



天狼星 *Sirius PRO*

拓普康无人机测图系统测试报告

拓普康天狼星
(Sirius PRO) 无人机测图系统

测 试 报 告

国家光电测距仪检测中心

2016 年 8 月



目 录

1. 测试概况	1
1.1 测试设备概况	1
1.2 测试目的.....	3
1.3 测试依据.....	3
1.4 测试地点.....	3
1.5 测试辅助设备	4
2. 测试内容	6
3. 测试方法	6
3.1 规格：重量、机身长度、翼展	6
3.1.1 测试目的	6
3.1.2 测试设备及条件	6
3.1.3 测试步骤	6
3.1.4 测试结果	7
3.2 环境适应性	7
3.2.1 测试目的	7
3.2.2 测试设备及条件	7
3.2.3 测试步骤	7
3.2.4 测试结果	8
3.3 续航能力.....	9
3.3.1 测试目的	9
3.3.2 测试设备及条件	9

3.3.3 测试步骤	9
3.3.4 测试结果	10
3.4 高海拔飞行能力	10
3.4.1 测试目的	10
3.4.2 测试设备及条件	10
3.4.3 测试步骤	10
3.4.4 测试结果	11
3.5 摄影测量精度	11
3.5.1 测试目的	11
3.5.2 测试设备及条件	11
3.5.3 测试步骤	11
3.5.4 测试结果	13
3.6 摄影测量重复性	23
3.6.1 测试目的	23
3.6.2 测试设备及条件	23
3.6.3 测试步骤	23
3.6.4 测试结果	24
4. 测试结果与结论	28
4.1 测试结果.....	28
4.2 测试结论.....	28
5. 声明	29
附件：项目测试承担单位简介	30

1. 测试概况

国家光电测距仪检测中心接受委托，于 2016 年 5 月至 7 月对拓佳丰圣（上海）科贸有限公司的“拓普康天狼星（Sirius PRO）无人机测图系统”（序列号：BC:6A:29:7C:0F:3E 110，以下简称“被测系统”）进行了测试。

本次测试的内容主要包括：被测系统的规格、环境适应性、续航能力、高海拔飞行能力、摄影测量精度、摄影测量重复性等。其中，青海省测绘产品质量监督检验站对本测试的部分项目提供了协助。

1.1 测试设备概况

拓普康天狼星（Sirius PRO）无人机测图系统是美国拓普康定位系统公司研制的高精度无人机测图系统，它配备有从飞行计划、影像获取、后处理到数据分析的全套软件，属于微型电动固定翼 RTK 航空测图系统。

（1）无人机飞行平台

拓普康天狼星（Sirius PRO）无人机飞行平台内部搭载有影像传感器、自动驾驶模块、RTK 测量模块。

影像传感器采用了富士 XM1 相机，APS-C-X-Trans CMOS 传感器，1600 万像素，可更换 8mm、18mm、27mm 三种不同规格镜头，满足 3D 城市建模、高精度测绘、高清影像等不同应用需求。

自动驾驶模块可以在起飞、执行任务和着陆整个飞行过程中自动实时稳定飞行姿态，抵御风、雨、雪等苛刻的自然环境，确保成像稳定并简化操控。

拓普康天狼星（Sirius PRO）首次将 100Hz RTK 模块集成到无人机内，在无人机航测领域内首次实现了无地面像控的测量方式，由影像传感器成像瞬间所采集的 RTK 固定解坐标取代传统的地面像控，免除了繁重的外业测量工作，极大地提高了工作效率，降低了生产成本。



图 1 Sirius PRO 无人机

（2）数据通讯

与传统的无人机通讯模式不同，天狼星的连接器和遥控器采用了独立的双通讯链路，在一条链路出现问题的情况下，另外一条链路仍然可以提供完整的控制。这种双备份的通讯机制为飞行安全提供了有力的保障。



图 2 通讯结构图

（3）配套软件

天狼星标准配套软件主要包含 MAVinci Desktop 飞行计划软件和 PhotoScan Pro 影像后处理软件。通过上述配套软件，用户通过一键式后处理接口直接得到正射影像 DOM、数字表面模型 DSM 和点云三种不同类型的生产成果。在此基础上，用户可根据不同需求选择多种数据加工和编辑平台，实现虚拟测量、体积量算、生成等高线、DLG 编辑等不同功能。

Sirius PRO 无人机测图系统标称主要参数如表 1 所示。

表 1 Sirius PRO 无人机测图系统主要标称参数

序号	参数	标称值
1	翼展	1.63m
2	机身长度	1.2m
3	重量	2.7kg（含 550g 载荷）
4	工作温度	-20℃~45℃
5	飞行时间	50min
6	飞行海拔	4000m
7	无地面像控点精度	x, y 方向最高精度可达 1.6cm z 方向精度最高可达 2.7cm

1.2 测试目的

本次测试针对被测系统的评估要求，对其在测绘行业应用的主要性能指标进行了测试，测试项目包括系统的规格、环境适应性、续航能力、高海拔飞行能力、摄影测量精度以及摄影测量重复性等。

1.3 测试依据

- （1）委托方和受托方拟定的测试方案；
- （2）JJG（测绘）3401-2016《数字航摄仪检定规程》
- （3）AC-61-FS-2016-20R1《民用无人机驾驶员管理规定》；
- （4）GB/T 6962-2005《1:500 1:1000 1:2000 地形图航空摄影规范》；
- （5）GB/T 7930-2008《1:500 1:1000 1:2000 地形图航空摄影测量内业规范》。

1.4 测试地点

按照测试方案的要求，测试地点分别选在：

- （1）航空影像传感器综合检测场；
- （2）数字航摄仪检测实验室；
- （3）高海拔测试场；
- （4）无人机飞行测试场。

1.5 测试辅助设备

本次测试工作中使用到的相关设备主要包括：

（1）几何精度测试场

摄影测量精度检测场位于河南省林州市，东西宽约 7km，南北长约 3km，检测场北面、南面和东面三面环山，有着便利的飞行气候条件。地貌以山地、丘陵和小块梯田为主，高低起伏的地形最大高差约在 320m 左右，完全可以满足航摄仪对高差的要求。摄影测量精度检测场由稀疏区和密集区两个部分组成。稀疏区覆盖整个检测场范围，均匀布设了近 300 个标志点（如图 3 和图 4 所示）；密集区位于检测场中部，东西宽约 500m，南北长约 1km，均匀布设了约 100 个标志点。所有标志点均采用 GPS 静态测量和水准测量的方法精确地测量了三维坐标，平面精度优于 1cm，高程精度优于 2cm，可以为包括无人机在内的航摄仪测试提供大量的控制点与检查点。

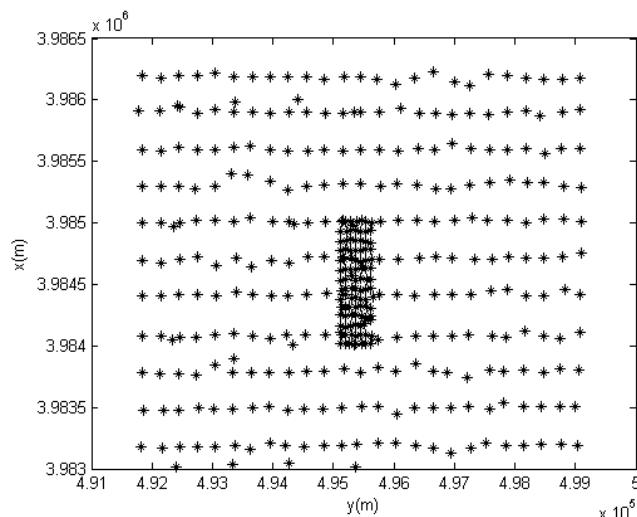
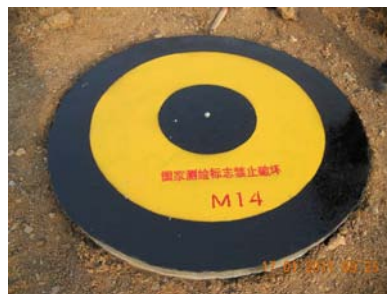


图 3 标志点分布图



（a）稀疏区标志点



（b）密集区标志点

图 4 标志点

密集区在范围、地形、标志点数量、分布以及坐标精度等方面都能够满足本次测试工作的要求，因此本次测试工作选择密集区作为几何精度测试场。

（2）高低温试验箱

测试所用的高低温试验箱满足试验 A《低温试验方法》（GB/T 2423.1-2008）和试验 B《高温试验方法》（GB/T 2423.2-2008）要求，能在试验工作空间内，在规定的时间内达到规定温度，可以满足本次测试工作的需要。具体的技术参数如表 2 所示。

表 2 高低温试验箱技术参数

序号	参数	指标
1	温度范围	-80℃~150℃
2	温度均匀度	±2℃
3	温度波动度	±0.5℃
4	升温速率	1.0℃~3.0℃/min
5	降温速率	0.7℃~1.0℃/min
6	时间设定范围	1h~9999h
7	总功率	15.5kW

（3）风速计

（4）计时器

（5）钢卷尺

（6）台秤

（7）海拔高度测量仪

2. 测试内容

测试项目如表 3 所示。

表 3 测试项目

序号	测试项目
1	规格
2	环境适应性
3	续航能力
4	高海拔飞行能力
5	摄影测量精度
6	摄影测量重复性

3. 测试方法

3.1 规格：重量、机身长度、翼展

3.1.1 测试目的

根据测试要求和测试步骤，测试被测系统的重量、机身长度和翼展是否满足产品设计要求和《民用无人机驾驶员管理规定》的分类要求。

3.1.2 测试设备及条件

测试设备主要包括：钢卷尺、台秤。

3.1.3 测试步骤

2016 年 5 月 31 日，在国家光电测距仪检测中心检测实验室进行了被测系统的重量、机身长度和翼展测试。

（1）将被测系统放置到台秤上，读取重量值，重复量取三次并记录，取三次读数的平均值作为系统的重量；

（2）平放被测系统，用钢卷尺从无人机头部测量至无人机尾部，读取长度值，重复量取三次并记录，取三次读数的平均值作为系统的机身长度；

（3）平放被测系统，用钢卷尺从无人机左翼端测量至无人机右翼端，读取长度值，重复量取三次并记录，取三次读数的平均值作为系统的翼展。

3.1.4 测试结果

（1）被测系统重量三次读数分别为 2.89kg，2.89kg，2.88kg，平均重量为 2.89kg；

（2）被测系统机身长度三次读数分别为 1.203m，1.200m，1.202m，平均长度为 1.202m；

（3）被测系统翼展三次读数分别为 1.631m，1.632m，1.632m，平均长度为 1.632m。

3.2 环境适应性

3.2.1 测试目的

根据测试要求和测试步骤，测试被测系统的相机在高低温环境下（-20℃～+45℃）工作是否正常。

3.2.2 测试设备及条件

测试设备主要包括：高低温试验箱。

3.2.3 测试步骤

2016 年 6 月 1 日，在国家光电测距仪检测中心检测实验室进行了被测系统的工作温度范围测试。按照本项测试的目的，本次工作温度范围测试设计为 7 个测试节点，总耗时约 220 分钟，高低温箱详细设置如表 4 所示，具体测试步骤如下：

（1）按照表 4 的要求，设置高低温试验箱程序；

（2）启动被测系统，并启动等时曝光程序后，将系统整体放入高低温试验箱，保持测试期间系统持续工作，直至测试结束；

（3）启动高低温试验箱；

（4）所有节点温度测试完后，关闭高低温试验箱和被测系统；

（5）从被测系统成像单元的存储卡中，提取出影像数据；

（6）统计被测系统分别在 45℃到-20℃的 7 个测试节点获取影像的数量。如果影像数量相同则认为被测系统在 45℃到-20℃条件下工作正常，否则认为不正常。

表 4 Sirius PRO 无人机测图系统高低温测试

序号	项目	温度（℃）	持续时间（min）
1	变温	常温（28）→+45	15
2	节点 1	+45	10
3	变温	+45→+30	15
4	节点 2	+30	10
5	变温	+30→+20	15
6	节点 3	+20	10
7	变温	+20→+10	15
8	节点 4	+10	10
9	变温	+10→0	20
10	节点 5	0	10
11	变温	0→-10	20
12	节点 6	-10	10
13	变温	-10→-20	20
14	节点 7	-20	10
15	变温	-20→常温（28）	30

3.2.4 测试结果

本次测试 7 个节点的影像数量如表 5 所示。根据表中的数据可以判断被测系统的相机能够在 45℃到-20℃条件下正常工作。

表 5 Sirius PRO 无人机测图系统高低温测试结果

节点	温度（℃）	持续时间（min）	影像数量
1	+45	10	280
2	+30	10	280
3	+20	10	280
4	+10	10	280
5	0	10	280
6	-10	10	280
7	-20	10	280

3.3 续航能力

3.3.1 测试目的

根据测试要求和测试步骤，测试被测系统的续航时间。

3.3.2 测试设备及条件

测试设备主要包括：风速计、计时器，无人机飞行测试场等。

3.3.3 测试步骤

（1）2016 年 7 月 11 日下午，无人机飞行测试场，天气晴，利用风速计测得起飞场地的风速为风力 2~3 级；

（2）飞行人员进行被测系统安装等准备工作后，被测系统电量显示 98%；

（3）14 点 17 分，被测系统起飞，按设计的 100m 航高飞行计划重复飞行，同时监测电池电量；

（4）15 点 07 分，系统剩余电量显示 10%，向系统发送返航指令；

（5）15 点 10 分，系统降落，系统剩余电量显示 1%；

（6）重新换电池后，重复飞行一次，被测系统分别于 15 点 30 分起飞（电量显示 95%），16 点 19 分，发送返航指令（电量显示 10%），16 点 21 分着陆（电量显示 4%）；

（7）根据两次测试的起飞、降落时间计算被测系统的续航时间。

3.3.4 测试结果

根据本次测试测量的数据，计算得到续航时间为 $(53\text{min}+51\text{min})/2=52\text{min}$ 。

3.4 高海拔飞行能力

3.4.1 测试目的

根据测试要求和测试步骤，测试和确认被测系统的高海拔地区摄影测量（作业）能力。

3.4.2 测试设备及条件

测试设备主要包括：海拔高度测量仪。

高海拔测试场位于青海省果洛藏族自治州玛多县。玛多县位于青海省果洛州境西北部，县府驻玛查里(黑河乡境内)，距西宁市 497 公里，距果洛州府驻地 289 公里。玛多高原地区，人口稀少，海拔 4000 多米，满足本次测试工作对飞行地点海拔高度的要求。

3.4.3 测试步骤

2016 年 6 月 15 日，在青海省玛多县选定的高海拔测试场进行被测系统的高海拔飞行能力测试。

（1）飞行人员与地面站人员带着设备到达选定区域，利用海拔高度测量仪测定起飞场地的海拔高度，并记录海拔高为 4228 米；

（2）起飞前进行被测系统安装等工作，包括按照要求连接好地面监控系统，配置相关参数等，同时记录起飞点的 GPS 高度；

（3）被测系统手抛起飞，自动进入航线；

（4）爬升过程中，实时观测地面站软件中的 GPS 高度，直至 被测系统爬升至 775 米的相对地面高度，同时记录飞行过程中的相对航高变化（如图 5）；



图 5 相对航高图

（5）达到相应海拔高度时，确定被测系统能否正常工作，能否正常获取影像数据，从而确定被测系统是否具有该海拔高度的摄影测量（作业）能力。

3.4.4 测试结果

经测试，被测系统能够在海拔高为 5003m（4228m+775m）时正常工作，能正常获取影像数据，因而确定被测系统具有在 5003m 高海拔条件下的摄影测量（作业）能力。

3.5 摄影测量精度

3.5.1 测试目的

根据测试要求和测试步骤，分别测试被测系统进行 1:2000 比例尺测图、1:500 比例尺测图以及 1.6cm 地面分辨率摄影测量的平面位置精度和高程精度。

3.5.2 测试设备及条件

测试设备主要包括：几何精度测试场。

3.5.3 测试步骤

（1）测试数据获取

2016 年 5 月 17 日上午，根据设计的航线，利用被测系统对几何精度测试场进行了飞行和数据获取。具体过程如下：

① 将被测系统按照相关技术要求设置相关参数，连接地面站，确保被测系统成像正常；

② 将设计的 1:2000 比例尺测图的航线上传至系统，检查航线。航线分布如图 6 所示，具体航线情况为：飞行相对航高 583m，东西方向航线 12 条，航向重叠率 85%，旁向重叠率 65%；

③ 被测系统手抛起飞，自动进入测试区域，按照设计航线飞行进行数据获取；

④ 飞行结束后，被测系统自动返航和自动定点滑降，将系统中存储的影像数据等导入到计算机中；



图 6 1:2000 比例尺测图航线设计图

⑤ 将设计 1:500 比例尺测图的航线上传至系统，检查航线，重复步骤③~④。航线分布如图 7 所示，具体航线情况为：飞行相对航高 194m，东西方向航线 16 条，航向重叠率 85%，旁向重叠率 65%；

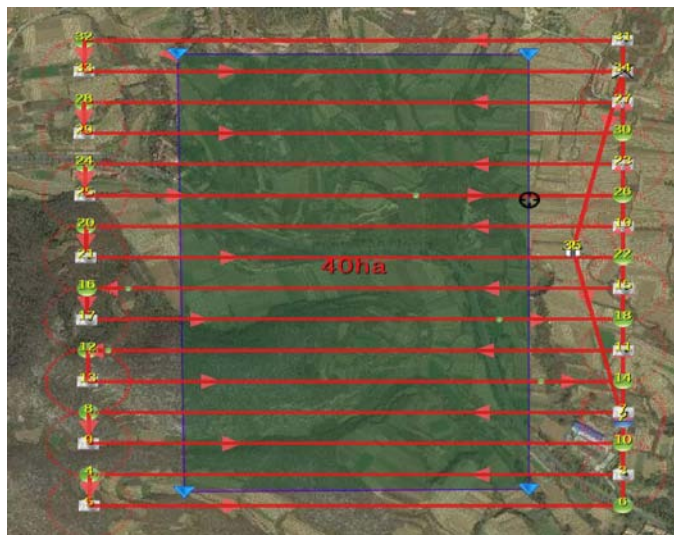


图 7 1:500 比例尺测图航线设计图

⑥ 将设计的 1.6cm 地面分辨率的航线上传至系统，检查航线，

并重复步骤③～④。航线分布如图 8 所示，具体航线情况为：飞行相对航高 62.3m，东西方向航线 24 条，航向重叠率 85%，旁向重叠率 65%。

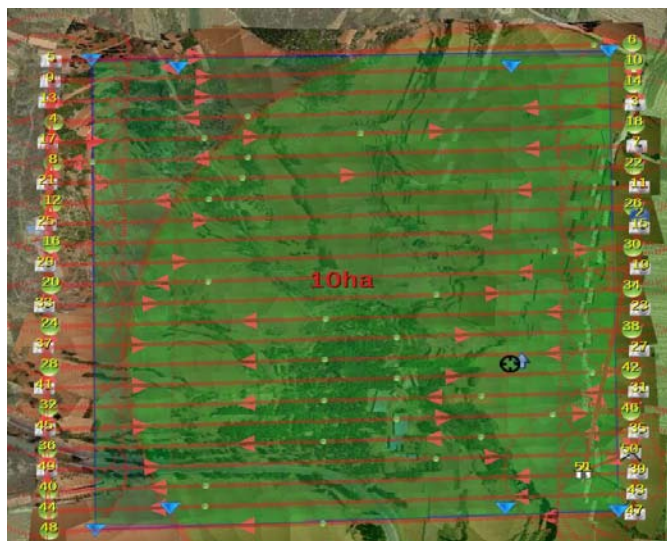


图 8 1.6cm 地面分辨率航线设计图

（2）数据后处理

① 数据检查无误后，将飞控数据、影像数据等导入 Topcon PhotoScan 软件分别进行上述三组测试数据的无像控点的全自动数据后处理；

② 在 1:2000 和 1:500 比例尺测图以及 1.6cm 地面分辨率摄影测量数据后处理后，得到正射影像上量测几何精度测试场内标志点的平面坐标。根据量测的平面坐标，在对应的 DSM 上量测标志点对应的高程，并将其与标志点坐标进行统计比较，得到被测系统无像控点摄影测量精度，评定其是否满足 1:2000 和 1:500 比例尺测图的精度要求，以及 1.6cm 地面分辨率摄影测量的精度。

3.5.4 测试结果

（1）1:2000 比例尺测图测试结果

在后处理得到正射影像和 DSM 后，在正射影像上量测了均匀分布的 86 个标志点（如图 9 所示）的平面坐标，并在 DSM 上量测了对应的高程。

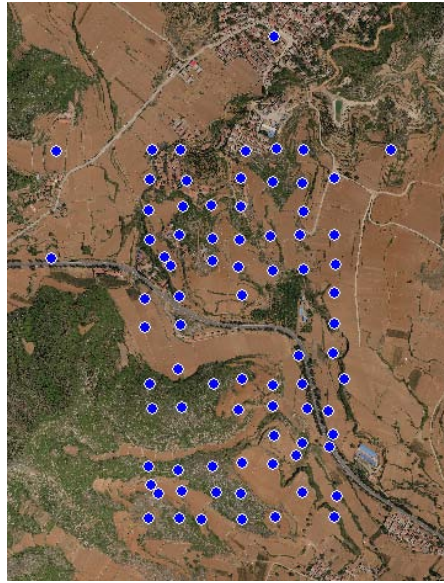


图 9 1:2000 比例尺测图检查点位置分布图

将量测的标志点作为检查点，将检查点坐标与检查点已有的高精度坐标进行比较。经统计，平面 X、Y 方向和高程 H 的检查点误差分布分别如图 10、图 11 和图 12 所示。平面精度最大误差为 0.594m，最小误差为 0.043m，平面中误差 $M_s = \pm\sqrt{\frac{1}{n}\sum dS^2} = 0.223m$ ；高程精度最大误差为 0.683m，最小误差为 0.001m，高程中误差 $H_s = \pm\sqrt{\frac{1}{n}\sum dH^2} = 0.211m$ 。具体精度统计分别见表 6、表 7 以及图 13、图 14。

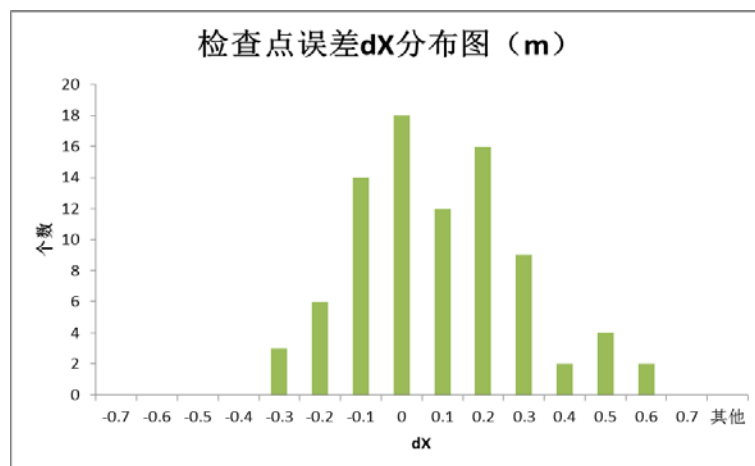


图 10 1:2000 比例尺测图检查点误差 dX 分布图

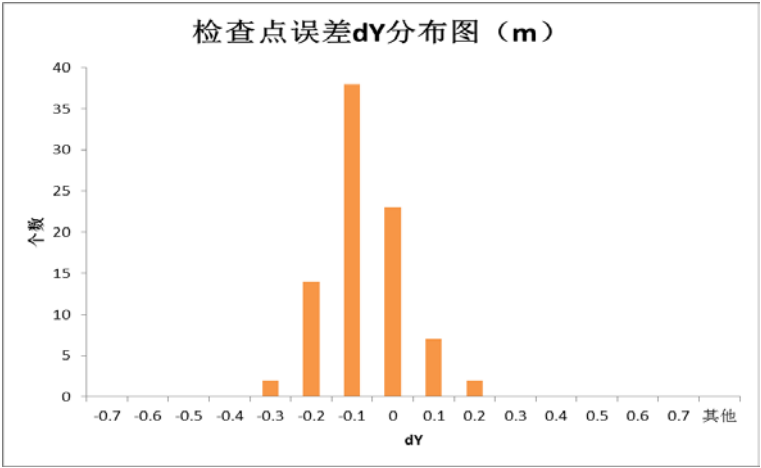


图 11 1:2000 比例尺测图检查点误差 dY 分布图

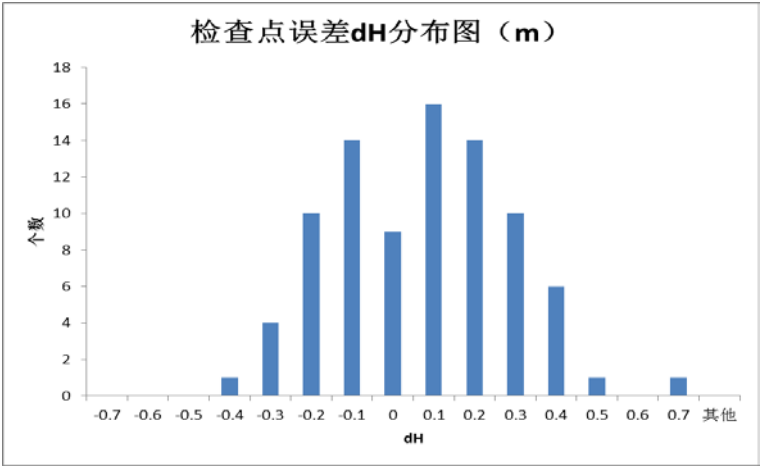


图 12 1:2000 比例尺测图检查点误差 dH 分布图

表 6 1:2000 比例尺测图平面位置误差统计表

序号	误差范围	点数
1	$dS < 0.15\text{ m}$	23
2	$0.15\text{ m} \leq dS < 0.3\text{ m}$	46
3	$0.3\text{ m} \leq dS < 0.45\text{ m}$	12
4	$0.45\text{ m} \leq dS < 0.6\text{ m}$	5

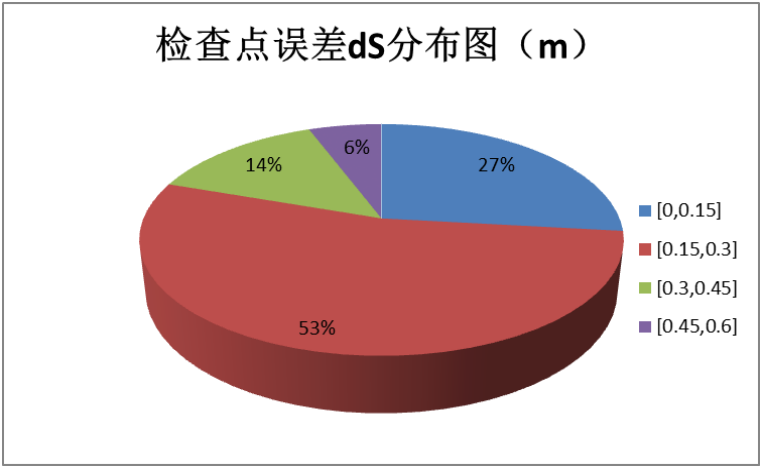


图 13 1:2000 比例尺测图检查点误差 dS 分布图

表 7 1:2000 比例尺测图高程误差统计表

序号	误差范围	点数
1	$dH < 0.15\text{ m}$	42
2	$0.15\text{ m} \leq dH < 0.3\text{ m}$	31
3	$0.3\text{ m} \leq dH < 0.45\text{ m}$	12
4	$dH \geq 0.45\text{ m}$	1

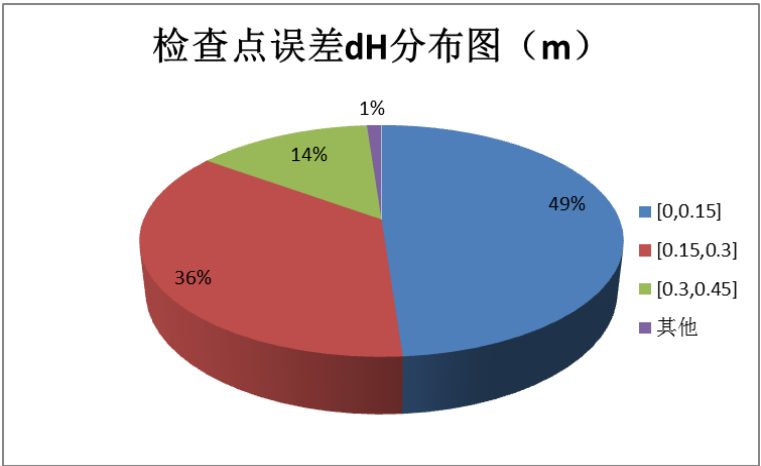


图 14 1:2000 比例尺测图检查点误差 dH 分布图

综上所述可以看出, 1:2000 比例尺测图的平面位置误差在 2 倍地面分辨率以内占 80%, 误差在 3 倍地面分辨率以内占 94%, 高程误差在 2 倍地面分辨率以内占 85%, 误差在 3 倍地面分辨率以内占 99%, 测试结果可靠。

（2）1:500 比例尺测图测试结果

在后处理得到正射影像和 DSM 后, 在正射影像上量测了均匀分布的 65 个标志点 (如图 15 所示) 的平面坐标, 并在 DSM 上量测了对应的高程。

将量测的标志点作为检查点, 将检查点坐标与检查点已有的高精度坐标进行比较。经统计, 平面 X、Y 方向和高程 H 的检查点误差分布分别如图 16、图 17 和图 18 所示。平面精度最大误差为 0.195m, 最小误差为 0.009m, 平面中误差 $M_S = \pm\sqrt{\frac{1}{n} \sum dS^2} = 0.081\text{m}$; 高程精度最大误差为 0.176m, 最小误差为 0m, 高程中误差 $H_S = \pm\sqrt{\frac{1}{n} \sum dH^2} = 0.061\text{m}$ 。具体精度统计分别见表 8、表 9 以及图 19、图 20。



图 15 1:500 比例尺测图检查点位置分布图

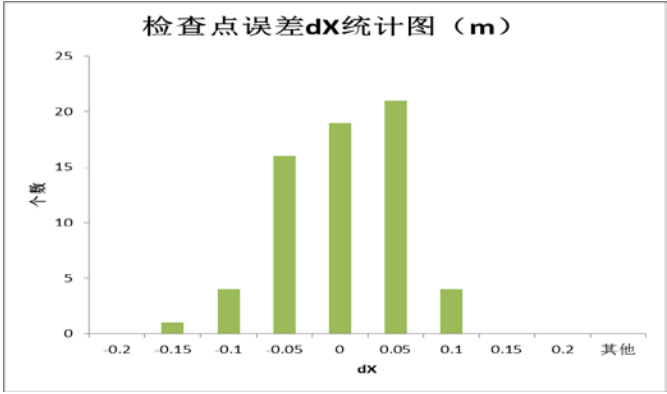


图 16 1:500 比例尺测图检查点误差 dX 分布图

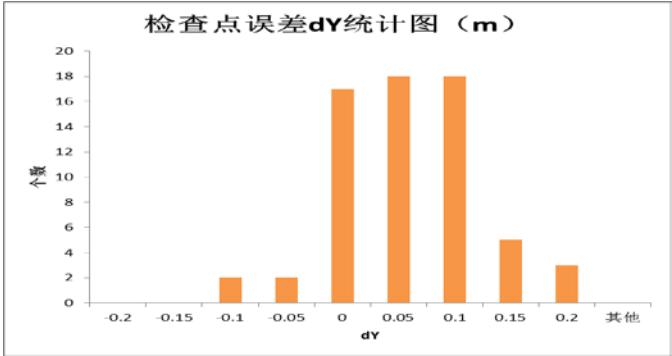


图 17 1:500 比例尺测图检查点误差 dY 分布图

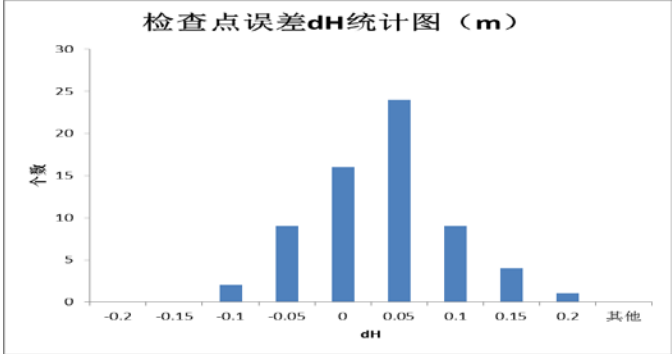


图 18 1:500 比例尺测图检查点误差 dH 分布图

表 8 1:500 比例尺测图平面位置误差统计表

序号	误差范围	点数
1	$dS < 0.05 \text{ m}$	23
2	$0.05 \text{ m} \leq dS < 0.1 \text{ m}$	25
3	$0.1 \text{ m} \leq dS < 0.15 \text{ m}$	12
4	$0.15 \text{ m} \leq dS < 0.2 \text{ m}$	5

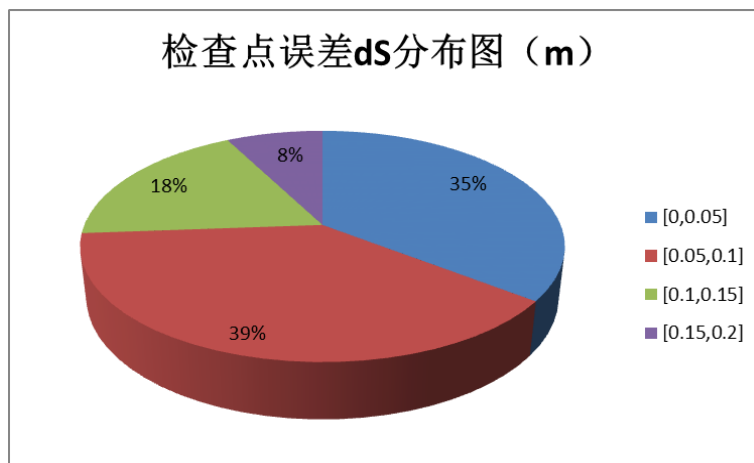


图 19 1:500 比例尺测图检查点误差 dS 分布图

表 9 1:500 比例尺测图高程误差统计表

序号	误差范围	点数
1	$dH < 0.05\text{ m}$	40
2	$0.05\text{ m} \leq dH < 0.1\text{ m}$	18
3	$0.1\text{ m} \leq dH < 0.15\text{ m}$	6
4	$dH \geq 0.15\text{ m}$	1

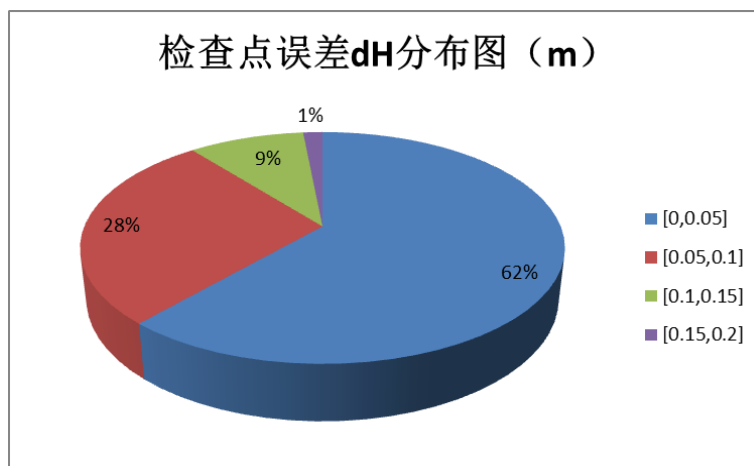


图 20 1:500 比例尺测图检查点误差 dH 分布图

综上所述可以看出，1:500 比例尺测图的平面位置误差在 2 倍地面分辨率以内占 74%，误差在 3 倍地面分辨率以内占 92%，高程误差在 2 倍地面分辨率以内占 90%，误差在 3 倍地面分辨率以内占 99%，测试结果可靠。

（3）1.6cm地面分辨率摄影测量测试结果

在后处理得到正射影像和 DSM 后，在正射影像上量测了均匀分布的 16 个标志点（如图 21 所示）的平面坐标，并在 DSM 上量测了对应的高程。



图 21 1.6cm 地面分辨率摄影测量检查点位置分布图

将量测的标志点作为检查点，将检查点坐标与检查点已有的高精度坐标进行比较，经统计，平面 X、Y 方向和高程 H 的检查点误差分布分别如图 22、图 23 和图 24 所示。平面精度最大误差为 0.043m，最小误差为 0.006m，平面中误差 $M_s = \pm\sqrt{\frac{1}{n}\sum dS^2} = 0.020m$ ；高程精度最大误差为 0.074m，最小误差为 0.001m，高程中误差 $Hs = \pm\sqrt{\frac{1}{n}\sum dH^2} = 0.030m$ 。具体精度统计分别见表 10、表 11 以及图 25、图 26。

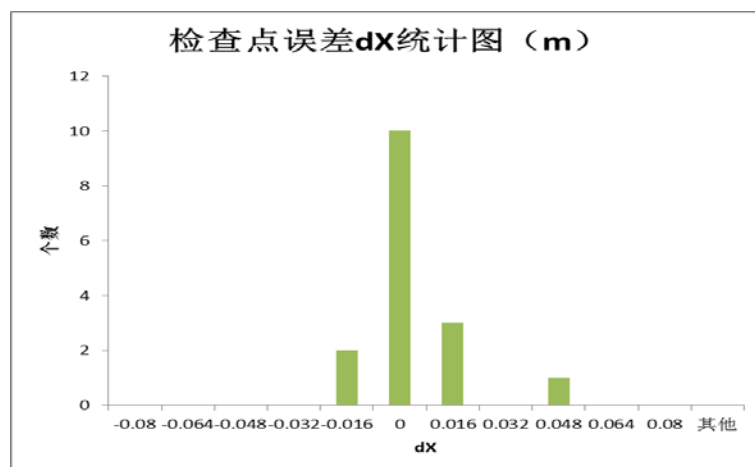


图 22 1.6cm 地面分辨率摄影测量检查点误差 dX 分布图

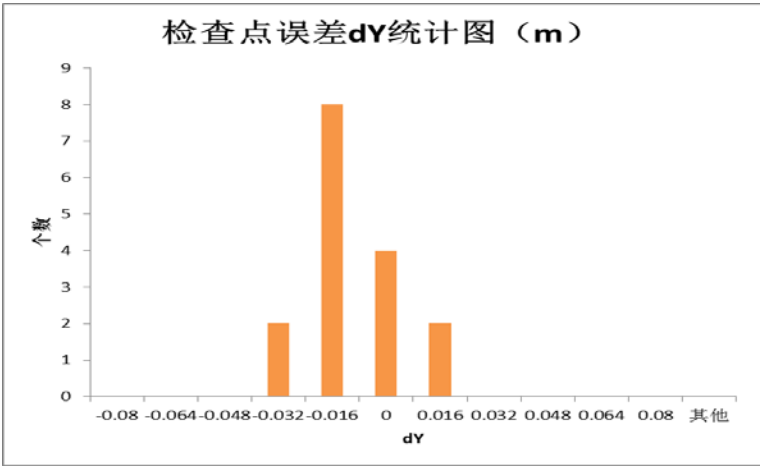


图 23 1.6cm 地面分辨率摄影测量检查点误差 dY 分布图

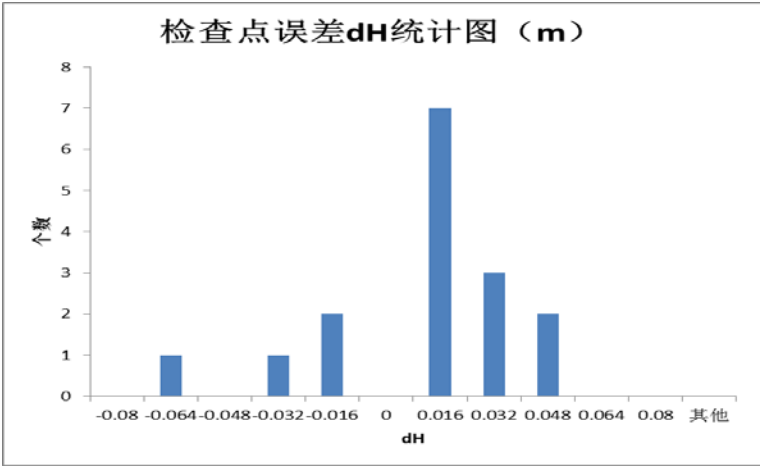


图 24 1.6cm 地面分辨率摄影测量检查点误差 dH 分布图

表 10 1.6cm 地面分辨率摄影测量平面位置误差统计表

序号	误差范围	点数
1	$dS < 0.16\text{ m}$	5
2	$0.16\text{ m} \leq dS < 0.32\text{ m}$	6
3	$0.32\text{ m} \leq dS < 0.48\text{ m}$	5

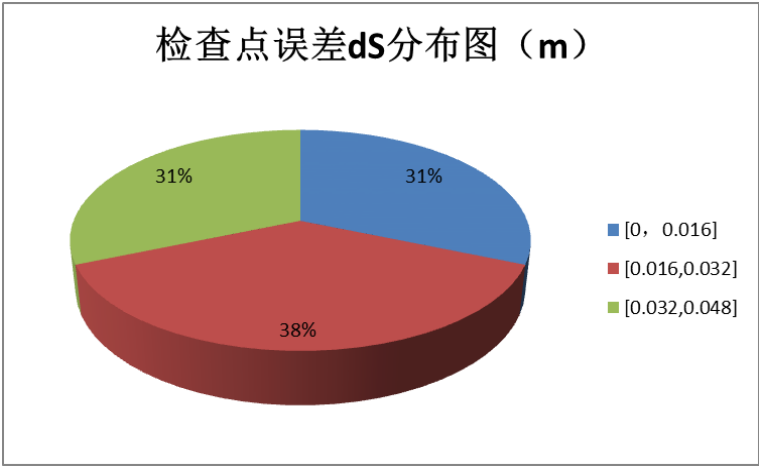


图 25 1.6cm 地面分辨率摄影测量检查点误差 dS 分布图

表 11 1.6cm 地面分辨率摄影测量高程误差统计表

序号	误差范围	点数
1	$dH < 0.16\text{ m}$	7
2	$0.16\text{ m} \leq dH < 0.32\text{ m}$	5
3	$0.32\text{ m} \leq dH < 0.48\text{ m}$	3
4	$dH \geq 0.48\text{ m}$	1

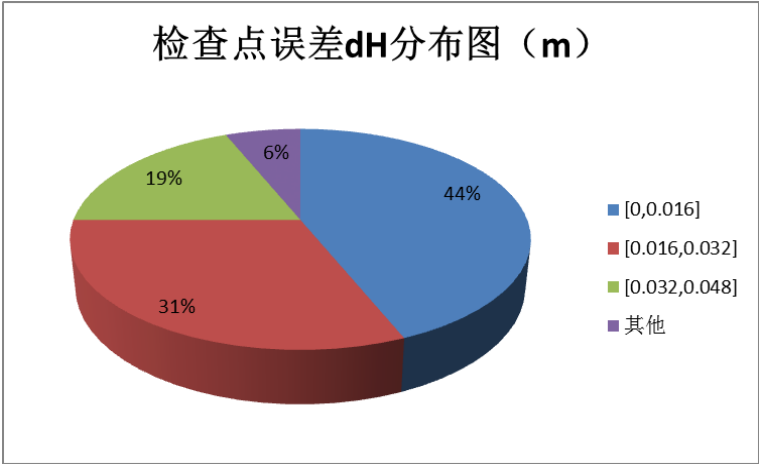


图 26 1.6cm 地面分辨率摄影测量检查点误差 dH 分布图

综上所述，1.6cm 地面分辨率摄影测量的平面位置误差在 2 倍地面分辨率以内占 69%，误差在 3 倍地面分辨率以内占 100%，高程误差在 2 倍地面分辨率以内占 75%，误差在 3 倍地面分辨率以内占 94%，测试结果可靠。

3.6 摄影测量重复性

3.6.1 测试目的

分别对被测系统进行 5 次独立的 1:2000 比例尺测图、1:500 比例尺测图以及 1.6cm 地面分辨率的航空摄影测量测试，测试被测系统相应的摄影测量重复性，评价被测系统获取数据成果的稳定性和一致性。

3.6.2 测试设备及条件

测试设备主要包括：几何精度测试场。

3.6.3 测试步骤

（1）测试数据获取

分别按照 3.5.3 中 1:2000 比例尺测图、1:500 比例尺测图、以及 1.6cm 地面分辨率摄影测量的航线设计飞行计划及步骤，分别于 2016 年 5 月 17 日上午，18 日上午、18 日下午、19 日上午、19 日下午，利用被测系统对几何精度测试场各进行了 5 次数据获取。5 次飞行的天气情况见表 12。

表 12 重复性测试天气情况表

序号	时间		天气	风力
1	2016年5月17日上午		晴	风力1~2级
2	2016年5月18日	上午	晴	风力2级
3		下午	晴转多云	风力3级
4	2016年5月19日	上午	晴	风力2级
5		下午	晴	风力2~3级

（2）数据后处理

① 数据检查无误后，将飞控数据、影像数据导入摄影测量软件 Topcon PhotoScan 进行无地面控制点的数据全自动后处理；

② 分别在 5 次 1:2000 比例尺测图、1:500 比例尺测图以及 1.6cm 地面分辨率摄影测量数据后处理结束后，得到正射影像上量测几何精度测试场内标志点的平面坐标。根据量测的平面坐标，在对应的 DSM 上量测标志点对应的高程，得到标志点 5 次三维坐标，计算各标志点

坐标的最大互差，统计标志点最大互差的中误差，并将其分别作为被测系统 1:2000 比例尺测图、1:500 比例尺测图以及 1.6cm 地面分辨率的摄影测量重复性。

3.6.4 测试结果

（1）1:2000 比例尺测图摄影测量重复性

在后处理得到 5 次正射影像和 DSM 后，分别在正射影像上量测了均匀分布的 50 个标志点的平面坐标，并在 DSM 上量测了对应的高程。

将量测的标志点作为检查点，将检查点的 5 次坐标进行比较，统计得到各检查点 5 次坐标的最大互差（如图 27、图 28、图 29 所示），并统计得到检查点平面位置最大互差的中误差 0.155m，检查点高程最大互差的中误差 0.130m，即为被测系统 1:2000 比例尺测图的摄影测量重复性。

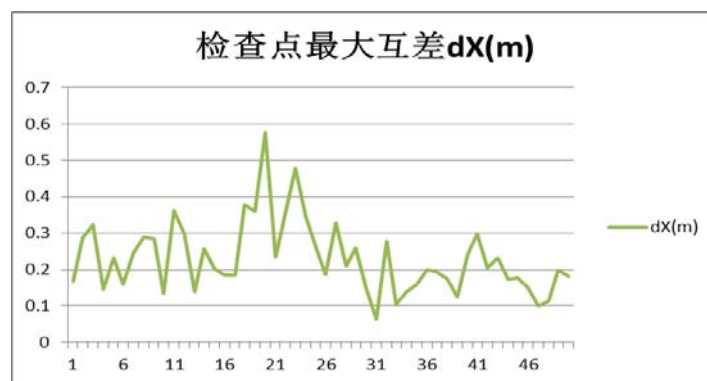


图 27 1:2000 比例尺测图检查点最大互差 dX 分布图

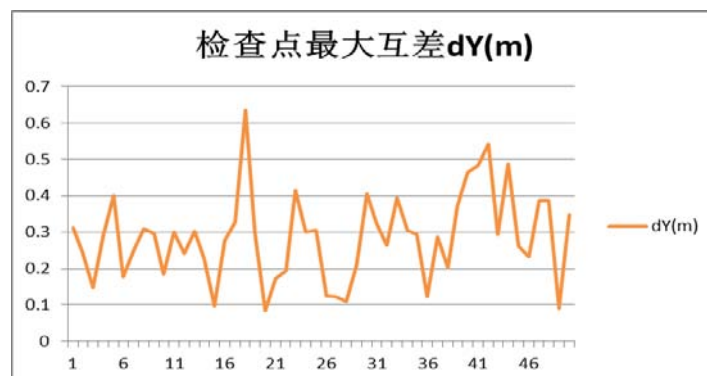


图 28 1:2000 比例尺测图检查点最大互差 dY 分布图

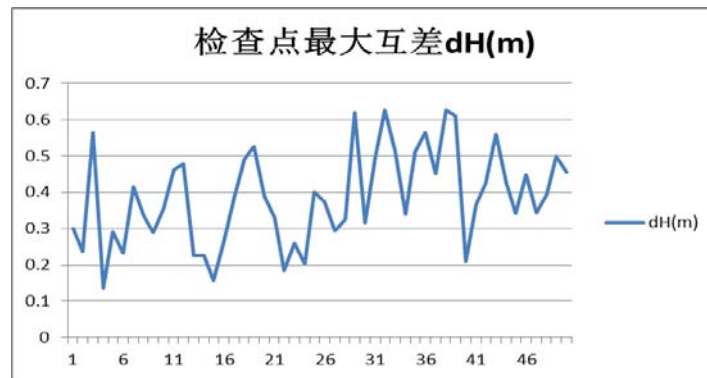


图 29 1:2000 比例尺测图检查点最大互差 dH 分布图

（2）1:500 比例尺测图摄影测量重复性

在后处理得到 5 次正射影像和 DSM 后，分别在正射影像上量测了均匀分布的 58 个标志点的平面坐标，并在 DSM 上量测了对应的高程。

将量测的标志点作为检查点，将检查点的 5 次坐标进行比较，统计得到各检查点 5 次坐标的最大互差（如图 30、图 31、图 32 所示），并统计得到检查点平面位置最大互差的中误差 0.047m，检查点高程最大互差的中误差 0.038m，即为被测系统 1:500 比例尺测图的摄影测量重复性。

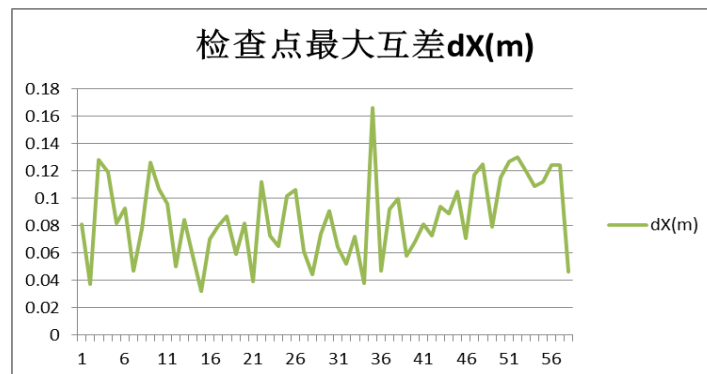


图 30 1:500 比例尺测图检查点最大互差 dX 分布图

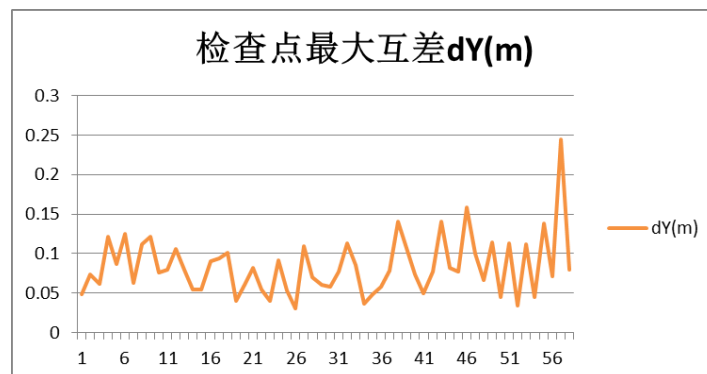


图 31 1:500 比例尺测图检查点最大互差 dY 分布图

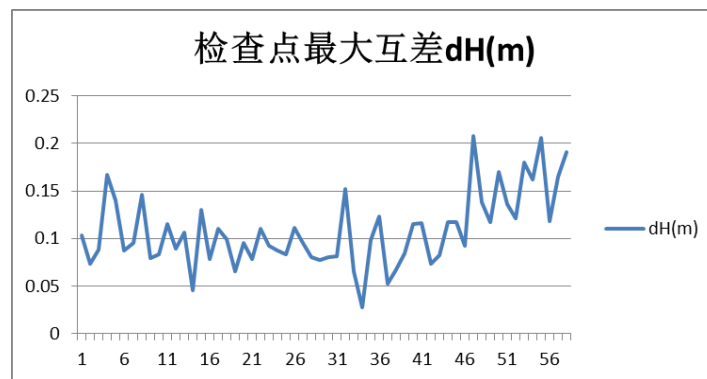


图 32 1:500 比例尺测图检查点最大互差 dH 分布图

（3）1.6cm 地面分辨率摄影测量重复性

在后处理得到 5 次正射影像和 DSM 后，分别在正射影像上量测了均匀分布的 15 个标志点的平面坐标，并在 DSM 上量测了对应的高程。

将量测的标志点作为检查点，将检查点的 5 次坐标进行比较，统计得到各检查点 5 次坐标的最大互差（如图 33、图 34、图 35 所示），并统计得到检查点平面位置最大互差的中误差 0.017m，检查点高程最大互差的中误差 0.024m，即为被测系统 1.6cm 地面分辨率的摄影测量重复性。

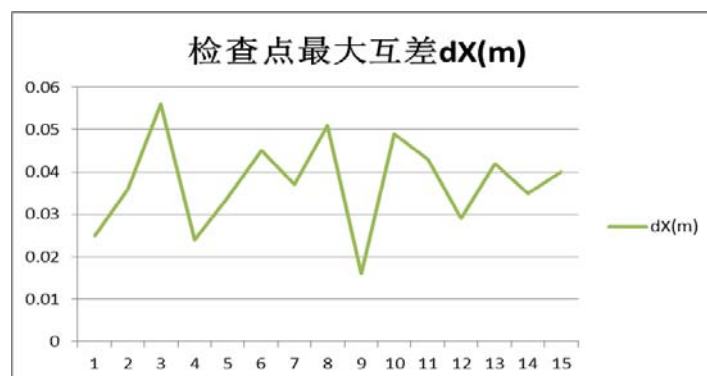


图 33 1.6cm 地面分辨率摄影测量检查点最大互差 dX 分布图

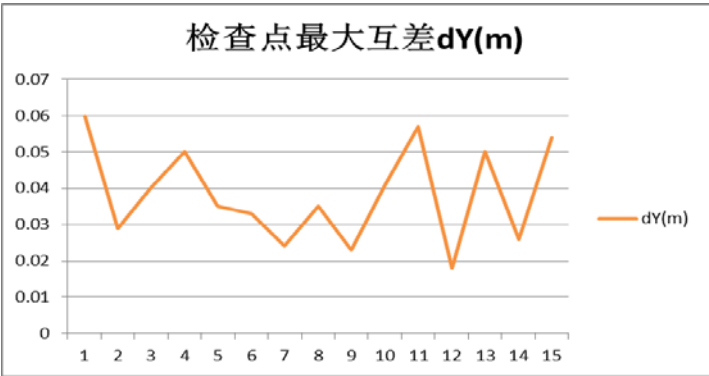


图 34 1.6cm 地面分辨率摄影测量检查点最大互差 dY 分布图

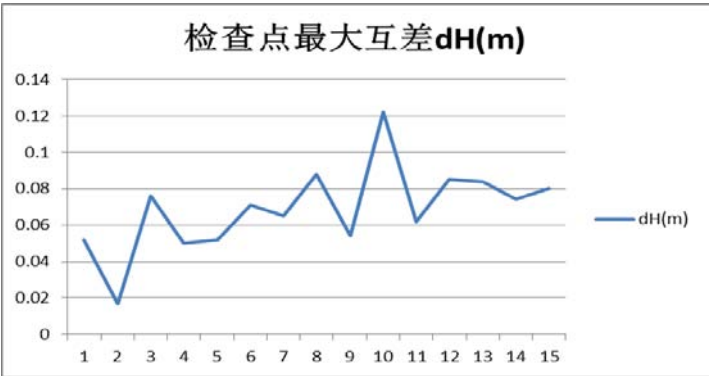


图 35 1.6cm 地面分辨率摄影测量检查点最大互差 dH 分布图

4. 测试结果与结论

4.1 测试结果

Sirius PRO 无人机测图系统的测试结果如表 13 所示。

表 13 Sirius PRO 无人机测图系统测试结果

序号	测试项目			标称值/标准要求	测试结果
1	规格	重量（含载荷）		2.7kg	2.89kg
		机身长度		1.2m	1.202m
		翼展		1.63m	1.632m
2	工作温度范围			-20℃~+45℃	-20℃~+45℃
3	续航能力			50min	52min
4	高海拔飞行能力			4000m 以上	5003m
5	摄影测量精度	1:2000 比例尺	平面位置	1.2m	0.223m
			高程	0.5m	0.211m
		1:500 比例尺	平面位置	0.3m	0.081m
			高程	0.4m	0.061m
		最高精度	平面位置	—	0.020m
			高程	—	0.030m
6	摄影测量重复性	1:2000 比例尺	平面位置	—	0.155m
			高程	—	0.130m
		1:500 比例尺	平面位置	—	0.047m
			高程	—	0.038m
		最高精度	平面位置	—	0.017m
			高程	—	0.024m

4.2 测试结论

（1）按照《民用无人机驾驶员管理规定》，被测系统属于 II 类无人机；

（2）被测系统规格与标称的指标基本一致；

（3）被测系统工作温度范围、续航能力均达到系统的标称指标，高海拔飞行能力优于系统的标称指标；

（4）摄影测量精度和摄影测量重复性测试选择在丘陵地区，依据《数字航摄仪检定规程》关于空中三角测量精度的相关规定以及《1:500 1:1000 1:2000 地形图航空摄影测量内业规范》中关于 1:500、1:2000 地形图精度的相关规定，被测系统的摄影测量平面精度和高程精度均满足规范要求，证明被测系统可以满足 1:500 和 1:2000 比例尺航空摄影测量要求；

（5）摄影测量重复性精度结果表明，被测系统的摄影测量结果稳定可靠。

5. 声明

1. 本报告仅对送样的测试样本有效；
2. 本报告未经许可不得部分使用。

附件：项目测试承担单位简介

本项目的测试承担单位：国家光电测距仪检测中心是我国测绘行业惟一获得国家质量监督检验检疫总局授权的进行测绘仪器装备检定、测试和认证的国家级质检机构和新仪器定型鉴定机构，通过了国家认证认可监督评审委员会的计量认证考核，其主要职责是根据国家质量监督检验检疫总局的要求对国家基础测绘工程和国民经济建设中使用的各种测绘仪器进行强制性和非强制性检定、测绘仪器装备计量检测/测试/校准科研、标准器研制、计量技术标准制定和对外技术服务等。



Topcon for Human Life



Topcon Positioning Systems, Inc.
7400 National Drive · Livermore, CA 94550

拓普康索佳（上海）科贸有限公司
北京市朝阳区东四环中路 82 号金长安大厦 A-1003
电话：010-8776 2600 传真：010-8776 2601
网址：www.topconchina.cn



拓普康代理商信息