

文章编号: 1005-0523(2000) 03-0001-05

# 京九铁路赣南段滑坡及路基病害的评估和预测

郑 明 新

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

**摘要:** 简要介绍“京九铁路赣南段滑坡及路基病害的评估和预测”的研究思路, 研究内容和主要成果, 滑坡及路基病害评估预测的原理和方法<sup>19</sup>。

**关 键 词:** 滑坡及路基病害; 评估和预测; 成果介绍

**中图分类号:** TV 223 .34

**文献标识码:** A

## 0 引 言

京九铁路赣南段穿越赣粤边界的九连山脉, 地处中低山丘陵地带, 相对高差 100~200 m, 个别地段超过 200m, 坡角多为  $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ; 有的达  $30^{\circ}$ ; 河谷狭窄, 岩层破碎, 风化严重, 加之修筑路堤时部分地段对软弱淤泥层处理不彻底, 部分地段路基土体呈中等膨胀风化岩, 使得通车 4 年来出现多处滑坡、崩塌或路堤侧胀挤出等病害, 直接危及行车安全<sup>19</sup>。如 1997 年 8 月 12 日发生的 K 1806 路堤滑坡, 中断行车达 12 小时, 仅整治费用就达 150 万元, 据统计<sup>19</sup>仅 1997 年 1 月~1998 年 4 月, 该段就发生大小滑坡或其他路基病害达 70 多处<sup>19</sup>。

面对如此严峻的局面, 课题组对京九铁路高兴镇至定南 242 km 沿线 77 处滑坡与路基病害进行了全国调查: 1) 统计分析了病害产生的环境地质条件, 自然和人为作用因素及其成因, 采用数值模拟和物理模拟方法从应力分布和变形方面阐明路堤滑坡和路基侧胀变形的机理; 2) 采用模糊数学综合评判方法, 对研究区的宏观稳定性进行分段评判并制成了图表; 3) 采用时间序列预党中央方法, 依据降水这一控制因素, 开展病害发生的时间中长期预测<sup>[1]</sup>; 4) 提出了该研究段堤坡溜坍和坡警戒雨量值; 5) 初步提出该路段的防灾模型<sup>19</sup>。研究思路见图 1<sup>19</sup>。

## 1 研究段病害发生的影响因素和主控因子分析

### 1.1 滑坡及路基病害信息分析

通过分析病害的数量和分布状况、滑坡及路基病害产生的动力环境地质条件、自然和人为作用因素及其成因, 结合病害特征划分出 4 种主要病害类型: 路堤滑坡、路基侧胀病害、堤坡溜

收稿日期: 2000-03-30; 修订日期: 2000-04-26

**基金项目:** 教育部“高等学校骨干教师资助计划”项目和南昌铁路局科委基金项目(1998-11), 课题组成员: 熊民安, 李华卿, 艾瑶, 韩少鹏, 徐传保, 龚林水, 王正初, 王晓斌

**作者简介:** 郑明新(1966-), 男, 陕西大荔人, 华东交通大学副教授。

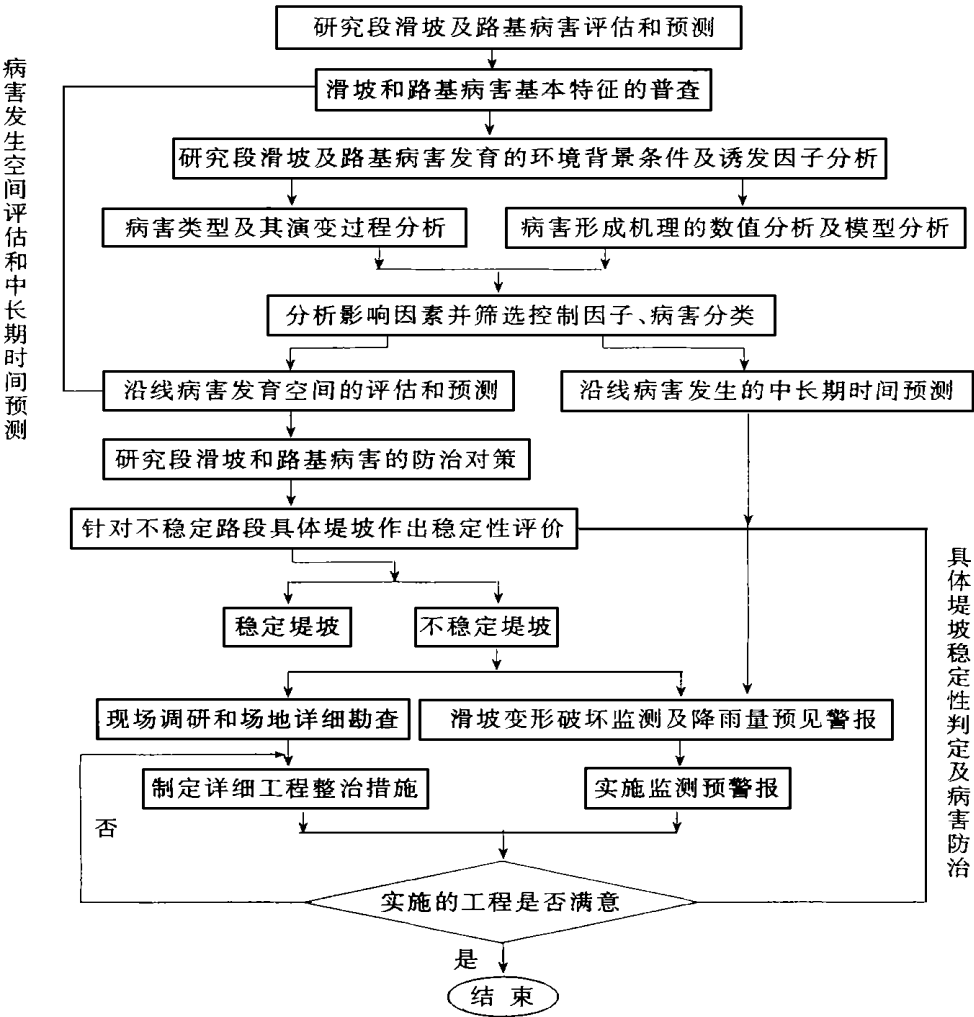


图1 “赣南段滑坡及路基病害的评估和预测”研究思路框图

坍、路堑滑坡<sup>19</sup>。

1.2 滑坡及路基病害数值模拟和物理模拟

针对典型病害 K 1806 路堤滑坡、K 1951 路基侧胀病害，在现场调研基础上，通过钻探采样做土工试验，采用有限元数值模拟与物理模拟相结合，从应力分布和变形方面阐明路堤滑坡和路基侧胀的变形机理，深入论证了病害发生的机理和规律，证明降水是该段病害产生的重要诱发因素的控制因子<sup>19</sup>。

2 完成了研究段病害发生空间和时间的评估和预测

病害评估预测包括：1) 对沿线滑坡和路基病害各个区间发育程度进行评估和预测；2) 对病害发育的时间进行中长预测；3) 对病害的发生提出预警阈值<sup>19</sup>。病害的发生与发展与许多因素有关，总体上分为固有因子和动态因子<sup>19</sup>。固有因子指先期存在于滑坡及路基病害体上的相对

稳定的<sup>19</sup>。不会发生急剧变化的固有地质特征<sup>19</sup>。具体有地形地貌、地层岩性<sup>19</sup>。地质构造、坡体结构、水文地质条件,以及早期的人工改造作用等<sup>19</sup>。而动态因子指后期施加其上的相对不稳定,可能会发生急剧变化的非病害本身所固有的自然的或人为因素,具体如地震、暴雨、河流冲刷、开挖与堆载等<sup>19</sup>。因此,开展病害的空间预测主要以固有因子为主<sup>19</sup>。而中长期单位预测和预警则应采用动态因子进行预报<sup>19</sup>。

2.1 研究段病害发生空间的评估和预测

空间评估和预测实质就是确定哪些地段为易发生病害地段,哪些地段不易发生病害,达到从整体上把握研究段路基及坡体稳定程度的总体规律,以便对区内不良路堤和堑坡作出危险性预测并加强防范<sup>19</sup>。预测原理是依据已知的病害分布规律及其环境背景信息,建立预测模型,然后对其他未知区段进行预测<sup>19</sup>。由于人们对各区段病害认识程度因其经验不同而有一定差异,存在众异,存在从多确定因素<sup>19</sup>。为此采用<sup>60</sup>年代提出的模糊数学理论进行预测<sup>19</sup>。

1) 判断某一区段的稳定程序,选用若干评判因素(或称变量) $U_1, U_2, \dots, U_n$ ,构成评判因素论域 $U: U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$

而评判结果 $V_1, V_2, \dots, V_n$ 构成结论域 $V: V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$

对某一具体区段而言,求出各因素对每一种评价结果的隶属度,则可得出模糊矩阵

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \cdots & r_{2m} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \cdots & r_{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \cdots & r_{nm} \end{pmatrix}$$

还要考虑各个要素和因素对病害形成的作用<sup>19</sup>。结合研究段病害的形成条件特征及现场经验,给出各因素(变量)一个权重,组成论域 $U$ 上的另一个模糊向量——权向量 $A: A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$

从而可据 $R, A$ 对未知区段进行预测,评判结果为: $B = A \cdot R, B$ 是由 $m$ 个数据构成的集合,按最大隶属度原则,使可判定区段的稳定程度<sup>19</sup>。

2) 病害发育的空间预测

依据调查资料,从固有因子和动态因子中筛选出8项指标,按不稳定,较稳定,稳定3个等级,将研究区按沿线长10 km、宽度1 km划分为1个单元,计24个单元<sup>19</sup>。通过计算对该各区间的宏观稳定性进行评判并制成了图表<sup>19</sup>。评估预测结果与线路实际情况相符,结果令人满意<sup>19</sup>。也说明模糊数学综合评判用于区段滑坡和路基病害的预测是可行的<sup>19</sup>。

2.2 研究段病害发生的中长期时间预测

前述病害发生与当地降雨量及其持续时间密切相关,几乎每处病害的发生均为强降水所诱发,因此降水是该段病害发生最有控制作用、最为活跃的因子<sup>19</sup>。故对该段病害的中长期预报在很大程度上是对降水规律的正确预测<sup>19</sup>。

1) 沿线病害中长期预测的原理和方法

对于连续演变的随机过程,可以采用随机函数 $Y(t)$ 表示其变化特征<sup>19</sup>。对降雨量长期观测可以得到各个离散时刻的观测数据,即不同时刻得到的一组有序数据:

$$Y(t_1), Y(t_2), \dots, Y(t_n)$$

记作： $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  此称为时间序列<sup>[13]</sup>时间序列分析的预测方法，就是通过对降雨等气象要素的时间序列分析，了解降雨的总体性质和演变规律，得到  $t > t_n$  时刻的降水预测值<sup>19</sup>时间序列分析常用的数学方法有方差分析方法、功率谱方法和谐波分析方法<sup>19</sup>本研究采用谐波分析方法<sup>19</sup>。

2) 预测成果

对沿线各地 1961 年以来的降雨规律进行分析，其降雨长周期为 14~16 年，小周期为 2~3 年(经检验均为显著)<sup>19</sup>例如对兴国地区降水中长期预测见图 2<sup>19</sup>。

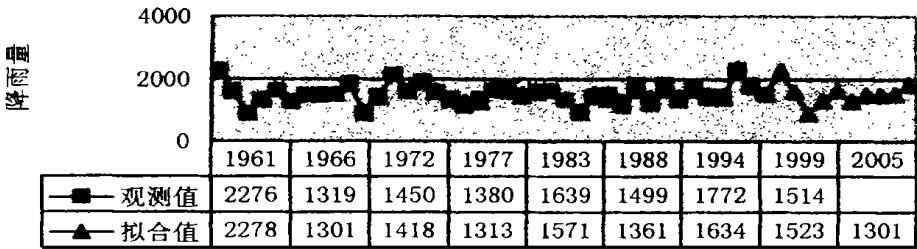


图 2 兴国地段降雨时间序列分析图

得到该地段 2000 年、2001 年、2004 年、2007 年及 2009 年降雨量大于年降雨均值，就目前路基的抗洪能力而言，应加强滑坡及路基病害的防范<sup>19</sup>。

2.3 路堤滑坡及堤坡溜坍预报——警戒雨量

现场调研表明：滑塌规模越大，其所需激发降雨越大、入渗时间也越长<sup>19</sup>结合美国、日本及以往对广西、广东等地区连续降雨量、降雨天数与塌方工点数的趋势分布线，考虑堤坡构成为砂粘土和粘砂土，提出将警戒线控制在统计塌方点数不大于 5%，将危急警戒线控制在统计塌方点数的 70% 为宜<sup>19</sup>得到连续降雨量 > 50 mm 进入警戒状态，> 100 mm 时进入危急状态<sup>19</sup>。

3 提出了研究段滑坡和路基病害的防灾模型建议

滑坡和路基病害是由一种或多种破坏营力(破坏因素)，通过渐变的或突发性的作用方式，在一定范围内影响或破坏铁路运输，造成严重的灾害，面临其威胁，目前尚无法杜绝所有滑坡和路基病害的发生<sup>19</sup>只有通过科学的理论研究和生产实践，正确认识病害的基本特征和发生发展规律，明确病害的防治原则<sup>19</sup>报告[2]总结了病害的防治防灾模式，提出滑坡和路基病害的防灾减灾模型，阐明了通过有效可靠的管理、组织、实施病害防治和多发地段的防洪抢险，可最大限度地防止和减轻灾害损失<sup>19</sup>。

4 主要成果和结论

- 1) 课题组针对赣南段滑坍及其他路基病害，在现场地质调研的基础上，初步查明了病害发生的成因和分布规律<sup>19</sup>。
- 2) 针对典型病害开展数值模拟和模型试验，深入论证了病害发生的机理和规律，证明降雨是该段病害的重诱发因子<sup>19</sup>。
- 3) 总结赣南段滑坡和路基病害特征，将该区段铁路路基病害分为 4 种类型：路堤滑坡、路

基侧胀病害、堤坡溜坍、路堑滑坡<sup>19</sup>。

4) 研究中抓住了该段病害的影响因素和控制因子,初次将模糊数学综合评判用于铁路滑坡及路基病害的区段评估<sup>19</sup>。初步完成对该段滑坡及路基病害发生的空间预测<sup>19</sup>。

5) 在综合分析影响和控制滑坡和路基病害的固有因子和动态因子的基础上,采用控制因子——降水量,开展对该区段病害的中长期预测,初步确定 2000 年、2007 年、2009 年及局部地段 2001 年、2004 年为强降水年份,应密切注意滑坡和路基病害的发生<sup>19</sup>。

6) 确定汛期路堤滑坡及堤坡溜坍追踪预警雨量值,提出当连续降雨量 $>50\text{ mm}$  进入警戒状态, $>100\text{ mm}$  时进入危急状态<sup>19</sup>。

7) 在以上研究基础上,提出了 4 类病害相应的防治措施和处理原则<sup>19</sup>。初步确立了该区段滑坡及路基病害的防灾模型<sup>19</sup>。

8) 该项研究是紧密联系生产实际为运输安全服务的<sup>19</sup>。鉴于地质条件的复杂性、作用因素的多变性和不确定性,预测工作的困难性,其预测结果还有待实践的检验<sup>19</sup>。

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 郑明新,王全才.降雨滑坡的时空预测新方法[J].中国地质灾害与防治学报.1997,8(3):45~49.
- [2] 华东交通大学研究报告.京九铁路赣南段滑坡及路基病害的评估和预测[R].1999.12.

# Assessment and Prediction of Landslide and Roadbed Damage along South-Gan Section of Jingjiu Railway

ZHENG Ming-xin

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** Based on the results of research project titled to "Assessment and prediction of landslide and roadbed damage along South-Gan section of Jingjiu railway", the ideas contents, achievement of research are reviewed. The principles and methods of Assessment and prediction about landslide and roadbed damage are introduced.

**Keywords:** landslide; roadbed damage; assessment; prediction