包云，高歌，李亚群，等. 基于监测数据挖掘的高铁气象灾害风险评估方法研究[J]. 灾害学，2022，37(2)：44－48，53.［BAO Yun，GAO Ge，LI Yaqun，et al. Research on High－speed Railway Meteorological Disaster Risk Analysis Method based on Monitoring Data Mining[J]. Journal of Catastrophology，2022，37(2)：44－48，53. doi：10.3969/j.issn.1000－811X.2022.02.008.]

基于监测数据挖掘的高铁气象灾害风险评估方法研究*

包 云[1]，高 歌[2]，李亚群[3]，马 祯[1]，陈中雷[3]

（1. 中国铁道科学研究院集团有限公司 电子计算技术研究所，北京 100081；2. 中国气象局国家气候中心，北京 100081；3. 北京经纬信息技术有限公司，北京 100081）

摘 要：气象灾害风险评估对高铁气象灾害防御具有重要的指导作用。在分析了影响高铁运行的主要气象要素的基础上，研究了高铁气象灾害风险评估指标体系，包含致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体暴露性、脆弱性和防灾减灾能力等，探讨了高铁多灾种和单一灾种的气象灾害风险评估方法。以大风灾害风险评估为例，建立了大风灾害风险评估指标体系，基于熵权法研究了大风危险性，在此基础上，采用加权综合评价法对大风风险进行了分析。结合具体线路风监测数据，研究了相应线路大风风险，并进行了风险区划。与基于气象部门数据开展的铁路气象灾害风险评估相比，基于铁路气象要素监测数据的气象灾害风险评估对气象要素的时空特性反映更加细致，更能代表铁路沿线气象灾害特征，研究可为高铁气象灾害防治提供参考。

关键词：气象灾害；高速铁路；安全；风险；评估

中图分类号：U298；X43；X915.5　**文献标志码：**A　**文章编号：**1000－811X(2022)02－0044－06

doi：10.3969/j.issn.1000－811X.2022.02.008

大风、强降雨等气象灾害及其次生灾害对列车运行具有重要的影响，崔新强等[1]对我国 1950－2015 年间铁路沿线气象灾害及其次生灾害进行了分析，得出大风、降雪、雷电、强降雨及其引发的山洪、滑坡、泥石流、塌方等次生灾害是影响我国铁路运行的主要灾害，约占全部灾害的 97.3% ，强降雨及次生灾害占全部灾害的 78.0% 。另外，根据相关统计分析，铁路 29% 的设备故障是由恶劣天气造成的[2]。为保障高铁列车运行安全，我国高铁随工程建设同步建设有高速铁路自然灾害及异物侵限监测系统[3－4]（以下简称灾害监测系统），对风、雨、雪等气象要素进行监测，当监测值超过阈值时进行报警，列车调度员根据报警信息进行限速或停车处置，保障灾害天气下的列车运行安全。

气象灾害风险评估是加强气象灾害认知和防御的重要手段。代娟[5]从气象灾害对高速铁路的影响机理入手，分析制定了高铁气象灾害风险区划方案。崔新强等[6]采用层次分析法、专家打分法和加权综合评价法对沪汉蓉高铁线路暴雨灾害风险区划进行了研究。吴艳华等[7]研究了基于铁路事故历史数据的铁路风、降雨、能见度等灾害风险评估模型。在高铁建设初期，也有关于高铁强风、降雨等灾害的相关特征研究[8]。高铁灾害监测系统经过十余年的运行，积累的数据可作为高铁灾害风险评估的支撑，本文拟通过结合气象灾害风险评估方法和高铁灾害监测数据研究高铁气象灾害风险评估体系和评估方法。

1 气象灾害对铁路的影响

影响铁路建设及运营的气象要素主要有大风、强降雨、降雪、温度、雷电等，其中，以大风、强降雨、降雪的影响最大[9]。

(1)大风。风对铁路具有重要影响。强风可摧毁铁塔、损坏输电线路等基础设施；可使车体产生较大的侧向力，降低列车运行稳定性，达到临界状态时可能导致列车脱轨或倾覆；风携带卷杂的砂石可能导致列车和轨道损坏。另外，大风可能造成铁路外部环境侵限，如大风将彩钢板、塑料袋、风筝等异物吹入铁路限界内、悬挂在接触网上等影响行车秩序，甚至造成列车运行中断等。

(2)降雨。降雨对铁路具有显著的影响，尤其是对普速铁路。降雨易引发洪水，连续降雨和突发性暴雨可能导致路堤及地基失稳，易产生塌陷

* 收稿日期：2021－10－13　　修回日期：2021－11－15
基金项目：中国国家铁路集团有限公司科技研究开发计划(K2020T003)
第一作者简介：包云(1982—)，女，汉族，吉林柳河人，博士，副研究员，主要从事铁路防灾减灾研究. E－mail：yunbcars@163.com

和路堤溜坍，隧道衬砌变形开裂、掉块和隧道积水等病害[9]，可能造成路基、桥梁、电力等基础设施的损毁。降雨尤其暴雨是滑坡、泥石流等灾害的重要触发因素，降雨引发的滑坡、泥石流、崩塌等次生灾害易造成异物侵限，导致列车运行中断、脱轨等事故，威胁列车运行安全。

(3)降雪。降雪主要影响列车运行，积雪过深可能导致列车无法正常运行；积雪可能夹在道岔中间，使道岔无法转向；降雪结冰后，冰雪覆盖使轨道表面更加光滑，摩擦力减小，容易引发事故；冰雪可能导致供电线路上电线积冰，影响正常供电。另外，过厚的冰雪使供电线路杆塔不堪重负而损坏，造成较大范围断电等；另外，低温降(雨)雪导致的结冰还会对通信信号、线路行车设备造成破坏，使设备无法正常工作，车底覆冰融化后可能打坏地面信号设备等。

(4)温度。高温和低温对铁路均有重要的影响。高铁由于全线铺设无缝钢轨，高温使无缝线路长钢轨的纵向压力增大，可能发生涨轨跑道事故。另外，高温可能导致轨道板翘曲变形造成轨道板与砂浆之间的离缝等病害。低温会产生路基冻胀等基础设施病害，低温雨雪天气容易使接触网等设备覆冰，影响行车安全。

(5)雷电。雷电易引起接触网设备损坏或线路跳闸、列车失电，中断运输。另外，雷电对列车信号系统也有一定的影响，雷电电磁脉冲易造成信号系统的故障等。

(6)其他气象灾害。沙尘暴、干旱等其他气象要素对铁路也有一定的影响[9]。

2　铁路气象灾害风险分析

铁路气象灾害是由于异常或极端天气超出铁路承灾体正常运营的承受能力从而产生灾损的事件。铁路气象灾害风险分析是研究发生在铁路沿线的气象灾害可能对铁路系统产生的破坏和损失，区别于公路、水路等交通方式[10]，铁路以铁轨为导向，分布于我国广袤的地区，线广面大。而气象灾害具有发生频率高、分布面广的特点，因此，气象灾害对铁路具有显著的影响。铁路气象灾害风险是因气象致灾因子的危险性及其与铁路特殊承灾体易损性相互作用而造成可能的损失。致灾因子和承灾体是风险产生和存在的两个必要条件。致灾因子危险性一般用灾害的强度和灾变频率(或灾变可能性)度量，承灾体易损性一般由承灾体暴露性和脆弱性度量，脆弱性一般采用承灾体灾损敏感性和防灾减灾能力度量，防灾减灾能力一般又包含应对能力和重建能力。铁路气象灾害风险评估因素构成如图 1 所示。

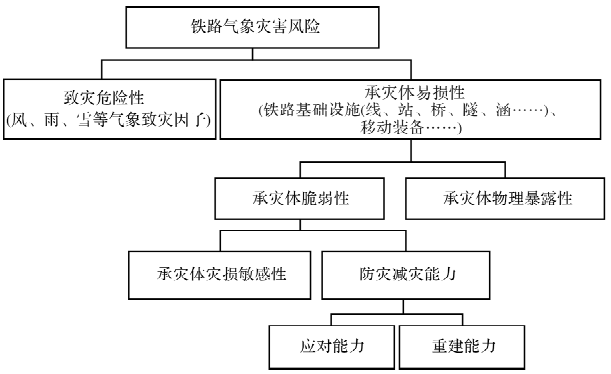


图 1　铁路气象灾害风险评估因素

2.1　铁路气象灾害风险评估因子的选择

建立灾害风险评估指标体系是进行灾害风险评估的前提，在进行铁路气象灾害风险分析时，铁路作为特定承灾体，致灾因子危险性、脆弱性及物理暴露等指标都与气象灾害风险评估不同。由于铁路呈线(带)状布局，致灾因子的危险性更关心对铁路线(带)状分布的基础设施和线上运行的列车等的影响，承灾体包括线、站、桥、隧、涵等基础设施以及动车组、客车、货车等移动装备。

2.1.1　致灾因子危险性

灾害风险评估首先要确定危险源，即气象致灾因子。风、雨、雪、温度、雷电等均会对铁路建设及运行造成影响，本文重点关注对列车运行的影响，选取对列车运行影响较大的风、雨、雪气象要素进行研究。致灾因子的危险性主要考虑各要素出现的频率、强度及持续时间。

目前高铁主要采用瞬时风速进行大风报警，具有时空精细化程度高的特点，能很好的反映沿线大风对高铁运行的可能影响及危害。根据铁路技术管理规程(高速铁路部分)[11]，大风天气下行车规定如表 1 所示，可选择不同等级大风报警次数、持续时间作为大风危险性指标。

表 1　大风天气下行车规定

序号	环境风速/(m/s)	限速规定	报警等级
1	风速≤15	正常速度运行	无
2	15 ＜风速≤20	运行速度≤300 km/h	一级
3	20 ＜风速≤25	运行速度≤200 km/h	二级
4	25 ＜风速≤30	运行速度≤120 km/h	三级
5	风速＞30	严禁动车组列车进入风区	四级

降雨、降雪对铁路的影响是一个积少成多的过程，其影响程度主要取决于降雨、降雪的频率、强度和持续时间[5]，可以选择降雨报警次数、降雨报警持续时间、累计降雨量和降雪报警次数、降雪报警持续时间、积雪深度等作为危险性分析的指标。

2.1.2　承灾体易损性

承灾体易损性从承灾体暴露性和脆弱性两方

面衡量。

(1)承灾体的暴露性。暴露性是承灾体可能受到的气象危险因子威胁的所有人和财物，铁路线路类型和线路长度、车站类型和数量、路网密度、列车类型和开行数量、客运量等均可作为表征承灾体暴露性的指标，暴露性越大，灾害风险越大。

(2)承灾体的脆弱性。脆弱性是衡量承灾体遭受一定灾害打击损害损失的程度，一般利用灾情数据构建承灾体脆弱性指标[12]，可以用铁路气象历史灾情数据反映铁路在遭受灾害时的脆弱性，包括历史灾害次数、灾害中断行车时间、人员伤亡、经济损失等。承灾体脆弱性又可以通过孕灾环境敏感性和防灾减灾能力来表示。

孕灾环境是形成灾害的场所或环境条件，高铁大风灾害与地形地貌、地质条件、轨道类型、动车组类型等有关。雨雪等灾害还与地形地质、水系、植被等环境因素有关。高铁一般采用高架桥设计，在路基地段受降雨影响较大，可选择路基占整条线路的比例作为孕灾环境因子。因此，根据气象灾害对高铁的影响机理，大风影响主要选择地形、车型等因素作为敏感性指标；降雨影响主要选择路基所占比例及路基地段高程、高差、坡度、地质(土壤、岩石等)类型、植被覆盖率等环境因子作为敏感性评估指标体系；降雪影响主要选择线路地理位置(0°等温线以北等)等作为敏感性评估指标。

防灾减灾能力是受灾区对气象灾害的抵御和恢复能力，包括应急管理能力、减灾投入、资源储备等[5]。在对公路等灾害风险评估中，防灾减灾能力一般取决于影响区域的社会经济水平，如地均 GDP、人均 GDP 及当地政府的投入预算等。由于铁路特殊的行业属性，防灾减灾能力更多依赖行业内部管理及资源调配。各线路防灾设施的配置(如灾害监测点建设数量、挡风墙设置等)、灾害应急响应机制能力等一定程度上体现了防灾能力，因此，选择高铁灾害监测点建设数量、挡风墙配置情况、灾害应急响应及灾害重建能力作为防灾减灾能力评估因子。

综上所述，建立高铁风、雨、雪等气象灾害风险评估指标体系如图 2 所示。

需要说明的是，承灾体脆弱性与孕灾环境敏感性及防灾减灾能力并不独立，孕灾环境敏感性和防灾减灾能力一般较难以定量刻画，而承灾体脆弱性相关指标有时较易统计，因此，评估指标选取可根据指标值获得的难易程度进行选择。

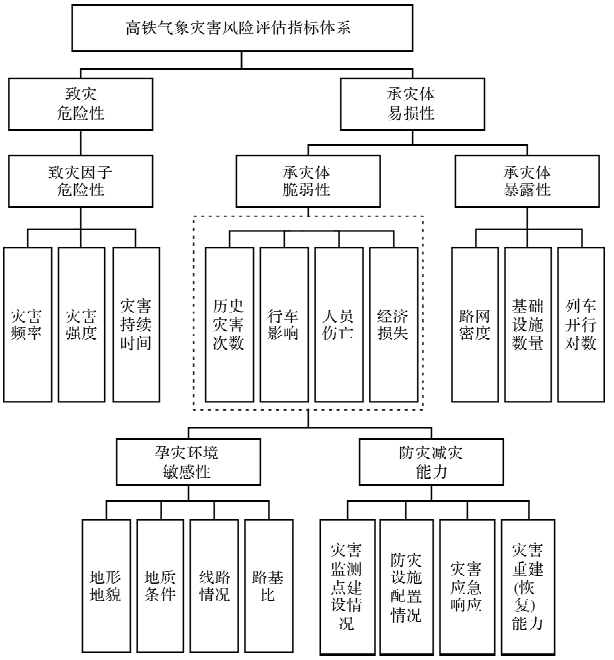


图 2 高铁气象灾害风险评估指标体系

2.2 铁路气象灾害风险评估方法

气象灾害的风险度 R 是灾害的危险度(h)和承灾体易损度(v)的逻辑乘[13]：

$$R=f(h,\ v)=H_h\cap V_b。\tag{1}$$

式中：H_h 是致灾因子的危险性，V_b 是承灾体的易损性 。

对于同一风险源，如大风，不同承灾体(车站、动车、线路、通信设施等)的物理暴露性、脆弱性、防御风险的能力以及不可防御的风险不同，因此，铁路灾害风险分析需要针对每类承灾体进行评估。灾害对第 i 种承灾体的风险计算模型如下：

$$R_{di}=H_h\cap\{E_i\cdot V_{di}\cdot[a_i+(1-a_i)(1-C_{di})]\},\ (i=1,2,\cdots n)。\tag{2}$$

式中：E_i 是第 i 种承灾体的物理暴露性，V_{di} 表示第 i 种承灾体灾损敏感性，C_{di} 是对第 i 种承灾体防灾减灾能力，包括防灾、抗灾救灾和灾后重建能力，防灾减灾能力越强，承灾体的脆弱性越弱。a_i 为第 i 种承灾体不可防御的风险。

总风险为该区域范围内所有的承灾体风险之和：

$$R_d=\sum_i R_{di}。\tag{3}$$

对于多种灾害的综合评估一般选择层次分析法、熵权法、灰色关联度法以及定性和定量相结合的混合评价方法[14-15]。由于灾害影响一般较难以完全定量计算，一般采用定性和定量结合的方法。对于单一灾害的评价一般采用层次分析法、灰色关联度、模糊综合评价等方法[6,10,14-16]。

表 2　高铁大风灾害风险评估指标

目标层	准则层	致灾因子	指标层
高铁大风灾害风险	致灾因子危险性	大风	年大风一级报警累计持续时间
			年大风二级报警累计持续时间
			年大风三级报警累计持续时间
			年大风四级报警累计持续时间
	承灾体暴露性	列车开行对数	
	承灾体脆弱性	大风灾害影响行车时间	
		大风灾害导致的人员伤亡情况	
		大风灾害导致的经济损失	

3　案例分析

下面以大风对运营期高铁列车运行影响的灾害风险评估为例，建立大风灾害对列车运行影响的风险评估指标体系。大风致灾因子危险性从大风强度、报警频率和报警持续时间三个方面考虑，大风强度包含一、二、三、四个等级，大风报警次数和报警持续时间可用大风报警累计持续时间表示。承灾体暴露指标主要考虑了列车开行对数，脆弱性从大风影响(晚点、中断)列车运行时间、人员伤亡和经济损失等方面考虑，建立高铁大风灾害评估指标如表 2 所示。

对于某一线路，列车开行对数可以根据运行图数据获得，大风灾害影响行车时间可根据列车到发时刻进行有针对性的统计，下面重点分析大风危险性，通过下式计算高铁第 i 个风监测点大风致灾因子危险性指数。

$$H_i = \sum_{j=1}^{m} p_{ij} w_j 。 \tag{4}$$

式中：H_i 为第 $i(i=1, 2, \cdots, n)$ 个监测点大风危险性指数，p_{ij} 为第 i 个监测点第 $j(j=1, 2, \cdots, m)$ 等级大风报警累计持续时间占所有监测点累计报警持续时间的比重，w_j 为第 j 等级大风致灾因子危险性指标权重，通过历年高铁沿线大风报警数据的统计，采用熵权法[16]计算不同等级大风致灾因子危险性评估指标权重，具体计算方法为：

$$H_j = -\frac{1}{\ln n}\sum_{i=1}^{n} p_{ij} \ln p_{ij} 。 \tag{5}$$

式中：$p_{ij} = \dfrac{a'_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}}$，$a_{ij}$ 为第 i 个监测点第 j 等级大风报警累计持续时间占所有监测点累计报警持续时间，a'_{ij} 为第 i 个监测点第 j 等级大风报警标准化处理结果，标准化处理方法为：

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij} - \min\{a_{ij}\}}{\max\{a_{ij}\} - \min\{a_{ij}\}} 。 \tag{6}$$

则第 j 个指标的熵权为：

$$w_j = \frac{1 - H_j}{m - \sum_{j=1}^{m} H_j} 。 \tag{7}$$

根据某区域 3 条线路风报警数据计算的大风四级报警指标的熵权值如表 3 所示，该区域三条线路风报警数据为开通运营至 2021 年 6 月的数据，线路 1 为 3 年的数据，线路 2 为 2.5 年的数据，线路 3 为 5 年的数据。3 条线路列车运行情况如表 4 所示，由于列车晚点影响因素众多，基于列车晚点数据，在没有针对性的统计情况下，一般较难以区分列车晚点原因，因此，根据各线路大风报警次数类比得出大风导致的列车晚点系数。假设单条线列车运行速度是均值，列车晚点时间按照各监测点大风报警次数分布于各监测点限速的区间，某一监测点的影响范围为该监测点与上一监测点中心至下一监测点中心的区间。危险性指标权重采用熵权法计算，脆弱性和准则层指标采用专家打分法确定，指标及权重值如表 5 所示。

表 3　3 条线路大风危险性评估指标权重

指标层	一级报警	二级报警	三级报警	四级报警
权重层	0.078	0.129	0.271	0.522

表 4　线路基本情况

线路	列车运行速度(km/h)	列车开行对数(日均/对)
1	300	39.5
2	250	6
3	250	10

对各指标进行归一化处理，采用加权综合评价法[6]计算各区段的风险值，将风险分为高、较高、中、较低、低五个等级，结合线路隧道等情况，对风险进行区划，结果如图 4 所示。从图 4 中可以看出，线路 1 的东部区段、线路 2 的北段受大风影响较为严重，是大风灾害防范的重点区段，线路 3 整体受大风影响较小。

表 5 大风灾害风险指标及权重

目标层	准则层	权重	指标层	权重
高铁大风灾害风险	致灾因子危险性	0.4	年大风一级报警累计持续时间	0.078
			年大风二级报警累计持续时间	0.129
			年大风三级报警累计持续时间	0.271
			年大风四级报警累计持续时间	0.522
	承灾体暴露性	0.3	列车开行对数	
	承灾体脆弱性	0.3	大风灾害影响行车时间	0.289
			大风灾害导致的人员伤亡情况	0.474
			大风灾害导致的经济损失	0.237

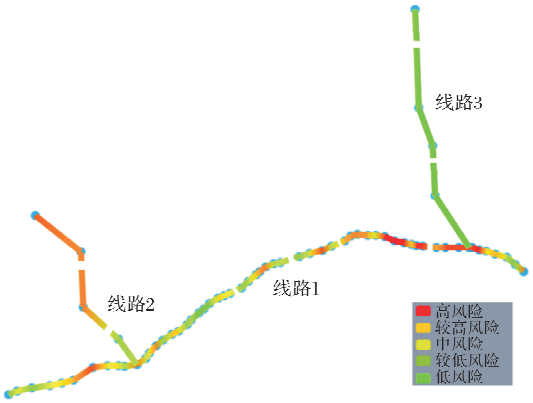


图 4 大风风险区划示例

基于以上方法，可进行高铁雨、雪等灾害风险区划。与基于气象历史观测数据的灾害风险分析[17]相比，由于基于铁路气象要素历史监测数据的气象灾害风险分析对风、雨、雪等要素的反映更加细致，尤其是大风，监测秒级风速风向，因此，更能代表铁路沿线气象要素的特征，有助于灾害的精细化监测，监测资源有针对性的配置和优化调整，铁路沿线气象灾害有的放矢的防御。而基于气象部门观测数据的铁路沿线气象灾害风险分析可为无铁路沿线监测资料情况下的铁路选线等设计服务。

4 结语

(1)风、雨、雪、温度、雷电等灾害对铁路建设和运营均有一定的影响，尤其是大风、强降水、降雪等灾害及其次生灾害对铁路运营影响较大。铁路气象灾害风险评估应从致灾因子的危险性、承灾体的暴露性和脆弱性(敏感性、防灾减灾能力)等方面进行，致灾因子包括风、雨、雪等灾害危险源，承灾体包括线、桥、隧、涵等基础设施和动车组、客车、货车等移动装备。评估方法一般采用定性和定量结合的方法。

(2)以大风风险评估为例，基于历史风监测数据，采用熵权法计算大风危险性指标权重，采用专家打分法和加权综合评价法进行大风风险综合评估和区划，可识别灾害重点发生区段，为铁路气象灾害防御提供参考。

(3)本研究利用高铁灾害监测数据开展高铁沿线风雨雪等关键气象灾害风险评估，重点对评估指标和方法进行了研究。高铁灾害监测系统运营时间尚短，监测点具有一定的空间代表性，气象部门在全国建设有综合的观测系统，数据积累时间长，下一步将开展基于铁路部门和气象部门监测数据融合的高铁气象灾害风险评估，通过两个部门粗细粒度、长短期监测数据的融合分析应用，进一步提高评估效果。

参考文献：

[1] 崔新强，郭雪梅. 1950—2015 年我国铁路气象及其衍生灾害特征分析[J]. 气象与环境科学，2018，41(2)：98－104.
[2] 曲思源. 高速铁路安全运营保障体系及应用[M]. 北京：中国铁道出版社，2018.
[3] 石锐华，李伟. 高速铁路的灾害防护设计[J]. 铁道工程学报，2008(6)：6－9，19.
[4] 王彤，史宏，刘承亮. 高速铁路防灾安全监控系统[C]//中国智能交通年会，2009：25－30.
[5] 代娟，崔新强，刘文清，等. 高速铁路气象灾害风险分析与区划方法探讨[J]. 灾害学，2016，31(4)：33－36.
[6] 崔新强，付佳，代娟，等. 基于 GIS 的沪汉蓉高铁线路暴雨灾害风险区划[J]. 气象科学，2018，38(1)：113－120.
[7] 吴艳华，何峰林，王富章，等. 基于灾害风险评估模型的铁路灾害监测预警系统研究[J]. 中国铁道科学，2012，33(1)：121－125.
[8] 马淑红，马韫娟. 我国高铁强风灾风险评估与区划方法研究[J]. 交通运输研究，2013(6)：94－96.
[9] 张洪宇，孟亮，戴贤春. 铁路高影响天气分析及应对策略研究[J]. 中国铁路，2019(5)：12－16，26.
[10] 潘进军，柳艳香，田华，等. 高速公路交通气象灾害风险评估、区划与预警[M]. 北京：科学出版社，2019.
[11] 中国铁路总公司. 铁路技术管理规程：高速铁路部分[M]. 北京：中国铁道出版社，2014.
[12] 周瑶，王静爱. 自然灾害脆弱性曲线研究进展[J]. 地球科学进展，2012，27(4)：435－442.
[13] 章国材. 气象灾害风险评估与区划方法[M]. 北京：气象出版社，2010.
[14] 许小峰. 气象防灾减灾[M]. 北京：气象出版社，2012.
[15] 崔新强，付佳，代娟，等. 基于 Arcgis 和 AHP 的湖北省内高铁(城铁)线路雷电灾害风险区划[J]. 灾害学，2021，36(2)：79－83.
[16] 曾蓉，李俊业，王宝亮. 基于熵权的模糊综合评价法在公路洪灾风险评价中的应用[J]. 地质灾害与环境保护，2010，21(3)：83－87.
[17] 张子曰. 川藏铁路沿线气象风险特征分析[D]. 兰州：兰州大学，2019.

(下转第 53 页)

故后果模拟分析[J]. 化学工程与装备，2020(5)：254 - 255，253.
[9] 黄杰，杨圆鉴，宋江，等. 基于 PHAST 的天然气站场火灾事故后果模拟[J]. 中国石油和化工标准与质量，2020，40(17)：140 - 141，143.
[10] 张桂瑞，王慧，纪蕨，等. 事故后果分析软件(PHAST)在天然气管道泄漏评价中的应用[J]. 油气田环境保护，2016，26(5)：51 - 54，62.
[11] 李章安. 加油站环境风险识别及影响预测探讨[J]. 农业灾害研究，2016，6(8)：47 - 49.
[12] 杨媚. 天然气管道环境风险评价方法探讨[J]. 绿色科技，2014(10)：214 - 218.

Fire Simulation Analysis of Natural Gas Pipeline Leakage Based on Large Hole Model

WANG Xiaowan[1], NAN Qingbin[1], LUO Jihao[2] and LUO Zhengshan[1]
(1. *School of Management*, *Xi'an University of Architecture and Technology*, *Xi'an* 710055, *China*;
2. *Ruixin Institute of Beijing Institute of Technology*, *Beijing* 102488, *China*)

Abstract: In order to explore the leakage law of natural gas pipelines and define the influence of natural gas jet fire radiation and explosion overpressure, the natural gas leakage amount and leakage rate were determined based on the Gaussian plume large - hole leakage model, and the SHELL jet fire model and TNT equivalent explosion model were used to simulate and analyze. Radiation intensity radius of jet fire and overpressure radius of late explosion under different working conditions. Through the analysis of the simulation results of the example, it is shown that the size of the natural gas leakage aperture and the stability of the atmospheric environment, the former has a more significant effect on the natural gas fire. The fire damage level and the degree of environmental damage can be defined by referring to the fire damage threshold table. The PHAST platform can comprehensively and intuitively simulate the intensity and scope of natural gas leakage fires, and the results can provide corresponding references for on - site safety assessment and the formulation of pipeline fire emergency plans.

Key words: natural gas leakage; jet fire; steam cloud explosion; simulation

(上接第 48 页)

Research on High - speed Railway Meteorological Disaster Risk Analysis Method based on Monitoring Data Mining

BAO Yun[1], GAO Ge[2], LI Yaqun[3], MA Zhen[1] and CHEN Zhonglei[3]
(1. *Institute of Electronic Computing Technology*, *China Academy of Railway Sciences Group Co.*, *Ltd*, *Beijing* 100081, *China*; 2. *China Meteorological Administration*, *National Climate Centre*, *Beijing* 100081, *China*; 3. *Beijing Jingwei Information Technologies Co. Ltd.*, *Beijing* 100081, *China*)

Abstract: Meteorological disaster risk assessment plays an important guiding role in high - speed railway meteorological disaster prevention. Based on the analysis of the main meteorological factors affecting the operation of high - speed railway, the index system of high - speed railway meteorological disaster risk analysis is studied, including the risk of disaster causing factors, the sensitivity of disaster pregnant environment, the exposure and vulnerability of disaster bearing body, and the ability of disaster prevention and mitigation. The risk assessment methods of high - speed railway meteorological disasters with multiple and single disasters are discussed. Taking the wind disaster risk evaluation as an example, the risk assessment index system of wind disaster is established, and the wind risk is studied based on entropy weight method. On this basis, the wind risk is analyzed by weighted comprehensive evaluation method. Combined with the wind monitoring data of specific lines, the wind risk of corresponding lines is studied, and the risk zoning is carried out. Compared with the railway meteorological disaster risk assessment based on the data of meteorological department, the risk assessment based on the monitoring data of railway meteorological elements reflects the temporal and spatial characteristics of meteorological elements more carefully, and can better represent the characteristics of meteorological disasters along the railway. The research can provide reference for the prevention and control of high - speed railway meteorological disasters.

Key words: meteorological disaster; high - speed railway; safety; risk; evaluation