

基于飞马 D2000 的道路裂缝识别

王井利 吴冬

【沈阳建筑大学】

摘要:

本文以内蒙古二连浩特市某省级公路为依托,介绍了飞马 D2000 无人机采用垂直摄影的方式获取影像数据,采用 Smart 3D 软件进行空中三角测量以及正射影像的生成,其次利用地理信息测绘系统(清华山维)对裂缝进行矢量化处理,并统计裂缝的长度等相关信息。结果表明,采用 D2000 无人机可以获取道路的高精度的裂缝信息,且作业流程可高效便捷地实现对道路裂缝的统计,为道路的维护与改造提供了基础支撑。

1 项目背景及任务要求

1.1 项目背景

二广公路是一条贯穿中国南北的又一条高速大动脉。建成后缓和了我国面临的交通压力,有利于南北的信息交互与人员互通,对中国建设高速中国的经济战略具有重大意义。临近二连浩特市区路段常年有大型货车通过,路面破损严重。路面出现大量的裂缝等病害,此类病害严重危及道路的使用寿命。受地方政府的委托,内蒙古路桥集团对破损路段进行改造重建。

为了确定路面的破损程度以及路面上裂缝的数量以及具体位置,受内蒙古路桥集团委托对该路段进行裂缝统计。

1.2 任务要求

本项目的主要任务是对改造前的道路进行裂缝统计以及正射影像的生产。本次任务区域为 15km 的带状公路,任务重、影像分辨率要求较高,要求在正射影像中能够观察到 1cm 以上的所有裂缝。若采用传统的 GPS 测量方式进行裂缝丈量,其成本较高、工期较长,严重影响到后期公路改造的进度。因此,该项目采用无人机生产正射影像,基于正射影像进行裂缝提取。在保证生产进度和成果精度的同时,丰富了无人机的应用领域和裂缝统计的方式。

2 技术路线

本项目采用倾斜摄影和垂直摄影方式获取测区影像数据,技术路线如图 1 所示。为了保证成果的精度,项目选用了 D-OP3000、D-CAM3000 高分辨率镜头,后期通过空三解算、密集匹配、DOM 与 DSM 生成、内业裂缝识别与统计等技术操作完成裂缝的统计工作。

联系人: 吴冬

投稿单位: 沈阳建筑大学

辽宁省沈阳市浑南区浑南中路 25 号

联系电话: 15382097039

邮箱: 1159918446@qq.com

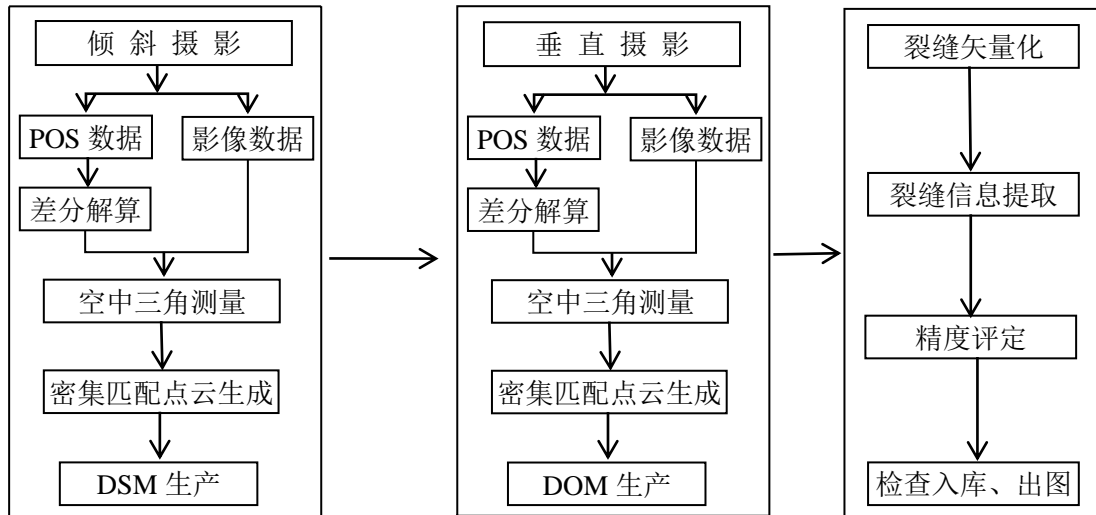


图1 技术路线

3 技术流程

3.1 航线设计

由于测区内地形起伏较大，为了保证获取的每张影像具有相同的分辨率、同时避免出现高处与低处的重叠度不够，出现空洞、拉花、精度不够等现象，项目采用仿地飞行的作业方式。首先采用倾斜摄影测量方式获取测区的 DSM 数据，然后基于 DSM 规划仿地飞行航线，如图 2 所示。



图2 无人机飞行航线

联系人：吴冬
 投稿单位：沈阳建筑大学
 辽宁省沈阳市浑南区浑南中路 25 号
 联系电话：15382097039
 邮箱：1159918446@qq.com

3.2 航飞作业

根据项目要求需要采集高精度的影像数据，测区长度共计 15 公里，作业中根据测区的地形起伏情况将测区分为 3 个航摄分区，总计飞行 6 个架次，获取到了 4189 张影像，无人机飞行参数见表 1。无人机飞行作业前均检查了各项飞行设备是否正常，确保满足起飞要求。飞行过程中配备相应的飞手保证飞行安全。飞行结束后下载保存影像数据、原始 POS 数据、基站数据等，并对数据的完整行进行检查。

表 1 无人机飞行作业参数

参数	值
航高	80m
航向重叠	80%
旁向重叠	60%
GSD	0.8cm/像素
航线间距	30m
拍照间距	10m

3.3 正射影像生产

项目采用瞰景科技有限公司的 Smart3D 建模软件进行空中三角测量与正射影像生产。

3.3.1 数据准备

首先检查影像、基站数据、POS 原始数据是否正确完整，检查无误后将基站数据和 POS 原始数据通过飞马无人机管家进行差分解算，得到十进制格式经纬度和大地高的高精度 POS 坐标文件。

3.3.2 空三解算

将解算后的 POS 数据和影像导入 Smart 3D 软件进行影像特征点匹配，完成相对定向；然后导入像控点成果进行转刺，完成连接点、控制点、POS 值的光束法约束联合平差处理，完成绝对定向，最终获得具有高精度的连接点和影像的内、外方位元素成果。空三解算完成后检查精度报告，确保精度符合要求。

3.3.3 正射影像生产

根据以上完成的空三处理成果进行正射影像构建，导入测区范围 kml 文件，采用多台高性能计算机集群联机处理并行计算，最终得到测区范围的正射影像图。

联系人：吴冬

投稿单位：沈阳建筑大学

辽宁省沈阳市浑南区浑南中路 25 号

联系电话：15382097039

邮箱：1159918446@qq.com

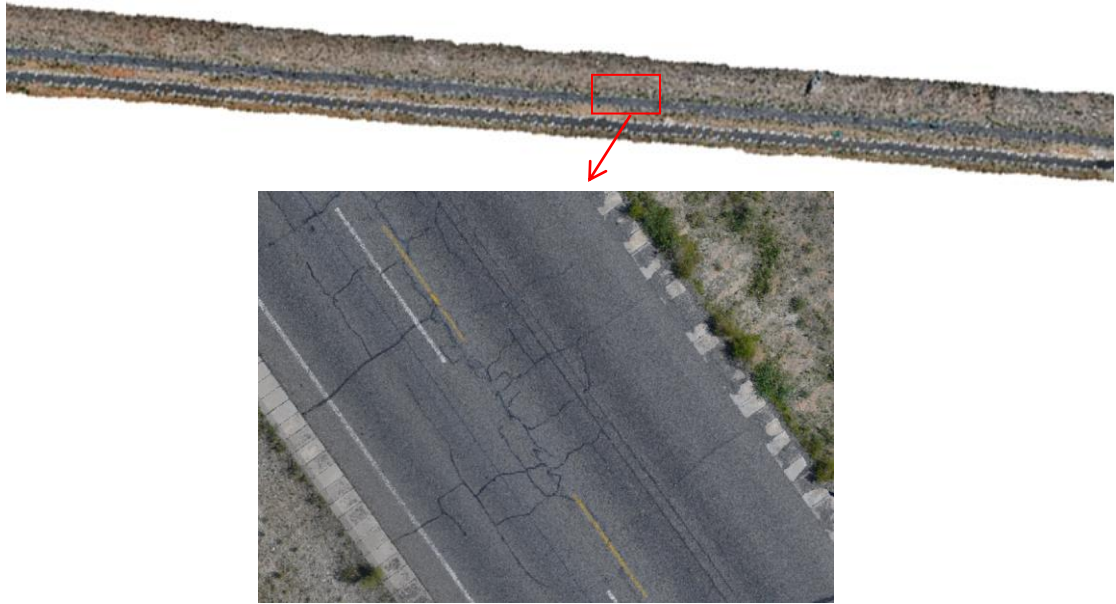


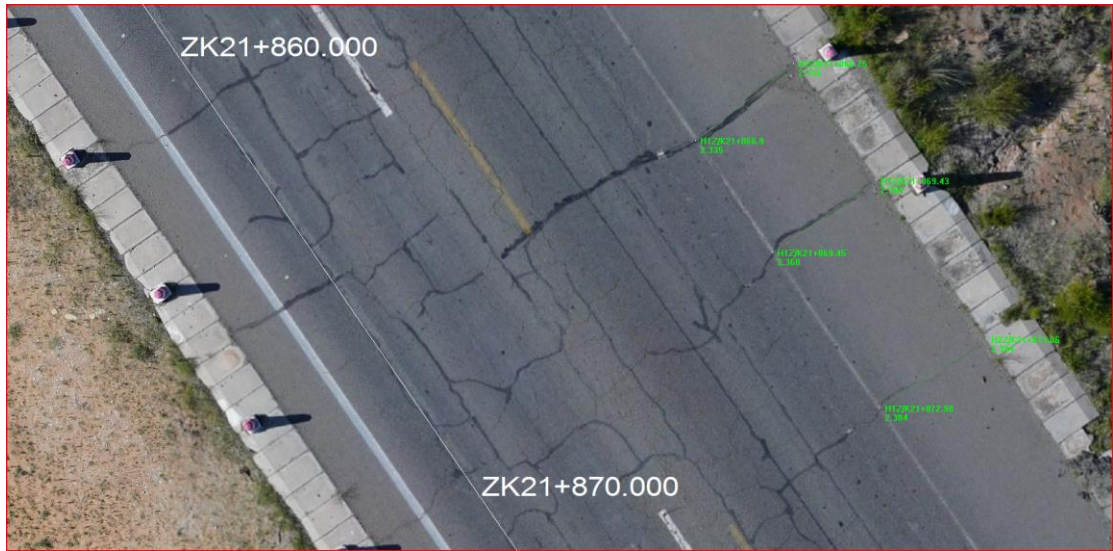
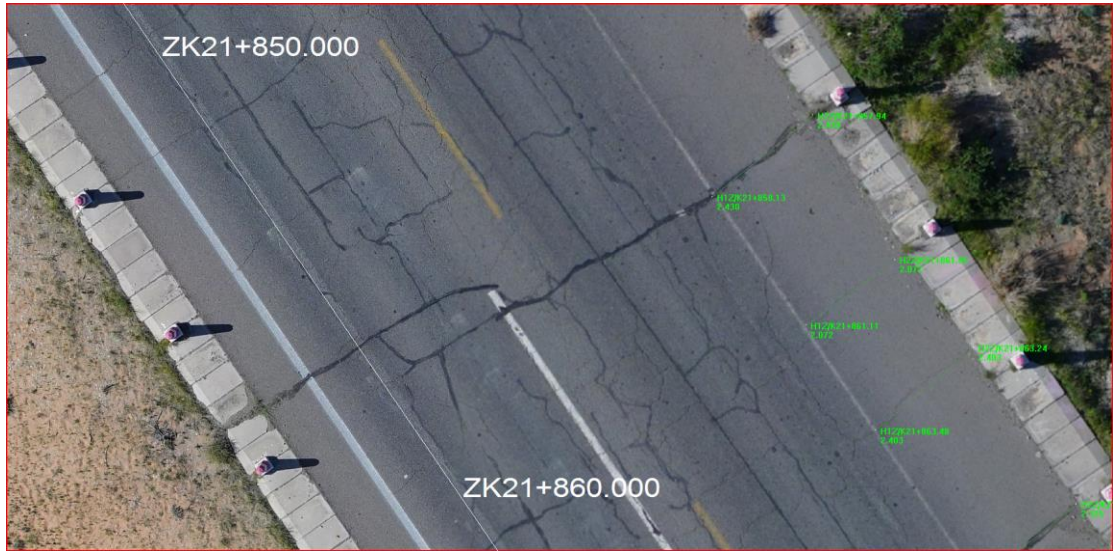
图3 正射影像图

3.4 裂缝提取

采用 EPS 数据采集系统在正射影像中进行裂缝矢量化，项目主要将裂缝分为：横缝、纵缝、网格缝。其中网格缝是指大面积、杂乱无序的裂缝。不同的裂缝采用不同的属性线进行标注方便后期对裂缝长度、坐标位置等相关信息的统计。提取出的裂缝以 CAD 形式进行输出。



联系人：吴冬
投稿单位：沈阳建筑大学
辽宁省沈阳市浑南区浑南中路 25 号
联系电话：15382097039
邮箱：1159918446@qq.com



联系人：吴冬
投稿单位：沈阳建筑大学
辽宁省沈阳市浑南区浑南中路 25 号
联系电话：15382097039
邮箱：1159918446@qq.com



图 4 部分标注结果图

3.5 裂缝信息统计

完成裂缝矢量化后,基于 ArcGIS 平台对裂缝信息进行提取与分析,采用“Feature Vertices to Points”工具箱计算出纵缝与横缝的端点坐标裂缝长度;计算网格裂缝的网格顶点坐标以及网格面积。

FID	Shape *	X	Y	长度
0	点	477195.33538	4823996.66323	2.26151
1	点	477197.41001	4823997.56343	2.26151
2	点	477197.49754	4823992.26984	2.32805
3	点	477199.57469	4823993.32116	2.32805
4	点	477199.00332	4823989.21018	2.39402
5	点	477200.64873	4823990.94913	2.39402
6	点	477200.54052	4823986.08667	2.28103
7	点	477202.68486	4823986.86444	2.28103
8	点	477202.46828	4823982.16956	2.26046
9	点	477204.46802	4823983.22346	2.26046
10	点	477205.06419	4823976.89482	2.27143
11	点	477207.11374	4823977.87397	2.27143
12	点	477208.07966	4823970.76757	2.27988
13	点	477210.05435	4823971.90705	2.27988
14	点	477210.47922	4823965.89179	2.27848
15	点	477212.49457	4823966.95473	2.27848
16	点	477190.86719	4823987.13597	1.16069
17	点	477189.90677	4823986.48419	1.16069
18	点	477192.57756	4823983.6672	1.11435
19	点	477191.54894	4823983.23855	1.11435
20	点	477194.05775	4823980.66525	1.11659
21	点	477193.0833	4823980.12009	1.11659
22	点	477195.56694	4823977.60451	1.13731
23	点	477194.62041	4823976.97398	1.13731
24	点	477197.22459	4823974.24266	1.11372
25	点	477196.21559	4823973.77119	1.11372
26	点	477199.39323	4823969.8445	1.13289
27	点	477198.34985	4823969.40313	1.13289
28	点	477200.96799	4823966.65075	1.17715
29	点	477199.94779	4823966.06349	1.17715
30	点	477202.49892	4823963.5459	1.15556
31	点	477201.5402	4823962.90079	1.15556

图 5 横缝、纵缝统计结果

FID	Shape *	X	Y	面积
0	点	477186.57799	4823995.83478	11623.89748
1	点	477194.08388	4823999.20621	11623.89748
2	点	477242.96023	4823999.8922	11623.89748
3	点	477375.37273	4823636.51489	11623.89748
4	点	477451.3843	4823493.94202	11623.89748
5	点	477500.20683	4823405.62074	11623.89748
6	点	477589.00155	4823250.34022	11623.89748
7	点	477714.83917	4823042.05524	11623.89748
8	点	477802.70723	4822903.61164	11623.89748
9	点	477882.55225	4822782.6764	11623.89748
10	点	477875.37398	4822778.4908	11623.89748
11	点	477810.37758	4822876.8613	11623.89748
12	点	477743.17328	4822982.15682	11623.89748
13	点	477717.01327	4823024.74268	11623.89748
14	点	477654.40415	4823125.25527	11623.89748
15	点	477628.6654	4823168.99776	11623.89748
16	点	477585.79597	4823239.58963	11623.89748
17	点	477514.50079	4823363.23751	11623.89748
18	点	477441.2247	4823495.37854	11623.89748
19	点	477400.9542	4823570.36893	11623.89748
20	点	477361.75385	4823644.80895	11623.89748
21	点	477288.7239	4823788.67497	11623.89748
22	点	477186.57799	4823995.83478	11623.89748

图 6 网格缝统计结果

联系人: 吴冬
 投稿单位: 沈阳建筑大学
 辽宁省沈阳市浑南区浑南中路 25 号
 联系电话: 15382097039
 邮箱: 1159918446@qq.com

4 精度分析

为验证此方法在道路裂缝统计中的适用性和准确性，项目采用 RTK 测量与卷尺测量相结合的方式对项目统计得到的裂缝长度等信息进行精度验证。共计采集了 20 条裂缝的端点坐标以及长度信息。经计算，点位误差在 10cm 以内，统计得到的裂缝长度误差在 12cm 以内，满足道路裂缝统计的需求。

表 2 裂缝端点坐标统计结果对比

序号	成果坐标		RTK 采集坐标		误差		
	X	Y	X	Y	dx	dy	ds
1	**195.335	**996.663	**195.343	**996.593	-0.008	0.070	0.070
2	**197.410	**997.563	**197.491	**997.616	-0.081	-0.053	0.097
3	**197.498	**992.270	**197.521	**992.300	-0.023	-0.030	0.038
4	**199.575	**993.321	**199.590	**993.360	-0.015	-0.039	0.042
5	**199.003	**989.210	**199.001	**989.272	0.002	-0.062	0.062
6	**200.649	**990.949	**200.573	**990.913	0.076	0.036	0.084
7	**200.541	**986.087	**200.530	**986.062	0.011	0.025	0.027
8	**202.685	**986.864	**202.586	**986.844	0.099	0.020	0.101
9	**202.468	**982.170	**202.483	**982.197	-0.015	-0.027	0.031
10	**204.468	**983.223	**204.568	**983.295	-0.100	-0.071	0.123
11	**205.064	**976.895	**205.090	**976.848	-0.026	0.047	0.053
12	**207.114	**977.874	**207.174	**977.847	-0.060	0.027	0.066
13	**208.080	**970.768	**208.160	**970.727	-0.080	0.041	0.090
14	**210.054	**971.907	**210.143	**971.880	-0.089	0.027	0.093
15	**210.479	**965.892	**210.520	**965.817	-0.041	0.075	0.085
16	**212.495	**966.955	**212.570	**966.907	-0.075	0.047	0.089
17	**190.867	**987.136	**190.842	**987.130	0.025	0.006	0.026
18	**189.907	**986.484	**189.968	**986.419	-0.061	0.065	0.089
19	**192.578	**983.667	**192.560	**983.720	0.018	-0.053	0.056
20	**191.549	**983.239	**191.494	**983.255	0.055	-0.016	0.057

表 3 裂缝长度统计结果对比

裂缝编号	成果统计结果	卷尺结果	误差
1	2.262	2.251	0.011
2	2.328	2.281	0.048
3	2.394	2.412	-0.018
4	2.281	2.237	0.044
5	2.260	2.246	0.014

联系人：吴冬

投稿单位：沈阳建筑大学

辽宁省沈阳市浑南区浑南中路 25 号

联系电话：15382097039

邮箱：1159918446@qq.com

6	2.271	2.143	0.128
7	2.280	2.188	0.092
8	2.278	2.348	-0.070
9	1.161	1.259	-0.098
10	1.114	1.135	-0.021

5 总结

通过本次项目，借助飞马 D2000 无人机倾斜摄影测量以及垂直摄影，极大的缩短了项目工期，提高了作业效率，保质保量高效地完成了道路裂缝统计任务，现将项目特点及经验总结如下：

1、本项目采用了 D-CAM3000 高分辨率镜头获取测区道路的影像数据，其影像分辨率达到 0.8cm/像素，通过构建出的正射影像可以清晰地看到道路路面上的裂缝。所统计出的裂缝信息较为完整，成果精度完全满足实际工程需求。

2、采用该项技术对道路裂缝进行检测可大大减轻外业工作量、提高裂缝统计地效率，减少了人力物力，缩短了作业周期同时可以保留道路的影像数据，成果表达更为直观。

联系人：吴冬
投稿单位：沈阳建筑大学
辽宁省沈阳市浑南区浑南中路 25 号
联系电话：15382097039
邮箱：1159918446@qq.com