bynav北云

编号：AN042
等级：公开
版本：2020.9

C1高精度板卡测试报告

原始观测数据质量篇

COMPETITIVE ANALYSIS

概述：

本报告对比分析了C1与国内外竞品板卡在典型应用场景中的性能表现，重点对比了板卡的原始观测数据质量（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，在开阔环境下各竞品板卡表现一致，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。同时，C1的Galileo信号接收性能明显优于竞品。

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
- 高楼遮挡环境
- 复杂多径环境

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；用观测伪距和载波相位加权计算；MP1 < 0.5、MP2 < 0.75为佳，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可接收到的观测数据的数量；数值越大，表示板卡输出的观测数据越完整；

(3) O/slps – 每周跳观测量；用板卡输出的有效观测数据的数量，除以检测到的周跳的数量（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TEQC软件进行QC检测获得。TEQC是由UNAVCO Facility研制的为研究GPS监测站数据服务的公开免费软件，软件在快速、多角度、全方位的分析观测数据质量方面具有强大的优势。

此外，对静态开阔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，测试值与测试均值值的偏差的平方和与测试次数的比值的平方根，体现测试值与均值之间的偏差程度，即精度）。

bynav北云

测试设备和方法

本次测试为板卡观测数据质量对比测试，测试设备连接如**图1**，不同型号的板卡是测试的唯一变量，测试平台需保证以下条件：

- 所有板卡使用同一型号的天线；
- 所有板卡使用同一规格的射频线缆；
- 所有板卡使用同一型号的载板；
- 所有板卡使用同一型号的电源适配器供电；
- 串口通过MOXA连接PC端，保证串口通信和数据传输的一致性；
- 后解算时的基准站使用与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。

基准站选择测试环境如**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三台待测基准站接收机，基准站保存原始观测数据，用于相同型号的接收机进行后解算。

所有测试的流动站根据测试设置的不同场景选择，流动站选址均在长沙高新区，流动站与基准站之间的基线长约3-8km。流动站天线通过功分器将信号分给三台待测流动站接收机，每次测试1h。

测试结果

1.开阔环境观测量

选择开阔环境流动站如**图3**，视野开阔无任何遮挡物，GNSS天线放置在测试车车顶，其他设备放置在测试车车内，录制1h原始观测数据，测试基线长约为7.2km。测试数据和相同型号基准站接收机的原始数据，转换为RINEX文件后，使用Novatel公司Inertial Explorer 8.80软件进行后处理解算，解算结果见**图4**和**表1**。

如**图4**和**表1**，C1、N板卡和U板卡的后处理解算精度相当，东向和北向的RMS均小于6mm，高程RMS小于26mm；三块板卡的定位结果在相同时刻出现整体偏差。

表1 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	4.2	4.6	22.1
N	6.0	6.0	25.3
U	5.6	4.4	21.9

图1 测试设备及连接

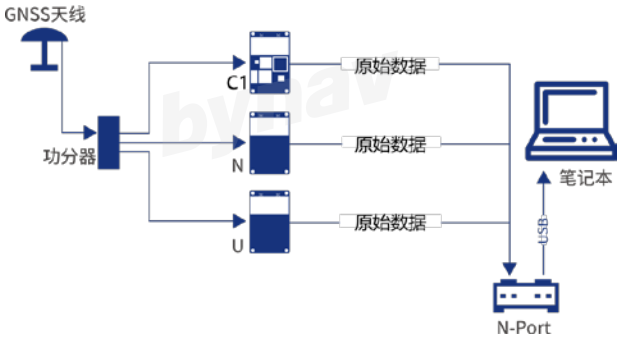


图2 基准站天线位置

图3 开阔环境流动站天线位置

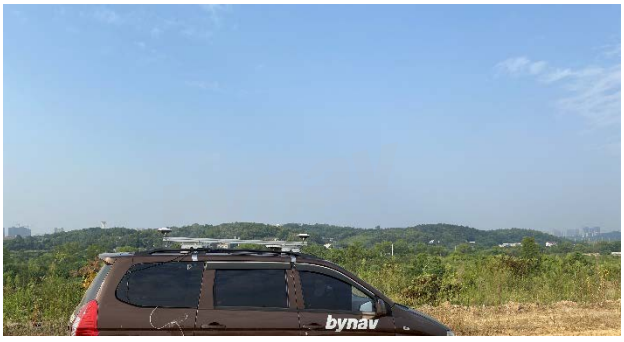
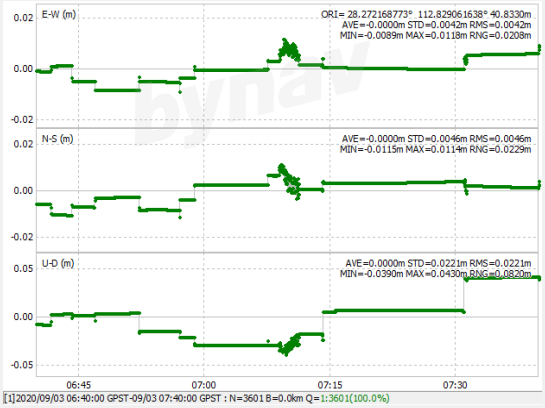
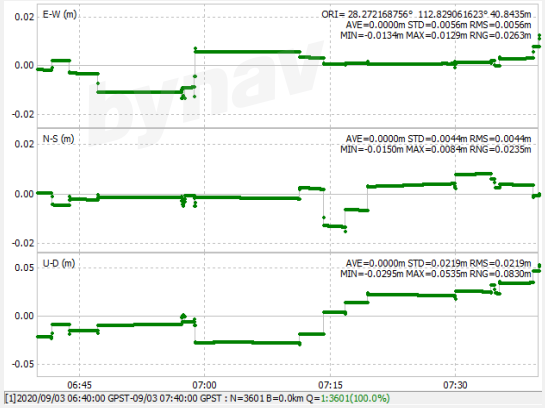


图4 开阔环境后解算定位精度

C1



U板卡



开阔环境的原始观测数据QC检测结果见**表2**；三块板卡的观测数据检测结果都稳定良好，各系统的MP值均小于0.5，数据完整率（除GLONASS外）均为100%，O/Slps均大于3000。

具体分析查看，**C1的BDS和GPS系统MP值与N板卡接近，都小于0.1，但C1-GLONASS的MP值较大，U板卡的MP值整体比其他两块板卡大一倍以上；开阔环境下三块板卡的周跳检测能力均较强，仅N板卡的BDS检测到10个周跳，N板卡和U板卡的GPS检测到4个和9个周跳，C1的GLONASS检测到2个周跳。**

综上可知，C1和N板卡的抗多径能力很好，U板卡次之；三块板卡的信号稳定跟踪和周跳探测与修复的能力均较好，接收观测量稳定；C1-GLONASS的抗多径能力还有一定的优化空间。

N板卡

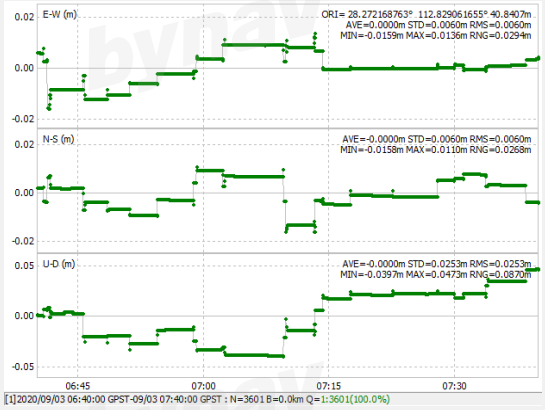


表2 开阔环境观测数据检测结果

卫星系统	板卡型号	指标			
		MP1(m)	MP2(m)	DI(%)	O/Slps
BDS	C1	0.08	0.06	100	36010
	N	0.06	0.06	100	3597
	U	0.23	0.12	100	36010
GPS	C1	0.09	0.10	100	29107
	N	0.10	0.07	100	7277
	U	0.28	0.41	100	3234
GLONASS	C1	0.19	0.36	90	10118
	N	0.06	0.06	90	20236
	U	0.41	0.43	90	20236
GALILEO	C1	0.19	0.07	100	18005
	N(不支持)	/	/	/	/
	U	0.45	0.16	100	18005

* 因N板卡接收BD3卫星的第一频点，U板卡不接收BD3卫星，故BDS系统仅统计BD2卫星的数据。

* 因GLONASS系统R06和R10卫星仅有L1频点，故该系统的数据完整率较低。

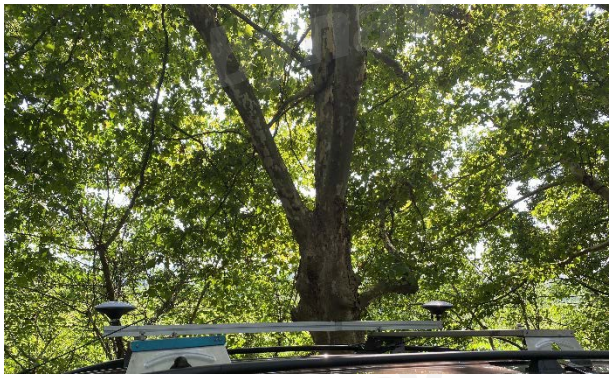
* 使用TEQC软件默认参数进行QC-full检测；MP1＜0.5、MP2＜0.75为佳，数值越小，表示信号多路径抑制能力越强； DI数值越大，表示观测数据越完整；O/Slps＞200为佳，数值越大，表示周跳越少。

2.树荫遮挡环境观测量

选择测试环境如**图5**，视野枝叶稠密，卫星信号遮挡严重；GNSS天线放置在测试车车顶，其他设备放置在测试车车内，录制1h原始观测数据，**树荫环境**测试基线长约为7.6km，测试数据转换为RINEX文件后，使用Novatel公司Inertial Explorer 8.80软件进行后处理解算，解算结果见**图6**和**表3**。

如**图6**和**表3**，C1、N板卡和U板卡的后处理解算精度相当，东向和北向的RMS均在20mm左右，高程RMS在60mm左右，C1的北向精度稍差，N板卡的高程精度稍差；三块板卡的定位结果波动幅度较为一致。

图5 典型的树荫遮挡环境



树荫环境观测数据QC检测结果见**表4**。相比开阔环境（**表2**），树荫遮挡环境（**表4**）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。

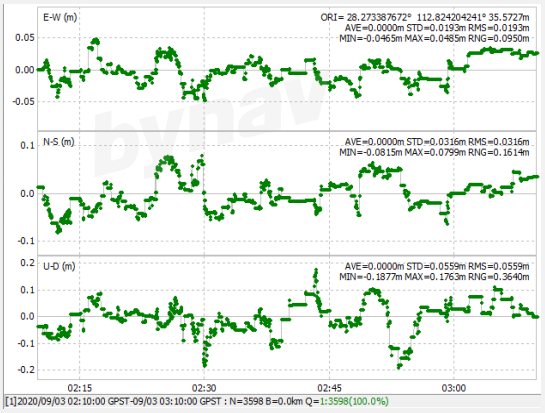
三块板卡的观测数据检测结果均较差，MP值偏大，数据完整率均较低。

表3 树荫遮挡环境后解算统计数据

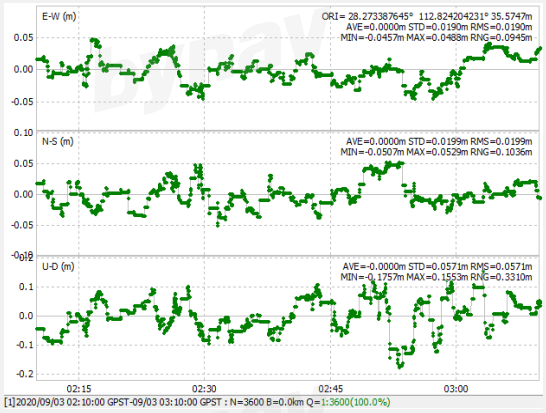
板卡型号	定位精度RMS/mm		
	E	N	U
C1	19.3	31.6	55.9
N	19.4	20.1	63.8
U	19.0	19.9	57.1

图6 树荫环境后解算定位精度

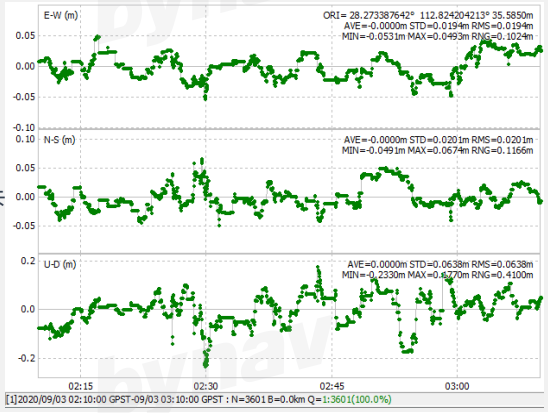
C1



U板卡



N板卡



BDS的观测数据，C1的MP值最小，N板卡稍大，U板卡的MP值约为C1的2倍；三块板卡的数据完整率均低于90%；C1周跳数较少，U板卡稍多，N板卡周跳数很多；

GPS的观测数据，C1的MP值最小，N板卡稍大，U板卡的MP值约为C1的2倍；三块板卡的数据完整率均在90%左右，且周跳数很多；

GLONASS的观测数据，C1的MP值最小，N板卡稍大，U板卡的MP值约为C1的2-4倍；三块板卡的数据完整率均低于70%，且周跳数很多；

GALILEO中，C1的MP值小，U板卡的MP值约为C1的3-4倍；数据完整率不到86%，且周跳数很多；

综上可知，树荫遮挡环境下，C1的抗多径能力很好，N板卡次之，U板卡较差；三块板卡的信号稳定跟踪和周跳探测与修复的能力均不理想，观测数据质量受测试环境的影响较大，但仍可从板卡性能设计的角度进行一定的优化。

表4 树荫遮挡环境 观测数据检测结果

卫星系统	板卡型号	指标			
		MP1(m)	MP2(m)	DI(%)	O/Slps
BDS	C1	0.39	0.38	86	398
	N	0.45	0.51	89	99
	U	1.01	0.74	86	196
GPS	C1	0.77	0.88	90	87
	N	1.52	1.01	91	80
	U	2.14	2.83	87	83
GLONASS	C1	1.27	1.17	61	95
	N	2.06	1.59	68	36
	U	3.68	4.02	64	66
GALILEO	C1	0.91	0.29	85	161
	N(不支持)	/	/	/	/
	U	2.92	1.49	82	128

* 因N板卡接收BD3卫星的第一频点，U板卡不接收BD3卫星，故BDS系统仅统计BD2卫星的数据。
* 因GLONASS系统R06和R10卫星仅有L1频点，故该系统的数据完整率较低。
* 使用TEQC软件默认参数进行QC-full检测；MP1 < 0.5、MP2 < 0.75为佳，数值越小，表示信号多路径抑制能力越强； DI数值越大，表示观测数据越完整；O/Slps > 200为佳，数值越大，表示周跳越少。

3.高楼遮挡环境观测量

选择测试环境如**图7**，天线周围有高楼遮挡，板卡的卫星信号观测范围受限；高楼**环境**测试基线长约为3.1km，后解算结果见**图8**和**表5**。

C1和N板卡在测试末段有定位跳动，N板卡的位置跳动幅度更大，持续时间更长；U板卡在测试初期有较大幅度的位置跳点。三块板卡仅C1的水平精度小于20mm，高程精度小于30mm，受到大幅度跳点的影响，U板卡和N板卡的位置精度较差。

表5 高楼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	16.8	8.3	29.1
N	465.4	121.8	567.5
U	86.8	24.9	255.2

图7 典型的高楼遮挡环境

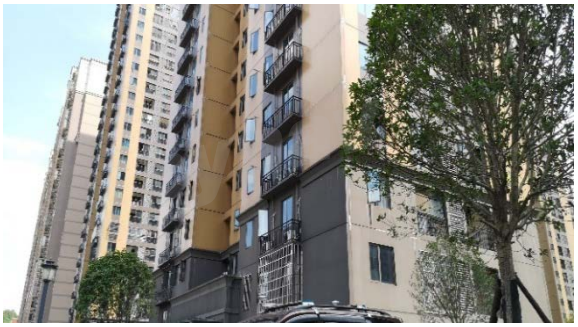
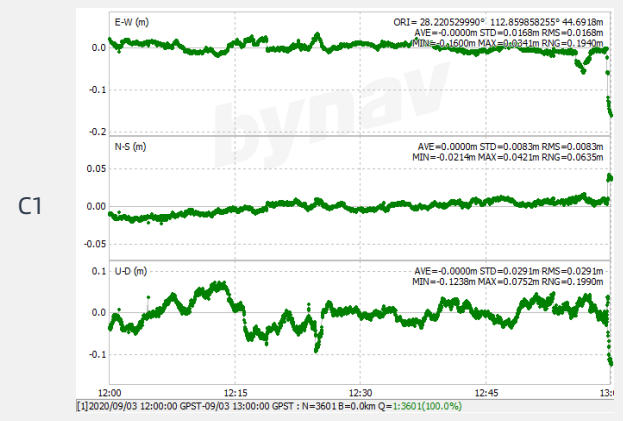
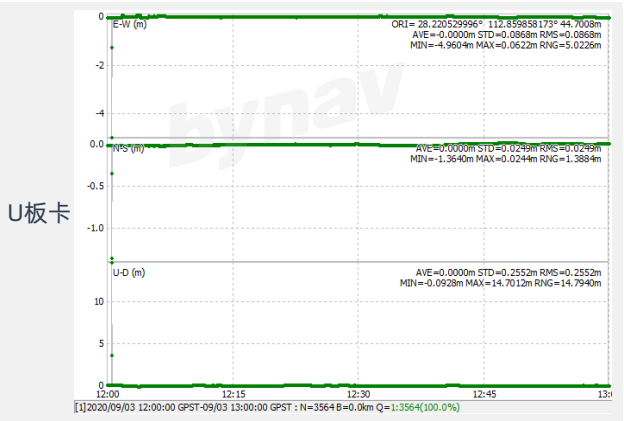


图8 高楼环境后解算定位精度





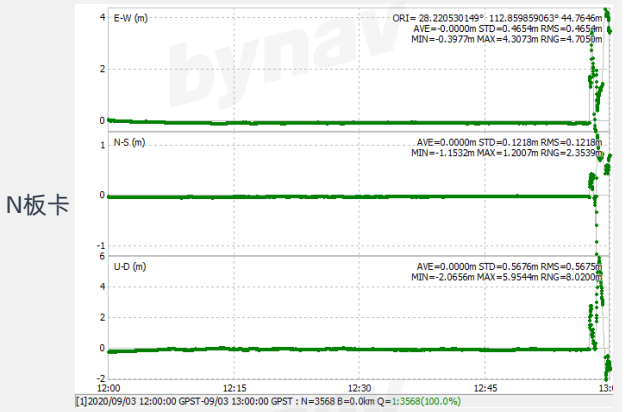
高楼遮挡环境的观测数据QC检测结果见**表6**。三块板卡的观测数据检测结果均较差，仅C1部分系统的MP值满足参考标准值，数据完整率均低，周跳很多。

BDS的观测数据，C1的MP值不超过0.3m，N板卡的MP值不超过0.5m，U板卡的MP值约为C1的2-4倍；N板卡的数据完整较低；C1周跳数较少，U板卡和N板卡的周跳数很多。

GPS的观测数据，C1的MP值不超过0.6m，N板卡和U板卡的MP值约为C1的2-5倍；三块板卡的数据完整率均低于60%；三块板卡的周跳都很多。

GLONASS的观测数据，C1和N板卡的MP值都稍差，U板卡的MP值更差；三块板卡因收星数少，数据完整率无法计算，N板卡的周跳是U板卡和C1的4倍多。

GALILEO中，C1的MP值小，U板卡的MP值和周跳数都是C1的2倍以上。



综上可知，在高楼遮挡环境下，C1抗多径的能力较好，N板卡次之，U板卡较差；三块板卡周跳探测与修复的能力都需加强。

表6 高楼遮挡环境观测数据检测结果

卫星系统	板卡型号	指标			
		MP1(m)	MP2(m)	DI(%)	O/Slps
BDS	C1	0.28	0.28	88	1426
	N	0.39	0.48	75	106
	U	1.00	0.82	87	275
GPS	C1	0.55	0.60	49	40
	N	1.10	1.22	54	16
	U	1.63	2.19	48	76
GLONASS	C1	0.83	1.13	-	602
	N	0.87	0.78	-	74
	U	4.45	2.23	-	288
GALILEO	C1	0.92	0.25	-	1587
	N(不支持)	/	/	/	/
	U	2.17	0.84	-	713

* 因N板卡接收BD3卫星的第一频点，U板卡不接收BD3卫星，故BDS系统仅统计BD2卫星的数据。

* 因GLONASS和GALILEO系统收星较少，未能计算出数据完整率。

* 使用TEQC软件默认参数进行QC-full检测；MP1＜0.5、MP2＜0.75为佳，数值越小，表示信号多路径抑制能力越强； DI数值越大，表示观测数据越完整；O/Slps＞200为佳，数值越大，表示周跳越少。

4.复杂多径环境观测量

选择测试环境如**图9**，天线周围有高楼遮挡，且玻璃墙面有强镜面反射，板卡的卫星信号观测环境复杂；GNSS天线放置在测试车车顶，其他设备放置在测试车车内，多径**环境**测试基线长约为8km，测试数据使用Novatel公司Inertial Explorer 8.80软件进行后处理解算，因观测数据质量较差，无法进行静态后处理解算。观测数据QC检测结果见**表7**.

相比开阔测试环境（**表1**），多径环境（**表7**）的各项指标整体变差。

不同系统的MP值差别很大；C1仅BDS系统的MP值较好；C1各个系统的MP值相对较好，N板卡次之，U板卡的MP值均超过1m，最大值达11.78m。 三块板卡的数据完整率均未超过75%；三块板卡中C1的数据完整相对更多，可稳定接收更多的观测数据。

受到复杂多径环境的影响，三块板卡各个系统的周跳都很多，特别是N板卡接收各个系统的观测数据的周跳都很多。

综上可知，在复杂多径环境下，C1抗多径的能力较好，N板卡次之，U板卡较差；三块板卡周跳探测与修复的能力都需继续优化。

图9 典型的多径环境

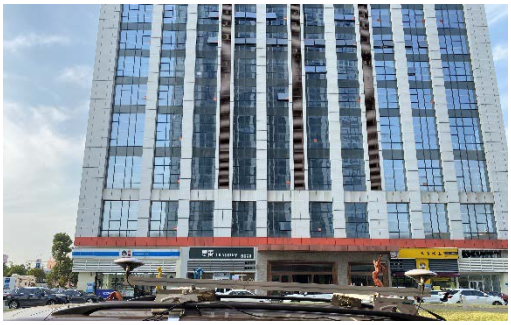


表7 多径环境观测数据检测结果

卫星系统	板卡型号	指标			
		MP1(m)	MP2(m)	DI(%)	O/Slps
BDS	C1	0.75	0.66	72	145
	N	0.84	1.07	52	47
	U	2.32	1.31	62	123
GPS	C1	1.69	1.63	69	41
	N	1.79	1.95	65	39
	U	3.56	6.22	60	54
GLONASS	C1	3.62	2.90	62	48
	N	4.40	6.62	51	13
	U	11.78	6.39	57	44
GALILEO	C1	1.95	0.38	66	135
	N(不支持)	/	/	/	/
	U	6.28	1.50	54	116

* 因N板卡接收BD3卫星的第一频点，U板卡不接收BD3卫星，故BDS系统仅统计BD2卫星的数据。
* 因GLONASS系统R06和R10卫星仅有L1频点，故该系统的数据完整率较低。
* 使用TEQC软件默认参数进行QC-full检测；MP1＜0.5、MP2＜0.75为佳，数值越小，表示信号多路径抑制能力越强； DI数值越大，表示观测数据越完整；O/Slps＞200为佳，数值越大，表示周跳越少。

总结：

为了对比不同接收机板卡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 8.80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UNAVCO Facility研制的TEQC软件进行观测数据QC检测，采用MP值、DI值、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。

后处理解算结果表明，不同环境下，C1、N板卡和U板卡的后处理解算精度相当；开阔环境下三块板卡的东向和北向的RMS均＜6mm，高程RMS＜26mm，在相同时刻出现整体的偏差；但在高楼环境下三块板卡出现不同程度的跳点，C1的定位跳点幅度最小，精度最优。

开阔环境下的QC检测表明，C1和N板卡的抗多径能力很好，U板卡次之；三块板卡的信号稳定跟踪和周跳探测与修复的能力均较好，接收观测量稳定；C1-GLONASS的抗多径能力还有一定的优化空间。

树木、高楼和多径环境下，仅C1持续的表现出较强的抗多径能力，N板卡次之，U板卡较差。

测试结果表明，在开阔环境下各竞品表现一致，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。此外，C1板卡的Galileo信号接收性能明显优于竞品（N板卡暂不支持Galileo ）。

本次测试原始数据下载：
http://www.bynav.com/cn/resource/bywork/geek-observation/rawdata.html

bynav北云
北云科技（湖南）股份有限公司
BYNAV TECHNOLOGY (HUNAN) CO.,LTD.
www.bynav.com
湖南省长沙市高新区尖山路39号中电软件园一期12栋
Tel：+86-731-85058117
mail：sales@bynav.com