维普资讯 http://www.cqvip.com

山体滑坡和泥石流灾害动态监测技术研究

仝兴华*　　薛世峰
（中国石油大学（华东）储运建工学院）
单新建
（中国地震局地质研究所遥感与空间信息研究中心）

仝兴华　薛世峰等：**山体滑坡和泥石流灾害动态监测技术研究**，油气储运，2006，25(10) 7～10。

摘　要　山体滑坡和泥石流等地质灾害对油气管道安全运行构成了潜在的重大危害。阐述了遥感（RS）、GPS、GIS 等新技术在评价和定量预测滑坡、泥石流等地质灾害的研究状况，建立了两个非线性滑坡预测模型。针对我国西部地区几条主要油气输送管道，提出了一套动态监测与定量预报系统的技术方案。

主题词　油气管道　地质灾害　定量预测模型　实时预报系统　技术　研究

由于特殊的地质构造格局，我国受到山体滑坡和泥石流等地质灾害威胁或可能受到威胁的地区约占西部陆地面积的 1/3[1]。据不完全统计，仅 2002 年 3～8 月期间，该类灾害已发生 120 多起，造成直接经济损失 20×10^8 元。滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害潜在的威胁是巨大的，它将给我国上万公里的在役油气输送管道及基础设备的高效安全运行带来重大的危害和影响，因此，开展上述地质灾害预测和应急预防措施的技术研究，对保证油气管道的安全运行具有重要意义。

尽管在前期管道线路勘测、设计和施工过程中初步考虑了地质构造因素[2]，但由于我国西部地区地质条件、动力学环境的极端复杂性[3]，这种前期的静态评估和预防措施远远不能满足管道安全运行的要求。因此，发展和建立动态监测、预报和应急减灾的配套技术已变得尤为重要。遥感（RS）、GPS、GIS 等技术的发展，为短时间内完成工程的滑坡灾害源识别与评价提供了数据和技术保证。

一、遥感（RS）、GPS、GIS 技术发展概况

在早期的应用中，由于受卫星传感器分辨率的影响，大多使用航空照片对滑坡、泥石流进行调查。例如，在云南省腾冲地区，曾利用航空遥感技术成功地圈定了 122 个滑坡；在河北省潘家口水库，利用彩色航空摄影，研究河谷及水库边坡；香港土木署利用 1945～1994 年的航片资料，对香港的自然边坡进行了解译，共识别出 26 500 多个滑坡。近几年来开始用多类型传感器、多时相图像资料相结合的方法研究滑坡、泥石流。Loizzo 等人使用 TM 影像和多个时相的 ERS-1 数据，分别进行屏幕解译，利用不同传感器资料之间的互补性，识别了主要由粘土、砂岩和砾岩组成的冲积物和海相沉积物的线性构造分布，并统计和分析了线性构造方向与滑坡的关系[4]；Kusaka 等人用多景 ERS-1 SAR 图像定量分析了研究区（日本 Noto 半岛）中有滑坡地区和无滑坡地区灰度均值的差异[5]；Saroso 等研究人员在区域灾害制图中（West Java）利用 TM、SIR-A 和航片资料，通过相互比较，分析了滑坡地区的环境特征以及环境特征对滑坡稳定性的影响；Vern. Singhroy 使用了 RADARSAT 卫星的标准模式 S1（入射角为 20°～27°）和超高模式 EH6（入射角为 57°～59°，适合于高坡度滑坡特征的识别）识别了和岩石滑塌、断层有关的滑坡分布[6]。

Landers 地震后，一系列 D-INSAR 研究结果在《Nature》、《Science》等刊物上发表，立即引起了美国、加拿大、德国、日本等发达国家的高度重视。随

* 257062，山东省东营市北二路 271 号；电话：(0546)8392236。

维普资讯 http://www.cqvip.com

后 D-INSAR 技术在地震、火山、地下岩浆运移、冰川、地面沉降、滑坡等地表形变场的测量中得到了广泛应用。2000 年 Kimura 等人用 INSAR 监测了日本北部地区滑坡形变变化过程。

目前，遥感(RS)技术与 GIS、GPS 等技术已经得到了长足的发展[7,8]。遥感技术是以陆地卫星成像、热红外成像以及雷达成像为基础，以快速、高效、廉价地提供高精度、大范围、动态的地表信息为特点的一门新兴技术，近几年来开始用多类型传感器、多时相图像资料相结合的方法研究区域滑坡与泥石流灾害。

二、管道穿越地区地质灾害动态监测与定量预报系统研究方案

我国幅员辽阔，自然条件复杂，形变观测技术条件非常有限。而油气管道线路长，沿途地质构造非常复杂，许多地段受到滑坡灾害的严重威胁。如何进行准确的滑坡危险性预测与评估，及时发布滑坡灾害危险性预告，采取有效的应急减灾措施已成为非常紧迫的问题。

本研究利用遥感(RS)、GPS 与 GIS 相结合的技术优势，充分考虑滑坡孕育发生的各种因素，提出了管道穿越地区地质灾害动态监测与定量预报系统研究方案(见图 1)，该方案是以遥感图像、雷达遥感图像、GPS、地理信息系统为技术平台，充分利用 GIS 与 RS、GPS 相结合的技术优势，以多尺度遥感数据、基础地理信息数据和航片为基础资料，结合地质、地貌、坡角、植被等环境资料，通过采用遥感图像融合、多源信息结合、图像识别等方法、建立区域地质灾害危险性评价系统，圈定油气管道沿线的重点滑坡危险区域，为工程的实施提供重要依据；在圈定滑坡危险区的基础上，在重点监测区和一般监测区设立 GPS 和 INSAR 观测系统，获取危险地段滑坡坡体的形变动态变化；综合考虑地形、地理环境、岩性等多因子要素，在单因子分析、因子定量提取、多因子数据分析的基础上，建立滑坡预测系统，及时发布灾害危险性预告；制定灾害的应急预案，有效采取减灾措施，将滑坡可能对输气管道带来的损失降低到最小，为油气管道的安全运行提供重要依据。

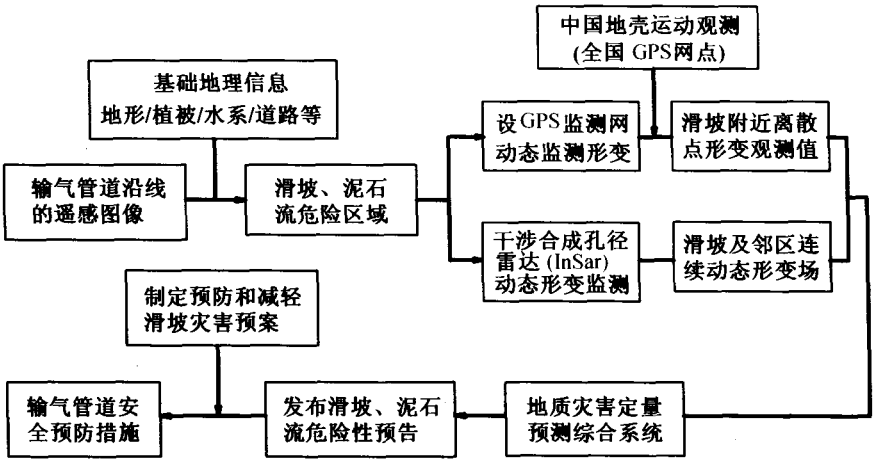


图 1 系统技术路线与方案

三、多元空间信息非线性分析理论与模型

传统(线性)多元统计方法在解决复杂非线性系统的判断问题时会遇到以下几个问题。

(1)难以归纳出解析式。

(2)对定性资料进行定量和半定量化处理困难。

(3)没有充分地考虑样本的空间位置信息。

在前人的基础上，本研究将多元空间信息分析方法与非线性统计预测方法相结合，提出了新的相似比较综合系数，通过单因子和多因子分析等非线性分析，建立了两个非线性预测模型，即 AIGIS 预测模型和加权相似综合系数预测模型，这些研究为区域滑坡危险性预测奠定了理论基础。

设有 n 个样品，每个样品采集了 p 个因子。样本集表示如下：

维普资讯 http://www.cqvip.com

$$\begin{aligned} y_1 &= (x_{1,1}, x_{1,2} \cdots, x_{1,p}) \\ y_2 &= (x_{2,1}, x_{2,2} \cdots, x_{2,p}) \\ &\vdots \\ y_n &= (x_{n,1}, x_{n,2} \cdots, x_{n,p}) \end{aligned} \tag{1}$$

距离系数常用的表示法有明考夫斯基(Minkowski)距离、兰氏距离、马氏距离等,其中明氏距离定义为:

$$d_{ij}(q) = \left(\sum_{m=1}^{p} |x_{im} - x_{jm}|^q\right)^{1/q} \tag{2}$$

当 $q=2$ 时,有:

$$d_{ij}(q) = \sqrt{\sum_{m=1}^{p} |x_{im} - x_{jm}|^2} \tag{3}$$

相关系数是用来描述样本之间相似程度的一个量,定义为:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{m=1}^{p} (x_{im} - \bar{x}_i)(x_{jm} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{m=1}^{p} (x_{im} - \bar{x}_i)^2 \cdot \sum_{m=1}^{p} (x_{jm} - \bar{x}_j)^2}} \quad (-1 < r_{ij} < 1) \tag{4}$$

式中　r_{ij}——样本 y_i 与 y_j 的相关系数。

定义综合系数:

$$\beta_{ij} = r_{ij}\left(1 - \frac{d_{ij}}{d_{ij} + k\sigma}\right) \tag{5}$$

$$\sigma = (\sigma_i + \sigma_j)/2$$

式中　β_{ij}——相似综合系数;

r_{ij}——相似系数;

d_{ij}——距离系数,为样本 i 和样本 j 的平均标准差。

式(4)所定义的综合系数具有下述优点。

(1)综合系数兼顾了相似系数和距离系数。

(2)当两样本的距离足够大,即满足 $d_{ij} \gg \sigma$ 时,则 $\beta_{ij} \approx 0$。

(3)σ 为平均标准差,反映的是两个样本中因子的平均浮动程度,k 的大小反映了距离系数 d_{ij} 对综合系数 β_{ij} 的影响能力。

四、香港大屿山岛中部山体滑坡、泥石流危险性评价、定量预报技术研究

本研究以雷达遥感(RS)、GPS、GIS 系统技术获取的丰富数据资料信息,并结合地质勘探资料,在GIS 平台上利用人工智能技术进行了多源空间信息分析,力图解决与空间、时间有关的山体滑坡、泥石流灾害预测问题。在香港大屿山岛中部试验地区(东经:113.931340° ~ 114.005099°,纬度:22.247540°~22.302658°)应用表明,本研究所提出的技术方法是正确的。

在对香港大屿山岛中部研究区未来滑坡、泥石流预测分析中,本研究将 GIS 数据库中的历史滑坡和现代滑坡数据合二为一,作为已知样本预测未来滑坡趋势。历史滑坡是 1945 年以前发生的滑坡,现代滑坡是 1945 年以后发生的滑坡。这样就可以用 661 个历史滑坡对研究区进行滑坡预测,然后用 577 个现代滑坡对预测结果进行精度评价,检验结果见表 1。

表 1　精度检验结果

检验方法	检验精度 %	预测面积与总面积的比例%
经多元空间信息分析的神经元网络(AIGIS)	84.6	38.5
加权相似综合系数	81.0	38.8
未经多元空间信息分析的神经元网络	75.6	46.8
距离系数	69.2	48.6
相关系数	56.4	53.7

表 1 中列出了不同方法的预测准确率,从表 1 中可以看出,利用多元空间信息分析的经元网络 AIGIS和加权相似综合系数法预测的准确率均高于其它方法,其中经元网络 AIGIS 预测精度高于加权相似综合系数法,检验结果说明上述两种预测方法是可行的,结果是可信的。

AIGIS 预测结果整体性较好,预测面积占研究区面积的 38.6%;加权相似综合系数法的预测结果显得较为细碎,预测面积占研究区面积的 38.9%。从已知滑坡的叠加分析看,经多元空间信息分析 AIGIS 的预测结果和已发生滑坡的分布格局十分吻合,代表了滑坡发生趋势;加权相似综合系数法的预测结果也显示出与已知滑坡分布的一致性。

两种预测结果都预测出了一部分以前无滑坡发生危险区,这些地区是应引起注意的危险区。例如,研究区北部沿海岸线一带为滑坡危险区,机场高速公路从坡下通过,这里一旦发生滑坡,损失将是非常大的。

维普资讯 http://www.cqvip.com

城市天然气管网规划现状*

李余斌**
(重庆市川东燃气设计研究院成都分院)
黄 坤 苏 欣 张 琳
(西南石油大学)
杨晓敏
(西南油气田分公司川东气矿地面建设部)
陈学峰
(西南油气田分公司输气管理处)
王元春
(中油设计北京分公司)

李余斌 黄 坤等:**城市天然气管网规划现状**,油气储运,2006,25(10) 10～16。

摘 要 叙述了城市天然气管网规划工作的目的、意义、原则和内容,回顾了管网规划的历史,介绍了图论法、动态规划法、神经网络法、MCST 法和约束导数法等在城市天然气管网规划中的应用。认为多目标化、模糊化和灰色优化是今后城市天然气管网规划主要的发展方向。提出了要大力研发规划软件和引进国外先进软件以提高管网规划效率的建议。

主题词 天然气管网 规划 现状 发展方向

天然气管网的规划设计工作是一项长期持续性的工作,由于其复杂性和广泛性,需要在实施过程中不断分析现有管网和供求关系,进一步优化管网结构。而对管网进行优化实际上就是一个网络最优化问题,该问题求解的是满足给定的最优化准则以及约束条件的网络拓扑结构。可以制定经济最优化准则——最大利润、最小总费用、最低成本等,也可以制定技术最优化准则——最大可靠性、最快动作等。这些最优化准则可以作为选择系统功能和系统发展目标的明确策略[1,2]。

一、城市天然气管网的规划现状

1、 管网规划的目的和意义

随着天然气资源的开发,天然气已成为大中城市的主要气源,一些利用煤制气气源的城市也正向

研究结果表明,地质灾害动态监测与定量预报系统所给出的 AIGIS 的预测模型和加权相似综合系数法的预测模型是可信的,该预测系统的应用将为输油气管道的选取、工程施工方案设计以及地质灾害防治提供科学依据。

参 考 文 献

1, 孙广忠 姚宝魁:中国滑坡灾害及其研究,科学出版社(北京),1988。
2, 秦 光:西气东输工程线路勘探,石油规划设计,2001,3(7)。
3, 丁国瑜主编:中国岩石圈动力学概论,地震出版社(北京),1991。
4, Loizzo R, Sylos Labinic G, Pappaleore M et al: Multitemporal Analysis of ERS-1 and Landsat TM Data for Geologic Studies, International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), v3 1994, IEEE, Piscataway, NJ, USA.
5, Kusaka Takashi et al: Extraction of Topographic Features in Landslide Area from ERS-1 SAR Data, International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), v3 1994, IEEE, Piscataway, NJ, USA.
6, Vern Singhroy: Geological Application of Radarsat, Pro. 30th Int'l. Geol. Congr., 1998. Vol. 10.
7, 徐冠华 田国良等:遥感信息科学的进展和展望,地理学报,1996(5)。
8, 单新建:遥感技术和地理信息系统在地质环境评价中的集成应用,中国地震局地质研究所博士学位论文,1999。

(收稿日期:2005-10-22)
编辑:刘春阳

* 四川省重点学科建设资助项目(SZD0416)。
** 610081,四川省成都市金牛区三友路 168 号;电话:(028)83328496。