

川藏公路地质分区三维可视化信息管理初探
——八宿至林芝路段工程分析

雷 宇¹, 刘大安², 莫多闻²

(1. 北京大学城市与环境学系, 北京 100871; 2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100871)

摘 要: 介绍了川藏公路八宿至林芝路段的地质情况及其地质灾害情况。并对这一地段采用 EGMS 方法进行了工程地质分区。同时利用与工程地质分区相适应的综合地质信息系统(SGIS)对这一地区进行了三维可视化模拟, 实现了在模拟三维地形上的工程地质分区信息管理。

关键词: 工程地质分区; EGMS; SGIS; 地质灾害

中图分类号: TP79 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2003)03-0066-04

Primary Discussion on Engineering Geology Partition and
3D-visualizing Information Management of Chuan-Zang Road
——Basu-Linzhi Sction

LEI Yu¹, LIU Da-an², MO Duo-wen²

(1. Department of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100871, China)

Abstract: It is described the geology situation and geology disaster of Basu-Linzhi section of Chuan-Zang road. A engineering geology partition on this area was made by using the EGMS method. And a 3D model of this area was made by using the SGIS technology, which inosculates with the EGMS. The management of engineering geology partition on this area was also realized.

Key words: engineering geology partition; EGMS; SGIS; geology disaster

1 前 言

川藏公路作为连接内地与西藏之间的交通大动脉, 大部分路段位于崇山峻岭之中。这些路段地质条件极其复杂, 各类地质灾害如崩塌、滑坡、泥石流频繁发生。其中八宿-林芝路段沿线地处雅鲁藏布江大拐弯处。这一地区强烈的地壳运动造就了公路沿线特定的地形地貌、地质构造、水文气候等自然环境, 具备了多种山地灾害孕育和成灾条件^[1], 历来是这类地质灾害高发区。这一地区特殊的地形地貌在地质灾害类型上具有代表性。利用工程地质力学综合集成理论(EGMS)^[4]对这一地区进行工程地质分区研究能为公路工程部门的公路治理及地质灾害预防提供重要参考, 并为以后将来可能建设的川藏铁路的有关决策提供具有指导性的地质分区资料。采用与工程地质力学综合集成理论(EGMS)相适应的综合地质信息系统(Synthetic Geological Information System, SGIS)^[2-4]技术, 通过采用综合地质信息系统

(SGIS)和三维建模技术, 可以把工程地质目标区域的现场勘测数据、后期研究成果在计算机上直观地用图形显示出来, 更有助于推断、预测和把握这些数据在区域内的整体分布规律, 并通过反馈回来的信息发现以前工作的不足, 指导以后的研究。将这一技术应用于川藏公路林芝八宿路段地质分区工作中, 建立起这一地区的三维地质模型, 能为分区研究提供一个新的、强有力工具。所以, 本文的工作尝试利用SGIS技术, 并通过计算机模拟进行这一地区的各种工程地质信息的综合, 实现川藏公路八宿至林芝路段工程地质分区三维可视化信息管理。建立综合地质信息系统, 也将为进一步开展工程地质分区与防灾减灾研究打好基础。

2 地质及地质灾害情况简介

2.1 工程地质情况

林芝-八宿段地处青藏川滇“歹”字形构造与喜马拉雅-帕米尔“歹”字形构造复合部位。八宿至波密处于青藏川滇

¹ 收稿日期: 2003-04-25
基金项目: 中科院知识创新工程重点项目(合同)编号: KZCX2-306(部分); 教育部高等学校博士学科点专项科研基金(批准号: 99000149)资助项目。
作者简介: 雷宇(1974-), 硕士生, 从事资源管理信息系统方向研究。

“歹”字形构造的西段, 其发育的压性或压扭性断裂, 由北西向转为北西西向展布。分布主要断裂有觉洛- 各松断裂及松宗- 嘎达断裂等。

该路段地貌明显受地质构造、新构造活动与地层岩性组合所控制。从总体来看, 大致以安久拉山口为界, 分为两个地貌区, 安久拉山以东为深切割高山峡谷区, 安久拉山以西为深切割高山峡谷、宽谷相间区。地形地貌条件复杂, 对崩塌、滑坡的形成创造了有利条件。气候条件复杂, 高原气候变化无常, 昼夜温差很大, 雨量较大, 对暴雨型泥石流的形成很有利; 高原、高山区海拔 4 500~5 000 m 以上是冰雪覆盖和现代冰川发育地区, 冰雪和冰川融化水资源很丰富, 因此在沿线发育冰川泥石流、冰湖溃决型泥石流。沿线地层岩性复杂, 跨越昌都、察隅和墨竹工卡地三个地层区, 地层岩性变化很大, 岩石破碎, 软弱结构面发育, 并有岩浆岩、喷出岩出露, 岩石工程地质特性复杂, 软硬相间, 是形成地质灾害的重要内在因素。¹

2.2 地质灾害情况

区域内地质灾害具有类型多(例如滑坡、泥石流、崩塌、滚石等类型)、数量大等特点。原因则是多种多样。如构造活

动、降水、地形、河流、人为削坡等, 很多灾害甚至是多种因素共同作用的结果。就灾害的空间分布来看: 滑坡主要分布在鲁朗- 波密段, 尤其是集中在东久(107 道班)- 98 道班之间(如东久滑坡群、易贡高速巨型滑坡、拉月大塌方、102 滑坡群等), 而数量众多的泥石流较多出现在松宗(位于 90 道班附近) 以东地区。许兵、王思敬等^[5, 6]还对规模较大的地质灾害的分布情况进行了研究, 并给出了山地灾害区段划分。

3 工程地质分区

在川藏公路八宿至林芝路段工程地质分区中, 一方面考虑到工程地质分区是以后这一地区工程地质研究和公路的工程整治、岩土工程设计和施工的必不可少的基础环节; 另一方面分区的结果将为这一地段的地质灾害预防和工程治理提供服务。所以要求分区应简便实用, 不追求繁杂和细致, 这样才可以为公路整治工程的分区设计及铁路建设的预可行性研究的分区研究和设计服务; 同时, 考虑到川藏公路沿线, 崩塌、滑坡、泥石流为主的地质灾害相当发育, 而这一地区尤为典型, 因此, 在对这一地区工程地质条件进行研究的基础上进行的工程地质分区研究应能为地质灾害预防及整治提供依据。

表 1 工程地质分区结果

区号										
评价		较差			较差- 中			较差- 差		较差- 中
亚区号	八宿 ¹ - 73 道班西	73 ² 道班西- 仲沙	仲沙 ¹ - 80 道班	80 ² - 然乌桥	然乌桥 ³ - 81 道班	(81 ¹ - 83)	(83 ² - 87)	(87 ¹ - 89)	(89 ² - 92)	
评价	较差	较差	中	较差	中	较差	差	中	较差	

区号										
评价		中~ 较好			差			较差		中
亚区号	(92 ¹ - 96)	(96 ² - 98)	(98 ¹ - 101)	101 ² - 通麦	通麦 ³ - 拉月桥	拉月桥 ¹ - 东久	东久 ² - 索母浦	索母浦 ¹ - 111 道班	111 ² - 林芝弄巴	林芝弄巴 ³ - 林芝
评价	较好	中	较差	差	差	较差	较差	中	较差	好

工程地质条件是各种地质因素的综合, 主要包括工程所在地的地层和构造、工程岩土类型和岩土结构及其力学性质、水文地质条件、地形地貌、在内、外营力作用下的风化等内容。虽然这些工程地质条件虽然有着不同的层次性, 但在这一地区其相互作用的特征还是相当明显的。正是这些条件的共同作用决定了这一地区的工程地质格局。为了得到合理和有效的分区结果, 工作重点就放在了对地质构造与地应力、工程地质岩组、地形地貌条件、水文地质条件、物理(自然) 地质现象等方面进行工程地质条件分析和评价这一方面。所得到的结论是: 就总体而言, 该地区的工程地质条件很差。

目标地区的工程地质分区结果: 应用 EGMS 方法将从

八宿到林芝路段具体分为 8 个区, 并进而细分为 19 个亚区。如表 1:

4 SGIS 技术及在八宿林芝路段综合地质信息系统中的开发应用

4.1 SGIS 技术简介

综合地质信息系统(SGIS) 是为适合地质灾害分析评价和预测的需要, 适应岩土工程设计与施工过程中工程地质与岩石力学分析的要求应运而生的。它是一种与工程地质力学综合集成理论与方法(EGMS) 相适应的信息系统。所谓工程地质力学综合集成理论与方法(EGMS), 是指以工程地质力学和系统科学为指导, 旨在从工程全局上及具体工点上随时掌握各种(地质) 信息的变化, 将与岩土工程设计、施工和运

¹ ¹ 曾钱帮. 工程地质三维建模与可视化技术应用开发, 中国科学院硕士学位论文(2002)。

行等有关的工程地质、水文地质、工程条件等理论分析的结果、专家群体经验知识、工程地质力学方法和工程地质力学技术等进行综合集成,合理地做出地质灾害的分析和预测,并及时做出设计与施工的决策,为岩土工程的动态设计和信息化施工服务的方法论。SGIS 能提供工程区域范围内的工程地址信息和工程布局信息,并提供与之相关的信息采集、存储、查询、分析评价、预测等功能。它的内容和外延都非常广泛,它的一部分较成熟理论目前已经慢慢的为人理解和接受,更多的部分还需要在理论上进一步研究和探索,以期获得突破,系统的实现还需要分步骤、分阶段进行。

图 1 给出了 SGIS 的总体结构^[2],SGIS 包括区域工程地质信息系统、工程地质信息系统、地质工程信息系统等三个子系统^[2]。作为研究适用于工程地质领域的 SGIS 系统,在结构上当然要尽量涵盖工程地质领域的各个应用方向,而作为实际的某一个系统没有必要这样求大求全,而是根据实际的采用这个框图中的一个或几个子系统构成一个实际的满足需求的 SGIS 系统。在一些领域有了实质性的信息系统应用。如五强溪水电站左岸边坡监测信息系统,铁路地质综合勘探方法决策系统等^{[7]④}。

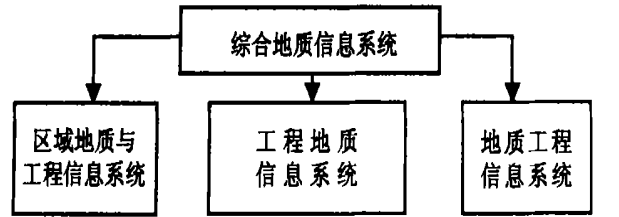


图 1 SGIS 的主要研究内容

SGIS 技术是实现 SGIS 系统服务于工程地质分区的基础。而三维建模、GIS 技术、虚拟现实技术是构成 SGIS 的技术基础,以此为基础,在实现工程地质研究的具体要求后,才能建立一个可实际应用的 SGIS 系统。要指出的是,SGIS 和 GIS 是不相同的,目前 GIS 技术面向的主要是基于二维的图形和属性数据管理。就 SGIS 技术来说,由于研究对象为三维地质体和地质过程,所以它要求实现三维图形数据和相关属性数据的管理和表达,这在目前主流的 GIS 技术中还是比较难以实现的。当然 GIS 强大的属性数据管理和查询等功能依然是 SGIS 不可缺少的重要基础之一,在 GIS 基础之上结合三维建模技术实现三维可视化信息管理和查询,才能满足 SGIS 的要求。可以说,SGIS 是面向地质学领域的新型三维 GIS 系统。

4.2 川藏公路八宿至林芝路段综合地质信息系统开发

为了满足工程地质分区的要求,在实现这一地区工程地质分区的实际系统的工作中,在大框架上采用了与 EGMS 工程地质分区法相适应的综合地质信息系统(SGIS)来进行搭建。

川藏公路八宿至林芝段工程地质分区可视化的实现流

程。

(1)系统设计

¹ 系统需求(预期目标)。建立川藏公路典型路段的地质灾害信息系统,利用 GIS 系统所具有的强大浏览查询功能,实现公路沿线地形地貌浏览,查看地质灾害的分布,地质灾害属性信息的查询,地质灾害的形成机理分析等功能。

④系统分析。根据以上需求,将系统划分成三个部分:数据库及其管理模块,主程序与图形显示模块和空间查询分析模块。

主程序与图形显示模块:从数据库中读出各种地质信息的坐标位置,通过编程实现地形和基于地形之上的各种地质层面和地质实体的三维图形显示。同时引入图层机制,把不同的地质层面和地质实体分别放在预定义的图层上。这部分使用 Vmap 控件在 VB 平台上实现。

空间查询分析模块:空间查询分析模块则是联系上述两个模块的接口,通过系统内部的对象查找工具与数据库 SQL 编程实现从三维图上直接获得相关地区的地形、地理及地质信息。这部分也使用 Vmap 控件在 VB 平台上实现。

数据库及其管理模块:数据库部分则将与工程地质分区相关的各类信息放到各个数据区加以管理,并通过程序与其他部分联系起来。这部分采用 Access 数据库搭建。

各模块之间的关系如图 3 所示:

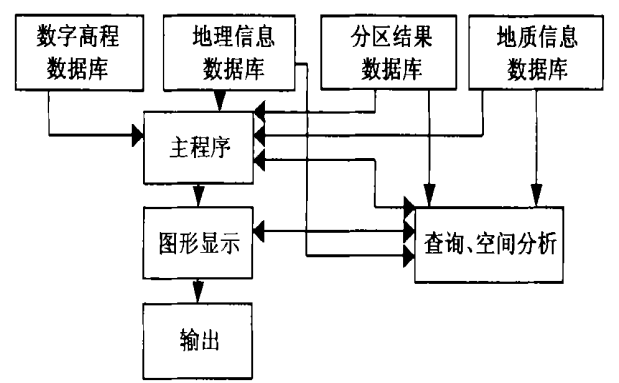


图 2 地形图矢量化过程

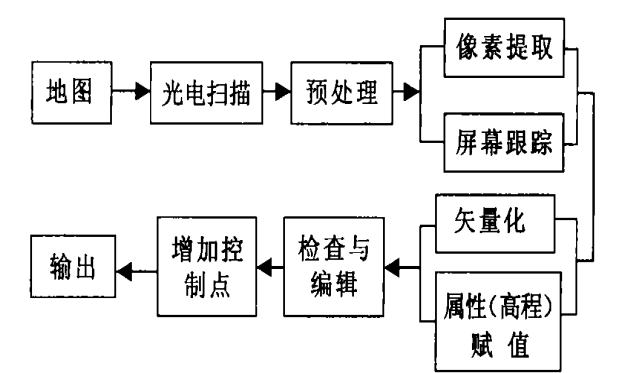


图 3 系统基本结构

¹ ④徐新斌.面向决策支持的综合地质信息系统功能开发和 GIS 应用,中国科学院硕士学位论文(2001)。
(四)Titan GIS ScanIn 使用手册,加拿大阿波罗科技集团北京办事处(1999)。(2) 基本图形数据采集在这样一个条件极为复杂的地

区数据采集和整合, 并将它们数字化是一个极其艰难的过程。由于条件所限, 主要是从地形图以及其他专题地图获取研究区 DEM (Digital Elevation Model, 数字高程模型) 数据和坐标数据, 以其作为进一步工作的底图。研究区 DEM 数据的获取就是采用地图扫描矢量化方法, 其原理和主要过程^[9]如图 2 所示:

- (3) 编码实现。本系统采用微软公司的 VB 语言和灵图公司的组件式 Vmap 三维建模 GIS 平台进行开发。
- (4) 系统测试和试运行。

5 系统开发成果

系统编码完成以后, 获得的程序具有以下几个主要功能

- 模块:
- (1) 文件管理: 实现文件的打开和关闭, 退出系统等功能。
 - (2) 场景管理: 实现场景的打开和切换, 以及系统几何变换的功能, 主要有场景的平移、旋转、缩放等操作。
 - (3) 显示: 连接各类数据库, 打开数据文件并显示在三维地形之上, 实现基于底图之上的其他数据图叠加。
 - (4) 查询: 连接属性数据库, 对在三维地形上显示的各类图形要素提供实时查询的功能, 从而获得与图形相关的属性信息。

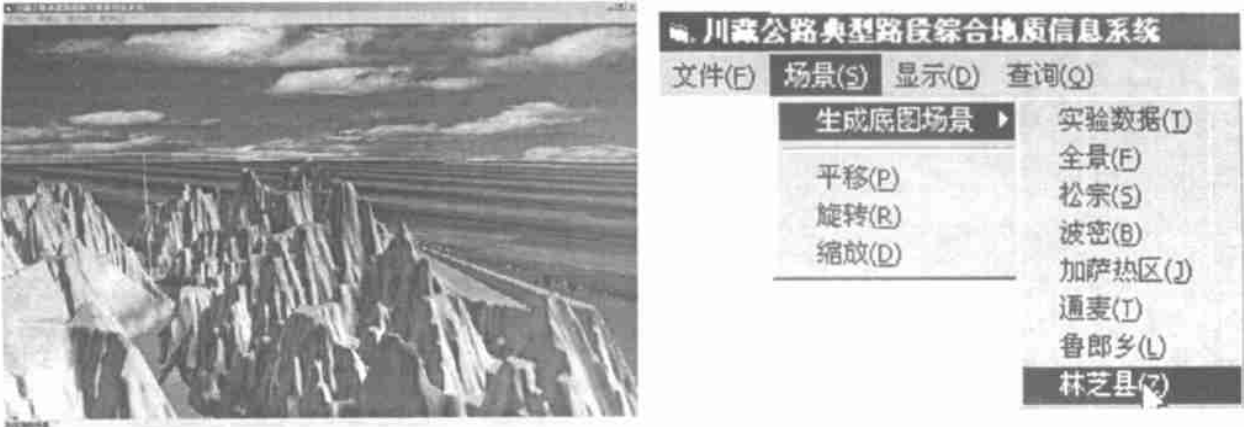


图 4.5 系统主界面和系统菜单



图 6 分区信息查询界面

从图 4 系统主界面上可以观察由 DEM 数据实时生成的三维地形, 并可通过鼠标、键盘和菜单操作实现三维地形的飞行浏览, 旋转, 缩放, 以及观测角度的选择; 并可以通过菜单, 选择不同的场景进行切换。图 5 是系统主菜单的演示, 即图 4 左上角部分。

在进入查询状态后, 用鼠标点击三维地图图上地形可以查询到相关的分区信息。

6 结 论

(1) 川藏公路八宿林芝段工程地质分区研究为这一地区的公路建设及地质灾害预防提供了极为重要的参考资料; 而川藏公路八宿林芝段综合地质信息系统的建立为该公路段的维护和治理和进一步的研究提供了一个直观简明的方法和平台。

$$L_{i0} = \frac{1}{n} \{X[i, (s \times p)] - \bar{X}_i\} \{Y(s \times p) - \bar{Y}\}$$

7 式中常数项

$$a_0 = \bar{Y} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i \bar{X}_i, i = 1, 2, 3$$

回归平方和 (S) 与剩余平方和 (E) 分别为

$$S = \sum_{i=1}^n L_{i0} a_i$$

$$E = L_{00} - S$$

式中:

$$L_{00} = \frac{1}{n} [Y(s \times p) - \bar{Y}]^2$$

全相关系数 (R) 为

$$R = (S/L_{00})^{\frac{1}{2}}$$

3.4 按像元进行计算

以上论述了模型以及计算方法,数据的获取主要通过遥感影像以及野外实测。雪盖面积 (S) 可以通过卫星影像求得;雪盖地区的坡度 (k) 可以通过高精度的 DEM 求得;每日温度 (度一日数) (T_d) 可以由基站测定;度日因子 (λ),表示

每日温度升高 1℃ 所融化的积雪深度,会因地表状况不同而呈现差异,要通过野外实测;高山风速 (v) 可以由气象资料以及野外实测取得;地区雪的比热 (c) 可以查资料或者室内实验取得数据;径流系数 (η),表示流出水量与可得水量之间差异,也是野外测定。

获取以上数据后,就可以进行模型求解。

4 结论与展望

(1) 遥感信息建模理论可以为定量化研究各种地理现象提供一条可行途径,其应用价值值得重视。

(2) 结合 SRM 的部分因子,根据遥感信息建模理论提出融雪径流模型,理论上成立;而且融雪径流遥感信息模型的各项因子数据来源符合实际操作,所以具有应用前景。

(3) 本文的模型较之 SRM 更具有普遍性;同时,实践是检验真理的标准,笔者下一步的工作是应用相关数据进行模型验证。由于国内相关数据较少,笔者计划与 SRM 的创立者取得联系,以期获取有用数据用于本模型验证。

参考文献:

[1] 马蔼乃. 遥感信息模型[M]. 北京: 北京大学出版社, 1997.

[2] 马蔼乃. 地理科学与地理信息科学论[M]. 武汉: 武汉出版社, 2000. 250- 251.

[3] 王建. 卫星遥感雪盖制图方法对比与分析[J]. 遥感技术与应用, 1999, 14(3): 29- 36.

[4] 王建, 李文君. 中国西部大尺度流域建立分带式融雪径流模拟模型[J]. 冰川冻土, 1999, 21, (3): 264- 268.

[5] 王建, 马明国, Paolo Federicis. 基于遥感与地理信息系统的 SRM 融雪径流模型在 Alps 山区流域的应用[J]. 冰川冻土, 2001, 23(4): 436- 441.

[6] 何延波, 杨琨. 遥感和地理信息系统在水文模型中的应用[J]. 地质地球化学, 1999, 27(2): 99- 103.

[7] Ulrike Tappeiner, Gottfried Tappeiner, Janette Aschenwald, et al. GIS-based modelling of spatial pattern of snow cover duration in an alpine area[J]. Ecological Modelling, 2001, 138: 265- 275.

[8] USDA-ARS, Hydrology Laboratory. Snowmelt Runoff Model (SRM) User's Manual[S]. 1998.

(上接第 69 页)

(2) 经过对三维地质建模数据结构的分析, 针对三维地质建模基础数据结构的特点, 较为合理地实现了川藏公路典型路段三维建模基础数据可视化及其管理, 并建立了简单的数据库来管理工程数据。

(3) 组件式三维虚拟现实地理信息系统是组建三维地质信息系统先进可行的方法之一。采用此项新技术, 降低了工作难度的同时也提高了我们工作的效率, 较好地实现了川

藏公路展线、断层分布工程地质分区数据的分段显示、查询, 以及川藏公路沿途地形的浏览。

(4) 另外, 从实践上来说, 由于条件所限川藏公路典型路段综合地质信息系统本身有很多需要进一步加强和完善的地方, 如: 进一步加强 SGIS 理论的探讨和研究, 建立一个较为完备的理论体系; 进一步丰富实际资料与模型数据; 从更大地形图区域中采集 DEM 数据等。

参考文献:

[1] 尚彦军, 杨志法, 廖秋林, 等. 雅鲁藏布江大拐弯北段地质灾害分布规律及防治对策[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000 (4): 30- 39.

[2] 杨志法, 刘大安, 刘英, 等. 关于综合地质信息系统的设计及应用研究[J]. 岩石力学与工程学报, 1999(增刊): 1226- 1229.

[3] 刘大安, 杨志法, 尚彦军, 等. 工程地质力学综合集成理论及其在五强溪水电站船闸上的应用[J]. 水文地质工程地质, 1997(2): 10- 22.

[4] 刘大安, 杨志法, 柯天河, 等. 综合地质信息系统及其应用研究[J]. 岩土工程学报, 2000(2): 192- 185.

[5] 许兵, 李毓瑞, 张汝源. 金川露天矿边坡稳定性的岩体工程地质力学研究[A]. 见: 中国科学院地质研究所. 岩体工程地质力学问题(六)[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 1- 106.

[6] 黄鼎成. 攀西地区环境工程地质[M]. 北京: 海洋出版社, 1990. 11- 13, 85- 94.

[7] 涂新斌, 何振宁, 刘大安, 等. 铁路地质综合勘探方法决策支持系统设计研究[J]. 岩土工程学报, 2001(2): 231- 234.