

基于 Geodatabase 的滑坡灾害空间数据库设计^{*}

朱传华, 胡光道

(中国地质大学(武汉)资源学院, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 整个设计旨在建立滑坡灾害空间数据库, 有效管理滑坡灾害数据, 为滑坡灾害预测预报服务。基于 Geodatabase 数据模型, 使用 CASE 工具, 在分析滑坡灾害风险评价的数据需求和数据特点的基础上, 得出了滑坡灾害空间数据概念模型图, 建立了滑坡灾害空间数据库。在设计过程中, 提出了空间数据和非空间数据的整合方式, 以及滑坡监测时间序列数据格式化的示例。

关键词: 滑坡灾害; Geodatabase; 空间数据库

中图分类号: P642.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2010)02-0054-04

滑坡灾害作为主要的自然灾害之一, 每年都会直接或间接地造成巨大的财产损失和人员伤亡。长江三峡库区是中国滑坡灾害发生的重灾区之一, 移民工程迁建的新城镇几乎都在斜坡地带, 水库蓄水后的库水位上升及泄洪后的库水位下降的变化, 都将成为触发滑坡的主要因素, 因此, 三峡库区的滑坡灾害调查、管理, 滑坡灾害预测预报一直是近年来国内研究的热点^[1-3]。收集整理滑坡灾害相关数据, 建立滑坡灾害空间数据库是整个预测预报工作的第一步, 也是最耗时部分, 可见其重要性^[4]。

本文基于三峡库区地质灾害预警指挥系统(GHPACS)数据仓库及管理系统建设项目, 针对地质灾害的特点和整个业务系统功能分析的基础, 采用 ESRI 公司的 Geodatabase 数据模型进行滑坡灾害空间数据库设计^[5]。

1 滑坡灾害预测预报及其数据需求

在国际上, JTC-1 (Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes) 从土地利用规划的角度, 对滑坡进行敏感性、危险性和风险性三个阶段区划^[6]。国内学者晏同珍、殷坤龙等按照时空关系, 将滑坡灾害预测预报分为空间预测和时间预测两类^[7]。两种不同的分类视角所划分的阶段或类别大体相对应, 例如只考虑滑坡内在因子影响的敏感性分析对应空间预测预报, 考虑时间框架和外部触发因子的危险性分析对应时间和空间相结合的

预测预报等。总体上, 空间和时间预报对应了滑坡灾害评价层次的敏感性分析和危险性评价两个阶段的工作内容。按两种不同分类所进行的滑坡灾害评价工作, 所用的数据来源基本相同^[7-8]。Cees J. van Westen 对在滑坡敏感性、危险性和易损性评价中所用的空间数据进行了归类和分析^[8], 主要数据层可以划分为四个部分:

(1) 滑坡编目数据, 包括滑坡编目、滑坡活动和滑坡监测。滑坡编目, 指一个地区滑坡的详细目录, 包括滑坡的地点、分类、失稳机制、引起的因素、发生的频率、体积、活动、发生日期和造成的损害等。为呈现滑坡活动信息, 滑坡编目数据库需要有大区域的多时态的滑坡信息。

(2) 环境因子, 是指被认为对滑坡发生有影响的数据层, 作为滑坡因子用于对未来滑坡的预测。包括 DEM、坡度/坡向、汇流累积量、地层岩性、构造、断层、斜坡水文、土壤类型、土壤深度、土地利用类型和土地利用变化等数据层。要根据滑坡的类型、失稳机制、分析的尺度和研究区的特点来选择致滑坡因子。

(3) 触发因子, 指具有突发性, 能在很短时间跨度内引发滑坡发生的事件。包括暴雨、地震目录、蒸发损失和地面加速等数据层。

(4) 承灾体, 指区域内受滑坡灾害潜在威胁的事物。包括建筑物、交通网点、生命线、基础设施、人口数据、农业数据、经济数据和生态数据等数据层。所有数据可分为近似静态的和需定期更新

^{*} 收稿日期: 2009-10-26

基金项目: 三峡库区地质灾害防治工作指挥部三峡库区地质灾害预警指挥系统(GHPACS)数据仓库及管理系统建设(SXJC-3ZH1B1)

作者简介: 朱传华(1978-), 男, 湖北仙桃人, 博士研究生, 主要从事数学地质、GIS 应用与开发研究. E-mail: chzhu_cug@163.com

动态的两类。和地质、土壤类型、地形地貌相关的数据集都属于近似静态数据,更新周期很长。滑坡信息需要不断更新,其他动态数据的更新周期范围可以从几小时至几天,例如气象数据以及其对斜坡水文的影响,也可以是几个月至几年,例如土地利用和人口数据。土地利用可依据当地土地利用的动态变化,更新频率可以是 1~10 年。土地利用信息不仅作为环境因子决定新滑坡的发生,而且也是受滑坡威胁的承灾体,需要慎重评估。

2 空间数据库设计

滑坡灾害空间数据库的设计采用 ESRI 公司的 Geodatabase 数据模型,使用支持面向对象软件开发的 CASE 工具 Visio 2003 进行建模^[9]。

2.1 数据概念模型

在数据需求分析的基础上,滑坡灾害空间数据概念模型如图 1 所示。

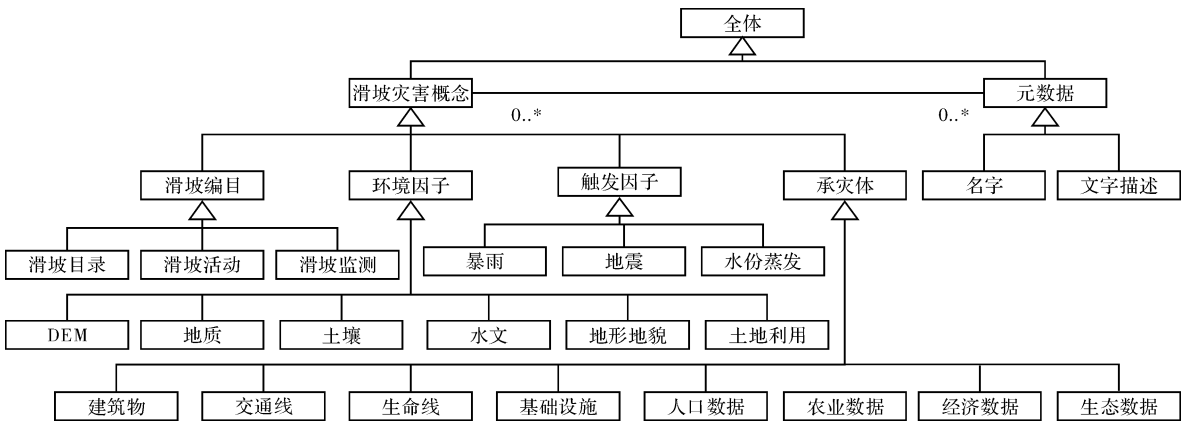


图 1 滑坡灾害空间数据概念模型图

图 1 中的“全体”表示所有的概念,包括的子类有滑坡灾害概念和元数据。滑坡灾害概念指滑坡灾害预测预报知识领域里的所有概念。元数据是数据的数据,包含的概念和数据库内特定数据项文档相关。滑坡灾害概念和元数据之间有可选的或多对多的联系,即任何数据对象有关联的元数据,而且任何元数据对象也可能关联多个数据对象^[10]。

2.2 利用 CASE 工具设计数据库结构

滑坡灾害空间数据库共包括 4 个要素数据集,每个要素数据集内都包含多个要素类。因为滑坡灾害研究在不同尺度、不同灾害类型和评价的各个阶段的数据需求、各要素层的重要性程序各不相同,表 1 只列出了部分要素信息。要素层的详细论述参见文献[8]。

数据集设计时包含一组公用属性。每个要素类设计了一组 6 个基本属性,详细信息如表 2 所示。

其中种类、类型和样式三属性是要素类的必需字段,可通过 Geodatabase 数据模型中的域值和子类型来实现。以滑坡灾害数据集为例,如图 2、图 3、图 4 所示。

表 1 要素数据集和要素类摘要表

要素集	对象名称(别名)	图形类型
环境因子	DEM	栅格文件
	岩石类型	面文件
	断层	线文件
	土壤类型	面文件
	土壤深度	点文件
	河流	线文件
	土地利用	面文件
	土地利用变化	面文件
	植被	面文件
	公路	线文件
触发因子	建筑工地	面文件
	气象站点	点文件
	峰值加速度区划	面文件
滑坡编录	库水位	点文件
	滑坡	面文件
承灾体	监测点	点文件
	建筑物	面文件
	交通网点	点文件
	生命线(电力线、通讯线、供水线和供气线)	线文件
	基础设置	点文件
	自然保护区	面文件

表 2 所有要素类的公用要素属性

属性名	类型	描述
种类	string	滑坡灾害要素中的最高级分类,如岩石、断层、植被等。可以通过域值定义新的种类
类型	string	要素的分类,如岩石单元、断层类型和植被类型等。可通过编辑子类型进行调整
样式	string	要素类型的更详细说明。样式可以通过域值进行维护。
符号	string	用于支持单个要素的绘图表达
符号值	integer	符号值是提供给绘图表达的另外一种方式
项目 ID	integer	要素和属性表连接的外键

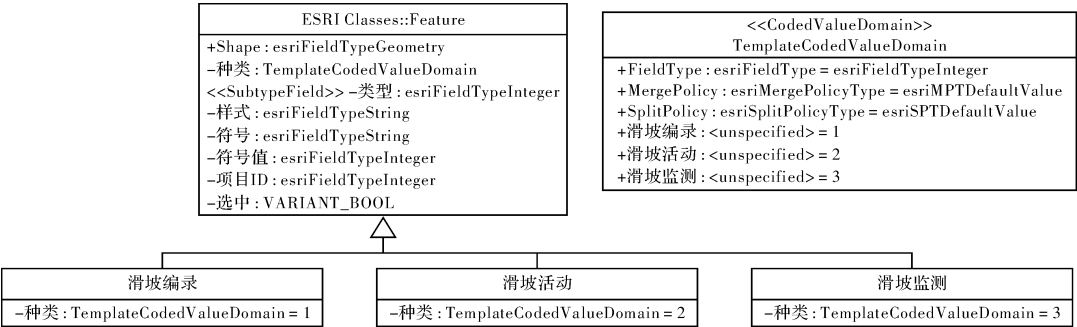


图2 值域实现要素类分类

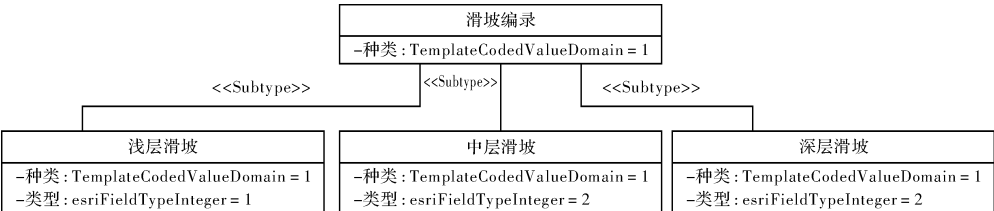


图3 滑坡子类型

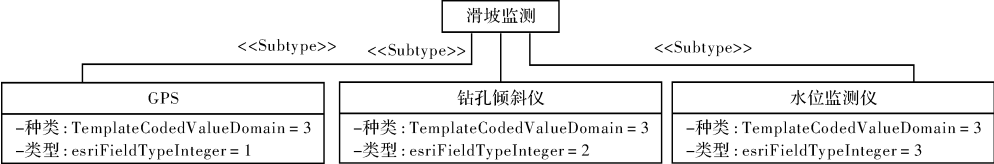


图4 监测点子类型

相比之下，符号和符号值由用户项目需求而定，可为特定要素提供绘图表达和描述细节。一般来说，地质灾害数据库的建设必然会涉及空间数据和非空间数据的整合，如图5所示，空间数据和非空间数据之间的联接可通过字段项目ID实现^[11]。

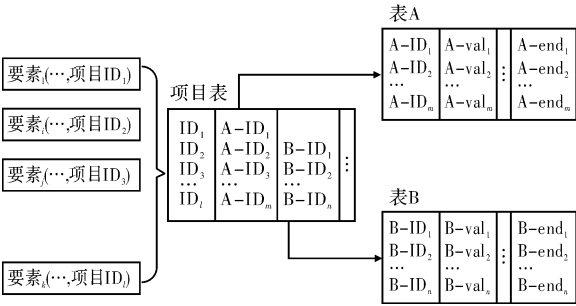


图5 要素类和属性表之间的内部联接

该关系类包括两个层次，首先空间要素连接到空间数据库的中心项目表，然后从中心项目表连接到描述性的属性表。属性连接的两层方式为设计属性描述表和关系调整提供了灵活性。空间要素连接到中心项目表的某一行，并通过它连接到一个至多个属性描述表。例如以滑坡监测GPS监测数据为例，对时间序列数据适当格式化^[12]，并设计要素类和对象类之间的关系，如图6所示。

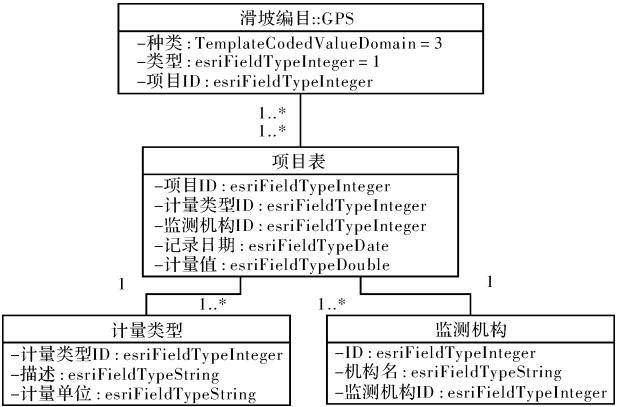


图6 滑坡监测数据之间的内部关系

2.3 元数据

元数据层次化的组织存储在空间数据库，包含3个主要级别：数据库项目级别，数据集主题级别和要素类要素级别。数据库级别只有基础元数据，在要素集和要素类级别逐步实现细化的元数据。相应地，用户需求也有伴生的层次，对于浏览权限的用户提供项目级别的元数据就足够了，而需给真正操作数据库的用户提供详细的、要素类级别的元数据。像空间参考信息是项目级别的元数据，在 ArcCatalog 中可自动生成。表1和表2是数据集和要素类级别的元数据例子。

2.4 创建 Geodatabase 数据模型

完成 UML 模型的建立后, 通过 Visio 的导出工具“ESRI XMI Export”和 ArcCatalog 的“Case Schema Creation”功能完成 Geodatabase 数据模型的建立, 具体步骤可参见文献[13-14]。滑坡灾害空间数据库的实现图如图 7 所示。

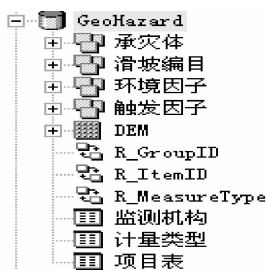


图 7 滑坡灾害空间数据库略图

3 结语

本文研究了滑坡灾害预测预报数据的需求, 得出了滑坡灾害数据概念模型图, 使用 CASE 工具创建了滑坡灾害空间数据库模型, 并在设计过程中提出了空间数据和非空间数据的整合方式, 以及滑坡监测时间序列数据格式化的示例。总之, 基于 Geodatabase 数据模型创建空间数据库的方法, 不仅方便了数据库的建立与维护, 而且 UML 静态模型图展现了数据库对象之间的复杂关系, 实现数据模型设计的可视化, 利于程序设计人员的开发。因此, 基于 Geodatabase 数据模型, 使用 CASE 工具建立滑坡灾害空间数据库是较优的选择。目前, 滑坡灾害空间数据已进入初步应用阶段中。由于滑坡灾害数据的复杂性, 空间数据库结构有待进一步完善。

参考文献:

- [1] 吴树仁, 张永双, 石菊松, 等. 三峡库区重庆市丰都县滑坡灾害危险性评价[J]. 地质通报, 2007, 26(5): 574-582.
- [2] 邓清禄. 斜坡变形构造——巴东新城斜坡剖析[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2000: 1.
- [3] 陈永波, 田宏岭, 陈秀琼. 基于 C/S 的三峡云阳——巫山段滑坡数据管理系统[J]. 灾害学, 2006, 21(2): 23-25.
- [4] Bonham-Carter G F. Geographic Information Systems for Geoscientists: Modeling with GIS [M]. Canada: PERGAMON, 1994: 14.
- [5] Zeiler M. Modeling Our World [M]. Redlands, California, USA: ESRI Press, 1999.
- [6] Robin Fell, Jordi Corominas, Christophe Bonnard, et al. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning [J]. Engineering Geology, 2008, 102: 85-98.
- [7] 殷坤龙. 滑坡灾害预测预报分类[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(4): 12-18.
- [8] Cees J van Westen, Enrique Castellanos, Sekhar L. Kuriakose. Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview [J]. Engineering Geology, 2008, 102: 112-131.
- [9] Macdonald A. Building a Geodatabase [M]. Redlands, California, USA: ESRI Press, 1999: 259-325.
- [10] North American Geologic Map Data Model Steering Committee. NADM Conceptual Model 1.0——A conceptual model for geologic map information [R/OL]. U. S. Geological Survey Open-File Report, 2004 [2009-06-09]. <http://pubs.usgs.gov/of/2004/1334>.
- [11] Gray L Rains, Jordan T Hastings, Lorre A Moyer. Proposed Arcgeology Version 1: A Geodatabase Design for Digital Geologic Maps using ArcGIS [R/OL]. U. S. Geological Survey Open-File Report, 2007 [2009-06-01]. <http://pubs.usgs.gov/of/2008/1385/pdf/hastings.pdf>.
- [12] Carlos Patiño Gomez, Daene C McKinney, Dowid R Maidment. Sharing Water Resources Data in the Binational Rio Grande/Bravo Basin [J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 2007, 155: 416-426.
- [13] 李玉泉, 徐学军, 曾致远, 等. 基于 Geodatabase 数据模型设计实现水土保持规划数据库[J]. 中国水土保持, 2007, (6): 54-57.
- [14] 覃如府, 许惠平, 欧少佳, 等. 基于 Geodatabase 的中国岩石圈三维结构数据库设计[J]. 地球学报, 2005, 26(6): 581-586.

Geodatabase-based Spatial Database Design of Landslide Hazards

Zhu Chuanhua and Hu Guangdao

(Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: This paper aims at establishing a landslide hazard spatial database for effective data management and landslide hazard prediction service. Based on the Geodatabase data model and by use of the CASE tool, conceptual model of the landslide hazard spatial data is made on the basis of analysis of requirements and characteristics of landslide assessment and then the spatial database of landslide hazards is established. In the process of designing, method of integration of spatial and non-spatial data is proposed and data format of time-series data of station is illustrated.

Key words: landslide hazard; geodatabase; spatial database