

基于 4D 技术构建数字流域框架的研究与实践

闫慧敏<sup>1</sup>, 李壁成<sup>2,3</sup>, 李世华<sup>4</sup>

( 1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;  
2. 中国科学院水利部水土保持研究所; 3. 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100;  
4. 中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室, 北京 100101)

摘 要: 建设数字流域首先要确定流域空间数据框架的结构及其构建方法, 以确保数字流域包含充分且易于加工的空间信息, 4D 技术是以产品显示其优势的, 以 4D 产品作为基础框架建设数字流域在黄土高原小流域已被推广应用。阐述了 4D 产品在数字流域中的作用, 应用适宜于小流域的 4D 技术体系创建数字流域的技术流程及其精度和效率的影响因素; 探讨了应用 4D 技术建设数字流域空间数据框架的可行性和实践意义。  
关键词: 4D 技术; 数字流域; 实践与研究  
中图分类号: TP79 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005)03-0099-02

Study and Use on the 4D Technology to Construct Digital Watershed Frame

YAN Hui-min<sup>1</sup>, LI Bi-cheng<sup>2,3</sup>, LI Shi-hua<sup>4</sup>

( 1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resource Research of CAS, Beijing 100101, China;  
2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resource;  
3. Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;  
4. The State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

**Abstract:** The first step of constructing digital watershed is deciding the structure of watershed's spatial data frame and its building method, so as to make sure the digital watershed including enough and easy spatial data to process. 4D technology shows predominance by its products, and the method which 4D products are used as basic frame of digital watershed has been spread in Loess Plateau watershed. 4D products'roles and significations in digital watershed, the flow of building digital watershed by 4D technology suitable to watershed and the factors which influence precision and efficiency are all presented, and the feasibility and practice are discussed.  
**Key words:** 4D technology; digital watershed; practice and study

1 4D 技术概述

随着计算机技术的迅速发展, 计算机算法、容量、运算速度对于大容量的地理影像信息处理, 包括影像数据采集、扫描、海量数据的存贮以及数字地图输出等问题已基本解决, 一些实用化的软硬件不断开发和推出。这对于“数字地球”在不同层次、领域探索和实现, 创造了平台。1994 年美国开始推行“地球空间数据框架”的建库方案, 该框架以数字正射影像为主, 在生产数字正射影像的同时, 生产数字高程模型, 另外再叠加大地控制点、交通、水系、行政边界等矢量数据。1995 年美国 USGS( 美国联邦地质调查局) 在全美推行 4D 技术, 即指 DEM (Digital Elevation Model 数字高程模型)、

DOQ ( Digital Orthophotoquad 数字正射影像图)、DRG ( Digital Raster Graph 数字栅格图)、DLG ( Digital Linear Graph 数字线划图) 或 DTI( Digital Thematic Image 数字专题图) 4 种数字产品的开发与生产技术, 它集合了 3S 技术、数字摄影测量技术并基于各领域的专业知识支撑。中国国家测绘局也已将 4D 产品纳入规模化生产并在全中国范围推广。  
1.1 4D 技术的特点  
(1) 精确度高。便于实现以高精度的 DRG、DEM 数据为基准进行多重信息高精度配准、几何纠正。  
(2) 更新速度快。正射影像图即保持了丰富的影观信息, 又满足地图的几何精度要求, 直观性强, 成图周期短, 为提取专题信息提供了现势性强、精确度高的信息来源; 通过影像、

<sup>1</sup> 收稿日期: 2004-12-22  
基金项目: 国家“十五”重大科技攻关课题( 2001BA606A- 4)  
作者简介: 闫慧敏( 1974- ), 女, 博士生, 主要从事地理信息系统与遥感应用研究。

GPS 快速发现地表变化,利用最新 DOQ 可快速更新数据库。

(3) 在先进计算机软硬件技术支持下,生产成本低、生产效率高。

### 1.2 4D 技术应用于数字流域的试验研究

为此我们采用先进的 4D 技术,在宁夏固原等黄土高原不同地貌和生态类型区进行了以 4D 产品构建数字流域的空间数据框架的试验研究,并在建立数字流域基础框架、4D 技术体系及应用这一体系开发 4D 产品的流程等技术关键方面进行了开拓和创新。

## 2 4D 产品在流域管理中的作用及意义

(1) DEM 是一种用  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  坐标表达地表形态的数字形式,它能反映区域内的地形条件且易于立体显示,为流域管理提供地形基础,便于研究土壤侵蚀量的变化、进行坡度及坡向分析。DEM 还是数字正射影像制作过程中微分纠正的数字地形支撑。

(2) DOQ 既包含遥感影像中地物丰富的影像信息,又具有地形图的数学基础和几何精度等双重优势,表现形式直观易懂,使用十分方便。随着遥感技术、数字图像处理技术及计算机软硬件技术的发展,正射影像已经成为 GIS 的基础资料,且由于其生产方法快而具有很高的现势性,还可有效地用于地图数据更新。

(3) DRG 是经原有的地形图扫描制成,以栅格数据结构存储和使用,它便于数据存贮,可以以数字产品形式方便快速供用户使用;同时,数据更新、分层设色管理、栅矢转换及地图制图均易实现。DRG 是一种精度高,便于几何配准的基础图件,它为多重数据复合配准提供了统一的空间基底。

(4) DTI 是 4D 产品中惟一的矢量数据,与 DRG 结合应用更便于流域高效管理。矢量和栅格数据由于数据结构的差异,在表示不同形式的地理住处方面各有千秋,将它们结合起来,将有诸多方面的优点:在信息处理表达方面,航空正射影像能客观反映地面真实景观,住处量丰富、易地更新,使用户对地理住处的了解不再受数据结构、数据组织形式的限制,从而对整个地区的地理信息有整体认识和了解;在检索分析方面,将矢量和栅格数据结合起来能够使一些统计分析结果更为准确可信;在数据更新方面,根据栅格数据现势性强的特点,以它作为矢量数据更新的信息源可大大缩短更新周期<sup>[5]</sup>。

### 3 小流域 4D 技术体系及 4D 产品开发流程

根据 4D 产品的特点及其开发制作方法和应用目的,本着尽可能使用国产软件以降低成本和试验与开发并行的原则选择试验所用的设备,创建小流域 4D 技术体系,即: GPS 静态相对定位像控测量—数字摄影测量系统—Photomapper—PhotoDrg—MAPGIS 这一体系。DEM 的建立在美国 LH Systems 公司最新推出的 DPW 数字摄影测量工作站上进行;影像的色彩调节、影像地图的中文注记及图廓整饰在 Photoshop 上完成。DOQ 在 DPW 数字摄影测量工作站和中国测绘科学研究院研制的 Photomapper 上完成,

DRG 的建立在中国测绘科学院研制的 PotoDrg 上完成,DLG 的编辑在 MAPGIS 平台上完成。

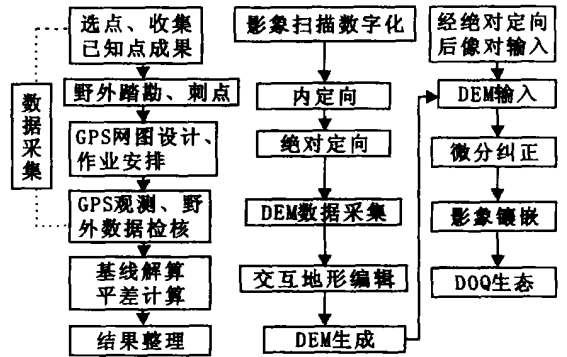


图 1 GPS 像控测量及全数字摄影测量系统  
处理生成 DEM、DOQ 流程图

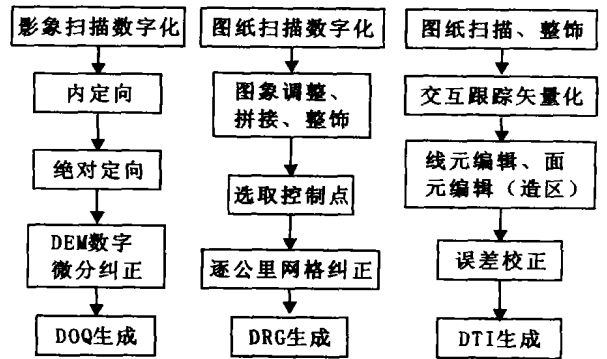


图 2 PHOTOMAPPER 软件制作 DOQ、DRG  
及 MAPGIS 制作 DTI 流程图

## 4 4D 产品开发中影响精度和效率的主要环节

### 4.1 影响精度因素

(1) 影像扫描数字化。遥感影像是 4D 产品的主要数据源,由于扫描数字化过程中胶片的卷曲伸缩变形、扫描仪畸变都会影响产品精度,这种误差要通过质量的数字摄影测量专业扫描仪来消除,扫描精度应达到  $25\mu$  以下。

(2) 绝对定向影响 DEM、DOQ 精度。数字摄影测量系统根据已知的控制点来确定其他未知点的坐标,所以绝对定向决定着数字地形模型的精度,通过不同作业员核准来提高光标切准控制点的准确度。

(3) 创建 DEM 中的交互地形编辑。在交互地形编辑过程中要尽可能地使 DEM 风格点切准地面以提高精度。

(4) DRG 开发中选取控制点。用逐公里网格纠正即利用地形图上的公里格网进行每一幅扫描图像的局部误差校正,是提高产品精度行之有效的办法。

(5) DTI 交互跟踪矢量化。为了能精确、无遗漏、高效地成图,在矢量化时根据地类要素的分层,对不同层分别进知矢量化,并对不同层面线元赋以不同的颜色属性,这样更易于对是否完成矢量化的线条进行识别,既方便操作又避免线重叠。

(下转第 153 页)

地、县、乡、村四级农科网,形成从品种引进、选育、推广,到良种良法、生产加工、深度开发的长龙型系统。

### 4 结 语

马铃薯产业化开发在黄土高原,特别是贫困山区有着特殊意义,它不仅能充分利用山区土地资源相对丰富的优势,把千家万户的小生产组织到产业化中,以适应千变万化的大市场,而且通过加工提高附加值,使低值农产品成倍增值,达

参考文献:

[ 1 ] 朱扬文,杨文光. 开发 21 世纪健康食品— 马铃薯[ A ]. 中国马铃薯学术研讨文集[ C ]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1996. 396– 399.

[ 2 ] 李文刚. 我国马铃薯脱毒种薯繁育及其产业化发展的问题与对策研究[ A ]. 中国马铃薯学术研讨文集[ C ]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1996. 273– 277.

[ 3 ] 刘汉文,等. 陕西省马铃薯生产现状分析[ A ]. 中国马铃薯学术研讨文集[ C ]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1996. 391 – 393.

[ 4 ] 樊民夫,等. 论山西省马铃薯资源的开发利用[ A ]. 中国马铃薯学术研讨文集[ C ]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1996. 365– 368.

[ 5 ] 魏德元. 考察归来说洋芋[ N ]. 固原日报, 1997– 07– 15.

[ 6 ] 常文越,韩雪. 接枝淀粉高分子絮凝剂的合成及其应用[ J ]. 环境保护科学, 1996, 22(4): 4– 7.

[ 7 ] 甘光奉,甘莉. 天然改性有机高分子絮凝剂研究进展[ J ]. 石油与天然气化工, 1996, 25(1): 55– 57.

( 上接第 100 页 )

#### 4.2 影响效率因素

( 1 )GPS 网图设计、作业安排。在编制观测计划时要充分考虑交通条件对工作效率的影响及地形条件对卫星接收数目和分布状况的影响,对困难点实施多时段连续观测,对地势较低且封闭处的点进行不同时段多次重复观测。

( 2 )DEM 交互地形编辑。交互地形编辑是繁琐、工作量相当大且又至关重要的一项工作。首先采取 TIN 格式采集地形数据,在对 TIN 格式 DEM 进行初步交互式地形编辑,无遗漏地采集特征点、地性线等,然后内插生成格网型 DEM,再对格网型 DEM 进行精细交互地形编辑可以达到要求精度又能提高效率。

( 3 )DTI 面元编辑(造区)。造区是 DTI 的一项核心工作,将单独造区与自动造区相结合,即对部分散碎、线条复杂处地单独造区(在自动造区试验中易出现错误),其余面积较大、线条简单地块进行自动造区,这样造区工作量较单独区减少,同时大大减少了改正错误的工作量,效率有很大提高。

### 5 讨 论

( 1 )在黄土高原地形破碎、沟壑密布的条件下,用常规的地面测量方法由于受通视条件的限制工作难度非常大,应用 GPS 技术进行像控测量速度较常规测量提高了 10 倍左右;用 GPS 技术不受地形和通视条件的限制,避免了传统方法中的因受加密级次、作业员素质等影响产生的逐级控制误差的传递积累,点位精度高且均匀一致,成果可靠。

参考文献:

[ 1 ] 林宗坚. “4D ”技术及其应用[ J ]. 测绘工程, 1997, ( 5 ): 1– 5.

[ 2 ] 闫慧敏,李壁成. 小流域 4D 产品开发及其应用研究初报[ J ]. 水土保持通报, 1999, 19(3): 40– 44.

[ 3 ] 常燕卿,张福造. 采用矢栅一体化技术的洪水淹没模拟分析系统[ J ]. 遥感信息, 1998, ( 4 ): 80– 83.

[ 4 ] 李德仁,龚健雅,等. 我国地球空间数据框架的设计思想与技术路线[ J ]. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(4): 297– 303.

[ 5 ] 林宗坚. 关于构建数字地球基础框架的思考[ J ]. 测绘通报, 1999, ( 4 ): 2– 3.

到促进农民尽快脱贫致富的目标。据测算,宁夏固原地区若建成 10 万 hm<sup>2</sup> 马铃薯种子种植基地,淀粉年加工 30~ 40 万 t, 则可实现销售收入 20 亿元, 利税 3 亿元, 农民从中收入 8 亿元, 全区农民仅此一项人均收入 500 元, 社会经济利益是十分可观的。我们建议国家有关部门和黄土高原有关省( 区 ), 要加强领导, 统一规划, 精心组织, 合理布局, 卓有成效地抓好黄土高原马铃薯产业化开发, 闯出一条贫困地区农业产业化和科技扶贫开发的新路子。

( 2 )通过数字摄影测量途径获取 DEM 对于黄土高原小流域的数字流域建设有关重要意义,一方面,工作效率大大提高;另一方面,数字摄影测量系统与模拟、解析以及电子相关和光学相关的全能法仪器相比其它全能仪器以象片为原始资料,数字摄影测量系统则采用像对的数字影象,因此,它不必装置复杂精密的光机部件,避免了光机部件不稳定因素的影响,精度提高且易于操作。获取的 DEM 成果不仅可用于地形分析,而且为数字流域建设提供了最新的高程信息用以实现地形图的更新、数字正射影像图的制作及更新。

( 3 )基于 4D 产品可以用影象屏幕数字化技术制作和更新流域线划图,传统的从遥感影象提取资源及环境信息的人工目视解译方法耗时多、周期长;随着计算机技术的迅猛发展,影象屏幕数字化技术即在计算机屏幕上以 DOQ、DRG 为基底、以原有数字专题信息为对照进行影象的人工目视判读,同时解译结果可以直接进入到地理信息系统中,使工作效率改善。刘兆礼、马振魁等对用 CorelDraw 软件屏幕数字化技术进行了研究。CorelDraw 具有对数字影象进行多种增强处理的能力,可以把栅格和矢量图象完善地结合在一起,并且其线划输入方式多,编辑修改灵活方便,是良好的图象屏幕数字化工具。对于局部发生明显变化的专题信息可以在 M APGIS 软件的图形编辑环境中,在统一的空间基底条件下,直接以正射影像图为矢量化的栅格住处基底进行交互矢量化更新 DTI。