

# 飞马 V1000 无人机在高海拔无人区生态环境治理监测中的应用

投稿人：李金忠 何磊  
《青海中煤地测绘有限责任公司》

## 摘要：

高海拔无人区的测量工作一直是测绘领域的难点。由于高海拔无人区没有网络信号、地形条件差、作业难度大，采用飞马 V1000 无人机完成作业任务。针对高海拔无人区像控点布设难度大，采用无人机 PPK（后差分）技术结合 GNSS-RTK 基站差分技术进行免像控作业，大大提高作业效率、降低成本。采用飞马无人机管家进行航测数据后处理，得到 DOM（数字正射影像）、DSM（数字地面模型）。

## 关键字：

高海拔无人区；无网络信号；PPK；基站差分；DOM；DEM

## 1 引言

随着经济的高速发展，同时生态环境也遭到了严重的破坏。生态环境保护和生态文明建设，是我国持续发展最为重要的基础。青海作为三江源、中华水塔，生态环境问题也显得越来越重要。积极开展高海拔无人区生态环境恢复治理，既是践行习近平总书记生态文明建设思想，也是牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念。2016 年以来，青海省积极开展高海拔无人区生态环境治理工作，为了及时掌握高海拔无人区生态环境治理情况、预判高海拔无人区生态环境治理后结果、调整高海拔无人区生态环境治理方案，我单位组织人员对高海拔无人区历史遗留矿山进行无人机摄影测量，制作 DOM（数字正射影像）、DEM（数字高程模型），并在此基础上优化高海拔无人区生态环境治理方案。综合利用无人机摄影测量技术，做好生态环境恢复治理的方案，使整个作业过程高效、快速，确保成本投入低、数据精度高、治理方案最优。本文中对飞马 V1000 无人机在高海拔无人区生态环境治理监测中的应用的阐述和探讨。以青海省历史遗留废弃矿山生态环境恢复治理项目的实施情况为依据进行探讨。

## 2 技术路线

根据已有资料基础，具体技术路线实施如下：①现场踏勘，了解测区实际情况；②航线规划；③利用飞马 V1000 无人机获取原始影像；④无人机影像后处理；⑤生产 DOM、DEM；⑥精度评价及成果提交。主要技术流程如图 1 所示。

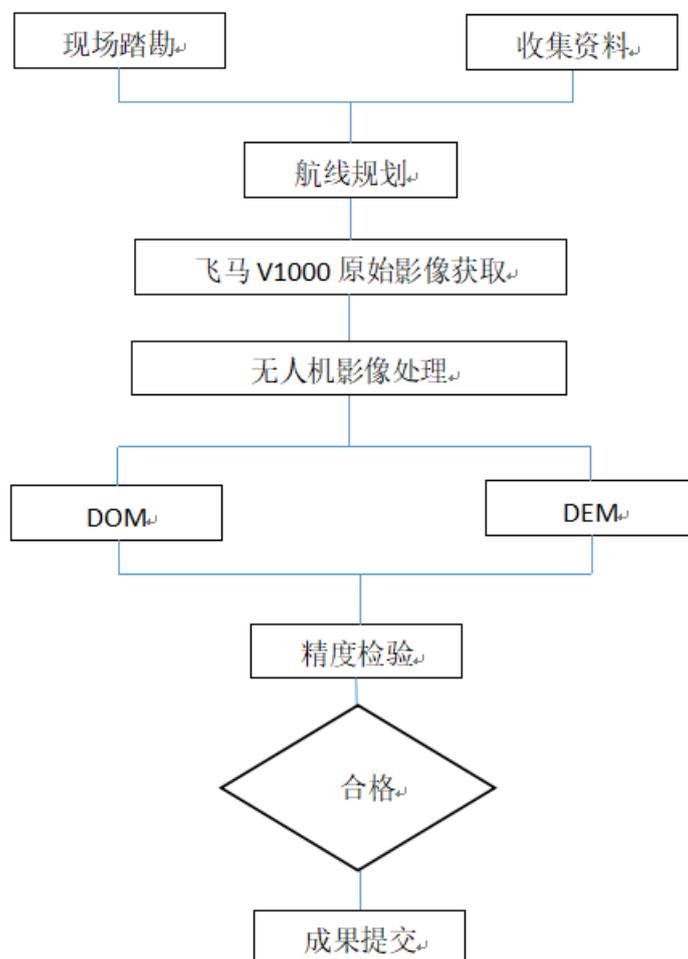


图 1 技术路线

### 3 作业流程

#### 3.1 航线规划

本项目采用飞马 V1000 垂直固定翼无人机，搭载 V-CAM1000 相机，该无人机具有续航久、高精度、抗风强等特点。本测区成规则矩形，航线规划使用飞马无人机管家软件的智航线模块矩形航线规划自动生成航线，矩形航线规划具有一下特点：①提高规则矩形工程航线规划效率；②减少不必要的重叠，提高航飞工作效率；③减少照片数量，提高内业数据处理效率。地面分辨率 11cm、航向重叠度 85%、旁向重叠度 75%、飞行相对高度 854m、航线间距 219m、拍照间距 88m、飞行速度 20m/s。预计航程 118 公里，根据无人飞机的续航性分 3 个架次进行作业。航线如图 2 所示。

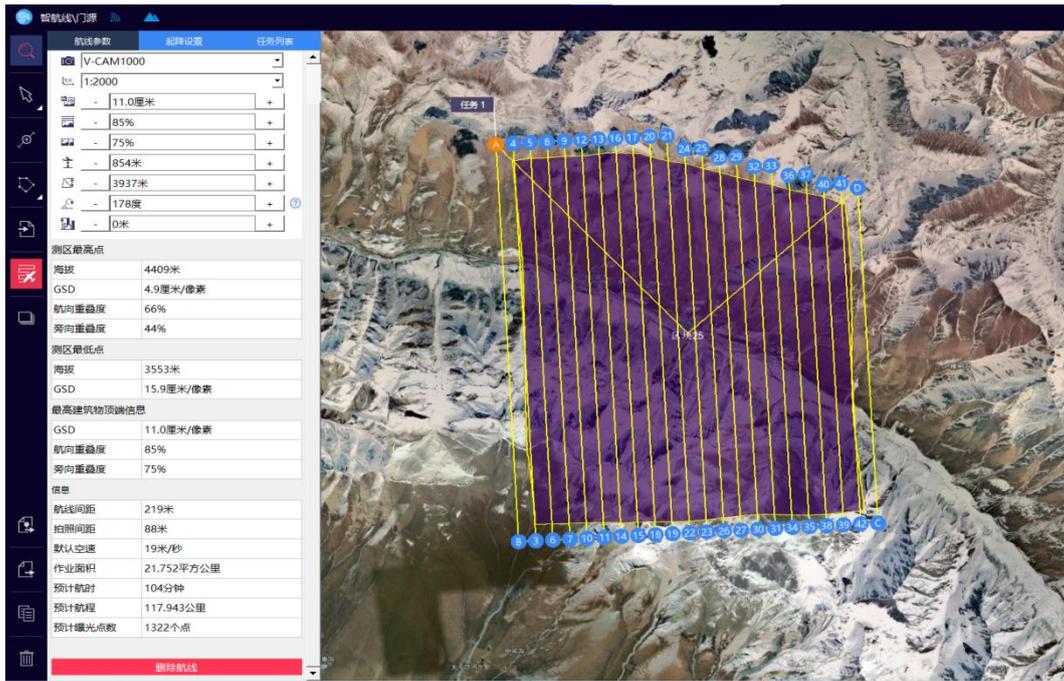


图2 航线规划

### 3.2 航空摄影

本项目处于高海拔无人区，没有网络信号，通过询问厂家技术支持，我们大胆尝试 PPK（后差分）技术结合 GNSS-RTK 基站差分技术进行免像控作业。当天完成飞行任务，按正常流程解算 POS 数据，解算时解算方式选择差分。如图 3 所示。通过解算#Q1: 100.00%，差分解算质量很高。如图 4 所示。

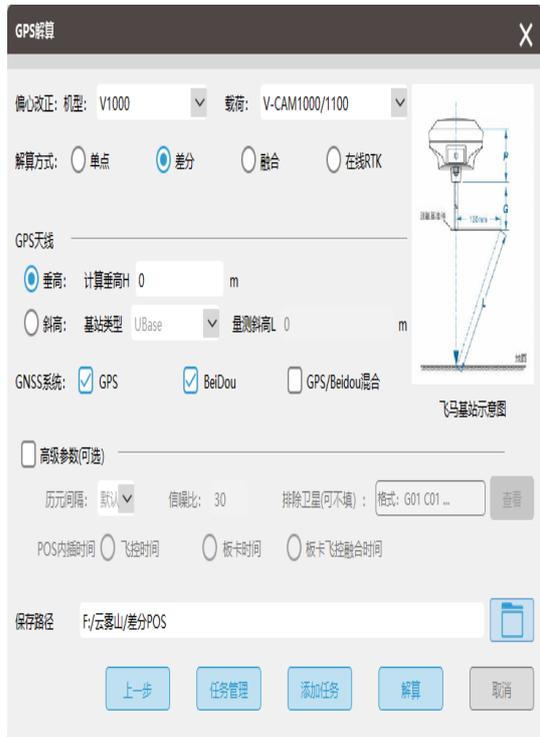


图3 POS 解算

#Q1: 100.00%

#ID	LONGITUDE	LATITUDE	HEIGHT	Omega	Phi	Kappa	Quality	Solve type	GPS TIME
1	99.4599375681	38.3877282866	3333.1419	-1.992789	-0.761088	25.647455	1	p	2021/08/05 03:18:03.94
2	99.4599375474	38.3877281670	3333.1614	-2.007444	-0.766242	25.646977	1	p	2021/08/05 03:18:06.71
3	99.4599375816	38.3877283006	3333.1482	-1.994855	-0.755094	25.638980	1	p	2021/08/05 03:18:09.25
4	99.5131963800	38.3982794725	4830.3551	3.264749	0.474561	-124.471213	1	p	2021/08/05 03:31:19.73
5	99.510105610	38.3955587263	4832.4248	3.264749	0.474561	-124.471213	1	p	2021/08/05 03:31:47.99
6	99.5040816556	38.3965321918	4830.9017	-2.739554	1.467708	62.200289	1	p	2021/08/05 03:31:54.43
7	99.5079059868	38.3969789630	4830.1347	-2.659037	-1.288294	63.916216	1	p	2021/08/05 03:32:00.87
8	99.5063666658	38.3976157393	4830.4193	-1.036905	-0.016427	64.019030	1	p	2021/08/05 03:32:07.31
9	99.5049861403	38.3982562366	4830.4287	-1.056241	-0.793020	64.128193	1	p	2021/08/05 03:32:13.69
10	99.5039897899	38.3988984890	4830.3220	-1.310321	-1.609581	65.722282	1	p	2021/08/05 03:32:20.20
11	99.5018972833	38.3995379515	4830.3615	-1.750754	-0.388191	65.351408	1	p	2021/08/05 03:32:26.68
12	99.5003916588	38.4001746027	4829.8621	-3.247765	-0.463969	65.463984	1	p	2021/08/05 03:32:33.12
13	99.4988889006	38.4008209584	4830.4436	-1.344751	-1.558812	64.539969	1	p	2021/08/05 03:32:39.61
14	99.4973881858	38.4014597512	4829.9884	-1.699112	-1.708463	67.074890	1	p	2021/08/05 03:32:46.12
15	99.4958886868	38.4021027326	4830.4333	-0.708541	-1.955154	66.784391	1	p	2021/08/05 03:32:52.90
16	99.4943788085	38.4027410771	4830.1119	-1.166748	-1.761638	65.010965	1	p	2021/08/05 03:32:59.91
17	99.4928704282	38.4033782913	4830.2400	-1.426868	-1.688967	65.067203	1	p	2021/08/05 03:33:05.24
18	99.4913680239	38.4040105869	4829.8131	-3.113461	-1.347484	64.168894	1	p	2021/08/05 03:33:11.57
19	99.4898262065	38.4046654779	4830.3225	-2.316029	-0.613390	65.523714	1	p	2021/08/05 03:33:17.85
20	99.4883638641	38.4052995834	4830.0083	-2.389842	-0.918745	65.028912	1	p	2021/08/05 03:33:24.17
21	99.4868598079	38.4059420847	4829.8403	-1.890750	-1.732356	65.076392	1	p	2021/08/05 03:33:30.51
22	99.4853555624	38.4065771805	4829.9017	-0.894001	-1.764501	64.047787	1	p	2021/08/05 03:33:36.81
23	99.4838604119	38.4072162055	4830.1113	-1.347333	-0.778632	64.905463	1	p	2021/08/05 03:33:43.10
24	99.4823510035	38.4078573027	4829.9739	-1.678174	-1.530828	64.222724	1	p	2021/08/05 03:33:49.40
25	99.4808465209	38.4085017325	4829.8733	-1.515222	-1.099546	65.656225	1	p	2021/08/05 03:33:55.71
26	99.4793362823	38.4091446424	4829.8382	-1.546275	-2.024659	64.150081	1	p	2021/08/05 03:34:01.98
27	99.4778389197	38.4097865420	4829.9481	-1.611342	-2.286992	64.948406	1	p	2021/08/05 03:34:08.35
28	99.4763317206	38.4104188073	4830.1775	-1.611342	-2.286992	64.948406	1	p	2021/08/05 03:34:14.68
29	99.4748284628	38.4110607787	4829.8137	-2.954451	-1.288985	64.323704	1	p	2021/08/05 03:34:21.09
30	99.4733241331	38.4116992498	4830.2778	-1.500785	-1.812158	63.731412	1	p	2021/08/05 03:34:27.53
31	99.4718232399	38.4123394885	4830.2659	-0.354527	-2.773110	64.525486	1	p	2021/08/05 03:34:33.90
32	99.4703162444	38.4129848447	4830.6460	-0.354527	-2.773110	64.325486	1	p	2021/08/05 03:34:40.36
33	99.4688111249	38.4136228146	4830.1287	-1.124415	-1.165714	63.996737	1	p	2021/08/05 03:34:46.72

图4 差分解算成果

### 3.3 数据处理

本项目采用飞马无人机管家进行数据处理。首先，打开飞马无人机管家，采用治理图模块对影像进行畸变纠正，然后打开飞马无人机管家智拼图模块，建立一个新的工程，选择影像路径，选择好相机、坐标系，导入 POS 信息，最后，进行初始点平差，完成平差后，生成 DOM（数字正射影像）、DSM（数字表面模型）。如图 5 所示。

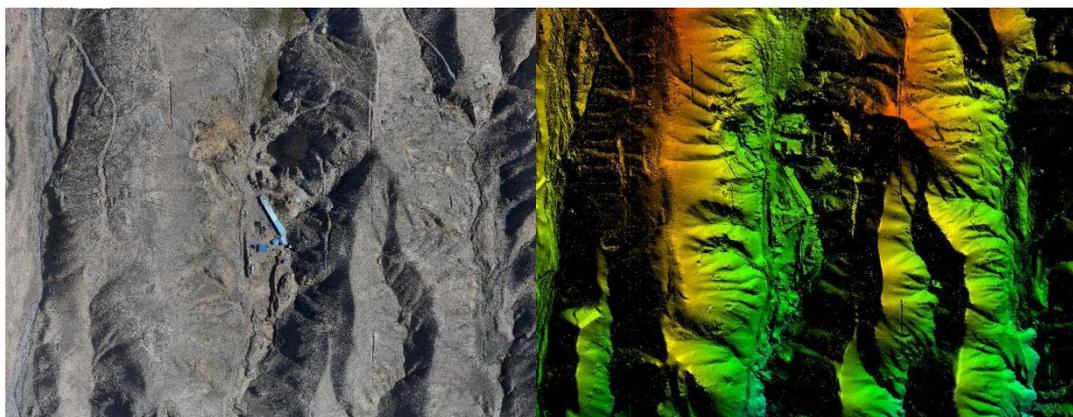


图 5 DOM、DSM

### 3.4 精度检核

在矿区内布设 8 个控制点，通过静态测量。静态观测数据由青海省基础测绘院基准中心解算，然后将静态观测解算数据成果叠加到由 DOM 和 DSM 生成的垂直模型中，分别对平面精度和高程精度检核，其对应精度检核表见表 1。

表 1 精度检核表

点号	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta Z$ (m)
K1	0.332	0.309	0.368
K2	0.299	0.317	0.375
K3	0.330	0.325	-0.359
K4	0.370	0.339	0.323
K5	-0.310	0.352	-0.323
K6	0.353	-0.375	0.379
K7	0.371	0.353	-0.373
K8	0.355	0.364	0.359

利用中误差解算公式得到此项目的成果精度：平面坐标中误差为 32.1cm，高程中误差为 34.5cm。精度满足 1:2000 比例尺地形图规范要求。

## 4 解决的生产问题

### 4.1 合理恢复治理，助力生态环境

本项目位于青海高海拔无人区，生态环境极为重要。本项目利用飞马 V1000 无人机航测系统生成矿区范围内的 DOM、DSM，能方便快捷的查明矿山土地压占与损毁情况、地质灾害发育情况、地形地貌景观破坏情况，结合矿区周边生态环境合理、精细的分析，确定了合理的恢复治理方案，解决了高海拔无人区生态环境恢复治理对周边生态环境的干扰和破坏大的问题。生态修复勘查和设计在高质量的影像成果上布局和作业，不仅直观简明，而且便于沟通交流。

### 4.2 精益求精，降低成本

在生态环境恢复治理时恢复治理方案不合理就会影响施工成本，造成工作量增加，降低施工效率的同时增加了施工成本，特别是高海拔无人区生态环境恢复治理中，该问题更加突出。本项目基于 DOM、DSM 解决了基于 DLG（数字线划图）并结合经验进行编制恢复治理方案相对不够精细，造成后期恢复治理时问题重重，造成成本不断增加，给恢复治理带来不便，对工程进度、质量产生不良影响的问题。

### 4.3 提升效率，保证工期

由于本项目工期要求紧，为保证按时提交成果，外业数据采集全部采用飞马 V1000 无人机航测系统，大大提升了工作效率，为各工期节点的按时完成提供强有力的技术保证。

## 5 创新型应用介绍

### 5.1 无人机航测技术用于生态环境恢复治理方案编制

目前，生态环境恢复治理方案编制基本都是基于 DLG 凭借以往的经验结合现场大量的踏勘、测量工作进行。方案往往不够合理、精细，且需要投入大量人力、物力和精力、造成生态环境恢复治理成本的增加。本项目将无人机航测技术用于方案编制，利用 DOM 与相关资料进行生态环境恢复治理方案编制，随时和及时修正方案中的不足，从而提高设计方案和施工的技术质量，对项目的精细化、标准化管理起到了提升作用，具有一定的创新性。

### 5.2 无人机航测技术在矿山生态环境方面的应用

国家对生态环境保护的力度越来越高，青海高原的生态价值显得越来越重要。本项目地处生态环境敏感区，对生态环境保护要求极高。利用无人机航测技术对矿山生态环境预先进行分析，对矿山生产中可能产生的生态环境环境破坏进行预判，规避生态环境风险点，所以本项目的成功实施在矿山生态环境方面具有创新性。也可以与地质治理、工矿废弃地土地复

垦、建设用地增减挂钩、山水林田湖草沙冰生态修复工程、生态移民搬迁等工作相结合，开展土地整治，具有广阔的应用前景。

### 5.3 内外业一体化

飞马无人机管家系统充分实现了外业与内业有效衔接，内外业一体化，高效快捷的输出影像和数据成果，全过程服务于生产实践，满足多行业的应用需求，必将为更多的行业带来改变和进步，值得相关人员宣传和推广。

## 6 结论

无人机航测技术在高海拔无人区生态环境恢复治理项目中的成功应用对工程建设标准化、精细化管理起到了很大的提升作用，解决了工程建设对周边环境的干扰和破坏大的问题；解决了因方案不合理造成成本增加的问题。将无人机航测技术全面应用于生态环境恢复治理全周期，有利于工程建设规划，缩短设计周期，优化设计方案；有利于工程施工管理；能更加有效的提高工程建设管理水平；有效的保证工程建设的安全、质量、进度，降低成本。无人机测绘与传统测绘相结合，一方面丰富了测绘技术，测绘多元化，另一方面也提高了测绘精度，两种手段互为补充，相互印证。无人机航测技术在本项目的成功运用对今后高海拔无人区生态环境恢复治理有着重要的指导与借鉴价值，对提升我公司在高海拔无人区生态环境恢复治理市场中的技术竞争力，具有十分重要的意义。

飞马无人机管家系统充分实现了外业与内业有效衔接，内外业一体化，高效快捷的输出影像和数据成果，全过程服务于生产实践，满足多行业的应用需求，必将为更多的行业带来改变和进步，值得相关人员宣传和推广。