

多尺度水土保持空间数据集成

——以全国水土保持监测与管理信息系统为例

王瑞芬¹, 史明昌², 陈胜利¹, 高照良³

(1. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083;

2. 北京林业大学资源环境学院, 北京 100083; 3. 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 水土保持空间数据库是水土保持监测管理信息系统的核心, 是实现水土保持管理现代化和服务社会化的重要保证。实现不同尺度水土保持空间数据的集成管理对我国正在实施的水土保持监测网络以及管理信息系统建设具有特别重要的意义。分析了水土保持空间数据库的主要内容及特点, 通过对现有多尺度空间数据集成方案的分析比较, 提出了多尺度水土保持空间数据集成的实现方法, 并以全国水土保持监测与管理信息系统为应用实例进行说明。

关键词: 水土保持监测管理信息系统; 分布式水土保持空间数据库; 多尺度; 空间数据集成; 元数据; 计算机制图综合
中图分类号: S 157 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2005)05-0206-04

Multi-scale Integration of Soil and Water Conservation Spatial Data

WANG Rui-fen¹, SHI Ming-chang², CHEN Sheng-li¹, GAO Zhao-liang³

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;
2. College of Natural Resources & Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;
3. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Sci-tech University of the
Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Soil and water conservation spatial database is the core of soil and water conservation monitoring and management information system. It is a prerequisite to modernize management and socialize service. The realization of multi-scale integration of soil and water conservation spatial data is very important for its monitoring and management information system that is executed in our country now. Multi-scale integration method of soil and water conservation spatial data is characterized, based on the identification of the main content and characteristic of soil and water conservation spatial database, and the analysis of research actuality of multi-scale integration scheme. Countrywide soil and water conservation monitoring and management information system is an application example of the method.

Key words: soil and water conservation monitoring management information system; distributed soil and water conservation spatial database; multi-scale; spatial data integration; metadata; generalization in digital environment

1 背景

1.1 建设目标及要求

水土保持空间数据库作为国家科技部“863 计划”课题之一——全国水土保持监测与管理信息系统的一个重要组成部分, 主要指为水土保持监测、分析、预测、预防、监督以及相应的信息管理提供服务的后台数据库, 它是水土保持监测管理信息系统的核心。

其建设目标是: 建成对水土保持监测数据(尤其是空间数据)进行管理的业务数据库, 能够满足不同级别的业务需求, 对多种手段(如地面观测、遥感、遥测、调查等)所获取的水土保持数据进行处理和存储, 促进水土保持信息采集、处理、存储、编辑、分析、预测、规划、设计、评价等各环节工作的

标准化、信息化。

建设要求主要是:

(1) 建成支持水土保持监测与管理信息系统各项功能的水土保持时空数据库, 能够满足水土保持动态监测、治理项目管理、预防监督等业务需求。

(2) 实现国家、流域、省、地市、县各级组成的分布式网络数据库。

(3) 满足水土保持空间数据的空间多尺度性和时间多尺度性。

(4) 具备完善的权限管理、安全机制和灵活、高效的性能。

1.2 水土保持空间数据的多尺度性

水土保持数据空间数据具有空间多尺度性和时间多尺度

¹ 收稿日期: 2005-03-17

基金项目: 国家科技部“863 重大 3S 应用示范- 水土保持”项目支持

作者简介: 王瑞芬(1980-), 女, 山西晋城人, 硕士, 主要从事 3S 技术在水土保持方面的应用研究。

性,本文中只讨论空间多尺度问题。全国水土保持监测与管理信息系统的数据库存在空间多尺度性。该系统是由国家级、流域级、省级、地市级、县级各个级别站点组成的分布式网络系统,信息的空间尺度贯穿了从全国、流域机构、省、地市、县到小流域、地块各种不同的管理层面。各级站点的空间数据库都保存有一系列业务图层,所涉及到的空间信息内容多样,包括水土流失背景数据、土壤侵蚀现状、治理状况、预防监督状况等。图层范围分别对应各级别机构的所辖区域,且各级图层属性字段设置基本相同。由于各级业务机构的所辖区域、主要职责、工作重点不同,各级图层比例尺有所不同,分别为:国家级 1:100 万,流域级 1:50 万,省级 1:25 万,地级 1:10 万,县级 1:5 万。因此,数据库具有空间多尺度性。

1.3 多尺度集成的必要性

多尺度空间数据集成的必要性主要体现在:首先,全国水土保持监测与管理信息系统中的分布式水土保持时空数据库中有存在多尺度空间数据的必要性;其次,数据库中的多尺度空间数据有集成的必要性。

1.3.1 多尺度空间数据存在的必要性

(1)不同层次的用户工作侧重点不同,如省级以上水土保持机构以宏观规划决策为主,地市及其以下级别机构则主要在上级指导下进行局部的分析、设计、实施,因此对空间信息覆盖范围和信息详细程度这两个因素的要求各有侧重,客观上要求建立多尺度的空间数据库。

(2)水土保持空间数据包含有地形、地貌、植被、土地资源、水文等多要素地理信息,而地理现状和过程的尺度行为并非按比例线性或均匀变化,因此需要建立多尺度空间数据库对地理实体的空间形态和过程随尺度变化的规律进行研究。

1.3.2 多尺度空间数据集成的必要性

由于水土流失与治理同时在发生,都在不断改变着土地利用类型、地面覆盖情况与微地貌形态等一系列生态环境信息,因此水土保持监测与管理信息系统的空间数据库的信息更新频率是比较快的,目前大约为 1~5 年不等,随着监测与管理投入加大,信息的时间粒度也将提高,更新频率将提高至以月为单位甚至实时更新。

这样,更新应该可在多尺度层次上或单尺度层次上进行。在单尺度层次上更新时,某一尺度的地图需要重新测量。如果一个单位拥有 10 个尺度的地图,需要重新测量 10 次,每次针对一个尺度。换句话说,传统的地图修正工作是利用手工来更新和维护所有比例尺的地图,效率低、费用高。在当今数字时代,一个更有效的更新手段就是仅经常更新大比例尺的地图,仅当需要时,利用自动综合的手段从该大比例尺地图中导出小比例尺地图。这样的自动解决方法经济上非常有效,科学上也极富挑战性,如今已成为国际上制图和空间信息科学的主要研究热点。(李志林)

2 现有实现方法

多尺度数据集成是依据多尺度数据表达地学过程对尺度的要求、用户数据尺度要求等对数据空间和属性特征的处理。空间多尺度数据集成中可把数据的时间特征作为静态变量或常量处理,空间多尺度是对连续地球表面空间的无缝分解。(李军,周成虎,2000)

关于空间数据集成尺度问题,目前在理论上还没有形成统一的技术体系,在实践上还没有一个支持多尺度空间数

据集成的 GIS 工具软件。从多尺度空间数据集成的实现方法看,主要有以下几种方案(王晏民,2001):

表 1 多尺度空间数据集成实现方法

方法名称	说明
多库一版本	即根据 GIS 应用系统对比例尺的需求,分别建立与不同比例尺相对应的多个空间数据库,各种比例尺数据库之间相互独立,通过 GIS 应用系统对比例尺的要求调入相应数据库。该方法是一种最普通的方法,其优点是可以充分利用现有空间数据库资源,缺点是数据重复采集、数据更新和维护困难,数据集成度差。
	即建立最大比例尺的主导数据库版本,基于这个主导数据库版本,采用制图综合的方法派生出其他比例尺的数据库版本。该方法的优点是充分利用了现有数据,减少了数据建库工作量和数据库存储空间。该方法是一种局部的方法,只适合于某一类数据库,该方法可以作为其他方法的有益补充。
一库多版本	即采用一种特殊的空间数据结构存储最大比例尺的空间数据,其他比例尺的数据隐含在数据结构中,根据使用需要从存储结构中实时提取数据。该方法是一种最理想的方法,数据集成度高,但该方法依赖于 GIS 工具软件,也只适用于某一类空间数据库。
多库多版本	即将空间数据库划分为几种主要的比例尺,系统存储主要比例尺的空间数据库,其他比例尺数据库从邻近比例尺数据库中派生。系统根据需要选择要连接和调入的空间数据库。该方法是最可行的方法,它结合了多库一版本和一库多版本的优点,既合理地减少了数据采集工作量,又很好地满足系统对不同空间数据源的需求。

3 解决方案

根据全国水土保持监测与管理信息系统数据库管理的数据对象、数据采集精度、分布式系统的要求以及目前计算机制图综合技术发展现状(一库一版本在实践中还不可行,制图综合技术还不成熟),不可能建立一个涵盖所有级别水土保持信息的基本比例尺数据库。因此,一库一版本和一库多版本不能作为多尺度水土保持数据集成的方案;多库一版本的方案又有投入多、更新慢的缺点。因此,本系统采用多库多版本的方案,即根据主导数据库(最大比例尺,如县级空间数据库),通过制图综合的手段,得到满足不同尺度需要的新数据库(较小比例尺,如地市、省、流域机构、国家各级空间数据库),预先存贮起来,供不同尺度信息显示时使用。同时,应该使用适合多比例尺 GIS 的数据模型、空间数据仓库、元数据管理等技术对多尺度空间数据库进行管理,保证各层数据的一致性、准确性和完整性。

4 应用实例

全国水土保持监测与管理信息系统可以作为多尺度水土保持空间数据集成的应用实例。本系统的设计思路是:各级数据库站点分别采集、处理、存储、应用各级机构所管区域内的信息,包括:基本信息、动态监测信息、治理项目管理信息、预防监督信息以及科技和机构管理信息。系统总体结构如图 1 所示。

水土保持业务涉及县、地市、省、流域机构、国家五级业务机构,六种层次的业务信息(包括小流域)。这五级业务机构的信息形成逐级上报汇总、综合的信息链,各级机构在各自不同的所辖范围和管理层次上各司其职。因此本系统设计为分布式数据库,分别设立县、地市、省、流域机构、国家各地的数据库站点,通过《水土保持分布式数据库命名规则》以及物理链路相互连接,形成与全国监测网络配套的监测与管理信息系统。分布式数据库数据流程见图 2 所示。

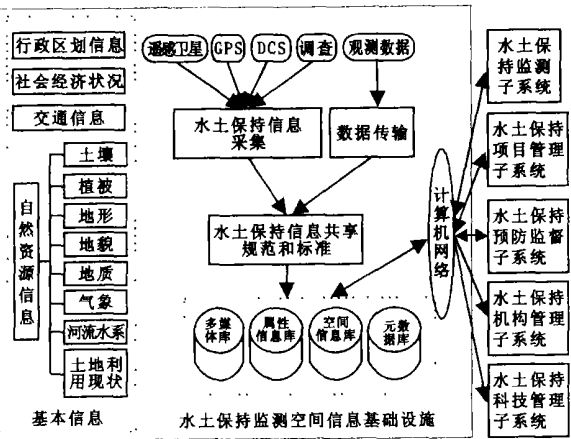


图 1 系统总体结构

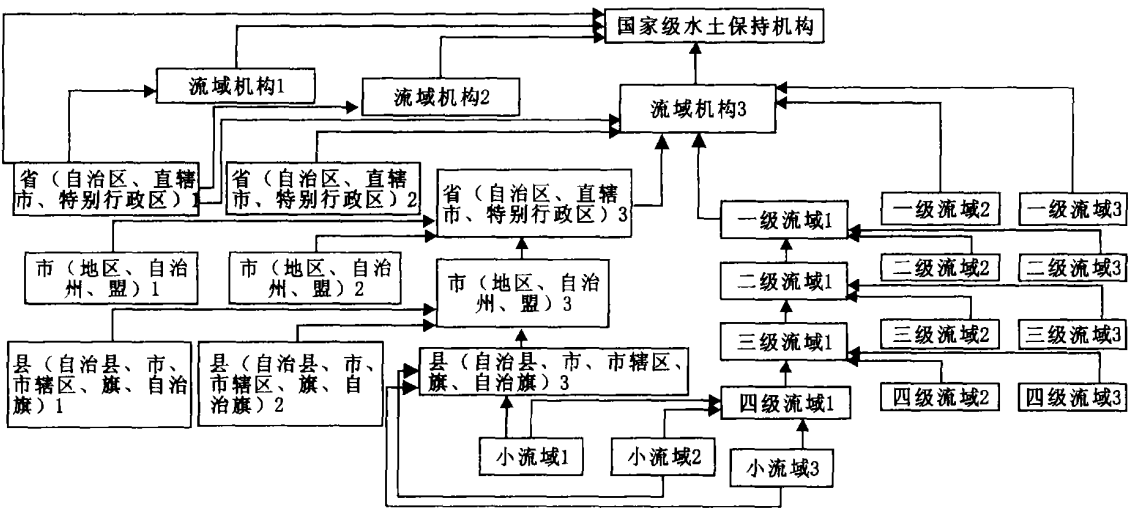


图 2 分布式数据库数据流程

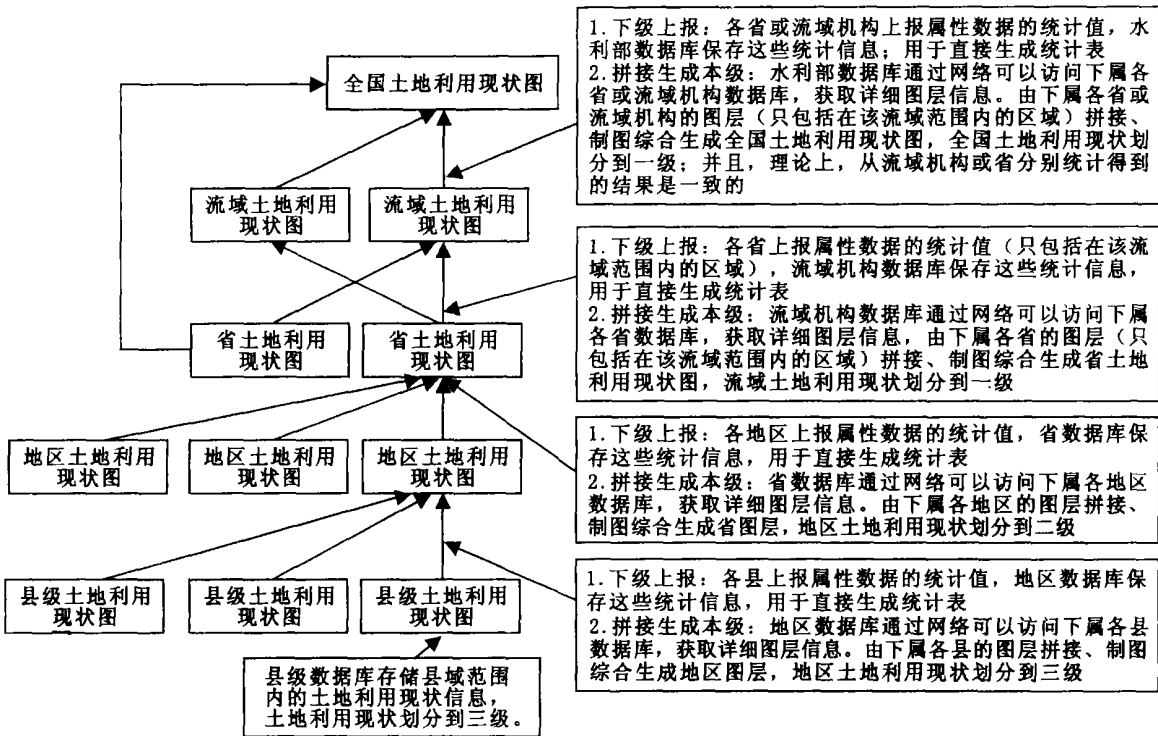


图 3 多尺度土地利用现状图层次结构

包括各种空间、属性、多媒体信息都能够保存在这个分布式时空数据库中,内容涉及水土保持监测、治理、预防监督、科技以及机构管理等多方面。多尺度空间信息内容见表 2 所示。

4.1 技术要点

4.1.1 元数据管理

系统引入元数据管理技术,包括空间数据和属性数据的元数据。元数据(metadata)即关于数据的数据。元数据在多尺度空间数据库集成中起到非常重要的作用,作为各尺度、各级信息联系的桥梁,能够保证信息链的连贯和一致性。

在国家标准《地理信息元数据》指导下,本系统中空间数据元数据主要描述地理信息和服务所需要的模式,提供有关地理数据标识、覆盖范围、质量、空间和时间模式、空间参照系和分发等信息。

表 2 多尺度空间信息内容

图层名称	图层类型	比例尺				
		县级	地市级	省级	流域机构级	国家级
行政区划图	面状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
政府所在地图	点状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
公路分布图	线状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
铁路分布图	线状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
等高线图	线状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
河流图	线状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
水库/湖泊/蓄滞洪区图	面状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
流域图	面状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
DEM 图	栅格图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
土壤类型图	面状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
气象站点分布图	点状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
植被特征图	面状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
地质图	面状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
地貌图	面状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
高程点图	点状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
沟系图	线状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
土壤侵蚀图	面状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
土地利用现状图	面状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
治理项目图	面状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
治理项目区图	面状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
小流域分布图	面状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	—	—
开发建设项目位置示意图	点状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	1：50 万	1：100 万
三区划分图	面状图	1：5 万	1：10 万	1：25 万	—	1：100 万
治理措施规划布局点图	点状图	1：1 万	—	—	—	—
治理措施规划布局线图	线状图	1：1 万	—	—	—	—
治理措施规划布局面图	面状图	1：1 万	—	—	—	—
治理措施验收布局点图	点状图	1：1 万	—	—	—	—
治理措施验收布局线图	线状图	1：1 万	—	—	—	—
治理措施验收布局面图	面状图	1：1 万	—	—	—	—
流域机构分布图	面状图	—	—	—	1：50 万	1：100 万
流域机构所在地图	点状图	—	—	—	1：50 万	1：100 万

属性数据元数据主要包括对多种属性和实体的分级、分

参考文献:

[1] 陈先伟,沈震宇,董云.多尺度土地资源数据集成的概念框架[A]. 中国地理信息系统协会第三次代表大会暨第七届年会论文集[C]. 北京:中国地图出版社, 2003.

[2] 陈军,邬伦.数字中国地理空间基础框架[M]. 北京:科学出版社, 2003.

[3] 孙美玲,李永树.GIS 环境下空间数据多尺度特征及其关键问题探讨[J]. 四川测绘, 2002, 25(4): 154- 157.

[4] 尹连旺,李京.GIS 中基本要素的无级比例尺数据处理技术研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1999, 35(6): 842- 849.

[5] 齐清文.GIS 环境下智能化地图概括的方法研究[J]. 地球信息, 1998, (1): 64- 70.

[6] 魏海平.GIS 中多尺度地理数据库的研究与应用[J]. 测绘学院学报, 2000, 17(2): 134- 137.

[7] 王晏民,李德仁,龚健雅.多尺度 GIS 集中式数据模型[J]. 黑龙江工程学院学报, 2001, 15(1): 19- 22.

[8] 李军,周成虎.地球空间数据集成多尺度问题基础研究[J]. 地球科学进展, 2002, 15(1): 48- 52.

[9] 陈崇成,李军,冯冬鹭,等.生态环境空间数据的多尺度集成方法[J]. 环境科学研究, 2000, 13(4): 34- 38.

[10] 王晏民,李德仁,龚健雅.一种多比例尺 GIS 方案及其数据模型[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2003, 28(4): 15- 22.

[11] 王艳慧,陈军,蒋捷.GIS 地理要素多尺度概念模型的初步研究[J]. 中国矿业大学学报, 2003, 32(4): 376- 382.

[12] 胡雪莲,孙永军,程承旗,等.基于地理空间概念的地理元数据组织管理研究[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(2): 11

类和编码,包括行政界线、行政区划、政府所在地、河流、水库、蓄滞洪区、湖泊、公路、铁路、土壤类型、主要树种、土地利用现状、植被起源、植被覆盖度、径流小区、监测点、小流域、土壤侵蚀类型、土壤侵蚀强度、水土保持治理措施、水土保持林种、水土保持治沟骨干工程、三区划分区域等对象。信息编码体现出很强的层次性、逻辑性和完整性,用编码表示可以惟一标识某一实体,并且能很方便地排序、归类。

因此,元数据是进行地图拼接、合并、空间分析等空间数据操作以及属性数据合并、归类的所必需的参数和规则,是多尺度空间数据集成的重要保障。

4.1.2 各级本底数据库建设

在本系统的本底数据库建设中应用了制图综合技术,将县级 1：5 万地图作为主导空间数据库,地市级 1：10 万地图由县级地图派生出:通过下属各县的地图合并、制图综合等方法生成地市级地图,通过属性数据元数据将县级图层属性信息进行合并、归类生成地市级地图属性数据。这样生成的结果数据作为地市级数据预先存入相应数据库站点,可以被地市级水土保持监测与管理系统直接调用,进行查询、分析、预测、显示等,当主导数据库(县级数据库)更新后,重新生成地市级数据库,使之随着更新。以上各级别:省级 1：25 万、流域机构级 1：50 万、国家级 1：100 万数据也采取相同方法获取和更新。以土地利用现状图为例,见图 3。

水土保持管理从下级到上级,是一个由微观管理到宏观管理逐渐过渡的过程,因此决定了从县级到全国,土地利用现状图的精度逐渐降低,地图的范围逐渐扩大。因此,可以将下级的详细信息逐级综合、汇总,形成全国范围内的土地利用现状图,从而形成多尺度集成的分布式全国水土保持监测与管理信息系统数据库。

4.2 展望

应该进一步完善 GIS 软件的智能制图综合环境,改进针对面状、线状、多面、多线、多点等地理元素的制图综合模型,提高其运算速度和运算能力。这样就可以实现完全的一库一版本的无级 GIS,数据库中只需要存储单一版本的主导数据库,其他比例尺数据可以根据需要即时生成。同时,结合面向对象数据模型,能够保障数据更新的一致性和完整性,同时减少数据存储空间和数据维护的工作量及投资,提高数据更新效率。