

高速公路桥梁运营风险与隐患治理体系研究

杨建良

(上海沪杭路桥实业有限公司, 上海市 201600)

摘要: 为有效提升高速公路桥梁运营安全水平,旨在构建一套系统化的风险防控与隐患排查治理体系,以防重特大安全事故发生,保障桥梁长期安全服役。通过以某高速公路桥梁为例,首先将运营风险源归纳为桥梁结构、交通安全、运行环境、自然条件与管理5大类别,采用LCD(life cycle design)评价法对各风险源进行定级评估并制定分级管控措施。在此基础上,建立动态隐患治理机制,明确各类风险的排查频次与响应流程,最终形成覆盖“风险辨识—评估管控—隐患排查—治理反馈”全过程的闭环管理体系。实践证明,该体系的实施有助于实现桥梁运营风险的前瞻性防控与隐患的精准治理,显著提升养护管理效能,从而延长桥梁使用寿命,并为同类桥梁的安全运维提供参考。

关键词: 风险源辨识; 风险评估; LCD评价法; 隐患排查; 动态管控

中图分类号: U418; TU997

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2026)08-0309-06

Research on Operational Risk and Hidden Danger Management System of Expressway Bridges

YANG Jianliang

(Shanghai Hu-Hang Road Bridge Industrial Co., Ltd., Shanghai 201600, China)

Abstract: To effectively enhance the operational safety level of expressway bridges, the aim is to establish a set of systematic risk prevention and control and hidden danger investigation and governance system to prevent the major safety accidents and ensure the long-term safe service of bridges. Taking an expressway bridge in Shanghai as an example, the operational risk sources are classified into five categories, such as bridge structure, traffic safety, operational environment, natural conditions and management. The LCD evaluation method is adopted to grade and assess each risk source and formulate the graded control measures. On this basis, a dynamic hidden danger governance mechanism is established to clarify the investigation frequency and response process for various risks. Eventually, a closed-loop management system covering the entire process of “risk identification - assessment and control - hidden danger investigation - governance feedback” is formed. The practice has proved that the implementation of this system is conducive to the forward-looking prevention and control of bridge operation risks and the precise governance of hidden dangers, significantly improving the efficiency of maintenance and management, thereby extending the service life of bridges and providing a reference for the safe operation and maintenance of similar bridges.

Keywords: identification of risk source; risk assessment; LCD evaluation method; hidden hazard investigation and inspection; dynamic supervision and control

0 引言

桥梁是现代城市交通网络建设发展过程中的重要构筑物,随着大跨度、复杂新结构、新材料、新工艺桥梁的不断兴建,在其运营阶段由于结构原因、自然灾害、突发事件、人为因素等某一或多个原因造成的结构受损会使桥梁在后续服役期间产生极大的安全风险。一旦发生桥梁安全事故,不仅会影响来

往车辆的正常通行,还会给社会发展造成不可预估的经济损失^[1-4]。因此,迫切需要对桥梁工程展开深入细致、制度化、程序化的风险评估工作,建立科学合理的桥梁安全风险评价指标体系,制定与风险源相应的风险控制措施,以降低其发生安全事故的概率、减少经济损失以及人员伤亡。

在风险源辨识方面,彭浪鸣^[5]从结构性因素、人为因素、气候因素、地形地质因素、地震和水毁因素5个方面归纳了山区长大桥梁运营阶段的常见风险源。申建红^[6]通过调研国内桥梁事故数据,对南方地区桥梁进行了运营安全事故致因风险因素辨识汇总。

收稿日期: 2026-01-04

作者简介: 杨建良(1989—),男,学士,工程师,从事高速公路养护工作。

在风险评估方面,刘仕顺^[7]综合考虑风险发生概率和所造成的损失,结合层次分析法构建了一套在役桥梁风险量化分析及等级评定方法。Wei^[8]提出基于改进 TOPSIS 运营阶段风险评估模型,并分析影响评估结果的因素差异与变化。刘健锋^[9]利用事故因果关系理论和层次分析法,提出一个结合桥梁运营风险特征的安全评级指标体系。项琴^[10]对山区高速铁路桥梁风险情况进行研究,提出基于模糊贝叶斯网络的山区高速铁路桥梁运营风险评估模型。林晶^[11]通过层次分析法对风险源进行层次分解,再通过重要度分析方法得到不同风险源的重要度,根据重要度排序采取预防措施。

在风险管控与隐患排查方面,杨培东^[12]从运营管理与主动防控两方面提出风险防控措施,并构建桥梁风险防控策略库。李君强^[13]明确了不同管养策略的实施阶段,建立了城市桥梁运营期针对典型风险的中长期处置制度。段洪琳^[14]从交通事故、桥墩撞击、恶劣天气、桥梁结构异常和地质灾害 5 个方面建立桥梁运营期安全风险预警指标体系。杨勇^[15]从桥梁结构设计隐患角度出发,运用 BESO 方法给出优化后的桥梁隐患排查措施。刘馥齐^[16]分析山区公路安全隐患特点,提出山区公路交通安全隐患排查分级管控体系总体架构。

可以看出,目前已有较多学者从多个角度层面对桥梁运营期风险评估、辨识与管控展开了充分的研究。但大多针对其中的某一方面,针对桥梁结构从发现并划分风险源、展开风险评估与研判、制定对应措施到后续的隐患排查、隐患消除的全过程性制度体系的研究相对较少。该系统性制度体系的有效建立,可为桥梁运营期内提供科学化、信息化的管养技术依据,使桥梁管养工作高效化,很大程度上减少或规避桥梁运营阶段风险事故的发生,对于提升高速公路桥梁管养单位应急突发处理能力具有重大的工程意义。

本文主要从风险管控与隐患治理两个维度开展研究,首先将桥梁常见风险源划分为桥梁结构、交通安全、运行环境、自然条件与管理 5 类,并进行各风险源的风险评估与分级管控工作,结合智慧化技术进行动态监控与智能预警;其次,根据相应风险辨识结果进行隐患治理制度的拟定,明确排查周期与措施;最后,通过建立排查结果后评价体系,确保治理体系稳定有效地实施,保障桥梁结构运行安全。

1 风险管理体系

1.1 风险源辨识

风险源辨识应当范围覆盖桥梁运营段的全部区域,并考虑正常、异常和紧急 3 种状态及过去、现在和将来 3 种时态。其中,对辨识过程中发现新增风险或风险异常变化的情况,应及时组织专项风险评估或应急风险评估;巡检中发现清单中风险出现异常变化,或出现清单或手册中没有的疑似风险时,立即报部门负责人和项目部分管安全负责人,现场初步确认后及时报分中心,列入风险源清单;若发现清单中风险已消除或明显减小,报部门负责人,各次评估结果报分中心审核。

1.1.1 风险源分类

本文以上海某高速公路桥梁运营环境为工程背景,为便于桥梁管养人员风险源辨识工作,提高不同风险辨识的效率,结合工程实际,将常见典型风险源分为桥梁结构风险、交通安全风险、运行环境风险、自然条件风险和管理风险共五类,如表 1 至表 6 所示,其他类型或环境下的桥梁可参照执行。

表 1 上部结构风险源辨识表

序号	结构形式	风险源	可能导致的风险
1	混凝土主梁 (空心板、 T 梁、箱梁)	蜂窝麻面	影响结构耐久性
2		空洞孔洞	影响结构耐久性
3		破损、锈胀露筋	影响结构耐久性、交通事故、人员伤亡
4		结构性裂缝	结构损伤,产生次生事故
5		跨中下挠	结构损伤,产生次生事故
6		铰缝损坏	结构损伤,产生次生事故
7		横隔板破损、锈胀露筋	结构损伤,产生次生事故
8		湿接缝损坏	结构损伤,产生次生事故
9		支座病害	结构损伤,产生次生事故
10		涂层病害	影响结构耐久性
11		焊缝裂纹	结构损伤,产生次生事故
12		螺栓断裂	结构损伤,产生次生事故
13		钢板裂纹	结构损伤,产生次生事故
14		支座病害	结构损伤,产生次生事故

1.1.1.1 桥梁结构风险

上部结构和下部结构风险源辨识分别如表 1 和表 2 所示。

1.1.1.2 交通安全风险

交通安全风险源辨识如表 3 所示。

1.1.1.3 运行环境风险

运行环境的风险源辨识如表 4 所示。

表2 下部结构风险源辨识表

序号	位置	风险源	可能导致的风险
1	桥墩	裂缝	结构损伤,产生次生事故
2		蜂窝麻面	影响结构耐久性
3		空洞孔洞	影响结构耐久性
4	桥台	破损、锈胀露筋	影响结构耐久性,产生次生事故
5		破损、锈胀露筋	影响结构耐久性,产生次生事故
6		裂缝	结构损伤,产生次生事故
7	基础	侧墙外倾	结构损伤,产生次生事故
8		冲刷掏空	结构损伤,产生次生事故
9		不均匀沉降	结构损伤,产生次生事故

表3 交通安全风险源辨识表

序号	位置	风险源	可能导致的风险
1	桥面铺装	横向开裂	结构损伤
2		纵向开裂	结构损伤
3		坑槽	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
4		车辙、拥包	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
5	伸缩缝	伸缩缝高差	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
6		现浇带破损	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
7		伸缩缝堵塞	结构损伤
8		型钢断裂、锈蚀	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
9	防撞墙	破损、锈胀露筋	交通事故、人员伤亡、财产损失
10		竖向裂缝	交通事故、人员伤亡、财产损失
11	标志标线	标志缺失、破损	交通事故、人员伤亡、财产损失
12		防眩板破损	交通事故、人员伤亡、财产损失
13		基座锈胀露筋	交通事故、人员伤亡、财产损失
14	排水设施	排水系统堵塞	交通事故、人员伤亡、财产损失
15	附属设施	防落网、声屏障破损	交通事故、人员伤亡、财产损失
16	桥梁涉铁段	机动车坠落	交通事故、人员伤亡、财产损失
17		高坠风险	交通事故、人员伤亡、财产损失
18		防抛网掉落	交通事故、人员伤亡、财产损失

表4 运行环境风险源辨识表

序号	风险源	可能导致的风险
1	车辆撞击或刮擦护栏	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
2	重车发生侧翻等事故	交通事故、人员伤亡、财产损失
3	交通事故引发火灾	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
4	交通事故引发化学泄漏	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
5	交通事故引发爆炸	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
6	超高车辆驶过撞击桥梁	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
7	安全保护区破坏事故	交通事故、人员伤亡、财产损失

1.1.1.4 自然条件风险

自然条件风险源辨识如表5所示。

表5 自然条件风险源辨识表

序号	风险源	可能导致的风险
1	极端自然灾害:地震、洪水等	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
2	极端天气:强降雨、降雪等	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
3	极端低温:路面结冰	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
4	极端高温:车辆自燃,路面鼓包车辙引发车祸	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
5	氯离子结构腐蚀	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤

1.1.1.5 管理风险

管理风险源辨识表如表6所示。

表6 管理风险源辨识表

序号	风险源	可能导致的风险
1	桥梁巡检管理	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
2	桥梁附属设施管理	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
3	通行车辆超载管理	交通事故、人员伤亡、财产损失、结构损伤
4	现场养护作业	交通事故、人员伤亡、财产损失
5	其他管理风险	人员伤亡

1.1.2 风险源辨识步骤

桥梁风险辨识是在对资料进行调查研究和统计分析的基础上,横观桥梁涉及的各方面,纵观桥梁的全生命周期过程,运用系统论,对潜在的各种风险源进行分类。将可能会对桥梁运营使用造成不利影响的各种因素分类列举出来,按其影响能力的大小找出桥梁存在或潜在的主要风险因素,并对其排列顺序,具体步骤如图1所示。

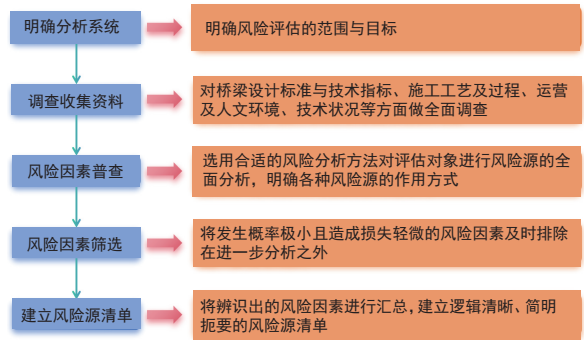


图1 风险源辨识流程

1.2 风险评估

本文采用LCD评价法对桥梁设施及作业活动区域进行风险评估。LCD评价法主要是以与系统危险性有关的两种因素指标值之积来评价系统人员伤亡危险的大小^[17]:

$$D = L \times C \tag{1}$$

式中: L 为发生事故的可能性大小; C 为发生事故产生的后果; D 为风险等级。对应判断标准如表7至表9所示。

表7 发生事故的可能性大小(L)			
序号	可能性级别	发生的可能性	分数值
1	极高	极易	(9,10]
2	高	易	(6,9]
3	中等	可能	(3,6]
4	低	不大可能	(1,3]
5	极低	极不可能	(0,1]

表8 发生事故产生的后果(C)			
序号	后果严重程度等级	事故等级	分数值
1	特别严重	特别重大	10
2	严重	重大	5
3	较严重	较大	2
4	不严重	一般	1

表9 风险等级划分(D)		
D值	危险程度	风险等级
(55,100]	极其危险,不能继续作业	重大
(20,55]	高度危险,要立即整改	较大
(5,20]	一般风险,需要整改	一般
(0,5]	低风险,需要注意	较小

需要注意的是,一种风险事态发生后往往会产生多种损失,当风险产生的各种损失中的其中一种风险等级取值在重大风险等级区间内,那么该风险等级的取值即为该数值,该风险即为重大风险。当风险产生的各种损失的所有风险等级取值均不大于55,则该风险等级的取值为风险产生各种损失风险等级取值之和。

1.3 风险分级管控

依据LCD法对五类常见风险源进行等级划分后,针对不同风险等级,给出对应的管控措施。

1.3.1 较小风险源管控措

(1)例行检查:定期进行常规检查,确保风险维持在可控范围内。

(2)记录跟踪:详细记录较小风险项目,并定期复查更新。

1.3.2 一般风险源管控措施

(1)例行检查:定期进行常规检查,确保风险维持在可控范围内。

(2)预防维护:采取预防性维护措施,减少风险发生的概率和影响。

(3)记录跟踪:详细记录一般风险项目,并定期复查更新。

1.3.3 较大风险源管控措施

(1)专项检查:增加专项检查频次,及时发现和处理潜在问题。

(2)加强维护:实施有针对性地维护和修复措施,降低风险水平。

(3)预警机制:建立风险预警机制,提前预警可能的风险变化。

(4)应急预案:制定针对较大风险的应急预案,确保一旦风险升高能够迅速响应和处理。

1.3.4 重大风险源管控措施

(1)立即整改:对重大风险隐患,采取紧急整改措施,确保风险得到及时控制。

(2)封闭管理:必要时,对存在重大风险的桥梁或桥梁部分进行封闭,禁止通行。

(3)重点监控:实施全天候监控,实时监测重大风险部位的变化情况。对于已设置健康监测系统的长大桥结构,后期持续对系统进行维护优化,保证监测数据采集的稳定性;对于还未设置且存在较大风险源的桥梁,提高专项检查频率,加强对于结构关键部位与隐患点的监测。

(4)应急响应:启动应急响应预案,配备应急物资和人员,确保风险失控时能够迅速采取有效措施。

1.4 风险动态管控与监控预警

1.4.1 风险动态管控

风险动态管理是运营阶段的必要组成部分,基本过程主要包括风险识别、风险评价、风险控制,遵循PDCA循环控制原理,如图2所示,即计划(plan)、执行(do)、检查(check)和处理(act):

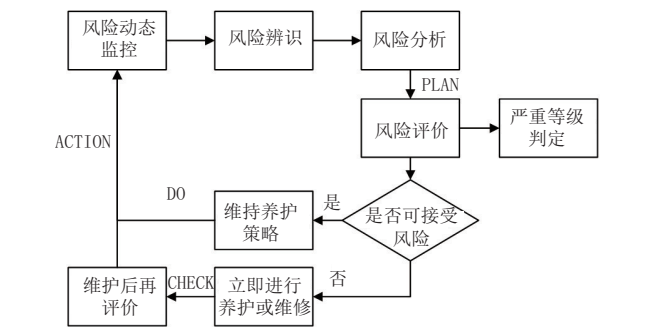


图2 风险动态控制管理循环系统图

风险动态管理体系的运行主线是风险控制过程,要进行安全风险控制,首先要对所有运营期内可能存在的安全风险源进行识别,然后评价每种安全风险源的风险等级,再确定出其中的不可承受风险(即重大风险),而后针对所有风险源编制防范措施,并且对不可承受风险进行动态监控。在风险监控过

程中应定期或及时评审和更新风险源辨识、风险评价和控制措施的信息,这个过程是不断循环和持续改进的。

1.4.2 监控预警机制

桥梁动态监控预警系统由传感器网络、数据采集与传输系统、数据处理与分析平台和预警系统等板块组成。具体监控关键参数可包含关键部位的应变与应力、振动频率与幅值、位移与变形、温度与湿度、腐蚀与损伤等。具体的监控响应程序如图 3 所示。

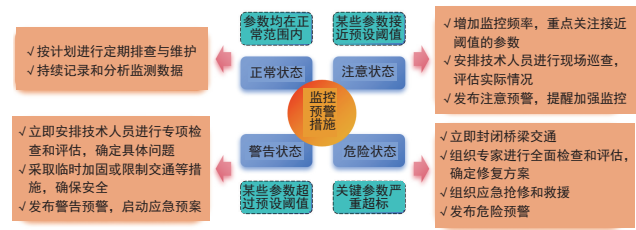


图 3 桥梁监控预警措施

2 隐患排查机制

2.1 隐患排查频次

桥梁隐患排查可分为日常排查、定期排查与专项排查 3 类,根据不同的风险等级与类别,制定不同的周期频率。需要注意的是,排查周期应结合实际工程与风险等级变更情况进行及时的更新调整。

2.1.1 日常排查

为便于工作开展与现场效率提高,日常排查形式与内容应与桥梁日常巡查工作紧密结合,频率按照每天一检的周期确定,组织班组进行现场排查。

2.1.2 定期排查

定期排查频率按照不同风险类别进行拟定,如表 10 所示。该频率为工程项目各部门沟通协作拟定,在风险类别全覆盖基础上,旨在完善现场可实施性,提高工作效率,类似工程可参考执行,建议结合具体情况进行灵活调整。

2.1.3 专项排查

专项检查频率采用不定期排查模式,根据特殊情况(如极端天气、地质灾害、重大活动、交通事故等),按照隐患排查清单对桥梁结构、交通安全、运行环境、自然条件、管理 5 个方面组织班组进行全方位排查。

2.2 隐患治理措施

根据桥梁具体风险源辨识清单,结合现场隐患排查情况,制定隐患治理措施,对隐患及时进行治疗。对于一般隐患,由公司对应业务部门或有关人

表 10 桥梁定期排查周期与频率

风险类别	风险等级	排查周期
桥梁结构风险	较小风险	1 个月
	一般风险	2 个周
	较大风险	1 个周
	重大风险	1 d
交通安全风险	较小风险	1 个月
	一般风险	2 个周
	较大风险	1 个周
	重大风险	1 d
运行环境风险	较小风险	1 个季度
	一般风险	1 个月
	较大风险	1 个周
	重大风险	1 d
自然条件风险	较小风险	1 个季度
	一般风险	1 个月
	较大风险	1 个周
	重大风险	1 d
管理风险	较小风险	半年
	一般风险	1 个季度
	较大风险	1 个月
	重大风险	1 d

员立即组织整改。对于重大隐患,由公司主要负责人组织制定并实施隐患治理方案。治理完成后,对治理情况进行验证和效果评估。

3 隐患治理后评价

针对实施桥梁风险管理与隐患排查综合治理制度的项目,应当及时对其排查治理措施进行有效性后评价,以此保证隐患治理的及时性。以上海某高速公路桥梁 2024 年度隐患治理为例,后评价结果如表 11 至表 13 所示。

根据排查结果可以看出,共评价出一般隐患共计 4 545 项,评价出重大隐患 0 项,经采取相应的隐患排查治理措施共消除一般隐患计 4 512 项,重大隐患 0 项。现有的桥梁风险管理和隐患排查管控措施可以将有害因素逐一消灭于萌芽状态,严格落实各项控制措施,能有效控制绝大多数因种种原因而忽略的细节问题,对此进行细致补充控制各项措施,继而杜绝了事故发生。

4 结 语

(1) 本文将高速公路桥梁运营风险源归纳为桥梁结构、交通安全、运行环境、自然条件与管理五大类,采用 LCD 评价法实现风险量化分级,显著提升了风险辨识的准确性与分级管控的针对性;(2) 构建了

表 11 桥梁隐患治理后评价				单位:个
评价指标		评价结果		
一级指标	二级指标			
桥梁结构	混凝土结构破损、露筋修补	经排查情况良好,防控措施到位		
	钢组件除锈、涂层修补			
	铰缝病害处理			
	支座病害治理			
	桥墩定期检测			
	桥台定期检测			
交通安全	基础定期检测	经排查情况良好,防控措施到位		
	交通标志标线管理			
	桥面破损修补			
	防撞护栏结构修补			
	伸缩缝结构检测			
运行环境	上跨铁路隐患排查	经排查情况良好,防控措施到位		
	桥下空间定期检查			
	交通流量监测			
	船只碰撞预防			
	超高车辆撞击预防			
自然条件	安全保护区定期检查	经排查情况良好,防控措施到位		
	环境监测			
	极端温度监测			
管理	灾害性天气监测与防控	经排查情况良好,防控措施到位		
	桥梁巡检管理			
	桥梁附属设施管理			
	现场养护作业与维护管理			
	大件运输与养护资金管理			
	应急预案与人员培养管理			

表 12 桥梁隐患治理清单(大桥及特大桥)						单位:个
风险类别	隐患数量					
	已发现		已整改		剩余量	
	一般	重大	一般	重大	一般	重大
桥梁结构	1 411	0	1 411	0	0	0
交通安全	1 108	0	1 108	0	0	0
运行环境	15	0	15	0	0	0
自然条件	9	0	9	0	0	0
管理	4	0	4	0	0	0

表 13 桥梁隐患治理清单(中小桥)						单位:个
风险类别	隐患数量					
	已发现		已整改		剩余量	
	一般	重大	一般	重大	一般	重大
桥梁结构	1 033	0	1 000	0	33	0
交通安全	888	0	888	0	0	0
运行环境	50	0	50	0	0	0
自然条件	20	0	20	0	0	0
管理	7	0	7	0	0	0

覆盖“风险辨识—评估管控—隐患排查—治理反馈”全过程的闭环管理体系,结合动态监控与智能预警,实现对运营风险的动态管控与隐患的精准治理。实践表明,该体系显著提升养护管理效能,有效降低事故概率,保障桥梁长期安全运行,可为同类桥梁安全运维提供系统化参考。

参考文献:

[1] 高鹏飞.高速公路简支桥梁施工技术及安全风险评估[J].黑龙江科学,2023,14(8):153-155.

[2] Zenonas K. Risk of accidents due to vehicle bridge collision: Safety, Risk Reliability-Trends in engineering. International Association for Bridge and Structural Engineering[C]//31th Meeting of the IABSE. Malta: Valletta, 2001: 1-13.

[3] Ehrfried K. Priorities in earthquake upgrading of existing inventories: Safety, Risk Reliability-Trends in engineering. International Association for Bridge and Structural Engineering[C]//31th Meeting of the IABSE. Malta: Valletta, 2001: 76-88.

[4] 侯俊杰.公路桥梁养护中安全隐患预防研究[J].四川建材,2023,49(8):246-248.

[5] 彭浪鸣,秦健淇.山区长大桥梁运营阶段风险源的辨识[J].四川建材,2024,50(5):233-235.

[6] 申建红,张静,张宇馨,等.基于数据驱动贝叶斯网络的桥梁运营事故风险分析[J].沈阳大学学报(自然科学版),2023,35(6):535-543;550.

[7] 刘仕顺,彭文星,王勇平,等.在役桥梁风险评估方法及其工程应用[J].广东公路交通,2025,51(3):23-28;35.

[8] Sen Wei, Yanping Li, Hanqing Yang, et al. A comprehensive operation and maintenance assessment for intelligent highways: A case study in HongKong-Zhuhai-Macao Bridge[J]. Transport Policy, 2023, 142: 84-98.

[9] 刘健锋,韦勇克,刘远锋,等.基于安全设防等级划分与模糊层次分析的桥梁运营安全评价[J].公路交通科技,2020,37(10):107-117.

[10] 项琴,李远富,朱宏伟.基于模糊贝叶斯网络的山区高速铁路桥梁运营风险评估[J].铁道标准设计,2014,58(11):76-80.

[11] 林晶,肖汝诚.大跨度混合梁斜拉桥耐久性失效风险评估[J].同济大学学报(自然科学版),2015,43(3):364-370.

[12] 杨培东,王月佳,戴义博,等.桥梁运营典型场景安全风险管控策略研究[J].交通工程,2024,24(1):94-100.

[13] 李君强,张保山,王森森.城市桥梁典型病害与运营风险管控[J].城市道桥与防洪,2022(10):1-5;9.

[14] 段洪琳,邹晓芳,杨德元,等.桥梁运营安全风险源辨识及预警指标体系研究[J].交通工程,2021,21(1):80-85.

[15] 杨勇,李航.桥梁设计隐患问题与排查措施研究[J].运输经理世界,2023(18):87-89.

[16] 刘馥齐.山区公路运营期交通安全隐患排查体系研究[J].运输经理世界,2024(5):130-132.

[17] 王景哲,李佳.基于LCD指标体系法的广西山区公路路堑高边坡工程施工安全总体风险评估研究[J].中国储运,2024(8):130-132.