

C1高精度板卡测试报告

BDS/GPS观测数据质量篇

COMPETITIVE ANALYSIS

概述：

本报告对比分析了北云C1接收BDS信号和某国外品牌R9接收GPS信号在典型应用场景中的性能表现，重点对比了不同卫星系统的信号观测质量（包括多径、数据完整率、周跳等）和后处理解算精度。根据高精度位置的应用需求，选取了不同程度遮挡的环境进行测试和对比分析，并提供了原始数据下载链接。

比测结果表明，在开阔环境下接收机的观测数据质量一致，在严重遮挡的环境下C1优势明显。C1在不同使用环境下均能稳定提供高质量、高可用的原始观测数据。

测试原理：

高精度GNSS接收机的两大核心模块分别是基带信号处理模块和高精度定位解算模块。基带信号处理模块输出原始观测数据给定位解算模块，由定位解算模块完成RTK解算，最终得到定位结果。可见，原始观测数据是高精度定位的基础，原始观测数据质量直接影响定位解算的精度。

原始观测数据质量与测试环境息息相关，此次比测针对性地选取了以下典型场景进行测试：

- 静态开阔环境
- 树荫遮挡环境
- 水池多径环境
- 电磁干扰环境
- 雷达干扰环境
- 高电压干扰环境

对每个测试场景的原始观测数据进行了QC检测，检测指标如下：

(1) MP值 - 伪距多径值，体现板卡的多路径效应抑制能力；用伪距和载波相位观测值加权计算； $MP1 < 50$ 、 $MP2 < 75$ 为佳（单位：cm），数值越小，表示板卡的多路径效应抑制能力越强；

(2) DI - 观测数据完整率；用板卡输出的有效观测数据的数量，除以用卫星星历计算的理论观测数据的数量；数值越大，表示板卡输出的观测数据越完整；

(3) SLPS - 周跳数；GNSS载波相位测量值，由于卫星信号的失锁而导致的整周计数的跳变或中断的次数；周跳数越少，表示信号跟踪越稳定；

(4) O/slps - 每周跳观测量；用板卡输出的有效观测数据的数量，除以检测到的周跳数（周跳数为0时，除数取1）； $O/slps > 200$ 为佳，数值越大，表示信号的周跳数越少。

以上指标可由Anubis2.3.0软件进行QC检测获得（其中数据完整率使用Anubis2.2.4软件检测）。Anubis软件是由捷克国家大地测量、地形与地图制图研究所开发的，用于GNSS数据预处理的新兴免费开源软件，软件支持全部卫星系统，支持不同版本的RINEX文件，支持常见操作系统，可同时多个RINEX文件进行批量处理，具有广泛的适用性和高效性。

此外，对静态不同环境的原始观测数据进行了后处理解算和对比分析。后处理解算使用Novatel公司的Inertial Explorer 8.80软件进行，采用RMS对解算位置精度进行评价（RMS - 均方根误差，后处理均值与每个测试值的偏差的平方和与测试次数的比值的平方根，体现测试值与测试均值之间的偏差程度，即精度）。

为对比BDS/GPS卫星信号的观测数据质量，此次数据分析的QC检测中，仅检测北云C1接收机接收的BDS信号和TRIBLE NetR9接收机接收的GPS信号，对比两者的观测数据质量。

因Inertial Explorer 8.80软件默认必须使用GPS数据进行解算，后解算时全部采用GPS+BDS双系统数据进行解算。

测试设备和方法

本次测试为接收机观测数据质量对比测试，测试设备连接如图1，测试平台需保证以下条件：

- 测试接收机使用同一型号的天线；
- 测试接收机使用同一规格的射频线缆；
- 测试接收机内置电池或外接电源供电；
- 测试接收机内置存储卡或外接串口数据接收模块；
- 后解算时的基准站使用流动站相同型号的接收机，使用相同的连接方式和数据存储方式。

所有测试的基准站测试环境如图2，GNSS天线放置在建筑物屋顶上，视野开阔无任何遮挡物，是最为理想的GNSS信号观测环境。基准站天线通过功分器将信号分给两台待测基准站接收机。

所有测试的流动站根据测试设置的不同场景选择，流动站选址均在中南大学校园内，流动站与基准站之间的基线长约7-9km。流动站天线通过功分器将信号分给两台待测流动站接收机，静态每次测试4h以上，动态测试1h以上。

图1 测试设备及连接

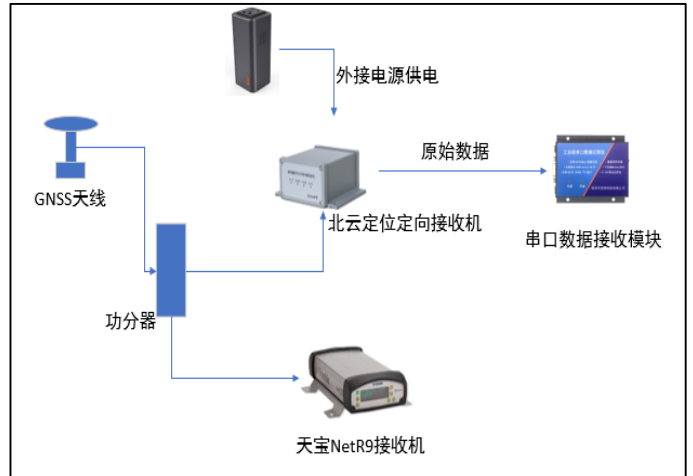


图2 基准站天线位置



测试结果

1. 静态开阔环境

静态开阔环境的流动站设置在中南大学新地信楼楼顶，如图3，也是理想的GNSS信号观测环境，接收机原始观测数据数据，拷机10.5h。后解算结果统计见表1和图4，QC检测结果见表2。

如表1和图4，C1接收机和R9接收机各个方向的位置精度较为一致，两台接收机水平方向的精度在1cm内，高程方向的精度在2cm内。在测试初始阶段，C1的解算位置出现了间歇性的跳点，这可能与观测出现周跳有关；测试后期C1的解算位置趋于稳定；而R9的解算位置一直在小范围内波动。

如表2，两台接收机在开阔环境下观测数据质量都较好。C1接收BDS的数据完整率高于R9接收GPS；BDS和GPS的周跳数都很少，BDS周跳数略少于GPS；BDS卫星数较多且周跳较少，因此BDS周跳比是GPS的4倍；BDS各频点的多路径值均小于4cm，GPS各频点的多路径值在都超过9cm。

综上所述，静态开阔环境下，两台接收机的观测质量均较好，解算位置精度较高，但C1的解算位置中有跳点，R9的解算位置持续波动。C1的QC检测指标整体优于R9。

图3 静态开阔环境天线位置

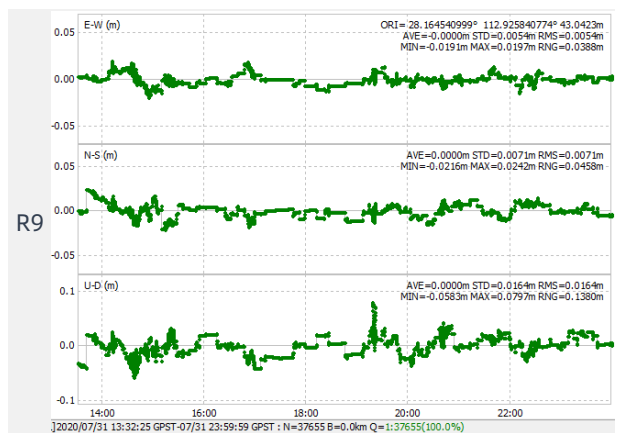
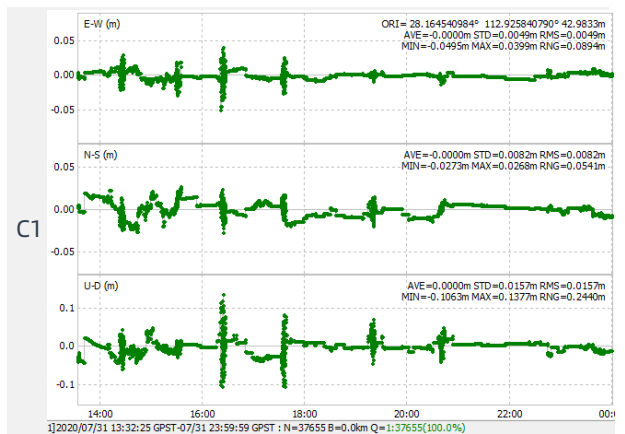


表1 静态开阔环境后解算统计数据

板卡型号	定位精度RMS/mm		
	E	N	U
C1	4.9	8.2	15.7
R9	5.4	7.1	16.4

表2 开阔环境观测数据检测结果

卫星系统	接收机型号	指标					
		MP1(cm)	MP2(cm)	MP5(cm)	DI(%)	SLPS	O/Slps
BDS	C1	3.2	1.4	2.9	95.86	4	344253
GPS	R9	37.7	16.0	9.8	91.69	10	79578

*MP1 < 50、MP2 < 75为佳（单位：cm），数值越小，表示板卡的多路径效应抑制能力越强；DI数值越大，表示板卡输出的观测数据越完整；SLPS越少，表示信号跟踪越稳定；O/Slps > 200为佳，数值越大，表示信号的周跳数越少。

*GPS的MP2是GPS卫星的L2检测值，MP5是GPS卫星的L5检测值；BDS的MP2是BD II 卫星的B2检测值，MP5是BD III 卫星的B2检测值。

2. 树荫遮挡环境

树荫遮挡环境选择如图5，位于中南大学新校区校园内；GNSS天线放置在树下，天线南侧视野枝叶稠密，卫星信号遮挡严重；录制4.5h原始观测数据，数据后解算定位结果统计见表3和图6，QC检测结果见表4。

相比开阔环境，树荫遮挡环境的各项评价指标明显变差，树荫遮挡对观测数据质量影响较大。

如表3和图6，C1接收机受树荫遮挡影响较小，各向的位置精度与开阔环境一致。两台接收机的水平位置精度在1cm内，C1接收机高程方向的精度在2cm内，但R9接收机的东向和高程精度相比开阔环境都恶化了一倍。C1的解算位置趋于稳定；而R9的解算位置一直在小范围内波动。

如表4，两台接收机在树荫环境下观测数据质量都有一定程度的恶化。两台接收机的数据完整率都降低到了85%以下，C1接收BDS的数据完整率略高于R9接收GPS；BDS和GPS的周跳数都有增加，BDS周跳数少于GPS；BDS卫星数较多且周跳数少，因此BDS周跳比是GPS的14倍；BDS各频点的多路径值均小于6cm，GPS各频点的多路径值都超过20cm。

综上可知，相比开阔环境，树荫遮挡环境下，两台接收机的观测质量都略有变差；C1的解算位置精度高于R9。C1的QC检测指标整体优于R9。

图5 典型的树荫遮挡环境



图6 后解算定位精度

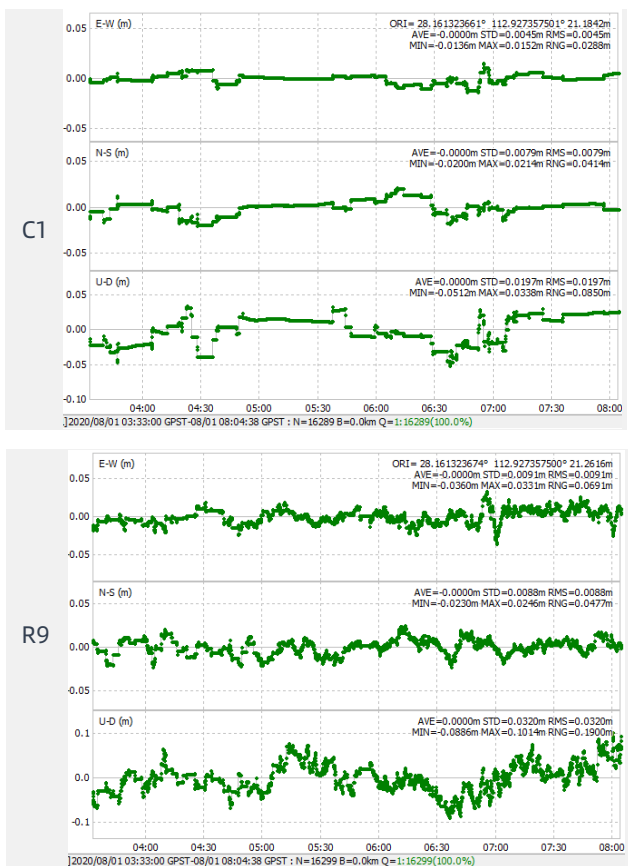


表3 树荫遮挡环境后解算统计数据

板卡型号	定位精度RMS/mm		
	E	N	U
C1	4.5	7.9	19.7
R9	9.1	8.8	32.0

表4 树荫遮挡环境观测数据检测结果

卫星系统	接收机型号	指标					
		MP1(cm)	MP2(cm)	MP5(cm)	DI(%)	SLPS	O/Slps
BDS	C1	5.2	2.5	4.5	84.94	10	58876
GPS	R9	47.9	23.6	/	83.78	88	4095

*MP1 < 50、MP2 < 75为佳（单位：cm），数值越小，表示板卡的多路径效应抑制能力越强；DI数值越大，表示板卡输出的观测数据越完整；SLPS越少，表示信号跟踪越稳定；O/Slps > 200为佳，数值越大，表示信号的周跳数越少。

*GPS的MP2是GPS卫星的L2检测值，MP5是GPS卫星的L5检测值；BDS的MP2是BD II 卫星的B2检测值，MP5是BDIII 卫星的B2检测值。

3.水池多径环境

水池多径环境选择如图7，位于中南大学老校区校园内；GNSS天线架设在水池旁，天线周围有少许树木遮挡，卫星信号多径严重；录制4.5h原始观测数据，数据后解算定位结果见表5和图8，QC检测结果见表6。

相比开阔环境，水池多径环境的各项评价指标明显变差，水池多径对观测数据质量影响较大。

如表5和图8，C1接收机受水池多径的影响较小，各向的位置精度与开阔环境一致。两台接收机的水平位置精度在1cm内，C1接收机高程方向的精度在2cm内，但R9接收机的东向和高程精度相比开阔环境都恶化了一倍。C1的解算位置趋于稳定；而R9的解算位置一直在小范围内波动。

如表6，两台接收机在水池旁观测数据质量都有一定程度的恶化。两台接收机的数据完整率都降低到了80%以下，C1接收BDS的数据完整率高于R9接收GPS；BDS检测到2个周跳，但GPS的周跳数较多；BDS卫星数较多且周跳数少，因此BDS周跳比是GPS的100多倍；BDS各频点的多路径值均不超过8cm，GPS各频点的多路径值都超过20cm。

综上所述，水池多径环境下，两台接收机的观测质量都略有变差；C1的各向解算位置精度都明显高于R9。C1的QC检测指标整体优于R9。C1接收BDS的抗多径能力很好，信号稳定跟踪和周跳探测与修复的能力也较好。

图7 典型的水池多径环境



图8 后解算定位精度

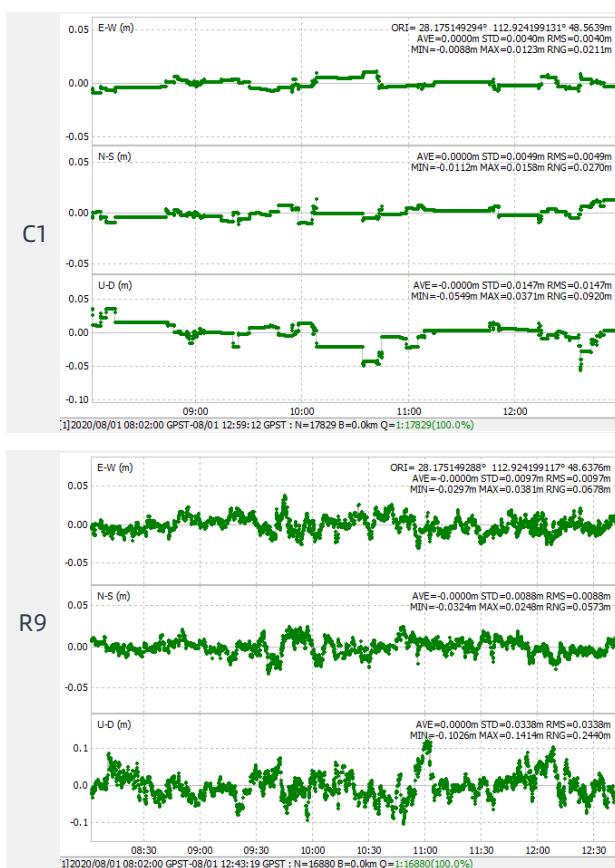


表5 水池多径环境后解算统计数据

板卡型号	定位精度RMS/mm		
	E	N	U
C1	4.0	4.9	14.7
R9	9.7	8.8	33.8

表6 水池多径环境观测数据检测结果

卫星系统	接收机型号	指标					
		MP1(cm)	MP2(cm)	MP5(cm)	DI(%)	SLPS	O/Slps
BDS	C1	8.0	2.5	4.4	78.23	2	290431
GPS	R9	47.9	22.7	/	65.38	106	2524

*MP1 < 50、MP2 < 75为佳（单位：cm），数值越小，表示板卡的多路径效应抑制能力越强；DI数值越大，表示板卡输出的观测数据越完整；SLPS越少，表示信号跟踪越稳定；O/Slps > 200为佳，数值越大，表示信号的周跳数越少。

*GPS的MP2是GPS卫星的L2检测值，MP5是GPS卫星的L5检测值；BDS的MP2是BD II 卫星的B2检测值，MP5是BD III 卫星的B2检测值。

4. 干扰环境观测量

选择典型的干扰环境如图9，电磁干扰环境选择在中南大学文法楼楼顶，GNSS天线架设在电磁杆旁边，录制10h原始观测数据；雷达干扰环境的选择在中南大学物理楼楼顶，GNSS天线架设在雷达信号接收器旁边，录制4.5h原始观测数据；高电压环境选择在中南大学内，GNSS天线架设在变压器旁边，旁边有少许树木遮挡，录制5h原始观测数据；QC检测结果见表7。

电磁环境下，C1接收BDS的数据完整率保持在93%，而R9仅接收74%左右的有效GPS数据；BDS检测到4个周跳，但GPS的周跳数略多；BDS卫星数较多且周跳数少，因此BDS周跳比是GPS的20多倍；BDS各频点的多路径值均不超过5cm，GPS各频点的多路径值都超过10cm。

雷达环境下，C1接收BDS的数据完整率保持在88%，而R9仅接收78%左右的有效GPS数据；BDS检测到2个周跳，GPS的周跳数也不多；BDS卫星数较多且周跳数少，因此BDS周跳比是GPS的20多倍；BDS各频点的多路径值均不超过5cm，GPS各频点的多路径值都超过15cm。

高压环境下，两台接收机的数据完整率都在85%上下；BDS检测到6个周跳，但GPS的周跳数很多；BDS卫星数较多且周跳数少，因此BDS周跳比是GPS的75倍；BDS各频点的多路径值均不超过8cm，GPS各频点的多路径值都超过20cm。

图9 典型的干扰环境



表7 干扰环境观测数据检测结果

干扰环境	卫星系统	接收机型号	指标					
			MP1(cm)	MP2(cm)	MP5(cm)	DI(%)	SLPS	O/Slps
电磁环境	BDS	C1	4.1	1.7	3.1	93.01	4	331656
	GPS	R9	55.5	17.5	10.1	74.08	54	14902
雷达环境	BDS	C1	4.9	2.0	3.6	88.52	2	329391
	GPS	R9	38.5	17.8	/	78.07	18	15721
高压环境	BDS	C1	7.5	2.8	3.9	88.90	6	115259
	GPS	R9	45.8	22.3	/	82.34	244	1513

*MP1 < 50、MP2 < 75为佳（单位：cm），数值越小，表示板卡的多路径效应抑制能力越强；DI数值越大，表示板卡输出的观测数据越完整；SLPS越少，表示信号跟踪越稳定；O/Slps > 200为佳，数值越大，表示信号的周跳数越少。

*GPS的MP2是GPS卫星的L2检测值，MP5是GPS卫星的L5检测值；BDS的MP2是BD II 卫星的B2检测值，MP5是BD III 卫星的B2检测值。

数据后解算定位结果见表8和图10，C1接收机受各类干扰的影响较小，各向的位置精度与开阔环境一致。两台接收机在电磁和雷达干扰下的水平位置精度在1cm内，高程方向的精度在2cm内，但R9接收机在高电压干扰环境下的各向精度相比开阔环境都恶化了一倍。C1的解算位置趋于稳定；而R9的解算位置一直在小范围内波动。

综上所述，不同干扰环境下，两台接收机的观测质量都略有变差；C1的各向解算位置精度都明显高于R9。C1的QC检测指标整体优于R9，C1接收BDS的抗多径能力很好。

表8 干扰环境后解算统计数据

干扰环境	板卡型号	定位精度RMS/mm		
		E	N	U
电磁	C1	5.4	7.4	17.9
	R9	5.5	6.4	18.6
雷达	C1	4.2	4.8	10.4
	R9	6.6	7.4	19.5
高压	C1	4.5	5.7	20.8
	R9	11.1	10.5	37.0

图10 后解算定位精度-电磁

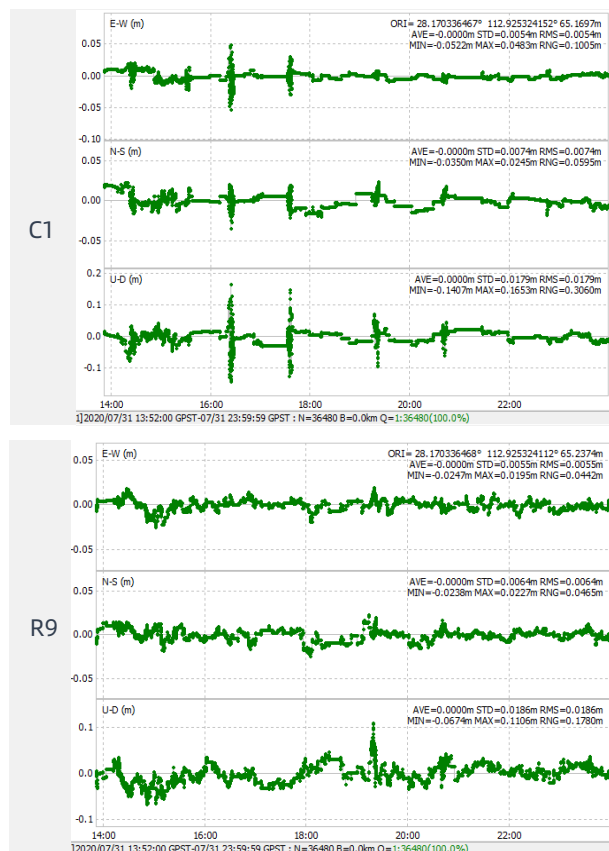


图10 后解算定位精度-高压

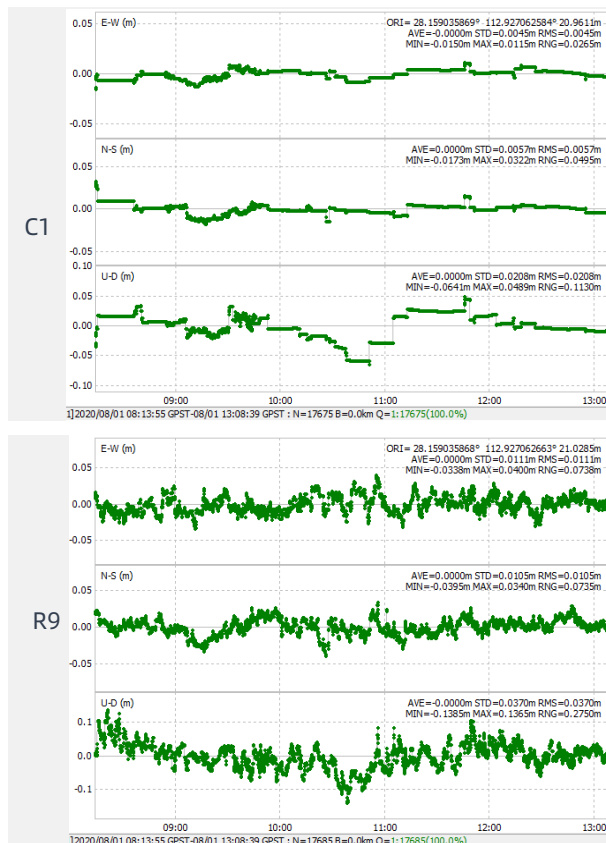
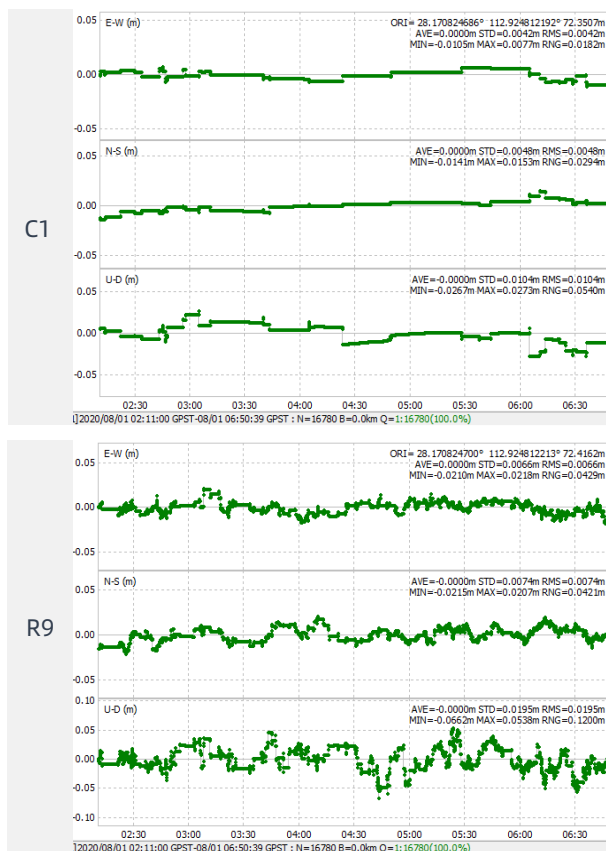


图10 后解算定位精度-雷达



总结:

为了对比北云C1接收BDS信号和R9接收GPS信号在典型应用场景中的性能表现，我们选取了不同程度遮挡的环境进行了对比测试。使用Novatel公司Inertial Explorer软件进行后处理解算，采用RMS作为后处理解算精度的评价指标；使用由捷克国家大地测量、地形与地图制图研究所开发的Anubis软件进行观测数据QC检测，采用MP值、DI值、SLPS、O/Slps作为观测数据的评价指标，并对检测结果进行了详细的对比分析。

开阔环境下的测试表明，北云C1接收BDS信号和R9接收GPS信号的抗多径能力和数据完整率均较好。

树荫遮挡、水池多径和各类干扰环境下，C1各向的解算位置精度都明显高于R9。C1的QC检测指标整体优于R9。C1接收BDS的抗多径能力很好，信号稳定跟踪和周跳探测与修复的能力也较好。

比测结果表明，在开阔环境下接收机的观测数据质量一致，在严重遮挡的环境下C1优势明显。C1在不同使用环境下均能稳定提供高质量、高可用的原始观测数据。

本次测试原始数据下载：

<https://www.bynav.com/cn/resource/bywork/geek-observation/gps-vs-bds.html>



bynav北云

HUNAN BYNAV TECHNOLOGY CO.,LTD

www.bynav.com

电话：0731-85058117

邮箱：sales@bynav.com