

# 4D 技术在流域管理中的应用研究初报\*

闫慧敏 李壁成

(中国科学院水利部水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

**摘要** 介绍了 4D 技术及其系列产品,研究了 4D 技术在流域管理中的广阔应用前景。4D 被誉为“90 年代水平的遥感与地理信息系统集成的技术”,它是当代遥感与 GIS 技术结合生成的数字化产品基本模式,包括 DEM(数字高程模型)、DOQ(数字正射影像)、DRG(数字栅格地图)、DLG/DTI(数字专题图)。4D 技术为流域管理提供了高精度、实时性强的数字化产品。

**关键词:** 4D 遥感 流域管理 动态监测

文献标识码: B 文章编号: 1000-288X(1999)03-0040-04 中图分类号: TP79

## Application of 4D Technology in Watershed Management

YAN Hui-min LI Bi-cheng

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling District, Shaanxi Province, 712100, PRC)

**Abstract** 4D is described and the wide prospects on soil and water conservation are discussed. 4D is called as the integrated technology of RS and GIS at 1990's level, it is the basic mode of digitalized product. 4D include DEM (digital elevation model), DOQ (digital orthophotoquad), DRG (digital raster grapher) and DLG/DTI (digital liner grapher), Which provide real time and precise digitalized product for watershed management.

**Keywords:** DEM, DOQ, DRG, DTI/DLG; remote sensing; watershed management; dynamic monitoring

随着空间信息科学、数字图像处理技术及计算机软硬件技术的飞速发展,遥感与地图学的着重点从数据获取的一端向信息深加工的一端转移,作为其技术支撑的 3S 技术的综合运用也正走向其高级阶段——集成。3S 集成技术是将遥感技术与全球定位技术作为快速获取和更新地理信息的手段,将地理信息系统作为存储、管理和分析空间信息和数据的基础平台,以这 3 项技术为核心而形成的技术体系。RS, GIS, GPS 3 种技术逐步走向集成化和相互交融,多学科交叉是科学发展的必然趋势。3S 集成是当前测绘技术、摄影测量与遥感技术、地图制图技术、卫星定位技术、专家系统技术和现代通讯技术等有机结合和综合运用,共同组成了一个整体的、实时的、动态的对地观测、分析和应用的智能化运行系统。在水土保持工作尤其是在流域管理如水土流失、土地利用动态监测中 3S 技术应用已经有很多研究<sup>[3,5,8]</sup>,即 GPS 实时、动态地提供的精确定位信息及 RS 提供的丰富地表信息作为 GIS 信息源和数据更新的手段,为水土流失治理效益评价、土壤侵蚀预测、区域开发、管理、决策提供科学依据。然而,遥感数据与 GIS 在数据结构上的不一致制约了 3S 的集成,传统的 GIS 是以矢量数据为主的,这些矢量数据采集比较费工费时,形成的拓朴关系也比较复杂,更新一个小弧段可能牵动几个

图形,在实际应用中,许多应用只把 GIS 作为专业分析的基底。在水土保持中,地图要素、专题信息以栅格数据形式存储更便于叠加分析。目前,以栅格数据为主,兼容矢量数据的 4D 技术为 3S 集成提供了最佳技术手段和途径。

## 1 4D 技术及其产品的制作

4D 技术指 DEM(数字高程模型)、DOQ(数字正射影像图)、DRG(数字栅格图)、DLG 或 DTI(数字专题图) 4 种数字产品的生产技术,它通过系列产品显示其优势,是当代遥感与 GIS 技术结合生成的数字化产品基本模式,被称为是 90 年代水平的遥感和 GIS 技术。美国 USGS(美国联邦地质调查局)自 1995 年起,在全美推行 4D 技术,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<sup>[1,2]</sup>。4D 产品在资源调查、灾害监测等涉及国民经济持续发展热点问题上有着广泛的应用前景,1998 年洞庭湖特大洪灾中,4D 技术已发挥了重大作用<sup>[2]</sup>。

### 1.1 4D 产品及生产技术

#### 1.1.1 DEM 产品及生产技术

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,为各用图部门提供地形基础(见图 1),具有广泛的应用价值。DEM 的生产可采用 2 种方法,一是地形图扫描后经等高线数字化,通过三角网化或栅格化生成;一种是以航空影像为信息源,通过解析摄影测量或数字摄影测量生成<sup>[7,8]</sup>。

#### 1.1.2 DOQ 产品及生产技术

DOQ 是遥感数字图像经过在 GPS, GIS 数据点控制下进行精纠正,并与数字化的简化地形图复合的一种新图。它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、线划要素及图廓整饰等优势,表现形式直观易读,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。

DOQ 的制作可以采用如下方法:将航空像片扫描数字化后,利用 DEM 数据以及一般地形图上选取控制点或利用加密成果对数字像对进行逐片纠正,经过影像镶嵌、坐标转换及图像切割、图面整饰后生成<sup>[6]</sup>。

1.1.3 DRG 产品及生产技术 将全要素地形图扫描后,经图幅定向、几何纠正、灰度处理或彩色校正及坐标变换和整形处理后生成。DRG 是一种精度高,便于几何配准的基础图件,它不仅保持了原模拟图的几何精度,而且在其应用如点位坐标数字化,长度、面积、体积量算中提高了数学精度。

1.1.4 DIC/DTI 产品及生产技术 利用专题图、地形图扫描数据构建栅格和矢量专题信息并输入相关属性数据后生成,或采用数字化测图、影像图跟踪矢量化等方法生成。

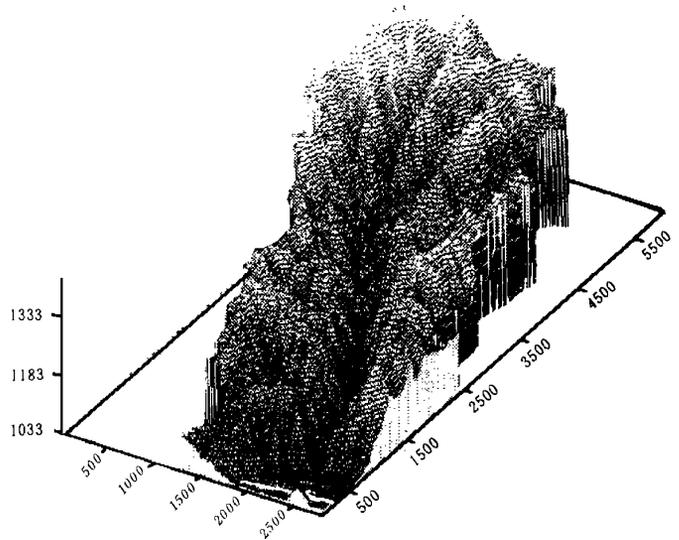


图 1 纸坊沟流域数字高程模型

在 4D 生产过程中, 地图扫描误差校正、图纸线划矢量化、影像正射纠正与拼接、多重数据叠加与信息提取是其中的关键技术。

## 1.2 4D 技术的特点

(1) 数据结构上, 以栅格结构为主, 兼容矢量数据, 从根本上突破了传统的以矢量数据为主体的 GIS 数据结构的束缚, 便于数据的配准、叠加处理。

(2) 精度高。以精度最高的 DRG, DEM 数据为基准进行多重信息高精度配准、几何纠正, 在面积、体积、长度量算中提高了数学精度, 在叠加分析中提高了空间定位精度。

(3) 更新速度快。正射影像图既保持了丰富的景观信息, 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、GPS 快速发现地表变化, 利用最新 DOQ 可快速更新数据库。

(4) 在先进计算机软硬件支持下, 与以矢量数据为传统的 GIS 技术相比, 生产成本低。

## 2 4D 技术在流域管理中的应用探讨

流域治理是一个动态过程, 在流域水土流失综合治理中建立动态监测体系, 能够快速、准确地提供侵蚀、治理状况及生态环境信息, 为水土保持规划、土壤侵蚀预测提供有力依据。

3S 技术是目前空间信息获取、存储管理、更新、分析和应用的主要手段。在水土保持中, 遥感技术用于水土流失及综合治理状况信息的获取; 全球定位系统用于对遥感成果进行精确定位及作为一种独立的数据源对小区域或突然的变化及时更新数据库; 地理信息系统用于对 RS, GPS 提供的信息进行管理和分析。对 3S 集成便于数据的实时处理, 提高遥感分类精度, 减少野外工作量。4D 技术为 3S 集成提供了最佳技术手段和途径, 4D 系列产品由于其产品精度高、生产成本低、易于更新因而有很强的实用价值, 在农业发展、灾害防治、城市规划等诸多方面可推广应用。4D 技术也将会为水土保持工作开拓一条高效率、高精度、方便易行之路。

### 2.1 利用 4D 技术进行水土流失动态监测的技术路线(图 2)

(1) 构建 4D 本底数据库。以现有地形图、航空像片、各种专题图、统计资料为信息源, 按照 4D 产品生产方法建立 DEM, DOQ, DRG, DTI, 构建 4D 本底数据库。(2) 通过对多重数据源的叠置分析, 利用 DRG, DEM 进行高精度配准, 从 4D 基底中提取坡度、坡向、土壤侵蚀分级图、土地利用图。(3) 由 GPS 实测或航空遥感调查获取的新数据制作、提取新水保信息, 更新本底数据库。

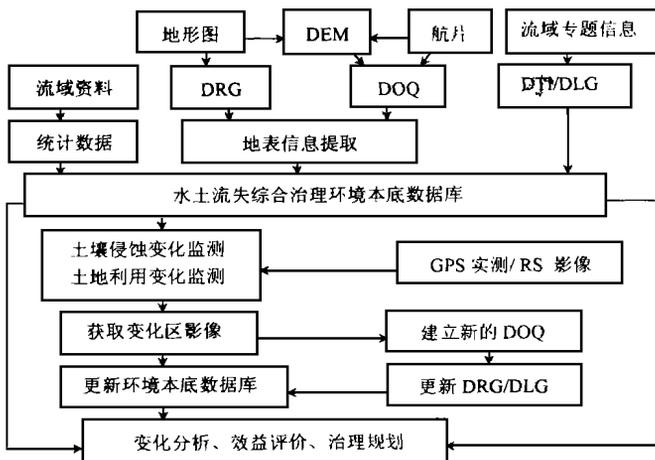


图 2 4D 技术支持下的水土流失综合治理技术流程图

(4) 对不同时期数据进行坡长、面积、体积量算, 定量分析比较。内容包括分析不同坡度级上的土壤侵蚀状况, 不同坡向上的土壤侵蚀状况, 不同治理措施的治理效果, 不同土地利用类型、不同作物下的土壤侵蚀状况和经济效益以及社会经济情况对水土流失的影响。(5) 根据分析结

果评价水土流失综合治理效益, 为水土保持规划提供决策支持。

## 2.2 4D 技术在流域管理中的具体应用

2.2.1 提供地表状况的基底信息 由从 DEM, DOQ, DRG 中提取的地表信息(如土壤侵蚀状况、土地利用状况等)以及 DLG/DTI 和各种统计资料构建的 4D 环境本底数据库, 提供水分、光照、地形、土壤及社会经济、人文状况等信息, 可以用于流域治理规划、农业生产布局、土地生产力分析评价及水土流失监测等生产实践。DOQ 提供直观易读的、反映地面事实的影像信息, 而且经过高精度纠正的遥感影像可解决人们所重视的精度问题。

2.2.2 长度 面积 体积的量算 4D 产品支持下的长度、面积、体积量算及数据管理、分析功能强大的 GIS 基础平台将使水土流失综合治理效益评价更为准确。

2.2.3 提供土壤侵蚀变化 土地利用变化的动态信息 RS, GPS 及时或周期性地提供地表信息, 生成 DOQ 并更新 DRG, DLG, 使我们能及时发现土壤侵蚀变化、土地利用变化等, 为土壤侵蚀预测、流域治理决策提供实时性强、精确度高的科学依据。

### 参 考 文 献

- 1 林宗坚. 4D 技术及其应用. 测绘工程, 1997(9): 1- 5
- 2 李紫薇. 等. 基于 4D 技术的洪灾预报与评估运行服务系统. 遥感信息, 1998(3): 5- 8
- 3 李壁成. 小流域水土流失与综合治理遥感监测. 北京: 科学出版社, 1995
- 4 刘文熙. 对 3S 集成技术的一些认识. 四川测绘, 1996(3): 99- 103
- 5 王晓栋, 崔伟宏. 3S 技术在土地利用与覆被动态监测中的作用. 国土与自然资源研究, 1998(3): 27- 31
- 6 Joachim Hohle. 数字正射像片的生产经验. 测绘通报, 1997(11): 38- 40
- 7 柯正谊, 何建邦, 池天河. 数字地面模型. 北京: 中国科学出版社, 1993
- 8 何伟, 李壁成. 小流域 DT M 的建立及其在水土保持遥感动态监测中的应用. 水土保持研究, 1998, 4(2): 141- 147

(上接第 39 页)

- 9 刘宝元, 史培军. WEPP 水蚀预报流域模型. 水土保持通报, 1998, 18(5): 6-12
- 10 De Roo A P J, Wesseling C G, Ritsem a C J. LISEM: A single-event physically based hydrological and soil erosion model for drainage basins I: Theory: input and output. Hydrological Processes, 1996, 10: 1107-1118
- 11 De Roo A P J, Wesseling C G, Ritsem a C J. LISEM: A single-event physically based hydrological and soil erosion model for drainage basins II: sensitivity analysis, validation and application. Hydrological Processes, 1996, 10: 1107-1118
- 12 杨勤科, 李锐. LISEM: 一个基于 GIS 的流域土壤流失预报模型. 水土保持通报, 1998, 18(3): 82-89
- 13 卢金发, 等. 黄土高原地区资源与环境遥感系列制图研究. 北京: 地震出版社, 1996. 71-113
- 14 周佩华. 2000 年中国水土流失趋势预测与防治对策. 中国科学院水土保持研究所集刊, 1988, 7: 57-71
- 15 朱显谟. 有关黄河中游土壤侵蚀区划问题. 土壤通报, 1956(1): 1-6
- 16 黄秉维. 编制黄河中游流域土壤侵蚀分区图的经验教训. 科学通报, 1955(12): 15- 21
- 17 杨勤科, 王斌科. 中国土壤侵蚀的主要类型与区域特征. 见: 现代土壤研究, 北京: 农业出版社, 1994
- 18 朱显谟. 1: 1500 万中国土壤侵蚀图(1965 年). 中华人民共和国自然地图集, 北京: 科学出版社, 1965
- 19 罗来兴, 朱震达. 编制黄土高原水土流失与水土保持图的说明与体会. 见: 中国地理学会地貌专业委员会编. 中国地理学会一九六五年地貌学术讨论会文集. 北京: 科学出版社, 1965. 126- 134
- 20 中国科学院水利部水土保持研究所编. 黄土高原试验示范区综合治理地图集. 北京: 测绘出版社, 1992.
- 21 朱显谟. 黄土区土壤侵蚀的分类. 土壤学报, 1956, 4(2): 99-116
- 22 张晓萍, 杨勤科. 中国土壤侵蚀环境背景数据库的设计与建立. 水土保持通报, 1998, 18(5): 35-39
- 23 杨勤科, 李锐. 论矢量地理信息系统的基本信息元. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 4(1): 66-70