



T/CECS G: XXXX: 2025

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

缆索体系桥梁运营期风险评规程

(送审稿)

Specification for operational risk assessment for Cable Systems
Bridges

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

(空白)

征求意见稿

中国工程建设标准化协会标准

缆索体系桥梁运营期风险评估规程

Specification for operational risk assessment for Cable Systems
Bridges

T/CECS G: XXXX: 2025

主编单位：中路高科交通检测检验认证有限公司

发布机构：中国工程建设标准化协会

实施日期：2026年XX月XX日

人民交通出版社股份有限公司

北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2015 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2015]044 号）的要求，由中路高科交通检测检验认证有限公司承担《公路缆索体系桥梁运营期风险评估标准》（以下简称“本标准”）的制订工作。

编制组贯彻执行国家和交通运输部有关技术政策，在全面总结缆索体系桥梁运营期风险评估实践经验和相关科研成果的基础上，以完善缆索体系桥梁运营期风险评估的整个流程及要求为核心，完成了本标准的编写工作。

本标准分为 6 章、2 篇附录，主要内容包括：1 总则、2 术语和符号、3 基本规定、4 风险辨识、5 风险等级评定、6 风险应对、附录 A 公路缆索体系桥梁风险清单、附录 B 桥梁运营期风险评估报告内容及格式。

本标准由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由中路高科交通检测检验认证有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本标准日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或***（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；传真：001-81036542；电子邮箱：Guhuaji_ZL@163.com），以便修订时研用。

主 编 单 位：中路高科交通检测检验认证有限公司

参 编 单 位：北京交通大学

江苏苏通大桥有限责任公司

广东省公路建设有限公司

烟台市公路事业发展中心

主 编：宿 健

主要参编人员：

主 审：李春风

参与审查人员：周可夫 聂良涛 严 琨 李鹏飞 张铁军 李 艳

参 加 人 员：

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 基本规定	4
3.1 一般规定	4
3.2 运营期风险评估工作程序	5
4 风险辨识	6
4.1 一般规定	6
4.2 资料收集与分析	6
4.3 现场补充调查	7
4.4 形成单座桥梁风险源清单	8
5 风险等级评定	10
5.1 一般规定	10
5.2 评定方法	12
5.3 评定内容	16
6 风险应对	22
6.1 一般规定	22
6.2 风险应对措施建议	23
附录 A 公路缆索体系桥梁风险清单（规范性附录）	33
附录 B 桥梁运营期风险评估报告内容及格式（规范性附录）	38

1 总则

1.0.1 为规范公路缆索体系桥梁运营过程中的风险评估工作，提高桥梁养护管理与运营安全保障水平，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于公路斜拉桥和悬索桥运营期过程的风险评估，不适用于中、下承式吊杆拱桥、公铁两用斜拉桥和悬索桥的公路部分。

1.0.3 缆索体系桥梁运营期风险评估指标参数的获取采用资料收集分析与现场补充调查相结合的方法。

1.0.4 缆索体系桥梁运营期风险等级评定采用分层综合评定与单项指标控制相结合的方法。

1.0.5 缆索体系桥梁运营期风险评估的技术资料宜归入桥梁养护技术档案和公路桥梁管理系统。

1.0.6 缆索体系桥梁的风险评估除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 缆索体系桥梁运营期风险评估 risk assessment of cable system bridge during operation period

以缆索体系桥梁运营期为时间界限,通过系统化的方法识别、分析和评价可能影响其持续运营的潜在风险,评估这些风险发生的可能性、后果严重程度,并制定相应的应对防控措施。

2.1.2 评估等级 assessment level

按照一定方法和程序,针对缆索体系桥梁开展运营期风险评估得到的结果等级,分为 I 级、II 级、III 级、IV 级。

2.1.3 风险等级 risk level

按照一定方法和程序,针对缆索体系桥梁开展运营期风险评估得到的结果等级其对应的风险,分为低风险、中风险、较高风险、高风险。

2.1.4 风险评估表征指标 risk assessment characterization indicators

表征缆索体系桥梁某种状态和条件,用于评估特征指标各分项参数的指标。

2.1.5 风险评估特征指标 risk assessment characteristic indicators

表征风险评估指标中某项分类特征的指标,用于计算评估指标水平。

2.1.6 风险评估指标 risk assessment indicators

用于评价桥梁总体风险评估结果的分项指标,包括结构状态、桥位及地质条件、运营及气象环境、风险管理。

2.2 符号

$DVEI_i$ ——风险评估表征指标扣分值;

V_i ——风险评估表征指标评价标度;

$CIDV_j$ ——风险评估特征指标扣分值；

$SRAI_k$ ——运营期风险评估指标得分值；

\overline{SRAI} ——运营期各风险评估指标得分加权平均值；

D_r ——缆索体系桥梁总体风险等级评定得分值；

α ——防控措施贡献度系数。

征求意见稿

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 缆索体系桥梁在运营期应开展运营期风险评估，新建或改扩建缆索体系桥梁宜在建成通车前开展一次桥梁运营期风险评估工作。

3.1.2 缆索体系桥梁风险评定等级分为 I 级、II 级、III 级、IV 级，分别对应低风险、中风险、较高风险、高风险四个风险等级。

3.1.3 缆索体系桥梁宜3年进行一次风险评估，符合下列情况时应提高开展风险评估工作的频率：

1 缆索体系桥梁周边环境发生显著变化，使表征指标标度发生变化时，应在当年开展一次桥梁风险评估工作。

2 缆索体系桥梁风险等级评定为III级及以上的桥梁，在风险防控措施实施完成后应重新进行评估。

3.1.4 缆索体系桥梁管养单位应委托具有相应技术能力的专业机构开展风险评估工作。

3.1.5 缆索体系桥梁运营期风险评估工作由资料调查、资料梳理、现场补充调查、风险辨识、风险等级评定、风险应对建议等组成，包括下列内容：

1 资料调查：调查结构资料、桥位资料、运营资料、气象资料、管理文件、防控资料等。

2 资料梳理：根据风险评估需要及已有资料，梳理评估所需指标参数，以及尚需现场补充调查的指标参数。

3 现场补充调查：对尚需现场补充调查的指标参数制定调查或检测方案，开展现场调查或检测，获取相应结果。

4 风险辨识：根据资料收集分析和现场补充调查结果对照风险辨识清单开展风险辨识。

5 风险等级评定：根据风险等级评定方法进行缆索体系桥梁运营期风险评分

和评级。

6 风险应对建议：根据风险辨识结果和评估结果，提出针对性的防控措施建议。

3.1.6 缆索体系桥梁风险评估所需技术参数选取宜遵循下列原则：

1 检查、检测、观测、调查等得到的技术资料宜选用最新的资料作为评价依据。

2 桥梁结构参数、周边环境参数、水文条件参数、地质条件参数等宜按设计资料取用，资料缺失或相关参数与原设计相比发生显著变化时，可结合资料调查和现场检测资料综合判定。

3.1.7 经风险辨识存在火灾、风灾、地震、地质灾害、船舶撞击等主控因素的缆索体系桥梁，除按本标准开展风险评估外，还应按照相应标准对特定的风险场景开展专项风险评估或验算。

3.2 运营期风险评估工作程序

3.2.1 缆索体系桥梁运营期风险评估应按图3.2.1的流程进行。

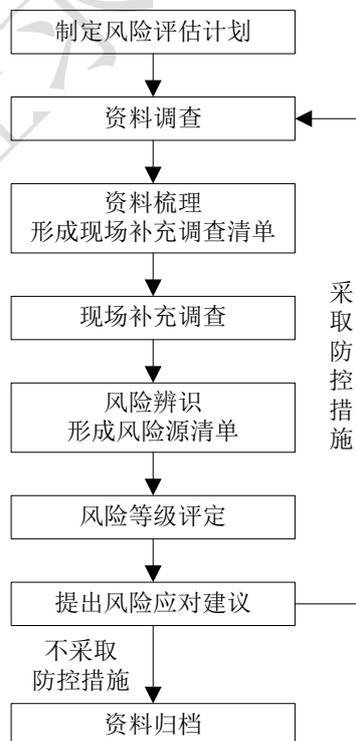


图 3.2.1 缆索体系桥梁运营期风险评估工作流程

4 风险辨识

4.1 一般规定

4.1.1 风险辨识过程应由资料收集、分析和现场调查组成。

4.1.2 本标准规定了公路缆索体系桥梁风险源清单，具体清单详见附录 A。

4.2 资料收集与分析

4.2.1 风险辨识前应收集建设期资料、运营期资料、风险普查资料，以及其他必要资料。

4.2.2 建设期资料应包括下列内容：

- 1 桥梁设计施工图及竣工图。
- 2 防洪、抗风等其他专题研究报告。
- 3 交竣工验收材料。

4.2.3 运营期资料应包括下列内容：

- 1 桥梁初始检查、经常检查、定期检查、特殊检查报告。
- 2 桥梁结构监测系统、监测预警资料。
- 3 大中修和养护工程相关设计、施工、监理、交竣工验收资料。
- 4 近年来受水文、地质、气象及地震等外部环境变化影响等引起的典型突发事件与应急处置情况。
- 5 交通量、车型组成以及交通事故资料。

4.2.4 风险普查资料应包括下列内容：

- 1 公路灾害风险隐患大排查大整治资料。
- 2 高速公路设计回溯资料。
- 3 公路承灾体普查资料。

4.2.5 开展风险评估应将附录 A 中涉及的数据进行分析，获得已有资料清单

及待现场补充调查清单，依据现场补充调查清单开展现场补充调查。

4.3 现场补充调查

4.3.1 桥梁现场补充调查应包括：结构状态，桥位及地质条件，运营及气象环境，风险管理，防控措施。

4.3.2 结构状态参数应包括下列内容，已有资料缺乏时应开展相应现场补充调查：

1 主缆是否渗水，缠丝有无损伤、锈蚀，必要时可以打开涂层和缠丝，检查索股钢丝有无锈蚀、鼓丝、断丝。斜拉索防护套有无裂缝、鼓包、破损、老化变质，螺旋线有无断裂、缺失，必要时可以打开防护套，检查斜拉索的钢丝涂层劣化、破损、锈蚀及断丝情况。

2 锚具是否渗水、锈蚀，是否有锈水流出的痕迹，锚固区是否开裂。必要时可以打开锚具后盖抽查锚杯内是否积水、潮湿，防锈油脂是否结块、乳化失效，锚杯是否锈蚀；锚头是否锈蚀、开裂，墩头或夹片是否异常，锚头螺母位置有无异常。

3 桥塔有无异常变位，桥面线形及结构变位情况，墩、台身、锚碇变位情况。

4 吊索索力和振动有无异常变化。

5 索夹螺杆有无缺失、损伤、松动；索夹有无错位、滑移；索夹面漆有无起皮脱落；密封填料有无老化、开裂；索夹外观有无裂缝及锈蚀；抽检索夹螺杆紧固力。

6 钢主梁焊缝开裂或脱开。

7 钢主梁构件锈蚀、开裂、局部变形或损伤。

8 高强螺栓扭矩力。

9 风荷载或汽车荷载作用时是否有异响。

10 主缆除湿系统风管接头部位、索夹及送气、排气罩端部的封缝是否有空气的泄漏，主缆内部湿度是否符合要求。

11 索塔鞍室、钢箱梁、锚室内部湿度是否符合要求。

12 桥梁机电设备情况。

4.3.3 桥位及地质条件参数应包括下列内容，已有资料缺乏时应开展相应现场补充调查：

- 1 桥梁河床及调治构造物等的调查要求应符合现行《公路桥涵养护规范》（JTG 5120）的规定。
- 2 桥址周边环境应符合现行《公路安全保护条例》的规定。
- 3 桥梁跨越航道、跨线、桥位周边落石等的调查要求应符合现行《公路桥涵养护规范》（JTG 5120）的规定。

4.3.4 运营及气象环境参数应包括下列内容，已有资料缺乏时应开展相应现场补充调查：

- 1 调查依附于桥梁上的管线设施、桥下易燃物、桥下停车场等，避免因设施故障引发火灾。
- 2 通过监控设施确认是否存在超限车辆通行情况。
- 3 冰冻天气下，应对索体积冰进行检查。
- 4 风荷载作用下，梁体或索体的异常振动。

4.3.5 风险管理参数在资料收集分析中发现如下情形时应开展相应现场补充调查：

- 1 资料之间的关键参数存在数据不一致或矛盾。
- 2 现有资料文字表述与管养单位实际管理要求不一致。

4.3.6 防控措施参数应包括下列内容，已有资料缺乏时应开展相应现场补充调查：

- 1 防控方案及执行情况。
- 2 防控措施检测结果。
- 3 防控措施有效性分析及后评价。

4.4 形成单座桥梁风险源清单

4.4.1 对照公路缆索体系桥梁风险源清单，并根据资料收集与分析、现场调查

确定单座桥梁风险源，建立单座桥梁初步风险源清单。

4.4.2 确定单座桥梁初步风险源清单后，可采用调查问卷、电话咨询、会议论证等方式进行论证，论证对象可包括设计人员、施工技术人员、桥梁检测人员、桥梁管理部门代表等，并填写风险源清单论证反馈表。

表 4.4.2 风险源清单论证反馈表

咨询人员信息	姓名		工作单位	
	职务/职称		联系方式	
	从事（工作）专业			
咨询结论	需新增风险源	风险源名称	风险源描述	新增原因
	需删减风险源	风险源名称	风险源描述	删减原因
	需修改风险源	风险源名称	风险源描述	修改原因
		修改前：		
		修改后：		
修改前： 修改后：				

4.4.3 根据初步风险源清单和论证结果，最终形成单座桥梁风险源清单，并根据风险源清单编制评估报告，评估报告内容及格式要求详见附录 B。

5 风险等级评定

5.1 一般规定

5.1.1 缆索体系桥梁运营期风险等级评定包括结构状态、桥位及地质条件、运营及气象环境、风险管理和桥梁总体风险等级评定。缆索体系桥梁运营期风险等级评定应采用分层综合评定与高风险桥梁单向控制指标相结合的方法，先对表征指标进行评定，然后对特征指标进行评定，再对评估指标进行评定，最后对桥梁总体风险等级进行评定。缆索体系桥梁运营期风险等级评定指标如图 5.1.1 所示。

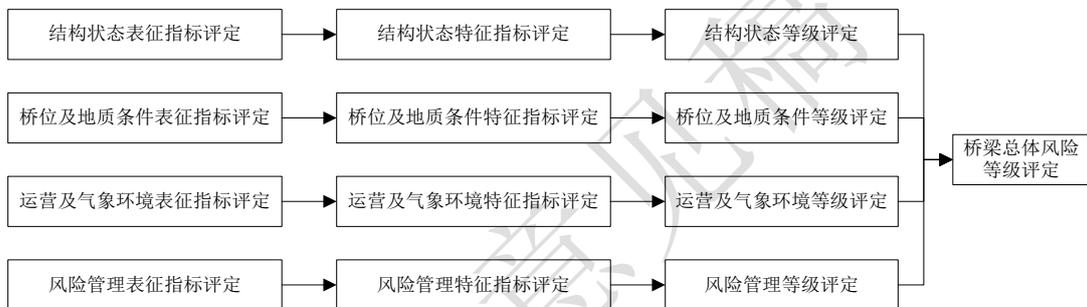


图 5.1.1 缆索体系桥梁运营期风险等级评定指标

5.1.2 缆索体系桥梁运营期风险等级评定以单座缆索体系桥梁为一个评定单元，存在连续多座缆索体系桥梁时应以单座桥梁为单元进行评定单元划分。

5.1.3 结构状态、桥位及地质条件、运营及气象环境、风险管理和桥梁总体风险等级评定结果分为I级、II级、III级、IV级，分别对应低风险、中风险、较高风险、高风险四个风险等级。

表 5.1.3 总体及分项的风险等级评定分类界限表

序号	评定等级	评定得分	风险等级
1	I级	(88~100]	低风险
2	II级	(75~88]	中风险
3	III级	(60~75]	较高风险
4	IV级	60 及以下	高风险

5.1.4 缆索体系桥梁运营期风险等级评定应根据风险辨识结果建立风险源清单

并获得相应数据后方可开展桥梁运营期风险等级评定，从而得到相应分项和总体风险等级评定结果，风险等级评定工作流程如图 5.1.4 所示。

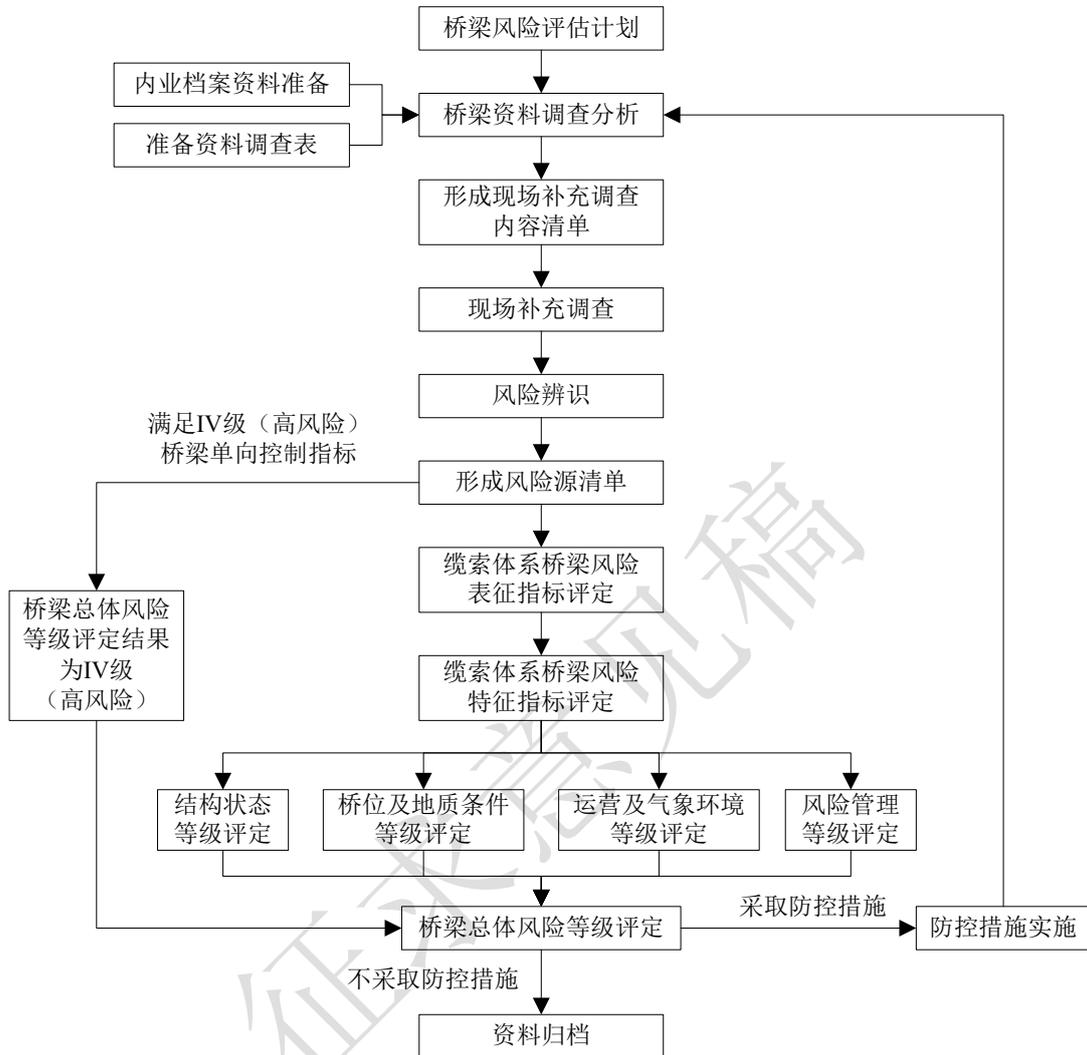


图 5.1.4 缆索体系桥梁运营期风险等级评定工作流程

5.1.5 在缆索体系桥梁运营期风险等级评定时，当满足下列任一情况桥梁总体风险等级应评为IV级，对应高风险。

1 满足《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/TH21）中 5 类桥梁技术状况单项控制指标的任意一项。

2 斜拉索、吊索、主缆索股等缆索承力的任一构件出现内力松弛。

3 桥梁紧邻山体，岩石风化存在坠落风险。

4 桥梁基础位于不稳定坡体。

5 桥梁下穿河流水位长期超过安全运行基准水位。

6 通航河道或洪水期河流有大型漂浮物的河道，桥梁水中索塔、桥墩或其基础未设置相应防撞设施。

7 依附于缆索构件或其附近的景观灯、电缆线等未按要求定期检查维修，存在短路失火风险。

8 桥梁未开展过风险隐患排查或风险评估工作。

条文说明

《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/TH21)中5类桥梁技术状况单项控制指标与缆索体系桥梁相关的情形主要包括：

- 1 悬索桥主缆或多根吊索出现严重锈蚀、断丝。
- 2 斜拉桥拉索钢丝出现严重锈蚀、断丝，主缆出现严重变形。
- 3 悬索桥、斜拉桥索塔基础出现严重沉降或位移；或悬索桥锚碇有水平位移或沉降。
- 4 结构出现明显的永久变形，变形大于规范值。
- 5 桥墩（桥台或基础）不稳定，出现严重滑动、下沉、位移、倾斜等现象。
- 6 扩大基础冲刷深度大于设计值，冲空面积达20%以上。

5.2 评定方法

5.2.1 桥梁运营期风险评估表征指标扣分值按式(5.2.1)计算。

$$DVEI_i = 20 \cdot (V_i - 1) \quad (5.2.1)$$

式中：DVEI_i——第*i*类风险评估表征指标扣分值；

V_i——第*i*类风险评估表征指标评价标度，取1~5。

5.2.2 桥梁运营期风险评估特征指标扣分值按式(5.2.2)计算。

$$CIDV_j = \sum \gamma_i \cdot DVEI_i \quad (5.2.2)$$

式中：CIDV_j——第*j*类风险评估特征指标扣分值；

γ_i——第*i*类风险评估表征指标权重系数。

5.2.3 桥梁运营期风险评估表征指标权重系数按表5.2.3-1~表5.2.3-4取值，不存在的表征指标，权重按照其余指标的比例进行权重重新分配。

表 5.2.3-1 结构状态表征指标权重系数

特征指标	类别 <i>i</i>	表征指标	表征指标权重
技术状况	1	部件或整体技术状况	1.0
缺损状况	2	缆索锈蚀	0.4
	3	钢构件损坏	0.2
	4	下部结构缺损	0.4
功能状况	5	异常振动	0.4
	6	结构变形变位	0.35
	7	索力异常	0.1
	8	索夹滑移	0.15
日常防护	9	除湿系统	0.5
	10	缆索防护	0.5
其他状况	11	构件寿命	0.6
	12	附属设施	0.4

表 5.2.3-2 桥位及地质条件表征指标权重系数

特征指标	类别 <i>i</i>	表征指标	表征指标权重
周边环境	1	《公路安全保护条例》禁止行为	0.5
	2	落石、滑坡	0.3
	3	人类活动	0.2
跨越特征	4	跨越航道	0.5
	5	跨线桥	0.5
水文条件特征	6	河床	0.4
	7	洪水	0.4
	8	河道	0.2
地质条件特征	9	地质条件	1.0

表 5.2.3-3 运营及气象环境表征指标权重系数

特征指标	类别 <i>i</i>	表征指标	表征指标权重
通行特点	1	通行特点	1.0

特征指标	类别 <i>i</i>	表征指标	表征指标权重
火灾风险	2	桥面火灾	0.6
	3	桥下火灾	0.4
气象条件	4	极端气温	0.3
	5	酸雨腐蚀	0.3
	6	异常振动	0.4
使用环境	7	融雪氯盐	0.5
	8	海洋气候	0.5

表 5.2.3-4 风险管理表征指标权重系数

特征指标	类别 <i>i</i>	表征指标	表征指标权重
管养资料	1	结构资料	0.35
	2	桥位资料	0.35
	3	运营资料	0.1
	4	气象记录	0.05
	5	管理文件	0.05
	6	防控资料	0.1
落实成效	7	风险排查	0.25
	8	处治成效	0.4
	9	作业管理	0.25
	10	培训宣传	0.1
应急管理	11	应急机制	0.4
	12	人员物资	0.3
	13	应急预案	0.3
养护设施	14	检修通道	1.0

5.2.4 桥梁运营期风险评估指标等级评定得分值按式 (5.2.4) 计算。

$$SRAI_k = 100 - \sum \theta_j \cdot CIDV_j \quad (5.2.4)$$

式中：SRAI_k——第k类运营期风险评估指标得分值，k = 1~4；

θ_j ——第j类风险评估特征指标权重系数。

5.2.5 桥梁运营期风险评估特征指标权重系数按表 5.2.5 取值。

表 5.2.5 桥梁运营期风险评估特征指标权重系数

运营期风险评估指标	类别j	特征指标	特征指标权重
结构状态	1	技术状况	0.2
	2	缺损状况	0.3
	3	工作状态	0.3
	4	日常防护	0.1
	5	其他状况	0.1
桥位及地质条件	6	周边环境	0.35
	7	跨越特征	0.2
	8	水文条件	0.3
	9	地质条件	0.15
运营及气象环境	10	通行特点	0.2
	11	火灾风险	0.4
	12	气象条件	0.2
	13	使用条件	0.2
风险管理	14	管养资料	0.15
	15	落实成效	0.35
	16	应急管理	0.3
	17	养护设施	0.2

5.2.6 缆索体系桥梁总体风险等级评定得分值按式 (5.2.6-1) 计算。

$$D_r = \alpha \cdot \min\{\min(\text{SRAI}_1, \text{SRAI}_2), \overline{\text{SRAI}}\} \quad (5.2.6-1)$$

式中： D_r ——缆索体系桥梁总体风险等级评定得分值；

SRAI_1 ——第1类运营期风险评估指标得分值，即结构状态得分值；

SRAI_2 ——第2类运营期风险评估指标得分值，即桥位及地质条件得分值；

$\overline{\text{SRAI}}$ ——运营期各风险评估指标得分加权平均值，按式 (5.2.6-2) 计算。

$$\overline{\text{SRAI}} = \frac{\sum_{k=1}^4 \beta_k \cdot \text{SRAI}_k}{\sum_{k=1}^4 \beta_k}$$

(5.2.6-2)

式中： β_k ——运营期风险评估指标权重系数，结构状态权重系数 $\beta_1=1$ ，桥位及地质条件权重系数 $\beta_2=1$ ，运营及气象环境权重系数 $\beta_3=0.7$ ，风险管理权重系数 $\beta_4=0.5$ ；

α ——防控措施贡献度系数，按表 5.2.6 取值。

表 5.2.6 防控措施贡献度系数

序号	分类	系数 α
1	维修处治措施欠妥，增加了新的风险	0.90~0.95
2	经过维修的部分结构及构件技术状况和使用性能仍然持续降低，或病害继续发展、重新出现	0.95~1.00
3	应开展风险防控但未及时开展，或无需采取防控措施	1.00
4	采取了防控措施，但部分失效	1.00~1.05
5	采取了防控措施，效果较好	1.05~1.10

5.3 评定内容

5.3.1 结构状态风险评估指标及分级评定标准见表 5.3.1。

表 5.3.1 结构状态风险评估指标及分级评定标准

特征指标	表征指标	分类	标度
技术状况	部件或整体技术状况	根据最近一次定期检查评定结果，整体技术状况及上下部主要承重构件为 1、2 类	1
		根据最近一次定期检查评定结果，整体技术状况达到 3 类，上下部主要承重构件未达到 4、5 类	3
		根据最近一次定期检查评定结果，整体技术状况达到 3 类，上下部主要承重构件达到 4、5 类	4
		根据最近一次定期检查评定结果，整体技术状况达到 4、5 类	5
缺损状况	缆索锈蚀	缆索钢丝少量锈蚀，钢丝无断裂或个别锚头出现破损、松动或出现不密封现象，但未造成拉索锈蚀	2
		缆索钢丝较多锈蚀或损坏，钢丝断裂，截面出现削弱或较多锚头或锚拉板出现破损、松动或裂缝，锚头锈蚀，锚固区有明显的受力裂缝	3

特征指标	表征指标	分类	标度
		缆索裸露，斜拉桥拉索钢丝出现严重锈蚀、断丝或运营年代达到 10 年以上，较多锚头或锚拉板出现严重破损、松动、裂缝，锚头积水锈蚀严重，锚固区有明显的受力裂缝，且缝宽>0.2mm	4
		拉索断裂或锚头失效	5
	钢构件损坏	高强螺栓扭矩力不满足设计要求	2
		钢桁架腹杆断裂或高强螺栓少量缺失	3
		钢结构存在疲劳裂纹但未裂穿桥面板，或高强螺栓大面积缺失	4
		钢结构存在疲劳裂纹且裂穿桥面板，或出现伸缩缝型钢断裂	5
	下部结构缺损	墩、台或其基础有冲蚀、剥落，面积小于 10%，深度小于 20mm	3
		墩、台或其基础有冲蚀、剥落、露筋，面积超过 10%，钢筋锈蚀	4
		墩、台或其基础冲蚀、剥落严重，桩顶外露或有缩颈、露筋及钢筋锈蚀严重；砌体松动、脱落或变形	5
	工作状况	异常振动	桥梁气动外形发生改变，未设置气动措施或风障
曾发生异常振动事件			4
曾发生异常振动事件，未采取措施或采取措施后无效果			5
结构变形变位		桥墩、索塔、锚碇偏位、主梁下挠超过设计期望值，但能够恢复	3
		桥墩、索塔、锚碇偏位、主梁下挠超过设计期望值，不能恢复，或者持续发展	5
索力异常		索力偏差超过成桥索力的±10%，但未出现梁体异常变形	3
		索力偏差超过成桥索力的±10%，出现梁体异常变形	5
索夹滑移		不符合《公路缆索结构体系桥梁养护技术规范》规定。索夹螺杆应保持紧固力低于安全设计值的 70%	3
		不符合《公路缆索结构体系桥梁养护技术规范》规定。单个索夹螺杆紧固力平均值低于设计值的 70%且出现了索夹处防护体系开裂	4
		不符合《公路缆索结构体系桥梁养护技术规范》规定。索夹出现滑移、主缆防护体系被拉开、吊索索力显著降低	5
日常防护	除湿系统	不符合《公路缆索结构体系桥梁养护技术规范》规定。主缆、索塔鞍室、锚室、钢箱梁中其中之一除湿系统防护内部相对湿度大于 50%	4
		主缆、索塔鞍室、锚室、钢箱梁中其中之一应设置而未设置除湿系统	5
	缆索防护	锚头渗水、黄油失效	3
		主缆防护存在缺陷，聚氨酯腻子开裂	4

特征指标	表征指标	分类	标度
		索体护套破损或滑脱，出现护套内渗水或积水现象	5
其他状况	构件寿命	路桥过渡段不均匀沉降、桥台基础沉降造成跳车严重等可能危及行车安全	3
		存在超过设计使用年限的部件或构件（斜拉索、吊索、支座、伸缩装置等）	4
	附属设施	桥梁机电设施老化，线槽内有积水或电线绝缘层老化、破损	4
		景观装饰等设施坠落或护栏防撞等级不足	5

5.3.2 桥位及地质条件风险评估指标及分级评定标准见表 5.3.2。

表 5.3.2 桥位及地质条件风险评估指标及分级评定标准

特征指标	表征指标	分类	标度
周边环境	《公路安全保护条例》禁止行为	存在《公路安全保护条例》第二章规定的禁止行为任意 1 项	4
		存在《公路安全保护条例》第二章规定的禁止行为任意两项及以上	5
	落石、滑坡	虽临近危岩，但岩体稳定不存在落石风险，或桥梁下部结构所处坡体有防护	3
		临近危岩，存在落石风险或桥梁下部结构所处坡体不稳定或桥梁处于泥石流灾害区	5
	人类活动	管线过桥，有相应的管理措施，且措施有效	2
		存在弃土弃渣堆积、或桥址山体植被滥伐乱垦	3
管线过桥，无相应的管理措施		5	
跨越特征	跨越航道	桥墩处于桥位航区以内，未设置桥梁墩身和基础防漂流物冲击措施、横系梁、台后路基防护等结构不满足需求；或桥墩处于桥位航区以外，但存在碰撞梁体风险	5
	跨线桥	桥下净空虽满足管理要求但仍有剐蹭痕迹	4
		桥下净空不满足管理要求（跨越铁路、公路等）或桥墩距离下穿道路较近	5
水文条件	河床	桥梁基础有局部冲蚀现象，或浅基础存在部分外露但未露出基底，浅基础的冲刷面积小于 10%	3
		河床冲刷深度未大于设计允许冲刷深度，但影响桥梁桩基础埋置深度，或浅基础的冲刷面积大于 10%但小于 20%	4
		河床冲刷深度大于设计允许冲刷深度，且影响桥梁桩基础埋置深度，或浅基础的冲刷面积大于 20%	5
	洪水	桥梁应设而未设防洪标识	3
		桥梁位于山洪淹没区，索塔、桥墩存在洪水冲击，或锥坡护坡存在大面积冲刷掏空，或洪水位长时间超过设防警戒水位	4

特征指标	表征指标	分类	标度
	河道	桥台台后填土存在冲刷掏空，或洪水位超过安全运行基准水位，或洪水中存在大型漂浮物，桥梁构件存在被漂浮物撞击的可能	5
		河床变迁或出现淤积，桥下实际过水面积基本满足设计要求，河道压缩小于 10%，或防撞设施、助航设施、调治构造物等附属设施破损	3
		河床变迁或出现淤积，桥下实际过水面积不满足设计要求，但不小于设计的 80%，或河道压缩小于 20%，或防撞设施、助航设施、调治构造物等附属设施严重损坏	4
		河床变迁或出现淤积，桥下实际过水面积小于设计的 80%，或河道压缩超过 20%，或防撞设施、助航设施、调治构造物等附属设施完全损毁	5
地质条件	地质条件	桥梁处于矿体开采形成的采空区	4
		桥梁处于强震区未考虑抗震设计和抗震措施或地面塌陷灾害多发区域	5
注：评价指标中描述的情形未出现时，对应的评价指标标度为“1”			

条文说明

《公路安全保护条例》禁止行为包括：

1 禁止在公路、公路用地范围内摆摊设点、堆放物品、倾倒垃圾、设置障碍、挖沟引水、打场晒粮、种植作物、放养牲畜、采石、取土、采空作业、焚烧物品、利用公路边沟排放污物或者进行其他损坏、污染公路和影响公路畅通的行为。

2 禁止在规定范围内设立生产、储存、销售易燃、易爆、剧毒、放射性等危险物品的场所、设施。

3 禁止擅自在中型以上公路桥梁跨越的河道上下游各 1000 米范围内抽取地下水、架设浮桥以及修建其他危及公路桥梁安全的设施。

4 禁止利用公路桥梁进行牵拉、吊装等危及公路桥梁安全的施工作业。禁止利用公路桥梁(含桥下空间)堆放物品,搭建设施以及铺设高压电线和输送易燃、易爆或者其他有毒有害气体、液体的管道。

5 不得在公路桥梁下停泊或者系缆船舶。

5.3.3 运营及气象环境风险评估指标及分级评定标准见表 5.3.3。

表 5.3.3 运营及气象环境风险评估指标及分级评定标准

特征指标	表征指标	分类	标度
通行特点	通行特点	存在超载超限车辆通行	4

		桥梁构造特殊，存在车撞索体可能	5
火灾风险	桥面火灾	桥梁存在缆索索体距离应急车道较近区域，但索体使用了防火材料或相关措施进行防护	2
		存在危化品车辆通行，或桥梁存在缆索索体距离应急车道较近区域，且索体未使用防火材料或相关措施进行防护	4
		桥面近缆索构件附近曾出现车辆自燃事件，且火势影响到索体或其他构件	5
	桥下火灾	桥下易燃物堆积	3
		桥下停车场或下穿通道近墩台附近曾出现车辆自燃	5
气象条件	极端气温	存在冰冻天气，曾发生过索体积冰	4
	酸雨腐蚀	桥梁所在区域存在酸雨，加剧缆索结构腐蚀	5
	异常振动	阵风曾导致索体异常振动，未设置索体阻尼器或索体阻尼装置失效	4
		季风曾导致梁体异常振动，未设置抑振措施或措施失效	5
使用环境	融雪氯盐	含氯盐融雪剂的使用，加速桥面钢结构或混凝土结构腐蚀	4
	海洋气候	桥梁所在区域位于近海区域，加剧缆索结构腐蚀	4
注：评价指标中描述的情形未出现时，对应的评价指标标度为“1”			

5.3.4 风险管理风险评估指标及分级评定标准见表 5.3.4。

表 5.3.4 风险管理风险评估指标及分级评定标准

特征指标	表征指标	分类	标度
管养资料	结构资料	基础资料（包含桥梁建设期设计、施工、科研、验收等资料）不准确、不完整	4
		检查维修资料（包含运营期各类养护检查、风险排查、结构物监测、大中修、小修保养、科研、科学决策等资料）不准确、不完整	5
	桥位资料	周边环境、跨越特征、水文条件、地质条件等资料有一项获取困难	5
	运营资料	危化品运输车辆记录缺失	3
		超载超限车辆过桥记录等资料不完备	4
		运营中曾发生事故的记录不完备	5
	气象记录	极端天气记录缺失	3
		特殊天气引起的桥梁结构异常现象记录缺失	4
	管理文件	养护管理、应急管理 etc 制度资料不完备	4

特征指标	表征指标	分类	标度
	防控资料	防控措施技术资料不完备	3
		防控措施效果评价缺失	4
落实成效	风险排查	建立了风险隐患排查机制，排查频率、排查范围不满足要求	3
		建立了风险隐患排查机制，但排查不彻底，或风险源辨识不准确	4
		未建立风险隐患排查机制，或机制未得到有效运行	5
	处治成效	桥梁养护管理不善（包括检测、监测、养护与维修成果），问题未能得到及时发现，损伤未能得到及时维修	4
		桥梁养护管理不善（包括检测、监测、养护与维修成果），隐患未能得到及时处治，风险未能得到及时降低	5
	作业管理	存在临边作业、高温作业、受限空间作业、高处作业、夜间作业等特殊作业场景，但缺少相应安全防护方案	3
		养护作业安全管理过程缺失，或养护作业会影响环境	4
		养护作业安全防护措施不规范，或养护工作会影响作业人员身体健康	5
	培训宣传	未定期开展安全风险培训或宣传	3
	应急管理	应急机制	应急管理机制无法有效运行
人员物资		应急队伍、物资、设备有一项不能满足应急需要	5
应急预案		应急预案不完善	3
		应急预案缺失	5
养护设施	检修通道	检修通道设置不合理，养护作业使用不方便	3
		检修通道、索塔爬梯、检修桁架车存在严重锈蚀、螺栓松动缺失等隐患	5
注：1.评价指标中描述的情形未出现时，对应的评价指标标度为“1”；2.资料评定以风险评估人员收集到的资料为准，通过评估时现场调查获得的资料可认为该桥梁具备相应资料			

6 风险应对

6.1 一般规定

6.1.1 运营管养单位应明确风险管控责任、制定相关制度、实施风险管控，将缆索体系桥梁运营期风险控制在低风险范围之内。

6.1.2 风险应根据风险等级评定结果采取相应的应对方案和措施，应对方案和措施见表 6.1.2。

表 6.1.2 风险应对方案及措施

评定等级	风险等级	应对时机	分级应对措施
I 级	低风险	跟踪观测	日常养护
II 级	中风险	择时处置	修复养护、监控预警
III 级	较高风险	及时处置	修复养护、监控预警、必要时开展应急养护、执行应急预案
IV 级	高风险	立即处置	应急养护、执行应急预案、监控预警，根据需要开展专项养护

6.1.3 风险应对应根据风险辨识和风险等级评定结果拟定风险应对方案，根据方案开展风险管控处置，并在风险管控处置实施完成后进行管控措施后评估。

1 应对方案应提出风险控制思路，针对辨识出的风险提出针对性的处置措施和实施方式，为风险应对与处置提供支撑。

2 风险管控处置过程应具有保障结构安全和现场作业安全的措施，应具有质量控制措施和质量验收机制，以保证处置效果。

3 管控措施后评估应对管控措施效果进行分析评价，并根据本标准重新进行风险辨识和风险等级评定。

6.1.4 存在火灾、风灾、地震、地质灾害、船舶撞击等风险的缆索体系桥梁，除在评估报告中提出降低风险的措施外，还应制定专项应急预案。

6.2 风险应对措施建议

6.2.1 缆索体系桥梁存在结构状态相关运营风险时可参考表 6.2.1 的应对措施进行相应处置。

6.2.2 缆索体系桥梁存在桥位及地质条件相关运营风险时可参考表 6.2.2 的应对措施进行相应处置。

6.2.3 缆索体系桥梁存在运营及气象环境相关运营风险时可参考表 6.2.3 的应对措施进行相应处置。

6.2.4 缆索体系桥梁存在风险管理相关运营风险时可参考表 6.2.4 的应对措施进行相应处置。

征求意见稿

表 6.2.1 结构状态相关运营风险应对措施

特征指标	表征指标	风险清单	应对措施建议
技术状况	部件或整体技术状况	表征指标标度 ≥ 3	参照《公路桥涵养护规范》(JTG 5120) 3.8.3 节执行
缺损状况	缆索锈蚀	拉索断裂	采取应急养护、必要时封闭交通
		锚头失效	采取应急养护、必要时封闭交通
		悬索桥缆索裸露或运营年代达到 10 年以上	应先观察主缆钢丝是否锈蚀,待除锈并恢复原设计的防锈等级后,重新缠丝、恢复防护层,保证主缆防护层完好; 根据吊索锈蚀程度研判吊索更换或防护方案
		斜拉桥拉索钢丝出现严重锈蚀、断丝或运营年代达到 10 年以上	经评估无法继续利用的,应进行更换钢绞线或换索
		锚头或锚拉板出现严重破损、松动、裂缝,锚头积水锈蚀严重	锚固区混凝土开裂、剥落或斜拉索锚具、连接螺栓、锚拉板等构件存在开裂、变形时,应进行特殊检查评估,并及时修复; 下锚头内积水时,应及时清除积水,重新涂抹防腐油脂,同时找出防水失效原因,采取针对性措施,避免再次进水
		锚固区有明显的受力裂缝,且缝宽 $>0.2\text{mm}$	应进行特殊检查评估,并及时修复
	缆索钢丝较多锈蚀或损坏,钢丝断裂,截面出现削弱或较多锚头或锚拉板出现破损、松动或裂缝,锚头锈蚀,锚固区有明显的受力裂缝	主缆钢丝存在锈蚀或断丝时,应对主缆内部进行特殊检查; 对于裂纹扩展至 50%直径以上或腐坑已削弱截面 50%以上的主缆钢丝,应进行局部钢丝拼接更换; 主缆断丝较多时,应根据详细计算结果采取降低荷载等级或加固、更换主缆等措施	
钢构件损坏	钢结构存在疲劳裂纹且裂穿桥面板	焊缝裂纹应根据轻重程度和成因采用适当方式进行处理	

特征指标	表征指标	风险清单	应对措施建议	
		伸缩缝型钢断裂	伸缩缝装置整体或局部构件出现严重损坏、锈蚀，装置不能正常变形及转动，经专项检测和评估后认为需要整体更换时，进行整体更换	
		高强螺栓大面积缺失	高强螺栓应逐个更换，其螺母及垫圈的材质、规格、强度等级应与原螺栓相同，原则上不得混用，否则应当作专项研究确定其可行性	
		钢桁架腹杆断裂或高强螺栓少量缺失	修复钢桁架腹杆断裂构件，补齐高强螺栓	
		高强螺栓扭矩力不满足设计要求	采取复紧或更换螺栓的措施，使其满足其设计要求	
	下部结构缺损	墩、台或其基础存在冲蚀、剥落、露筋	发现明显病害或缺陷时，应及时进行修复	
		桩顶外露或有缩颈、露筋及钢筋锈蚀严重	应根据养护工程进行修复性养护	
		砌体存在松动、脱落或变形	修补砌体存在的缺损	
	工作状况	异常振动	梁体发生异常振动	开展专项检查和研究，分析异常振动的原因，实施专项养护； 根据需要采取交通临时管控措施，紧急情况下封闭交通，并根据异常振动的原因采取抑振措施； 由于桥梁气动外形发生改变导致的梁体异常振动，可恢复原气动外形，采取措施改变桥梁风场；
			斜拉索索体发生异常振动	由于缺少减振装置导致的斜拉索异常振动，应增设减振设施，可采取安装阻尼器、增设辅助索和气动控制等方式； 由于减振设施损坏失效或性能不佳导致的斜拉索异常振动，应及时对减振装置进行修复或更换
结构变位变形		桥墩沉降超过设计期望值，不能恢复或者持续发展	实施修复养护，桥墩沉降量或不均匀沉降量超过设计要求时，应及时分析原因并进行调整、处治	
		锚碇偏位超过设计期望值，不能恢复或持续发展	实施修复养护，锚碇位移量超过设计要求时，应进行特殊检查，并根据检查评估	

特征指标	表征指标	风险清单	应对措施建议
		展	结果制定相应的处治措施进行加固维修
		索塔偏位超过设计期望值,不能恢复或持续发展	索塔塔顶变位异常时, 应进行特殊检查, 并根据检查评估结果制定相应的处治措施进行加固维修; 索塔偏位的纠正, 首先要分析偏位的原因, 剔除成桥时已经产生的偏位, 并调研历史资料, 统计偏位发展情况
		主梁下挠超过设计期望值,不能恢复或者持续发展	实施修复养护, 首先实施检查判断下挠原因, 根据实际情况采取临时处置措施保障桥梁安全, 根据检查结果采取相应的线形调整技术进行修复或加固
	索力异常	索力偏差超过成桥索力的 $\pm 10\%$, 出现梁体异常变形	实施专项养护, 进行专项检查和评定, 并及时更换索体, 且根据梁体变形情况修复主梁
		索力偏差超过成桥索力的 $\pm 10\%$, 未出现梁体异常变形	实施修复养护, 进行专项检查和评定, 加强观测, 必要时调整索力或更换索体
	索夹滑移	索夹出现滑移、主缆防护体系被拉开、吊索索力显著降低	实施预防养护, 建成通车第一个 5 年内, 每年均匀选取不少于 40%的螺杆, 每 2 年半复拧一遍; 建成通车 5 年后, 可根据靠近索塔处索夹螺杆紧固力定期检查的结果进行评估, 确定各跨每年选取的比例和位置; 无评估时, 可采取每年均匀选取 25%的螺杆, 每 4 年复拧一遍的模式; 索夹螺杆复拧时应避免单个张拉螺杆导致索夹的受力不均, 宜对一个索夹的螺杆进行交叉张拉, 对称施拧
		不符合《公路缆索结构体系桥梁养护技术规范》规定	实施修复养护, 应及时检修复位或更换, 复位或更换索夹一般流程为: 1) 在被更换索夹的两侧, 解除主缆缠丝, 并安装临时索夹和临时吊杆, 可以根据实际情况在临时吊杆下端安装临时吊杆吊点; 2) 张拉临时吊杆, 将被更换的吊杆力由临时吊杆和索夹承受; 3) 拆除吊杆, 解开索夹螺杆, 清理并修复索夹处主缆表面防护; 4) 复位索夹至设计位置, 张拉索夹螺杆, 密封索夹环缝和半索夹缝隙, 重新安装吊杆, 张拉吊杆完成吊杆力转移;

特征指标	表征指标	风险清单	应对措施建议
			5) 拆除临时索夹和吊杆, 恢复主缆表面防护
日常防护	除湿系统	主缆中除湿系统防护内部相对湿度大于 50%	实施修复养护: 1) 当设备停机、指示灯全部熄灭或故障报警灯亮起时, 应进行修复; 2) 系统工作正常, 但结构内部湿度超过设计限值时, 应进行修复; 3) 养护人员应根据设备使用说明书, 判断系统出现故障或无法正常除湿的原因, 系统的修复宜由专业人员或设备生产厂家进行
		索塔鞍室内相对湿度大于 50%	
		锚室内相对湿度大于 50%	
		钢箱梁内相对湿度大于 50%	
	缆索防护	索体护套破损或滑脱, 出现护套内渗水或积水现象	修补前应检测水分进入索体的情况, 并应先进行索体除湿处理, 然后再对护套破损或滑脱进行修复
		主缆防护存在缺陷, 聚氨酯腻子开裂	用原聚氨酯腻子材料进行修复
锚头渗水、黄油失效		查明锚头渗水原因, 进行相应维修; 发现润滑油或防锈油失效时应立即更换	
其他	构件寿命	存在超过设计使用年限的部件或构件(斜拉索、吊索、支座、伸缩装置等)	实施专项养护, 使用年限超过设计使用寿命, 经评估后进行更换
		路桥过渡段不均匀沉降、桥台基础沉降造成跳车严重等可能危及行车安全	实施修复养护, 根据影响行车安全的原因和程度, 实施修复、加固等针对性或综合处置措施
	附属设施	景观装饰等设施坠落	及时采取措施对景观装饰物进行处置
		护栏防撞等级不足	提升护栏防撞设施
		桥梁机电设施老化	更换老化的机电设施, 并加强例行检查

表 6.2.2 桥位及地质条件相关运营风险应对措施

特征指标	表征指标	风险清单	应对措施建议
周边环境	《公路安全保护条例》禁止行为	存在《公路安全保护条例》第二章规定的禁止行为	明确责任主体，加强联动协调，大力开展宣传培训，持续完善防治制度体系、全力做好应急准备工作等
	落石、滑坡	临近危岩，存在落石风险或处于泥石流灾害区	日常巡查中强化落石或泥石流区域重点排查工作，加强监测预警响应联动
	人类活动	管线过桥	加强日常巡查，并与管线产权单位建立管理机制，明晰责任
存在弃土弃渣堆积、或桥址山体植被滥伐乱垦		加强日常巡查和经常检查，如遇到此类情况应及时采取对应措施	
跨越特征	跨越航道	桥墩处于桥位航区以内，未设置桥梁墩身和基础防漂流物冲击措施、横系梁、台后路基防护等结构不满足需求	结合养护需求，综合考虑主动与被动措施的统筹应用，实现多层次的防护效果
		桥墩处于桥位航区以外，存在碰撞梁体风险	结合养护需求，综合考虑主动与被动措施的统筹应用，实现多层次的防护效果
	跨线桥	桥下净空不满足管理要求（跨越铁路、公路等）或桥墩距离下穿道路较近	结合日常巡查、经常检查，对管养区域进行排查； 结合路线改造时机，择机对桥下净空进行提升或对下穿道路改线； 对距离下穿道路较近的桥墩设置防撞设施
		桥下净空虽满足管理要求但仍有剐蹭痕迹	结合日常巡查、经常检查，对管养区域进行排查； 建立防剐蹭管理机制，必要时设置防剐蹭限高装置
水文条件	河床	桥梁基础存在局部冲蚀现象，或浅基础存在部分外露	参照《公路桥涵养护规范》（JTG 5120-2021）和《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22-2008）对基础构件表观病害进行修补，防止病害进一步加大，并定期进行观测
	洪水	涉水桥梁未设防洪标识	按照管理要求设置防洪标识

特征指标	表征指标	风险清单	应对措施建议
		桥梁位于山洪淹没区，索塔、桥墩存在洪水冲击，或锥坡护坡存在大面积冲刷掏空，或洪水位长时间超过设防警戒水位	参照《公路桥涵养护规范》(JTG 5120-2021)的要求，在汛前、汛中、汛后开展检查，如若出现超过警戒水位的情况，及时采取抢修与维修措施； 遇特大洪水，对采取抢险措施仍不能保障安全的重要桥梁，在紧急情况下，经上级主管部门批准，可采用炸药炸开桥头引道宣泄洪水，以保护主桥安全度汛
		桥台台后填土存在冲刷掏空，或洪水位超过安全运行基准水位，或洪水中存在大型漂浮物，桥梁构件存在被漂浮物撞击的可能	桥台台后填土存在冲刷掏空，或洪水位超过安全运行基准水位，应立即采取交通管制措施，进行应急处置或向上级主管部门报批泄洪； 监视漂浮物在桥下的通过情况，必要时应用钩杆等引导其顺利通过桥孔，对堵塞在桥下的漂浮物应及时移开或捞起； 洪水时，桥梁墩台、引道、护坡、锥坡发生冲刷，危及构造物安全时，应采取抛石、沉沙袋或柴排等紧急措施进行抢护，但不宜向上游河中直接抛填，以免减少泄水面积而增大冲刷，抛填块石时可设置临时木溜槽，以控制抛填位置
	河道	河床变迁或出现淤积	汛前或旱季开展清理河道的相关工作
		防撞设施、助航设施、调治构造物等附属设施破损	对破损的设施进行及时维护
地质条件	地质条件	矿体中开采形成的采空区，或处在地面塌陷灾害多发区域	加强日常巡查和经常检查，加强沉降观测，必要时进行桥梁基础加固
		强震区未考虑抗震设计和抗震措施	结合现状开展抗震评估，确定是否满足抗震要求，增设抗震措施

表 6.2.3 运营及气象环境相关运营风险应对措施

特征指标	表征指标	风险清单	应对措施建议
通行特点	通行特点	是否存在超载超限车辆通行	加强对超限超载的管制

特征指标	表征指标	风险清单	应对措施建议
		桥梁构造特殊，存在车撞索体	及时查看监控设施以及健康监测系统的异常情况，发现车撞索体情况后及时进行处理； 择时对桥梁局部构造进行改造
火灾风险	桥面火灾	桥梁存在缆索索体距离应急车道较近区域	加强索体的防护，使用防火材料或相关措施进行防护
	桥下火灾	存在桥下易燃物堆积	加强对桥下空间的巡查和管理
		存在桥下停车场车辆自燃	加强对桥下空间的巡查和管理
气象条件	极端气温	存在冰冻天气，曾发生过索体积冰	在冰冻天气加强对索体的巡查，如存在积冰现象，采取人工加机械的方式进行除冰
	酸雨腐蚀	桥梁所在区域存在酸雨	加强桥梁防腐处置和预防性养护
	异常振动	存在季风曾导致梁体或索体异常振动	根据历年历史数据梳理季风天气，在季风天气期间加大巡查力度，对存在异常振动由专业人员进行评估
使用环境	融雪氯盐	使用含氯盐融雪剂	使用环保型的融雪剂，或采用其他方式除雪 择时改造积雪区域的氯盐侵蚀防护体系
	海洋气候	桥梁位于近海区域	加强桥梁防腐处置和预防性养护

表 6.2.4 风险管理相关运营风险应对措施

特征指标	表征指标	风险清单	应对措施建议
管养资料	结构资料	基础资料（包含桥梁建设期设计、施工、科研、验收等资料）不准确、不完整	管养单位根据档案管理办法进行补充完善
		检查维修资料（包含运营期各类养护检查、风险排查、结构物监测、大中修、小修保养、科研、科学决策等资料）不准确、不完整	完善管理体系，寻找管理漏洞，补充完善资料

特征指标	表征指标	风险清单	应对措施建议
	桥位资料	周边环境、跨越特征、水文条件、地质条件等资料获取困难	管养单位补充完善相关资料
	运营资料	危化品运输车辆记录缺失	管养单位补充完善相关资料
		超载超限车辆过桥记录等资料不完备	管养单位补充完善相关资料
		运营中曾发生事故的记录不完备	管养单位补充完善相关资料
	气象记录	极端天气记录不完备	建立极端天气备案制度，补充完善相关资料
		特殊天气引起的桥梁结构异常现象记录缺失	建立异常情况记录制度，补充完善相关资料
	管理文件	养护管理、应急管理等制度资料不完备	管养单位补充完善相关资料
	防控资料	防控措施技术资料不完备	管养单位补充完善相关资料
		防控措施效果评价缺失	建立防控效果评价制度，开展后评价工作，补充完善相关资料
	落实成效	风险排查	未建立风险隐患排查机制，或排查频率、排查范围不满足要求
处治成效		桥梁养护管理不完善，问题未能得到及时发现，或损伤未及时维修	建立或完善养护维修机制
作业管理		存在临边作业、高温作业、受限空间作业、高处作业、夜间作业等特殊作业场景，缺少相应安全防护方案	根据《公路养护安全作业规程》(JTG H30)的要求，做好相应的防护措施
		养护作业安全管理过程缺失，或养护作业会影响环境	
		养护作业安全防护措施不规范，或养护工作会影响作业人员身体健康	
培训宣传	未定期开展安全风险培训或宣传	按制度定期开展安全风险的培训或宣传	
应急管理	应急机制	应急管理机制无法有效运行	完善应急管理体系

特征指标	表征指标	风险清单	应对措施建议
	人员物资	应急队伍、物资、设备不满足应急需要	
	应急预案	应急预案不完善或缺失	
养护设施	检修通道	检修通道设置不合理，养护作业使用不方便	对检修通道进行定期养护，增设必要的检修通道
		检修通道、索塔爬梯、检修桁架车存在严重锈蚀、螺栓松动缺失等隐患	

征求意见稿

附录 A 公路缆索体系桥梁风险清单（规范性附录）

表 A.1 结构状态风险清单

评估指标	特征指标	表征指标	风险清单
结构状态	技术状况	部件或整体技术状况	最近一次定期检查评定等级
			最近一次定期检查评定结果中是否存在整体技术状况 3 类及以上, 部件存在 4、5 类
	缺损状况	缆索锈蚀	拉索断裂
			锚头失效
			悬索桥缆索裸露或运营年代达到 10 年以上的桥梁
			斜拉桥拉索钢丝出现严重锈蚀、断丝或运营年代达到 10 年以上
			锚头或锚拉板出现严重破损、松动、裂缝,锚头积水锈蚀严重
			锚固区有明显的受力裂缝, 且缝宽>0.2mm
			缆索钢丝较多锈蚀或损坏, 钢丝断裂, 截面出现削弱或较多锚头或锚拉板出现破损、松动或裂缝, 锚头锈蚀, 锚固区有明显的受力裂缝
		钢构件损坏	钢结构存在疲劳裂纹且是否存在裂穿桥面板
			伸缩缝型钢断裂
			高强螺栓大面积缺失
			钢桁架腹杆断裂或高强螺栓少量缺失
			高强螺栓扭矩力不满足设计要求
		下部结构缺损	墩、台或其基础是否存在冲蚀、剥落、露筋
	桩顶外露或有缩颈、露筋及钢筋锈蚀严重		
	砌体是否存在松动、脱落或变形		
	工作状况	异常振动	是否发生异常振动事件
			桥梁气动外形发生改变, 是否设置气动措施或风障
		结构变位变形	桥墩下挠超过设计期望值, 不能恢复或者持续发展
锚碇偏位超过设计期望值, 不能恢复或持续发展			

评估指标	特征指标	表征指标	风险清单	
			索塔下挠超过设计期望值，不能恢复或持续发展	
			主梁下挠超过设计期望值，不能恢复或者持续发展	
			桥墩、索塔、锚碇偏位、主梁下挠超过设计期望值，但能够恢复	
		索力异常	索力偏差超过成桥索力的 $\pm 10\%$ ，出现梁体异常变形	
			索力偏差超过成桥索力的 $\pm 10\%$ ，未出现梁体异常变形	
		索夹滑移	索夹出现滑移、主缆防护体系被拉开、吊索索力显著降低	
			单个索夹螺杆紧固力平均值低于设计值的 70%且出现了索夹处防护体系开裂	
			索夹螺杆应保持紧固力低于安全设计值的 70%	
			不符合《公路缆索结构体系桥梁养护技术规范》规定	
		日常防护	除湿系统	主缆是否设置除湿系统
				索塔鞍室是否设置除湿系统
				锚室是否设置除湿系统
	钢箱梁是否设置除湿系统			
	主缆中除湿系统防护内部相对湿度是否大于 50%			
	索塔鞍室中除湿系统防护内部相对湿度是否大于 50%			
	锚室中除湿系统防护内部相对湿度是否大于 50%			
	钢箱梁中除湿系统防护内部相对湿度是否大于 50%			
	缆索防护		索体护套破损或滑脱，出现护套内渗水或积水现象	
			主缆防护存在缺陷，聚氨酯腻子开裂	
			锚头渗水、黄油失效	
	其他		构件寿命	斜拉索是否超过设计使用年限
				吊索是否超过设计使用年限
				支座是否超过设计使用年限
				伸缩装置是否超过设计使用年限
		路桥过渡段不均匀沉降、桥台基础沉降造成跳车严重等可能危及行车安全		
		附属设施	景观装饰等设施坠落	
			护栏防撞等级不足	
桥梁机电设施老化				

表 A.2 桥位及地质条件风险清单

评估指标	特征指标	表征指标	风险清单	
桥位特征	周边环境	《公路安全保护条例》禁止行为	是否存在《公路安全保护条例》第二章规定的禁止行为	
		落石、滑坡	临近危岩，存在落石风险或处于泥石流灾害区	
			临近危岩，不存在落石风险	
		人类活动	管线过桥，无相应的管理措施	
			存在弃土弃渣堆积、或桥址山体植被滥伐乱垦	
			管线过桥，有相应的管理措施	
	跨越特征	跨越航道	桥墩处于桥位航区以内，未设置桥梁墩身和基础防漂流物冲击措施、横系梁、台后路基防护等结构不满足需求	
			桥墩处于桥位航区以外，存在碰撞梁体风险	
		跨线桥	桥下净空不满足管理要求（跨越铁路、公路等）或桥墩距离下穿道路较近	
			桥下净空虽满足管理要求但仍有剐蹭痕迹	
	水文条件	河床	河床是否存在冲刷，冲刷深度和冲刷面积的数值	
			桥梁基础是否存在局部冲蚀现象，或浅基础存在部分外露但未露出基底	
		洪水	桥梁是否设防洪标识	
			桥梁是否位于山洪淹没区，索塔、桥墩是否存在洪水冲击，或锥坡护坡是否存在大面积冲刷掏空，或洪水位长时间超过设防警戒水位	
			桥台台后填土是否存在冲刷掏空，或洪水位是否超过安全运行基准水位，或洪水中是否存在大型漂浮物，桥梁构件是否存在被漂浮物撞击的可能	
		河道	是否存在河床变迁或出现淤积	
			桥下实际过水面积是否满足设计要求	
			防撞设施、助航设施、调治构造物等附属设施是否破损	
		地质条件	地质条件	矿体中开采形成的采空区是否考虑抗震设计和抗震措施
				强震区是否考虑抗震设计和抗震措施或地面塌陷灾害多发区域
	是否处在地面塌陷灾害多发区域			

表 A.3 运营及气象环境风险清单

评估指标	特征指标	表征指标	风险清单
运营、气象环境	通行特点	通行特点	是否存在超载超限车辆通行
			桥梁构造特殊，是否存在车撞索体
	火灾风险	桥面火灾	桥梁存在缆索索体距离应急车道较近区域，索体是否使用了防火材料或相关措施进行防护
			桥下火灾
		是否存在桥下停车场车辆自燃	
	气象条件	极端气温	是否存在冰冻天气，曾发生过索体积冰
		异常振动	是否存在季风曾导致梁体或索体异常振动
	使用环境	融雪氯盐	是否使用含氯盐融雪剂
海洋气候		桥梁是否位于近海区域	

表 A.4 风险管理风险清单

评估指标	特征指标	表征指标	风险清单
风险管理	管养资料	结构资料	基础资料（包含桥梁建设期设计、施工、科研、验收等资料）是否准确完整
			检查维修资料（包含运营期各类养护检查、风险排查、结构物监测、大中修、小修保养、科研、科学决策等资料）是否准确完整
		桥位资料	周边环境、跨越特征、水文条件、地质条件等资料是否齐全
		运营资料	危化品运输车辆记录是否缺失
			超载超限车辆过桥记录等资料是否完备
			运营中曾发生事故的记录是否完备
		气象记录	极端天气记录是否完备
			特殊天气引起的桥梁结构异常现象记录是否完备
		管理文件	养护管理、应急管理 etc 制度资料是否完备
		防控资料	防控措施技术资料是否完备
			防控措施效果评价是否完备
		落实成效	风险排查
处治成效	桥梁养护管理是否完善，问题是否能得到及时发现，损伤是否及时维修		

评估指标	特征指标	表征指标	风险清单
		作业管理	存在临边作业、高温作业、受限空间作业、高处作业、夜间作业等特殊作业场景，是否有相应安全防护方案
			养护作业安全管理过程是否缺失，或是否养护作业会影响环境
			养护作业安全防护措施是否规范，或养护工作是否影响作业人员身体健康
		培训宣传	是否定期开展安全风险培训或宣传
	应急管理	应急机制	应急管理机制是否有效运行
		人员物资	应急队伍、物资、设备是否满足应急需要
		应急预案	应急预案是否完善
	养护设施	检修通道	检修通道设置是否合理，养护作业使用是否方便
			检修通道、索塔爬梯、检修桁架车是否存在严重锈蚀、螺栓松动缺失等隐患

表 A.5 防控措施清单

项目	清单
防控措施	经过维修的部分结构及构件技术状况和使用性能仍然持续降低
	经过维修后病害继续发展、重新出现
	应开展风险防控但是否及时开展
	采取了防控措施，部分是否失效
	采取了防控措施，效果是否较好

附录 B 桥梁运营期风险评估报告内容及格式(规范性附录)

B.0.1 缆索体系桥梁运营期风险评估报告应客观反映风险评估过程的全部工作，将风险评估过程中的风险清单、风险等级评定、风险应对措施等写入评估报告中。

B.0.2 缆索体系桥梁运营期风险评估报告应内容全面、文字简洁、数据完整，提出的风险应对措施具有针对性和可操作性。

B.0.3 风险评估报告应进行档案管理。

B.0.4 缆索体系桥梁运营期风险评估报告宜包括下列内容：

1) 项目概况宜包含如下内容：

(1) 桥梁名称、结构型式、工程规模、施工方法、建成年月、主要技术指标等；

(2) 建设期的建设单位、设计单位、施工单位及监理单位等信息；

(3) 运营期的管养单位、养护单位等信息；

(4) 结构现状、例行检查情况、日常养护情况、以往风险评估情况等；

(5) 评估目的等。

2) 编制依据宜包含如下内容：

(1) 项目风险管理方针及原则；

(2) 相关的国家法律法规和行业标准、规范及规定；

(3) 桥梁建设期设计和施工的相关文件；

(4) 桥梁运营期养护设计和养护施工的相关文件；

(5) 设计、施工及运营阶段风险评估报告（如有）；

(6) 定期检查、特殊检查、健康监测、风险隐患排查、后评估等报告；

(7) 与本桥相关的地质、水文、气象、运营记录、桥位环境等资料；

(8) 桥梁管养单位的相关管理体系文件。

3) 评估过程与评估方法。

4) 现场补充调查内容及成果。

- 5) 评估结果宜包含如下内容：
 - (1) 以往事故、特殊事件清单；
 - (2) 风险清单；
 - (3) 分险等级评定结果；
 - (4) 主要风险点成因及后果分析。
- 6) 评估结论与建议宜包含如下内容：
 - (1) 风险等级；
 - (2) 风险应对措施建议；
 - (3) 评估结果自我评价及遗留问题说明。
- 7) 附件（评估计算过程、现场风险点照片、评估相关资料及信息表等）。

B.0.5 风险评估报告的格式应包括：

- 1) 封面（包括评估项目名称、评估单位、报告完成日期）；
- 2) 著录项（评估人员名单及亲笔签名）；
- 3) 目录；
- 4) 正文；
- 5) 附件。