

# 浅谈全数字摄影测量系统的生产流程及技术要点\*

龙 盈<sup>1</sup>, 乔作信<sup>2</sup>, 张安平<sup>1</sup>

(1. 湖南省地质测绘院, 湖南 衡阳 421001; 2. 辽宁省地矿测绘院, 辽宁 沈阳 110121)

**摘要:**阐述了利用 JX-4 全数字摄影测量工作站制作 3D 产品的生产流程, 并结合生产实践, 对生产过程中的定向建模、矢量测图、DEM 编辑与创建、DOM 参数设置、数据导出等进行了讨论。

**关键词:**全数字摄影测量; 3D 产品; 生产流程; 数字线划图; 数字高程模型

中图分类号: P 231.5 文献标识码: B 文章编号: 1007-9394(2009)01-0029-03

## A Research on the Process and Key Technique of Digital Photogrammetric System

LONG Ying<sup>1</sup>, QIAO Zuo-xin<sup>2</sup>, ZHANG An-ping<sup>1</sup>

(1. Hunan Institute of Surveying and Mapping of Geology, Hengyang Hunan 421001, China; 2. Liaoning Institute of Surveying and Mapping of Geology and Mineral Resources, Shenyang Liaoning 110121, China)

**Abstract:** This article defines the productive process of 3D production made by JX-4 fully digital photographing measurement station, with practical production. According to the production period there are also discussions for directional modeling design, measurement of pictures by vector, edition and creation of DEM, parameters setup of DOM, and data output, etc.

**Key words:** full digital photographing measurement; 3D product; production process; DLG; DEM

### 0 引言

以 3S 技术为支撑, 以 4D 为主要产品形式的数字化测绘技术体系已成为测绘界的发展趋势。国内自主研发开发的全数字摄影测量系统(DPS)有 virtuoZo(适普)和 JX-4 两种类型。JX-4 全数字摄影测量工作站是由北京四维远见信息技术有限公司开发的面向生产高精度、高密度的数字高程模型 DEM(Digital Orthophoto Map)、高质量的数字正射影像 DOM(Digital Orthophoto Map)、数字线划图 DLG(Digital Line Graphic)等 3D 产品的一套以全数字、半自动化、实用性强、人机交互功能友好的微机数字摄影测量工作站。

全数字摄影测量的 4D 产品 DEM、DOM、DLG、DRG 都是以数据形式获取和归档的, 数据信息以真三维地理坐标形式存储, 生产过程可实现无损数据传递, 测图、编辑一体化, 点点都包含三维信息, 这是以往模拟、解析摄影测量所无法比拟的。JX-4 开发了基于微机的摄影测量专用立体图像图形显示卡, 立体感强, 可达子象元级的测量精度, 并实现立体影像、立体图形的缩放、3D 漫游和高精度量测; JX-4 在硬件操作上又继承了解析测量仪所使用的手轮、脚盘、脚踏开关, 操作过解析测量仪的人员只要熟悉 JX-4 的软件流程则能很快地上机测图。利用 JX-4 制作 3D 产品的流程, 见图 1。

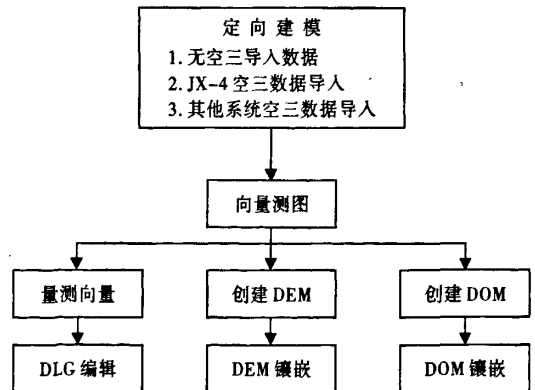


图 1 利用 JX-4 制作 3D 产品的流程图

Fig. 1 The flow chart of production of 3D products using JX-4

### 1 定向建模

#### 1.1 生产流程

定向建模的精度是影响整个产品精度的关键。定向建模的工作流程, 如图 2 所示。

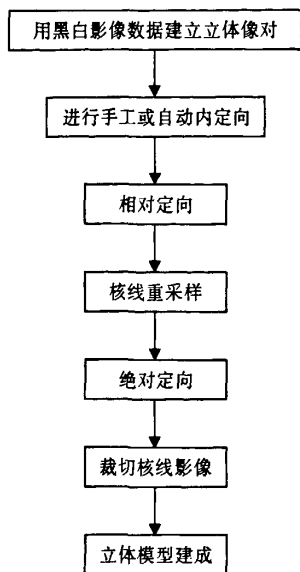


图2 定向建模的工作流程

Fig. 2 The work flow chart of directional modeling

定向建模有3种空三方式:

- 1) 无空三加密成果导入数据, 直接在像对上定向建模;
- 2) JX-4空三数据导入;
- 3) 其它系统如VirtuoZo、HELEVA、ImageStation等数字化空三结果导入。

前两种形式的定向建模过程都可采用批处理来完成。

## 1.2 技术要点

### 1.2.1 扫描数据要求

扫描像元大小不大于0.025 mm, 影像数据格式为TIFF格式, 扫描影像反差适中, 航片框标清晰, 影像直方图覆盖在0~255之间, 基本呈正态分布。

### 1.2.2 定向建模的精度保证

一是引入已有的空三成果, 内定向的框标坐标一定要与空三加密的框标坐标一致。为使核线质量更好以利于相关性匹配, 进行相对定向时选中“空三导入后做自动定向”的参数功能。二是做空三加密和测图若不是同一个作业员, 空三导入后应该再观测一次大地控制点并且再计算一次大地定向以消除人差。

### 1.2.3 工作区划定与核线影像的裁切

要重视工作边划定和核线影像的裁切。定向完成后必须要对工作区进行划定, 工作区范围会影响每个像对的正射影像镶嵌的重叠度。JX-4全数字摄影测量的镶嵌过程能达到无缝拼接, 这是原手工镶嵌所无法达到的。影像裁切只能进行一次, 若已切过一次就不允许再切。如果确实需要重新裁切, 就必须再做一次核线重采样, 并且重新绝对定向和计算, 原有的可用数据将全部丢失。出现此种情况需从重采核线影像开始返工或者另建该像对的模型, 补做裂缝处的正射影像。通过一段时间探索, 以1:10 000国际分幅标准图幅为例, 可认为在图幅中间的像对工作区的划定最好以像控点间连线为边为宜, 切记注意像对间采用同名像控点, 以此保证相邻像对有重叠部分, 又可避免重叠度过大或重叠度不足。在图幅边缘可参照地形图划定工作

边, 避免影像裁切过大, 增加不必要的编辑工作量。

如果不是用控制点划定工作边界, 也不是自动划定工作边界, 那么一定要立体切准自定义的工作边界点。如果不是立体照准自定义工作边界点, 会导致裂缝或映射的图形误差。

## 2 数字线划测图DLG

数字线划图(DLG)也称向量测图。

### 2.1 生产流程

在定向建模完成之后, 可直接进入向量测图模块进行测图。其工艺流程, 如图3所示。

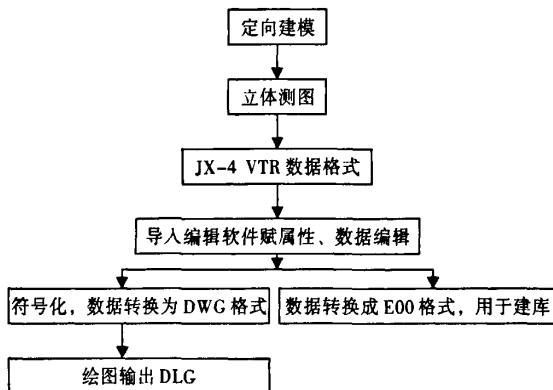


图3 数字线划图的生产流程

Fig. 3 The production flow chart of DLG

向量测图模块中, 系统提供了具有开放式的1:500、1:1 000、1:2 000、1:5 000、1:10 000共5种比例尺的符号库及其相应的动作设计文件、AutoCAD的查找表、层控文件, 用户可根据需要定义测区的AutoCAD的查找表, 增加或修改层控文件、自行创建符号库。在向量测图模块中, 图廓及内外整饰自动生成, 已测向量能够实时显示(放大、缩小、编辑等)和映射至立体, 具有联机编辑、实时符号化功能, 利用测图模块提供的这些工具可以很方便地进行测图和编辑, 实现测图、编辑一体化。

在测图前必须在用户目录下建立一个向量文件夹, 专门用来存放向量文件, 若没有此文件夹, 容易造成向量数据的丢失; 同时, 在开始测图前要检查符号库是否与所测比例尺相对应。若原始影像是彩色, 则可在批处理菜单中生成彩色核线影像, 在向量测图中采用彩色和黑白核线影像交替测图, 产生DLG产品。

同时, 本系统可对原有的栅格地图进行修测。首先依据公里网线、图廓角点对栅格图像进行纠正, 在向量测图中再将纠正半自动矢量跟踪得到三维矢量, 变化的地物进行重测, 从而完成修测任务。

### 2.2 测图数据导出AutoCAD的数据以\*.dxf格式为主

一般用户要求DLG最终产品的数据格式是AutoCAD的通用格式\*.dwg。实践证明, 向量测图中只能以二维格式输出\*.dxf才可在AutoCAD中解释出线型和符号, 三维格式导出只存在各种地形要素的母线, 无法进行线型和符号解释, 但若需要把\*.dxf文件返回JX-4, 二维的\*.dxf需要该测区的平均地面高程调整Z值才可恢复立体。三维格式的\*.dxf返回JX-4恢复立体较容易, 这是测图数据以二维和三维形式导出值得注意的区别之处。

不管是二维或三维形式导出AutoCAD的\*.dxf文件, 有些

面状符号,如房屋晕线在 AutoCAD 中有可能解释不出来,可采用面状符号层导出为 CorelDRAW 的 \*. dxf,再到 AutoCAD 中插入此面状符号。

### 3 数字高程模型 DEM

#### 3.1 生产流程

DEM 可由单模型获取,也可由批处理直接生成。创建 DEM 及镶嵌工作流程,见图 4。

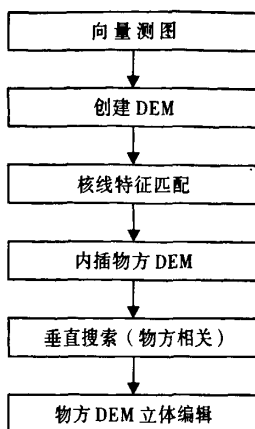


图 4 数字高程模型的生产流程

Fig. 4 The production flow chart of DEM

创建 DEM 前,首先对每个像对先量测特征点线,通过 3 种形式形成所需的特征线:导入外部特征点线 (\*. dxf);向量测图导出的特征线;直接采集特征点线。在进行影像相关匹配前,必须进行预处理。对山头/洼地/鞍部等地形特征点和山脊线/山谷线/断裂线/面状水域线等地形特征线进行立体三维数据采集。凡地形变换处,均应采集特征点/线;同图幅的 DEM 与等高线需要保持一致。其高程偏差不得大于 1 个等高距;DEM 图幅拼接处的同名点高程必须一致;达不到预定高程精度的区域应划定为高程推测区;静止水域的 DEM 格网点高程一致,流动水域的上下游 DEM 格网点高程应梯度下降,关系合理。

#### 3.2 技术要点

技术要点主要包括:

1) 由于 TIN 的编辑成果不能回到向量中去,所以对于预处理之后提取出的特征线向量如果想编辑的话,只能在向量模块下编辑,而不能用编 TIN 来实现。特征线向量应另存一个文件,以免影响原来的向量。

2) 要对地图向量做预处理变为特征线向量的原因有:原有的向量中有可能有完全重合的点(因为采用捕捉命令);相交的线在相交处无节点;立体相交(如高架桥与路)的两条线等不合理的地图向量导致构 TIN 失败。并且预处理不能完全排除失败的情况,这时还需要人工对向量进行编辑。

3) DEM 有渐进采集能减少立体编辑工作量的原因有:由于粗格网(经立体编辑过)的参加能够改善下一级核线特征匹配的初值,使得下一级核线特征匹配的结果更可靠,使得下一级立体编辑工作量减少;有很多地形(如馒头山、一面坡)的破碎程度不大,完全可以用中密度或低密度的立体编辑后的 DEM,直接插出最终 DEM。

4) 每次迭代的 DEM 间隔要为最终 DEM 间隔的整数倍,以

1:1 万为例,若最终间隔为 12.5 m,则前面的 DEM 间隔为 25 m、50 m、100 m 等。

### 4 数字正射影像 DOM

#### 4.1 生产流程

DOM 可由单模型获取,也可由批处理直接生成。创建 DOM 及镶嵌工作流程,见图 5。

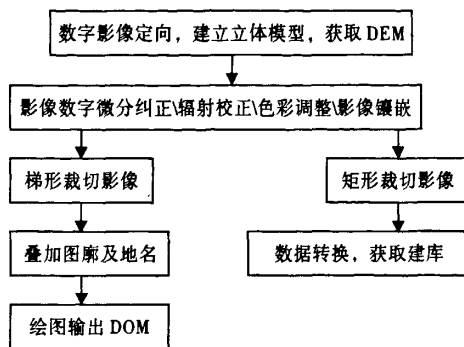


图 5 数字正射影像的生产流程

Fig. 5 The production flow chart of DOM

#### 4.2 技术要点

为了更好的让向量与 DOM 进行套合,一般需要首先利用已有的向量,如道路、河流等参与构 TIN,并在将建筑物层关掉的情况下进行构 TIN,然后利用 TIN 来纠正 DOM。DOM 镶嵌需要返回到 JX-4 主菜单下,选择“处理”下的“DEM 和 DOM 拼接”。正射影像分为黑白正射影像和彩色正射影像。先创建每个像对的左、右黑白正射影像,合并左右黑白正射影像后,选择镶嵌线对黑白正射影像进行镶嵌即生成黑白 DOM 产品。创建彩色正射影像前,则要把原始彩色影像分解成 R、G、B 三波段,创建 R、G、B 三波段的黑白正射影像,在镶嵌时选黑白正射影像,再对三波段的黑白正射影像合成,形成彩色正射影像 DOM 产品。

#### 4.3 参数的设置

DOM 镶嵌时平滑半径参数可设置 20~200,200 的值虽能明显改善平滑效果,但镶嵌线两边的地物影像却很模糊。参数过小时,虽然镶嵌线两侧影像清晰,但平滑效果差。所以,一般宜采用 50~100 的中值平滑半径参数。若镶嵌线两边影像反差太大,可借助 JX-4 提供的 Imageshop 或 Photoshop 软件对正射影像进行处理。

### 5 结束语

通过对全数字摄影测量系统的生产流程的探讨,笔者得出如下几点体会:

1) 根据不同生产任务制定不同的作业方案。国家基础测绘项目要求提供 3D 产品和建库数据,而一般的高速公路规划图只要求提供 DLG 产品。针对不同的需要和不同的要求,以及测区的不同情况,采取与之相适应的作业方法,可以取到事半功倍的效果。例如在地势平坦(如江苏地区),等高距 1 m,等高线稀少的测区,如果采用 DEM 自动生成等高线,需要花较多的时间进行 DEM 相关匹配的编辑,采用手轮推测的方法比较可行。而在山区(如贵阳测区),均为大山地形,地物少,等高线密集,

(下转第 34 页)

```

If Abs(s(j, i) - s(j, (i + 3))) < dushucha Then '判断后尺读数差
If Abs(((d(j, i) + d(j, (i + 3))) / 2) - ((d(j, (i + 1)) + d(j, (i + 2))) / 2) < shijucha Then '判断视距差
For j = 1 To ceduan '根据测段数循环
For i = 1 To p(j) '根据每测段测站数循环
Shoubu = ... '生成手簿文件
Ceduanshuju = ... '生成测段数据文件
Next i
Next j
4) 另存文件
保存手簿文件、保存测段数据文件:
CommonDialog1.ShowSave '显示另存对话框
Open CommonDialog1.FileName For Append As #1 '选取文件名
Print #1, shoubu '另存文件

```

### 2.3 第二模块程序的实现

打开测段数据文件(获取往返测数据)→择测量等级(获取测段限差)→输入点纬度及相关信息(输入水准点纬度、起算高程、标尺1 m真长改正数等)→检查转换(检查往返测高差不符值)→写入(调用 Microsoft Excel 模板、写入单元格数据、生成概略高程表文件、读取生成平差数据)

```

1) 打开测段数据文件
由第一模块生成:
CommonDialog1.ShowOpen
Open CommonDialog1.FileName For Input As #1
Input #1, sName(i), zName(i), hh(i), ss(i), yue(i), time1(i), p(i) '读取数据并赋值于变量
2) 输入点纬度及相关信息
Weidu(i) = Val(InputBox("请输入" & sName(i) & "的纬度", "输入点纬度, 单位为(°)", Quesheng))
QisuanG = Val(InputBox("请输入起算点高程", "输入起算点高程(单位:m)", Quesheng))
3) 检查转换
If Abs(j) > xiancha Then '重新组织往返测数据, 计算判断往返测高差不符值
4) 写入
Set xlApp = CreateObject("Excel.Application") '打开 Microsoft Excel 主程序
Set xlBook = xlApp.Workbooks.Open(App.Path + " " &

```

```

Moban) '调用模板(提前编好格式及运算公式)
Set xlSheet = xlBook.Worksheets(1) '引用第1张工作表
For i = 1 To ceduan '根据测段循环
..... '给单元格赋值、生成概略高程表文件
Next i
CommonDialog1.FileName = sName(1) & "-" & zName(m / 2) & Moban '另存概略高程表文件名
CommonDialog1.ShowSave
xlsPath = CommonDialog1.FileName
xlBook.SaveAs xlsPath '另存概略高程表读取改正后的测段数据(生成新的数据文件, 为下一步内业平差所需数据)。
xlApp.Application.Quit '退出调用的模板
Set xlApp = Nothing '释放占用的内存空间
Set xlBook = Nothing
Set xlSheet = Nothing

```

### 2.4 两模块程序实现后的意义

水准观测手簿以文本格式保存、生成速度快、存取方便、无需调用其它应用程序、生成数据格式内容与国家水准测量规范规定一致且美观, 占用计算机内存少、运行速度快。

生成的外业高差与概略高程表, 做到了外业数据与限差检核, 减少了人为输入数据产生的数据错误, 加入了标尺与正高改正等, 计算出了水准测量往返测高差中数的偶然中误差, 生成了内业平差所需的数据文件。

### 3 结束语

通过对 DiNi12 数字水准仪数据文件格式的探讨, 解决了“水准观测手簿”格式与“国家水准测量规范”格式的统一。同时也为内业资料处理做好了数据准备, 真正做到了内外业数据处理一体化。利用该程序处理数据, 节省了大量时间, 减少了内业工作量和数据错误几率, 取得了较好的效果。

### 【参考文献】

- [1] 邹积亭, 江恒彪. DiNi 12 数字水准仪数据文件格式与读取算法[J]. 北京测绘, 2006, (1): 55 ~ 57.
- [2] 赵琼. Visual Basic 程序设计[M]. 北京: 中国劳动保障出版社, 2003.

本文参阅了 Trimble DiNi12 数字水准仪说明书。

作者简介: 王胜岭(1956 ~), 男, 山东宁津人, 工程师, 现主要从事地质工程测量方面的工作。

(上接第 31 页)

若用手抡摇测等高线, 速度慢且线形不易修整圆滑, 采用在测图模块中测出计曲线导出特征线, 再用各项工作特征线直接创建 DEM, 自动内插生成等高线, 等高线匹配不好的地形, 则再回到测图模块中采用修测曲线功能进行修测。

2) 原始影像质量的好坏是影响正射影像质量的关键。要获得质量好的原始影像, 航摄底片的扫描是关键。一张 23 cm × 23 cm 像幅航片若以有 25 μ 精度扫描约为 80 MB, 一幅 1:1 万图幅约为 10 ~ 12 个像对镶嵌而成, 要整体调整影像几乎不可能。根据以往作业经验, 提出以下几点建议: 应结合航摄底片质量、地形类别、产品要求确定扫描精度; 准确制定整个测区的高光、暗调处的 R、G、B 值初值范围; 以低分辨率快速扫描几张不同航线的底片定制彩色基调(因为通常不同航线色彩差异较大); 条件适合时, 设定参数进行批扫描也可统一彩色基调。

3) 有效利用计算机空间。全数字摄影测量的数据存储容量巨大, 制作一张 1:10 000 标准分幅的正射影像和线划图存储量极大。减少数据占用盘有以下方法: 在做完一个像对或工程

用户产品即可使用完工命令, 执行了该命令后可删除许多中间文件, 需要修测和补测时, 可通过重建模型进行修测和补测, 提高安全性和可靠性。影像占用数据盘很大, 25 μ 扫描黑白影像存储容量约为 80 MB/像幅, 25 μ 扫描彩色影像存储容量约为 245 MB/像幅, 做完绝对定向后, 如果只要生产 DLG 产品, 则后续的操作都在核线影像上进行, 若确定定向建模精度达标, 工作边划定、影像裁切无误, 以后无须重做核线采样, 那么就可以删除原始黑白影像释放硬盘空间。

### 【参考文献】

- [1] 张祖勋, 张剑清. 数字摄影测量学[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 2003.
- [2] 李德仁, 郑肇葆. 解析摄影测量学[M]. 北京: 测绘出版社, 1992.
- [3] 中国四维测绘技术北京公司. jx4a 操作手册[K].

作者简介: 龙盈(1970 ~), 女, 湖南望城人, 工程师, 现主要从事地理信息的建库和全数字航空摄影测量的内业工作。