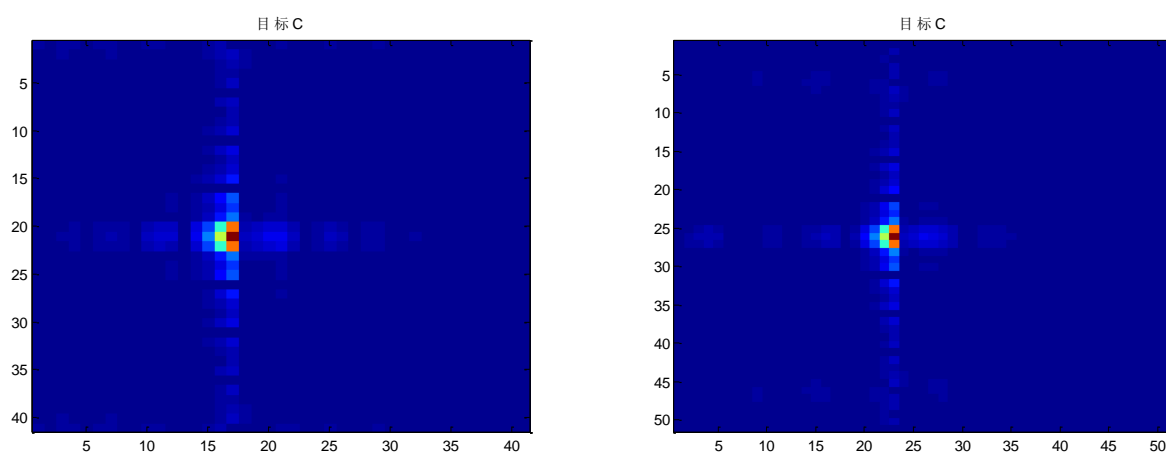
(14) 局部放大 2 (目标 B/C/D)



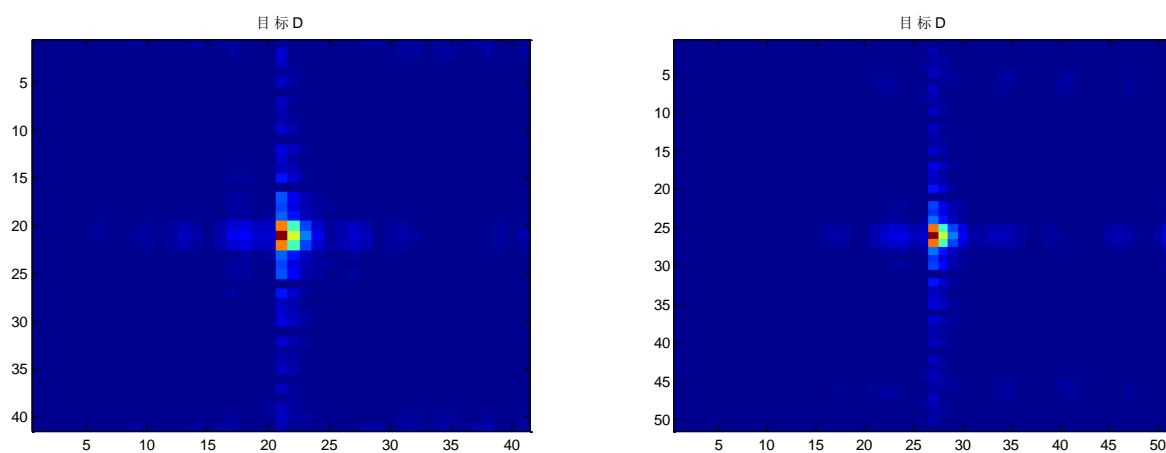
(14) 目标 A (未升采样)



(15) 目标 B (未升采样)



(16) 目标 C (未升采样)



(17) 目标 D (未升采样)

图 RDA 和 CSA 对比

(注: 上述所有图, 左侧一列是 RDA 的仿真结果, 右侧一列是 CSA 的仿真结果)

因此, 通过这样的比较。我初步得到的结论是: 在同时考虑两个方向的运动误差时, 同样的运动补偿方案, CSA 的结果和 RDA 是基本一致的 (这也符合我的基本设想。因为同样的成像算法, 加上了同样的运动补偿方案, 原始数据构建的运动误差也是完全一致的, 仿真结果理因一致。这里的结果很好地验证了这一点)。

至此, 这部分的讨论结束。

WD

2014.11.21. 17:53 p.m.