

接小峰, 徐林荣, 曹禄来, 等. 铁路水害特征与致灾概率预测模型研究[J]. 灾害学, 2015, 30(1): 187-192. [Jie xiaofeng, Xu linrong, Cao lulai, et al. Characteristics of water disaster along railway and its probability prediction model [J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(1): 187-192.]

铁路水害特征与致灾概率预测模型研究^{*}

接小峰, 徐林荣, 曹禄来, 吴 强

(中南大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410075)

摘 要: 我国铁路水害频发且损失巨大, 如何有效防范, 已成业界难题, 更为运营部门汛期工作重点。但铁路水害泛指由降水或其他水源造成断道、限速事故的灾害, 预测预报缺乏针对性。鉴于此, 首先, 借鉴水利学水害概念, 丰富了铁路水害的机理内涵, 再结合铁路调研, 明确了预测目标的外延; 其次, 基于京广线湖(南)广(东)区段水害气象、地质与设施条件统计, 分析了铁路水害的时空分布特征, 建立了致灾因子指标体系; 最后, 针对降水这一关键诱发因子, 筛选出 1 h 与日降雨量两个相关性最强的计算参数, 建立了 logistic 概率预测模型。模型检验表明: 其统计学检验通过, 且对于灾害实际情况预测效果较好, 可为铁路水害风险管理及防范措施的制定提供参考。

关键词: 铁路水害; 特征分析; Logistic 模型; 概率预测; 风险管理

中图分类号: U298; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2015)01-0187-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2015.01.035

我国铁路防洪工作中采用“水害”概念。狭义的铁路水害概念最早见于 1960 年京广线洪水事件^[1], 并逐渐发展演变为水淹、崩滑流乃至路基病害等多灾种的总称^[2]。广义的水害概念提出较晚, 魏庆朝^[3]将由降水或者其他水源作用, 造成铁路行车中断的灾害称为铁路水害, 最早阐释了铁路水害的诱发因素与灾害后果, 形成了定义的内涵雏形; 成都铁路局^[4]指因降雨或洪水侵袭, 造成路基轨道等铁路设施损毁, 甚至限速慢行或运输中断而降低了运输能力, 并可能伴有人员伤亡与其他损失的灾害, 进一步丰富了铁路水害的危害形式与后果, 并界定了滑坡、溜坍等 40 多个灾种体系的外延。但值得注意的是: 现有铁路水害定义多侧重于管理, 强调对线路运营的影响, 并没有很好地反映降雨等水体与线路基础工程、周边地质环境相互作用的机理。鉴于此, 本文借鉴水利学中水害的定义^[5](水量骤增或骤减, 水流能量及水中物理化学成分或水与周围介质作用产生的灾害), 认为铁路水害是由山洪或排水不良汇水水能量, 降雨入渗或降雨与周围地质环境作

用, 直接或由其诱发的次生灾害作用于桥隧涵等基础工程设施, 并造成断道、限速事故的灾害。结合铁路水害多年防治经验^[6], 可归类为原生灾害、次生灾害及衍生灾害, 且一般以原生灾害(地质灾害)为预测预报重点。目前, 铁路水害防治基本覆盖了汛前、汛期及灾后整个过程, 涉及规律统计、防洪区划、预警阈值及应急管理^[7-10]等方面, 但因包括崩滑流、路基病害及水淹等多灾种, 预测预报难度大, 研究仍处于探索阶段。因此, 基于铁路水害新的认知, 本文开展了其发育特征分析、致灾因子指标体系构建以及预测预报方法的研究。

1 研究区概况

依托铁道部科技项目^[6,11], 本文以京广线湖(南)广(东)区段为研究区, 统计了 2010、2011 年造成断道、限速事故的水害情况如下:

水淹钢轨发生 53 次, 造成断道、限速事故 30

^{*} 投稿日期: 2014-05-05 修改日期: 2014-06-20

基金项目: 铁道部科技研究开发计划项目“高速铁路灾害防治与应急救援技术措施研究”(2011G017-C); 国家自然科学基金项目“泥石流危害桥隧工程承灾链特征与工程易损度动态评价方法研究”(41272376); 中南大学中央高校基本科研业务费专项资金资助“基于 I-D 曲线及 Logistic 分析的铁路水害雨量预警方法研究”(2013zzts239)

作者简介: 接小峰(1988-), 男, 山东烟台人, 硕士研究生, 从事地质灾害评估与防治等方向研究。

E-mail: jiejiaofeng1988@163.com

次, 占同期水害总数的 63.82%, 是最主要的水害灾种。空间上集中在: ①正线 K2240 附近(里程范围约 2 km, 2 次); ②站线江村站(机 4 线、联四线及上下编场, 18 次); ③站线大朗站(货 2~6 线、走行 1 线, 6 次); ④田螺线(韶关东站, 4 次)。地质环境为平原、低矮丘陵, 地势平坦低洼及河湖毗邻的区段, 基础工程形式为路基、车站; 时间上多发于成灾日降雨量达 130~250 mm 时。

边坡溜塌发生 12 次, 造成断道、限速事故 9 次, 占 19.15%, 为区内第二大水害。空间上集中分布在以下区段: ①正线 K2080~2095(15 km、5 次); ②正线 K2049 附近(2 km、3 次); ③站线江村站(联四线, 1 次)。地质环境为山区或丘陵区, 基础工程形式为高路基、路堑工程; 时间上多发于成灾 1 h 雨量达到 40 mm 以上时。

线路下沉仅发生 6 次, 但均造成断道、限速事故, 占 12.77%, 为少发生的水害。空间上发生在琶江口采石场专用线与江村站联四线, 地质环境为平原、丘陵地带, 基础工程形式为路基工程; 时间上多发生于连续降雨量超过 30 mm 时。

崩塌、泥石流等发生 27 次, 但选线绕避了复杂地质区域, 且地质灾害属于重点防治目标, 仅造成 2 次铁路事故。分别为 2010 年 4 月 14 日京广线 K1938+805 堑坡碎石及砂土坍塌, 2010 年 5 月 6 日京广线 K2078+750 发生泥石流。两者均发生在高路堑地带, 坡体裂隙发育、松散破碎。

2 铁路水害发育特征分析

基于京广线湖广区段历年防洪报告^[2]统计与实地调研发现, 铁路水害发生的类型及时空具有以下特性或规律:

(1) 洪涝灾害、地质灾害及路基病害是水害中的多发类型, 并多属于突变性灾害。水淹占研究区水害总数的 61%, 通常仅会造成限速事故。地质灾害占 23%, 且属于突发性灾害, 往往损坏基础设施而造成断道事故、威胁行车安全。路基病害属于缓变性灾害, 具有较为充分的响应时间, 且易于发现。因此, 铁路水害预测与防范重点应为突发性的地质灾害, 现有研究^[2]也多将崩滑流等作为目标。

(2) 铁路建设本身及后期周边工程建设对水害影响突出。①铁路工程对坡度、曲率都有很高的要求, 人工开挖路堑、填筑路堤等工程活动会切割破坏原有地质单元稳定性, 施工弃土亦可促使崩滑流发生。而防护工程可改良沿线不利的地质条件; ②铁路使用年限较长, 且运输促进经济发

展, 线路周边后期会出现大量工程建设, 影响流域汇水情况, 如京广线 2013 年“8.16”乐昌水害。③桥隧、路基等基础工程易损性不同, 承灾能力也有差异。

(3) 铁路线路影响域一般为线路经过的流域周界连线, 整体呈枝叶状。京广线 K2078+750 为一处山谷, 沟道于山脚下穿过京广线汇入毗邻河道(图 1)。2010 年泥石流爆发时, 京广线与降雨地点相距较远(图中圆环标志处), 但沟道上游强降雨经流域汇水后形成的泥石流却对铁路造成了危害, 约 3 000 m³ 泥石流体掩埋了 50 m 钢轨。因此, 铁路水害雨量监测点应充分考虑流域影响, 还应将流域汇水、常年流水及季节性洪水威胁予以考虑。

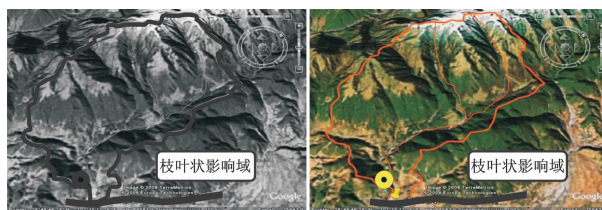


图 1 京广线 K2078+750(楔入处)与降水区域(圆环)位置

(4) 地质条件是铁路水害最重要的致灾因子(内部潜在因子)之一。调研发现, 京广线衡阳-白石渡区间里程中 K1800~K1850、K1900~K1950 等历年均有水害发生(表 1), 灾害历史丰富, 具有明显继承性特征。实地调查中依据规范进行了地质条件复杂程度划分, 灾害多发区段较少发区段地形地貌、地质构造及岩(土)体结构等更为复杂。因此, 水害历史情况、地质环境条件均应作为空间风险区划的依据。

表 1 京广线衡阳-白石渡区间水害里程统计表

年份	里程		
	K1700-K1750	K1800-K1850	K1900-K1950
2005	无 -	-	K1935+590 K1938+670
2007	-	K1803.9 - K1804.0	K1897.0 - K1903.0
2009	-	-	-
2010	-	K1812.0 - K1814.0	K1938+800 K1948+350
2011	-	K1815+900 K1837+900	-

(5) 降水也是铁路水害最重要的致灾因子(外部诱发因子)之一, 但各雨量类型与水害的相关性不同。2005-2011 年京广线衡阳-白石渡区间灾情与年平均降雨量变化并不一致(图 2), 因此, 以

表2 铁路水害致灾因子指标体系

致灾因素	指标名称	获取方式	建议参评方式(GIS)	性质	参评指标	用途
内部潜在因子	地形地貌(T)	地质勘查	地形地貌分级格栅图	定性	S_T	铁路水害区段的危险区划以及降雨时的发生概率预测等
	地层岩性(L)	地质勘查	地层岩性分级格栅图	定性	S_L	
	地质构造(S)	地质勘查	地质构造分级格栅图	定性	S_S	
	地震烈度(I)	地质勘查	地震烈度分级格栅图	定量	S_I	
	水文条件(H)	地质勘查	水系缓冲区分级格栅图	定性	S_H	
	植被发育(V)	地质勘查	植被覆盖率分级格栅图	定性	S_V	
	爆发频率(f)	地质勘查	灾害频率分级格栅图	定性	S_f	
	工程类型(P)	设计文件	工程易损性分级格栅图	定性	S_P	
	人类活动(C)	地质勘查	人类活动分级格栅图	定性	S_C	
外部诱发因子	月降雨量(h)	气象监测	降雨雨量分级格栅图	定量	S_h	
	降雨频率(v)	气象监测	降雨频率分级格栅图	定量	S_v	
	流域汇水(V)	DEM 文件	流域缓冲区分级格栅图	定性	S_v	

备注:降雨量指标还有10 min雨量、1 h雨量、3 h雨量、6 h雨量、12 h雨量、日降雨量、连续降雨量、前期有效雨量、年降雨量等

年降雨量作为易发性、危险性等空间风险区划中的雨量参评指标^[12]仍需商榷。而研究区历年月平均降雨量分布更加符合多年灾情统计结果(图2),且4~10月间水害数占总数的90%,因此,建议采用汛期月降雨量作为区划评估指标。

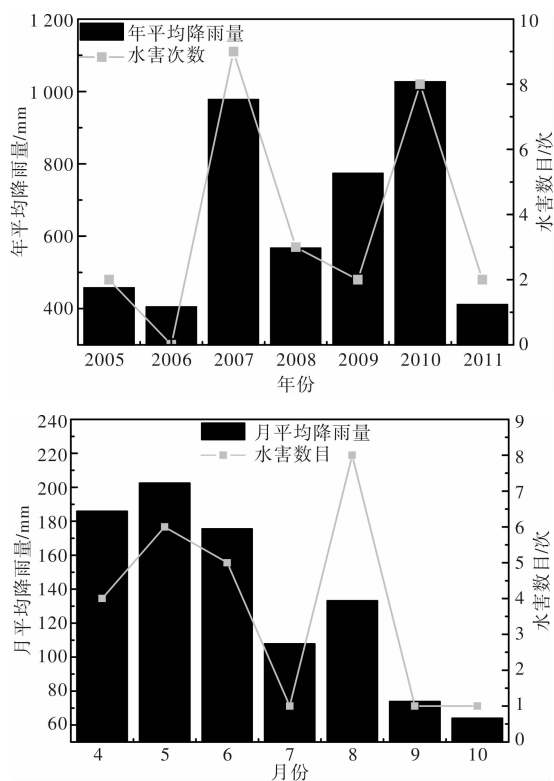


图2 京广线衡阳-白石渡区间水害数目与年或月平均降雨量关系

(6)铁路水害对降雨类型的敏感性不同,应筛选关键诱发因素指标进行预测与预警。铁路现行雨量警戒制度^[13]陈列了10 min雨量、1 h雨量、3 h雨量、6 h雨量、12 h雨量、日降雨量、连续降

雨量等单一及其组合指标进行警戒。但以研究区内边坡溜坍为例,仅1 h降雨量集中于45 mm,具有临界值特征。10 min降雨量0~30 mm、连续降雨量40~280 mm,数据离散无规律(图3)。因此,需筛选关键诱发雨量指标预测水害,避免冗余工作及其造成的延判、误判。

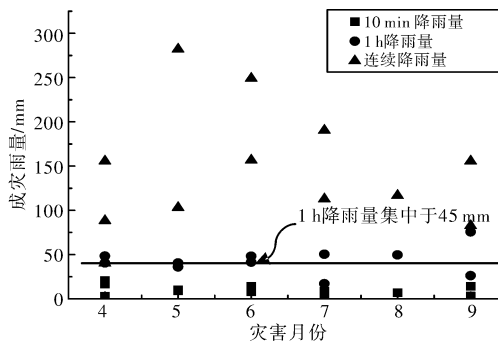


图3 京广线湖广区段边坡溜坍各类成灾降雨量值

3 铁路水害致灾因子确定

基于铁路水害发育特征分析,获得了基础工程类型、影响域面积、月降雨量等特有的致灾因素。借鉴预测预报研究成果(如易发性、危险性、易损性等,泊松比、回归分析等)^[14-15],可建立铁路水害的致灾因子体系如表2所示。

4 基于关键诱发因子的水害预测

灾害是由孕灾环境内复杂的内部潜在因子(地形地貌、地层岩性、地质构造等)和外部诱发因子(降雨、地震、人类活动等)共同作用而发生的现

表 3 京广线湖广区段断道、限速事故时各类雨量指标监测值样本数据及检验数据^[18]

组别/年限	编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
样本组/ 2005 - 2010 年	10 min 雨量	8.9	8	3.4	10.3	7.8	12.1	25.2	7	8.5	7
	1 h 雨量	9.7	18.9	11.3	22.5	19	28.8	52	18	21.5	19.2
	3 h 雨量	49.2	49	15.2	56	42.8	58.9	52	33	35.2	52
	6 h 雨量	70.6	66.8	22.1	76	66.5	79.2	52	42.3	40.1	99
	12 h 雨量	88.7	82.2	18.1	105.3	80.6	103.6	52.7	66.5	113.7	121
	日降雨量	157	168	28.9	172	164	175	52.7	79.2	129.7	121
	连续降雨量	157	168	124.8	172	164	175	52.7	79.2	183.8	226
	是否发灾	Y	Y	N	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y
	编号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	10 min 雨量	9.1	8.5	9.0	10	8	8.3	3.4	3.5	4	5.2
	1 h 雨量	21.4	35.3	28.6	50	19.8	29.3	21.8	9.7	33	13
	3 h 雨量	48.2	35.3	48.6	62	47.9	68.3	33.5	26.5	54.5	56
	6 h 雨量	69.3	42.6	62.9	71	98.3	68.3	43.5	27.2	68.5	89
	12 h 雨量	87.6	55.2	108.2	76.8	163.8	68.3	55.1	36.4	93.5	110
	日降雨量	120	68.6	134.3	122.7	241.3	68.3	55.1	40.3	115.4	181
	连续降雨量	120	68.6	263.0	235.3	313.6	68.3	103.2	40.3	156.8	192
	是否发灾	Y	N	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y
	编号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	10 min 雨量	6	11.7	13	10.5	3.4	11.7	8	18	7	26.7
	1 h 雨量	15.3	29.2	32	27.9	21.8	29.1	20	61.1	30	61.7
	3 h 雨量	37	58.3	60.3	35.5	33.5	67.6	26	62.3	35.1	62.3
	6 h 雨量	42.5	84.4	88.3	46.1	43.5	81.6	31	65.3	43.2	66.5
	12 h 雨量	60	106.6	112	49.8	55.1	96.2	34	76.9	82.1	70.6
	日降雨量	78	241.2	178	59.3	55.1	104	37.3	77.8	151	70.6
	连续降雨量	85	359.4	222	109.5	103.2	359	37.7	77.8	240	70.6
	是否发灾	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	N
检验组/ 2011 年	10 min 雨量	14.3	18.5	7.2	3.5	9.2	3	20.8	24.1	16.5	9.2
	1 h 雨量	41.4	73.1	40.5	11.5	48.2	10.8	75.8	55.3	60.1	36.2
	3 h 雨量	71.6	95.2	63.1	17.6	56.4	32.5	85.4	55.3	62.3	44.2
	6 h 雨量	93.4	120	88.6	20.5	77.2	66.2	96.5	55.3	65.3	65.9
	12 h 雨量	141.9	155.6	121.1	25.8	101.3	82.6	106.1	60	70.9	97.6
	日降雨量	223.1	198.7	140.2	30.2	101.3	82.6	116.7	60	73.8	122.5
	连续降雨量	249.4	198.7	155.6	39.4	101.3	82.6	116.7	60	73.8	156.7
	是否发灾	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	N	N	Y

注：采用二分类回归分析，断道、限速事故中崩滑流等灾害发生(Y)，未发生(N)。

象，而外部诱发因子是灾害发生与否的关键控制条件。因此，对于预测预报工作而言，通常通过监测雨量、水量等指标的变化信息进行判别。本文即针对铁路水害致灾因子体系中雨量指标，搜集了研究区 40 组雨量数据(表 3)，基于二分类 logistic 回归分析方法，筛选关键计算参数并建立概率预测模型，可为铁路水害风险管理及防范工作提供参考。

4.1 关键诱发因子的筛选

Logistic 回归分析^[16]主要用于流行病学研究中影响因素的筛选，是医学样本数据处理应用最广泛的统计方法之一。该方法同时具有较好的预测和判别功能，尤其当样本数据无法满足 Bayes 和 Fisher 判别条件时，判别的效能与优势更加显著^[17]。依托铁道部科技项目^[10-11]，具体步骤如下。

第 1 步 原始数据整理(表 3)；

第 2 步 关键诱发因子筛选(表 4)。

表 4 各类雨量指标的得分与 sig. 值

	步骤 0	Score	df	Sig. (p 值)
雨量 指标	10 min 雨量	5.968	1	0.015
	1 h 雨量	7.886	1	0.005
	3 h 雨量	4.315	1	0.025
	6 h 雨量	5.244	1	0.022
	12 h 雨量	6.656	1	0.010
	日降雨量	7.465	1	0.006
	连续降雨量	4.620	1	0.032

Score 检验^[19]用于建模初，可依据变量之间的结构关系判别因变量与自变量间的密切程度。由表 4 可知：各类雨量指标 p 值均小于 0.05，证实了雨量预测的可靠性；但 score 在 5.2 ~ 7.8，密切程度具有差别。借鉴 I - D 阈值法^[20]，本文选取得分最高的 1 h 与日降雨量作为模型计算参数。

4.2 水害的概率预测模型

本文基于 30 组 10 min 雨量、日降雨量与水害情况的样本数据，构建了二分类 logistic 回归模型，并获得了最终模型参数估计值及其标准误差等统

计信息(表5)。

表5 各变量参数取值及相关性检验

模型参数	B	S. E.	Wald	Sig.
1 h 雨量	-0.106	0.050	4.504	0.034
日降雨量	0.038	0.018	4.549	0.033
常量	0.372	1.540	0.058	0.809

由表5可知,雨量指标的置信度均高于90%,Wald值、标准差S.E.等也满足一般要求,证明参数取值合理。据此,可拟合变量之间的线性关系为:

$$P_{\text{灾害发生}} = 0.372 - 0.106 \times 1 \text{ h 雨量} + 0.038 \times \text{日降雨量}。(1)$$

将其代入logistic概率计算公式,可得京广线湖广区间雨中水害发生概率公式为:

$$P_{\text{灾害发生}} = \frac{1}{1 + e^{-(0.372 - 0.106 \times 1 \text{ h 雨量} + 0.038 \times \text{日降雨量})}}。(2)$$

4.3 模型检验

模型系数的混合检验^[19]主要是针对步骤、模块和模型开展的模型系数的综合性检验。由表6可知:本文得到的logistic模型P值(即Sig.值0.001)<0.05,计算卡方值16.777>临界值5.991(即变量自由度数目df=2,显著性水平0.05时)。因此,在显著性水平为0.05的情况下,模型系数检验通过。

表6 模型系数的混合检验

检验内容	卡方	df	Sig.
步骤	16.777	2	0.000
块	16.777	2	0.000
模型	16.777	2	0.000

最大似然平方的对数值可用于检验模型的整体拟合效果^[19],该值在理论上服从卡方分布。由表7可知:最大似然平方的对数值19.881>临界值5.991,检验通过。而模型的Cox-Snell拟合优度为0.566,Nagelkerke拟合优度为0.803,表明模型拟合效果较好。

表7 模型整体拟合效果

步骤	对数似然值	Cox & Snell R ²	Nagelkerke R ²
1	19.881	0.566	0.803

似然比函数的自然对数值对样品数目十分敏感,需要Hosmer-Lemeshow检验作为补充^[19]。检验同样以卡方分布为标准,显著性水平0.05,自由度数目df=8时,卡方临界值为15.507。由表8可知:计算卡方值12.544<15.507,P值0.129>0.05,可知检验通过。

表8 Hosmer和Lemeshow检验

步骤1	卡方	df	Sig.
	12.544	8	0.129

本文建立的二分类logistic模型各项统计学检验指标均验证合格,需进一步检验研究区水害实际情况的预测效果。由表9可知:成功预测未发生水害的铁路断道、限速事件2次、失败1次;发生水害的铁路断道、限速事件5次、失败2次,水害预测成功概率71.4%,效果较好。

表9 模型对2011年京广线湖广区段水害实况的预测效果

已观测	已预测			
	发灾情况		百分比校正	
	N	Y		
发灾情况	N	2	1	66.7%
	Y	5	2	71.4%
总计百分比				70.0%

5 结论

基于京广铁路湖广区段水害情况统计,分析了铁路水害的发育特征,建立了空间区划与时间预测的综合指标体系,并依据后者提出了研究区水害雨中预测模型,具体结论如下。

(1)借鉴水利学水害概念,结合铁路实践,本文将铁路水害定义为由山洪或排水不良汇水水流能量,降雨入渗或降雨与周围地质环境作用,直接或由其诱发的次生灾害作用于桥隧涵等基础设施,并造成断道、限速事故的灾害,进一步丰富了铁路水害概念中对成灾机理表述。

(2)基于京广线湖(南)广(东)区段水害气象条件、地质环境与基础设施条件统计,分析获得了诸如铁路建设自身建设影响水害发育、桥隧涵等基础工程具有不同的承灾能力等6点特征,并据此建立了更为全面的铁路水害致灾因子指标体系,可为铁路水害预测预报中评价及预测工作提供基础依据。

(3)针对致灾因子体系中雨量指标类型,搜集了研究区40组雨量数据(其中,样本组30例,验组10例),基于二分类logistic回归分析方法,筛选出1h与日降雨量两个相关性最强的雨量指标作为计算参数,并据此建立了概率预测模型,其统计学检验通过且拟合优度较好,研究区2011年实际预测效果成功率70%以上,可为铁路水害风险管理及防范工作提供可靠的参考。

参考文献:

- [1] 铁道部科学研究院. 国铁路现代化学术讨论会各专业组讨论小结[J]. 铁道科技动态, 1980(8): 1-12.
- [2] 李晓霞,王勇,关向宁,等. 铁路水害及预警模型[J]. 干

- 旱区研究, 2011, 28(1): 181-186.
- [3] 魏庆朝, 杨永平, 张大伟. 中国铁路水害环境致灾因子分析[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(1): 123-127.
- [4] 成都铁路局. 铁路水害有关名词解释[EB/OL]. (2013-07-08) [2014-04-20]. <http://bbs.railen.net/forum.php?mod=viewthread&tid=1119182&page=1&authorid=473486>.
- [5] 邢大伟. 对水法中“水害”一词的学习体会[J]. 陕西水利, 1990(3): 26-45.
- [6] 徐林荣, 吕大伟, 苏志满, 等. 既有线铁路地质灾害风险评估与防治对策研究报告[R]. 长沙: 中南大学, 2007.
- [7] 周华国, 魏庆朝. 近十几年来中国铁路水害的时空统计特征[J]. 自然灾害学报, 1995, 4(4): 76-81.
- [8] 徐林荣, 罗冠枝, 吕大伟, 等. 枝柳(枝江-柳州)铁路线张家界段线域地质灾害评估[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2009, 20(02): 80-86.
- [9] 汤家法, 姚令侃, 华明. 铁路汛期行车安全对策-雨量警戒制度研究[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(3): 131-136.
- [10] 程晓卿, 贾利民, 秦勇, 等. 铁路应急管理研究[J]. 铁道学报, 2012, 34(3): 7-13.
- [11] 徐林荣, 接小峰, 吴强, 等. 高速铁路灾害防治与应急救援技术措施研究[R]. 长沙: 中南大学, 2013.
- [12] 陈洪凯, 唐红梅. 川藏公路地质灾害危险性评价[J]. 公路, 2011, 9(9): 17-22.
- [13] 广州铁路集团公司. 关于做好普速各线2012年防洪工作的通知[Z]. 广州: 广铁集团, 2012. 3.
- [14] 陈远川, 陈洪凯. 山区沿河公路地质风险形成机制[J]. 灾害学, 2012, 27(3): 6-11.
- [15] 李铁锋, 丛威青. 基于 Logistic 回归及前期有效雨量的降雨诱发型滑坡预测方法[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2006, 17(1): 33-35.
- [16] 姚魁武, 张勇, 王阶, 等. 血淤证量化诊断流行病学调查数据的 Logistic 回归分析[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2008, 10(4): 30-33.
- [17] 张初兵, 高康, 杨贵军. 判别分析与 Logistic 回归的模拟比较[J]. 统计与信息论坛, 2010, 1(25): 19-25.
- [18] 广州铁路集团公司. 广铁集团年度防洪工作总结[R]. 广州: 广铁集团, 2005-2011.
- [19] Jacqueline J Meulman, Willem J Heiser. SPSS advanced models-regression analysis13. 0[M]. SPSS Inc. 2010.
- [20] Guzzetti F, Peruccacci S, Rossi M, et al. Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe[J]. Meteorol Atmos Phys, 1998: 239-26.

Characteristics of Water Disaster along Railway and its Probability Prediction Model

Jie Xiaofeng, Xu Linrong, Cao Lulai and Wu Qiang

(School of Civil Engineering, Central South University, Changsha 410075, China)

Abstract: Railway water disasters occur repeatedly, and cause great losses. How to effectively monitor and prevent the disasters is a work focus of the operation unit during flood seasons and is a difficult problem. However, railway floods generally refer to disasters of off road or speed limit accidents caused by precipitation or other water causes, whose prediction and forecast lack pertinence. In view of this, first of all, the mechanism connotation of railway water disaster is enriched according to the conservancy connotation of water disaster. Combining with railway research, the extension of the forecasting target is defined. Then, based on statistics on meteorological, geological and facilities conditions of water disasters along Jing-Guang railway, temporal and spatial distribution characteristics of railway water disasters are analyzed and a disaster factor index system is established. Finally, according to the critical precipitation inducing factor, two calculation parameters with the strongest correlation are selected as 1 h and the daily rainfall, and a logistic probability prediction model is established. Model test shows that: its statistical test is passed, and the actual situation of disaster prediction is good, which could provide reference for railway flood risk management and prevention.

Key words: railway water disaster; feature analysis; Logistic model; probability prediction; risk management