

基于数码相机的地质编录要素提取方法研究

张友静,李 浩,吴继敏

(河海大学,江苏 南京 210098)

摘要:针对现行水电工程、地下工程施工地质编录方法的不足,联合应用近景摄影测量、图像处理和GIS技术,设计开发了基于数码相机的地质编录信息系统.在探讨数码相机的方位元素控制、正射影像制作的基础上,着重研究高边坡、隧道的结构面及其产状信息的三种提取模式,在自行设计与开发的摄影地质编录信息系统中具体实现了这些信息的快速编录.经与实地数据比较,本文方法速度快、且有较高的精度.

关键词:地质编录;数码相机;方位元素控制;信息提取

中图分类号:P624.5

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2001)07-0136-03

施工地质编录是各种工程建设中施工地质工作的重要一环,其成果主要为高边坡、地下洞室的施工设计、岩体稳定性分析、施工地质预报、工程加固措施等服务.施工地质编录要素主要包括各种结构面、构造面及其产状,充填物的种类与特征、岩性及构造的性质等.常规地质编录数据采集的作业方式是基于手工量测与编录,该方法效率低下,几何精度甚低,量测数据事后也无法验证.许多专家对此进行了研究,目前趋于采用摄影方法,主要有:①基于近景摄影机的测图仪/坐标仪的数据采集方法;②基于普通相机的目视判读的数据采集方法.

近景摄影机是量测相机,影像具有明确的几何位置关系^[1,2],但近景摄影机价格昂贵,影像采用航空胶片或干板记录,因而使用不便.基于普通相机的数据采集方法简便灵活,但无几何控制,不能满足地质编录的精度要求^[3].同时,上述两种方法均基于胶片摄影,需要冲片、晒印,且难以进行编录数据的影像处理、机助识别、信息管理、查询和机助制图^[4].因此,探讨快速、高效、准确并便于管理与应用的地质编录方法,就成为该领域亟待解决的重要课题.本文以近景摄影测量理论为基础,联合应用图像处理技术和GIS技术,采用数码相机进行地质编录数据采集.在探讨了数码相机的方位元素控制、正射影像制作的基础上,着重研究了高边坡、隧道的结构面及其产状信息的三种提取模式,并在自行设计与开发的摄影地质编录信息系统中具体实现了这些信息的快速编录.

1 基于数码相机的地质编录数据采集与预处理

数码相机采用电子耦合器件(CCD)探测目标在可见光波段的反射光谱,其值记录在相机的存储卡内,分辨率一般可达 $25\mu\text{m}$,并随焦距而变化.所成影像可通过电缆线与计算机通讯,并以.FPX图像格式存储.通过通用图像处理软件(如POTOSHOP等)或编程可进行图像处理.但数码相机属于非量测相机,其影像不具有量测性.因此必须经过量测化改造才能有效地控制影像的几何精度.量测化改造后的影像经过图像的几何校正、重采样后即成为正射影像,经辐射校正和影像镶嵌等处理,可用于手工地质编录或机助编录.

1.1 数码相机的量测化改造

利用数码相机进行地质编录数据的采集,量测化改造是基本前提.改造的主要目标是使数字影像具有可控的精度和可量测性.其主要任务包括相机的内方位元素检测和外方位元素的控制.

1.1.1 数码相机内方位元素检测与校正

由于数码相机提供了面阵列影像,故可建立以阵列中心为原点、行列方向为轴向的像平面坐标系.在检测实验场中建立摄影对象的格网体系和三维目标,测定目标场各标识点的三维坐标,并同时拍摄目标的同景像对.在计算机内获取同名影像的行列号,经坐标反算,可直接测定其内方位元素.经反复实验检测,一般而言数码相机的内方位元素比较稳定.对

像场角 45°左右的实验表明,内方位检测的中误差均小于 4 个像元。在像元尺寸为 0.025 mm 时,误差约 0.1 mm,但不同相机的内方位元素中误差不同,因而必须检测以消除系统误差。

1.1.2 镜头畸变差校正

数码相机的镜头曲线不均匀会引起镜头的畸变,使数字影像存在较大的构像误差,即镜头的仿射变形误差较大。经检测,最大可达 20 个像元以上的误差。该误差来自相机镜头本身,并且各厂家生产的相机的镜头畸变也不相同,因此必须进行镜头的畸变差校正。校正的方法是对格网目标进行成像检测,并建立基于二次函数的改正公式。畸变改正后的数字影像像点中误差可小于两个像元。

经以上检测与校正后数码相机的内方位元素和镜头畸变可得到有效的控制,这在远距离摄影时尤为重要。

1.1.3 数码相机的外方位元素控制

以普通数码相机进行地质编录数据采集时,更为重要的是进行相机的外方位元素的控制。为便利操作提高效率,可将数码相机适当改造后,架载在经纬仪上,利用经纬仪上的较高的精度控制体系,控制相机的外方位元素。但相机的架载必须以牢靠的方式固定和严格的三轴定向。因此,架载后的相机必须在实验场中经过多次检测,以测定其稳定性和可靠性。在具体的地质编录数据采集时,可记录相机的外方位元素,以便作为图像校正的参数。

1.2 数字影像的预处理

由数码相机获取的影像数据可以是若干单张影像构成条带影像,也可在重要地段拍摄影像对。获取的影像必须经过预处理,以保证编录要素的几何精度及识别精度。预处理主要的内容包括图像的几何校正、辐射校正、影像镶嵌、图像增强等,经过上述处理可获得正射影像展开图。正射影像展开图是进行地质编录信息提取的基础。

1.2.1 影像几何校正

对大多数隧道、导流洞等洞室工程,由于拍摄距离较短且难以采用物方控制的方式,因而采用像方控制,以降低作业难度、提高作业效率。以前方交会方法解算数字影像的物方坐标,并利用像控数据及影像行列号,建立影像与目标间几何关系,对影像逐像元进行几何校正。对高边坡可采用物方控制的方式进行,即在高边坡上建立适当密度的标志,利用全站仪采集各标志的三维坐标,同时用数码相机拍摄边坡的影像。在计算机中采集标志点同名像元的行列号,构建影像几何校正公式,并对影像各像元进行几何校正,经重采样后可获得给定投影面的正射影像。

1.2.2 影像辐射校正

隧道、洞室图像获取时,光照不同,同地物在相邻影像上灰度也不同,必须进行辐射校正处理,才能保证相对一致的辐射水平,有利于要素的识别与提取。

1.2.3 影像镶嵌

经过几何校正后的正射影像,具有同一比例尺,辐射校正后的影像具有相对一致辐照度,经过影像镶嵌,可将各单幅影像镶嵌成条带影像和多条带影像,即可用于目视判读。

1.2.4 影像增强

为提高编录要素与影像识别精度,便于要素提取,可对图像进行增强处理。因编录要素如节理、断层等,主要为边缘信息,因此在系统中设计与开发了断点拉伸、边缘增强、高通滤波等计算方法,突出了节理、断层等边缘信息,便于判读。

2 结构面及其产状信息提取

结构面及其产状信息提取是系统核心。由于结构面等要素在结构、分布上的复杂性,以及影像灰度与要素相关性较差等因素,采用全自动识别效果较差。本系统采用人工引导式的目标交互识别技术,识别准确性较高。根据施工地质编录的对象与要求,本文在自行设计与开发的摄影地质编录信息系统中提供了三种结构面及其产状信息提取方法。

2.1 根据正射影像图手工编录

该方法允许编录人员以经过几何校正的正射镶嵌影像展开图作为工作底图,直接在工作现场获取结构面信息,并将相应的产状数据经手工量测后,标注在线旁,形成地质编录草图,经整饰生成地质编录图。其作业模式为:高边坡(或地下洞室)→像机控制→目标摄影→图像预处理→正射影像图→人工编录。该方法直接、快速,产状数据现场量测,精度较高。但结构面及产状信息因时间和不易获取等原因而相对较少,这对于地质编录要素的详细统计分析和空间构模有一定的影响。

2.2 根据正射影像图机助编录

该方法是将经过几何校正的镶嵌影像展开图显示在计算机屏幕上,通过人工目视判读获取结构面信息,并用鼠标标识结构面上端点信息,经机助连线后绘出结构面。结构面相应的产状信息可通过该结构面不在一条直线上的三点以上平面坐标,经反演算法得出各点的三维坐标。构建该结构面的平面方程,并算出该面的倾向、倾角,标注在结构面旁。该方法速度较快,配合少量现场量测的产状数据可较准确地获取结构面的产状信息。同时,由于产状数据与

结构面信息均由数据库系统管理,因而可方便地进行信息查询和数据统计工作,例如制作玫瑰图、影像信息的双向查询等。

2.3 根据影像像对机助编录

该方法主要用于高边坡上的贯通性直线构造,此时无法直接构成结构面的平面方程,同时一些结构破碎的复杂地段的构造与产状量测可通过拍摄影像像对的方式进行。将相关影像像对显示在计算机屏幕上,选择出露较好的结构面,在左片上选择该面上一点,人工引导式在右片上搜索同名像点,并记录其坐标值。在立体模型上,求得该点的三维坐标,用此方法可获得该面不在一直线上三点以上的三维坐标,通过构建该结构面方程,算出该面的倾向、倾角,其主要算法流程如图1所示。该法可用于像对拍摄的高边坡及结构破碎的复杂地段,在结构面出露较大时,其量测精度较高。

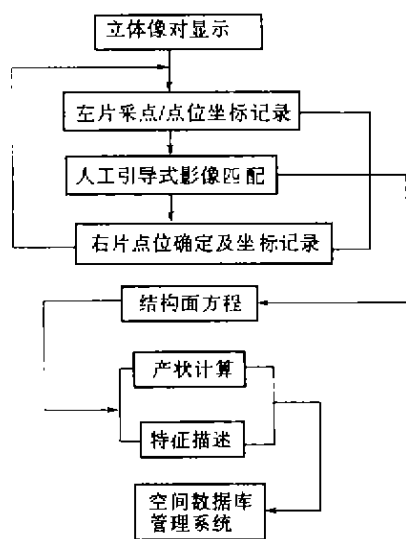


图1 基于像对的编录要素提取流程

3 实验与结论

利用数码相机对福建省多个水电工程的洞室、高边坡进行摄影数据采集,在自行设计与开发的摄影地质编录信息系统中采用本文方法与实地量测数据进行了对比实验。实验表明:采用数码相机进行地质编录速度快,且具有较高的精度。洞室正射影像展开图在超欠挖为30 cm以内时,最大投影位移在12 cm以内,再考虑机助编录时对结构面的描绘误差,对直径6 m洞室的正射影像展开图编录误差在13 cm以内,符合地质编录要求。对重要地段或在必要时还可利用立体像对进行投影位移改正,其精度可控制在5 cm以内。

在本文所述的三种产状获取方法中,根据正射影像图实地采集结构线和产状的手工编录方法精度高,但必须现场作业,且对高边坡、大洞径的地质编

录作业有一定困难。根据正射影像图机助方法进行地质编录,在洞室和高边坡均有较高的精度,但少数垂直于像平面的结构面以直线状(非折线)出露时,其产状较难量测,此时可采用影像像对机助编录方法进行。根据影像像对进行机助编录的方法,其精度除受投影位移的影响外,还与结构面的大小有关。结构面越大,精度越高。

此外,本文采用地理信息系统技术作为数据管理与应用的工具,对大量的影像数据、图像数据、专题属性数据实现了有效管理。通过影像识别技术获取的地质编录要素信息,经过多点连线及产状计算后,分别存贮于图形库、属性库。在空间数据库管理系统下,有效实现了图形特征与属性特征的连接,使编录要素的双向查询得以方便实现。另外,空间数据库管理系统还可通过DLL技术或OLE技术与外部应用程序相接,如岩体稳定性算法程序等可按空间数据库结构直接调用编录要素,成果亦可在GIS中实现图表的输出、地质编录要素图的制图、三维显示等,为地质编录数据的应用提供良好的工作环境。

参考文献:

- [1] 冯文灏.非地形摄影测量[M].北京:测绘出版社,1985.
- [2] 王文颖.工程与近景摄影测量[M].北京:地质出版社,1994.
- [3] 李冬田.应用数码相机进行隧洞施工地质编录[J].工程地质计算机应用,1998(1):3~5.
- [4] 张友静.水电工程地质编录信息系统与应用[J].水利水电快报,2000(3):18~21.

(收稿日期:2001-07-30 编辑:张志琴)

(上接第135页)原下沉部位有所回升,致使过水管道接缝张开,灌浆时发现诸多空腔。Ⅱ序孔检查钻孔时均发现填充固结泥浆结石。

3 结 语

七水库涵洞灌浆兼具回填、固结、防渗的目的和特点,从灌浆量到灌后效果来看,基本达到了目的。

a. 涵洞灌浆应充分考虑洞周土体的密实性及含水量,在少劈裂不冒顶的原则下,选取足够的灌浆压力和浓度。

b. 土坝涵洞周围土体除少量基础为原状土层外,其余则既非原状土层更非围岩,其结构与密实性与围岩或天然土体有很大不同,灌浆时应密孔低压,多复灌,防止“内压外泄”,导致浆液及压能流失。

c. 涵洞灌浆时不妨沿用“先下而上”逐序进行,每孔由稀而浓充填的操作工艺。

(收稿日期:2001-07-02 编辑:熊水斌)