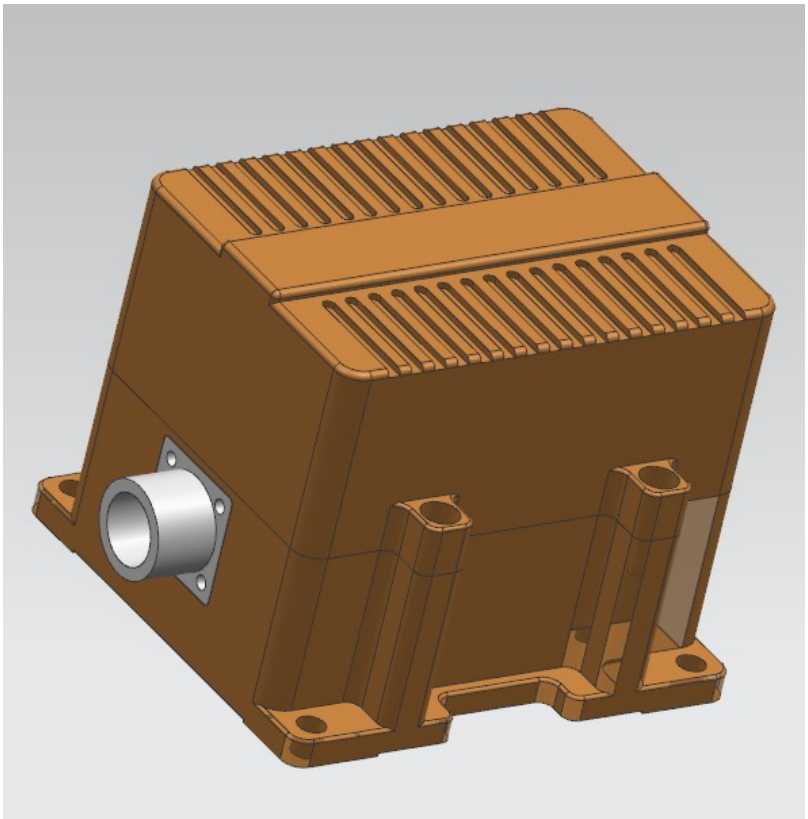

iTS-3 技术报告

版本	日期	修改人	内容
A	2023.03	刘兴华	初始化

© 2016-2023 腾盛科技保留所有权利。文档所述信息可能会有滞后。 最新信息请移步官网 www.tsenav.com

目录

1、简介.....2
1.1 产品定位和对比对象.....2
1.2 MEMS AHRS 产品特点、对比原则.....2
1.3 优秀算法的特点.....3
1.4 iTS-3 产品介绍.....3
1.5 iTS-3 算法介绍.....3
2 、iTS-3 与 Xsens MTi-300 对比测试.....1
2.1 iTS-3 测试情况说明.....1
2.2 iTS-3、MTi-300 对比测试.....4
2.2.1 桌面对比测试.....4
4 、iTS 系列产品算法纵览.....9
7 、客服.....10

1、简介

本文档介绍了 iTS-3 AHRS 产品的技术特点，主要介绍算法上的特点，以及与 Xsens 公司的 MTi-300 产品的对比情况。

1.1 产品定位和对比对象

Xsens 公司是国外 MEMS AHRS 产品做的最好的公司了，我们选择 Xsens 公司最高端的 AHRS 产品 MTi-300 作为对比的产品，这样可以较为直观的看出我司产品的综合性能以及在同行中的位置。

1.2 MEMS AHRS 产品特点、对比原则

与光纤陀螺 AHRS(参见我司 TSiGC 光纤陀螺罗经资料)不同，MEMS AHRS 由于使用 IMU+磁力计，优秀的 AHRS 算法的核心标准就是在存在加速度机动干扰、磁干扰的环境下实时跟踪载体的各种运动。加速度干扰主要影响水平姿态(俯仰角、横滚角)，磁干扰主要影响航向。存在加速度干扰时，比如车辆振动、无人机发动机/电机振动等的快速干扰、车辆/无人机持续盘旋的低频加速度干扰，考察水平姿态的抗干扰、准确性、实时性、稳定性等；存在磁干扰时，比如载体本身的电气设备磁场、外部的硬磁、软磁干扰等时变磁干扰，考察航向的抗干扰、准确性、实时性、稳定性等。

对比原则是在同等情况下比较，尽量做单变量对比，安装在一起跑车对比，做两类对比：

a) iTS-3 结果与 MTi-300 结果对比；

b) 使用 MTi-300 传感器数据+iTS-3 算法结果与 MTi-300 结果对比；

第一类对比考核了 iTS-3 与 MTi-300 的综合性能，包括器件选型、总体设计、算法设计、软硬件设计等综合能力；

第二类对比考核了 iTS-3 与 MTi-300 的纯算法性能，算法均使用 MTi-300 的传感器数据，属于最纯的单变量对比，考核算法本身的性能和适应性。结合第一类对比，也能侧面反映 MTi-300 的综合设计能力。

对于每一类对比，也使用了多场景、多工况的测试方法，这样可以考核产品的综合性能和多方面的适应能力。总的考核目的是通过多种类型的考核，验证产品和算法的综合能力，以满足载体和场景的多样性；

由于 AHRS 原理特点，在水平姿态角、航向角方面都存在很多的技术挑战，主要包括抗干扰、动态跟踪特性、静态特性、动静转换等，以及以上几项的复合工况，下面列出的一些工况是一些典型的场景，包括了 AHRS 的主要应用载体和场景，包括:

- 运动加速度情况下水平姿态估计；
- 磁干扰情况下航向估计(抗干扰、动态跟踪、静态稳定性)；
- 持续大幅度运动情况下的姿态实时跟踪；
- 长时间静态稳定性；
- 运动-->静止动静转换情况下的实时性和稳定性；
- 持续盘旋情况下的水平姿态跟踪；

1.3 优秀算法的特点

多方面的考核可以反映算法的优劣。好的算法应该是简单的、通用的；古人讲“大道必简”，原理都是简洁明了、深刻而有效的，“简单”的算法说明是从最基本的原理出发得到的；进一步来说，因为“简单”，直达深刻的原理，所以才会通用，可以适应各种场景，包括已知的，甚至未知的场景。

不好的算法由于不是从一个有效的基本原理出发，而是基于一个性能和适应性不那么好的算法作为基础，采取打补丁的方式，遇到一个新场景就针对这个场景做策略性的处理；每个场景的处理方式不一样，导致在多场景时算法变得越来越臃肿；要检测不同的场景然后做切换，检测状态会存在疏漏，算法切换也会导致结果出现不适

应的情况。由于算法原理不够深刻，最终导致算法既不简单也不通用，需要做很多假设，在遇到未知场景或是多场景叠加的时候，这类算法的结果就会很难看。

1.4 iTS-3 产品介绍

iTS-3 AHRS 产品定位为取代 Xsens 公司的高端 AHRS 产品 MTi-3 系列的 MTi-300 和 MTi-6 系列，在水平姿态精度、航向精度、适应性等都比 Xsens 公司产品更优秀。

1.5 iTS-3 算法介绍

基于对 AHRS 算法的深刻认知，iTS-3 AHRS 算法深度融合陀螺仪、加速度计、磁力计数据，得到载体的姿态信息。iTS-3 算法是“简单”的、通用的；基于一个基本的算法原理，采用一套算法参数就可以适用各种场景，不使用任何策略，通用性强。

普通 AHRS 算法在加速度干扰、时变磁干扰场景下的姿态精度会大幅度下降,而 iTS-3 算法 对于持续盘旋、加减速等场景也能保持水平姿态精度，对于各种磁干扰能力超强。

应用提示: 为了获取更多、更精确的载体运动信息，可以选用 TSINS-1、TSINS-2 组合导航系统、TSiGC 光纤罗经。

2 、iTS-3 与 Xsens MTi-300 对比测试

2.1 iTS-3 测试情况说明

iTS-3 和 MTi-300 固定在同一块铝板上，然后在桌面上、载车上进行测试。载车包括大货车、SUV 两种车型。桌面测试主要测试持续大幅度晃动、长时间静态稳定性、动静转换实时性和稳定性等；跑车测试是综合测试，包括时变加速度和磁干扰，情况比较复杂。

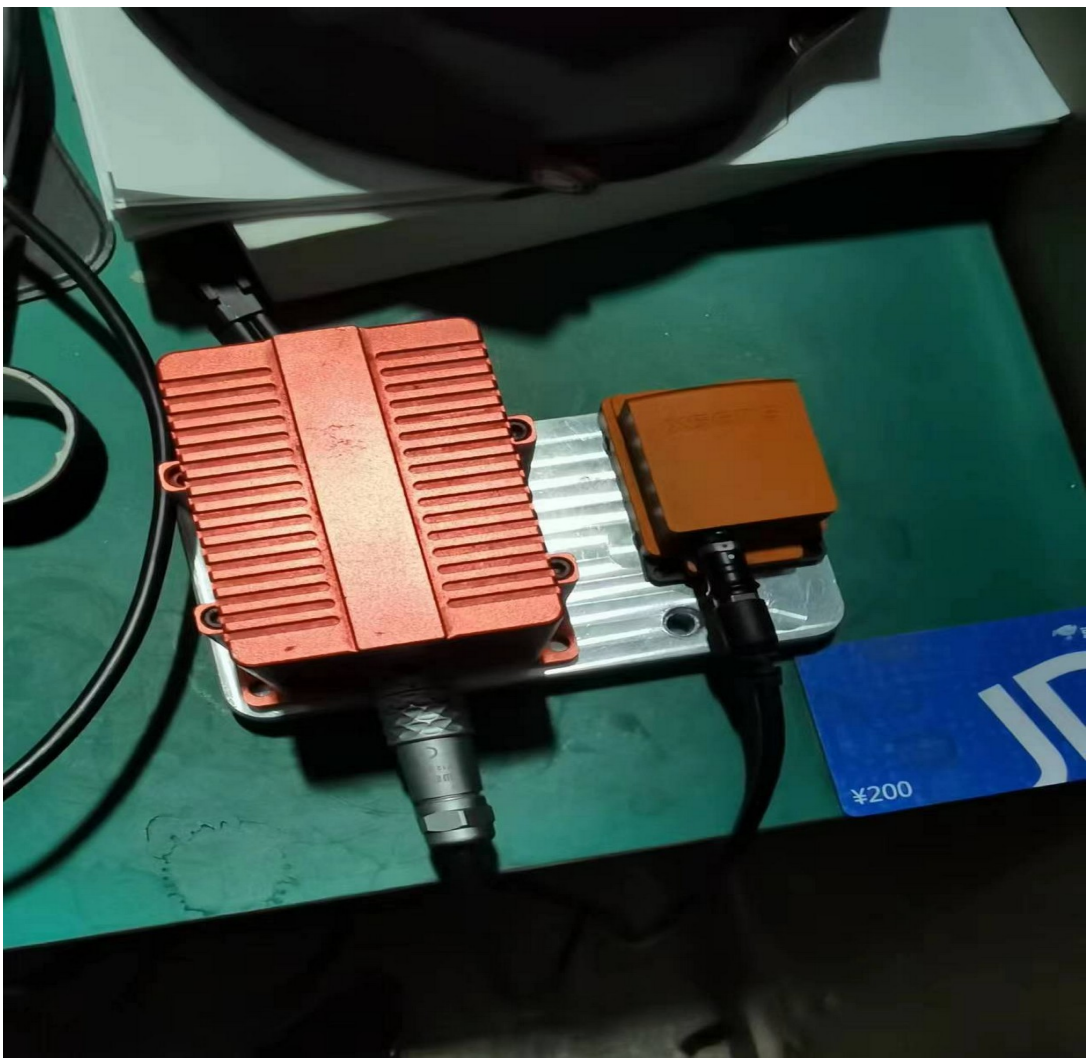

图 2-1-1、桌面测试

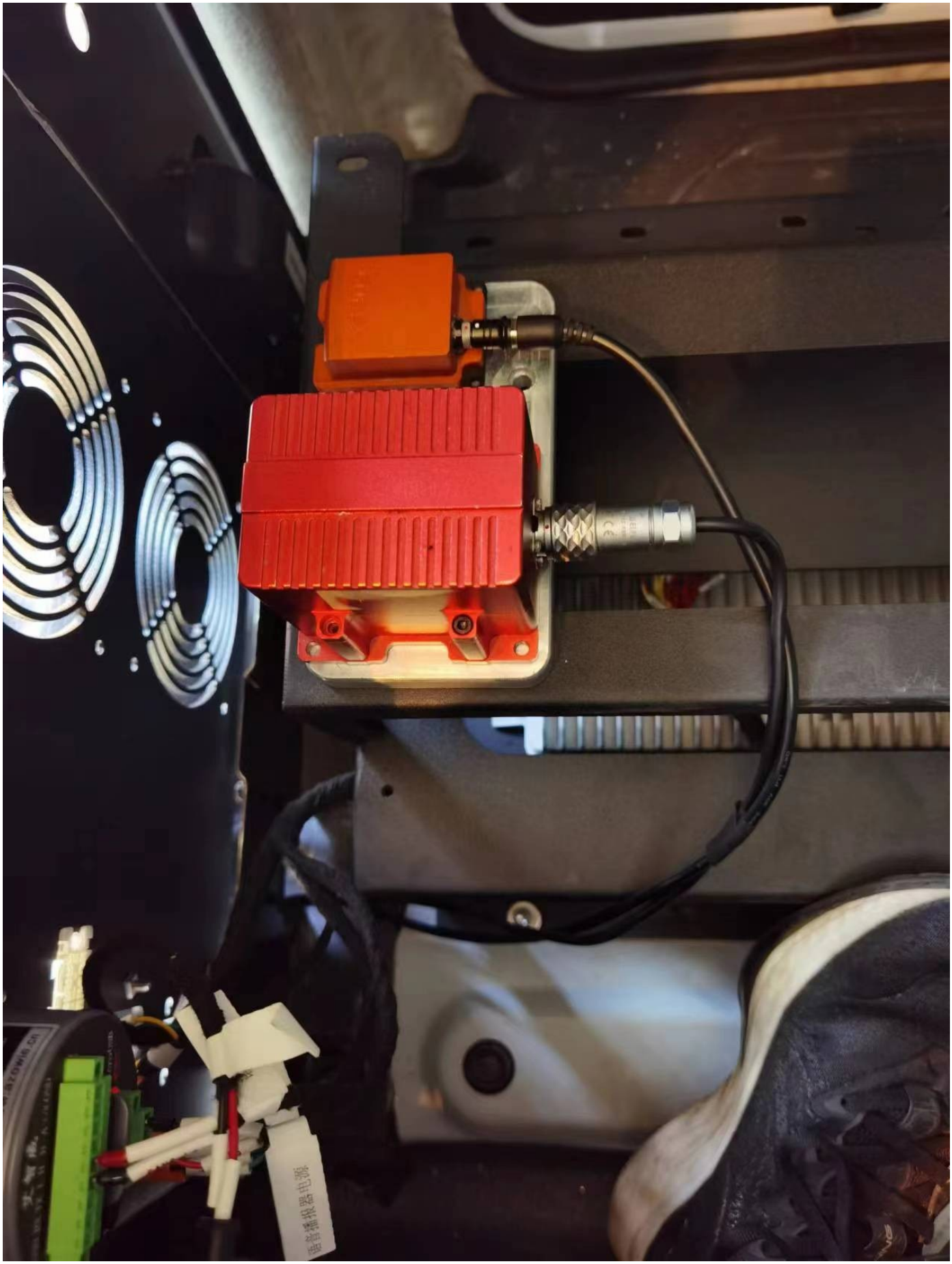

图 2-1-2、大货车测试

图 2-1-3、SUV 测试

桌面测试是在楼房室内测试，存在硬磁干扰；大货车是自动驾驶大货车，安装位置靠近自动驾驶电气设备，存在时变磁干扰；SUV 测试安装在中控台上面，也存在电气干扰；

测试用的上位机软件可以配置 iTS-3，包括波特率、工况选择、模式选择、当地 WMM 磁场参数、校准陀螺和磁力计等。iTS-3 工况选择包括高动态、通用、低磁干扰，对比测试采用高动态模式。模式包括航姿参考系统和垂直陀螺仪。显示方面除了数据显示之外，还有一个 3D 盒子，可以显示载体运动情况；另外还有一个飞机显示仪表和一个罗经显示图、仪表盘。

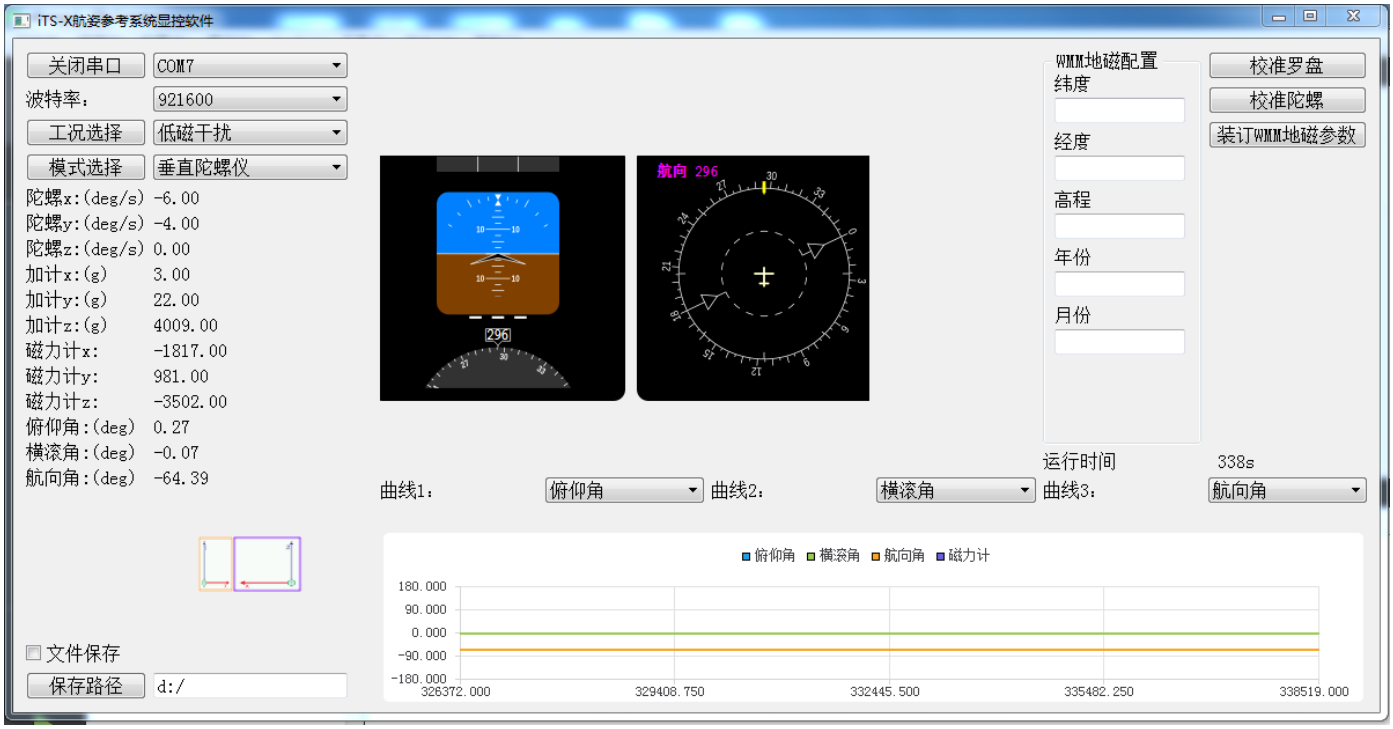

图 2-1-4、上位机软件

2.2 iTS-3、MTi-300 对比测试

2.2.1 桌面对比测试-0209

测试方法：静止一段时间后，用手晃动，持续晃动 5 分钟，然后回到原位静止一段时间，然后重复晃动、静止过程，以此考核 AHRS 算法对三维角运动的跟踪精确度、实时性、动静转稳定性。

测试结果:

航向:

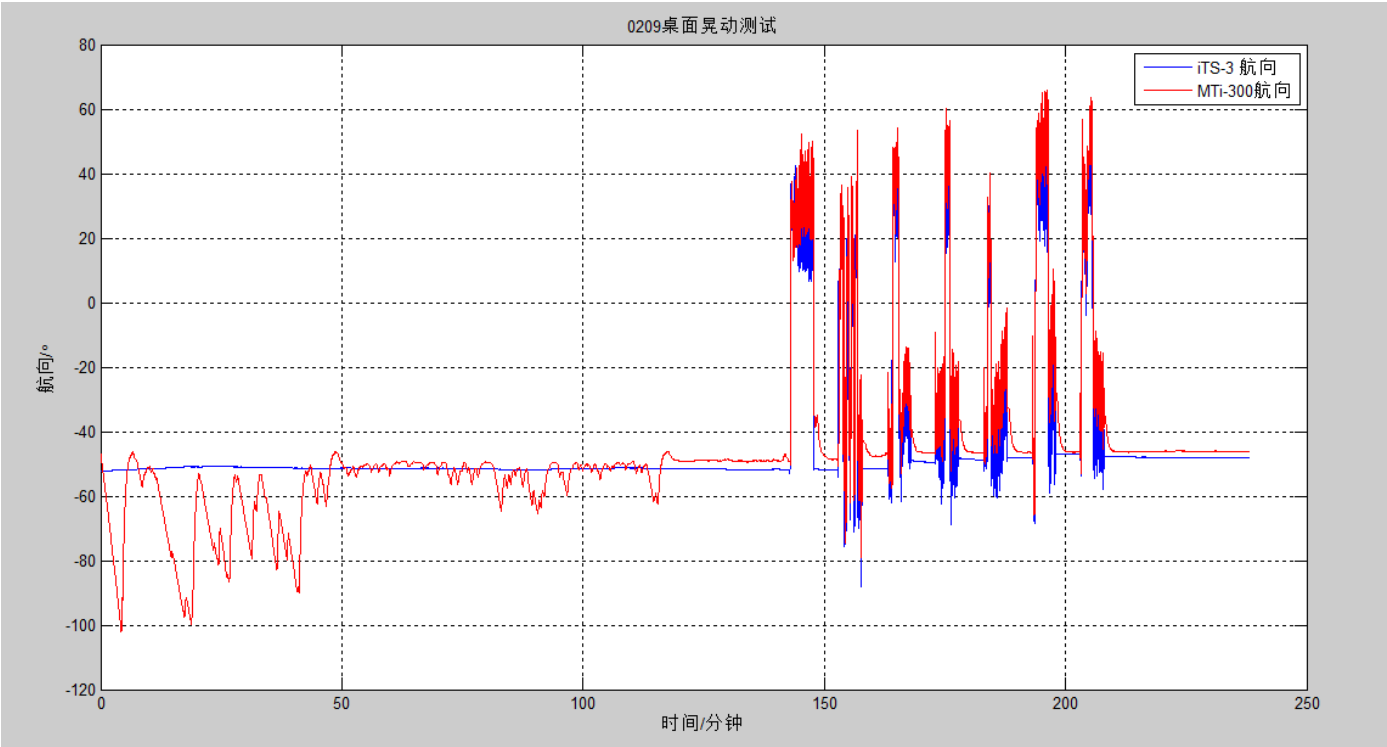

图 2-2-1-1、桌面晃动测试

结果分析:数据前 140 分钟为静止，MTi-300 的航向持续振荡，120 分钟左右才基本稳定下来。

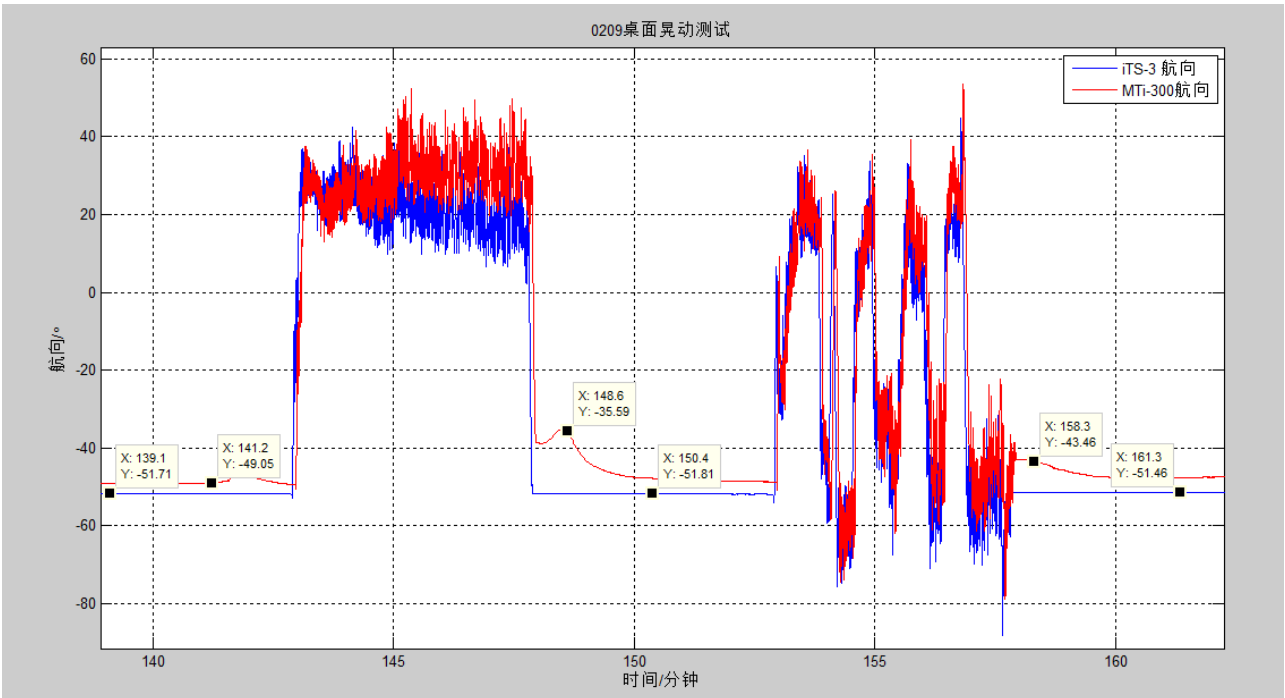

图 2-2-1-2、桌面晃动测试局部

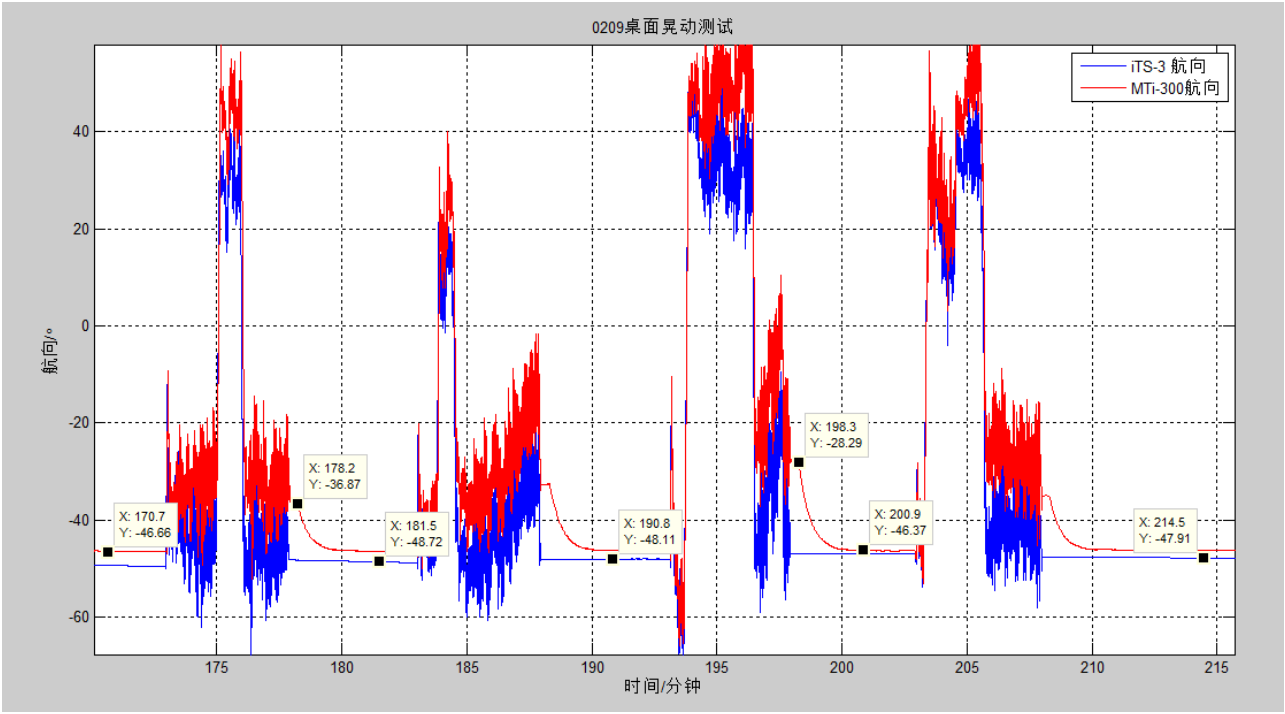

图 2-2-1-3、桌面晃动测试局部

俯仰角:

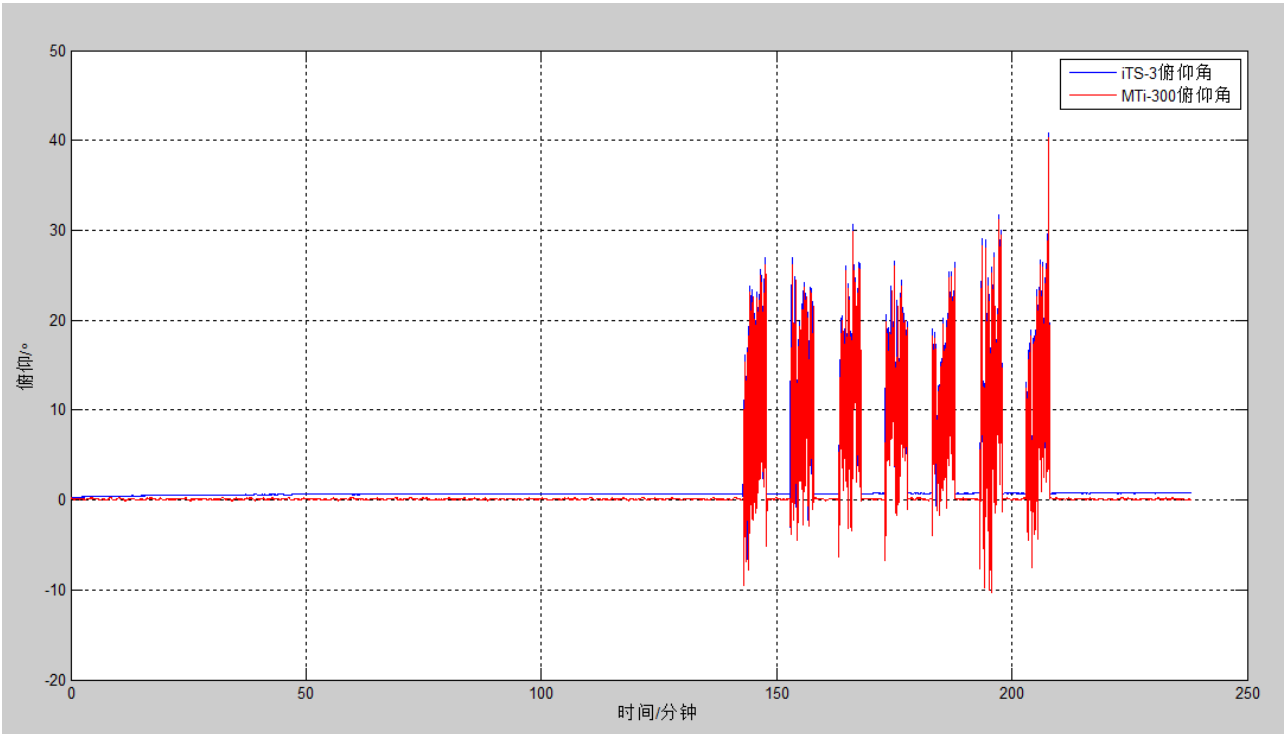

图 2-2-1-4、桌面晃动测试

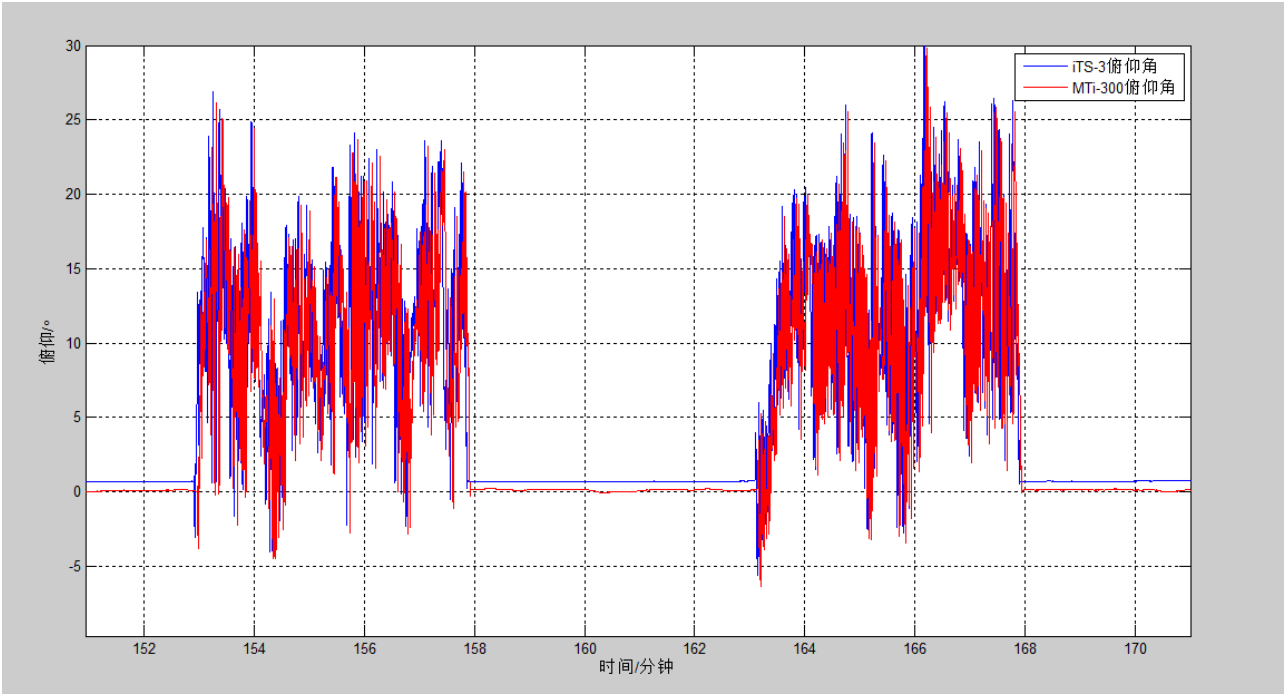

图 2-2-1-5、桌面晃动测试局部

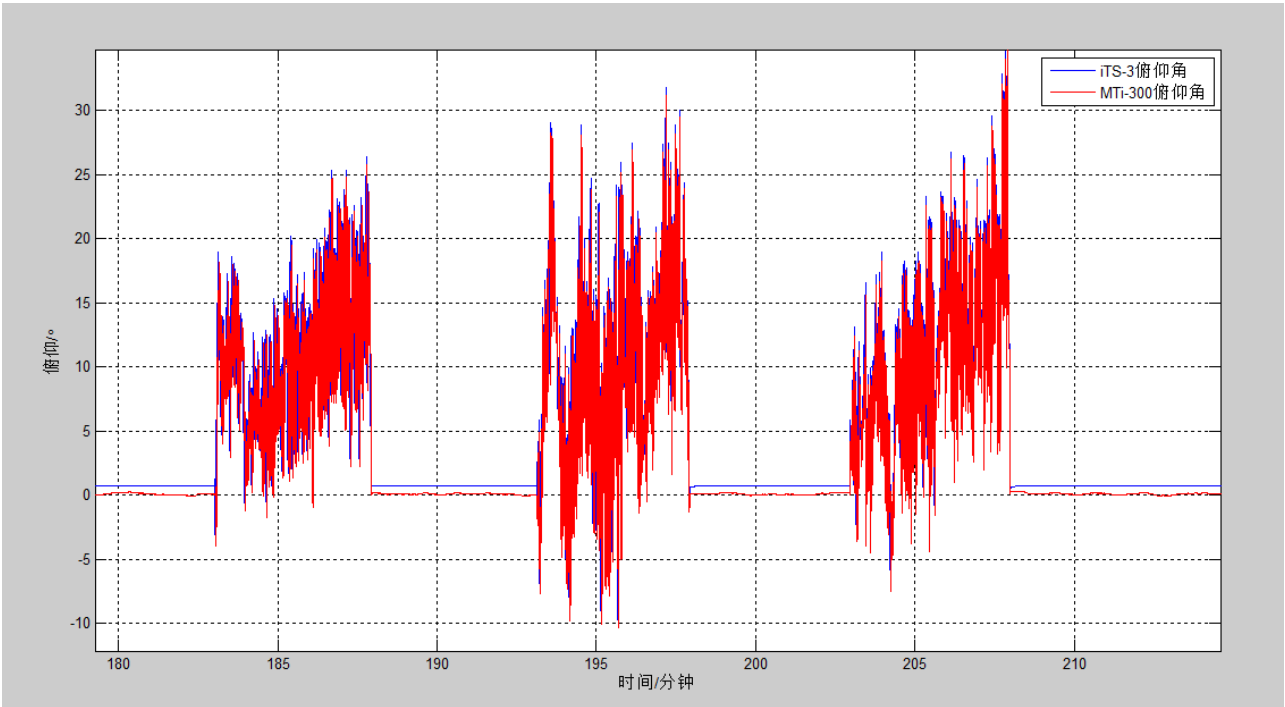

图 2-2-1-6、桌面晃动测试局部

横滚角:

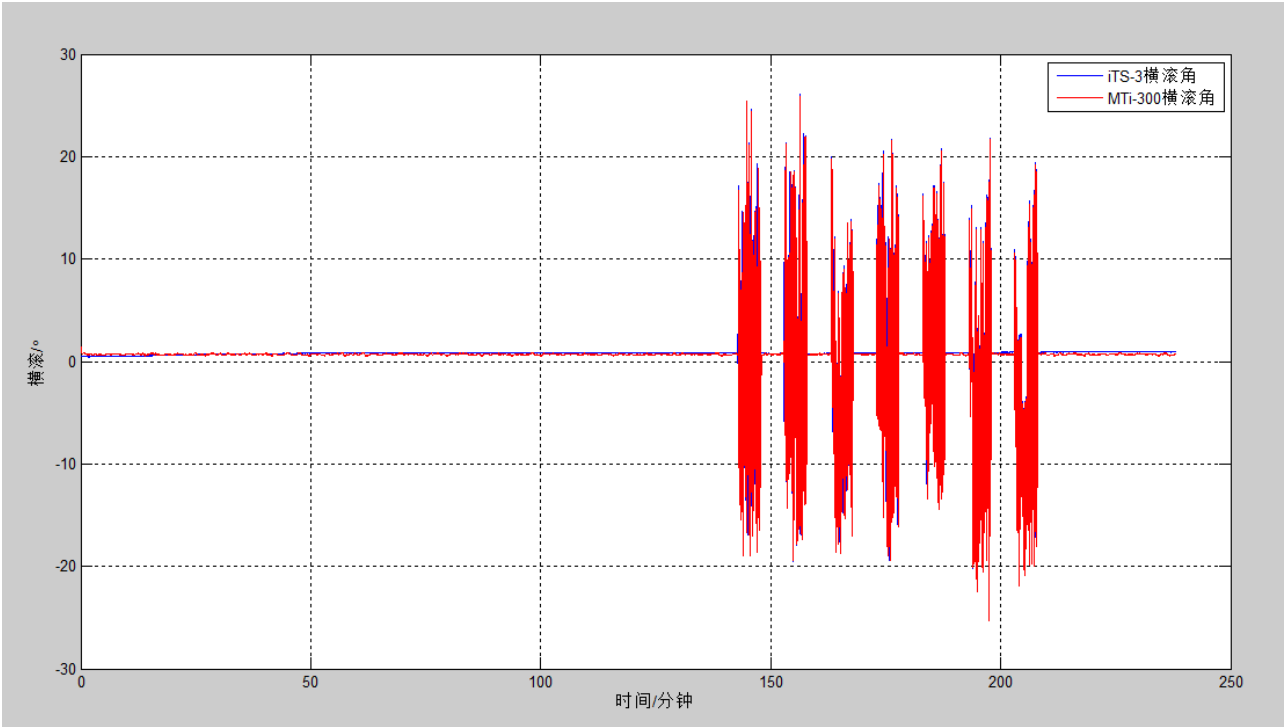

图 2-2-1-7、桌面晃动测试

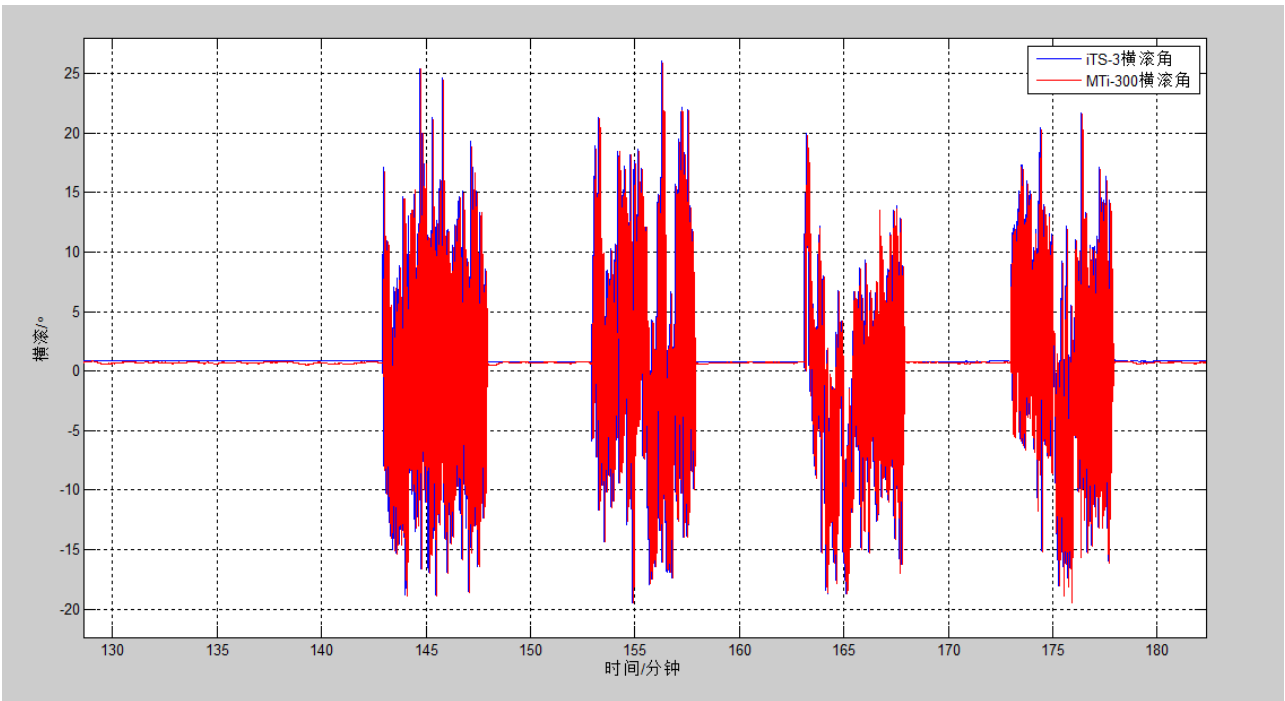

图 2-2-1-8、桌面晃动测试

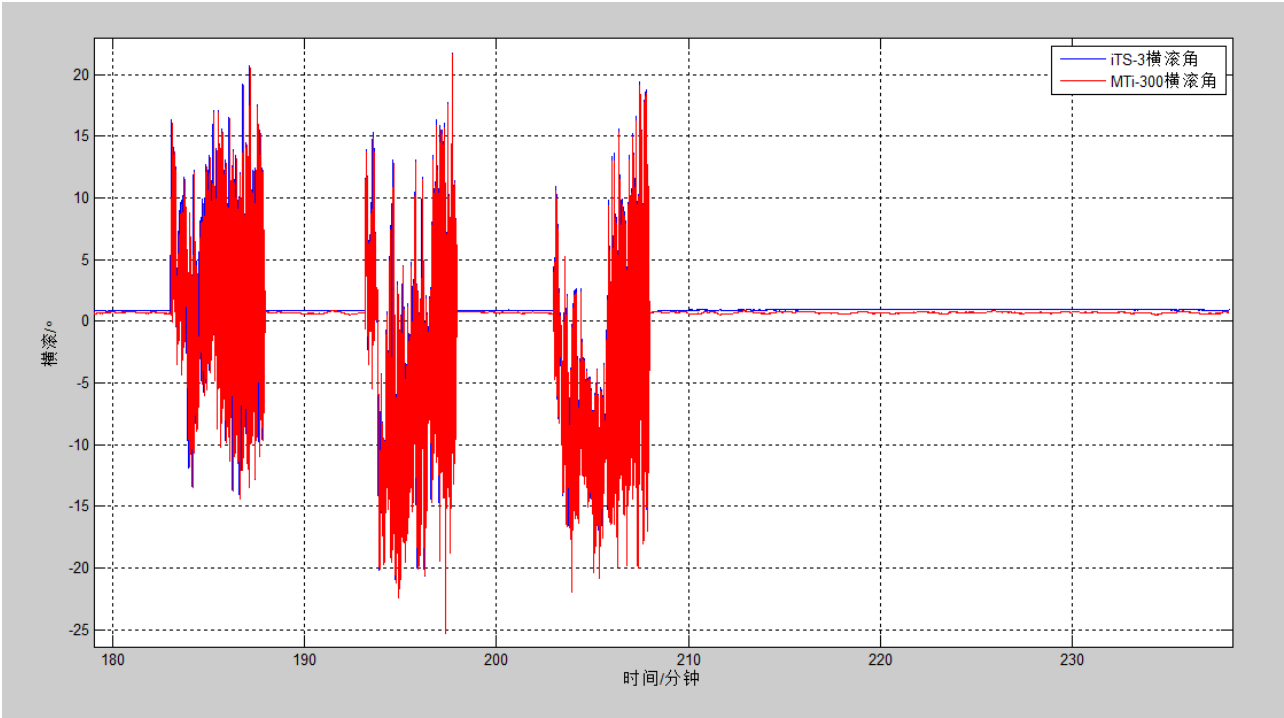

图 2-2-1-9、桌面晃动测试

测试总结：上述测试考核了静态稳定性、动态跟踪的实时性和动静转换后的稳定性。

MTi-300 在每次晃动结束后都存在十多度的稳态误差，稳态误差存在 20 秒之后开始做策略性调整，航向开始突变，慢慢往正确方向飘移，大约 1-2 分钟后可以稳定。

iTS-3 可以快速实时的跟踪大幅度晃动，运动停下来时，算法结果也立马收敛，并稳定住，不存在 MTi-300 的那些问题。

下面使用 iTS 算法处理 MTi-300 的传感器数据，可以看出 iTS-3 算法的能力。

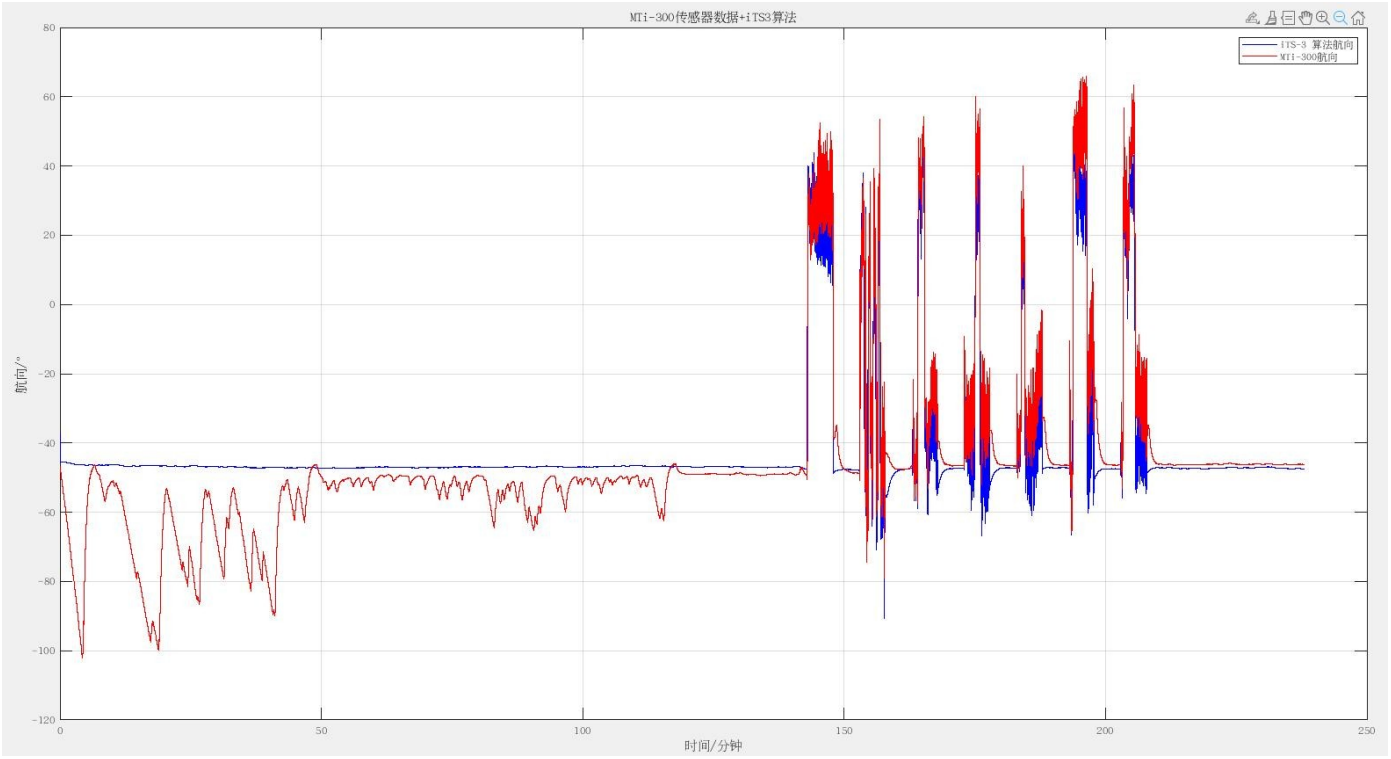

图 2-2-1-10、MTi-300 传感器数据+iTS-3 算法航向

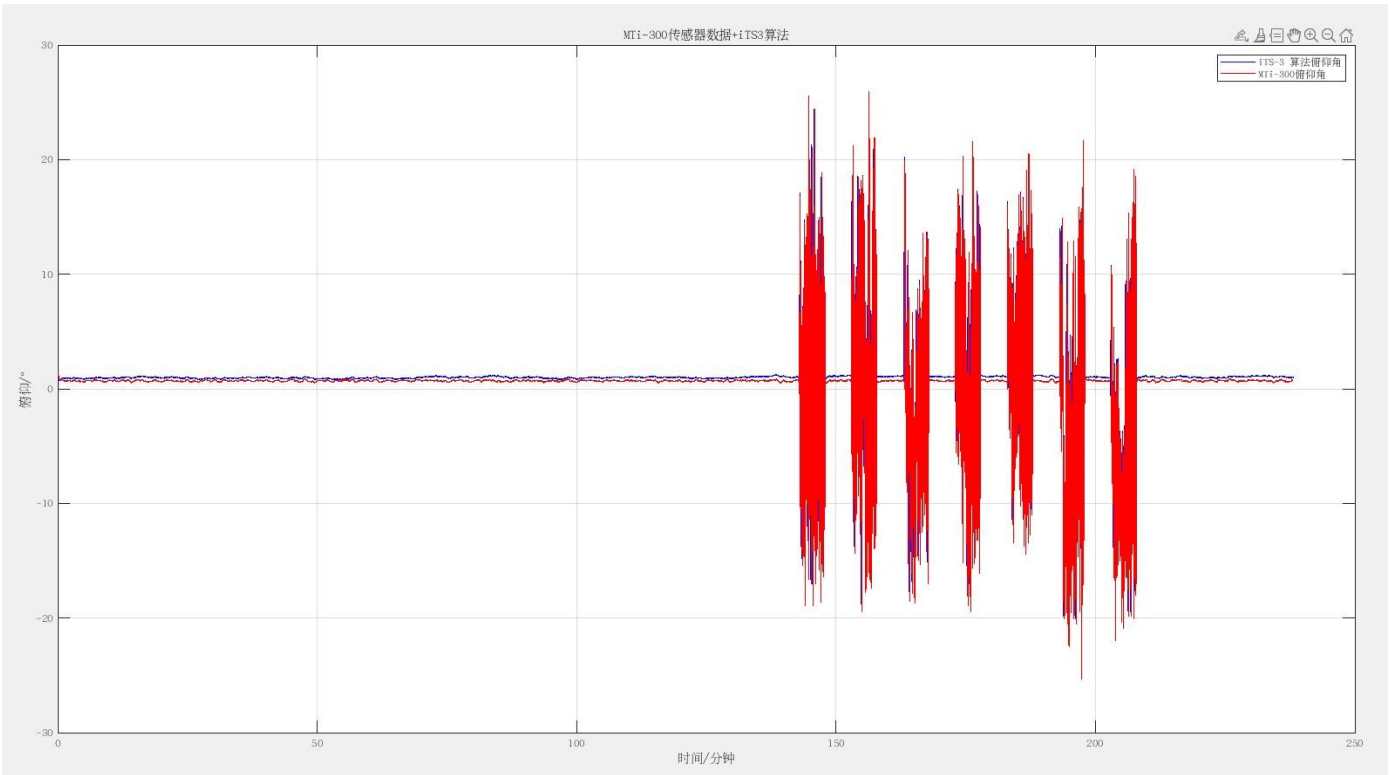

图 2-2-1-11、MTi-300 传感器数据+iTS-3 算法俯仰角

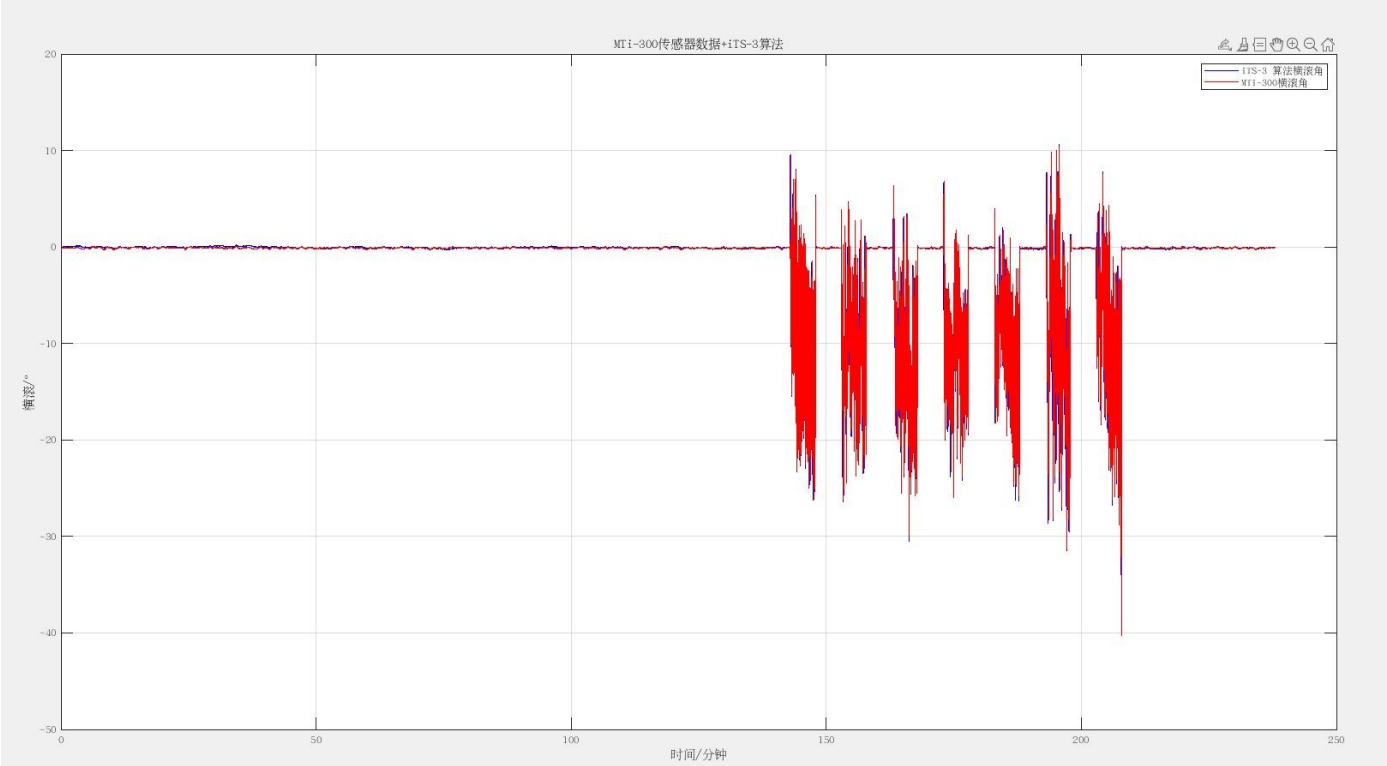

图 2-2-1-12、MTi-300 传感器数据+iTS-3 算法横滚角

从上图可以看出，即使使用 MTi-300 自己的传感器数据，iTS-3 算法解算的姿态结果也比 MTi-300 的要好。无论是动态跟踪精度、实时性、静态稳定性都优于 MTi-300 自己的结果。单就算法来说，我司 iTS-3 的算法也是更优的。

2.2.2 跑车对比测试-0207

测试方法：安装在自动驾驶大货车上，安装在驾驶室后部，靠近自动驾驶工控机，周围还有电源、风扇等各种电气设备，磁环境很复杂。驾驶室采用气囊减震，运动行程也比较大。车辆静止一段时间后，开始沿着高架上高速路行驶，以此考核 AHRS 在复杂环境下的性能和适应性。

测试结果:

航向:

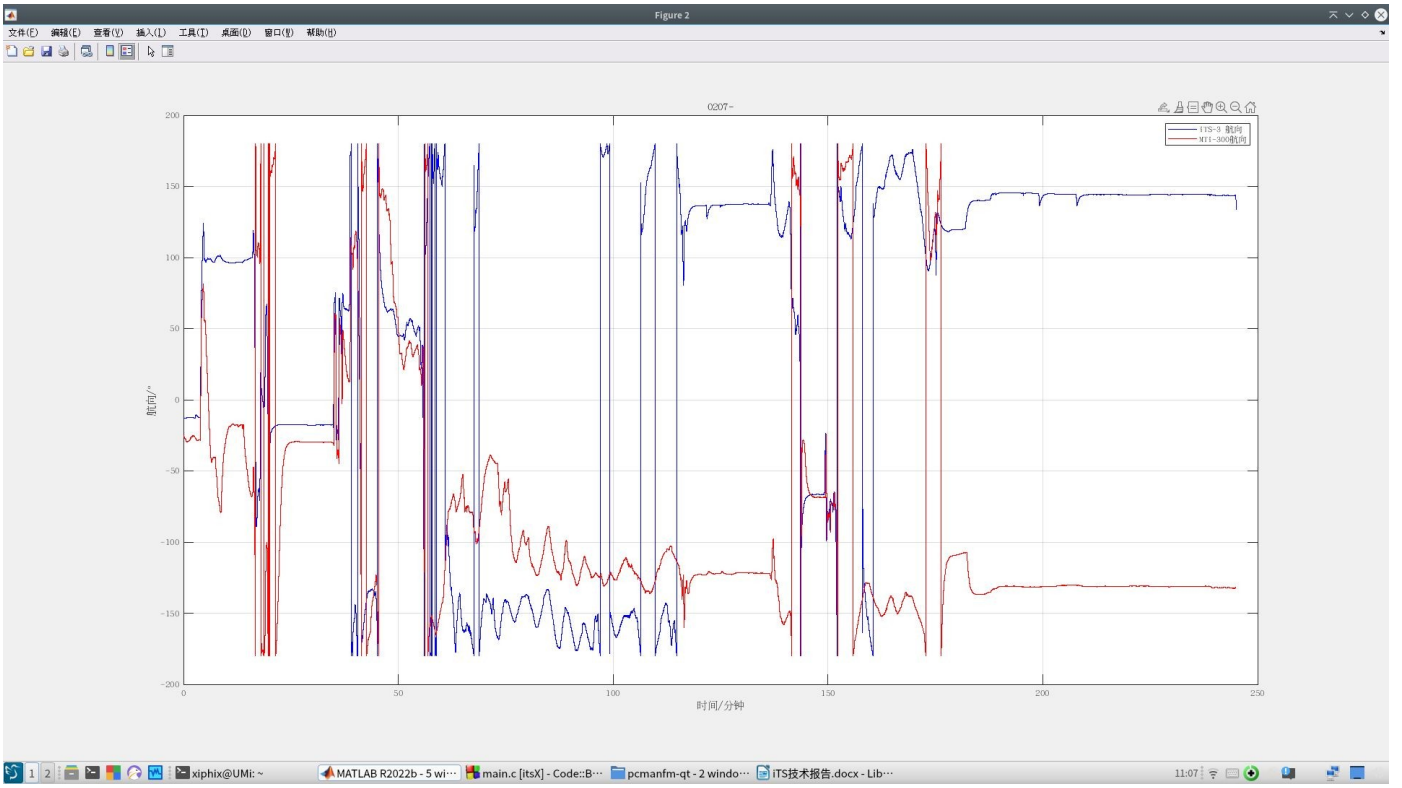

图 2-2-2-1、卡车高速跑车测试航向

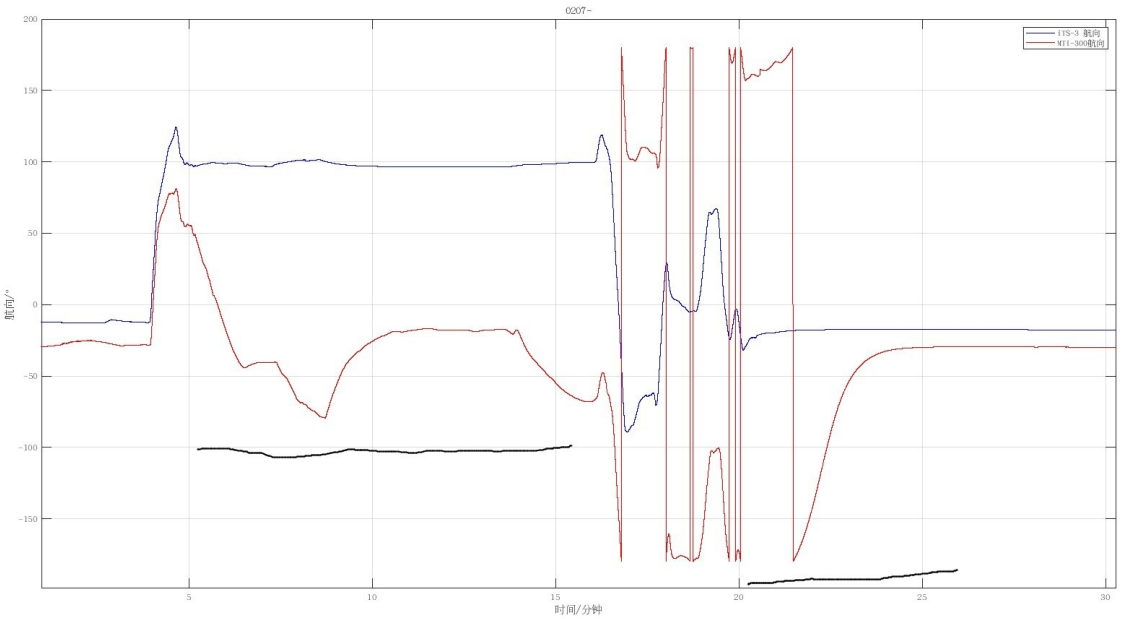

图 2-2-2-2、卡车高速跑车测试航向

结果分析:上图中第一个黑线示意的是卡车第一次转弯，然后沿着直线行驶，MTi-300 转弯之后的航向就开始乱飘，直线行驶时没有稳住。

上图中第二个黑线示意的位置，车辆在转弯之后静止，但是 MTi-300 的航向飘了约 5 分钟之后才慢慢稳定。

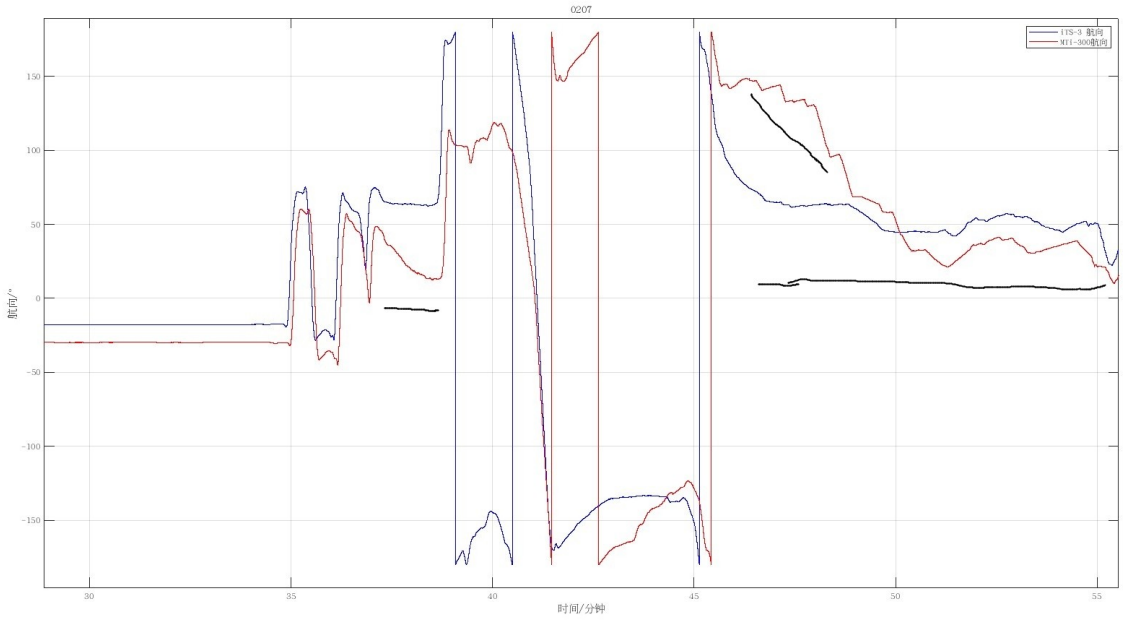

图 2-2-2-3、卡车高速跑车测试航向

结果分析:上图中第一个黑线示意的位置是车辆持续转弯，然后直线行驶的过程，此时 MTi-300 的航向没有正确跟踪，开始飘移。第二个黑线示意的位置也是直线行驶，MTi-300 航向持续飘移。

俯仰角：

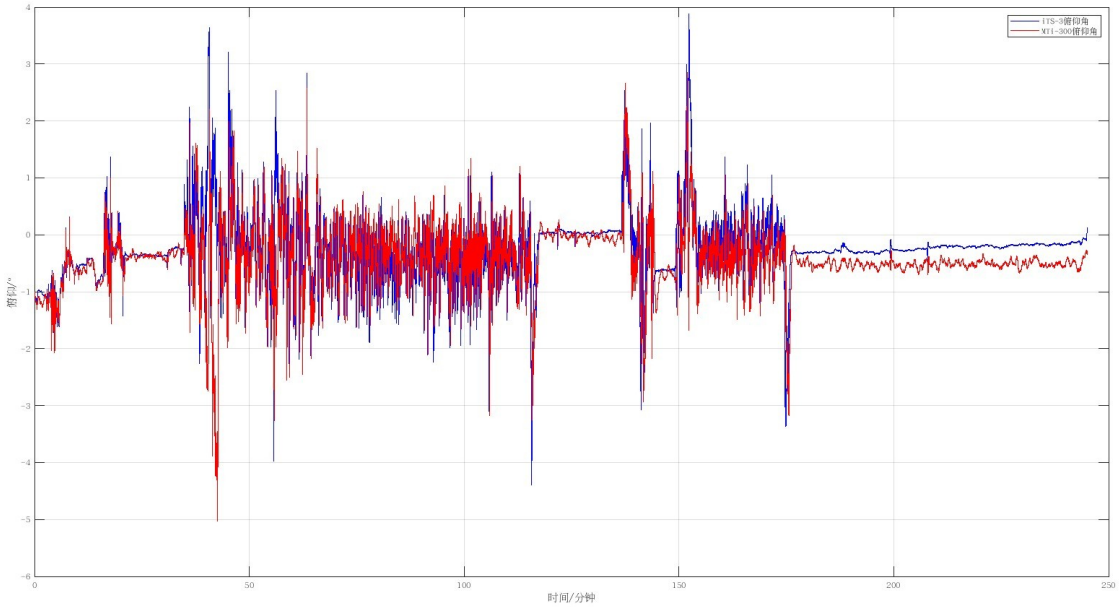

图 2-2-2-4、俯仰角

结果分析:俯仰角曲线整体一致。

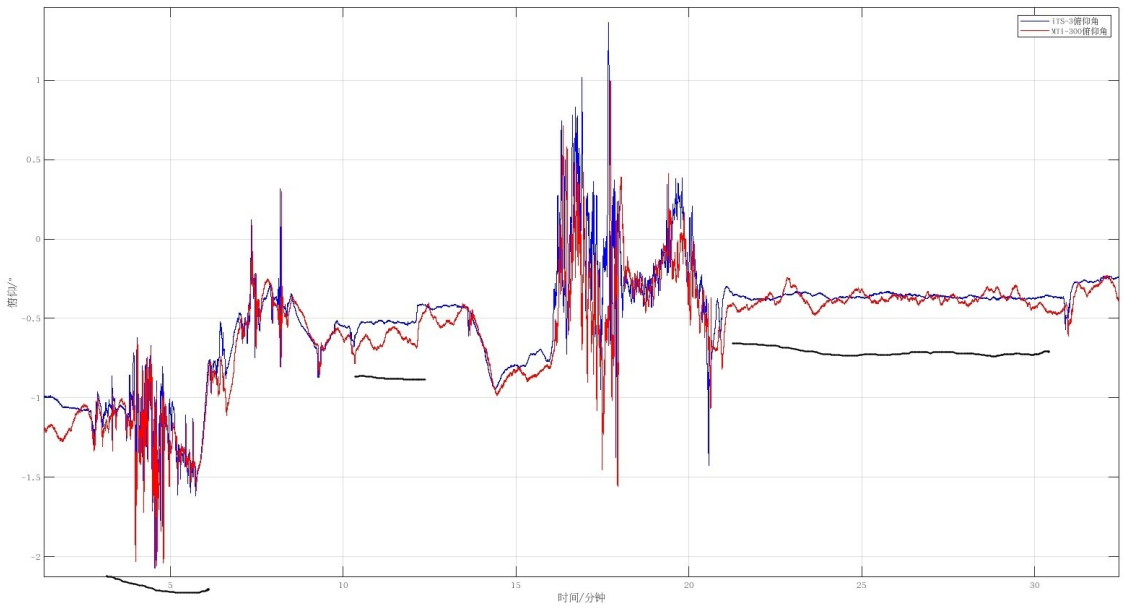

图 2-2-2-5、俯仰角

结果分析:在车辆停车时，MTi-300 角度波动大。

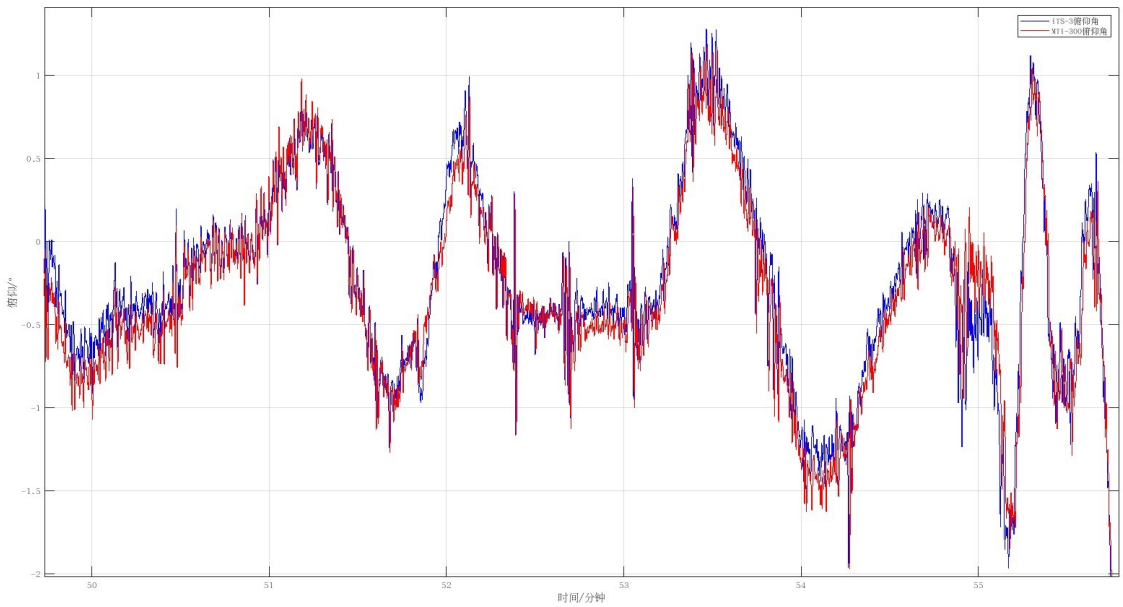

图 2-2-2-5、俯仰角

结果分析:俯仰角曲线部分细节也一致。

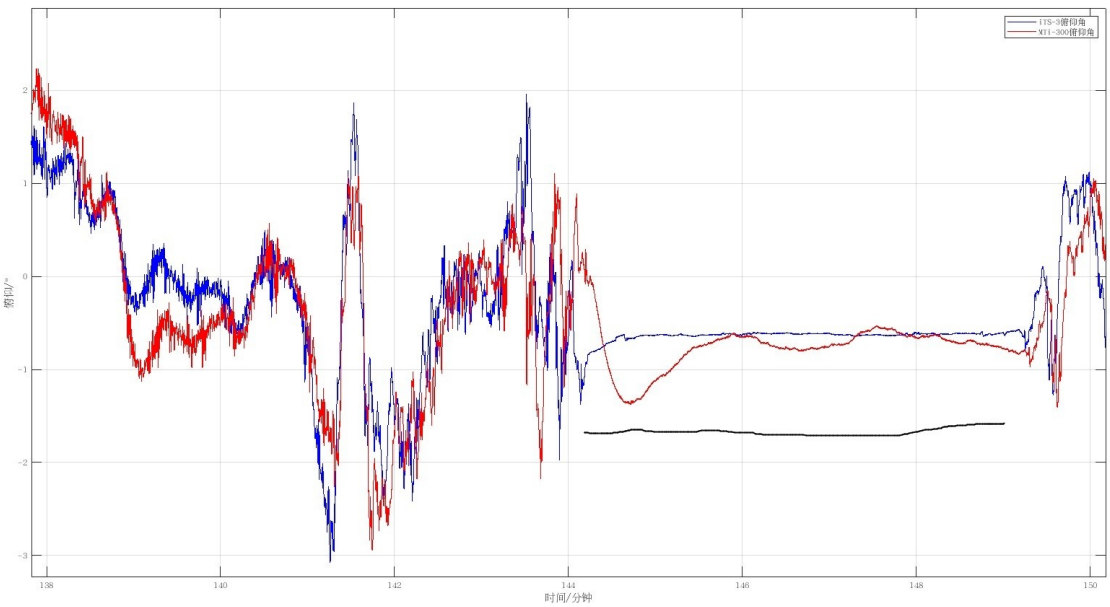

图 2-2-2-6、俯仰角

结果分析:在停车时，MTi-300 航向没有实时跟踪上，曲线还在飘，停车后也在振荡。

横滚角：

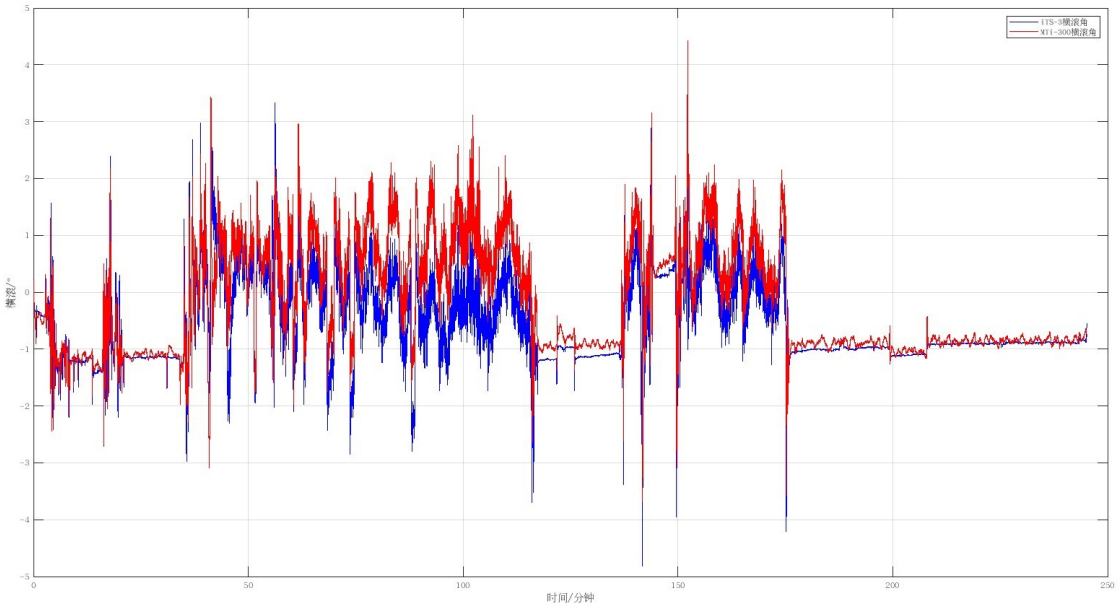

图 2-2-2-7、横滚角

结果分析:俯仰角曲线整体一致，在停车时 MTi-300 振荡幅度大，iTS-3 则比较稳定。

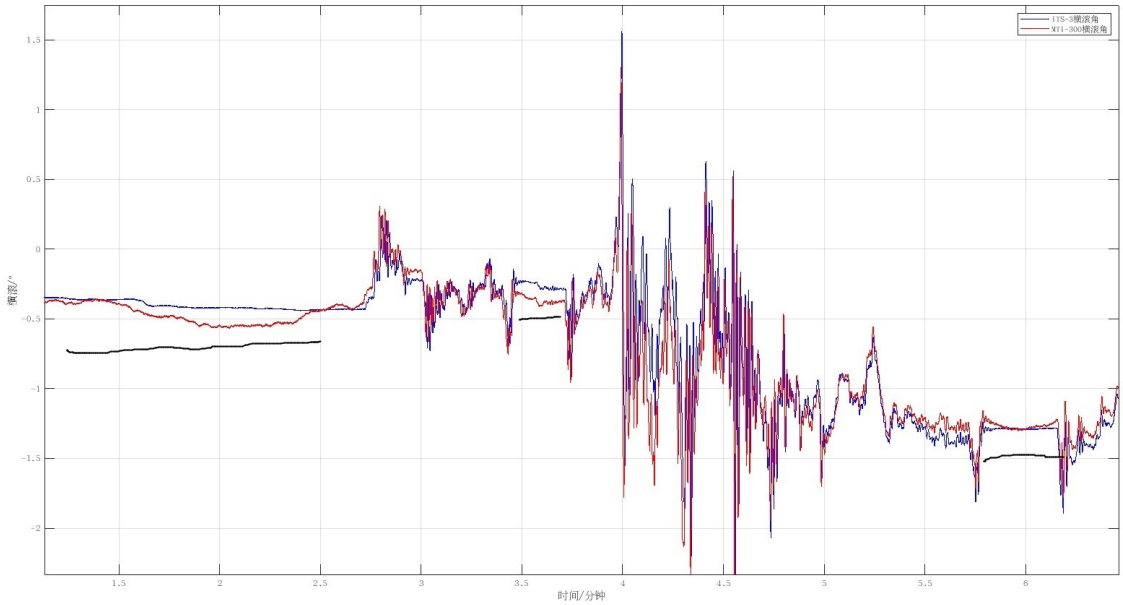

图 2-2-2-8、横滚角

结果分析:动态跑车时，曲线一致，停车时 MTi-300 的实时性和稳定性劣于 iTS-3。

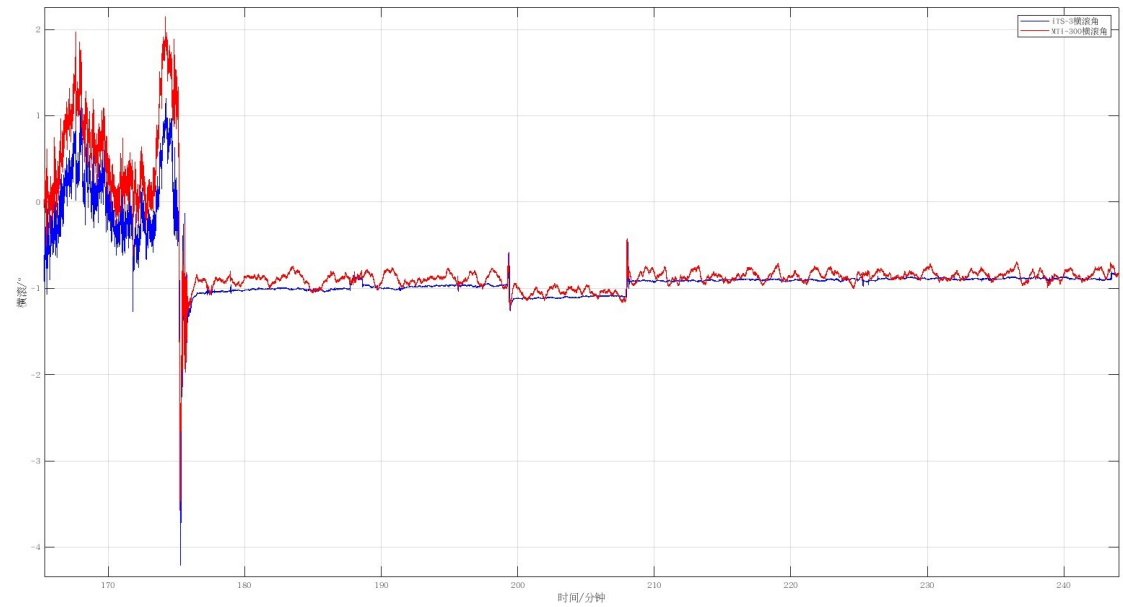

图 2-2-2-9、横滚角

结果分析:动态跑车时，曲线一致，停车时 MTi-300 的实时性和稳定性劣于 iTS-3。

iTS-3 与 MTI-300 对比测试总结：上述测试考核了在动态机动、复杂磁环境环境下的姿态跟踪的实时性和动静转换后的稳定性，抗磁干扰能力。

MTi-300 的航向容易飘，在机动之后做直线行驶时航向都会飘移，不能跟踪实际的运动，说明其抗磁干扰能力和动态跟踪能力有问题。iTS-3 的航向表现优于 MTi-300。

MTi-300 的水平姿态(俯仰角、横滚角) 跟踪的实时性不如 iTS-3，静态稳定性也不如 iTS-3。

下面使用 iTS 算法处理 MTi-300 的传感器数据，与 MTi-300 算法使用一样的原始数据，可以单变量对比的形式看出 iTS-3 算法的能力。

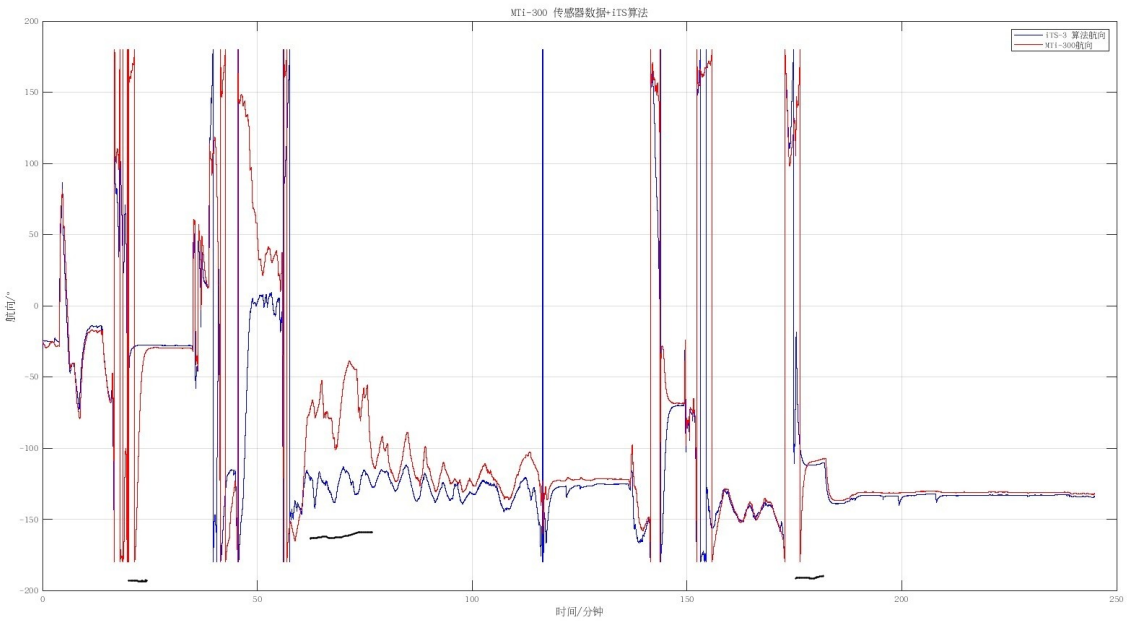

图 2-2-2-10、MTi-300 传感器数据+iTS-3 算法

从上图可以看出使用 MTi-300 自己的传感器数据，iTS-3 算法解算的航向曲线与 MTi-300 的航向曲线大幅恩一模一样，在动静转换停车时，iTS-3 算法给出的结果实时性更好，抗干扰能力也更强。

2.2.3 跑车对比测试-0213

测试方法：安装在自动驾驶大货车上，安装在驾驶室后部，靠近自动驾驶工控机，周围还有电源、风扇等各种电气设备，磁环境很复杂。驾驶室采用气囊减震，运动行程也比较大。车辆静止一段时间后，开始沿着高架上高速路行驶，以此考核 AHRS 在复杂环境下的性能和适应性。

测试结果:

航向:

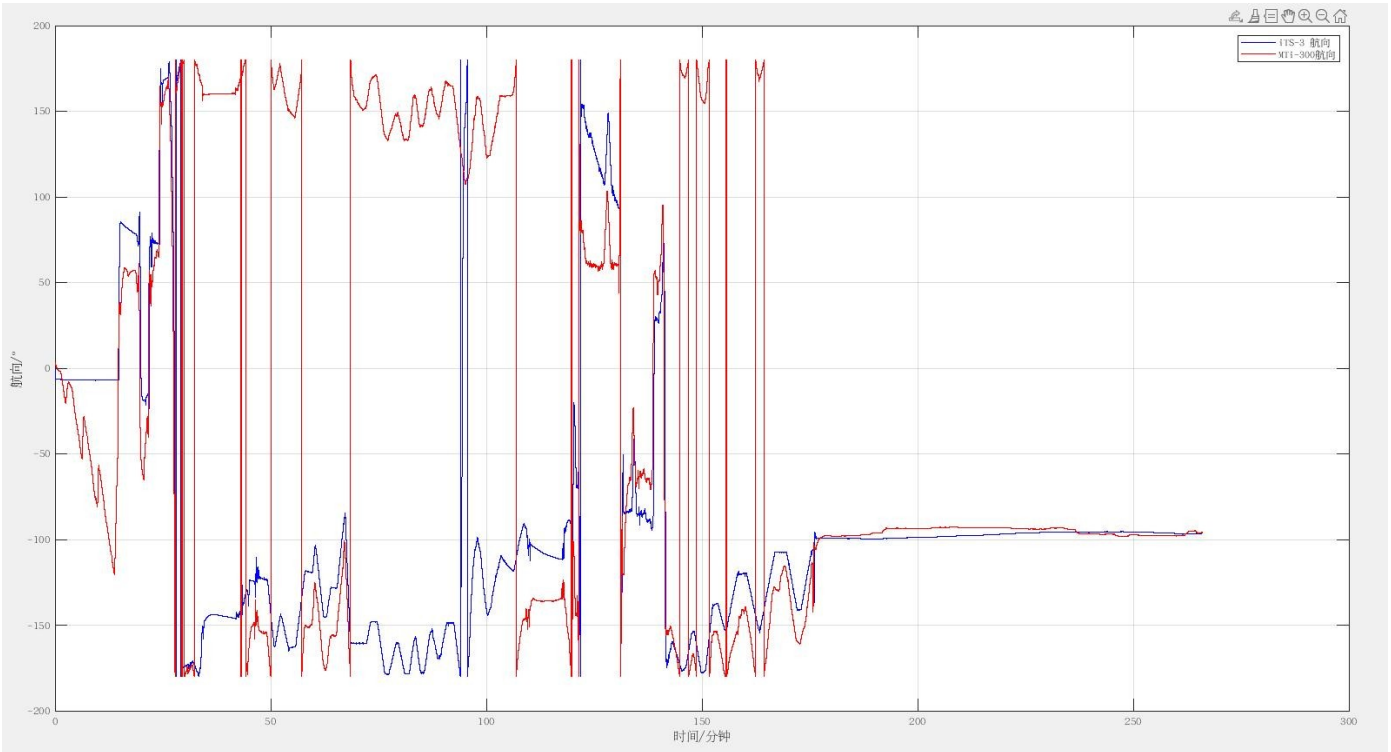

图 2-2-3-1、航向

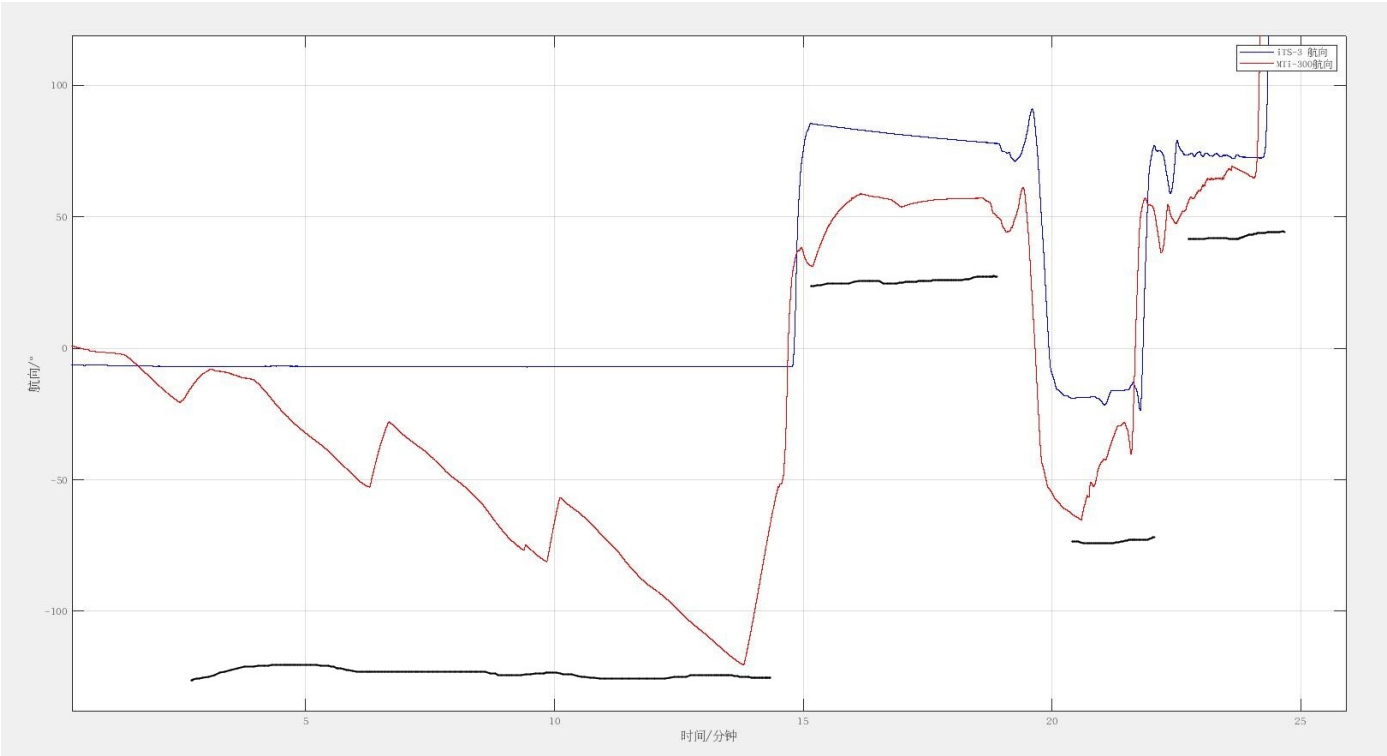

图 2-2-3-2、航向局部

结果分析:上图中，车上电气设备多，存在复杂的时变磁干扰；刚开始时 MTi-300 就锯齿状持续飘移，iTS-3 则很稳定。在每一次次转弯后(黑线处)实际都是近似直线行驶，但是 MTi-300 航向都是折线飘移，不稳定；iTS-3 航向则是比较平直稳定的。

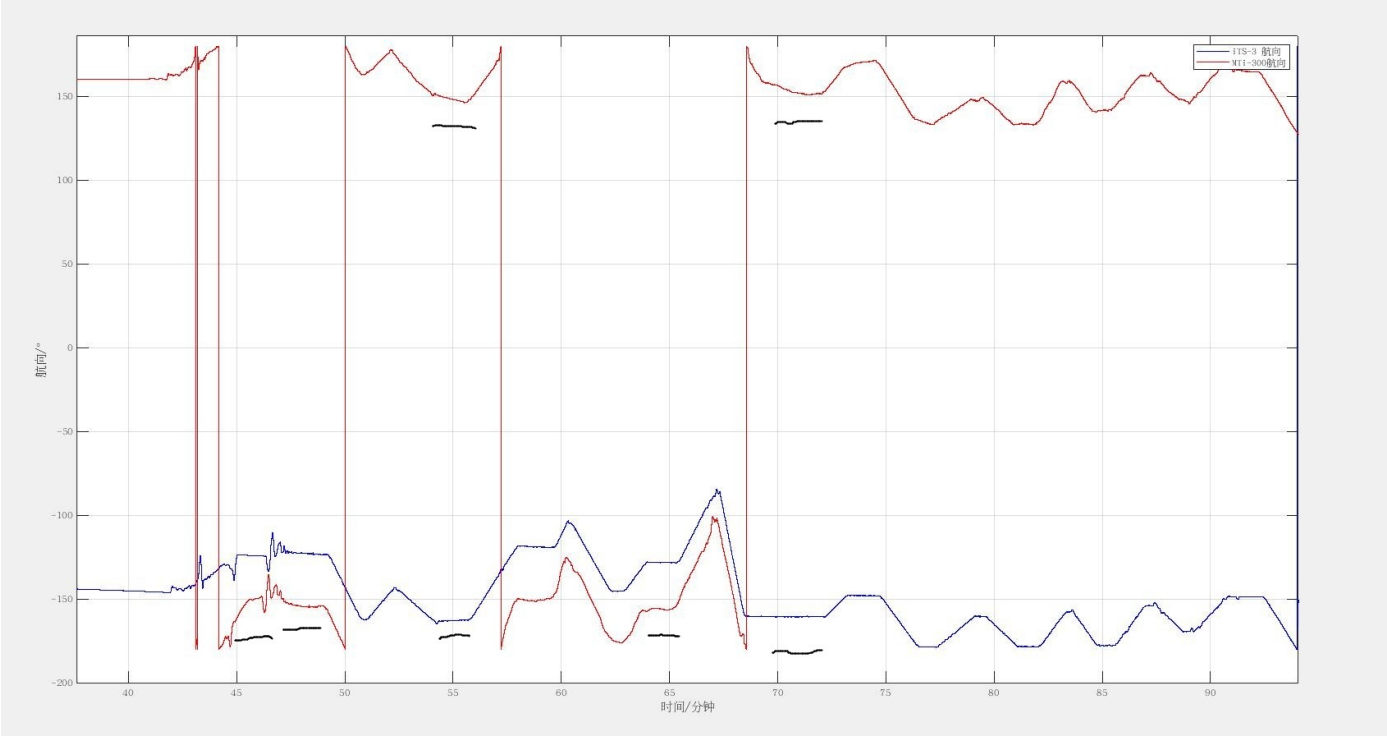

图 2-2-3-3、航向局部

结果分析:上图中的黑线处，车辆都是直线行驶的，但是 MTi-300 航向飘移了，不够平直；iTS-3 则很稳定，都是比较平直稳定的。反映出 MTi-300 的抗磁干扰能力不如 iTS-3。

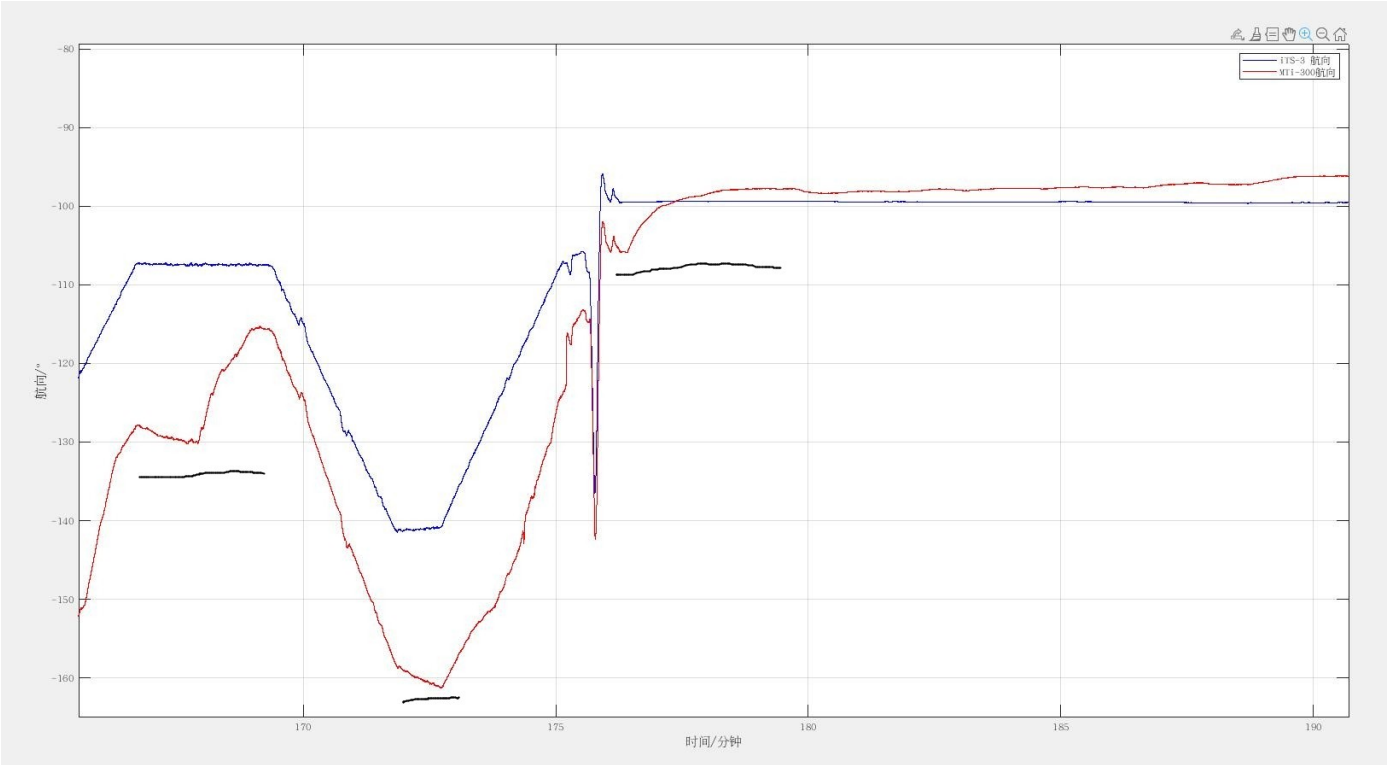

图 2-2-3-4、航向局部

结果分析:上图中的第一、第二黑线处，车辆是直线行驶的，MTi-300 航向都飘移了，不够平直，这两处 iTS-3 航向则平直稳定，没有受磁干扰影响；

第三个黑线处车辆停车，MTi-300 航向则没有停下来，等了 1.5 分钟才稳定下来，没有实时跟踪真实的运动。车辆停止时，iTS-3 航向及时的稳定下来，没有飘移。这映出 MTi-300 的实时跟踪能力和抗磁干扰能力不如 iTS-3。

下面给出停车的细节对比曲线：

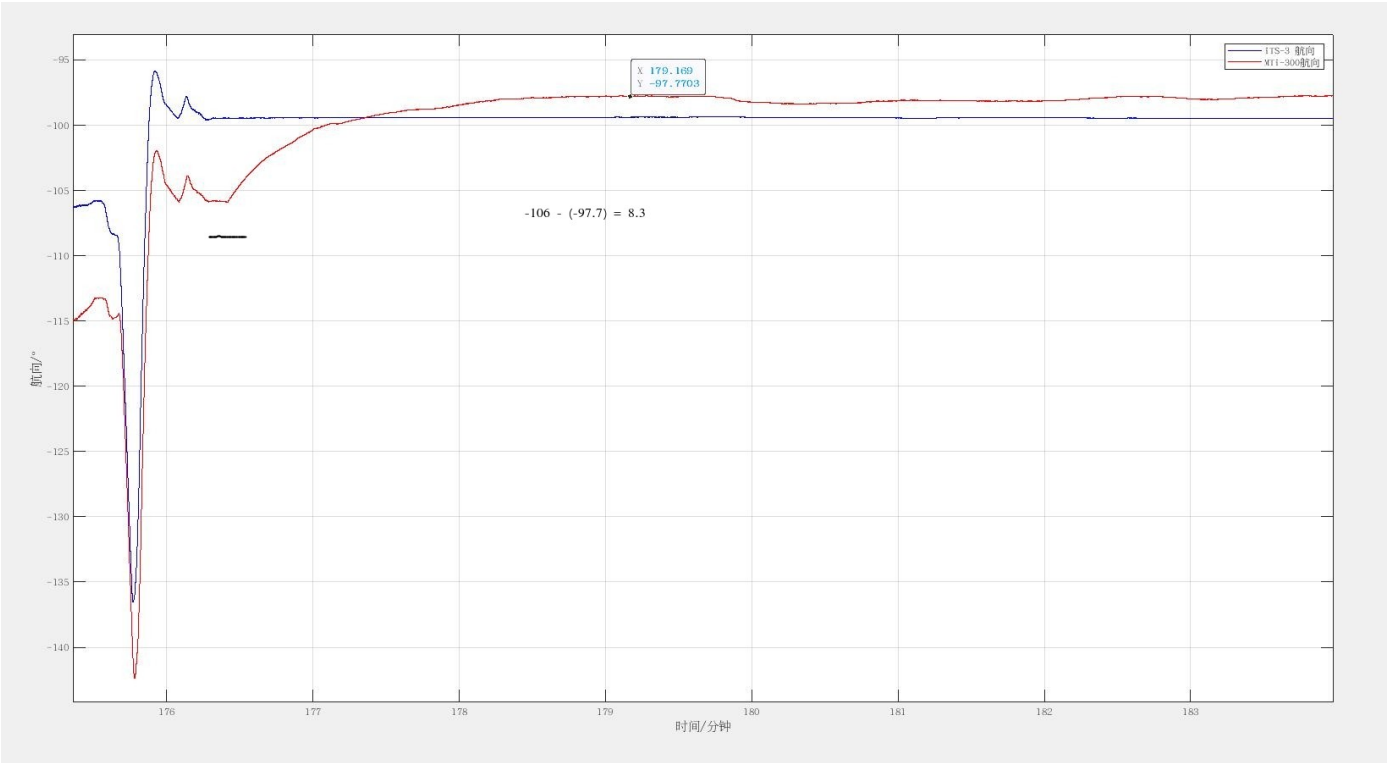

图 2-2-3-5、航向局部

结果分析:车辆停车时，MTi-300 航向为-106 度，等了 1.5 分钟稳定下来后，航向为-97.7 度，稳态误差有 8.3 度，说明 MTi-300 算法不能实时跟踪车辆的动态运动，要依靠停车时才能慢慢拉回来；而 iTS-3 航向在停车时实时稳定在-99.4 度，一直稳定，说明 iTS-3 算法可以跟踪实际的动态运动。

俯仰角：

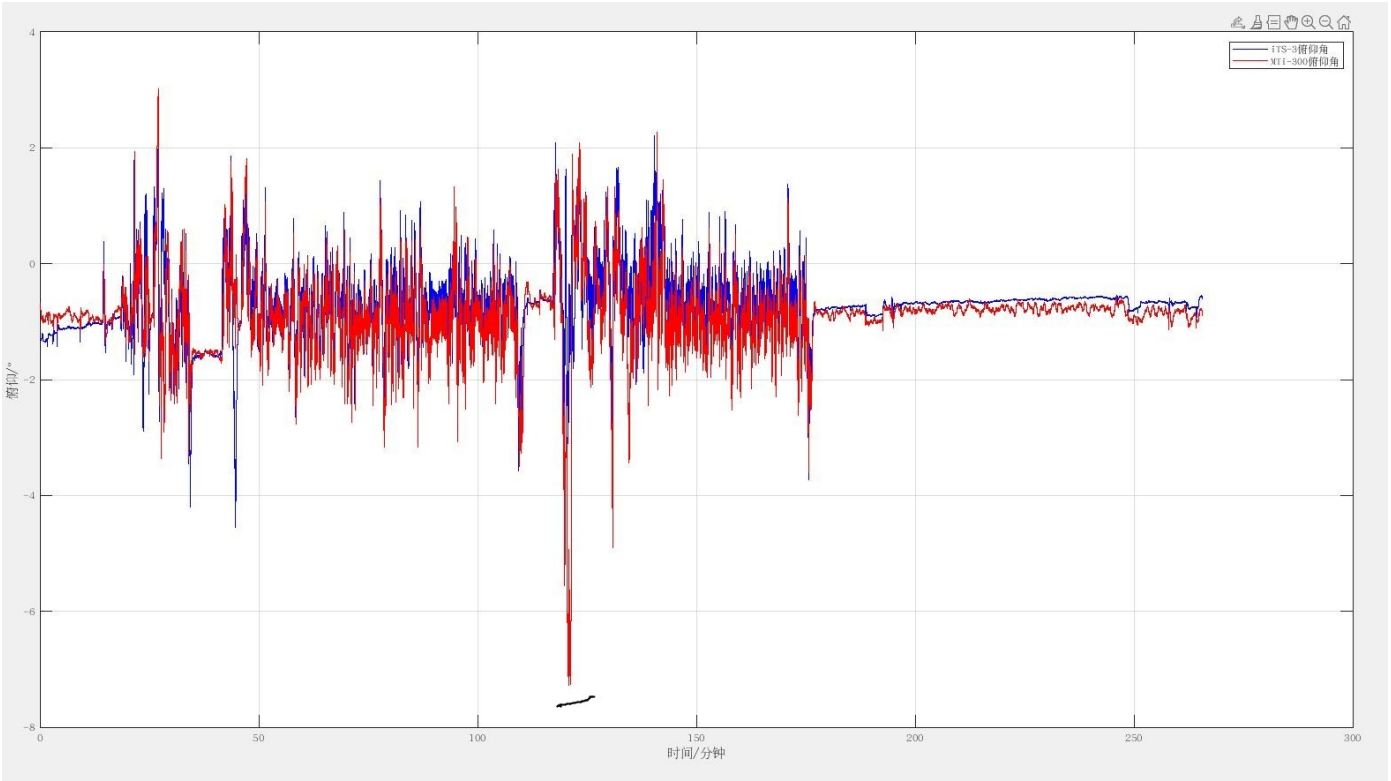

图 2-2-3-6、俯仰角

结果分析:在黑线标识处，车辆刹车，MTi-30 俯仰角存在低头(超调)；在后面停车时，MTi-300 俯仰角波动幅度比 iTS-3 大。

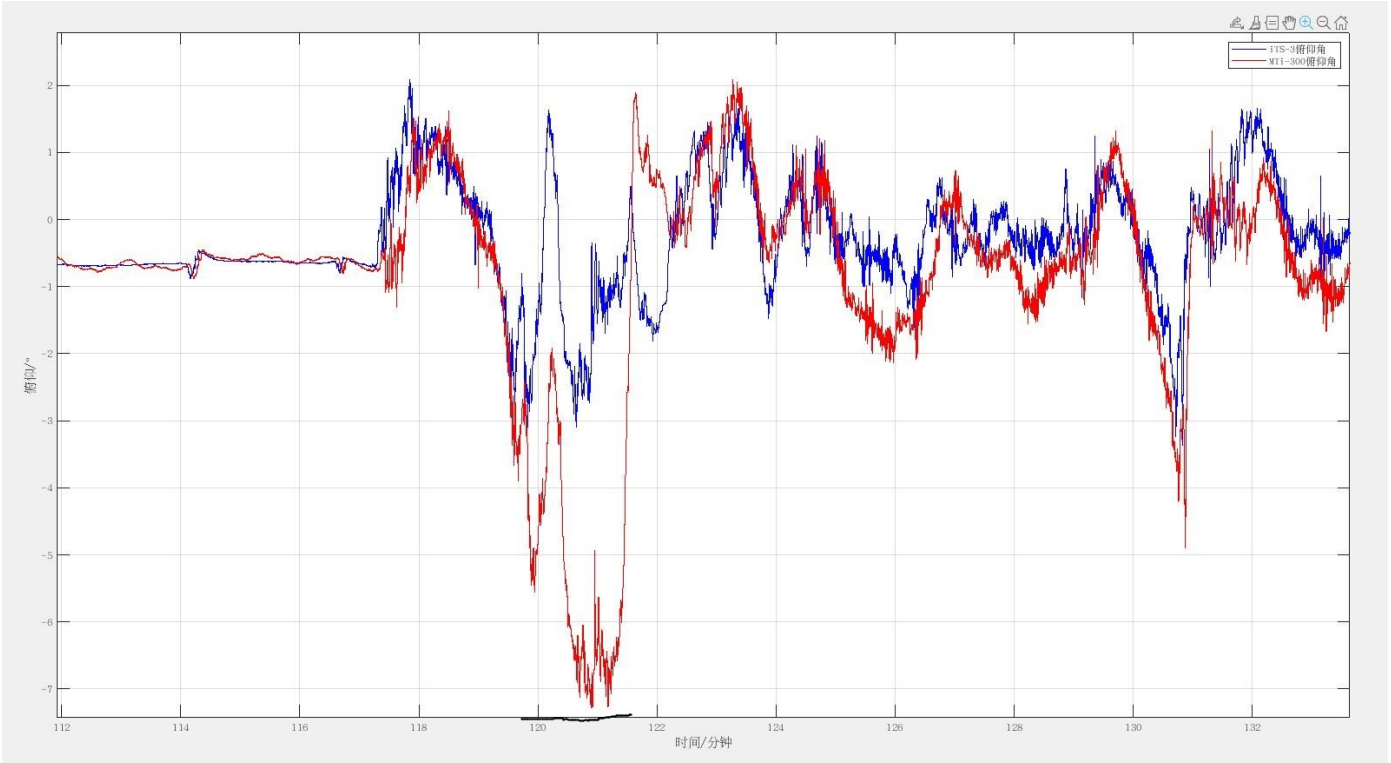

图 2-2-3-7、俯仰角局部

结果分析:在黑线标识处，车辆刹车，MTi-30 俯仰角存在较大的低头(超调)，说明 MTi-300 抗加速度机动能力不如 iTS-3。

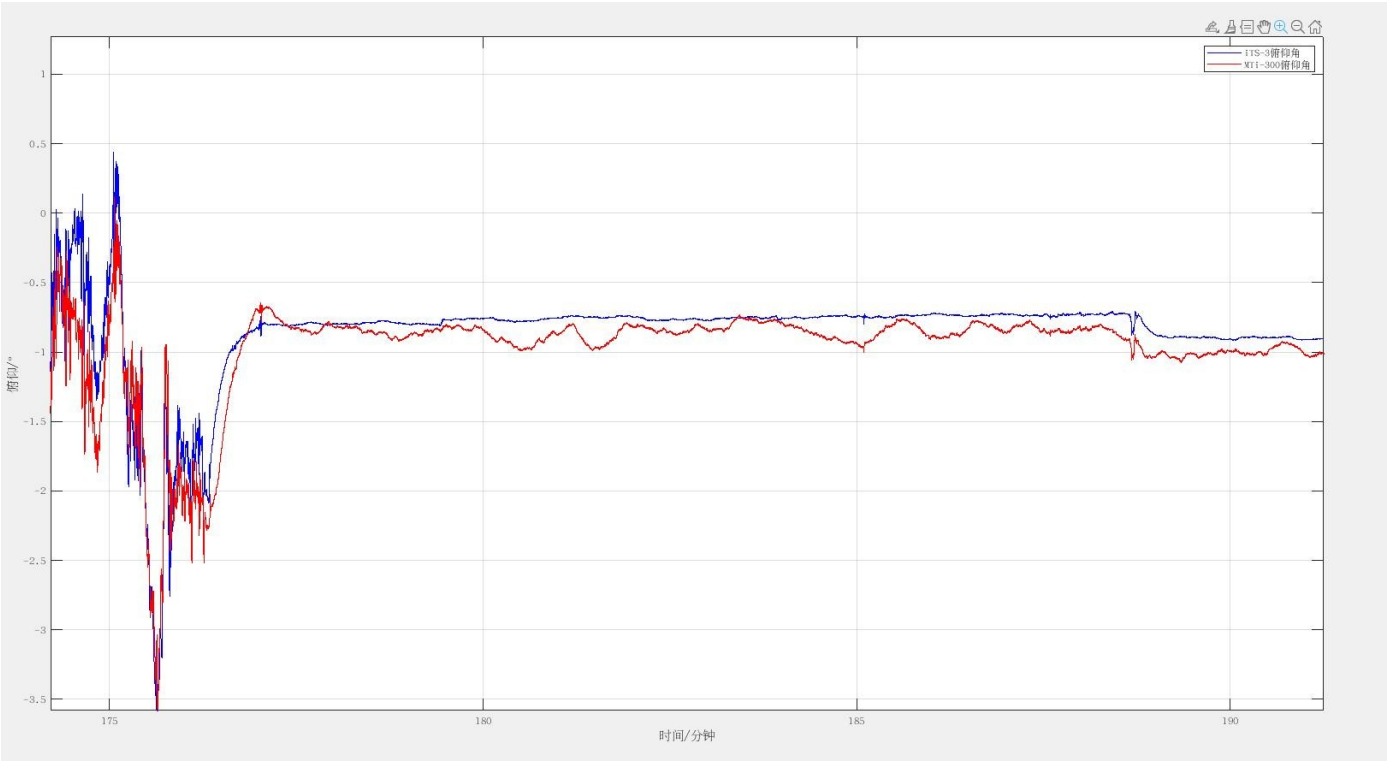

图 2-2-3-8、俯仰角局部

结果分析:在停车时，MTi-300 俯仰角波动幅度比 iTS-3 大。

横滚角：

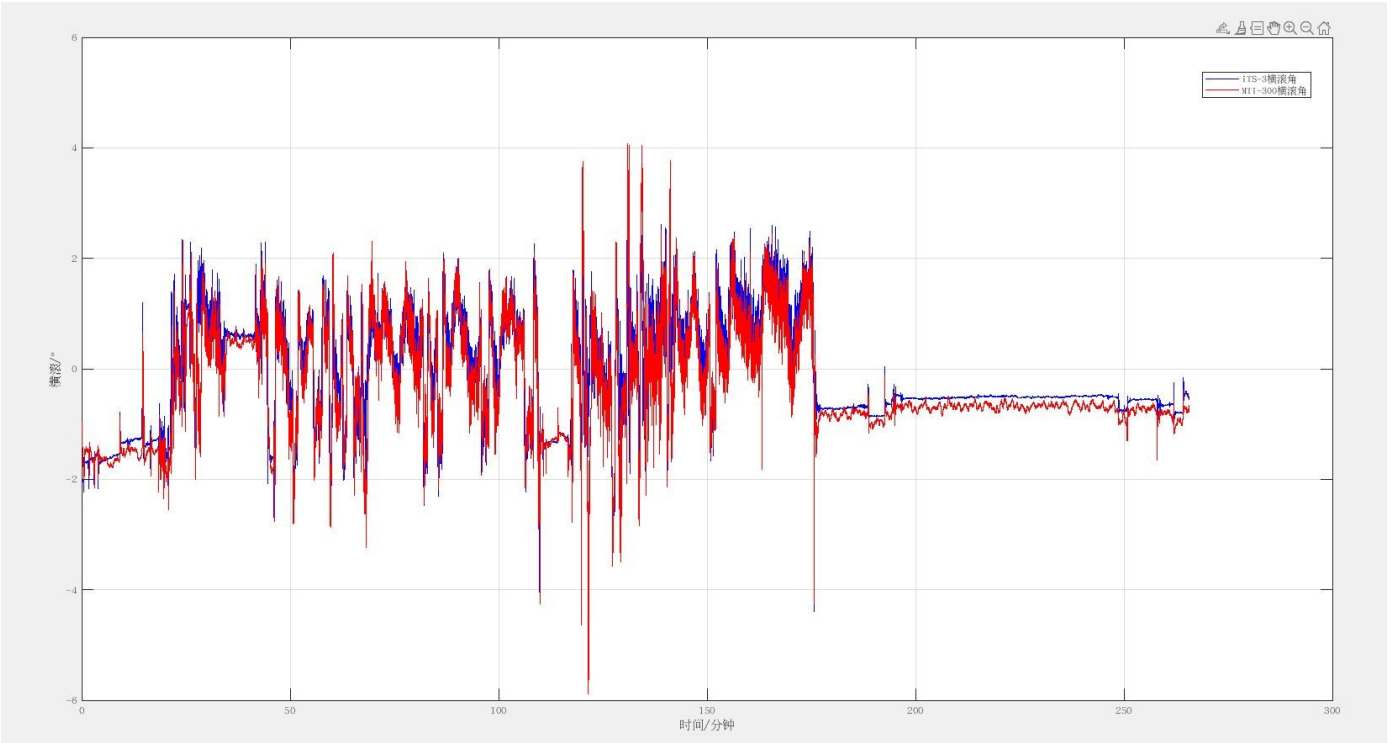

图 2-2-3-9、横滚角

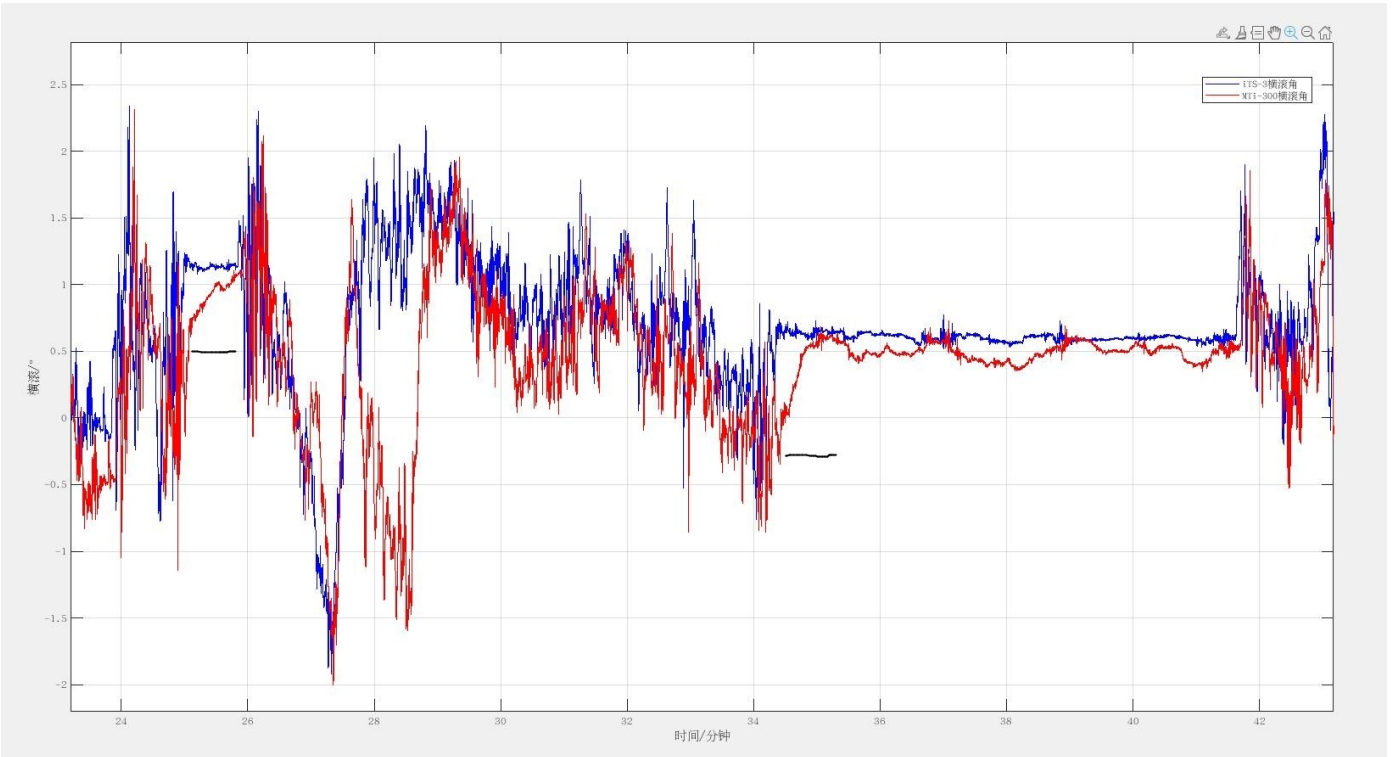

图 2-2-3-10、横滚角局部

结果分析:上图中两处黑线指示处，车辆停车，MTi-300 俯仰角没能及时停下来，飘移了一户才基本稳定。iTS-3 则跟随真实的运动，立马停下来并稳定住。MTi-300 的横滚角实时性不如 iTS-3。

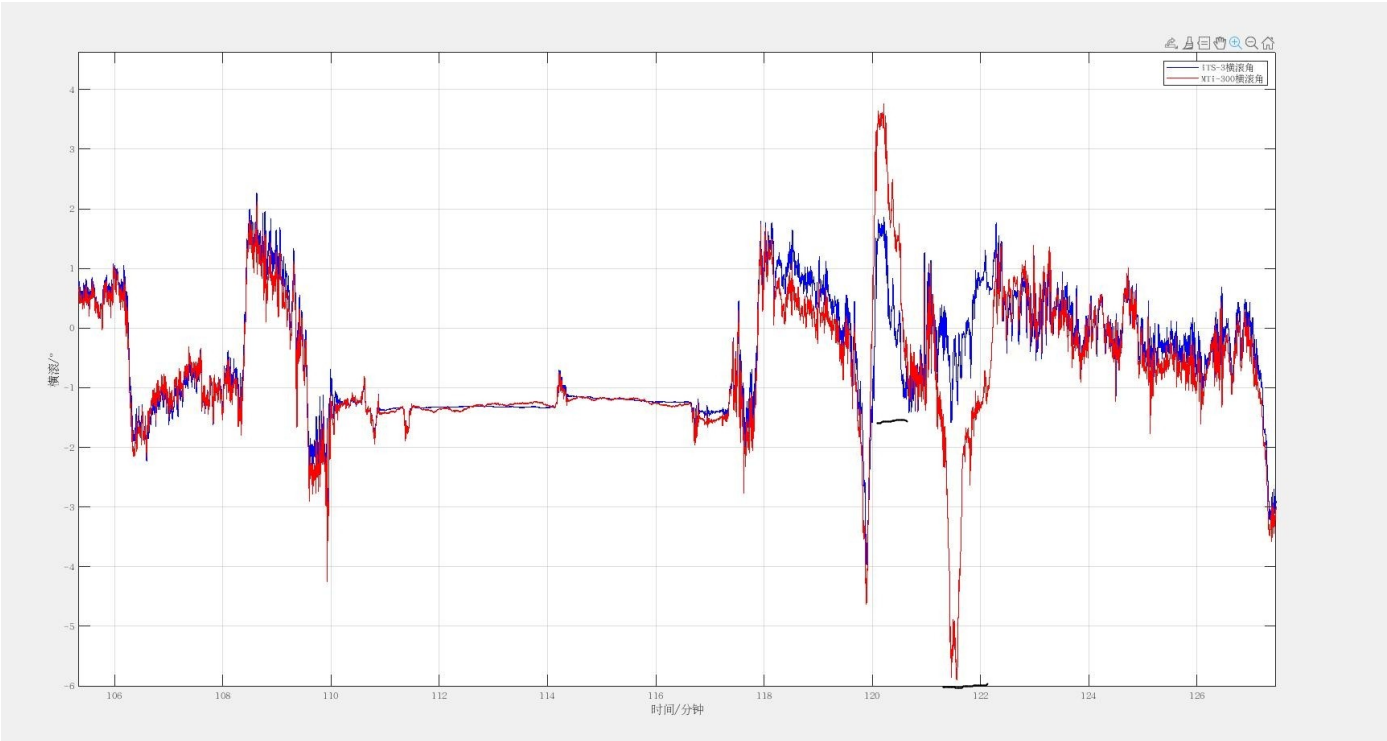

图 2-2-3-11、横滚角局部

结果分析:上图中两处黑线指示处，车辆做加减速运动，MTi-300 俯仰角分别上冲、下冲，幅度还比较大。iTS-3 则跟随真实的运动，抗住了加速度机动的干扰。这反映了 MTi-300 抗加速度机动的能力不如 iTS-3。

iTS-3 与 MTI-300 对比测试总结：上述测试考核了在动态机动、复杂磁环境环境下的姿态跟踪的实时性、抗磁干扰和抗加速度机动干扰能力等。

存在磁干扰时，MTi-300 的航向静态时都会飘移，iTS-3 则稳定；在干扰环境下转弯机动之后做直线行驶时航向也会飘移，不能跟踪实际的直线运动和转弯，说明其抗磁干扰能力和动态跟踪能力有问题。

在停车时，MTi-300 航向还在持续飘移，要等 1.5 分钟才能稳定下来，存在不小的稳态误差；而 iTS-3 的航向在停车时立马就停下来且稳住。

MTi-300 的水平姿态(俯仰角、横滚角) 跟踪的实时性、抗加速度机动能力不如 iTS-3，静态稳定性也不如 iTS-3。

下面使用 iTS 算法处理 MTi-300 的传感器数据，与 MTi-300 算法使用一样的原始数据，可以单变量对比的形式看出 iTS-3 算法的能力。

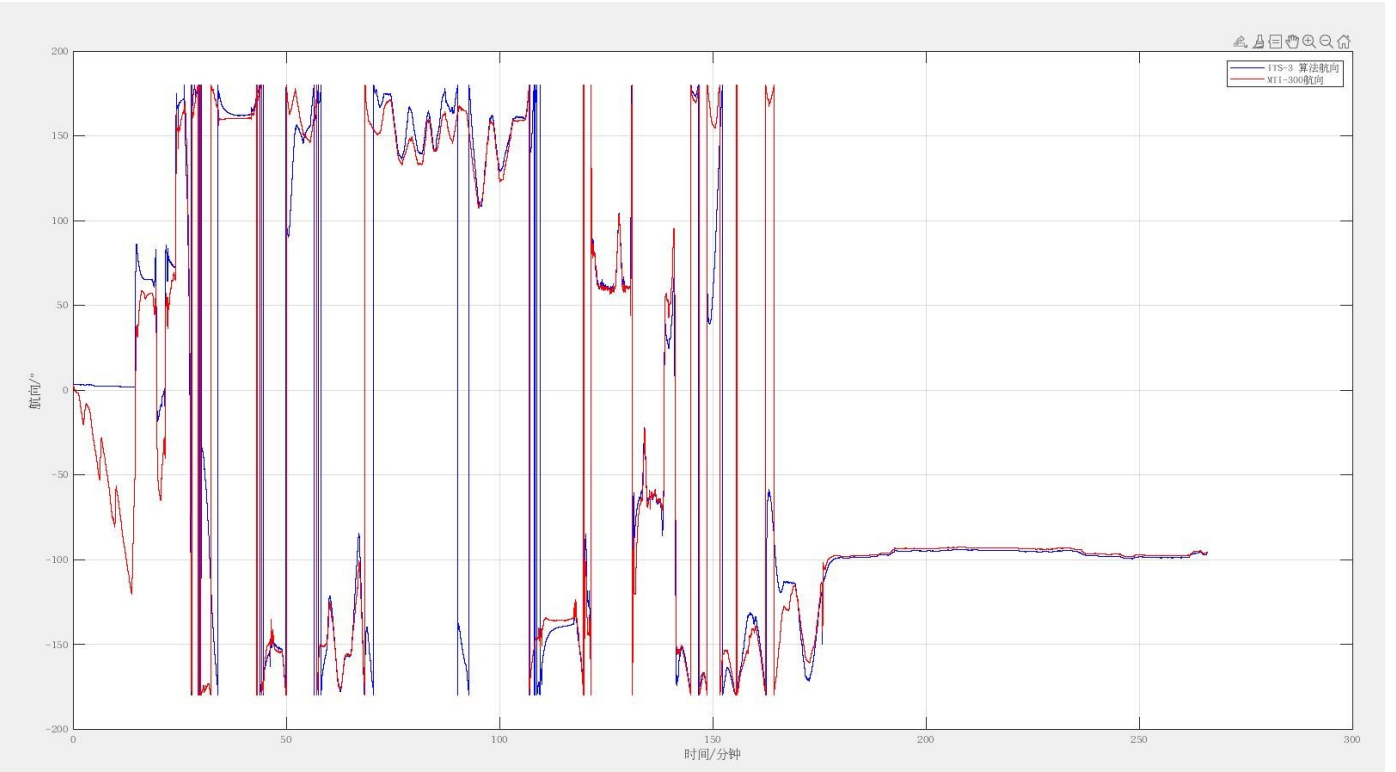

图 2-2-3-12、MTi-300 传感器数据+iTS-3 算法

从上图可以看出使用 MTi-300 自己的传感器数据，iTS-3 算法解算的航向曲线与 MTi-300 的航向曲线大致一模一样。在静态时，iTS-3 算法抗干扰能力也比 MTi-300 结果好；

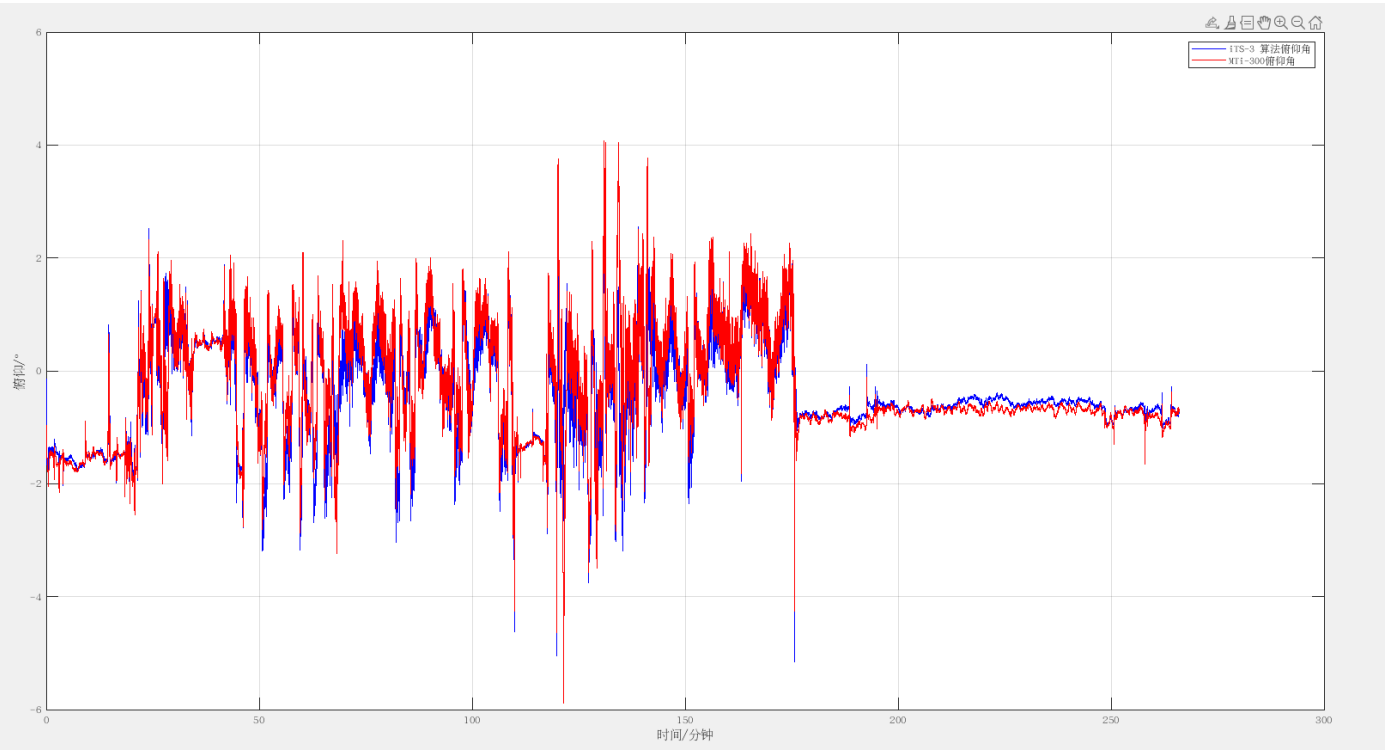

图 2-2-3-13、MTi-300 传感器数据+iTS-3 算法

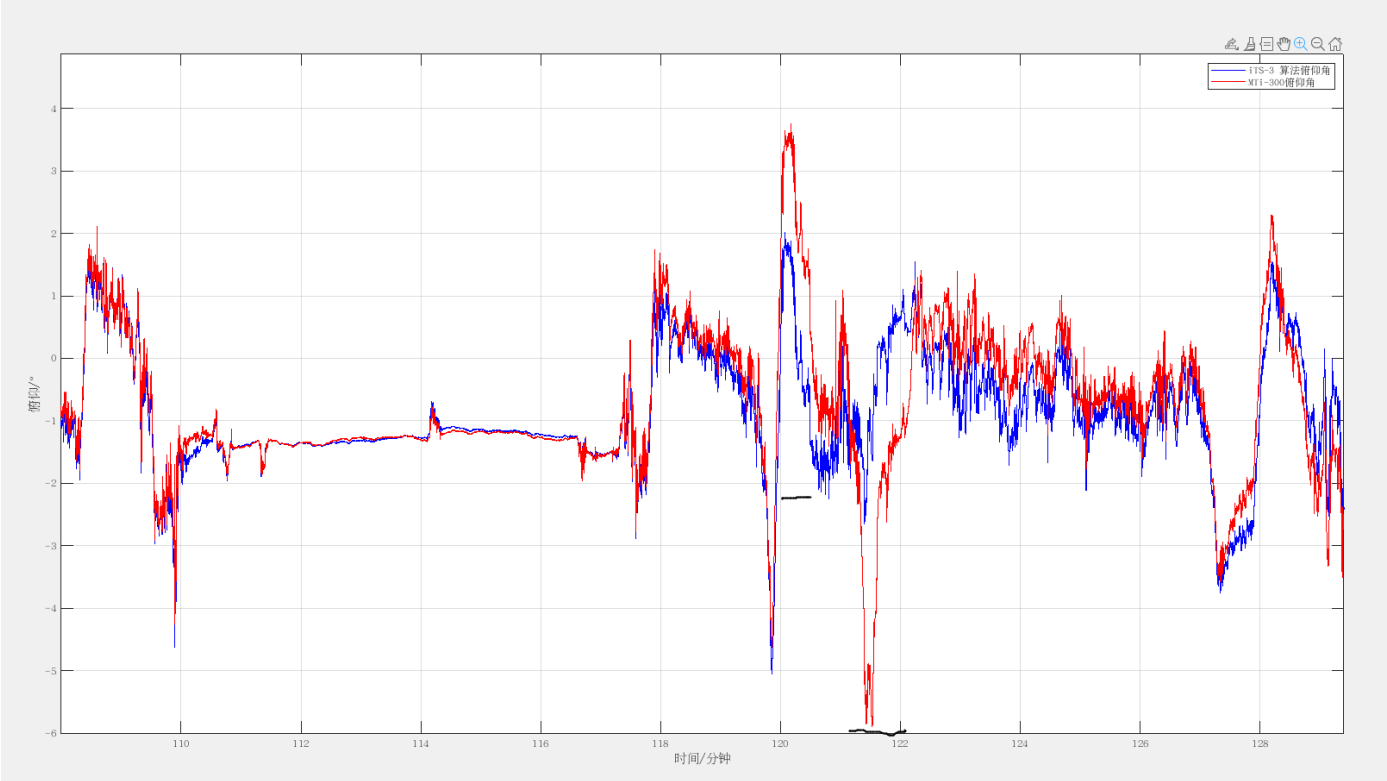

图 2-2-3-14、MTi-300 传感器数据+iTS-3 算法

结果分析:上图中两处黑线指示处，车辆做加减速运动，MTi-300 算法俯仰角分别上冲、下冲，幅度还比较大。iTS-3 算法俯仰角则跟随真实的运动，抗住了加速度机动的干扰。由于使用的是 MTi-300 的传感器数据，仅对比 MTi-300 算法结果和 iTS-3 算法，这清楚的反映了 MTi-300 算法抗加速度机动的能力不如 iTS-3 算法。

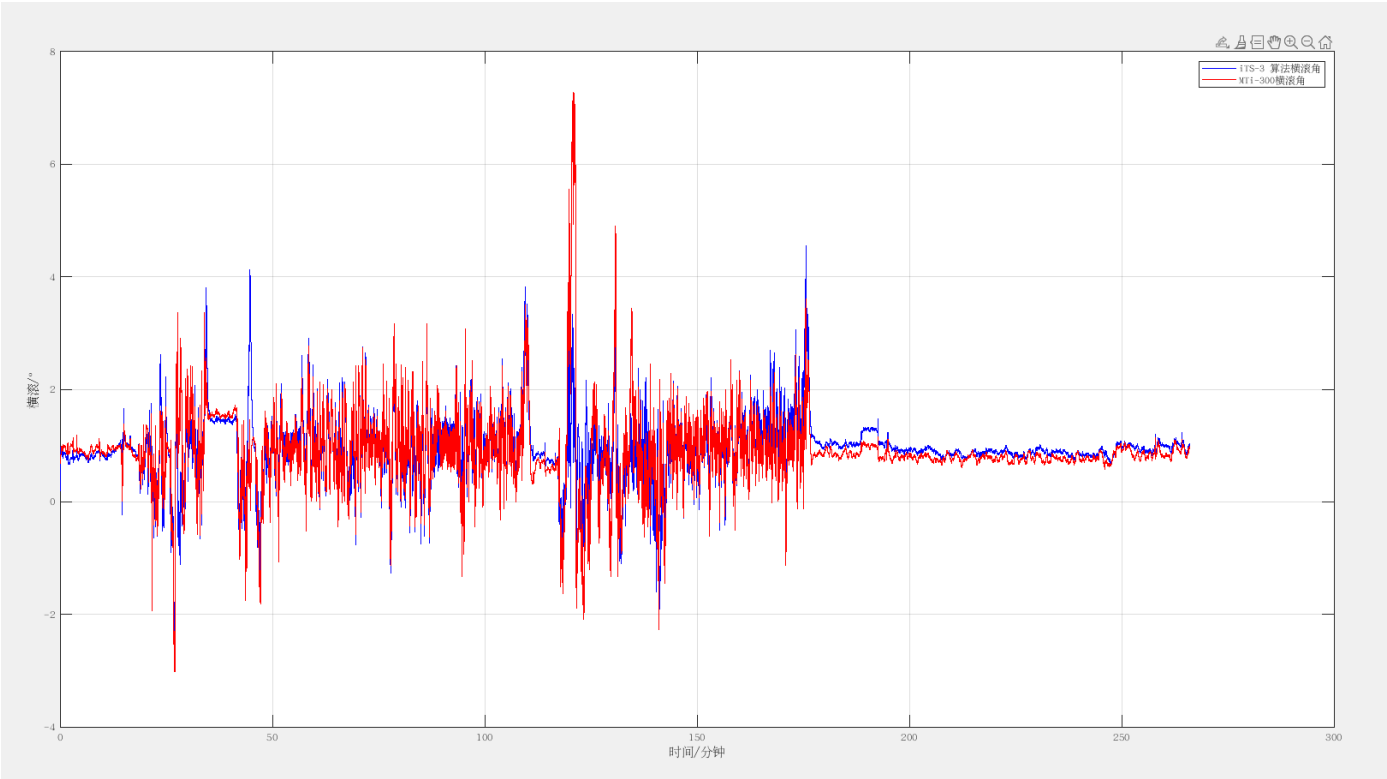

图 2-2-3-15、MTi-300 传感器数据+iTS-3 算法

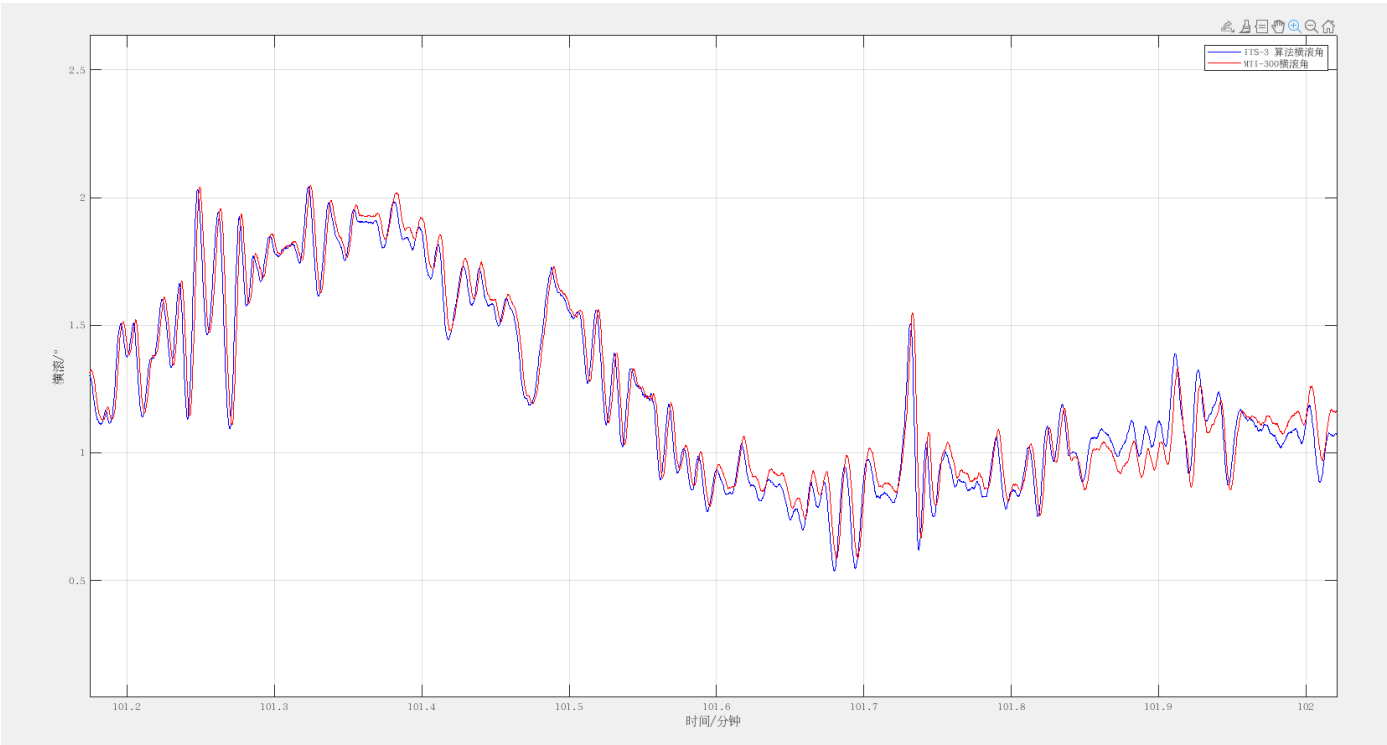

图 2-2-3-16、MTi-300 传感器数据+iTS-3 算法（横滚角局部）

结果分析:在正常跑车时，iTS-3 算法结果与 MTi-300 算法结果基本完全一模一样。

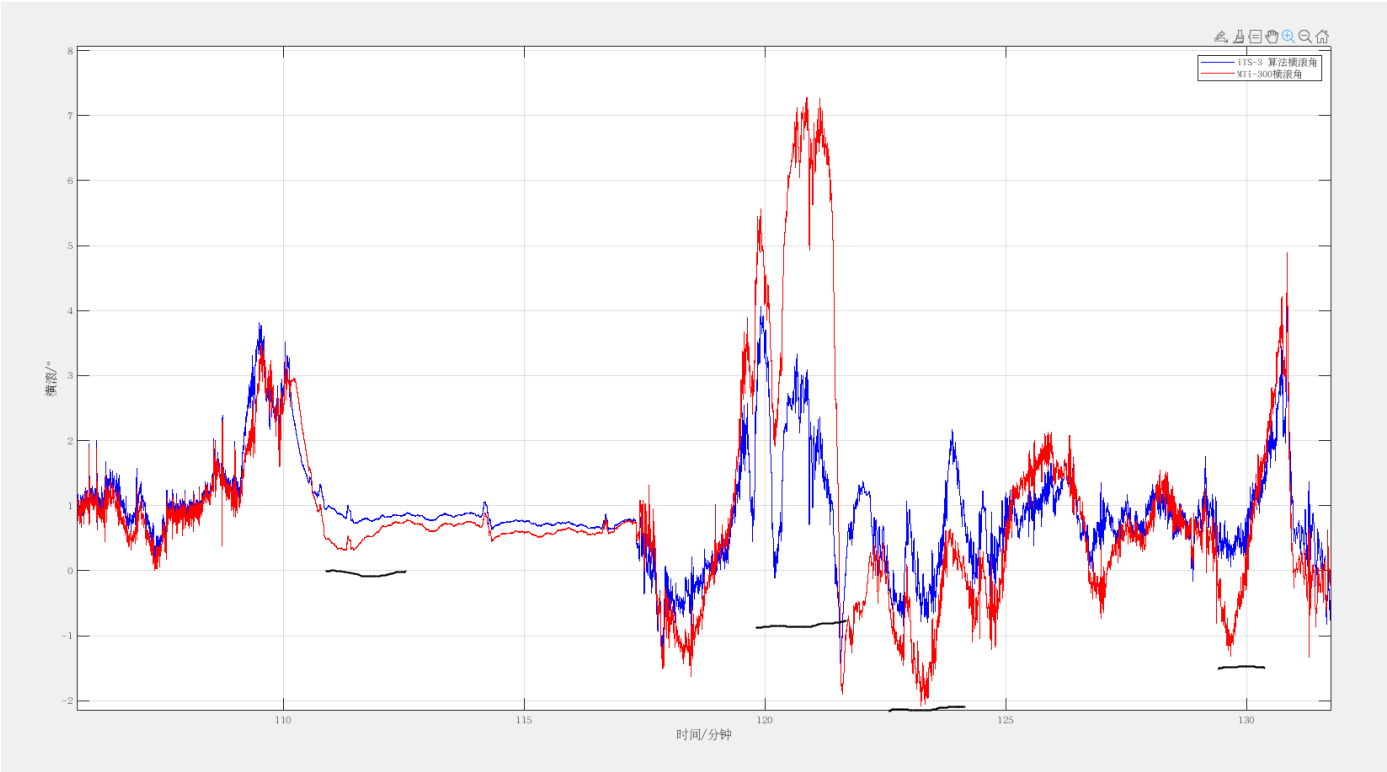

图 2-2-3-17、MTi-300 传感器数据+iTS-3 算法（横滚角局部）

结果分析:上图中两处黑线指示处，MTi-300 算法横滚角分别上冲、下冲，幅度还比较大。iTS-3 算法俯仰角则跟随真实的运动，抗住了加速度机动的干扰。由于使用的是 MTi-300 的传感器数据，仅对比 MTi-300 算法结果和 iTS-3 算法，这清楚的反映了 MTi-300 算法抗加速度机动的能力不如 iTS-3 算法。

2.2.4 跑车对比测试-0305-模拟无人机

测试方法：安装在 SUV 车上，安装在中控台上，靠近中控屏和前部电路，磁环境也较为复杂。车辆静止一段时间后，开始沿着高速路和国道、县道行驶 4 小时 20 分钟，在 30-65 分钟之间绕着一个大转盘正转两圈(约 10 分钟)、反转一圈(约 5 分钟)模拟无人机持续盘旋，以此考核 AHRS 在复杂环境下的性能和适应性。

图 2-2-4-1、持续盘旋测试

测试结果:

航向:

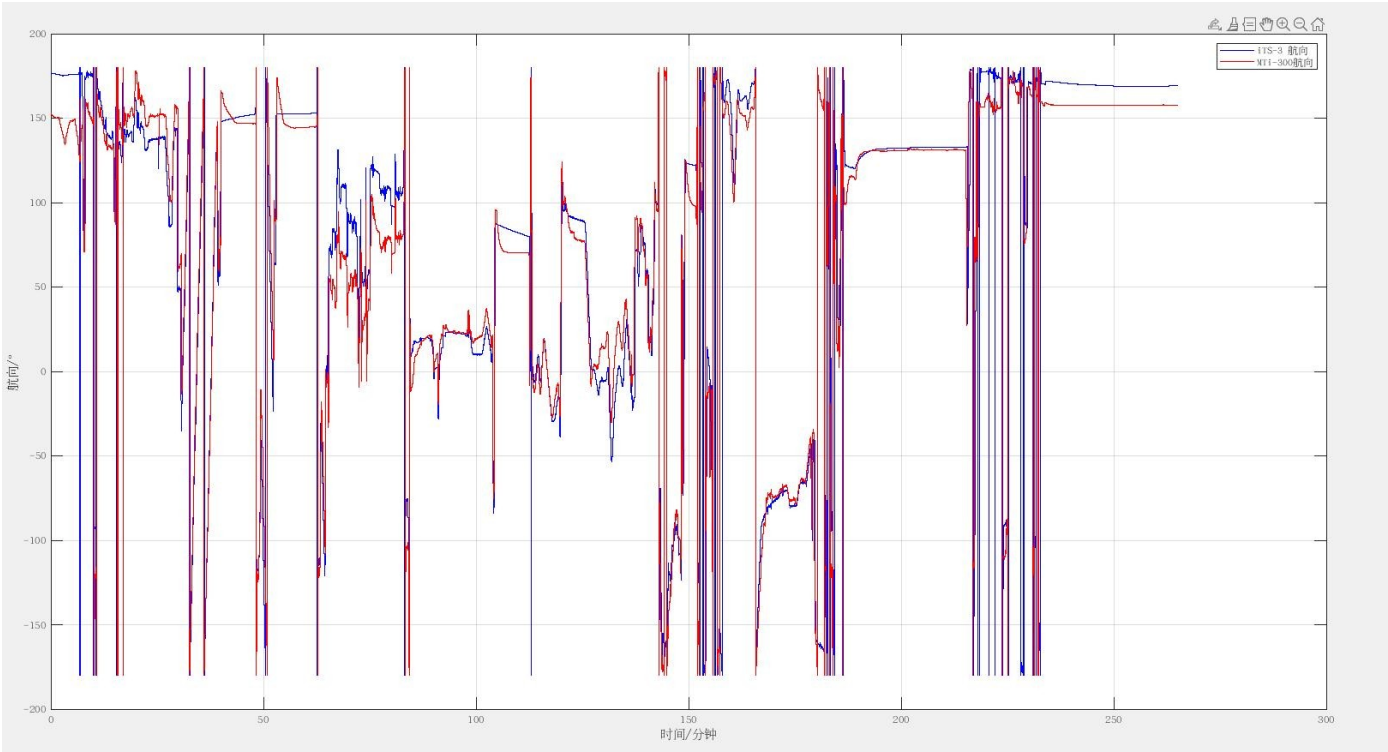

图 2-2-4-2、航向

结果分析:上图中 MTi-300 算法与 iTS-3 算法整体一直，细节处反映算法优劣。

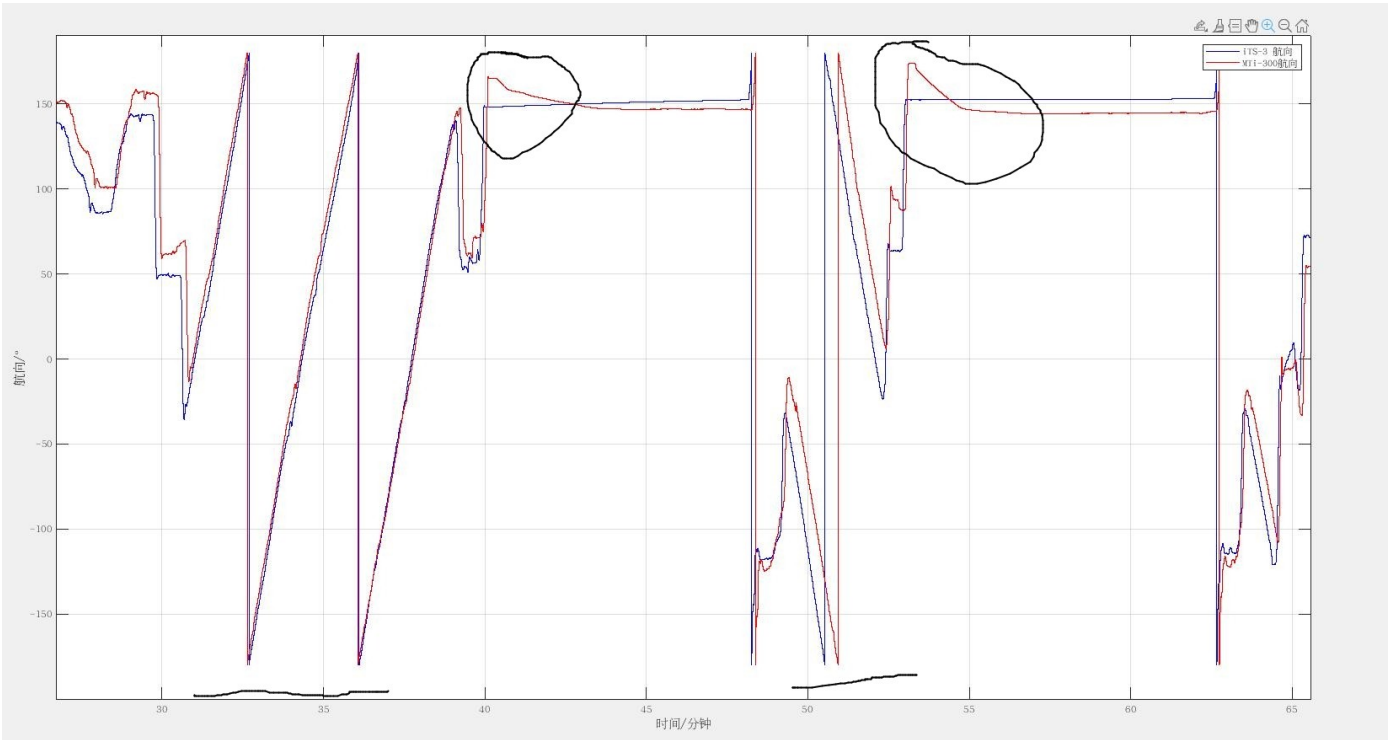

图 2-2-4-3、航向局部(正、反盘旋)

结果分析:上图中两处画黑直线处为绕转盘盘旋的航向，两个黑色圆圈处是盘旋后停车，MTi-300 算法的航向在停车后稳不住，一直飘移，大约 2 分钟才稳定，说明存在

稳态误差，MTi-300 无法良好的跟踪动态运动。iTS-3 算法在停车后平直稳定，说明在动态运动阶段可以良好的跟踪车辆的运动，不存在残余误差，反映出 iTS-3 的优秀。

俯仰角：

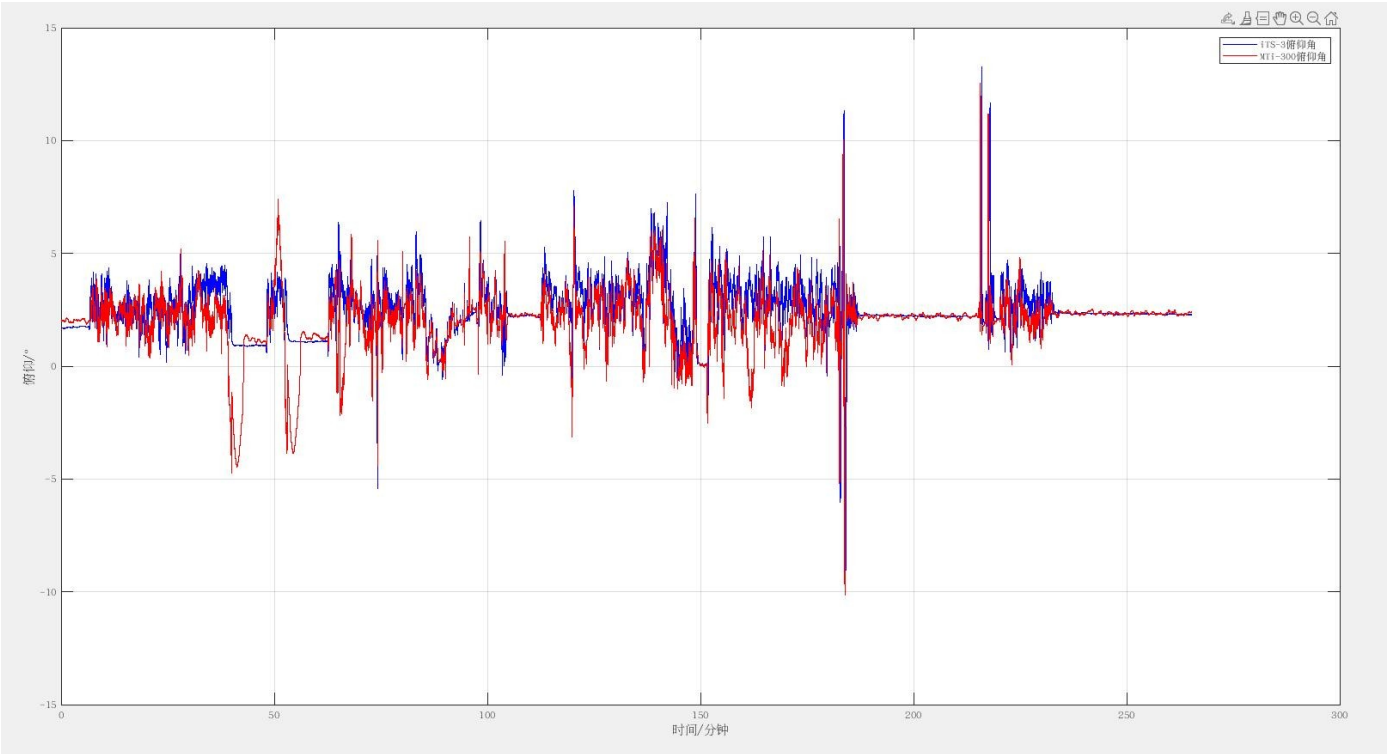

图 2-2-4-4、俯仰角

结果分析:MTi-300 和 iTS-3 的俯仰角在两处盘旋处差别较大，除此之外的地方基本一模一样。在盘旋时，MTi-300 俯仰角存在过冲，停车后一段时间才慢慢拉回来，参见下面细节放大图。

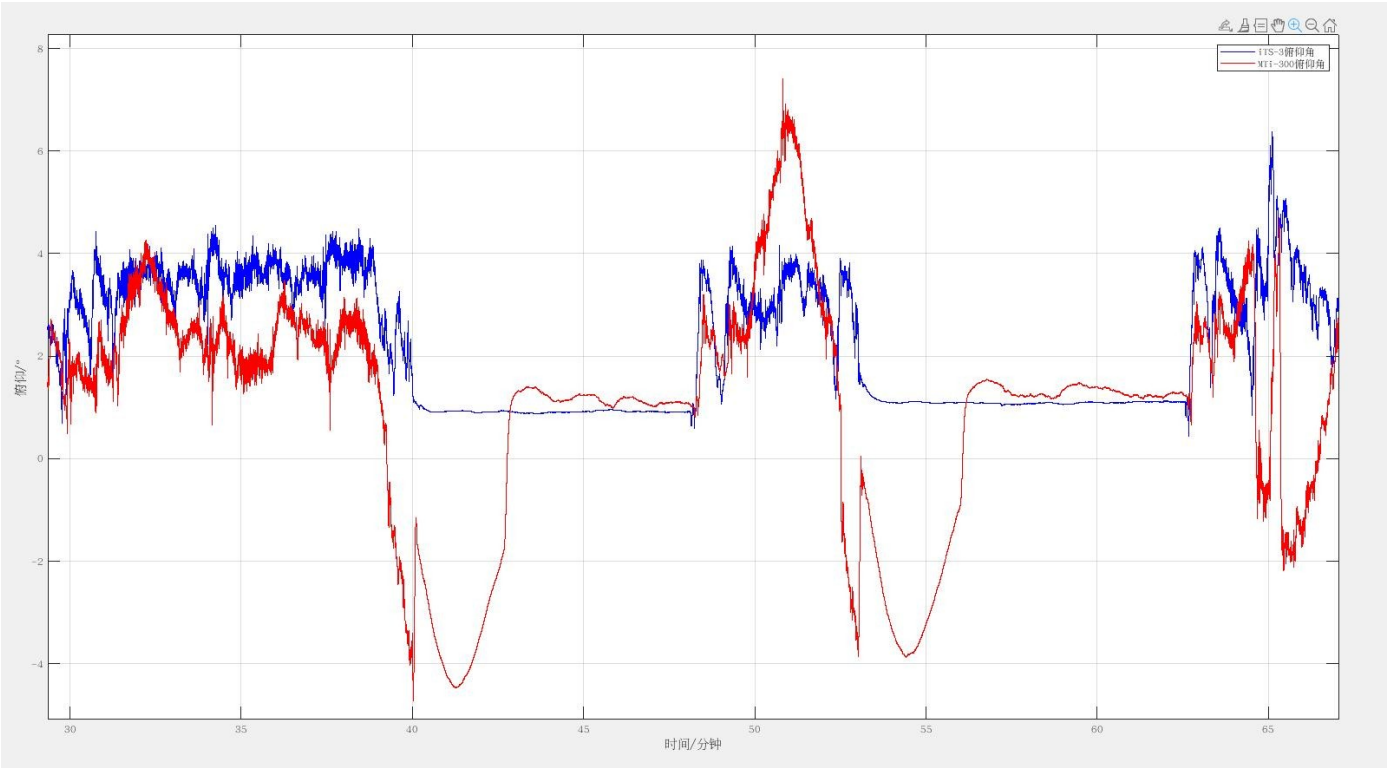

图 2-2-4-5、俯仰角局部(正、反盘旋)

结果分析:盘旋模拟了无人机的盘旋，每次盘旋后停车。MTi-300 的俯仰角随着盘旋逐渐飘飞了，甚至在停车后，俯仰角还在继续飘；而 iTS-3 的俯仰角一直比较稳定，盘旋时没有过冲，停车时也能实时跟踪，及时停下来，不会飘，可以实时精准的跟踪实际的运动。MTi-300 的这种表现如果在无人机上，会导致无人机姿态不稳，响应的投弹也不会准确；而 iTS-3 的表现优秀，可以抵抗车辆/无人机这种持续盘旋产生的离心力加速度干扰。

横滚角：

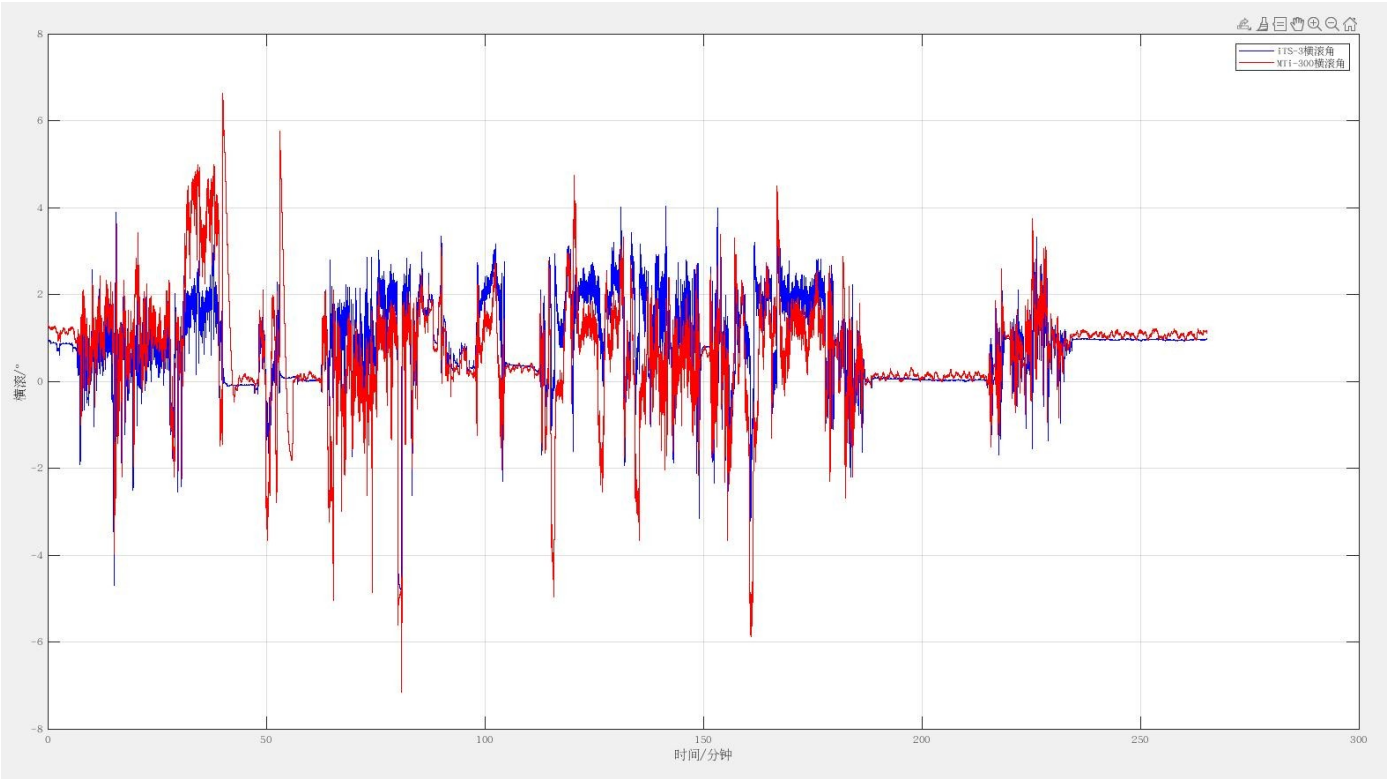

图 2-2-4-6、横滚角

结果分析:MTi-300 和 iTS-3 的横滚角在两处盘旋处差别较大，除此之外存在加速度机动干扰的地方，MTi-300 表现也不佳。在盘旋时，MTi-300 横滚角存在过冲，停车后一段时间才慢慢拉回来，参见下面细节放大图。

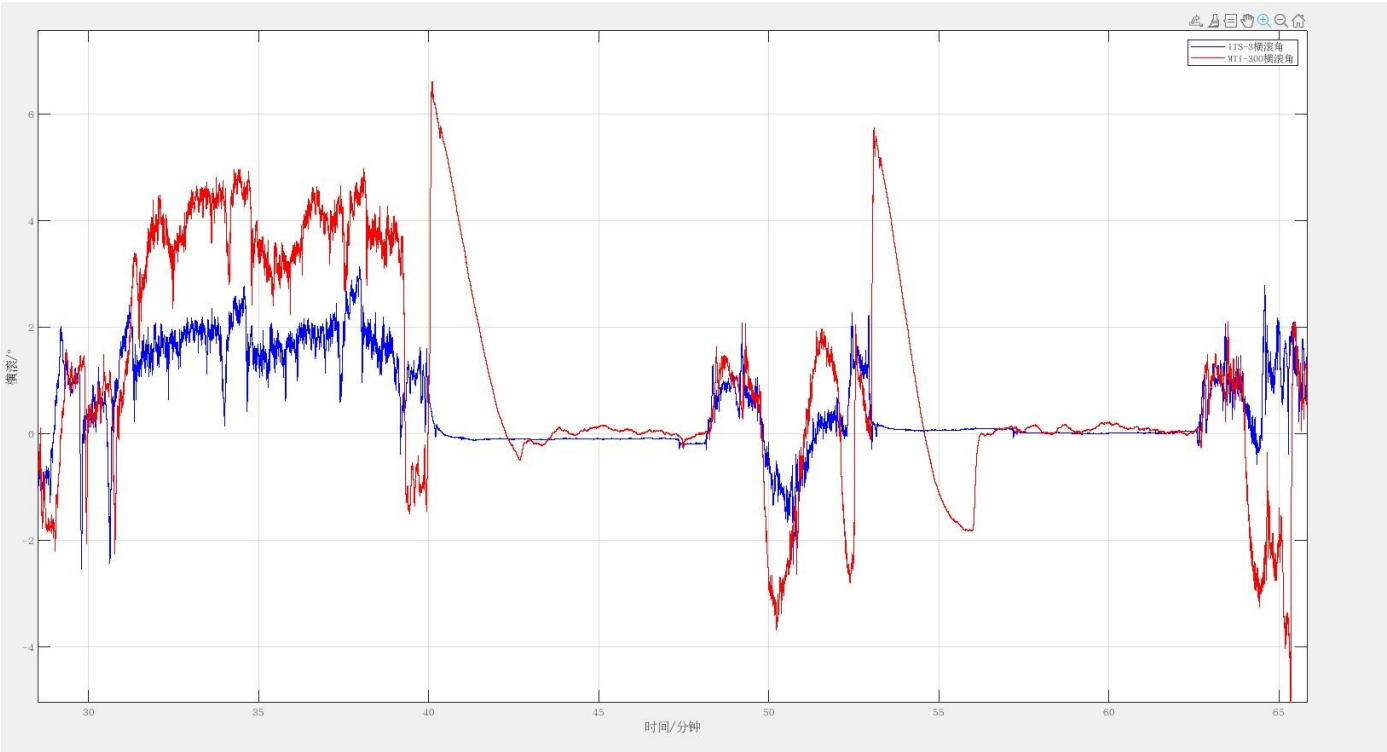

图 2-2-4-7、横滚角局部(盘旋)

结果分析:MTi-300 的横滚角随着盘旋逐渐飘飞了，甚至在停车后，还在继续飘；而 iTS-3 的横滚角一直比较稳定，盘旋时没有过冲，停车时也能实时跟踪，及时停下来，不会飘，可以实时精准的跟踪实际的运动。iTS-3 的表现优秀，可以抵抗车辆/无人机这种持续盘旋产生的离心力加速度干扰，给出精准结果，适应性强，大大优于 MTi-300。

4、客服

腾盛科技乐于为您提供 iTS 产品的使用信息，为您的应用场景集成提供技术支持和定制。您可通过电话、邮件和网站跟我们联系

- https://tsenav.com

- tsenav@163.com
- 电话: +86 15270575071、18258330715