文章编号:1006-2106(2006)增刊-0168-07

近景摄影测量技术应用的回顾*

王 萍**

(铁道第一勘察设计院, 西安 710043)

提要:本文详细介绍了利用近景摄影测量技术进行测绘的基本原理、作业流程和技术方法,以及近景摄影测量系统的进展和近景摄影测量技术应用的回顾。

关键词:近景摄影测量; 基本原理; 技术方法

中图分类号: U212.241 **文献标识码**:A

Review the Application of Close-range Photogrammetry

WANG Ping

(The First Survey and Design Institute of China Railway, Xi'an, Shanxi 710043, China)

Abstract: This paper presents the rationale, working flow and the techniques of the close-range photogrammetry for mapping, as well as some retrospects and development of the close-range photogrammetry.

Key words: close-range photogrammetry; rationale; technical method

近景摄影测量(Close-range Photogrammetry)是摄影测量学、遥感(Photogrammetry and Remote sensing)学科的一个重要分支,是非地形摄影测量的主要组成部分。尤其以建筑、工业和生物医学三方面的发展最为突出,从而形成了建筑摄影测量,工业摄影测量,生物医学和生物工程摄影测量三门分支学科,其目的是精密控制量测不规则表面实体凸凹不平的现状和形态,并能立体再现,提供静态目标的平面图、立面图、等值线图、影像图、纵横剖面图、轮廓线图、仰视图、斜视图、特写图、晕渲图和模型纹理图、三维虚拟景观图、三维可视化或三维空间座标,还可提供动态目标的运动轨迹或变形参数。近景摄影测量技术的特点是"凡可以摄影的东西都可以量测",因此决定了其应用的广泛性和成果的多样性。

1 近景摄影测量基本原理、作业流程

1.1 基本原理

近景摄影测量是利用近景摄影测量系统对不能接近或不能进行常规直接测量的被摄对象的空间姿态的真实再现,是用像片进行三维空间测量的一种重要技术手段。它使用专门的量测和非量测用摄影机,近距离对被摄对象从不同摄影站(基线两端点)分别摄影,或用2架同样摄影机进行同步摄影,获取对象体具有一定重叠度的(立体像对)立体图像,并采用常规测量手段获得影像特征点(专用测量标志或目标特征点)的三维坐标来确定被摄对象的形态、大小、性质和几何位置。在精密控制基础上,按照近景测绘的基本原则和特定的软件环境下进行图像处理、模式识别、影像匹配、建立数字模型等摄影测量处理;通过测图系统采用模拟法、解析法、数字法等方法和计算机技术进行空间目标体的数据采集和自动记录,对所用的线型、线条连接方法及不同要素的叠置关系等进行精心设计和立面测绘;在编辑工作站上进行编辑、修改、整饰,最终形成独具特色、形象逼真的立面图、等值线图、平面

* 收稿日期: 2006-09-06

** 作者简介:王萍,1957年出生,女,高级工程师。

万方数据

图、截面图等数字化图、目视线划图和影像信息资料的技术。

近景摄影测量具有其它测量方法无法比拟的独特优越性,与其它摄影测量分支学科相比有 3 个特点:一是将被摄对象投影到大地坐标的 *ZOX* 或 *ZOY* 面上,对于每个地物测绘的是一个侧面(竖位形态的前视图),测绘地貌的凸凹(深度)变化则是用等值线表示的等值线图;二是对摄影测量对象的物距最大不超过 300 m,最小几乎接近于 0,包括低倍放大和显微立体摄影测量;三是其主要应用于非地形测绘领域。

1.2　作业流程

近景摄影测量主要工作流程为:方案拟定、精度估算、模拟试验与优化设计、摄影机或摄像机的选择与检校、摄影方式的确定、立体像对的获取方案、摄影机或摄像机同步方法的确认、照明的布置、人工标志的设计与制作、控制方式的选取、相对控制网的建立、活动控制系统、包括标志自动识别在内的各种图像处理方法的确定、外业成果获取、内业摄影测量方案(模拟、半解析、解析、数字、全数字法)的确定、坐标系旋转、数学模型的选认、各种应用软件、三维虚拟景观图、三维漫游可视化和虚拟漫游、影像数字化图像处理技术、直接线性变换最小二乘与人机协调相关三维立体模型等。

2　近景摄影测量外业摄影、精度估算、控制测量

2.1 外业摄影

针对被摄对像的基本情况,先确定绘制等值线的参考投影面,然后在测区和测区外围布设具有足够精度、密度适宜的控制网,并选择摄影站点、基线和像对数目。由于近景摄影测量只与被摄对象的形状和大小有关,所以可按控制点、物方距离以及摄站到物方点的距离定义物方空间坐标系。像控点布设应遵循梯形布设的原则:在所摄区域的四角及周边,以控制最大面积为原则,每一像对的重叠范围内至少有 3 个,最多不超过 9 个,野外像控点应选在影像清晰的明显地物点上。测量、放样与检测的控制面积一般在几百平方米以内,点位精度可达±(0.05~0.10) mm。此外,现场拍摄要仔细选择施光位置、光照方向和曝光时间,适当地制造一些局部阴影,用于实测被摄对象的外形以至运动状态(人工标志点)并获得其三维坐标。

由于摄影精度要求高(如±0.1 mm),测量重点应放在摄影方式、测量仪器级别的选择、测量精度的预估、高程的测定方法、两测站间起始方向和距离的测定、成图比例尺的选择、大重叠度象片的定向、参考面与等值距的选择等方面。摄站的选定应视野开阔,两摄站点应相互通视,摄站间的摄影基线应基本平行于参考投影面并使摄影机同高;两摄站点的高差应小于基线长度的 1/5,以减少摄影漏洞,增强立体效果;在允许的精度范围内,选择摄站时纵距 *Y* 应尽量放长,当摄区有遮挡时,摄站可往远处和高处选,采用纵距 *Y* 较远的摄影方法,即等倾摄影的方式。近景摄影测量"摄影距离与被测物深度差的比值"常常比航空摄影测量要大得多,为获取清晰的影象,要根据被摄对像、精度要求、摄影基线方向和安置定向角度的不同采用相应的摄影方式:正直摄影、等偏摄影、等倾摄影、交向摄影、长焦距摄影、多摄站摄影、框架四片摄影、区域摄影等方式,才能保证内业测图中能将被摄对象的细微部分充分地表现出来。

2.2　精度估算

外业近景摄影时按精度划分及适用范围规定的精度级别,分为毫米级、厘米级、分米级等精度级别范围,可灵活运用于各类被摄物体的摄影精度。像控点的测定精度应符合规范规定,摄影时如出现隐蔽地区,必须在野外实地补测。摄影站、摄影基线长度和摄影纵距的选定应符合规范规定,摄影距离越近、基线越长,则待定点精度越高;摄影距离越近、主距越大,则待定点精度越高。针对各类被摄物体的技术要求,采用不同的内业测图方法(模拟法、解析法、数字摄影测量法),以满足测图精度。

2.3　控制测量

近景摄影测量中实施控制测量的主要目的是借助控制点或像对控制把摄影测量网纳入给定的物方空间坐标系,检查并提高网的精度与可靠性。地面摄影机安装在基线端点上,保持摄影机光轴水平、摄影机的旋转竖轴以及像片面位于铅垂位置,这时位于水平方向的左右框标连线作为像片平面坐标系的 *X* 轴,位于铅垂方向的上下框标

万方数据

连线作为 Z 轴，X、Z 轴的交点与像主点重合即是“坐标原点”，然后从每一条基线两端点分别摄影，获取独立的立体像对作为量测单位。针对各被摄对象相对独立的特点，布设控制测量基线时可以采取灵活多变的方式。对某些比较特殊的部分，在外业控制时采取特殊方法、内业制图时采用特殊手段，才能保证外业控制的准确又能使内业制图时更加方便和有效。

3 近景摄影测量内业数据及图像处理、数据管理

3.1 内业数据及图像处理

近景像片或影像需经过后续的内业数据及影像资料纠正处理，主要有模拟法、解析法、数字摄影测量法等。在解析法近景摄影测量方案中，因测量目标以及硬软件贮备的不同，又可分作基于共线条件方程式的近景像片解析处理方法、直接线性变换解法、光线束平差解法和解析(数字)处理方法等。特别是全数字摄影测量法可根据用户要求输出显示图解式或数字式数据。数字式的数据输出即可建立数字地面模型，进行数字化测图和建立地形图的信息数据库。

内业数据采集时采用的是立面图形式。用立面图表现一个立体形态物体时，物体的不同细部已经通过不同的颜色、色调、明暗程度、大小、前后景压盖、重叠遮挡和交叉倒悬关系以及理性的思辨建立起了一种透视关系，所以在用立面图方式表示时，采集人员要熟悉视觉表示的一些基本规律，设计线段的主次和联接方式，通过选择物体特征的各种结构线条和其联接方式、线宽、压盖关系等来重现透视关系。选择必要的线条和综合考虑线条的联接方式非常重要，因为一个立体目标本身的体面上并不存在明确的线型体，用线段表示本身就是一种创造性的、抽象化、透视化的表现方法，只有这样才能使测绘的平面图件能够真实地反映出立体物体的形态，使我们的测绘产品具有精度均匀、现状真实、良好的可量测性、不可重复和不可替代性。

3.2 数据管理

近景摄影测量成果由模拟型图件到数字型文件的数据，不但可以转化成图纸，而且能以数据形式进入以计算机技术和数据管理技术为基础的信息管理系统中。近景测绘成果的数字化不仅是以数字形式保存成果资料，而且还拓宽了对被摄对象的表示方式和表现范围，像过去只能表示被摄对象的平面位置形态或利用等值线方式表示其三维空间形态，而数字型成果可方便地表示目标的三维形态，并且还可利用晕渲法或影像叠置法等构筑被摄对象的多视角三维景观，甚至可以构筑被摄对象的真三维数据和影像结构，构建虚拟现实景观，同时对被摄对象的修复和复制也提供了极大的方便。另外近景测绘成果的数字化后，使一些形态特征相关信息的技术资料、文档资料、图件资料等得到有效的综合利用、保存更新、查询分析和管理。

4 近景摄影测量系统的进展

国外近景摄影测量系统的应用较早，我国近景摄影测量系统从20世纪70年代初开始进行理论研究、试验开发与生产实践，发展到现在已有30多年的历史。从研究和应用表明，近景摄影测量技术的发展，经历了传统的近景摄影测量系统、新型的摄影测量系统和全新的数字摄影测量系统，并且正在向完全自动化的方向发展。

4.1 传统近景摄影测量系统

传统近景摄影测量系统可以分为两大类：量测用摄影系统和非量测用摄影系统。

量测用摄影系统又可分作量测摄影机、格网量测摄影机、半量测摄影机。其特点是内方位元素已知或可记录，且物镜的畸变很小，可忽略不计。如：日本 Sokkisha 分挡可变主距摄影机、瑞士威特(Wild)P31/P32 地面摄影经纬仪等。

非量测用摄影机的特点是内定向元素未知或部分未知，定向元素包括主点位置、主距、径向(对称)畸变、切向(非对称)畸变、底片变形等。非量测用摄影机有：近摄镜头普通照相机、普通摄影机、电影摄影机、各种摄像机等。它们具备调焦范围大、像幅大、像片倾斜角大、成图放大倍数大、可连续摄影、高速摄影、同步摄影、跟踪摄影、显微摄影、有线或无线遥控摄影、全景摄影、水下摄影等性能；还具有容量大、价格低廉、体积小、重量轻、装备简单、携带方便、调节灵活等特点。所以在非地形摄影测量中应用越来越广泛，特别是地面摄影测量死角的补测、陡峻山区、摄影比例尺不当和无量测摄影机时的大比例尺小面积地形图测绘工作等。此外，非量测摄影机可通过检校改

万方数据

正各种系统变形,使摄影像片的处理具备了更有利的条件。

4.2　近年来较新的近景摄影测量系统

4.2.1　经纬仪测量系统(MTS)

经纬仪测量系统(MTS)是由多台高精度电子经纬仪构成的空间角度前方交会测量系统,最多可接 8 台电子经纬仪,设备主要由高精度的电子经纬仪、基准尺、接口和联机电缆及微机等组成。系统定向软件采用基于大地测量控制网平差的互瞄法或摄影测量的光束法平差技术,联机测量数据处理可实时地在计算机屏幕上显示出被测点的三维坐标(X,Y,Z)值。由于有一个多余观测量,可对测量结果进行粗差检验,保证测量结果的可靠性。MTS 在几米到十几米的测量范围内的精度可达到 0.02 ~ 0.05 mm。

4.2.2　全站仪极坐标测量系统(STS)

全站仪极坐标测量系统是由一台高精度的测角、测距全站仪构成的单台仪器三维坐标测量系统(STS)。极坐标测量系统的原理是通过测量角度 α、β 和斜距 S 来计算待定点 P 的坐标,100 m 范围内的精度可达到 0.5 mm 左右,测距标称精度为 1 mm+1 ppm。极坐标测量系统的仪器设站非常方便和灵活,而且测程较远。

4.2.3　激光跟踪测量系统(LTS)

激光跟踪测量系统(LTS)可全自动地跟踪反射装置,将反射装置在被测物的表面移动就可实现被测物表面的数字化。由于干涉测量的速度极快(每秒钟最多到 500 次读数),因此特别适用于动态目标的监测,如机器人的检校等。其测量原理同样是极坐标法,用码盘分别测量水平角和垂直角,通过激光干涉测量法获得斜距,坐标重复测量精度达到 5 ppm。激光跟踪测量系统需要 2 个处理器,一个用来控制测量头并实现数据的高速采集,另一个是装有系统软件和应用软件用户 PC 计算机,除对测量结果进行分析计算外,还可按图形方式显示被测物和计算结果。

4.2.4　最新的数字摄影测量系统

最新的数字摄影测量系统是美国大地测量服务公司(GSI)生产的 V-STARS。它采用数字近景摄影测量原理,通过两台高分辨率的柯达数字相机对被测物同时拍摄,得到物体的数字影像,经计算机图象处理后得到精确的 X,Y,Z 坐标。测量精度可达 0.1 ~ 0.3 mm。

4.2.5　各种摄像机(SolidStateCamera)

各种摄像机是近景摄影测量的主要摄像设备。特别是基于 CCD 的固态摄像机有明显优点:较高的影像获取速度、芯片稳定的几何关系、像元几何位置精度高而且不会变动、不需要框标、不需要改正底片变形、全固体化、体积小、重量轻、适应性强、可选取不同传感器,以探测不同波长的被测物体、生成的视频信号直接进入计算机,实施数字近景摄影测量以至能完成实时摄影测量过程。

目前,德国蔡司近景摄影测量仪器最新的数字近景摄影测量系统,采用高分辨率的数字相机来提高测量精度。另外,利用条码测量标志可以实现控制点编号的自动识别,采用专用纹理投影设备可以代替物体表面的标设置。这些最新的近景摄影测量系统正在使数字摄影测量朝完全自动化的方向发展。

5　近景摄影测量技术在我国的应用

志

我国近景摄影测量技术广泛应用于:航空航天、铁道勘察、生物医学、水力船舶、地质采矿、体育运动、刑事侦破、汽车交通、文物考古、遗址遗迹、天线安装、古建筑、天然气、机器人、钢结构、起重机、涡轮机、发电机和装配架、石油等领域的勘察测绘,以及在低空摄影测量、水下摄影测量、X 光摄影测量等方面,取得了很大成效。

5.1　近景摄影测量在古建筑、古文物、遗址、遗迹等测绘中的应用

1981 年,对西汉华阴粮仓、大明宫遗址测制了平面图、等值线图。

1982 年,采用 sMK-120 和 uMKl0/1318 对西安钟楼进行了近景摄影测量、控制点精度 1.0 cm,像片比例尺 1∶500~1∶600,成图比例尺 1∶50,制作了立面图和平面图。

1983 年,对汉中古栈道进行了 1∶20 ~ 1∶50 比例尺的测量工作。

1984 年,利用人工标定投影面、简易的相对控制,对咸阳顺陵石刻进行测绘,成图比例尺为 1∶5。

1984 年,对陕西彬县唐代大佛寺石窟进行近景摄影测量,测绘了 1∶10 ~ 1∶5 000 比例尺、0.01 ~ 5 m 等值距和等高距的环境质量图、大佛正面等值线、左肋侍菩萨轮廓图、石窟内剖面图、石窟内平面图。

万方数据

1985 年,对临潼秦始皇陵园及兵马俑进行了近景摄影测量,摄影比例尺 1∶50 ~ 1∶66,用 C130 解析测图仪上测绘了等值线图。

1985 年,对西安半坡博物馆内遗址进行了低空面积摄影,控制精度为平面 5 mm、高程 0.7 mm。

1985 年,对大雁塔进行了近景摄影测量工作,大雁塔高 60 多米,宽 25 mm,采用 sMK-120 立体摄影机从东、北两个方向进行了正直、倾斜摄影,摄站高 7 m、摄影比例尺 1∶1 100、外业控制是在原变形观测网的基础上进行加密,内业在 C130 解析测图仪上测绘了大雁塔的立面图和等值线图,用正射投影仪晒印了大雁塔的正射影像图。近景摄影测量与变形观测的结果相比较,塔高相差 2.7 cm,倾斜仅差 1.4 cm。

用国产 120 海鸥普通像机于 2.6 m 高处,对小雁塔山门的正侧两面分别进行了立体摄影。外业采取独立坐标系,常规控制测量,微分法成图,测绘了 1:500 比例尺的小雁塔山门的正视图及山门东侧视图。

建设部综勘院与国家文物保护所合作进行了洛阳龙门石窟、大同云岗石窟的测绘工作;陕西省测绘局与敦煌考古研究所签订了"用近景摄影测量手段对敦煌石窟进行试验的协议"。

北京市园林局组织各测绘单位先后对北京中山公园、北海公园、颐和园和天坛公园测绘《北海九龙壁立面图》、《北京北海白玉佛像等值线图和立面图》、远景图等工作,为北京市的园林建设和开发提供了科学的依据。

2001 年,国家对乐山大佛进行了全面修复、加固与保护。利用 GIS 系列软件对乐山大佛的三维可视化与漫游进行了尝试。成功测制了比例尺 1:100、精度 0.1 m 的等值线图,通过等值线图的矢量化将其纳入到计算机中,利用佛像表面的"高程"信息和真实的佛像纹理图像,建立起栩栩如生的可漫游和查询的三维立体模型。

2002 年,国家重新拟定了故宫发展的长远规划和近期实现的 7 年规划,将故宫的主要建筑初步恢复到康乾盛世的原貌。在对故宫古建筑进行大规模维修之前,由清华大学古建筑保护研究所和地球空间信息研究所合作,利用现代测绘技术与传统古建筑测量方法,在深度和广度上为修复工作提供准确的第一手资料。首先布设专用控制网,以满足测绘每一单体建筑细部特征点三维坐标的精度要求;细部特征点用全站仪加 PC 机采集数据并实地展绘检核;构件细部采集工作以手持式测距仪加数码相机,通过测绘数据建立起建筑物及构件完整的三维实体模型库,取得较好的效果并且对将来的古建筑理论研究提供重要数据。

5.2 近景摄影测量在水利工程上的应用近

景摄影测量在水利工程中的应用比较广泛。武汉大学测定了轮船靠岸时橡胶护弦的变形,为码头建设提供了依据;长办航测队进行航道航迹线的测定;贵州清水江大型拖排航迹线的测定;长江新滩滑坡的地面摄影测量、葛洲坝大江截流工程相应地点的流速和流态测定;长江葛洲坝水电站水轮机叶片的变形测量和船闸门变形测量;解放军测绘学院进行了黄河河床模型测量;国家地震局研究所进行舰船模型测量;长办、河海大学进行水舌测量等等。

5.3 近景摄影测量在地质勘察方面的应用

四川省地矿局和中科院四川地理所应用同步立体摄影测量方法对泥石流的流速流量和形态进行测定,为泥石流的防治提供了可靠的数据;建设部综勘院采用近景摄影测量方法测定了强夯过程的地表形变等多种试验的有效数据;水电部华东院、长办航测队进行大型烟囱的烟雾排放和扩散状况的测量、烟囱高度的设计问题具有特别的价值;同济大学对油轮和油罐容积测定;国测研究所对汽车车身外形测量;解放军测绘学院对卫星地面站天线校准测量;水电部华东院、武汉大学进行高层建筑物变形测量等。

1981 — 1985 年,在铜川焦坪露天矿及神木煤田分别进行了近景摄影测量,包括用于地质小构造资料的收集,计算各平面的产状、量测断层、断裂面、厚度形状、矿井中巷壁测图、地质剖面测定,编绘了地质柱状剖面图、矿区剥离量测定等,为在矿区开展摄影测量进行了有益的探索。

5.4 生物工程摄影测量与医学方面的应用

福建省测绘局进行了龙眼花粉形态扫描电子显微镜测量的研究;中科院遥感所进行生物细胞工程近景摄影测量;广东省测绘局测制了广州动物园动物立体图;1981 年,受动物研究所委托煤田航测遥感公司对金丝猴头骨进行精密摄影测量,利用投影网络,在微三角控制场中拍摄立体像对,编制了 1∶1 比例尺的正、侧面轮廓图、等值线图,此外还对鱼类标本进行近景摄影测量工作;四川省地矿局测绘队对人体面部形态进行了立体摄影测量;武汉大学和福建医学院用近景摄影测量测定牙冠正畸构型参数和贮存,为口腔医师提供了治疗依据,并进行了人体

万方数据

异物定位、胸肺病状测定、手部腕关节标本近景摄影测量控制场工作等。

5.5 体育运动方面的应用

同济大学、武汉大学等对运动员的运动状态进行近景摄影测量,并进行了二维和三维空间分析,对提高体育运动水平有较大的意义。

5.6 公安侦破、交通事故分析等方面的应用

解放军测绘学院、武汉大学等对足迹、作案现场等进行近景摄影测量和记录,以利侦破工作的进行;另外,对交通事故进行现场摄影测量记录,便于事故的分析、取证等。

6 近景摄影测量在铁路系统的应用

6.1 北京交通大学进行了隧道岩石力学矢量位移试验和隧道模型变形测量。

6.2 西南交通大学用近景摄影测量方法进行铁路大型桥梁变形观测,为分析桥梁受力状况提供了依据;还用近景摄影测量方法对铁路钢轨磨耗进行自动检测。

6.3 中铁工程设计咨询集团有限公司测绘的北海公园漪澜堂长廊一幅 4 m 长的立面图,曾送到加拿大参加国际摄影测量学会的年会展览;还采用近景摄景测量方法先后为北疆线、大秦线、宝天线等铁路病害的防治测制过大比例尺地形图;与北京交通大学共同完成了"近景摄影测量在铁道工程中的应用"研究课题。

6.4 铁道第一、二勘察设计院合作,1972 年,采用摄影经纬仪和地面立体测图仪,共同完成了西安安康铁路数十个隧道工点的 1∶500 ~ 1∶1 000 比例尺地形图的测制任务;1974 年 9 月,完成了南疆线阿拉沟等地区的隧道、桥梁、涵洞、站场、路基等几十个工点的地形测绘;1986 年 10 月,对四川省二滩电站专用公路的陡坡、滑坡、桥址、隧道口等困难工点集中地段,连续利用地面立体摄影测量测绘大比例尺带状地形图。

6.5 铁道第三勘察设计院在铁路超高试验和铁路设计研究中,为了求算各种列车的临界复超高值以确定最大允许超高值提供必须的数据,使用摄影经纬仪,对 3 种车型 5 种不同的铁路线路超高进行 1:30 的正直摄影,X 和 Z 方向的观测值中误差为±1.0 mm,两个像对同名点的算术平均值中误差为±0.8 mm。超高对减载率的抛物线相关比达 0.99,为确定最大允许超高值提供了可靠的数据。1988 年,丰准线的部分地段采用近景摄影测量;1996 年,对朔黄线隧道洞口采用近景摄影测量技术,完成 40 个洞口的 1∶500 数字化地形图和 1∶200 数字化横断面图;2004 年 9 月,在测绘石太线孟县至石家庄段隧道洞口和桥址工点地形图时,首次使用数码相机拍摄立体像对,共完成 1∶500 工点地形图 48 处,1∶200 横断面图 650 个,统计中误差 0.328 m,提高和保证了工点图的质量。

6.6 铁道第四勘察设计院采用近景摄影测量技术对宜万铁路桥梁隧道 1:500 工点图进行测制,为缩短工期,大胆采用新方法和新技术,将传统的航空摄影测量和全野外数字测量等方法综合运用,实现铁路勘测的优化设计。

6.7 1981 年以来,铁道第一勘察设计院开展了"近景摄影测量在工程建设中的应用"课题的试验研究工作,建立了有 50 个点的室内控制网,其精度达±1.0 mm,进行了人工标志和控制架设计的研究。对量测和非量测像机进行了鉴定和检校等,采用摄影经纬仪及普通照相机获得像片资料,根据不同特点在模拟测图仪上测图,等值距为0.1 ~ 0.2 m、1:5 ~ 1:500 比例尺,可获取被摄物的平面图、立面图、断面图、等值线图和地形图等。

1981 年,在宝成线水害抢险修复工程中采用了近景摄影测量方法,使用摄影经纬仪摄影,为宝略段第二和第三期水害修复抢险工程中为观音山隧道口等 21 个 1∶500 比例尺桥隧工点图,等高距为 0.5 ~ 1.0 m;为西坡段水工模型试验提供了 1.0 m 等高距、1∶500 比例尺地形图;为便于桥隧工点设计和铁路病害的治理,第一次测绘了等高距为 0.5 m、1∶500 比例尺的工点立面等值线图,填补了利用地面立体摄影测量测绘小面积地形图的空白。

1982 年,分别对甘肃省敦煌莫高窟东、西千佛洞及安西榆林窟(万佛峡)进行了地面立体摄影测量和近景摄影测量工作。根据石窟陡壁走向曲折情况,外业采用摄影经纬仪摄影,内业用测图仪测图,测制了等高距 1 ~ 2 m 的 1∶100、1∶200、1∶500、1∶1 000 等比例尺的地形图和等值距分别为 0.2 m、0.5 m 和 1.0 m 的 1∶100、1∶200 比例尺的立面等值线图,为敦煌石窟岩壁加周工程提供了施工设计用图;1984 — 1985 年,又对敦煌石窟内的彩塑和壁画进行了近景摄影测量的试验与研究,综合利用摄影测量技术,对多种工艺流程进行实验比较,测绘了 1∶5 和 1∶10 比例尺的白描图,对彩塑测制了 1∶10 比例尺的立面等值线图和立面等值线影像图;此外,还测制了敦煌壁画的立面图、佛像立面图、立面等值线图、立面等值线影像图、数字线划图和制作象片镶嵌图、正摄影像图等各

万方数据

种系列图件，率先在全国开展的“用非量测摄影机摄影资料试制地形图和立面等值线图”的研究获得成功，此技术成果为国内首创并广泛应用于文物保护领域。

1984年，开展“倒锥壳水塔模型”立面等值线图测制的研究。建立专门的控制网，利用普通120像机以不同基线、不同纵距获得几组正直摄影的1∶40比例尺立体象对，内业在立体坐标仪上量测、解算、B型仪上测图，测绘了等值距为1.0 cm、1∶5比例尺的立面等值线图，经用32个平高点检查，其中误差为 m_s=±0.60 mm、m_h=±1.95 mm；等值线对最近平高点中误差 m=±1.24 mm、相对精度达1∶500。1985年，建立了近景摄影测量室外试验场，采用普通120像机（f=75 mm）为室外试验场地进行摄影，像片比例尺1∶666，常规控制测量，精度 m_s=±0.012m、m_h=±0.0018 m。对像机进行了鉴定，在立体测图仪建立1∶320比例尺的模型，测绘等高距为0.2 m、1∶100比例尺的地形图，其等高线高程中误差为±0.078 m。同时又采用解析桩点法测绘，其等高线高程中误差为±0.082 m。为使普通照像机摄影测制地形图的技术进一步应用于铁路勘测设计工作中，在BC2解析测图仪、P31全能摄影仪和P32立体摄影仪引进后，于1986—1987年在宝中线蒲家沟隧道洞口，采用摄影经纬仪、P31全能地面摄影仪和普通120照像机进行了综合试验，洞口工点宽约60 m、长约120 m、坡度约40°，常规控制测量，采用普通像机进行正直和等偏摄影，像片比例尺1∶340，在BC2解析测图仪上测绘了等高（值）距为1.0 m的1:500比例尺的地形图和立面等值线图，试验生产证明：精度完全能达到工点地形图的精度要求。普通照像机摄影测图的精度：m_h=±0.24 m，而平板仪测图精度 m_h=±1.0 m。统计对比结果表明采用普通照像机摄影、测图仪测制隧道洞口工点地形图和立面等值线图，成图精度良好，完全满足工点设计用图的要求。

1986年，对甘肃安西县榆林窟进行了大面积地面立体摄影测量、近景摄影测量，测制了1∶500、1∶200等比例尺的地形图和立面等值线图。立面等值线图与平面地形图的配合使用，对于敦煌、榆林窟文物加固工程起了重要作用。1989—1990年，又分别对昆玉线莲池、九龙池等工点和广梅汕线白马挂线工点进行了大面积的地面立体摄影测量，为保证困难地区的勘测设计质量起到了较好作用。由于近景摄影测量为敦煌东、西千佛洞及敦煌安西榆林石窟群的修复及加固提供了完整的、可靠的、重要的科学依据，受到了文物单位的高度赞赏，为后来的近景摄影测任务创造了条件。1992年，甘肃张掖马蹄寺石窟群文物保护、甘肃安西东千佛洞石窟群文物保护；1996年三峡对外交通下牢溪大桥桥址纵横断面测量等；1999—2000年甘肃泾阳北石窟寺文物保护、甘肃肃北5个庙石窟群文物保护、甘肃玉门长马石窟群文物保护、甘肃庆阳南石窟寺文物保护等进行了近景摄影测量，利用新引进的全数字摄影测量工作站结合近景摄影技术测绘文物古迹的基础资料，除了提供数字线划图（DLG）外，还提供了内容丰富的数字高程模型（DEM）和正摄影像（DOM）。使用全数字摄影测量工作站进行文物保护的数据采集精度为：1∶100立面等值线图 m_s=±0.025 m，m_h=±0.018m，1∶500地形图 m_s=±0.046 m，m_h=±0.078 m。同时，随着计算机技术的迅速发展，结合模拟动画制作软件，还可以模拟制作文物保护三维立体景观图，动态显示文物维护的前后过程等，都是近景摄影测量理论和技术的成功应用范例。

7 近景摄影测量技术展望

综上所述，随着信息技术、测量仪器的不断发展，全数字摄影测量系统和全球定位系统（GPS）等先进设备的涌现，以及计算机技术的不断成熟，当今数字地形测绘、摄影测量等现代测绘技术已进入全数字化时代。近景摄影测量的理论研究和实践应用已经不仅是准确的记载目标物的真实资料，而是更多的从发展眼光，全方位、多信息和科学地提供基础资料。随着现代测绘技术在GIS、MIS中的不断应用，又为近景摄影测量技术和方法在各个领域的应用带来了新的机遇，也为其技术手段和表示方法上增添了新的内容，用近景摄影测量及其成果的处理和表示方法对目标物的三维信息快速获取、摄影测量与计算机视觉的融合、不同仪器设备的集成等。今后如何快速、高效、精确地利用丰富的数据源，以及多数据源的集成真实地再现三维立体模型、实现真正的无控制摄影测量，将是今后的发展方向。它将使近景摄影测量技术工作更系统化、自动化。

参考文献：

[1] 冯文灏.近景摄影测量的基本技术提要[J]. 测绘科学，2000(4)：26-30.
[2] 郑书民.现代测绘技术在三峡地面文物保护工程中的应用[J]. 工程勘察，2001(3)：57-59.
[3] 李广云.工业测量系统最新进展及应用[J]. 测绘工程，2001(2)：15-16.
[4] 眭金文，崔岩. 我国近景摄影测量的进展与应用[J]. 西北测绘情报，1990(2)：18-20.
[5] 余明，丁辰，等.北京故宫修复测绘研究[J]. 测绘通报，2004(4)：11-13.

万方数据