

隧洞摄影施工地质编录的 DTI 方法

李冬田, 滕红燕, 李青禾

(河海大学, 江苏南京 210098)

39-40, 62

P232

U452.131

U452.11

摘要:总结应用数码相机进行隧洞施工地质编录的试验,提出“数码相机摄影—全站仪定位—笔记本电脑图像处理—地质观察记录”的全新的编录方法,论述该方法的内外业工作内容和步骤,并介绍其中图像投影变换技术的原理。

关键词:隧洞施工;摄影地质编录;数码相机;图像投影变换

中图分类号:P204

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2000)01-0039-03

1 隧洞摄影施工地质编录方法研究的过程

在隧洞施工技术不断发展,隧洞断面日益增大,特别是在隧洞地质条件较复杂的情况下,传统的手工素描地质编录方法,已不能适应工作的需要,应用摄影方法代替手工素描进行隧洞施工地质编录,是当前隧洞工程地质编录的发展方向,用这种方法,可以科学地记录开挖过程中揭露的地质现象,供任何时候进行详细的研究,这对工程的施工和运行,无疑是十分重要的。在市场经济合同管理中,也起着重要的作用。

河海大学曾于 1994 年与广东省水利电力勘测设计院合作,在广州蓄能电站二期工程的施工中,研究试验过隧洞摄影施工地质编录方法,研制了外业用的相机定向装置,编制了内业用的计算机软件,制订了外业和内业的操作程序和方法^[1],这项试验是成功的,但是由于当时数码相机尚未问世,传统摄影方法须有一个冲洗胶卷的过程,地质师不可能直接在像片上进行描述和注记,因此摄影的优越性还不能充分发挥。

1997 年,数码相机(CCD 相机)开始在我国市场上推出,当年 7~8 月间,小浪底水利枢纽工程建设咨询公司与河海大学合作,在正在施工的小浪底排沙洞中,进行了应用数码相机进行隧洞摄影施工地质编录的试验研究。该项研究从目前数码相机的特点和小浪底隧洞施工的特点出发,研究了新的隧洞摄影编录方案,改进了相机定向装置,编制了适用于新的摄影编录方案的软件,并扩展了原有软件的功能,大大提高了隧洞摄影地质编录方法的实用性^[2]。1997 年试验中尚待解决的主要问题是:①作为地质草图,图像现场打印和注记,往往由于电源问题而难

以进行;②编录的成图比例尺和精度有待提高。

在此之后,作者进一步研究了计算机软件和相机定向装置,从而对实施方法进行了改进,使该方法更方便并提高了精度。这是一种数码相机(digital camera)摄影、全站仪(total station instrument)定位、笔记本电脑图像处理(image processing)与地质观测记录紧密结合的方法,称之为“DTI”方法,本文简要介绍该方法的工作步骤和原理。

2 隧洞摄影地质编录 DTI 方法的内容和程序

DTI 隧洞摄影地质编录方法的主要内容和工作程序如图 1 所示。

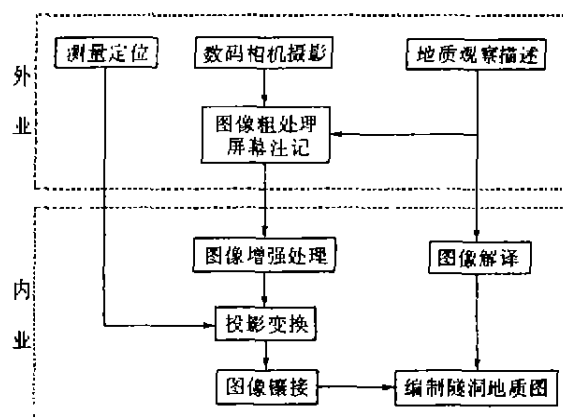


图 1 DTI 隧洞摄影地质编录方法的主要内容

2.1 外业工作的内容和程序

外业工作的主要内容和程序是:①以一定的方式,对开挖面进行系统的摄影;②地质观察与描述,必要时作简单的地质草图;③与地质观察同时,(用全站仪)测量摄站(与工作面中心点)的坐标;④将数

数码相机拍摄的图像输入笔记本电脑,进行粗处理后,在现场对图像作屏幕注记。

洞内摄影的方式有三类:①洞壁拍摄——相机主光轴垂直于洞壁,逐圈地或逐条地拍摄,覆盖全部洞壁;②当洞壁无法及时拍摄时,可拍摄每一进尺的工作面,作为编图依据;③对少数复杂洞段,可进行立体摄影。

在隧洞摄影地质编录中,摄影是关键手段,但它并不是工作的全部,工作的核心仍然是地质现象的观察和记录。依靠像片解译可以得到许多地质信息,主要是几何的地质信息,如岩层厚度、断层带出露宽度、节理密度和延伸性等,但更多关键的地质信息,包括岩性、结构面的产状、构造岩岩性等,都需要通过地质观察进行描述和记录。因此,摄影与地质描述必须紧密结合。应用 Photostylar 软件,可以方便地在笔记本电脑显示的图像上用符号、数码和简单的文字,对地质现象进行屏幕输入注记,而不必打印出图像来注记。注记的内容主要是各种结构面的编号、性状类别符号、量测的产状(以便与内业图像解译时计算的产状对比)和地下水出露情况等。为提高效率,各种描述内容宜采用符号。当然,对重要地质现象,文字的地质描述记录仍是不可缺少的;必要时仍可作辅助的地质草图。应该说明的是,在粗处理和注记之前,应将原始图像备份,保存原始图像信息,以便内业时更有效地进行增强处理和解译;并保证能在任何时候深入研究真实的原始图像记录。

由于洞内摄影,每张像片覆盖的面积只有几平方米至 20 几平方米,最多有效覆盖面积几十平方米(与洞的直径有关),像片的数量很大;又因为现代开挖技术,开挖面的起伏一般不大,所以隧洞摄影地质测量一般宜采用单像片覆盖的方法,即一般不作立体摄影,不作立体量测。只有在地质条件复杂的、塌方的地方,可以拍摄立体图像,以便进行详细的立体观察。

为进行正确的编录,快速而准确的测量定位是必须的。在洞内,全站仪是快速而精确定位的有效仪器。在没有全站仪时,也可用其他手段测量。测量定位的精度将直接影响摄影地质编录的精度。

2.2 内业工作的内容和程序

内业主要包括两方面的工作,即摄影图像处理 and 图像解译量测与编图。

摄影图像处理,主要包括三个步骤:

a. 图像增强处理——用反差扩展和滤波等方法使图像上的地质内容更清晰。在外业的图像粗处理中一般仅用反差扩展的方法,使图像清晰些,便于进行注记,同时也对摄影的效果作了检验;内业图像处理则需进一步作多种反差增强和滤波,改善图像

质量,使其在解译和镶嵌中能得到最好的效果。

b. 按中心投影原理,根据测量数据,将图像投影转换,使新图像与开挖面展开图相一致。即使之在新图像上(有效覆盖区内)各部分的比例尺一致(其原理详见下节)。

c. 将投影转换后的图像镶嵌成整幅的图像。图像镶嵌也是用计算机进行的。目前用于镶嵌的软件是 Photostylar。经过增强、投影变换和镶嵌的图像,实际上是隧洞展示图的影像图。这对地质编录图是十分重要的。应用这种影像图,可使地质编录图的精度和客观性,发生根本性的变化。

与隧洞摄影地质编录有关的工作还有图像地质解译、量测和计算机成图等,本文不作讨论。

3 图像的投影变换

正确的投影变换是整个隧洞摄影地质编录的一个技术关键。作者编制了专门的“隧洞摄影图像处理系统(DSIPS 3.0)”软件。DSIPS 中图像增强和镶嵌功能是应用已有的商业软件 Photostylar 和 Photoshop 实施的,DSIPS 中设置了转换接口。作者为 DSIPS 编制了专门用于隧洞摄影图像投影变换用的专用模块,可以对圆形、拱顶直墙形、矩形等各种断面形状的隧洞中拍摄的像片,进行从像平面转换为隧洞设计开挖面的投影转换。

投影变换的原理是:按中心投影的共线原理,针对不同洞形和不同的拍摄方式,建立不同的数学模型(投影变换公式),用重采样(Resample)的方法^[3],将像片平面图像,变换为与设计洞壁一致的洞壁柱面图像,或与工作面一致的工作面平面图像,使得到的新图像上各部分的比例尺一致,便于量测和镶嵌。

设原像片为 O ,经过变换后的新图像为 N ,

$$f: N \rightarrow O$$

为一对一映射(入射)。新图像中每个点的坐标 X_n 和 Y_n 都由投影变换的公式

$$X_n = \varphi_1(X_o, Y_o); Y_n = \varphi_2(X_o, Y_o)$$

确定。 X_o 和 Y_o 为原像片中对对应像点的坐标。根据这种映射关系,逐个一一对应地从原图像 O 采样,即构成经过投影变换后的新图像 N 。

DSIPS 3.0 的投影变换模块与以往软件不同之处在于:①DSIPS 3.0 采用的数学模型适用于摄站在任意位置、任意高度角的摄影。由于采用了新的数学模型,一方面使外业摄影工作更方便灵活,从而可提高外业的效率和速度;另一方面也提高了投影变换和成图的精度。②DSIPS 3.0 是用 VC++ 重新编制的,它对图像的数据量没有限制,因此转换后的图像质量较高。

(下转第 62 页)

施工尺寸,以球半径高度造形,夯实拍光土壁,再由下向上浇筑混凝土.开挖中要以圈梁底部或窖口中心为下半球施工开挖的控制点,随时校核开挖尺寸.开挖时也不能一次性开挖到设计尺寸,要逐步修正、造形、拍实到设计要求.圈梁和下半球接搓处的夹角是球形窖的阴蔽薄弱部位,一般用1:3的水泥砂浆填厚3cm,宽4cm,以加固圈梁和下半球,使其结合牢固而不渗漏.

安装出水管时,出水管口应高于窖底部20~30cm,出水管与窖壁的连接必须接触紧密,严防渗漏,并加厚连接处的窖壁,增加其强度.

3.6 抹面和粉刷密封层

窖内粉刷是确保窖体不漏水的工序之一,为使浇筑后的窖内壁光滑、美观和防止渗漏,待混凝土浇筑完毕初凝之后即可用水泥砂浆抹0.5cm厚的抹面.砂浆抹面完全凝固之后,用水泥净浆交替通刷两遍即可.

3.7 窖体养护

窖体竣工后,要进行洒水养护,更要防止日光曝晒,冬季要采取保温措施,防止窖体冻胀破坏.

3.8 窖颈和窖盖

为清淤方便,窖颈应预制成高度20cm,厚度5cm的圆环或两半圆环的形状,然后叠砌或对接即可.相应的窖盖也应做开启方便的方形或圆形.

4 施工注意事项

球形水窖的施工除按设计图纸严格放线外,一

定要注意上半球土模的削制规格,严格混凝土的配合比,混凝土的振捣必须密实,严格控制好窖壁厚度,窖壁不能过厚亦不能太薄.圈梁和下半球的接合处理一定要牢固,要仔细粉刷,认真养护.

5 适用范围

球形水窖结构非常简单,全窖只有两个半球与圈梁衔接在一起,整体性强,受力条件好,省工省料,技术成熟,施工方便,技术容易掌握,有利于大范围推广与应用.凡是土层厚度能达到开挖要求的地方都可以修建.特别是在资金紧缺、工程任务重、黄土层厚、地基基础条件较差、蓄水容积要求较大的地区,球形窖具有很大的推广价值.

针对球形水窖的特点,它的用途可以拓展到人畜饮水、农田灌溉工程和其它小型水利工程的蓄水建筑物之中,亦可作为农村能源开发中的沼气池使用.

6 应用效益

经理论分析和实践证明,建造同容积的水窖时,球形水窖的表面积最小,因此,与拱底拱盖窖、净砂浆抹面窖相比,仅节省的水泥砂砾料每眼可达156元,节省劳动工日8~12个,施工进度提高1.5倍,施工安全性强,使用寿命长.按青海省开展该项工程12万户36万眼水窖的规划计算,可直接节省资金5616万元,节省劳动工日288~432万个,而且其综合效益十分突出.

(收稿日期:1998-07-07 编辑:熊水斌)

(上接第40页)

4 结 语

a. 应用“数码相机摄影—全站仪定位—笔记本电脑图像处理—地质观察记录”的方法进行隧洞施工地质编录,可以使隧洞地质编录工作发生根本性的变化.主要表现在两方面:①用数码相机进行隧洞摄影地质编录,可以及时而快速地获得开挖面地质现象的科学、客观的记录.并且可提高地质测量的精度和工效,减轻劳动强度,保证安全.另一方面,像片上记录的大量的地质信息中,有许多信息是过去的地质测量方法很难得到的,如断层带和影响带的构造细节、节理密度统计、节理排列的特征等,从而丰富了地质编录的内容;②用数码相机进行隧洞摄影地质编录,在计算机的支持下,不仅在外业中使摄影与地质描述密切结合,内业十分方便(省去了全部暗室工作),而且所有的资料,包括摄影的图像、中间处理图像、各种图件以及测量数据等,都可全部储存于计算

机和磁盘中,便于保存、管理和查询.当然,这种方法尚处于试验阶段,有一系列细节还有待在实践中不断改进和完善.

b. 应用隧洞摄影地质编录方法在提高工效方面效果是明显的.在广东的试验中,由3人操作,在不太熟练的情况下,1h可完成50~60m一般洞段的外业工作.

c. 施工地质编录作为工程施工和监理的一个重要环节,急需改革.摄影编录方法具有很大的生命力,这种方法还有待于在实践中进一步总结.

参考文献:

- [1] 李冬田,朱文胜,陈云长等.隧洞摄影施工地质编录方法[J].工程地质,1996(2):80~83.
- [2] 李冬田,滕红燕,金诚铭等.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):17~18.
- [3] 许殿元,丁树柏.遥感图像信息处理[M].北京:宇航出版社,1990.40~42. (收稿日期:1998-10-18 编辑:熊水斌)