

多基线数字近景摄影测量技术 在工程测量中的应用

李 磊 马培福 莫东岩

(中国水电三局有限公司勘测设计研究院)

【摘 要】 多基线数字近景摄影测量系统是以计算机视觉原理(多基线)代替人眼双目视觉(单基线)传统摄影测量原理,从空间一个点由两条光线交会的摄影测量基本法则变化为空间一个点由多条光线交会而成的全新概念。本文介绍了按照多基线数字近景摄影测量系统的工作流程,应用 lensphoto 系统在大同至西安客专 II 标杨家河大桥西边坡和小直峪大桥东边坡的工程中进行了实践,并对测绘成果进行了对比分析。

【关键词】 多基线数字近景摄影测量 点云 标识牌 全站仪 检查点

1 概述

建筑工程在设计和施工之前都需要测量原始地形,许多工程地形复杂,常规测量方法难度大效率低。传统的测量方法一般是在测区布设测量控制网,利用全站仪通过控制点或图根点进行测量,当出现测量人员难以到达的部位,还需使用具有免棱镜功能的全站仪进行补充测量,但是免棱镜功能会受光线、天气和测量距离的限制,且大多数的免棱镜功能在 80~300 米之间,往往会有测不到,反不回的部位还需要再次补测。

多基线数字近景摄影测量 Lensphoto 系统,能对普通单反数码相机获得的影像,完成从自动空三测量到测绘各种比例尺的线画地形图(DLG)的生产,及对普通数码相机所获的近景影像完成三维重建,同时也可以作为直接由地面摄影的数字影像中获取测绘信息的软件平台。它只需要一部普通单反(定焦)数码相机,使用 4 个控制点,就可对一个区域进行精确测量和建模。在满足 1:500 地形图国标精度的前提下,其最远测程可达到 1500 米,能极大的缩短外业作业时间,从而提高工作效率。

2 近景摄影作业

大西客专-2 标杨家河大桥西边坡、小直峪大桥东边坡均位于山西省阳曲县境内,属温带大陆

性季风气候,四季明显。由于地壳运动和雨水冲刷,形成了山坡陡峭、沟壑纵横的复杂地形,地形变化较大,区域内植被稀疏,有少数矮小灌木和杂草覆盖,土质为新黄土。

2.1 摄影方式

根据摄站至摄区的距离,选择合适的定焦镜头。在杨家河大桥西边坡和小直峪大桥东边坡的地形图测绘研究中,摄站距离被测边坡分别在 150 米和 200 米左右,选择了 50mm 定焦镜头。根据被摄物体成像范围、精度要求、成图比例尺等,可采用平行摄影或旋转摄影方式,详见图 1。根据测区的地形特点,选择了旋转摄影方式。

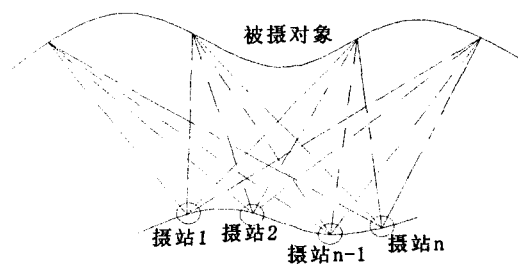


图1 旋转摄影方式

2.2 像控点布设及控制点联测

根据摄区的大小及地形情况,摄影前在摄区范围内均匀布设像控点标识牌,标识牌主要用于后期数据计算时便于查找及引入控制点。对于地

形测量,一般只需在被测区域的四个角点周围布设像控点标识牌,如果被测区域较大、地形复杂,可以在测区中间均匀添加适量像控点标识牌。设立标识牌时要保证其固定并正对摄站。当测区内布设标识牌困难时,可以选择地表特征点作为像控点,特征点应选在较平且两种明显的色块交界处,要避免选择突出的岩石尖端。标示牌布设后,进行摄影作业和控制点测量,利用全站仪对标识牌进行测量得到所布设控制点的坐标。

2.3 影像分析

通过摄影测量及控制点测量,得到摄区的影像文件及控制点坐标数据,将得到的影像文件进行预处理,分析影像是否满足近景摄影测量规范要求,如超出限差要求则重新进行摄影作业。一般情况下影响摄影精度的原因包括天气、影像重叠度、控制点精度等主要因素。

3 影像数据处理及分析

3.1 影像数据处理

将外业获取的摄影数据、检校后的镜头参数文件和控制点数据导入计算机,并将像片按照摄站的次序进行重命名,在 Lensphoto 软件平台进行内业数据处理和成果输出。其中镜头参数文件是利用 Lensphoto 软件中的相机检校模块在室内进行计算所得。经过 Lensphoto 软件的新建工程、导入相片和镜头参数、自动空三匹配、光束法无约束平差、引入控制点、空三交互、整体约束平差等步骤实现模型绝对定向,得到影像的外方位元素,随后生成摄区点云并给予编辑见图 2、图 3。对生成的点云进行影像畸变差纠正并建立立体模型形成 TIN 景观见图 4、图 5。



图 2 杨家河大桥西边坡地形点云



图 3 小直峪大桥东边坡地形点云

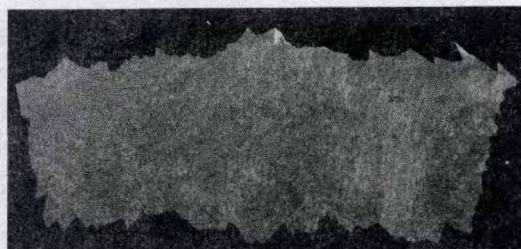


图 4 杨家河大桥西边坡地形 TIN 景观



图 5 小直峪大桥东边坡地形 TIN 景观

3.2 精度分析

对约束平差后的报告文件进行精度分析。在杨家河大桥西边坡地形测量中,当采用 10 个外控点进行约束平差时,平面中误差为 0.0282m,高程中误差为 0.0032m;在小直峪大桥东边坡的地形测量中,当采用 10 个外控点进行约束平差时,平面中误差为 0.0105m,高程中误差为 0.0046m。平面和高程精度较高,满足国家测量规范中地形图测绘的精度要求。

一般情况下,影像文件拍摄完成后进行预处理如果符合限差要求,最终的约束平差结果也能满足规范要求。若不符合,则要分析是否是天气的原因,例如雾气太大、大风造成标识牌晃动等;或者摄站基线长度、摄站数是否满足规范要求,影像重叠度是否不够等,找出产生误差的原因后修改摄影方案重新进行作业。

4 摄影测量成果比较

4.1 测量断面比较

首先将 Lensphoto 导出的点云数据展绘到 CASS 软件中构建三角网, 勾绘等高线后选择任意位置绘制出断面图, 可得到摄影测量所切断面线; 其次对选定的断面使用全站仪进行断面测量得到全站仪所测断面线; 最后使用全站仪进行地形测量得到该区域地形图, 将全站仪实测的地形图同样展到 CASS 软件中进行相同断面的剖切, 可得到全站仪实测地形所切断面线。将上述三种方法得到的断面线进行比较。

在杨家河大桥西边坡采用摄影测量和全站仪实测所成地形图中, 选择了 11 条断面进行比较, 其中断面线最大差值 0.83m, 最小 0.002m。选择比较后差值较大的 4 条断面与全站仪实测的断面进行对比, 实测的断面点和根据摄影测量数据所成的断面线两者差别甚微基本吻合详见图 6、图 7 所示。

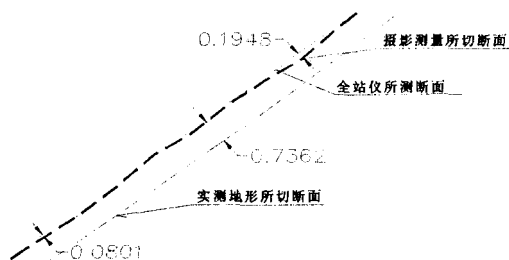


图 6 杨家河桥区 0+30 桩号断面比较

表 1

杨家河大桥西边坡地形图检查点高程较差分布统计表

Δ 值范围 (m)	$\Delta \leq 0.05$	$0.05 < \Delta \leq 0.10$	$0.10 < \Delta \leq 0.30$	$0.30 < \Delta$
点位数量	17	10	5	2
比例 (%)	50	29.4	14.7	5.9

由 Δ 值计算求得等高线高程中误差:

$$M = \pm 0.154m.$$

该区域地形表面平滑, 地表起伏变化较小,

因此所得等高线高程中误差较小。

小直峪大桥东边坡地形图 39 个检查点的高程较差 ($|\Delta|$) 分布情况见表 2。

表 2

小直峪大桥东边坡地形图检查点的高程较差分布统计表

Δ 值范围 (m)	$\Delta \leq 0.10$	$0.10 < \Delta \leq 0.30$	$0.30 < \Delta \leq 0.60$	$\Delta > 0.60$
出现个数	11	9	12	7
占检查的比例%	28.20	23.08	30.77	17.95

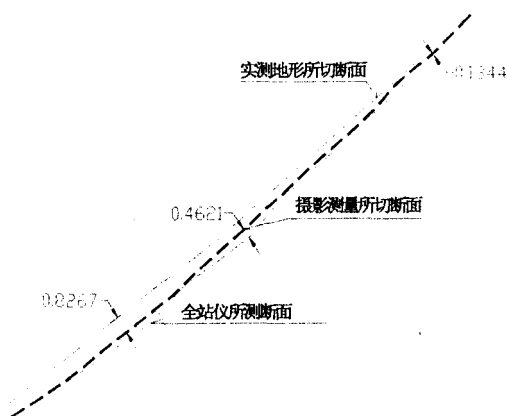


图 7 杨家河桥区 0+80 桩号断面比较

采用同样的方法, 在小直峪大桥东边坡地形图中选测了 5 条断面, 断面线最大差值 0.361m, 最小 0.005m。

4.2 检查点高程比较

将外业实测检查点展绘到摄影测量所成地形图上, 利用等高线内插求得该检查点图面对应高程 $H_{图}$, 与全站仪实测检查点高程 $H_{检}$ 对比得到较差 Δ 。

$$\Delta = H_{检} - H_{图}$$

式中: $H_{图}$ 为等高线内插求得该检查点图面对应高程;

$H_{检}$ 为全站仪实测检查点高程。

杨家河大桥西边坡地形图 34 个检查点的高程较差 ($|\Delta|$) 分布情况见表 1。

由该表格数据可知 $\Delta < 30\text{cm}$ 比例占检查点总数的 51.28%, $\Delta < 60\text{cm}$ 比例占检查点总数的 82.05%。由 Δ 值计算求得等高线高程中误差: $M = \pm 0.4038\text{m}$ 。

上述两个摄区得到地形图成果中, 等高线高程中误差均小于《工程测量规范》GB50026-2007、《水利水电工程施工测量规范》DL/T 5173-2003 中的一个基本等高距的规定。

小直峪大桥东边坡地形图与杨家河大桥西边坡地形图进行比较, 其等高线高程中误差较大, 一方面是由于摄区地形复杂局部地表起伏变化较大, 另一方面也说明该系统对复杂地形测绘情形数据处理精度上还有待提高。

参考文献:

- 【1】张祖勋. 数字摄影测量与计算机视觉[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2004, 29(12): 1035-1039;
- 【2】GB/T12979-2008 近景摄影测量规范[S];
- 【3】DL/T 5173-2003 水利水电工程施工测量规范;
- 【4】GB50026-2007 工程测量规范。

5 结论

(1) 应用研究表明, 多基线数字近景摄影测量系统 lensphoto 可应用于工程地形图的测绘, 测量成果能够满足测量规范的要求。

(2) 该系统自动化程度高、人工干预少、作业速度快、点云数据密集且可灵活设置。在地形复杂, 人员难以到达的地方以及大面积地形测绘具有明显的优势。

(3) 研究中发现该系统在特殊地形测绘中其成果与实际情况有些出入, 需要全站仪采集特殊地貌点、利用立体影像勾绘特征点、人工重建三角网等方法进行修正, 以提高摄影测量的精度。

山东海阳核电厂1号核岛首次自密实混凝土浇筑成功

3月31日下午16时, 山东海阳核电1号核岛结构模块 CA20顺利进行了第一次自密实混凝土浇筑施工。公司勘测设计研究院海阳土建试验室负责混凝土生产质量控制及现场质量检测工作。整个施工共历时4小时, 共浇筑自密实混凝土50.5立方米。

海阳核电1号核岛 CA20模块内部混凝土结构多为 SC 结构(钢板-混凝土结构), 由于受狭长的内部空间限制及浇筑区域结构尺寸复杂等原因, 采用常规浇筑手段不能有效地进行振捣密实, 因此采用目前国际上先进的自密实混凝土浇筑技术成为工程的首选。同时自密实混凝土浇筑技术也是在我国引进 AP1000核电技术后, 首次在海阳核电施工领域中使用的新技术。

自密实混凝土技术虽然在核电领域还较为陌生, 但作为土建试验室的运行单位—水电三局勘测设计研究院有着丰富的工程实践经验。从2000年起设计研究院即开始开展这方面的研究工作, 并在著名的三峡二期工程蜗壳二期回填施工中率先使用了这一新技术, 在随后的景洪水电站和西龙池抽水蓄能电站蜗壳二期回填施工中多次使用。经过土建试验室历时3个月, 进行了大量的自密实混凝土各项性能试验及多次优化, 所配制的自密实混凝土具有优良的填充性能、穿越性能和抗离析性能。该配合比于2009年6月经美国西屋公司审查, 获得一次性通过, 并将此配合比推荐给其他同类工程核电厂参考使用。

为了确保超大结构模块 SC 结构混凝土施工质量, 施工现场前后进行了5次自密实混凝土浇筑模拟试验, 在取得良好相关试验数据情况下, 获得了美国西屋公司对本次浇筑的许可。此次浇筑过程十分顺利, 含气量、扩展度、填充性等各项指标均符合技术规范的要求, 混凝土自密实工作性能良好。

作为海阳核电 AP1000首座反应堆, 1号机组 CA20模块自密实混凝土第一次浇筑成功, 获得了中美专家及参建各方重视和好评。同时也为加快 CA20周边的辅助厂房结构及核屏蔽厂房结构建造创造了有利条件。