

JTG

中华人民共和国推荐性行业标准

JTG/T XXXX—202X

公路安全韧性提升技术指南

Technical Guidelines for Enhancing Highway Safety Resilience

(征求意见稿)

2026.3

202X-XX-XX发布

202X-XX-XX实施

中华人民共和国交通运输部发布

中华人民共和国推荐性行业标准

公路安全韧性提升技术指南

Technical Guidelines for Enhancing Highway Safety Resilience

JTG/T XXXX—202X

主编单位：中交公路规划设计院有限公司
交通运输部公路科学研究院
批准部门：中华人民共和国交通运输部
实施日期：202×年××月××日

人民交通出版社股份有限公司

北京

《公路安全韧性提升技术指南（征求意见稿）》

编制简要说明

根据《交通运输部关于下达 2025 年度公路工程行业标准制修订项目计划的通知》（交公路函〔2025〕474 号）、《公路工程行业标准制修订管理导则》（JTG1002-2022）、《公路工程行业标准编写导则》（JTG 1003—2023）等有关要求，结合《公路安全韧性提升技术指南》大纲阶段审查和行业调研意见建议，此次完成《公路安全韧性提升技术指南（征求意见稿）》（以下简称《指南》），现将修编内容简要说明如下。

1. 《指南》定位与适用范围

根据大纲阶段评审意见，明确了《指南》的定位与适用范围：

（1）定位：《指南》定位于公路标准体系的建设板块；安全韧性提升工程是一种新型的改建工程，属于改扩建的类型之一，是公路提质更新的一种工程措施。

（2）适用范围：《指南》适用于拟开展公路安全韧性提升的二级及以上在役公路项目。

2. 评估部分的修编概要

根据《指南》大纲评审会意见关于“评估”的建议进行修编，以适用范围、评估体系、评估方法、评估指标的系统性思路进行修改。针对指南适用于二级及以上在役公路项目，对评估体系的针对性进行系统性优化；针对评审提出的“强化关联、简化方法、增强实用”的核心要求，通过专项调研与实证分析，重点聚焦附录 D 单体工程评估，增加了附录 F 通行安全风险评估模型，建立了以“动态权重、场景适配、扰动叠加”为核心的精细评估办法，并同步明确了从评估结论到指导提升的路径。按“从指导原则到实操指标”，将原有概念性的“五性”框架，系统性地重构为“抵御-适应-恢复”评价体系，并以“安全”和“韧性”为核心、以可直接量化评分指标体系为核心，进一步确保评估结果的稳定、可靠。

3. 提升技术部分的修编概要

在科学可靠评估的基础上，针对“安全”和“韧性”提升目标，以现有标准规范体系基础，分别给出原则性、指导性的工程技术指引和工作要求。此次提升

技术部分的修编，进一步按照路线、路基路面、桥涵、隧道、路线交叉、交安进行分专业编写，以能力需求场景作为主要提升对象和内容。具体条文中，一般都遵循“提升标准→实施流程→提升原则→安全提升措施→韧性提升措施”进行条文的编排。其中安全提升措施主要是提高本质结构安全；韧性提升措施因行业还未有统一认识，本《指南》偏向于通过一些构造措施、监测预警等提升自然灾害或极端条件下的应对、快速恢复的能力。

4. 制度体系评估和提升部分的修编概要

进一步优化调整了制度体系评估表。兼顾高速公路和普通公路制度体系建设现状和评估需要，一级指标保持不变，将二级指标进行缩减，并相应地优化调整二级指标评分标度。调整后，评估内容更加聚焦；降低了制度体系贡献度（最大不超过 1.05）；进一步细化调整了制度体系提升内容及相关要求，按照一般规定、制度保障、联动机制、抗灾准备、预防应对和响应抢通顺序编排，并与制度体系评估表相对应。

5. 其他

- 1) 补充完善了建设运营管理、交通组织和验收等章节；
- 2) 替换和补充了附录 A 和附录 B，对工可阶段和验收阶段评估报告的格式和内容进行规定。

前 言

根据《交通运输部关于下达 2025 年度公路工程行业标准制修订项目计划的通知》（交公路函〔2025〕474 号）的要求，由中交公路规划设计院有限公司、交通运输部公路科学研究院作为主编单位承担行业标准《公路安全韧性提升技术指南》（以下简称“本指南”）的制定工作。

本指南紧紧围绕加快交通强国、国家综合立体交通网建设的战略需求，在总结公路建设、管理、养护、运行管理成熟经验和科技成果的基础上，针对影响公路工程本质安全、韧性耐久的共性、通用的关键技术措施做出规定，进一步规范和指导公路安全韧性提升工程，打造安全可靠、韧性耐久、经济适用的现代化公路基础设施。

本指南由 7 章和 5 个附录组成，主要内容包括：1 总则；2 术语；3 安全韧性评估；4 设施安全韧性提升；5 制度体系提升；6 建设运营管理；7 验收以及附录 A 安全韧性评估报告编制要求（工可阶段）；附录 B 安全韧性评估报告编制要求（工程验收阶段）；附录 C 资料清单；附录 D 单体工程评估；附录 E 制度体系评估；附录 F 通行安全风险评估模型。

本指南由 XXX 负责起草第 1 章、第 2 章、第 4 章、第 6 章、第 7 章及附录 A、附录 B，参与各章；XXX 负责起草第 3 章、第 5 章及附录 C、附录 D、附录 E、附录 F，参与各章。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本指南日常管理组，联系人：XXX（地址：XXX，XXX，邮政编码：100010，电话：010-XXX，电子邮箱：XXX@XXX），以便下次修订时参考。

主 编 单 位： 中交公路规划设计院有限公司

交通运输部公路科学研究院

参 编 单 位：

主 编：

主要参编人员：

主 审：

参与审查人员：

参加人员：

目次

1 总则	- 1 -
2 术语	- 3 -
3 安全韧性评估	- 4 -
3.1 一般规定	- 4 -
3.2 评估对象	- 5 -
3.3 评估方法	- 9 -
3.4 评估指标	- 12 -
3.5 评估报告编制	- 15 -
4 设施安全韧性提升	- 16 -
4.1 一般规定	- 16 -
4.2 路线	- 18 -
4.3 路基路面	- 19 -
4.4 桥涵	- 22 -
4.5 隧道	- 34 -
4.6 路线交叉	- 40 -
4.7 交通安全设施	- 42 -
4.8 结构监测工程	- 43 -
5 制度体系提升	- 45 -
5.1 一般规定	- 45 -
5.2 制度保障	- 45 -
5.3 联动机制	- 46 -
5.4 抗灾准备	- 46 -
5.5 预防应对	- 47 -
5.6 响应抢通	- 48 -
6 建设运营管理	- 49 -
6.1 建设质量管理	- 49 -
6.2 实施阶段交通运营管理	- 49 -
6.3 建管养一体化要求	- 51 -

7 验收.....	- 53 -
附录 A 安全韧性评估报告编制要求（工可阶段）.....	- 54 -
附录 B 安全韧性评估报告编制要求（工程验收阶段）.....	- 56 -
附录 C 资料清单.....	- 59 -
附录 D 单体工程评估.....	- 61 -
附录 E 制度体系评估.....	- 96 -
附录 F 通行安全风险评估模型.....	- 99 -
本规范用词用语说明.....	- 108 -

1 总则

1.0.1 为规范和指导公路安全韧性提升行动，打造安全可靠、韧性耐久、经济适用的现代化公路基础设施，制定本指南。

1.0.2 本指南适用于拟开展公路安全韧性提升的二级及以上在役公路项目。

条文说明

公路安全韧性提升建设范围包括水文地质等外部环境发生重大变化且超出原设计标准的二级及以上在役公路、受自然环境严重侵蚀的跨江跨海跨峡谷通道。

水文地质等外部环境发生重大变化主要是指因公路所处水系特征、水文地质、气象、交通量等外部环境发生重大变化，灾害频发，导致抗洪、抗震、安全防护、耐久性等设防要求超出原设计标准的。

受自然环境严重侵蚀的跨江跨海跨峡谷通道主要是指跨江（重点是长江、黄河、珠江等）、跨海（重点是胶州湾、杭州湾、泉州湾、厦门湾、大湾区等）、跨峡谷（最大相对高差 100m 及以上）国家高速公路通道，因受海洋等高盐高湿环境腐蚀、台风或峡谷风致振动、潮汐水流反复冲刷、交通量大幅增加等因素影响，导致结构承载能力、抗风、耐久性、安全防护等设防要求超出原设计标准的。

本指南不涉及路网级的安全韧性评估与提升。

1.0.3 公路安全韧性提升应强化近远结合，区分轻重缓急，分步骤有序推进；强化全灾种全领域防范应对，加快补齐长期积累的短板弱项；强化监测预警，实现精准监测、精准预警、精准管控、精准治理；强化综合施策，统筹工程措施和管理措施，发挥叠加效应。

1.0.4 公路安全韧性提升包括设施安全韧性提升和制度体系提升；实施过程包括工程可行性研究（含安全韧性评估）、初步设计和施工图设计、提升工程实施、验收（含安全韧性评估）等。

条文说明

安全韧性评估是提升工程的基础。

工程可行性研究阶段，安全韧性评估要系统梳理公路灾害风险隐患排查整治、

高速公路设计回溯（包括设计文件、排查评估报告等内容）、公路检查检测报告等工作成果，针对性开展现场调研和风险隐患排查，加强对水文地质、极端自然灾害、交通安全等因素分析，指导工程可行性研究深度达到规定的要求；工可报告中提升的工点范围应与评估报告中确定纳入提升的工点对应。

验收阶段，安全韧性评估要系统分析工程措施和管理措施取得的成效，总结量化实施前后对比，指导验收工作，确保取得实效。安全韧性评估报告编制要求及格式见附录 A、附录 B。

根据《关于投资项目可行性研究报告编写大纲的说明》，可结合项目实际情况对大纲所要求的内容予以适当调整。当具体提升工程对通行能力和交通量水平影响微弱或不产生实质影响时，可适当调整第三章的在社会经济发展中项目对经济的需求分析、第七章的财务方案、第八章的经济影响分析和资源能源利用效果分析等内容；当本项目不涉及公路运营模式或对运营模式影响甚微时，可适当调整第六章的项目运营方案等内容。

1.0.5 安全韧性评估、工可和提升设计复杂、风险高、难度大、经验少，鼓励优质优价。

条文说明

不同于新建及常规改建项目，安全韧性评估、工可和提升设计复杂、风险高、难度大、经验少，包括内外业调查、安全韧性评估、考虑现有建设条件和运营条件约束下的提升设计等内容，既包括一点一策，也包括一类问题的专项改建设计等。因此，在安全韧性工程取费标准上应更加体现工程复杂度和技术复杂性，体现优质优价的原则，形成正向激励。

1.0.6 公路安全韧性提升应结合安全韧性提升工程的特点，充分吸收成熟经验，积极稳妥地采用新技术、新材料、新设备和新工艺。

1.0.7 公路安全韧性提升除应符合本指南的规定外，尚应符合国家和行业有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 公路安全韧性 highway safety resilience

在遭遇各种自然灾害或极端环境条件下，公路设施和管理体系承受、适应和恢复的能力。

2.0.2 公路安全韧性评估 evaluation of highway safety resilience

按照一定的方法和程序，针对公路设施和制度体系所具备的抵抗破坏能力、适应变化能力、快速恢复能力进行的综合分析评价。

2.0.3 综合评估法 comprehensive evaluation of highway safety resilience

综合考虑公路设施安全韧性和制度体系协同作用的公路安全韧性评估方法。

2.0.4 公路安全韧性度 value of highway safety resilience

用于表征公路安全韧性水平的指标，由项目工程评分值与制度体系贡献度乘积确定。

2.0.5 特性指标 characteristic indicators of highway safety resilience

用于评估公路路线、路基路面、桥涵、隧道、交通安全设施等专业工程安全韧性属性的指标，包括抵抗破坏能力、适应变化能力、快速恢复能力。

2.0.6 提升率 improvement rate of highway safety resilience

提升工程实施后与工程可行性研究阶段的公路安全韧性度差值和工程可行性研究阶段公路安全韧性度的比值。

3 安全韧性评估

3.1 一般规定

3.1.1 实施公路安全韧性提升的项目应开展安全韧性评估工作。

条文说明

实施公路安全韧性提升的项目包括纳入《公路安全韧性提升实施方案（2025~2028）》中韧性国家高速公路、普通国道的安全韧性工程，以及各地参照《公路安全韧性提升实施方案（2025~2028）》要求实施安全韧性提升的工程项目。

3.1.2 公路安全韧性评估应在工程可行性研究和工程验收阶段分别开展。

条文说明

安全韧性提升工程属于新型改建工程，区别于传统公路养护、加固、改造等专项处治工程。按照本指南开展安全韧性评估是针对遭受水文、地质、气象及地震等外部环境变化条件下的公路，这类被评估公路都是满足设计和运营安全要求的。

安全韧性评估与既有安全评估也有本质区别。安全评估是在正常设计（规范的作用或灾害）作用条件下，用失效概率的功能函数（作用与抗力）定量计算结构（公路桥隧坡等）与设施（交安设施等）的评价其承载能力和抗倒塌能力。而公路安全韧性评估则是在遭遇各种自然灾害或极端条件下，对公路结构、设施与制度体系，以定量分析与定性分析相结合方式评估其抵抗破坏能力、快速恢复能力、适应变化能力。

为更好地指导安全韧性提升工作，需在工程可行性研究阶段与验收阶段开展公路安全韧性评估，其中验收阶段的安全韧性评估在项目主体施工完成后2~3个月内实施，宜由工程可行性研究阶段评估单位实施。

3.1.3 公路安全韧性评估内容包括基础设施和制度体系两部分。

3.1.4 公路安全韧性评估应结合公路承灾体普查、公路灾害风险隐患排查、高速公路设计回溯及运营管理部门风险隐患排查成果开展。

3.1.5 公路安全韧性评估采用综合评估法。

3.1.6 公路安全韧性评估可按前期准备、资料收集（资料清单见附录 C）、评估对象筛查、现场调查、工可阶段评估及验收阶段评估等步骤开展，工作流程见图 3.1.6。

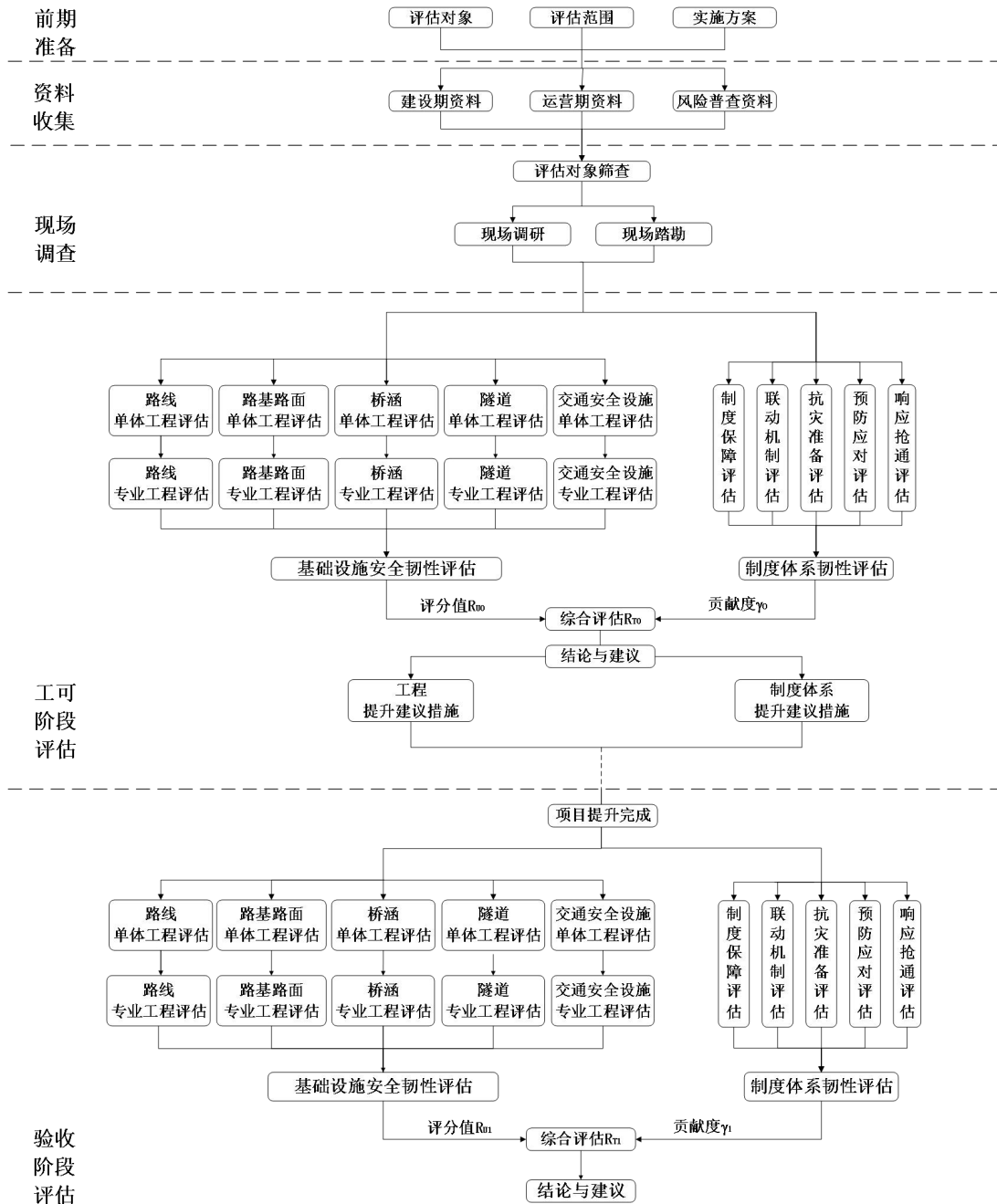


图 3.1.6 公路安全韧性评估工作流程

3.2 评估对象

3.2.1 评估对象应在公路承灾体普查、历次公路灾害风险隐患排查、高速公路设计回溯及运营管理部门风险隐患排查的基础上合理确定。

条文说明

公路承灾体普查指 2020 年至今持续开展的全国自然灾害综合风险公路承灾体普查。

在根据运营管理部门提供的风险隐患排查清单进行评估对象筛查时,需要根据最近的公路检查检测报告、日常养护资料及与养护单位技术人员座谈、工程现场踏勘等信息综合识别、确定。

3.2.2 公路承灾体普查和公路灾害风险隐患排查的一、二级风险点及影响范围内的桥涵、隧道,以及高速公路设计回溯的重大、较大风险点应列为评估对象;其他等级的风险点及影响范围内的路基路面、桥涵、隧道,且符合本指南中 3.2.4~3.2.6 条要求时应列为评估对象。

3.2.3 路线符合下列条件之一的应列为评估对象,且应逐段评估:

1 受水文、地质、气象等外部环境变化影响,采用其他措施无法解决,需调整公路线位的高风险路段。

2 受现状通行需求变化影响,公路线形组合不良不满足现行规范且处于通行安全高风险状态,采用其他措施无法解决,需调整公路线位或采取加宽横断面等土建工程措施的路段。

3 受现状通行需求变化影响,公路连续纵坡路段通行能力不足或处于通行安全高风险状态,采用其他措施无法解决,需调整公路线位或采取土建工程措施的路段。

4 受现状通行需求变化影响,互通立交、收费站、服务区、停车区、平面交叉通行能力或服务能力不足,或线形组合不良且处于通行安全高风险状态,采用其他措施无法解决,需采取土建工程措施的路段。

条文说明

已开展限速调整的公路,其局部路段因通行安全高风险和不满足规范要求经安全论证未提速的,宜列为韧性提升评估对象。其他已提速路段仍存在通行安全高风险时,可列为韧性提升评估对象。

通行安全高风险状态可通过交通安全风险评估模型、交通事故统计分析、运

行速度协调性评价等方法确定。

(1) 采用交通安全风险评估模型时应从公路基础设施条件、驾驶人和交通参与者特征与习惯、车辆组成与轨迹、交通流分布、交通环境影响、管理措施等方面,对导致事故发生或增加事故严重程度的危险因素进行辨识与分析,对公路所处的安全风险程度与等级进行综合判定。其中互通式立交、服务区和停车区安全风险评估模型按《高速公路互通式立交安全性评价规程》(T/CECS G:E10-02—2025)执行,公路连续下坡路段安全风险评估模型参见附录。

(2) 采用交通事故统计分析方法时,事故相对多发点段应根据事故数和事故严重程度综合判定。其中事故数方面,可按照累积频率不高于95%分位阈值进行判定。事故严重程度方面,可参考《公路交通事故多发点段及严重安全隐患排查工作规范(试行)》(公交管〔2019〕172号)进行判定。

确定事故数累积频率分位阈值时,往往面临两个困惑,1是不同地区公路韧性提升时可能采用不同的分位值。这是由于各地的条件和面临的问题差别很大,为避免一刀切,只规定了最高阈值95%,各地可因地制宜确定适合本地区的事故阈值。2是同一地区不同公路之间按同一分位值判定事故相对多发点段时,得到的阈值结果不同。这是由于不同的公路在人、车、路、环境、管理等方面的条件和影响因素均不同,本质安全水平和可接受的风险程度不同,事故统计也呈现不同的规律,因此无法统一按一个事故数阈值去确定所有公路的事故相对多发点段。

3.2.4 路基路面符合下列条件之一的应列为评估对象,且应逐段评估:

1 受水文、地质、气象及地震等外部环境变化,路基路面承载能力、防护能力、防排水能力和稳定性受较大影响,存在灾害风险的路段。

2 存在滑坡、崩塌、危岩落石、沉陷、水毁、泥石流、采空区的高填路堤、陡坡路堤、深挖路堑、临水临崖路基等路段。

3 路基路面排水系统难以适应极端降雨天气的路段。

4 多年冻土发育区,路基路面沉陷对行车舒适性与安全有较大影响的路段。

3.2.5 桥涵符合下列条件之一的应列为评估对象,且应逐桥涵评估:

1 受水文、地质、气象及地震等外部环境变化影响,存在灾害风险的桥涵。

2 海洋等高盐高湿环境腐蚀影响到结构或承重构件承载能力或使用性能的桥涵。

3 受台风或峡谷风变化影响，对抗风承载能力影响较大的桥梁，或风致行车安全影响较大，可能造成不良后果的桥梁。

4 因水文环境变化或航道等级提升、设防船型调整，船撞风险增加的桥梁。

5 通行车流量发生显著增加，与原设计荷载标准明显不符，主要承重构件承载能力受影响的桥涵。

6 主缆、斜拉索或吊杆（索）等受车致火灾高风险的缆索体系结构桥梁。

条文说明

对于独立桥梁工程，可按不同扰动影响进行拆分。如受船撞影响的主桥，基础受河道变迁影响的引桥，可作为两个独立评估对象。

“三特”桥梁、结构体系存在缺陷的桥梁，筛查时要着重考虑。“三特”桥梁一般指特大桥梁、特殊结构桥梁、特别重要桥梁。根据《交通运输部关于进一步提升公路桥梁安全耐久水平的意见》（交公路发〔2020〕127号），结构存在缺陷的桥梁包括双曲拱桥、刚架拱桥、普通桁架拱桥等轻型少筋拱桥，悬臂梁桥、T形刚构桥等带挂梁结构的桥梁，无加劲纵梁吊杆拱桥等结构冗余度明显不足的桥梁。

1 地震影响主要针对建设期地震设防烈度等级为6度及以上，当前地震动峰值区划有提高的桥梁，以及涵洞中地震动峰值加速度大于或等于0.2g的明涵。

2、3 属于行动方案中“受自然环境严重侵蚀且建设年代较早的跨江跨海跨峡谷通道”的桥涵，以及除该类通道之外的国家高速公路或国道中跨江、跨海、跨峡谷，且受海洋高盐或高湿环境腐蚀、台风或峡谷风致振动、潮汐水流反复冲刷等因素影响，导致结构承载能力、抗风及耐久性等设防要求超出原设计标准的桥梁。

3.2.6 隧道符合下列条件之一的应列为评估对象，且应逐隧评估：

1 受水文、地质、气象及地震等外部环境变化影响，导致洞口防洪抗灾能力及稳定性不足的隧道。

2 受水文、地质、气象及地震等外部环境变化影响，导致结构设施存在承载能力、抗突涌水能力不足的隧道。

3 受周边环境、地层严重变化影响，导致结构设施存在渗漏水严重、承载能力不足的水下隧道。

3.2.7 交通安全设施符合下列条件之一的应列为评估对象，且应逐段评估：

- 1 恶劣天气多发、自然灾害风险或通行安全风险较高路段。
- 2 大流量高速公路或大型车辆占比较高或通行危化品运输车辆，交通安全设施不符合现行标准路段。
- 3 长大桥梁、特长隧道及隧道群、急弯、陡坡及长下坡、视距不良，交通安全设施不符合现行标准路段。
- 4 路侧计算净区宽度范围内存在铁路、公路、高压线塔、危险品储藏仓库、城市饮用水水源保护区、上跨桥墩等或中央分隔带存在上跨桥墩，交通安全设施不符合现行标准路段。
- 5 复杂枢纽互通立交或隧道、互通、服务设施等间距较小，交通安全设施不符合现行标准的路段。

条文说明

大流量高速公路是指服务水平达到《公路工程技术标准》（JTGB01-2014）中规定的三级或以下。

大型车辆占比较高是指总质量大于或等于 25t 的车辆自然数所占比例大于 20%或载质量大于 20t 的货车和 19 座以上的客车车辆自然数之和所占比例大于 20%。

3.2.8 实施安全韧性提升工程的公路项目应开展制度体系评估，并以运营管理机构制度体系为评估对象。

条文说明

项目工程中存在多个运营管理机构，应逐一开展评估。

3.3 评估方法

3.3.1 基础设施评估按单体工程、专业工程、项目工程逐级进行，并应符合下列规定：

- 1 单体工程为本指南第 3.2 节规定筛查出的路段或工点。
- 2 专业工程为本指南第 3.2 节规定筛查出的路线、路基路面、桥涵、隧道、交通安全设施各单体工程集合。
- 3 项目工程为路线、路基路面、桥涵、隧道、交通安全设施专业工程集合。

条文说明

1 路线单体工程包括公路主线与路线交叉符合评估对象筛查条件的路段；路线交叉中筛查出的路基路面、桥涵、交通安全设施分别纳为对应专业的单体工程。对于独立桥梁项目，也可按扰动类型纳为主桥、引桥等多个单体工程。

3 独立桥梁及接线工程，可纳为项目工程。

3.3.2 单体工程评分值用 R_i 表征，按本指南附录 D 计算。

3.3.3 专业工程评分值用 R_S 表征，按式（3.3.3）计算。

$$R_{SLX} = \frac{\sum_{i=1}^{N_1} \eta_{ILXi} R_{ILXi}}{N_1} \quad (3.3.3-1)$$

$$R_{SLM} = \frac{\sum_{i=1}^{N_2} \eta_{ILMi} R_{ILMi}}{N_2} \quad (3.3.3-2)$$

$$R_{SQH} = \frac{\sum_{i=1}^{N_3} \eta_{IQHi} R_{IQHi}}{N_3} \quad (3.3.3-3)$$

$$R_{SSD} = \frac{\sum_{i=1}^{N_4} \eta_{ISDi} R_{ISDi}}{N_4} \quad (3.3.3-4)$$

$$R_{SJA} = \frac{\sum_{i=1}^{N_5} \eta_{IJAi} R_{IJAi}}{N_5} \quad (3.3.3-5)$$

式中： R_{SLX} 、 R_{SLM} 、 R_{SQH} 、 R_{SSD} 、 R_{SJA} ——路线、路基路面、桥涵、隧道、交通安全设施专业工程评分值；

R_{ILXi} 、 R_{ILMi} 、 R_{IQHi} 、 R_{ISDi} 、 R_{IJAi} ——路线、路基路面、桥涵、隧道、交通安全设施单体工程评分值；

η_{ILXi} 、 η_{ILMi} 、 η_{IQHi} 、 η_{ISDi} 、 η_{IJAi} ——路线、路基路面、桥涵、隧道、交通安全设施单体工程系数，一般取值为 1。对于高速公路或普通公路中，存在多数单体工程评分值较高，而少数重要单体工程评分值较低，导致专业工程评分值被拉

高的情况，可根据工程具体情况，采用专家调查法对评分值较低的重要桥涵、隧道与路基路面单体工程系数进行确定，取值范围建议 0.2~0.6 之间；

N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 、 N_5 ——路线、路基路面、桥涵、隧道、交通安全设施专业工程中安全韧性待提升的单体工程数量。

条文说明

本指南以所有待提升单体工程作为项目工程的评分值计算的基础，也就是用这些工点或路段来计算表征整条路的安全韧性度 R_T 。并且工可阶段评估及验收阶段评估的单体工程应保持一致。

3.3.4 项目工程评分值用 R_U 表征，按式 3.3.4 计算。

$$R_U = \frac{\beta_{SLX} R_{SLX} + \beta_{SLM} R_{SLM} + \beta_{SQH} R_{SQH} + \beta_{SSD} R_{SSD} + \beta_{SJA} R_{SJA}}{\beta_{SLX} + \beta_{SLM} + \beta_{SQH} + \beta_{SSD} + \beta_{SJA}} \quad (3.3.4)$$

式中： R_U ——项目工程评分值；

β_{SLX} 、 β_{SLM} 、 β_{SQH} 、 β_{SSD} 、 β_{SJA} ——路线、路基路面、桥涵、隧道、交通安全设施专业工程系数，专业工程数量以实际为准。路线、交通安全设施专业工程 β 值建议取 0.7，路基路面、桥涵、隧道专业工程 β 值建议取 1，如对各专业工程 β 值存疑时，可采用专家调查法予以修正。

3.3.5 制度体系评分值 S ，按附录 E 计算。

3.3.6 公路安全韧性度用 R_T 表征，按式 3.3.6 计算，按表 3.3.6 的标准进行公路安全韧性等级评价。

$$R_T = \frac{1}{76} \gamma R_U \quad (3.3.6)$$

式中： γ ——制度体系贡献度，按附录 E 表 E.0.1-1 取值。

表 3.3.6 公路安全韧性等级评价标准

公路安全韧性等级	公路安全韧性度 R_T
高韧性（I级）	$R_T \geq 1.2$
较高韧性（II级）	$1.1 \leq R_T < 1.2$
中韧性（III级）	$1.0 \leq R_T < 1.1$
较低韧性（IV级）	$0.9 \leq R_T < 1.0$
低韧性（V级）	$R_T < 0.9$

条文说明

安全韧性等级按五级设置，其中中韧性（III级）的公路安全韧性度 R_T 下限以“1”作为基准进行划分。附录D、E评估的单体工程、专业工程、项目工程、制度体系评分值为百分制，评分值范围在60~100之间，式(3.3.6)中的系数1/76为两种分制的转换系数。

3.3.7 公路安全韧性提升率用 T_R 表征，按式3.3.7计算。

$$T_R = (R_{T1} - R_{T0}) / R_{T0} \times 100\% \quad (3.3.7)$$

式中： R_{T1} ——提升后安全韧性度；

R_{T0} ——提升前安全韧性度。

3.3.8 单体工程评估存在下列情况之一时，应予以提升：

- 1 单体工程评分值 $R_1 < 84$ 。
- 2 关键项标度低于4。

条文说明

- 1 “84”取值见附录D.0.1条文说明。
- 2 关键项见本指南附录D的表D.0.1-1~表D.0.1-14的注释。

3.3.9 制度体系评分值 $S < 84$ 时应予以提升。

3.4 评估指标

3.4.1 根据工程特点，单体工程评估指标可由抵抗破坏能力、快速恢复能力、适应变化能力等特征指标组成，各特征指标按本指南附录D计算。

条文说明

公路安全韧性是表述公路面对自然灾害或极端环境时，抵御外部扰动、保持安全运行和快速恢复的能力，在某次外部扰动下公路安全韧性的概念模型如图3.4.1所示。学界一般用概念模型中的ABCD曲线包围部分积分面积来表达韧性水平，同时也惯用冗余性、应变性、稳健性、恢复性、适应性（以下简称“五性”）等表达公路韧性。

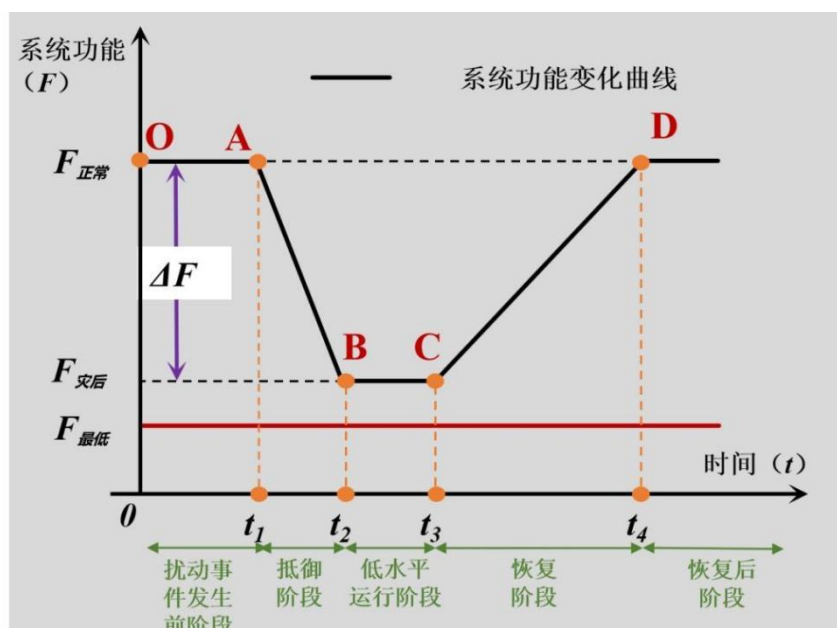


图 3.4.1 公路安全韧性概念模型图

1) 关于模型概念图的理解。图中 A 点 (t_1) 为外部扰动事件发生时刻；B 点 (t_2) 为外部扰动事件结束时刻；C 点 (t_3) 为系统功能恢复启动时刻；D 点 (t_4) 为系统功能恢复结束时刻； $F_{正常}$ 为正常状态下系统功能值； $F_{灾后}$ 为外部扰动中最小系统功能值； $F_{最低}$ 为公路安全运营所需最低系统功能值。对照概念模型图，冗余性是公路抵御外部扰动对其功能水平影响的能力，对应 OA 阶段属性；应变性是公路在扰动持续影响下维持正常服务水平的能力，对应 AB 阶段属性；稳健性是扰动发生后公路保持其功能的能力，对应 BC 曲线距离 $F_{最低}$ 的位置；恢复性是扰动发生后公路可修复到正常服务水平的能力，对应 CD 阶段属性；适应性是扰动发生后公路保持不低于最低服务水平的能力，对应 B、C 点属性。

在工程实践中，公路韧性呈现随时间变化的过程属性，而现有工程用的安全评价指标、办法等是静态指标。现有公路工程安全评价标准体系中的方法和成果，也无法与“五性”相对应。因此比照公路安全韧性概念中的“抵御外部扰动、保持安全运行和快速恢复”能力，提出了抵抗破坏能力、快速恢复能力、适应变化能力特性指标，用于系统评估公路安全韧性。

路线主要面对的是通行需求变化等扰动类型。由于路线是道路展线形状的统称，非构造物形式，灾害主要作用于路线上的构造物，如路基路面、桥涵、隧道

等，而不存在路线的独立破坏，但路线承担着保障安全畅通的功能，并制约着沿线构造物的抗灾能力，因此，路线方面的抵抗破坏能力主要针对路线设计指标，适应变化能力主要针对交通流的服务水平，快速恢复能力主要针对通过改线、路改桥、路改隧、交通安全设施等进行系统综合设计，以恢复路线安全和畅通通行功能。

3.4.2 单体工程评估应符合下列规定：

1 受承灾体普查一级风险点或高速公路设计回溯重大风险点影响的单体工程，单体工程评分值 R_1 取 68。

2 受承灾体普查二级风险点或高速公路设计回溯较大风险点影响的单体工程，单体工程评分值 R_1 取 76，当计算分值低于 76 时，取计算分值。

3 除第 1、2 款外，单体工程评分值高于 76，但其特征指标关键项标度为 3 时，单体工程评分值 R_1 取 76。

3.4.3 应逐工点、路段开展专项研究确定评估标准。

条文说明

评估标准见本指南附录 D.0.1 条及条文说明。

3.4.4 本指南未给出相关扰动评分标度说明的，应根据扰动事件时空特性、影响范围与后果及处治措施等综合评分。

3.4.5 公路安全韧性提升应满足下列要求：

1 提升后所有单体工程的“抵抗破坏能力”关键项标度应不低于 4，“适应变化能力”“快速恢复能力”的关键项标度宜不低于 4。

2 提升后所有单体工程、专业工程、项目工程评分值均应不小于 84。

3 公路安全韧性提升率 T_R 应不小于 20%，且项目工程评分值提升率 T_U 不小于 20%。

$$T_U = (T_{U1} - T_{U0}) / T_{U0} \times 100\%$$

其中： T_{U1} ——提升后的项目工程评分值；

T_{U0} ——提升前的项目工程评分值。

4 提升后的制度体系评分值应不小于 84。

条文说明

1 关键项见本指南附录 D 的表 D.0.1-1~表 D.0.1-14 的注释。

3.5 评估报告编制

3.5.1 评估报告应包括项目工程评估、专业工程评估、单体工程评估及制度体系评估等内容。

3.5.2 评估结论应包括单体工程、专业工程、项目工程、制度体系评分值，公路安全韧性度与评估等级。

3.5.3 应根据单体工程、专业工程、项目工程评分值，统筹提出安全韧性提升建议措施。

3.5.4 应根据制度体系评分值，针对存在的不足提出安全韧性提升建议措施。

4 设施安全韧性提升

4.1 一般规定

4.1.1 应在安全韧性评估的基础上开展提升设计，确定项目的提升部分及提升目标、提升方案等。

条文说明

应通过调查研究，梳理分析和分类问题、风险以及影响因素，并依据评估结果，综合建设条件等多种因素给出推荐提升目标。

实施提升具备多种可行方案时，应进行方案比选。

作为在役公路的安全韧性提升工程，还需按照现行《高速公路改扩建交通组织设计规范》（JTG/T 3392）的相关要求，综合考虑施工及运营安全、区域交通因素影响等，结合工程技术方案进行交通组织设计。

4.1.2 在现状安全韧性评估结论基础上，分析总结历史灾害、事件发生的原因和规律，综合考虑安全韧性提升需求、提升方案的经济性和适用性等，确定提升技术标准，并符合下列规定。

1 路线、路基路面、桥涵、隧道、路线交叉、交通工程及沿线设施等的提升部分，应根据建设条件的变化，具备条件时将防洪、抗震、安全防护等能力提升到现行标准的要求；灾害易发、多发等重要路段的提升部分，经论证后，可高于现行标准的要求。

2 具有特殊通行需求或现行标准缺乏相关规定的指标，应通过评估论证，并在设计文件中明确设计标准和验收要求。

3 安全韧性提升设计交通量应按 20 年预测，起算年为该项目工程可行性研究报告中的计划通车年。设计小时交通量不应小于年第 30 位小时交通量。

4 既有桥涵极限承载能力应满足或采取加固改造提升措施后满足现行标准的要求；正常使用极限状态应满足原设计或现行标准的要求。拆除新建的桥涵设计，应采用现行荷载等级。

条文说明

1 根据安全韧性提升项目的要求，一般情况下应将防护能力提升至现行标准

的要求，但同时考虑在役公路改建项目的特殊性、困难程度等，对提升指标应结合工程实际具体分析，在安全的前提下合理采用。

2 对于特殊通行需求或者灾害作用等情况下，现行标准没有的指标，可通过历史灾害、事件分析并综合国内外有实践检验的研究成果、国外相关标准规范确定。

3 该条参照《高速公路改扩建设计细则》（JTG_T L11-2014）3.0.5 条的规定。

4 该条参照《高速公路改扩建设计细则》（JTG_T L11-2014）3.0.8 和 3.0.9 条的规定。对于已经采用拼接加宽的既有桥涵，如果运营中采用分车道交通组织管理方式时，可按交通运输部 2019 年 9 月发布的关于《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）第 6.0.10 条补充说明的通知进行结构承载能力验算。

4.1.3 安全韧性提升应满足下列要求。

1 综合考虑现状情况、施工条件、安全风险隐患，综合论证工程实施对既有公路运营影响，合理确定提升内容和技术方案，合理确定工程规模；在现有资料无法准确判断工点现状风险和水文地质等建设条件时，应进行补充勘察或结构专项检测等工作。

2 采取防治结合的措施，减小不良地质灾害和极端环境的外部影响；遵循利用与改造相结合的原则，着力增加在建设条件发生重大不利变化、自然环境侵蚀等环境下结构自身抵御灾害的能力，提高冗余设计，提升结构安全韧性。

3 针对路线、路基路面、桥涵、隧道、路线交叉、交通工程及沿线设施、结构监测工程、制度体系等进行系统性和综合性提升。

4 充分完善和提升影响主体结构安全韧性的公路附属设施，预留必要的养护通道、设备及检修空间，达到可达可检可修和易维护。

5 应在设计中提出有针对性的运营管理和维护措施。

6 韧性提升措施的设计与实施，应严格遵守国家及地方关于生态保护红线、自然保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区的管理规定。

4.1.4 施工阶段应重点对隐蔽工程的实际状况进行跟踪、检验、监测，印证设计方案，根据需要进行动态调整设计。

4.1.5 注重环境保护与资源节约，利用或再生利用既有资源、防治污染、处治废

弃物时，应满足环境协调与生态保护要求；减小施工对沿线周边环境、居民生产生活的影

响。
4.1.6 公路安全韧性提升应考虑全寿命周期成本，通过优化设计方案降低全周期养护成本。

4.2 路线

4.2.1 路线安全韧性提升应遵循下列原则：

1 路线安全韧性提升工作应遵循“评估诊断、分类施策、系统治理、长效可靠”的总方针，以保障公路全寿命周期内的结构安全与通行服务为目标。

2 路线安全韧性提升，应充分收集既有道路设计资料、竣工验收资料、运营养护资料以及交通事故数据，合理制定安全韧性提升方案。

3 对于事故多发路段，经论证采用交通工程措施可以有效提升安全韧性的，应优先选择交通工程措施提升的方案。

4 对于需通过工程措施进行治理的路段，宜采用原位加固与系统改造的韧性提升方案。

5 对于结合工程地质勘察明确判定为大规模、活动性强、工程治理难度极大的滑坡、崩塌、泥石流、活动断裂等重大灾害路段，应优先论证局部或全线调整线位的可行性。路线调整方案应进行技术、经济、环境及社会影响的综合比选论证。

4.2.2 经评估需调整公路线位或采取工程措施的路段，应对平面、纵断面、横断面和线形组合等关键要素进行分析，明确提升目标和具体设计参数，制定安全韧性提升方案。

4.2.3 针对水文地质气象等条件发生重大变化或高速公路设计回溯存在较大风险的临河、临湖（库）、低洼及山前坡积区路段，安全韧性提升应校核相关水文、地质、气象等资料，按照重新验核后的建设条件，采取抬高道路高程、系统优化防排水设施、加强支挡等措施。经技术经济论证，可采取改线绕避或路基改桥梁、路基改隧道等方案。

4.2.4 针对视距不良不满足现行规范且处于通行高风险状态的路段，应根据实际

运行速度检验与运营安全性评价结论，明确视距不良的主因，合理采用加强交通安全设施设置、清理路侧障碍物、调整中分带防眩形式、横断面优化布设、优化线形指标等措施。必要时，辅以合理的限速管理。

4.2.5 针对合成坡度及超高横坡设置欠佳不满足现行规范且处于通行高风险状态的路段，应根据运行车速、交通组成及路面条件，合理采用加强交通安全设施设置、加强路面排水与抗滑性能、优化纵坡或超高等措施。必要时，辅以合理的限速管理。

4.2.6 针对公路连续纵坡路段通行能力不足或处于通行安全高风险状态的路段，应按照《提升公路连续长陡下坡路段安全通行能力专项行动技术指南》（交办公路〔2019〕44号）规定，分类采取加强交通安全设施设置、限速管理、增设或改造货车检查站和停车区（加水站）、增设或改造避险车道、加强路面抗滑性能等措施。连续上坡路段通行能力不足或处于通行安全高风险状态时，应按照相关标准规范规定，采取增设爬坡车道的措施。

4.3 路基路面

4.3.1 路基路面安全韧性提升应遵循以下原则：

1 应基于近年极端气象、水文、地震及地质灾害等条件与路基路面损坏模式相关性的调查分析，结合交通荷载作用特征，科学确定韧性提升的关键影响参数与设计标准。

2 应结合评估结果，以增强路基路面承载能力、防护能力与防排水能力为核心，进行系统性、综合性设计。

3 针对极端气象与水文条件下的路基地质灾害，应强化边坡防护、排水系统及路基加固措施的逐工点设计。对高液限土、膨胀土、湿陷性黄土等水敏性强的填料，需进行改良处置或采取防水隔离层措施；对冻融敏感路段，应设置防冻层或采用非冻胀敏感性填料等。

4 高路堤、深路堑、陡坡路堤及不良地质、特殊岩土路段的路基，设计时应进行路基稳定性计算分析，稳定系数应符合《公路路基设计规范》（JTG D30）的规定。

5 路面材料宜根据提升后的交通荷载需求,选择与其结构层功能定位相匹配的抗疲劳、抗老化、抗水损等对极端环境适用性良好的材料。对于合成坡度及超高横坡设置欠佳不满足现行规范、连续长陡下坡且处于通行高风险状态的路段,可采用 OGFC 排水路面、自融冰系统等处治措施。

4.3.2 承载能力提升应符合下列规定:

1 路基路面承载能力提升应满足现行《公路路基设计规范》(JTG D30)、《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)、《公路沥青路面养护设计规范》(JTG 5421)、《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40)等规范的要求。

2 充分考虑极端强降雨及连续降雨、地下水位上升、填料水敏感性等不利水文地质条件对路基变形的影响,分析评估既有路基沉降、抗变形能力,采用排水、注浆、土质改良等补强措施,确保极端条件下路基承载稳定。

3 当存在深厚软基长期未固结、岩溶、采空区或湿陷性黄土陷穴等风险时,应在充分勘察及评估基础上,采取注浆加固、微型桩、充填处治或桥梁绕避等针对性措施,消除地基失稳隐患。

4 当挡墙、锚固结构性能衰变导致承载能力下降时,应结合防护能力提升,采取局部修复、整体补强或韧性结构替换等措施恢复或提升其功能。

5 因地表水或地下水侵害导致承载能力不足时,提升方案应与防护能力、综合防排水能力提升协同考虑、同步实施。

6 针对多年冻土发育区,应在充分的地温与工程地质勘察基础上,综合采用热棒、通风管、块(片)石路基等主动降温措施,或采取开挖换填、碎石垫层、土工合成材料加筋、注浆加固等地基处治措施,改善地基承载能力,控制融沉变形。

4.3.3 防护能力提升应符合下列规定:

1 路基路面防护能力提升应满足现行《公路路基设计规范》(JTG D30)、《滑坡防治设计规范》(GB/T 38509)、《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》(JTG/T D31-02)等规范的要求。

2 应调研公路沿线气候、水文、地形地貌、地质、地震等资料,做好沿线地质调绘、勘察和试验工作,查明地层岩土性质、空间分布特征及有关物理力学参数,结合运营期病害的发生和发展过程开展稳定性分析,采取结构加固与排水疏

导相结合、工程与植物防护相结合的综合措施，预留必要的安全冗余。

3 对运营中出现渗水、变形、开裂的坡面及防护结构，应综合评估削坡减载、弃土反压与新增支挡锚固等方案的适用性，择优选用。高地震烈度区需进行抗震验算。

4 沿河路基应强化路堤冲刷防护，应结合历史洪水水文数据和类似工程水毁案例验核冲刷深度和防护工程的基础埋深。临河侧边坡防护宜采用混凝土结构，冲刷深度较大且施工困难时，可根据河道形态、冲刷强度等设置混凝土护坦、石笼等防护设施。

5 对受气象、水文、地质条件影响的大型滑坡、崩塌、泥石流等不良地质路段，应充分评估隐患及风险，采取监测预警、工程治理与应急避险相结合的综合防护措施，确保路基在极端灾害条件下的功能可恢复性。

6 对于中小型崩塌、危岩体，当路线绕避困难或不经济时，可采取清除、支挡、挂网锚喷等处理措施，也可采用柔性防护系统或设置拦石墙、落石槽等构造物。当崩坍体较大、发生频繁且距离路线较近而设拦截构造物有困难时，可采用明洞、棚洞等遮挡构造物。

7 边坡宜设置踏步、扶手等检修通道，保障养护巡查通行安全，提升日常养护便捷性。

8 应根据路基边坡具体情况，合理设计监测方案。对高风险边坡、大型支挡工程、不良地质灾害路段实施变形、应力、水文等关键指标监测。建立智能化实时监测预警系统，对异常变化及时采取处治措施，保障路基长期稳定与安全运营。

4.3.4 防排水能力提升应符合下列规定：

1 路基路面防排水能力提升应满足现行《公路路基设计规范》（JTG D30）、《公路排水设计规范》（JTG/T D33）、《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）、《公路沥青路面养护设计规范》（JTG 5421）等规范要求。

2 应加强水文调查分析，查清区域年平均降雨量、极端最大降雨量、降雨历时等气象关键参数，分析极端气候演化趋势。根据公路沿线地形、地质、汇水面积、地表径流、防排水构筑物设置及运营安全需求，全面评估极端降雨工况下防排水系统的承载风险及失效隐患。

3 应遵循“标准适度提高、系统综合完善、功能冗余保障、快速恢复可及”

的原则，通过水文水力计算，科学确定各类防排水设施的尺寸、材质及布设参数，确保设施适配极端降雨需求，确保路界积水可控、设施排水通畅、路基水稳可靠。

4. 应注重各种排水设施的功能、功效设计以及相互之间的衔接设计，路界范围内的地表水、地下水应形成完备的排水系统。当排水系统功效不完备时，应扩充、增补相应设施。

5 完善路侧填平区排水系统，可采用截排疏导综合治理方式，确保坡面汇水不下渗路堤，避免产生管涌、流砂病害。对于排水系统缺陷的填平区，应考虑增设排水管、涵洞，或综合评估路堤整体稳定性提升方案后，与挖除填平区增设桥涵方案进行技术经济对比后择优选用。

6 超高过渡段、超宽断面、互通分合流区域、凹形竖曲线底部等局部路表排水不良、影响行车安全的路段，应通过优化调整纵横断面坡度、增设排水沟管、排水路面等措施提升。

7 对于水文地质条件复杂的滑坡、边坡，应在准确评估地表汇水、地下水对现状稳定性影响的基础上，综合考虑增设截排水沟、排水隧洞、集水井、减压井、盲沟、深层排水管等措施，确保路基长期稳定性。

8 黄土地区排水设计应遵循拦截、分散的处理原则，设置防冲刷、防渗漏和有利于水土保持的综合排水设施及防护工程，并应防止农田水利设施与路基的相互干扰。

9 公路排水设施不应兼做其他非公路排水用途，避免路界外来水汇入；不能避免路界外来水汇入时，应对排水设施进行水文计算复核，确保排水设施泄水能力满足要求。对极端降雨下可能严重积水的路段，应设置应急溢流通道、强排泵站接口及抢险物资储备点，建立应急管理机制，确保排水系统失效时能够快速抢修、功能重置。

4.4 桥涵

4.4.1 桥涵安全韧性提升应遵循下列原则：

1 桥涵安全韧性提升工程除提升自身结构安全外，还应依据建设条件变化情况采取综合应对措施。

2 应结合结构特点及可能的灾害风险,对上部结构、下部结构和桥面系安全韧性进行系统提升,可采取拆除重建、利旧改造和加固等方式。既有桥涵提升应综合考虑改建方案、桥涵技术状况、承载能力评估结论及构造要求等因素,经综合论证后确定提升方案。

(1)桥梁总体技术状况评价等级为1类、2类的可原位利用,3类的经维修、加固后达到1类或2类的可利用,4类的宜拆除重建或对4类主要受力部件进行更换,5类的应拆除重建。

(2)涵洞技术状况评价等级为“好”、“较好”的可原位利用,“较差”的经维修、加固后达到“好”、“较好”的可利用,“差”的宜拆除重建,“危险”的应拆除重建。

3 新增及改造结构应满足桥下通行净空与建筑界限要求。

条文说明

2 新建和改造桥梁应满足《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)、《高速公路改扩建设计细则》(JTG/T L11)等相关标准要求;桥梁的加固应满足《公路桥梁加固设计规范》(JTG/T 5431)等相关标准要求。

应考虑各项能力的综合提升和实施,安全韧性提升是系统性工程,应考虑各项提升之间的相互影响,如板梁桥梁护栏防撞能力的提升应同时考虑边梁承载能力的提升,必要时可采取更换边板方案等。

部分桥梁提升改造费用如果接近或超过拆建的费用,应进行方案核实和对比,因地制宜择优采取拆除重建、利旧改造和加固等方式。

4.4.2 应结合评估结果,并通过调查研究,梳理分析分类问题、风险以及影响因素,针对性地提升桥涵抗洪能力、抗震能力、抗风能力、抗撞能力、抗倾覆能力、耐火隔热性能、承载能力、耐久性能等。

条文说明

如桥梁设有健康监测系统等,还应结合监测数据进行综合分析。

4.4.3 桥涵抗洪能力提升应符合下列规定:

1 承担干线公路功能或交通生命线走廊的公路桥梁,经技术经济综合论证后可提高防洪标准;在河床比降大、易于冲刷的情况下,宜提高一级设计洪水频率验算基础冲刷深度。

2 提升方案应结合水文调查、桥梁安全韧性评估及防洪能力评定结果，综合考虑桥梁结构自身优化与流域水流疏导，复核桥下净空，分析下部结构强度，并与区域内其他防灾体系（如防洪堤坝、水库管理等）协调，实现整体防灾能力的提升。

3 提升方案应依据当地洪水历史数据、流域特点及水文变化趋势，会商水利及河道管理部门，按照各自职责采用综合治理的方式进行。

4 桥梁上部结构应复核梁底标高，并应满足计算水位和桥下净空要求；主梁易遭受洪水上托力、撞击力作用的桥梁，上部结构应采用连续结构，并在上下部结构之间采用抗浮和横向限位连接措施；桥面排水能力不足时应采取增设或加密排水设施等措施，避免桥面排水对基础的冲刷。

5 桥梁下部结构的加固提升可根据评估结果进行墩顶增设系梁、墩身基础增大截面、下部结构包钢、增设桩基、基础增设锚杆等加固改造措施，当增加阻水时应满足《洪水影响评价技术导则》（SL/T 808）中相关建设项目的技术要求。

6 桥梁基础的加固提升可采用抛石（笼）防护、铺设防护层等被动防护措施和调治导流，也可采用护圈、挡板、墩前排桩、设置防护岛等主动防护措施；桥台锥坡基础可根据与冲刷线关系设置护坦，锥体填方的坡面应全高进行铺砌防护，受水流冲刷的宜在最高洪水位以下部分采用混凝土护面；防护措施不应缩窄行洪断面。涉河、涉水桥梁一般冲刷较大，基础大量外露时，除应对外露基础进行必要的加固外，尚应对河道采取上游设导流坝、下游设回淤坝等措施进行综合治理。

7 涵洞防洪能力提升可采用优化涵洞周围的排水设计、设置防护堤坝或墙体等措施。

8 结合水文、地形和地质等条件，合理布设调治构造物，如导流堤和截水坝等，以确保水流均匀顺畅地通过桥孔，防止桥位附近的河床和河岸发生不利变形，确保桥梁墩台和桥头引道的正常使用。

9 上下部结构之间宜根据实际情况针对性设置可靠的防侧移、防落梁、抗浮措施；在易发生漂流物堆积的区域，设置导流墩、防护网或阻挡设施，减少漂流物对桥梁的直接冲击；位于河床比降较大、河床为砂卵石的桥梁，洪水高度范围的桥墩宜采取外包钢护筒、超高性能混凝土防护套管作为桥墩防撞击磨蚀、安装单元式防撞耗能装置等防护措施，以提高其耐磨蚀性能。

10 位于泥石流区的桥涵提升，应根据泥石流沟的地形、地质状况、沟槽宽度及坡度、泥石流性质、流势和气象变化，综合考虑泥石流对桥涵危害程度，采取相应的提升措施：

(1) 对位于频繁发生较大的黏性泥石流区及规模较大的稀性泥石流区的桥梁，可改线绕避；

(2) 对跨越稀性泥石流或水流中含砂石较多河沟的涵洞，可增加涵洞跨径或改涵为桥；

(3) 在泥石流形成区，可采取截水、排水并结合支挡等工程措施控制水土流失和防止滑坍发生；

(4) 在泥石流经过区，可在过流沟道内采取护底及护坡措施；在储淤条件较好处，可修建拦挡坝或停淤场；

(5) 在强降雨期间，应加强对可能受泥石流影响的特大桥、大桥的监测。

条文说明

1 《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）从高速公路、一级公路等公路等级和特大桥、大桥等桥涵分类进行设计洪水频率的区分。在承担干线公路功能或交通生命线走廊的公路桥梁，可以根据技术经济综合论证后，提高一级设计洪水频率。

防洪识别为高风险的公路应采取有效措施，提高抵抗超标准洪水的能力。《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）规定二级公路的特大桥以及三、四级公路的大桥，在河床比降大、易于冲刷的情况下，宜提高一级设计洪水频率验算基础冲刷深度；本指南主要针对二级及以上等级公路，对上述条文做了相应修改。

2 《公路桥涵养护规范》（JTG 5120）根据桥梁所在河流的地理位置、孔径大小、桥孔位置、桥下净空、基础埋深、墩台基础冲刷、河流与河床的稳定等情况，将公路桥梁防洪能力划分为强、可、弱、差四个等级，并给出了桥梁防洪能力评定标准。

桥涵防洪能力提升设计应基于水毁类型及其成因的充分调查或预判展开，包括：通过收集历史洪水数据及桥梁水毁案例，分析桥梁损毁或垮塌的主因，识别洪水冲刷、漂浮物撞击、水流致振等潜在水毁类型；详细调查河流水文特性（含流量、流速、水位变化及洪水频率等参数），结合河流地质条件及河床地形特征，

评估冲刷与侵蚀的潜在风险；依据水文地质条件和地形特征，优选桥梁类型及布局方案，提升防洪能力；分析水力对桥梁的作用，保证桥梁结构安全。

采用拆除重建或改线新建的涉河、蓄滞洪区内等桥梁，其设计尚应满足《洪水影响评价技术导则》（SL/T 808）中相关建设项目的技术要求。

3 在汛期前应开展水毁预防养护工作，包括对防洪能力评定为弱或差的桥梁进行及时维修加固，及时联系相关部门开展河道清淤，维修或优化各类调治构造物及基础防护设施，采取隔离或防撞措施防止大量漂浮物进入桥孔，并做好抢险物资和设备的准备等。

10 主要根据《公路桥涵养护规范》（JTG 5120）对泥石流区域的桥涵进行泥石流防治。

4.4.4 桥梁抗震能力提升应符合下列规定：

1 桥梁抗震能力提升的抗震设防标准应符合现行《公路桥梁抗震设计规范》（JTG/T2231-01）的有关规定，并满足以下要求：

（1）提升工程的设计地震动参数应采用现行《中国地震动参数区划图》（GB 18306）的地震动参数；对同期已完成专门地震安全性评价的桥址，应采用批准的地震动参数值。

（2）对于延性构造细节不符合且无法提升至现行规范要求的在役桥梁，应以防止落梁及结构整体坍塌为核心目标，通过设置减隔震装置或多级限位等系统性能补偿措施提升整体韧性。

（3）E2 地震作用下，对于桩基础的加固方法和加固后的抗震验算，需进行专题研究。如采用减、隔震等加固方法后，桩基础仍然满足不了现行《公路桥梁抗震设计规范》（JTG/T2231-01）的要求，可进行专门研究，考虑适当放宽对桩基础的抗震性能要求，容许桩基础进入有限延性工作状态。

2 抗震提升应结合桥梁检测与安全韧性评估、抗震性能评价等结果，核对现有抗震构造和措施，通过建立结构计算模型、核定各构件能力需求、确定抗震薄弱环节，综合考虑可实施性和经济性等并制定加固提升方案；对位于抗震不利地段和抗震危险地段的桥梁，应在工程场地地震安全性评价的基础上制定相应的抗震性能提升方案。

3 抗震提升应遵循能力保护设计原则，优先对抗震措施、支座和桥墩的抗震

性能进行提升；同时应坚持体系优化原则提升全桥整体抗震性能，宜采用延性能力提升方法、减隔震能力提升方法、消能减震能力提升方法和抗震措施提升方法等。

4 通过合理引导塑性铰出现位置，保护盖梁、基础等关键节点不发生脆性破坏；墩柱潜在塑性铰区强度或延性不足时，可采用增大截面、外包钢抱箍、环向围束法或增设柱间系梁、X 撑等方法进行加固；对桥台应通过增设扶壁、斜撑或改变结构形式增强抗滑及抗倾覆能力，有碰撞和冲击可能时宜局部增设缓冲橡胶垫或其他弹性衬垫；桩基强度不满足抗震要求时宜结合体系优化，采用减隔震措施、通过设置固定支座等措施调整各墩身水平力分配或增设桩基、增大截面、外包钢管等方式进行。

5 桥梁抗震能力不足时，宜优先采用减隔震措施提高桥梁整体抗震性能；设置减隔震措施后桥梁抗震分析宜采用非线性动力时程分析方法。

6 防落梁措施不满足抗震要求时，可通过采取增设挡块（限位器）、增设连接拉杆、增加主梁搁置长度等措施进行加固。

7 对于饱和砂土或饱和粉土（不含黄土）等存在液化风险的地基，可采用加密法（碎石桩、水泥碎石桩）、固结法（注浆、旋喷桩）或通过增加地下连续防护结构（封闭钢板桩、地下连续墙）、增加桩基进行防地基液化加固。

8 设置纵横向多级限位装置、连梁装置及充足的梁端搭接长度以防止极端位移下的落梁灾害；积极推广减隔震支座或阻尼器应用，并采用模块化、可更换的耗能构件设计，确保震后可快速检修与交通功能恢复。

条文说明

1 本条确立了在役桥梁抗震提升的实事求是原则。鉴于早期建设的桥梁受技术历史条件限制，其配筋及构造细节往往无法满足现行标准。若强制要求既有结构必须达到现行设计规范的构造参数规定值，往往导致加固工程代价过高。因此，修编提出“性能补偿”路径，即利用外部系统手段弥补构件内部延性不足，确保实现整体韧性提升。

2 明确了“调查-评价-加固”的标准流程。依据《公路桥梁抗震性能评价细则》（JTG/T 2231-02—2021）的相关规定，通过定性评价识别构造缺失带来的重大风险点，通过定量计算核查能力缺口，确保提升方案的针对性。

参考《公路在用桥梁抗震性能提升技术规程》（T/CECS G: C23-02—2024）

3.1.3, 抗震不利地段一般是指软弱黏性土层、液化土层和地层严重不均匀地段；地形陡峭、孤突、岩土松散、破碎的地段,地下水位埋藏较浅、地表排水条件不良的地段。严重不均匀地层系指岩性、土质、层厚、界面等在水平方向变化很大的地层。

抗震危险地段一般是指地震时可能发生滑坡、崩塌的地段,地震时可能塌陷的地段、溶洞等岩溶地段和已采空的矿穴地段,河床内基岩具有倾向河槽的构造软弱面被深切河槽所切割的地段,发震断裂、地震时可能坍塌而中断交通的各种地段。

8 韧性提升的核心在于增加结构的“容错空间”与“恢复效率”。防落梁系统是《公路桥梁抗震性能评价细则》（JTG/T 2231-02—2021）中开展抗震性能定性评价的关键要素,是保障结构体系不发生灾难性失效的基本要求。此外,通过模块化和可更换设计,可显著缩短震后交通功能的恢复周期。

4.4.5 桥梁抗风能力提升应符合下列规定:

1 提升后的桥梁抗风性能应满足现行《公路桥梁抗风设计规范》（JTG/T 3360-01）的要求。对于存在气动稳定性缺陷的既有桥梁,应通过工程措施消除颤振失稳风险,并控制涡激振动幅值在限值范围内。

2 应通过桥位风环境调查与抗风性能评估,针对受风环境影响的桥梁或主要受力构件,结合运营期风致振动等检监测记录,制定气动优化、阻尼增设或结构加强等提升方案,必要时应进行数值模拟或风洞试验核定气动特性。

3 抗风提升应遵循“气动减振优先、结构加强支撑”的原则。应根据桥位风环境、桥型、跨径等因素选择合适的桥梁结构体系及构件气动外形,必要时应通过增设气动措施、附加阻尼措施改善或提高结构抗风性能。

4 缆索体系桥梁提升后,主梁(含护栏等)、索塔及斜拉索气动外形如发生变化,应对提升后的结构进行动力特性分析和抗风验算。

5 主梁可增设导流板、挡风板或减振衬板等气动控制装置,提升颤振临界风速;可视情设置调谐质量阻尼器(TMD)或黏滞阻尼器,通过衰减风致振动能量降低构件疲劳损伤,使结构在强震或强风后不产生永久性变形。斜拉索和吊杆可采用设置索体气动措施、阻尼器、减震锤或相邻索体间的辅助索或减震架等一

种或多种措施。

条文说明

1 本条明确了在役桥梁抗风提升的性能目标。重点针对早期建设桥梁抗风稳定性不足的问题，要求通过工程干预手段防止发生颤振等动力失稳事故，并控制常遇风下的涡振幅值，保障行车舒适性与结构耐久性。

3 “气动减振优先”强调通过物理构件改变流场，从源头降低能量输入。相较于单纯通过增加结构刚度来“硬抗”风力，该原则能更有效地提升桥梁的环境适应性。

5 韧性提升重点在于通过工程装置削减动力响应。增设调谐质量阻尼器（TMD）或黏滞阻尼器可显著提高结构的模态阻尼比。这种手段旨在将地震或强风带来的能量集中于耗能装置，避免主体结构因过度振动产生不可逆的塑性损伤或疲劳破坏，从而缩短灾后恢复周期。

4.4.6 通航水域的桥梁，桥梁防撞能力提升应符合下列规定：

1 桥梁防撞能力提升应根据桥位处现状航道等级及远期规划航道等级确定设防标准，提升后的结构承载能力与防护设施性能应符合现行《公路桥梁抗撞设计规范》（JTG/T 3360-02）的规定。当现有桥梁空间不满足航道等级且实施拆除重建代价太大时，或无法采取措施达到防撞要求时，应增设主动预警防船撞监测系统，并与海事部门建立协同联动机制。

2 核定航道通航条件及船舶流量，评估既有墩台的抗撞承载力及风险水平；根据评估结论，制定主动避让、被动防护及主体结构补强的提升方案。

3 统筹应用主动预警与被动防护措施，优先利用耗能构件的变形吸能降低撞击力峰值，实现对主体结构与船舶的双重保护。

4 针对主体结构抗撞能力不足的桥梁，可采取桥墩增大截面、包覆钢板或增设混凝土围套、增设桩基、采取独立防撞基础等措施，确保下部结构在设防撞击作用下的强度与稳定性。

5 为增强结构防撞冗余度与灾后恢复能力，双柱墩结构可采用增设横系梁、墩梁设置连接装置或防落梁装置等；墩台周围设置弹性耗能护弦、复合材料浮式吸能装置或独立防撞设施、阻拦网等；防护设施宜采用模块化设计，以便于日常维护、应急更换恢复等；增设主动预警防船撞监测系统，减小船舶撞击的概率。

条文说明

1 本条明确了防撞提升标准的确定原则，核心在于兼顾现状安全性与未来发展的适应性。关于设防标准选取：提升工程应参考远期规划航道等级，避免因航道升级导致设防水平不足。关于设防撞击作用的确定：在进行抗撞性能评价与验算时，应综合通航批复文件、防撞专题研究成果以及海事管理部门发布的最新通航数据，依据现行《公路桥梁抗撞设计规范》（JTG/T 3360-02）第 5.2 节的规定，科学选定设防代表船型，进而确定合理的设防撞击作用值。

随着航运发展，部分桥梁已有通航净空、净宽已不满足现状航道等级或未来航道规划，拆除重建代价往往很大；有些桥梁本身结构抗力无法满足现有或未来航道等级设防船型的作用力，增设防撞设施会进一步侵占本已不足的通航宽度、或实施规模巨大，导致可实施性很低，这部分桥梁应增设主动预警防船撞监测系统，并与海事部门建立协同联动机制，主动减小船舶撞击的概率。

5 提升韧性的重点在于通过工程装置降低灾后修复成本。模块化的防撞设施能在保护主体结构的基础上，通过“牺牲”局部吸能组件实现快速修复，符合安全韧性评价中关于“快速恢复”的技术特征。

4.4.7 受落石风险冲击的桥梁，桥梁防撞能力提升应符合下列规定：

- 1 应充分调查落石来源、路径、规模和结合历史灾害情况进行提升。
- 2 除结构自身抗力提升外，应综合考虑边坡防落石措施，如边坡危岩清除、设置落石槽、拦石坝、拦石墙、主被动防护网等。
- 3 结构自身抗力提升可通过墩身增大截面、包裹钢板、增设横向联系梁、设置独立防撞墩等措施。
- 4 可通过设置墩梁连接构造或纵横向防落梁措施，进一步增强桥梁抗撞韧性。

4.4.8 桥梁抗倾覆能力提升应符合下列规定：

- 1 桥梁抗倾覆能力提升应满足现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）和《公路独柱墩桥梁安全提升专项行动技术要求》的要求。
- 2 应按照现状调查与资料复核、结构抗倾覆性能验算、确定提升方案的程序开展。应重点核查支座间距、桥面全宽与支座间距比值、支座脱空状态、墩身和盖梁承载能力。
- 3 提升设计应遵循“增加横向约束、优化支承体系”的原则。应优先通过增

加支承点数量或增设固结墩等，提升结构在极端偏载下的横向稳定性。

4 提升工程措施可采用增设钢牛腿或扩宽盖梁以增设支座支承、加宽或增设墩柱、支承独柱墩改为墩梁固结等。对于墩梁固结体系桥梁，可采用增加墩身结构强度、优化墩梁固结设计等措施，以提升结构承载能力。

5 为增强结构防倾覆冗余度与灾后恢复能力，构造措施可采用调整支座间距、更换拉压支座或增设专用抗拉拔装置等。应一并对检查发现的与结构倾覆稳定相关的严重病害进行加固或维修，如支座脱空状态下不满足承载能力的盖梁与桥墩、评定标度为 3 度及以上的支座等。

条文说明

2 韧性提升的核心在于增加“面支承”效应。通过改变支承体系（如由单支座改为双支座或固结），不仅能提高静态稳定性，更能增加结构在极端偏载工况下的容错空间，防止发生突发性的整体倾覆失效。

3 对增设墩梁固结构造的桥墩，应注意墩柱和基础在倾覆力矩作用下自身承载能力的验算。

5 抗倾覆能力的提升高度依赖于构件的健康状态。支座脱空或失效会改变结构的预期受力路径，导致实际抗倾覆能力大幅下降，因此病害治理与结构提升必须同步实施。增设抗拉拔装置作为物理层面的“末端防护”，增强了设施在极端失稳趋势下的安全性与韧性。

4.4.9 桥梁耐火隔热能力提升应符合下列规定：

1 桥梁耐火隔热能力提升宜采用基于性能的防火设计方法，防火与防护结合，在桥梁遭遇火灾时，可在设计耐火时间内保持构件承载能力和桥梁整体稳定性。防火目标应根据桥梁防火类别和火灾强度类别确定。

2 应开展火灾风险评估，重点识别桥下空间违规占用、危险品运输车辆通行及穿越桥位的易燃易爆管线风险，确定防火类别和火灾强度类别、设计耐火时间和设计临界温度、确定各构件的设计火灾工况和热边界条件等，通过防火验算提出防火措施方案。

3 应遵循“源头控制、物理隔离、结构防火”的原则。优先通过物理手段消除或减少火灾隐患，对于无法避让的风险点，应提高关键构件的耐火极限和防护能力，增强结构在极端高温环境下的防火能力。

4 针对火灾高风险点段的既有桥梁，应在塔墩柱、盖梁及主梁等受火面，以及缆索体系、锚固系统等关键构件涂覆耐火材料或阻燃隔热材料、安装防火隔热设施等；

5 对穿越桥下空间的油气管线，应采取防护套管、增设防火墙或迁移等工程措施；对桥下空间应实施物理围蔽与环境整治，消除易燃物堆积隐患为增强结构火灾后的功能恢复能力；宜采用模块化、易更换的耐火隔热设施，以提高灾后检测与修复效率。

6 存在火灾隐患的桥梁，可安装火灾监测和主动预警系统；并在桥涵附近配备适当的消防设施，如灭火器、消防栓和应急水源。

条文说明

1 明确了防火提升的核心是“保安全、促恢复”。火灾是桥梁面临的突发极端风险之一，提升工程需确保在最不利火灾场景下，结构具备足够的耐火时限，防止发生严重的结构性失效。

火灾威胁较大的一般为缆索系统桥梁，其抗火目标可参考《公路桥梁缆索系统抗火设计指南》（T/CHTS 10262-2025）的要求。

3 “源头控制”是提升韧性的最有效手段。对于公路高架桥而言，清理桥下违章建筑及易燃堆积物、实施规范化的物理围蔽，可从物理层面隔绝大部分火灾风险。

5 缆索体系是长大桥梁的生命线，一旦受高温影响会导致材料性能不可逆下降，属于工程防护的重中之重。通过物理性的防火构造保护，可显著降低极端事件对主体结构的影响，提高结构安全储备，符合安全韧性提升的总体要求。

4.4.10 承载能力提升应符合下列规定：

1 桥梁承载能力提升应符合现行《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22）的要求。提升后的结构技术状况等级应不低于 2 类，且承载能力应满足现行《公路工程技术标准》（JTG B01）及相关荷载等级的要求。

2 应结合桥梁检查检测情况和技术状况评定进行承载能力评定，精确识别承载力不足的薄弱部位及关键构件，通过方案比选，采取加固、改造、构件更换、重建等提升方案。

3 提升设计应遵循“综合提升、协同受力”的原则。应分析承载能力不足的

内外因，采取综合处治措施；确保新旧结构结合紧密，避免对旧结构产生不利的扰动；确保力传导路径清晰，避免因局部强度突变导致结构产生新的应力集中或薄弱环节。

4 上部结构可采取增大截面、增设外部预应力、粘贴钢板或纤维复合材料等补强措施；对于受力缺陷严重的桥梁，可采取改变结构体系、替换主梁或更换拉（吊）索等措施。

5 下部结构可采取增设桩基、扩大基础底面积、增大墩柱截面、增设钢套筒或纤维复合材料围束等措施，提高基础与下部结构的承载力及水平抗力储备。

6 对于结构性损坏严重、冗余度显著不足，且经技术经济比较加固提升难以达到安全目标要求的桥梁，应实施拆除重建。

条文说明

1 考虑到既有桥梁加固的特殊性，要求提升后的技术状况等级不低于 2 类，确保结构在役期间具备可靠的安全储备。

6 对于存在本质安全缺陷且加固效益极低的桥梁，重建是保障公路网整体安全韧性的必要手段。

4.4.11 影响承载能力和使用性能的耐久性，提升应符合下列规定：

1 应根据桥梁所处的气候、地理环境及环境类别（如湿度、温度变化、盐雾、海风、化学污染等），提出耐久性提升设计目标。

2 应按照“精准防护、系统治理”的程序开展。对于耐久性严重劣化的易更换构件，应直接选用高性能、高耐久材料进行更换；对于整体结构，应采取综合措施阻止或减缓主体结构性能衰减。

3 结构表面防护应选用性能优异的长效防腐涂装体系。针对钢结构或钢混组合结构，应根据腐蚀环境等级提升涂层规格，水中钢结构基础可增设阴极保护措施等；针对混凝土结构，宜采用渗透型硅烷涂料或具有裂缝遮盖能力的涂装体系；针对受除冰盐等影响的桥梁结构，应结合防排水措施或增强防护涂装等进行耐久性提升。

4 应全面优化桥梁防排水系统，修复或重设桥面径流收集排放装置。确保雨水、雪水能够迅速、顺畅排出，消除积水对主梁、支座及墩台等关键受力部位的渗透腐蚀影响。

5 严酷环境下的桥梁，墩柱可采用超高性能混凝土（UHPC）防护套管、外包钢护筒等措施，提升其抗冲磨、抗冻融及防撞能力。必要时可安装单元式防撞耗能装置，实现物理防护与耐久性能的同步提升。

条文说明

1 耐久性安全韧性的基础。提升方案必须“因地制宜”，要求设计具备更强的前瞻性。

4 “水”是诱发绝大多数耐久性病害的源头。优化防排水系统是性价比最高、效果最明显的耐久性提升手段。通过确保系统畅通，可以有效降低结构受水分及有害物质渗透的频率，从源头提升韧性。

4.4.12 积极采用经验证的高性能混凝土、轻质高强材料、防落梁等新型产品等；在路基改桥、桥梁整体加高、体系转换等应积极总结和应用新工法和工艺，提升改建工程的质量和效率。

4.5 隧道

4.5.1 隧道安全韧性提升应遵循下列原则：

1 隧道安全韧性应重点提升结构承载、洞口防洪抗灾、抗突涌水、抗震、抗火、交通运行保障及耐久性等方面的能力。

2 隧道安全韧性提升应结合隧道结构与设施性能、环境条件、运营养护及监测预警预报情况开展，对隧道主体及附属工程的安全韧性进行综合提升。隧道提升方案应结合公路等级、功能、重要性、隧道病害情况及使用年限等因素，从安全、技术、经济等方面综合确定。

（1）隧道提升不应降低原有技术标准。受技术、经济条件限制需降低时，应进行可行性论证。经论证可行后，可采用降低一级设计速度的技术标准进行提升设计，并配套相应的交通安全设施。

（2）当公路等级提高，隧道提升技术、经济上可行时，宜按新技术标准进行提升。（加固技术规范）

3 水位、海或河床、荷载等建设条件发生较大变化的水下隧道，应开展专项评估并进行相应的技术提升。

条文说明

2 新建和改造隧道应满足《公路隧道设计规范 第一册 土建结构》（JTG 3370.1）、《公路隧道设计规范 第二册 交通工程及附属设施》（JTG D70/2）、《高速公路改扩建设计细则》（JTG/T L11）等相关标准要求；隧道的加固应满足《公路隧道加固技术规范》（JTG/T 5440）等相关标准要求。

3 海洋环境中的氯离子含量高，强腐蚀性会导致钢筋和混凝土的耐久性降低，从而影响隧道结构使用寿命和整体安全性。因而，海底隧道要重点开展结构耐久性等专项评估，并进行相应的技术提升。

4.5.2 应结合评估结果，并通过调查研究，梳理分析分类问题、风险以及影响因素，针对性地提升隧道承载能力、耐久性、防洪抗灾能力、抗突涌水能力、抗震能力、抗火能力、隧道交通运行保障能力等。

4.5.3 隧道承载能力提升应符合下列规定：

1 应满足现行《公路隧道加固技术规范》（JTG/T 5440）等规范的要求，且实际承载能力应满足现行《公路隧道设计规范》（JTG 3370）及相关荷载等级的要求。

2 应首先对隧道结构及围岩进行全面的调查、检查与评估，依据完整的资料合理制定提升方案；施工过程中应根据监控量测等信息实施动态管理，及时调整设计与施工方案。

3 承载能力提升应遵循安全可靠、技术可行、经济合理的原则，并积极采用新技术、新材料、新工艺。

4 针对衬砌结构承载力不足，可采用粘贴纤维复合材料或钢板（带）、喷射混凝土、嵌入钢架、增设锚杆或套拱等进行加固。对于缺陷严重段落，经论证后可进行局部或整体换拱。

5 针对围岩松弛、衬砌背后空洞引起隧道结构病害的，可评估对防排水系统的影响后，进行注浆加固，并采取必要的防排水系统保护和恢复措施。

6 隧底结构承载力不足时，可采取换填、增设或补强仰拱、树根桩、灰土桩、钢管桩、旋喷桩及注浆等措施加固。

条文说明

安全韧性提升设计不应降低原有技术标准，受技术、经济条件限制确无法满足现行规范技术标准时，应进行可行性论证。经论证可行后，可采用降低设计

速度的技术标准进行设计，并配套相应的交通安全设施。

4.5.4 隧道洞口防洪抗灾能力提升应符合下列规定：

1 隧道洞口濒临水库、沿河、沿溪时，其路肩高程应高出计算洪水位（包括壅水高、浪高、爬高等）不小于 0.5m。

2 隧道设计洪水位频率标准应满足现行《公路隧道设计规范》要求。

3 隧道洞口防洪能力提升前应进行防洪韧性评定，包括不限于开展水文调查与洪水位核算，洞顶及边仰坡截排水系统有效性，确保洞口防洪安全、排水通畅。

4 提升方案应结合区域水文调查、隧道洞口排水系统状况及现有防洪能力等综合评定，并应考虑隧道运营周期内的极端异常气候频次等因素，实现隧道洞口防洪能力的增强。

5 隧道洞口临近水域且受长期浸泡可能造成岸坡对隧道稳定有不利影响时，应进行检测评定，并针对性采取相应安全防护工程措施。

6 当隧道洞口位于潜在泥石流不良地质区段时，应按照隧道口条件发生重大变化为由开展分类调查评定，可采用分级拦截、疏导、防护与监测综合治理的方式规避泥石流洪灾风险。

7 当隧道洞口位于排水困难的沟谷低洼处时，应对洞口防洪水平进行评估，采取完善洞顶及周边截排水系统、改移天然沟谷、增设涵洞或泄洪通道、加固洞口边坡及坡脚防冲护砌、设置应急排水与蓄滞设施等措施。

8 当隧道出洞方向为线路上坡或进洞方向为线位下坡时，应将洞外路堑边沟做成线路相反且不小于 0.5%的坡度；桥隧相接时，应在临近洞口桥面两侧与伸缩缝处设置雨水收集系统。

4.5.5 隧道抗突涌水能力提升应符合下列规定：

1 抗突涌水能力提升主要针对大型岩溶或采空区隧道、富水断裂破碎带隧道、水下隧道（含下穿水库）等，提升后的抗突涌水能力应符合现行《公路岩溶隧道设计与施工技术规范》（JTG/T 3373）、《公路隧道设计规范 第一册 土建结构》（JTG 3370.1）、《公路隧道加固设计规范》（JTG/T 5440）要求。

2 抗突涌水能力提升应在隧道病害范围、程度确定的基础上，结合岩溶或采空区、富水断裂带等特殊地质的分布、性质等特征，参考监测成果，综合评估确定提升方案。

3 抗突涌水能力提升应遵循“以疏为主，截、排、防、堵相结合，因地制宜，综合治理”的原则，提升方案应包括防止施工过程中出现涌水、突泥灾害的措施。

4 抗突涌水能力提升方案应注重环境保护和水土保持，减少对生态环境的不利影响，当岩溶水排泄可能影响生态环境及水资源利用时，应采取措施减少地下水排放的不利影响。

5 岩溶隧道应查明岩溶及岩溶水发育情况，采取安全、可靠的工程处理措施，维持或疏导既有过水通道。

6 根据岩溶洞穴或空洞的大小、稳定性及与隧道不同部位的关系，可采取跨越、溶洞加固、溶洞回填、截流引排岩溶水、清除或加固充填物、封堵地表陷坑、疏排地表水等处治措施。

7 小型岩溶洞穴、岩溶裂隙段隧道提升时，可采取注浆、混凝土回填等措施。岩溶洞穴作为排水通道时应预留过水通道。

8 当大型岩溶洞穴位于隧道拱部以上时，根据溶洞洞壁稳定情况，宜进行喷锚加固，并采取护拱、缓冲层等措施进行处治。护拱应采用钢筋混凝土结构，厚度宜为 0.5~2.0m；缓冲层厚度宜大于 2m。

9 当大型岩溶洞穴位于隧道底部时，洞穴顶部基岩与隧底高差小于 5m，宜进行浆砌片石回填，洞穴底部松散充填物可采取注浆固结、换填等措施；洞穴顶部基岩与隧底高差大于 5m，宜采取桩基托梁等措施，桩基基础宜伸至底部围岩。

10 水下隧道应重点核查评估结构不均匀沉降、结构及接头变形、错台与渗漏水等情况，可采取增设接头限位受力构件、增设冗余性更大的防水构造等措施，提高抗突涌水能力。

11 强腐蚀性环境条件下，隧道衬砌可采用耐腐蚀混凝土，提升隧道其抗腐蚀能力，增强抗突涌水能力。

12 对于结构性损坏严重，且经技术经济比较加固提升难以达到安全目标要求的隧道，应实施拆除重建。

4.5.6 隧道抗震能力提升应符合下列规定：

1 提升工程的设计地震动参数应按国家规定权限确定，原则上应采用现行《中国地震动参数区划图》（GB 18306）参数，抗震能力提升应满足现行《公路隧道抗震设计规范》（JTG 2232）的要求。

2 在复核勘察资料，检测衬砌裂缝、渗漏水 and 变形等基础上确定场地类别与抗震设防烈度，结合地震作用验算，判定洞口、断层段、隧底等薄弱部位，依据隧道重要性、交通量、地质条件确定提升设防等级。

3 山岭区隧道应对洞口洞门、活动或大型断裂破碎带、软硬地层及结构形式突变段进行抗震能力提升；盾构隧道应对盾构工作井、横通道连接处及不良地质段等特殊部位进行抗震能力提升；沉管隧道应对沉管接头、陆域与水域变化段、软基及砂土液化段等特殊部位进行抗震能力提升。

4 山岭隧道可采用洞口边仰坡加固、衬砌补强、围岩加固、隧底加强等结构等加固方案，增设断层减震缝、变形缝设置等构造措施，穿越活动断裂带、岩溶区、软土段等特殊地段加强抗震等措施提升抗震能力。

5 盾构隧道可采用局部增设高强度混凝土二次衬砌，对工作井、横通道连接处等抗震薄弱部位采用粘贴碳纤维布、增设钢套箍等方式进行结构补强；对不良地质段采用注浆加固技术改良地层力学性质，穿越活动断裂带时增设减震缝，强化隧道防排水系统效能等措施提升抗震能力。

6 沉管隧道可采用增设接头限位装置与抗剪键，有效控制地震作用下接头变形量；对软土地基及砂土液化段实施地基加固、采取减载措施，对陆域与水域过渡段强化结构补强并增设减震垫层，完善隧道防水体系等措施提升抗震能力。

4.5.7 隧道抗火能力提升符合下列规定：

1 隧道抗火能力提升应依据现行国家或行业规范，结合公路等级及隧道车型组成等因素，综合确定主体承重结构的耐火水平。

2 隧道内部装修与防冻保温材料应符合不燃材料标准。

3 隧道横通道及疏散通道设置应按照山岭区及水下隧道类型分别满足现行《公路隧道设计规范》与《公路水下隧道设计规范》的相关要求。

4 应统筹主动预警灭火与被动结构防火措施，优先利用主动探测、联动控制、通风排烟、应急灭火措施，结合被动防火提升，实现隧道抗防火能力的提升与安全保障。

5 隧道承重结构的抗火能力提升可采取增设防火板或防火涂料等措施。

4.5.8 影响承载能力和使用性能的耐久性，提升应符合下列规定：

1 应根据隧道所处的气候、水文地质及环境类别（如冻融、盐雾、腐蚀性地

层、有害气体等），开展结构耐久性专项评估。提升方案应确保加固后的结构在预期服役期内具备抵抗环境作用的能力，其防水等级和材料耐久性应满足《公路隧道设计规范》（JTG 3370.1）的相关要求。

2 应按照“排查病害、根治源头、综合防护”的程序开展。耐久性提升前应对隧道结构存在的裂缝、材料劣化、渗漏水等病害进行修复。首先查明渗漏、腐蚀等病害的根源，再进行根本性治理，最后施加长效防护措施。

3 对于易更换的耐久性严重劣化构件，宜直接采用高性能材料更换；对于主体结构，应采取多重措施阻断或延缓病害发展；对于渗漏水，应遵循“堵排结合，综合治理”的原则。

4 针对裂缝，宜在裂缝停止发展或承载能力提升后，采用表面封闭法或注射法进行修补。结构表面防护与修复可选用聚合物改性砂浆等。

5 针对渗漏水，应根据水源、水压情况采用注浆止水、设置排水盲管、喷涂防水涂层等法进行处治。海底隧道、腐蚀性地层隧道应根据耐久性专项评估结论，采取加强防排水、采用防水耐腐蚀材料、牺牲阳极或增加保护层厚度等相应的强化防护措施。

6 在寒冷地区，应采取隔热防冻、加热防冻、保温排水等措施，提升结构抗冻融循环的能力。宜采用便于检查、维护和更换的耐久性防护构造与材料。

4.5.9 交通运行保障能力提升应符合下列规定：

1 提升后的隧道交通运行保障能力，应满足现行《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》（JTG 3370.1—2018）、《公路隧道交通工程与附属设施设计规范》（JTG/T D71—2017）及相关专项规范要求。对设施配置不足、运行异常或联动失效的既有隧道，需通过工程措施消除安全隐患，确保各系统运行指标符合规范限值。

2 结合隧道车流量、车型组成等实际条件，依据现行规范，全面核查交通安全设施、照明配置及路面亮度、通风设施运行、消防设施使用、监控设施完好性等情况。经评估不满足安全韧性要求的，及时开展提升工作；对设施老化、配置偏低或联动不畅的隧道，通过现场检测、数值模拟核定运行状态，制定分级提升方案。

3 交通运行保障提升遵循“现状评估先行、系统联动优先”原则，通过全面

核查找准薄弱环节，以规范符合性为核心，强化交通监测、通风、照明、消防、结构监测各设施协同联动，确保契合应急处置要求，提升日常运行安全与应急处置效率。

4 对配置不足或性能不达标的关键设施，应及时增补、更换、升级或加固；对老化失效的照明、通风、消防及监控设备，应专项修复或更换，确保运行可靠性及保障能力符合规范。同时强化应急通道、避险区域标识设置与日常维护，保障紧急疏散安全顺畅。

5 可增设智能化监测、诱导及应急设备，提升交通事件识别与响应速度；合理设置设备冗余、备用电源及故障自愈系统，优化联动逻辑、强化应急演练，降低突发事件影响，避免长时间交通中断。建立动态监测与定期评估机制，结合交通量增长、规范更新及设施老化，持续优化提升措施。

条文说明

各项公路隧道交通工程与附属设施需要按照现行《公路隧道设计规范》(JTG 2232)规定的特征年交通量进行核查，交通量按照《公路隧道提质升级行动技术指南》确定。

4.5.10 隧道安全韧性提升应结合建设条件，针对平层砂岩、岩溶、水下等具体情况积极采用经过论证过的建造工法，采用长寿面沥青路面设计和建造技术等，做好防排水设计，可结合实际情况经分析论证后进行其他能力提升，并采取针对性具体措施。

4.6 路线交叉

4.6.1 路线交叉安全韧性提升应遵循下列原则：

1 路线交叉韧性提升主要针对高速公路互通式立交以及普通国省道的平面交叉。分离式立交及通道、天桥的韧性提升要求，详见本指南第 4.4 节桥涵。

2 应优化交通组织，减少交通冲突点，提升通行能力和效率。

3 公路互通式立交韧性提升，应适应交通需求的发展，并与其他交通设施相协调。

4 公路互通式立交韧性提升，应充分收集既有互通立交设计资料、竣工验收资料及运营资料，以及交通事故数据，认真分析互通技术状态，合理制定韧性提

升方案。

5 公路互通式立交韧性提升，应以交通工程设施提升改造为主，通行安全高风险或通行能力不足时可进行主体改造。

4.6.2 针对两个间净距小于现行规范且交通事故频发或通行能力不足的互通，可通过增设辅助车道、集散车道等方式提升通行安全能力；必要时经论证后，可通过调整匝道出入口位置、形式等方式消除安全隐患。

4.6.3 针对出入口交通组织复杂或出入口指标较低且交通事故频发的互通，合理采用优化出入口通行条件、延长变速车道、归并间距较小的连续出口、加强交通安全设施设置等措施。

4.6.4 针对部分出入口视距不良易发交通事故的互通，可通过调整优化出入口视距条件，加强交通安全设施措施，优化出入口位置和布局等方式。

4.6.5 针对互通入口位于结构物后识别视距不足，或由于前方信息复杂、指示不明等易造成误行的互通，可通过优化出入口条件，优化交通安全设施等方式辅助驾驶者提前做出判断。

4.6.6 针对部分匝道通行能力与交通量不匹配，拥堵严重或交通事故频发的互通，可通过改善入口条件、增加匝道断面或改建匝道等方式。

4.6.7 部分匝道因下穿主线（或匝道）高程低于周围地形排水不畅，或互通区域排水不畅导致互通区内积水，给互通路基、路面造成安全隐患的，可通过优化、梳理排水系统、增设涵洞、排水沟或调整匝道纵断等方式，优化互通区内排水。

4.6.8 通行能力不足或不能保证交通安全时，可考虑完善渠化设计、改善转弯曲线或改变交通管理方式等措施。

4.6.9 对于多路交叉口或经过多次改造仍为通行安全高风险、难以通过常规措施有效治理的高风险平面交叉，应进行专项论证。经技术经济比选，可考虑采取简化交叉形式、合并或取消次要道路接入、实施环岛改造，或论证后改为立体交叉等措施。

4.7 交通安全设施

4.7.1 交通工程及沿线设施安全韧性提升应遵循下列原则：

- 1 应根据主体工程提升方案及公路现状、交通量和交通组成、运行速度、气象环境因素、历史事故成因等，科学确定安全韧性提升目标。
- 2 提升工程的交通工程及沿线设施技术指标应满足现行规范要求，对存在明确重大风险的路段，应采取综合措施提升安全韧性。
- 3 交通安全设施选型应充分考虑恶劣天气条件下的性能保持以及突发事件时的快速响应和易于恢复。
- 4 结合主体工程提升方案，应综合考虑现有设施的利用，对于改造现有设施的情况，应对结构、基础等充分评价和验算。

4.7.2 交通安全设施韧性提升应符合下列规定：

- 1 交通安全设施韧性提升采用的设计指标，应综合考虑公路设计速度、实际运行速度、交通量和交通组成、路侧环境、横向干扰程度、历史事故成因等因素；大型车辆占比较高的公路，护栏的防护等级宜适当提升。
- 2 提升方案应在对公路现状设施开展调查与评价的基础上，并通过调查研究，梳理分析分类问题、风险以及影响因素，基于路段现状条件，结合评估结果和主体工程提升方案，综合确定交通安全设施韧性提升方案。
- 3 提升方案应充分考虑交通量和交通组成的变化趋势，对主体工程的改动应统一纳入主体工程提升方案，可通过优化横断面布置、改移既有设施等，实现整体安全韧性提升。
- 4 中央分隔带设置桥墩时，护栏防护应满足《公路交通安全设施设计规范》中的相关技术要求，可经安全性能论证后采用加高混凝土护栏方案，在桥墩处围绕包封。
- 5 提升方案中选用的开口护栏应满足《公路交通安全设施设计规范》、《公路护栏安全性能评价标准》中的相关技术要求，开口护栏及其过渡段应与实车碰撞试验报告一致。
- 6 路侧设置排水沟路段的迎交通流波形梁护栏端头为外展式端头时，可经立柱基础承载能力验算后，采用立柱锚固在改造后的排水沟上的方案，也可经安全

性论证后采用其他防撞端头。

7 交通标志和标线应综合设计，重点考虑互通式立交间距小于 5km 的路段，整体考虑视认效果。标线应根据主体工程提升后的交通组织设计重新梳理和优化。

8 护栏提升改造应综合考虑护栏防护等级与形式、既有护栏利用等因素，选择合理的提升方案；护栏提升利用既有护栏采用双层波形梁护栏时，迎交通流波形梁护栏端头应按《公路交通安全设施设计细则》的规定，采用外展式、地锚式或吸能式。

9 桥梁护栏提升改造可按《提升公路桥梁安全防护能力专项行动技术指南》进行设计。

4.7.3 在灾害风险区域，可适当配置不依赖公共移动通信网络的无线通信设施、适当配置不依赖于外部电网的移动发电设施，提升灾后通信、电力支撑保障能力。

4.7.4 护栏、标志等交通安全设施宜积极采用施工速度快、性价比高、防护性能好且经过验证的新产品。

4.8 结构监测工程

4.8.1 因水文地质等外部环境发生重大变化、受自然环境严重侵蚀的边坡、桥梁、隧道等关键基础设施应开展监测工作。在高盐、高湿、酸碱环境、冻融作用以及水流侵蚀等不利因素作用下，导致主体结构严重劣化的桥隧结构物，应在结构监测基础上，增加耐久性监测。

4.8.2 针对高速公路与普通国省干线公路的长大桥梁、长大隧道、桥梁群、隧道群等开展结构监测时，应按进一步推进公路桥梁隧道结构监测工作实施方案的要求开展实施。

条文说明

进一步推进公路桥梁隧道结构监测工作实施方案对监测总体要求、推进公路桥梁和隧道结构监测系统建设要求、数据融合应用等均提出了相关要求，也颁布了相应的桥隧监测系统建设指南及《公路自然灾害监测预警系统技术指南》等，本指南不再做具体规定。

4.8.3 针对全国自然灾害综合风险公路承灾体普查、公路灾害风险隐患排查中一级、二级灾害风险点与其他风险较高的高速公路、普通国省干线公路的边坡开展监测时，应按全国公路边坡监测工作实施方案的要求开展实施。

条文说明

全国公路边坡监测工作实施方案对监测总体和工作要求、实施范围、重点任务等均提出了相关要求，也颁布了相应的边坡监测系统建设指南及《公路自然灾害监测预警系统技术指南》等，本指南不再做具体规定。

5 制度体系提升

5.1 一般规定

5.1.1 公路安全韧性制度体系提升应以构建全链条公路安全韧性提升长效机制为统领，以加快补齐制度体系方面的短板弱项，发挥管理措施叠加效应，健全覆盖全面、运转有序、高效协同的公路管理工作机制，完善公路重大灾害风险防控体系为目标。

5.1.2 公路安全韧性制度体系提升应以聚焦问题、突出重点、健全机制、完善体系为原则。

5.1.3 应制定公路安全韧性制度体系提升方案。提升方案应明确具体任务、提升内容、各任务实施方案、时间计划及保障措施。

5.1.4 公路安全韧性制度体系提升应包括制度保障、联动机制、抗灾准备、预防应对、响应处置等内容。

5.1.5 公路安全韧性制度体系提升应符合现行法律法规、标准规范、相关规范性文件以及公路安全韧性提升行动相关要求。

5.1.6 实施公路制度体系提升后，应通过重新评估、实战演练或实际灾损事件、恶劣天气应对等方式，检验制度体系提升效果。

5.2 制度保障

5.2.1 应根据安全韧性提升后的公路基础设施日常养护、安全管理与应急需要，制修订与之相匹配的管理制度。

5.2.2 应根据部、省相关要求，从公路规划、勘察设计、施工管理、养护管理、运营管理等方面制定落实公路安全韧性提升长效机制的具体措施，并符合下列要求：

- 1 应强化对复杂地质条件、气象及水文分布变化等高风险区域研判，做好

多通道布局论证和多走廊比选。

2 应加强对滑坡、崩塌、泥石流等不良地质路段和临河、陡坡路基路段勘察和综合评估，根据水文、地质条件和发生灾害的概率、规模，按照避让、跨越、治理的原则确定处治措施，并开展路线方案、路（桥、隧）方案、不同处治方案综合比选。

3 应强化施工进场复核制度，规范变更审查程序，加强涉水桥梁、不良地质隧道、路基高边坡路段、半填半挖路段、防护排水工程等特殊路段、特殊路基施工质量管理。

5.3 联动机制

5.3.1 应根据属地交通运输主管部门与气象部门建立的气商会商机制要求，制定落实会商机制具体举措，加强气商会商研判，共同做好公路灾害天气及次生灾害防范应对工作。

5.3.2 应根据属地交通运输主管部门与公安交管部门建立的分级分类管控机制要求，推动构建资源共享共用、信息互联互通、人员联勤联动的工作模式，制定落实公路管控机制具体举措，并应符合下列要求：

1 应按照“一路一策”原则，综合考虑临江临河、高填深挖、降雨强度、桥下水位等因素，以路段为单位，确定分级分类管控方案，并定期动态调整完善。

2 应根据路段管控方案，会商所辖路段公安交管部门，采取封闭管控、分时段关停、夜间关闭、限速限流等分级分类管控措施。

3 应及时发布突发事件预警信息，确定绕行分流路线，做好出行信息发布，引导公众合理安排出行。

5.4 抗灾准备

5.4.1 应根据公路灾损事件和恶劣天气类型、特点和应急处置需要，健全突发事件应急预案体系，针对性完善、补充编制突发事件专项应急预案或应急工作手册，并及时修订。

5.4.2 宜统筹考虑公路所在区域自然灾害类型、分布、影响程度以及已有应急装

备物资仓储设施分布，按照交通运输主管部门相关规划或规范要求，完善应急储备中心、应急物资仓库或应急物资储备点规划布局。

5.4.3 应根据公路灾损事件和恶劣天气应急处置需求，按照“平急结合、通专相济、实物储备与协议储备相结合”的原则，结合现有储备情况，选择适灾、先进、专业的应急装备物资。

条文说明：

“平急结合”指立足预防与应急相结合，常态与非常态相结合，以应对重特大公路突发事件为主，确保平时备得足、管得住、储得好，关键时刻拿得出、调得快、用得上。

“通专相济”指兼顾通用装备物资和专用装备物资。

5.4.4 应针对公路灾损事件和恶劣天气应急处置需求，组建专（兼）职应急抢通救援队伍，并组织应急抢通救援技能培训。

5.4.5 应每年针对公路灾损事件和恶劣天气，组织开展应急演练。应急演练应以实战演练为主。

5.4.6 应根据应急能力评估、应急演练评估以及灾损事件应急处置评估中发现的不足、薄弱环节，针对性完善抗灾准备。

5.5 预防应对

5.5.1 应建立健全公路安全风险分级管控制度，组织常态化开展养护巡查和自然灾害风险排查，形成风险管理台账，并针对性编制养护规划和年度计划，分类分级开展自然灾害风险点处治。

5.5.2 应建立健全公路安全事故隐患排查治理制度，落实各岗位责任，组织开展常态化隐患排查，形成事故隐患管理台账，及时采取技术、管理措施予以消除。对不能及时消除的重大事故隐患，应当采取管控措施，做到应停尽停、应关尽关、应撤尽撤，严防次生灾害发生。

5.5.3 应及时获取路网运行、长大桥隧、隧道群、风险边坡等关键监测信息，以

及气象、地震、水利、自然资源等部门灾害预报预警信息，开展数据融合和分析研判，及时采取相关防御措施，并将道路路况信息、气象与灾害预警提示信息、行车安全提示信息等向道路使用者发布。

5.6 响应抢通

5.6.1 应建立健全公路突发险情巡查监测制度，实施“人工+视频”监测巡查。降水集中时期、夜间等重点时段宜加大巡查力度、加密巡查频次。

5.6.2 宜应用监测预警新技术、新装备，提升公路突发险情自动感知能力，及时发现公路各类突发险情。

5.6.3 宜强化公路突发险情预警干预，针对排查出的高风险路段或灾损路段，加强对途经车辆驾驶人的安全警示提醒。

5.6.4 应针对排查出的高风险路段，制定人员、应急装备物资配置方案，并根据灾害、恶劣天气预警信息，提前前置备勤，及时开展公路突发险情应对处置工作。

5.6.5 应根据灾损公路状况和应急抢通目标，制定应急抢修技术方案，并应按照“先抢通、后修复”的原则安排施工作业。短期内无法应急抢通的，应制定绕行方案。

6 建设运营管理

6.1 建设质量管理

6.1.1 安全韧性提升工程建设应按照国家有关基本建设程序，做好施工前的准备工作及技术交底，编制实施性施工组织设计，制定必要的施工工艺细则，采取有效措施，确保提升质量。

6.1.2 应加强涉水桥梁、不良地质隧道、路基高边坡路段、半填半挖路段、防护排水工程等特殊路段、特殊路基施工质量管理管理工作。

6.1.3 安全韧性提升工程建设质量应满足现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）、《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）、《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）、《公路桥梁加固施工技术规范》（JTG/T 5531）、《公路隧道施工技术规范》（JTG/T 3660）、《公路隧道加固技术规范》（JTG/T 5440）、《公路交通安全设施施工技术规范》（JTG/T 3671）、《高速公路改扩建交通组织设计规范》（JTG/T 3392）等行业相关标准规范的要求。

6.1.4 建设过程中宜积极实施智慧工地、智慧梁场、智能建造等工艺工法和技术，提升数字化建设水平。

6.2 实施阶段交通运营管理

6.2.1 应考虑施工及运营安全、区域交通影响等因素，结合工程技术方案进行交通组织设计。维持通车的施工路段，其服务水平可较正常路段降低一级。

条文说明：

本条引用自《高速公路改扩建设计细则》（JTG/T L11）3.0.12 条的要求。边通车边施工对运营影响较大，服务水平有较大下降，易产生不利的社会影响，故交通组织设计要求服务水平维持在一定的水平上。

6.2.2 实施阶段交通组织设计应满足《高速公路改扩建设计细则》（JTG/T L11）

和《高速公路改扩建交通组织设计规范》（JTG/T 3392）等行业相关标准规范的要求。

6.2.3 实施阶段交通组织设计应满足《高速公路改扩建设计细则》（JTG/T L11）和《高速公路改扩建交通组织设计规范》（JTG/T 3392）等行业相关标准规范的要求。

6.2.4 当施工对高速公路安全运营产生不可控危险时，应采用局部封闭施工方式。

6.2.5 应结合交通组织，分析关键工点施工工序，编制施工方案，合理确定工期。

条文说明

受运营影响，改扩建项目相比新建工程，施工工效更低、工序转换更复杂，特别是一些施工与运营干扰特别大的关键工点，有可能制约工期。

6.2.6 设计阶段施工期交通组织方案不应替代施工单位在实施阶段编制施工组织计划中的交通组织方案的工作。实施阶段施工组织计划中的交通组织方案应由施工单位组织编制，并应在设计方案的成果基础上结合施工资源配备、工期计划安排和施工工艺工序等进一步细化。

条文说明

设计阶段施工期交通组织方案是设计单位基于调研资料、实践经验及理论分析提出的总体方案，未充分考虑工期计划内具体的施工资源配备和工作部署，施工单位进场后，应结合自身需求，在设计单位制定的总体交通组织方案框架内，细化实施性交通组织方案编制工作任务。

6.2.7 施工期交通组织应贯彻永临结合的理念，综合利用既有设施、临时设施和运营期设施，降低工程造价。

6.2.8 应建立统一的交通组织指挥体系，明确建设、养护、交警、路政等多方职责，实行统一调度、联动管控、信息共享，确保改扩建施工与道路交通运行安全有序。

6.2.9 必须严格执行施工区域交通导改方案，按规范设置施工围挡、警示标志、限速标识、导向标线及夜间警示照明设施，保障过渡路段通行能力与行车视距。

6.2.10 强化施工现场安全管控，对作业区、材料堆放区、机械作业范围进行封闭管理，严禁施工人员、设备违规侵入通行车道，杜绝施工干扰正常运行。

6.2.11 完善交通监测与应急处置机制，对重点路段、关键节点实施动态监测，及时发布拥堵、管制、绕行信息，制定突发事件应急预案，快速处置事故与拥堵。

6.3 建管养一体化要求

6.3.1 安全韧性提升工程应坚持建管养一张网，在安全韧性提升工程建设、管理、养护全寿命周期中，以数据资源为关键要素，通过信息化、数字化等手段，实现数据的贯穿管理及应用。

条文说明

根据《交通运输部关于推进公路数字化转型加快智慧公路建设发展的意见》（交公路发〔2023〕131号），到2027年，公路数字化转型取得明显进展。构建公路设计、施工、养护、运营等“一套模型、一套数据”，基本实现全生命周期数字化；到2035年，全面实现公路数字化转型，建成安全、便捷、高效、绿色、经济的实体公路和数字孪生公路两个体系。

对于部分缺失建设期资料的公路项目，鼓励采用数字化技术重建公路数据模型，为后续的建、管、养、运提供数字化的基础资料。

6.3.2 建管养一体化工作应建立建管养协调运作的机制、制定养护规划和数据标准、引入信息化和智能化手段等。

6.3.3 成立“建管养一体化”联合工作组，明确各部门的职能划分和 workflows，完善各项管理制度和标准，增强公路建设和养护管理工作的协调性和一致性。

条文说明

建议养护人员提前介入提升设计阶段，按照高速公路养护的需求，对设计方案提出合理化建议，进一步提升设计针对性；同时加强对管理人员的培训和质量监督，确保公路建管养一体化工作的顺利进行。

6.3.4 养护手册、养护规划等应于建设期同步编制，明确不同阶段的养护责任主体和养护内容，明确结构物和机电设施的维护要求。

6.3.5 建立健全公路数字化标准体系，支撑公路全生命期“一模到底”和数字公路“一张图”建设，促进建设、管理、养护、运行、服务等环节数据流通共享，保障公路数字化设施与公路基础设施同步建设、一体运营、一体养护。

条文说明

信息化管理是建管养一体化管理的重要组成部分，积极推动建管养阶段的信息化、数字化融合，构筑建管养一体化数据标准以及数字算法模型。

加强公路全生命期数字化统筹，构建可实现设计、施工、项目管理数据传递的一套全生命期模型；推广公路数字化勘测，积极应用无人机激光雷达测绘、倾斜摄影、高分遥感、北斗定位等信息采集手段，加强数据信息集成管理，优化勘察测绘流程；推进公路数字化设计；推动公路智能建造和智慧工地建设；实施重大工程数字化监管；依托建设期信息数据、历史数据等提升公路养护管理数字化水平。

6.3.6 鼓励在项目全生命周期协同应用信息模型、GIS（地理信息系统）等技术，采取数字化交付，促进公路安全韧性提升。

条文说明

促进形成全寿命周期、全专业的数据互通，包括建管养不同阶段数据的纵向贯通，以及路面、桥梁、隧道、交安等设施等各专业数据。

7 验收

7.0.1 安全韧性提升工程的质量检验和验收应满足《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80）、《公路工程竣（交）工验收办法》、《公路工程交竣工验收办法实施细则》等的要求，并应符合国家和行业相关标准的规定。

条文说明

安全韧性提升工程为改建工程，质量检验和验收以满足《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80）为主；部分提升内容实施手段与养护措施类似的，也可参考《公路养护工程质量检验评定标准》（JTG 5220）。

7.0.2 安全韧性提升工程结束后，应根据第3章的方法进行提升后的安全韧性评估，系统分析量化工程措施和管理措施取得的成效，指导验收工作，确保取得实效，并编制评估报告、提出改进建议。

条文说明

验收阶段的安全韧性评估，应在项目主体施工完成后、交工前完成。

验收阶段安全韧性评估的单体工程，原则上应与工可阶段的安全韧性评估一致。

若设计、施工等实施过程中单体工程发生了变化，对出现新增、范围变化的单体工程，应提供变更依据（如批复文件等），并按照第3章的方法进行提升前、后的安全韧性评估；对取消的单体工程，应提供变更依据（如批复文件等），并核实现状单体工程是否满足3.4.4条的要求。

7.0.3 安全韧性提升效果应符合本规范第3.4.4条的要求。

条文说明

安全韧性提升效果宜进行长期跟踪、及时总结、反哺行业。

安全韧性提升后仍需常态化开展养护巡查和自然灾害风险排查；加强路网运行监测和指挥调度，强化恶劣天气条件下公路保通保畅能力；及时发布突发事件预警信息，引导公众合理安排出行。

附录 A 安全韧性评估报告编制要求（工可阶段）

第 1 章 项目概况

1.1 项目基本情况（应包括申报项目的地理位置、工程规模、建设及通车年代、建设及参建单位等项目基本情况）

1.2 项目技术标准（如项目存在改扩建等过程，原建设技术标准和扩建技术标准均应列出）

1.3 设计采用的标准、规范（如项目存在改扩建等过程，原设计标准和扩建设计标准均应列出）

1.4 建设条件（除原有建设条件概述外，应重点描述水文、地质、气象、地震等建设条件的变化）

1.5 运营情况（应重点描述交通量的变化、事故等情况）

1.6 养护情况（养护历史，重点描述大中修、改扩建等情况）

1.7 既有公路技术状况（对既有公路路面、桥梁、隧道、交安等技术状况进行简述）

第 2 章 评估概况

2.1 评估依据

2.2 评估目的与方法

2.3 前期排查情况（包含公路承灾体普查情况、隐患大排查大整治工作开展情况、设计回溯情况、运营管理机构风险隐患排查提供的风险点情况等）

2.4 评估对象概况（按专业提供评估对象汇总表；各专业应包括工点桩号、风险隐患情况、评估依据条文和对应的风险类型等）

第 3 章 现场调查

3.1 现场调查风险点概况（简述现场调查工作量）

3.2 调查过程

3.3 调查情况（按专业、逐工点进行说明，包括工点概括、检测养护历史、主要问题、处治建议等；当工点数量较多、结构和风险情况相近时可分类汇总）

第 4 章 工程安全韧性评估

按照专业进行评估，包含单体工程和专业工程评分。单体工程评分过程应对所取标度进行说明；当工点数量较多、结构和风险情况相近时可分类汇总评估。

4.1 路线及路线交叉

4.2 路基路面

4.3 桥涵

4.4 隧道

4.5 交通工程及沿线设施

4.6 项目工程评分

第5章 制度体系安全韧性评估

按照附录 E.0.1 条的五项一级指标评估内容进行分别评估，每项评估内容应包括资料收集情况、每个表征指标的得分情况及说明等）

5.1 评估概述（针对制度体系评估内容、流程等进行简述）

5.2 制度保障评估

5.3 联动机制评估

5.4 抗灾准备评估

5.5 预防应对评估

5.6 响应抢通评估

5.7 制度体系安全韧性总体评分

第6章 公路安全韧性度

包含公路安全韧性度及其计算过程。

第7章 评估结论与建议

7.1 安全韧性评估结论（对纳入安全韧性提升部分进行总结；对公路安全韧性度、制度体系评分、项目评分、专业评分、单体评分进行总结概括）

7.2 安全韧性提升建议（结合本《指南》简要提出提升措施建议）

7.3 其他建议（如评估过程中发现养护、管理、技术应用、后期实施等问题，可提出相应建议）

附录1 提升工点一览表（汇总各专业评估后纳入后期提升的工点，包括工点桩号、风险隐患情况、评估依据条文和对应的风险类型等）

附录2（对正文部分大量图表等，可视情况自行增加附录）

附录 B 安全韧性评估报告编制要求（工程验收阶段）

第 1 章 项目概况

1.1 项目基本情况（应包括申报项目的地理位置、工程规模、建设及通车年代、提升时期、建设及参建单位等项目基本情况）

1.2 项目技术标准（如项目存在改扩建等过程，原建设技术标准和扩建技术标准均应列出）

1.3 设计采用的标准、规范（包括原设计标准、扩建设计标准和本次提升部分设计标准）

1.4 建设条件（除原有建设条件概述外，应重点描述水文、地质、气象、地震等建设条件的变化）

1.5 运营情况（应重点描述提升前交通量的变化、事故等情况）

1.6 养护情况（提升前养护历史，重点描述大中修、改扩建等情况）

1.7 提升前公路技术状况（对既有公路路面、桥梁、隧道、交安等技术状况进行简述）

1.8 提升概况（对提升内容、提升过程等总体情况进行概述）

第 2 章 评估概况

2.1 评估依据

2.2 评估目的与方法

2.3 评估对象概况（将工可阶段提升工点作为评估对象，按专业提供评估对象汇总表；各专业应包括工点桩号、提升前风险隐患情况、提升措施等）

第 3 章 现场调查

3.1 现场调查风险点概况（简述现场调查工作量）

3.2 调查过程

3.3 调查情况（按专业、逐工点进行说明，应包括工点概括、检测养护历史、主要问题、提升措施等；当工点数量较多、结构和风险情况相近、提升措施类似时可分类汇总叙述）

第 4 章 工程安全韧性评估

按照专业进行评估，各专业包含单体工程和专业工程评分。单体工程评分过程应对所取标度进行说明，特别是阐述提升后标度变化情况和原因；当工点数量较多、结构和风险情况相近时可分类汇总评估。

- 4.1 路线及路线交叉
- 4.2 路基路面
- 4.3 桥涵
- 4.4 隧道
- 4.5 交通工程及沿线设施
- 4.6 项目工程评分

第5章 制度体系安全韧性评估

按照附录 E.0.1 条的五项一级指标评估内容进行分别评估，每项评估内容应包括资料收集情况、每个表征指标的得分情况及说明等，特别是阐述提升后发生变化的制度体系部分）

- 5.1 评估概述（针对制度体系评估内容、流程等进行简述，阐述提升后发生变化的制度体系部分）
- 5.2 制度保障评估
- 5.3 联动机制评估
- 5.4 抗灾准备评估
- 5.5 预防应对评估
- 5.6 响应抢通评估
- 5.7 制度体系安全韧性总体评分

第6章 公路安全韧性度

包含公路安全韧性度、公路安全韧性提升率及其计算过程。

第7章 评估结论与建议

- 7.1 总体评估结论（明确是否满足本指南 3.4.4 条要求）
- 7.2 工程提升情况（提升的单体工程、专业工程、项目工程总体情况，单体工程具体情况可附于附录 1，专业工程及项目工程应给出分数变化情况）
- 7.3 制度体系提升情况（应给出制度体系分数变化情况）
- 7.4 建议（如评估过程中发现养护、管理、技术应用等问题，可提出相应建

议)

附录 1 提升工点评估一览表 (汇总各专业提升工点的评估情况, 包括工点桩号、提升前风险隐患情况、提升前后评估分数、关键项提升前后标度等)

附录 2 (对正文部分大量图表等, 可视情况自行增加附录)

附录 C 资料清单

C.0.1 根据工程需要收集建设期资料、运营期资料、风险普查资料，以及其他必要资料。

C.0.2 建设期资料清单应包含下列内容：

- 1 工程可行性研究报告及环评、防洪、水土保持等其他专题研究报告。
- 2 工程设计文件、竣工图及工程勘察资料。
- 3 交（竣）工验收资料。

C.0.3 风险普查资料清单应包含下列内容：

- 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。

C.0.4 运营期资料清单应包含下列内容：

1 路基路面、桥梁、隧道、交通安全设施等初始检查、定期检查、特殊检查报告等；监测评估报告、长期观测报表、技术状况评定及相关检测报告等资料。

2 大中修和养护工程相关设计、施工、监理、交竣工验收资料。

3 已有地质灾害工程治理资料；气象灾害、超限运输等特殊事件的损伤、处治、安全风险评估与防控报告等。

4 交通量、车型组成以及交通事故资料。

5 运营管理机构概况及安全生产管理组织体系架构相关汇编文件。

6 运营管理机构公路养护、安全与应急管理制度体系汇编；与气象部门建立的会商机制，与公安交管部门建立的分级分类管控机制，与相邻路段、上级单位和行业主管部门建立的路网运行调度机制及落实情况等资料。

7 运营管理机构突发事件应急预案汇编、应急物资装备清单、应急抢险队伍组成及培训计划与实施情况、应急演练计划与开展情况等资料。

8 运营管理机构公路安全风险分级管控与事故隐患排查治理体系文件与落实情况。

9 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。

10 结构监测、监测预警等资料。

11 涉路工程相关资料。

附录 D 单体工程评估

D.0.1 路线单体工程评分值与特性指标评分值应分别按式 (D.0.1-1) (D.0.1-2) 计算, 评分要求见表 D.0.1-1、表 D.0.1-2。路基路面、桥涵、隧道、交通安全设施单体工程评分值参照式 (D.0.1-1) (D.0.1-2) 计算, 评分要求见表 D.0.1-1~表 D.0.1-14。

$$R_{ILX} = 20 \sum_{i=1}^3 \theta_i E_{ILX^*} \quad (\text{D.0.1-1})$$

$$R_{ILX^{**}} = \sum \omega_i V_i \quad (\text{D.0.1-2})$$

式中: R_{ILX} ——路线单体工程评分值;

θ_i ——特性指标权重, 可按表 D.0.1-1、表 D.0.1-2 取值;

ω_i ——表征指标权重, 可按表 D.0.1-1、表 D.0.1-2 取值;

V_i ——评分标度, 可按表 D.0.1-1、表 D.0.1-2 取值;

$E_{ILX^{**}}$ 分别是 E_{ILXDK} 、 E_{ILXSY} 、 E_{ILXHF} ——路线单体工程的抵抗破坏能力、适应变化能力、快速恢复能力 3 个一级特性指标。

条文说明

单体工程评分值范围为 60~100, 划分为 5 个区间, 分别为 [60, 68)、[68, 76)、[76, 84)、[84, 92)、[92, 100]。

D.0.2 特性指标权重 θ_i 和表征指标权重值 ω_i 也可根据项目工程在路网中的重要性, 单体工程的工程特点、外部扰动影响, 采用专家调查法予以调整。

条文说明

自然灾害或极端环境, 具有多维度、非线性与动态演变的复杂特性, 公路结构、设施自身抗灾能力与外部扰动作用也有很强的时、空耦合与叠加效应。目前行业对公路基础实现抵抗破坏、适应变化、快速恢复能力的作用机理、机制与演化路径等研究还不深, 初步构建的安全韧性评估模型、指标体系等还不成熟。工程实践中, 就存在高速公路、普通国道等不同技术等级公路的某类单体工程 (如桥梁、隧道、路基路面、交安设施等其中的某一类), 或同一公路中不同类单体

工程（如桥梁、隧道、路基路面、交安设施等的其中的某几类），因其原设计抗灾基准、结构类型或形式、材料性能或指标、设计使用年限、抗灾安全储备等方面的差异，自身抵抗破坏能力、适应变化、快速恢复能力各会因此不相同；而且受所处地质环境、气候条件、交通量、车辆荷载、周边风险点等多因素耦合，不同外部扰动也是差别显著。因此，用统一、通用的特性指标权重 θ_i 和表征指标权重 ω_i 解决所有问题是很苦难的，也几乎是不可能的。附表 D.0.1-1~表 D.0.1-14 中给出的特性指标权重 θ_i 和表征指标权重 ω_i 是基于一般工程条件与典型扰动场景的专家推荐值，并不能完全适用所有场景。

为解决上述问题，本条款提出了特性指标权重 θ_i 和表征指标权重 ω_i 可依据专家调查法研究确定取值的要求。在实际工程应用中，可遵循“因地制宜、动态调整”的原则，根据工程具体特点与外部扰动的实际影响，在特性指标权重 θ_i 和表征指标权重 ω_i 的合计数值为 1 的基础上，进行响应增减微调。

例如同一高速公路桥梁单体工程的自身结构特点（如特殊设计、新型材料、复杂工艺）或其所处环境的外部扰动影响（如强震区、高频洪水、地质灾害易发、强降雨等）与一般情况存在显著差异时，可采用专家调查法（如德尔菲法）对权重值进行适当、合理调整与赋值，以使韧性评估结果更贴合工程实际。

例如从整个区域路网来看，对于相同环境的外部扰动影响的高速公路与普通国道，因其承通行需求、路线重要程度等有差异，各自单体工程的灾害扰动敏感性也有不同。针对这种情况，国道单体工程评估的适应变化能力、快速恢复能力的权重与高速公路的就可以有差别，可以采用专家调查法对权重值进行适当调整，如调整为 0.4、0.1。

D.0.3 应结合结构、设施工程特征与外部扰动影响等，逐工点、路段研究确定其评估标准，按 D.0.1 要求进行单体工程评估。

条文说明

公路安全韧性提升工程属于特殊类型的改建工程，此类工程要聚焦解决受水文、地质、气象等外部环境变化的影响，或受现状通行需求变化影响，或通行车流量、交通组成发生显著变化影响，或周边环境、地层严重变化影响的等工点或路段抗灾能力和安全能力的提升。这些影响因素可归纳为三类；一类是单体工程作用发生变化（如路基、桥涵、隧道等的设计降雨量、洪水流速流量、车辆荷载、

地震荷载等发生变化)，一类是单体工程的设计基准发生变化（如路线、交通安全设施的交通量、交通组成等发生变化，还有一类是单体工程的边界条件发生变化（如路基、桥涵、隧道等的腐蚀环境，河道冲蚀或改道变迁，地形地貌变化等）。但无论面对何种变化，首先都要对灾害风险进行论证充分把握当前变化状况，甚至还需要科学预测未来一定时期内外部扰动的演化趋势及影响程度等。开展灾害风险论证，研究确定评估标准和提升标准是后续工作前提与基础，其充分性直接关系到评估和设计的针对性和有效性。根据这一目标，评估和提升设计需依据工程建设条件与环境的变化，研究确定单体工程的评估标准和提升标准，作为开展提升工程的基础。总的来说，对于路线、路基路面、桥涵、隧道交通安全设施等各拟提升的工点或路段，应力争将抗灾能力（如防洪、抗震）提升至现行标准；而对灾害易发多发路段、或具有特殊通行需求而现行标准无明确规定的情况，尚需进行专项论证，可采取高于现行标准的技术要求，或借鉴国内外成熟研究成果与实践的标准。

工可阶段的公路安全韧性评估任务就是找出不适应环境变化而引发的自然灾害或极端环境的工段或路段，同时基于外部扰动程度与影响，评估工点或路段在抵抗破坏能力、适应变化能力与快速恢复能力的不足，因此评估前需明确评估标准。同样，工程可行性研究工作的主要内容之一就是研究确定拟提升工点或路段的提升标准，并以此为指导提升技术方案论证与工程投资估算编制。为此，研究确定评估标准和提升标准是工可阶段的重要工作，鉴于这一工作特点，建议由工可编制单位来牵头研究确定评估标准和提升标准。

评估标准和提升标准是可以有差别的。如，提升工程既包括安全韧性提升改建，同时也可以包括与韧性提升同步实施的其他改建工程等，因此提升标准应包涵抗灾能力提升的标准外，同时还应兼顾同步实施其他工程提升的系统设计标准，其中抗灾能力提升部分标准应与评估标准保持一致。评估标准即可将宏观的设防要求转化为各单体工程具体、可衡量的技术指标，让评估工作有的放矢，也让评估结论可直接支撑公路安全韧性提升工程标准与方案制定。

工程实践中，优先明确提升达到现行规范的基本要求，再针对单体工程所处的极端气候、高频灾害等特殊外部扰动条件，明确是设计基准变化、作用变化还是边界条件变化等，对关键部位或薄弱环节工点和路段研究提出更高高韧性的技

术标准，按这一方案开展工作，以下原则可供参考。

(1) 路线应以恢复或达到现行标准为基础。对于位于地质灾害、洪水威胁等高危路段的线位，应进行重点评估与论证，必要时可采取优于现行标准的线形设计或路改桥、路改隧等方式，以提升其抗灾与应急通行韧性。对于历史上因线形问题加剧灾害损失的路段，应进行针对性改线、路改桥或路改隧等改造提升。同时，改路段中的路桥隧等单体工程安全隐患经论证无法通过工程处治提升韧性的路段，可直接判定为低韧性（V级），不需再按表 D.0.1-1 和 D.0.1-2 计算韧性分值。

(2) 路基路面应提升至现行标准。对曾因重大灾害严重损毁的路段，经论证后可针对性、适当地提高其抗灾设防标准。

(3) 中小跨径桥梁及涵洞原则上应提升至现行标准，跨江越海等大型桥梁可考虑按原建设期标准恢复，并进行标准适应性评估。

(4) 隧道按恢复至原建设期标准为主进行考量，对于位于地质灾害高发、易发区的隧道，经论证应提升至现行或更高标准。

(5) 交通安全设施应提升至现行标准，针对频发路段灾害风险点，应专项论证提升至更高标准。

以河床冲刷扰动下某桥梁单体工程的评估为例。以《公路工程技术标准》中对照公路等级规定洪水重现期作为该桥梁抗冲刷设计基准，并以该重现期下变化后的设计洪水流量、流速等作用作为计算依据，按《公路工程水文勘测设计规范》规定对收到洪水扰动影响的桥墩逐墩计算基础冲刷深度，同时适度考虑安全裕度（考虑未来洪水的演化及影响），与原设计冲刷预留深度进行比较，得到桥梁在冲刷扰动作用下冲刷深度安全裕度的标度值。

D.0.4 单体工程存在两种及以上扰动时，以最不利扰动为主评估；多种扰动叠加特征明显时，各特性指标应按最低标度评分。

条文说明

实际工程中存在两种及以上扰动影响单体工程的情况。如西南省份山区跨河谷桥梁可能受地震与洪水扰动影响，叠加概率小，可根据扰动时空特性和对桥梁影响等判定主要扰动，以最不利扰动进行评估。又如我国沿海地区桥梁可能受环境腐蚀和车流量（荷载）变化扰动影响，两种扰动同时存在，评估时需考虑叠加

效应，各特性指标应按最低标度评分。

表 D.0.1-1 路线（主线、互通式立交、收费站、服务区、停车区、平面交叉）
单体工程评估表

一级指标	二级指标	
特性指标 (权重 θ_i)	表征指标 (权重 ω_i)	评分标度 V_i
抵抗破坏能力 E_{ILXDK} (0.18)	路线指标 (1.0)	根据现状交通运行状况及可预见的交通需求变化,对公路主线一般路段、互通式立交、服务区、停车区的出入口和匝道、平面交叉线形指标的规范符合性、安全提升措施实施情况和效果,酌情评分: 3,符合《公路路线设计规范》(JTJ 011-94)或更早期标准规范规定; 4,符合《公路路线设计规范》(JTG D20-2006)规定,或采取措施效果良好; 5,符合《公路路线设计规范》(JTG D20-2017)、《公路立体交叉设计细则》(JTG/T D21-2014)规定,或采取措施效果良好
适应变化能力 E_{ILXSY} (0.4)	服务水平 (1.0)	根据公路主线、互通式立交、服务区、停车区、平面交叉路段的现状交通运行状况及可预见的交通需求变化,措施实施情况和预期效果,酌情评分: 3,服务水平下降到四级及以下,服务能力不足或通行安全高风险; 4,服务水平达到三级; 5,服务水平高于三级
快速恢复能力 E_{IQHHF} (0.42)	相关设施 (1.0)	根据现状交通运行状况及可预见的交通需求变化,综合单体工程措施实施情况和效果,强调韧性提升工程系统综合设计,酌情评分: 3,通行安全高风险或通行能力、服务能力不足,无法通过交通安全设施等综合设置提升韧性的路段; 4,通行安全高风险或通行能力、服务能力不足,可通过交通安全设施等综合设置缓解韧性不足的路段; 5,其他路段,或通过交通安全设施等综合设置能够提升安全韧性的路段
<p>1.路线指标中,采用早期标准建设,但具体指标也符合后期修订标准时,按后期修订标准评分。当某指标不符合现行标准,但早期标准未对该指标进行规定时,应视其符合该早期标准。</p> <p>2.相关设施指:路基路面、桥梁、隧道等支撑路线的构造物,以及交通安全设施等。</p> <p>3.交通适应性中,服务水平、通行安全风险等因素按最不利情况选取。</p> <p>4.服务水平分级按《公路路线设计规范》(JTG D20-2017)执行,并根据平均日交通量计算。</p> <p>5.该表适用于主线右侧硬路肩宽度不足导致通行安全高风险需增设紧急停车带或加宽,主线线形组合不良导致通行安全高风险需调整线位,互通式立交出入口视距或间距不足导致通行安全高风险需调整出入口位置或布局,互通式立交和服务区、停车区出入口变速车道和匝道长度不足导致通行安全高风险需延长变速车道和匝道长度,互通式立交或收费站通行能力不足导致拥堵需增加出入口车道数、匝道车道数或改建匝道,互通式立交与互通式立交、服务区、隧道等出入口间距不足导致通行安全高风险或拥堵需增设辅助车道、集散车道、归并连续出入口,服务区和停车区场区面积不足导致拥堵或排队倒灌主线事故多发需扩建提升服务能力等情况的评估。</p> <p>6.路线工程的互通式立交、服务区、停车区和连续长陡下坡路段通行安全风险评估应按附录F通行安全风险评估模型确定。</p>		

表 D.0.1-2 路线（连续纵坡）单体工程评估表

一级指标	二级指标	
特性指标 (权重 θ_i)	表征指标 (权重 ω_i)	评分标度 V_i
抵抗破坏能力 E_{ILXDK} (0.24)	路线指标 (1.0)	根据现状交通运行状况及可预见的交通需求变化，对公路连续纵坡路段线形指标的规范符合性、安全提升措施实施情况和效果，酌情评分： 3，符合《公路路线设计规范》（JTJ 011- 94）和《公路路线设计规范》（JTG D20- 2006）规定。路线指标属于《提升公路连续长陡下坡路段安全通行能力专项行动技术指南》（交办公路〔2019〕44 号）规定的 IV 类、V 类长陡下坡； 4，符合《公路路线设计规范》（JTG D20- 2017）规定。路线指标属于《提升公路连续长陡下坡路段安全通行能力专项行动技术指南》（交办公路〔2019〕44 号）规定的 II 类、III 类长陡下坡，或通过交通安全设施等综合设置效果良好； 5，其他连续纵坡，或通过交通安全设施等综合设置效果良好
适应变化能力 E_{ILXSY} (0.20)	服务水平 (1.0)	根据公路连续纵坡路段现状交通运行状况及可预见的交通需求变化，措施实施情况和效果，酌情评分： 3，服务水平下降到四级及以下，或通行安全高风险； 4，服务水平达到三级； 5，服务水平高于三级
快速恢复能力 E_{ILXHF} (0.56)	相关设施 (1.0)	根据现状交通运行状况及可预见的交通需求变化，对公路连续纵坡路段避险车道、服务区/停车区/加水站、爬坡车道、路面状况等设施的设置情况和效果，酌情评分： 3，符合《公路工程技术标准》（JTJ 001- 97）或更早期标准规范规定； 4，符合《公路工程技术标准》（JTG B01- 2003）和《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）规定，或采取其他工程措施效果良好； 5，符合《提升公路连续长陡下坡路段安全通行能力专项行动技术指南》（交办公路〔2019〕44 号）和《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81- 2017）规定，或采取其他工程措施效果良好
<p>1.路线指标和相关设施中，采用早期标准建设，但具体指标也符合后期修订标准时，按后期修订标准评分。当某指标不符合现行标准，但早期标准未对该指标进行规定时，应视其符合该早期标准。</p> <p>2.相关设施指：避险车道、服务区/停车区/加水站、爬坡车道、路面抗滑性能等有助于提升长陡下坡韧性的设施或因素。</p> <p>3.交通适应性中，服务水平、通行安全风险等因素按最不利情况选取。</p> <p>4.服务水平分级按照《公路路线设计规范》（JTG D20-2017）执行，并根据平时或节假日平均日交通量计算。</p> <p>5.该表适用于连续上坡和连续长陡下坡通行能力不足导致拥堵需增设爬坡车道和货车车道，连续长陡下坡通行安全高风险需增设或改造货车检查站/加水站、货车停车区、避险车道、路面抗滑性能等相关沿线设施或改线等情况的评估。当对位于连续纵坡路段的线形组合指标进行评估时采用表 D.0.1-1 路线单体工程评估表。</p> <p>6.路线工程的互通式立交、服务区、停车区和连续长陡下坡路段通行安全风险评估应按附录 F 通行安全风险评估模型确定。</p>		

表 D.0.1-3 路基路面单体工程评估表

一级指标	二级指标	
特性指标 (权重 θ_i)	表征指标 (权重 ω_i)	评分标度 V_i
抵抗破坏能力 E_{ILXDK} (0.5)	稳定性 (0.6)	根据本指南表 D.0.1-4 内容对路基路面进行评分
		根据本指南表 D.0.1-5 内容对边坡进行评分
	抗灾技术性能 (0.3)	根据本指南表 D.0.1-6 内容评分
	监测预警有效性 (0.1)	根据路基稳定性监测预警方案和指标的合理性、完整性和实际使用效果, 酌情评分: 3, 监测预警设备失效或缺失, 无法进行有效监测预警; 无告警阻拦装置或失效, 无告警功能或失效; 4, 监测预警设备基本处于正常运行状态, 监测预警系统基本有效; 告警阻拦装置基本符合《关于进一步加强监测预警提升公路防灾抗灾能力的通知》(交办公路函〔2024〕1538号)要求; 5, 监测预警设备运行正常, 监测预警系统运行有效; 告警阻拦装置符合《关于进一步加强监测预警提升公路防灾抗灾能力的通知》(交办公路函〔2024〕1538号)要求, 运行正常
适应变化能力 E_{ILXSY} (0.3)	被动防护能力 (0.5)	根据本指南表 D.0.1-6 内容评分
	灾后通行能力 (0.5)	外部扰动后, 根据路基路面工程发生积水、积雪、团雾、冰冻、水毁、沉陷、坍塌和异物堆积等对交通的影响程度, 酌情评分。 3, 差, 双向中断交通, 且无可替代便道; 4, 较差, 部分交通中断, 或有替代便道; 5, 一般, 不会导致交通中断
快速恢复能力 E_{ILXHF} (0.2)	灾害规模 (0.4)	根据外部扰动后, 路基路面灾害的规模, 酌情评分: 3, 灾后垮塌、异物堆积规模大 ($\geq 5000\text{m}^3$); 4, 灾后垮塌、异物堆积规模较大 ($\geq 500\text{m}^3$); 5, 灾后垮塌、异物堆积规模较小 ($< 500\text{m}^3$)
	抢通难度 (0.6)	交通恢复难易程度、恢复成本和时间等 3, 恢复困难, 恢复成本高, 交通恢复大于 3 天; 4, 恢复较困难, 恢复成本较高, 交通恢复时间大于 1 天, 且小于 3 天; 5, 易恢复, 恢复成本一般, 交通恢复时间小于 1 天
<p>1.已设置监测预警的路段, 其抵抗破坏能力评估按本表执行。未设置监测预警的路段, 则取消该项评估, 抵抗破坏能力中的“稳定性”“抗灾技术性能”的权重分别为 0.6、0.4。</p> <p>2.抵抗破坏能力“稳定性”评分值取路基路面与边坡二者评分低值, 且“稳定性”和“抗灾技术性能”为关键项。</p> <p>3.对于被动防护能力中的极端降雨扰动, 若排水能力为评分标度为 3, 单体工程评分标度取 76。</p> <p>4.国道单体工程评估的适应变化能力、快速恢复能力的权重调整为 0.4、0.1。</p>		

表 D.0.1-4 路基路面单体工程稳定性（路基路面）评估说明表

序号	评估项目	权重 ω_i	评分标度 V_i
1	路面开裂程度	0.2	<p>对评估段落内路面横向、纵向开裂情况进行检测，按处计算。损坏程度应按下列标准判断：</p> <p>1 重度损坏应为横向、纵向裂缝宽度大于 3 mm，或形成圆弧形裂缝；</p> <p>2 轻度损坏应为横向、纵向裂缝宽度小于等于 3 mm；</p> <p>评估值按下述规则取值：</p> <p>3 存在重度损坏，或轻度损坏大于等于 3 处；</p> <p>4 存在轻度损坏小于 3 处，不存在重度损坏；</p> <p>5 路面无损坏</p>
2	路面沉陷程度	0.1	<p>对路面沉陷深度进行检测，按处计算。沉陷程度应按下列标准判断：</p> <p>1 重度沉陷应为路面沉陷深度大于 25 mm，行车有明显颠簸感；</p> <p>2 轻度沉陷应为路面沉陷深度小于等于 25 mm，行车有无明显颠簸感；</p> <p>评估值按下述规则取值：</p> <p>3 存在重度沉陷，或轻度沉陷大于等于 3 处；</p> <p>4 存在轻度沉陷小于 3 处，不存在重度沉陷；</p> <p>5 路面无沉陷</p>
3	路基沉降程度	0.3	<p>对路基沉降长度进行检测，沉降应为深度大于 30 mm 段落，按处计算。沉降程度应按下列标准判断：</p> <p>1 重度沉降应为路基沉降长度大于 10 m；</p> <p>2 中度段落应为路基沉降长度在 5~10 m 之间；</p> <p>3 轻度段落应为路基沉降长度小于 5 m；</p> <p>评估值按下述规则取值：</p> <p>3 存在重度沉降，或中度沉降大于等于 3 处；</p> <p>4 存在中度沉降小于 3 处，或轻度沉降大于等于 5 处；</p> <p>5 存在轻度段落小于 5 处，不存在重度、中度段落</p>
4	路基构造物损坏程度	0.3	<p>对路基构造物损坏数量进行检测，应为挡墙等圯工体出现的表面、局部和结构等损坏，按处计算。损坏程度应按下列标准判断：</p> <p>1 重度损坏应为整体开裂、倾斜、滑移、倒塌等；</p> <p>2 中度损坏应为局部基础淘空、墙体脱空、轻度裂缝、鼓肚、下沉等，每 10 m 计 1 处，不足 10 m 按 1 处计；</p> <p>3 轻度应为勾缝损坏、沉降缝损坏、表面破损、钢筋外露和锈蚀等，每 10 m 计 1 处，不足 10 m 按 1 处计；</p> <p>评估值按下述规则取值：</p> <p>3 存在重度损坏，或中度损坏大于等于 3 处；</p> <p>4 存在中度损坏小于 3 处，或轻度损坏大于等于 5 处；</p> <p>5 存在轻度损坏小于 5 处，不存在重度、中度损坏</p>

5	路基排水 阻滞程度	0.1	<p>对路基排水沟堵塞、破损情况进行检测，应为评估段落内的堵塞、损坏，按长度计算。受损程度应按下列标准判断：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 重度受损应为无排水沟或排水沟完全掩埋等； 2 中度受损应为排水沟被土石堵塞，或圪工破损； 3 轻度受损应为排水沟被植被堵塞； <p>评估值按下述规则取值：</p> <ol style="list-style-type: none"> 3 存在重度损坏长度超过总长度的 20%，或中度损坏长度超过总长度的 40%； 4 存在重度损坏长度超过总长度的 10%，不超过 20%，或中度损坏长度超过总长度的 20%，不超过 40%； 5 存在重度损坏长度不超过总长度的 10%、或中度损坏长度不超过总长度的 20%
<p>1.根据权重计算路基路面技术状况评分标度，若路基沉降程度、路基构造物损坏程度或路基排水阻滞程度中一项的评分标度为 3，则路基路面稳定性评分标度取 3。</p>			

表 D.0.1-5 路基路面单体工程稳定性（边坡）评估说明表

序号	评估项目	权重 ω_i	二级指标
			评分标度 V_i
1	坡体开裂程度	0.15	<p>对坡体开裂情况进行检测，按处计算。损坏程度应按下列标准判断：</p> <p>1 重度开裂应为长度大于 10 m，最大宽度大于等于 20 cm；</p> <p>2 中度裂缝应为长度大于 2 m，小于等于 10 m，最大宽度大于等于 20 cm，或长度大于 5 m，小于等于 10 m，最大宽度小于 20 cm</p> <p>3 轻度裂缝应为长度小于等于 2 m，或长度大于 2 m，小于等于 5 m，最大宽度小于 20 cm；</p> <p>评估值按下述规则取值：</p> <p>3 存在重度开裂，或中度损坏大于等于 2 处；</p> <p>4 存在中度损坏，或轻度破坏大于等于 3 处；</p> <p>5 存在轻度损坏小于 3 处，不存在重度、中度破坏</p>
2	坡面局部破坏程度	0.25	<p>对累积坡面局部破坏（包括冲刷，碎落，坍塌，鼓胀等）面积占坡体总面积的比例进行评估，评估值按下述规则取值：</p> <p>3 累积坡面局部破坏面积\geq坡体总面积\times15%；</p> <p>4 坡体总面积\times5%$<$累积坡面局部破坏面积\leq坡体总面积\times15%；</p> <p>5 累积坡面局部破坏面积$<$坡体总面积\times5%</p>
3	坡体支护结构物失效程度	0.3	<p>应包括锚杆（索）框架结构、挡墙和抗滑桩等结构物进行检测，按处计算。受损程度应按下列标准判断，</p> <p>对于锚杆（索）框架结构：</p> <p>1 重度失效应为任意一个或多个锚头破损，且破损锚头所连接的任意一根或多根梁断裂；</p> <p>2 中度失效应为任意一个或多个锚头破损，且破损锚头所连接的任意一根或多根梁混凝土破损、开裂（裂缝宽度大于等于 1 cm）或梁体悬空（悬空面积大于等于 20%）；</p> <p>3 轻度失效应为全部锚头完好，且破损锚头所连接的任意一根或多根梁混凝土破损、开裂（裂缝宽度大于等于 1 cm）或梁体悬空（悬空面积大于等于 20%）。或任意一个锚头破损，且破损锚头所连接的全部梁体完好；</p> <p>对于挡土墙结构：</p> <p>1 重度失效应为墙体出现长度超过挡墙高度的 1/3 的裂缝，且宽度大于等于 1 cm，或墙面鼓胀或者脱落面积超过评定构件面积的 1/2，或基础存在脱空；</p> <p>2 中度失效应为墙体出现多条竖向裂缝，裂缝长度超过挡墙高度的 1/3，且裂缝宽度小于 1 cm，或墙面鼓胀或者脱落面积超过评定构件面积的 1/4，且不超过 1/2；</p> <p>3 轻度失效应为墙体出现多条竖向裂缝，裂缝长度不超过挡墙高度的 1/3，且裂缝宽度小于 1 cm，或墙面鼓胀或者脱落面积不超过评定构件面积的 1/4；</p> <p>对于抗滑桩结构：</p>

			<p>1 重度失效应为桩与土之间发生较明显的分离迹象。或桩间墙与抗滑桩发生明显的错位，分离，倾斜等变形迹象。或置于抗滑桩上的锚固系统破损严重，或丧失锚固功能；</p> <p>2 中度失效应为抗滑桩桩顶土体松动，或顶部附近土体存在空洞或塌陷。或桩间墙与抗滑桩发生轻微的错位，分离，倾斜等变形迹象。或设置于抗滑桩上的锚固系统轻微破损，但仍保持锚固功能；</p> <p>3 轻度失效应为桩间墙，桩和土之间无错位，分离，倾斜等变形迹象，设置于抗滑桩上的锚固系统完好；</p> <p>评估值按下述规则取值：</p> <p>3 存在重度失效，或单一结构物中度损坏大于等于 2 处；</p> <p>4 单一结构物存在中度损坏，或单一结构物轻度破坏大于等于 3 处；</p> <p>5 单一结构物存在轻度损坏小于 3 处，不存在重度、中度破坏</p>
4	坡面防护措施破损程度	0.2	<p>应包括植被防护、主动防护网和圪工防护等，按累积面积计算，评估值按下述规则取值：</p> <p>3 植被防护缺失面积大于 30%，或主动防护网失效面积超过 10%，或圪工防护破损面积超过 25%；</p> <p>4 植被防护缺失面积超过 15%，但不超过 30%，或主动防护网失效面积不超过 15%，或圪工防护破损面积超过 15%，但不超过 25%；</p> <p>5 植被防护缺失面积不超过 15%，或主动防护网基本无破损，或圪工防护破损面积不超过 15%</p>
5	坡面排水阻滞程度	0.1	<p>对坡面排水设施（包括截水沟、排水沟、急流槽、泄水孔等）堵塞、破损情况进行检测，应为评估段落内的堵塞、损坏，按长度计算。受损程度应按下列标准判断：</p> <p>1 重度受损应为无排水设施或排水设施完全掩埋等；</p> <p>2 中度受损应为排水设施被土石堵塞，或圪工破损；</p> <p>3 轻度受损应为排水设施被植被堵塞；</p> <p>评估值按下述规则取值：</p> <p>3 存在重度损坏长度超过总长度的 20%，或中度损坏长度超过总长度的 40%，或泄水孔全部堵塞；</p> <p>4 存在重度损坏长度超过总长度的 10%，不超过 20%，或中度损坏长度超过总长度的 20%，不超过 40%，或泄水孔最下 2 排堵塞超过 1/2；</p> <p>5 存在重度损坏长度不超过总长度的 10%、或中度损坏长度不超过总长度的 20%，或泄水孔最下 2 排堵塞不超过 1/2</p>
			<p>1.根据权重计算边坡技术状况评分标度,若坡面局部破坏或坡体支挡结构物失效中的一项的评分标度为 3, 则坡面技术状况评分标度取 3。</p> <p>2.坡面排水按单个评估项目评分后, 按平均值计分。</p> <p>3.土质边坡、土石二元边坡应按照表中评估项目进行评估, 石质边坡只对坡面局部破坏、坡体支挡结构物失效、坡面防护措施破损和坡面排水不畅进行评估, 其权重分别为 0.3、0.3、0.2、0.2。</p>

表 D.0.1-6 路基路面单体工程抗灾性能评估说明表

序号	扰动类型	表征指标 (权重 ω_i)	二级指标
			评分标度 V_i
1	极端降雨 扰动	抗灾技术性能	根据路基路面的支挡结构施设置情况，必要时可采用非正常工况 I，基于《公路路基设计规范》（JTG D30-2015）中推荐的稳定性计算方法进行分析，酌情评分： 3，未采取有效的支护结构对路基进行支挡，包括但不限于抗滑桩、挡墙等； 4，采取有限的支护结构对路基进行支挡，包括但不限于抗滑桩、挡墙等； 5，采取有效的支护结构对路基进行支挡，包括但不限于抗滑桩、挡墙等
		被动防护能力	根据路基路面的排水设施设置情况，酌情评分： 3，路基路面排水设施不能满足近 3 年汛期排水需求（年积水 5 次以上），排水能力严重不足； 4，路基路面排水设施可满足近 3 年汛期排水需求（年积水 2 次至 5 次），排水能力基本满足要求； 5，路基路面排水设施满足近 3 年汛期排水需求（年积水 2 次以下），排水能力满足要求
2	滑坡、崩塌及危岩 落石扰动	抗灾技术性能	根据路基路面的支挡与加固结构的设置情况，酌情评分： 3，未采取主动措施进行坡面防护，包括但不限于排水设施、抗滑桩、喷混、拱形护坡、主动防护网等； 4，采取有限的主动措施进行坡面防护，包括但不限于排水设施、抗滑桩、喷混、拱形护坡、主动防护网等； 5，采取有效的主动措施进行坡面防护，包括但不限于排水设施、抗滑桩、喷混、拱形护坡、主动防护网等
		被动防护能力	根据路基路面的支挡与加固结构的设置情况，酌情评分： 3，未采取被动措施进行坡面防护，包括但不限于被动防护网、落石槽、碎落台、拦石墙、明洞等； 4，采取有限的被动措施进行坡面防护，包括但不限于被动防护网、落石槽、碎落台、拦石墙、明洞等； 5，采取有效的被动措施进行坡面防护，包括但不限于被动防护网、落石槽、碎落台、拦石墙、明洞等
3	沉陷及采空区 扰动	抗灾技术性能	根据路基路面的针对性处置措施情况，酌情评分： 3，未采取技术措施进行处置，包括但不限于注浆、碎石桩、CFG 桩、搅拌桩等； 4，采取有限的技术措施进行处置，包括但不限于注浆、碎石桩、CFG 桩、搅拌桩等； 5，采取有效的技术措施进行处置，包括但不限于碎石桩、CFG 桩、搅拌桩等
		被动防护能力	根据路基路面的针对性预防措施，酌情评分： 3，未采取技术措施进行预防，包括但不限于加宽硬路肩、足够的预警措施等； 4，采取有限的技术措施进行预防，包括但不限于加宽硬

			路肩、足够的预警措施等； 5, 采取有效的技术措施进行预防, 包括但不限于加宽硬路肩、足够的预警措施等
4	水毁或泥石流扰动	抗灾技术性 能	根据河道以及泥石流流通区的沟槽处置情况, 酌情评分: 3, 未采取技术措施对沟道进行整治, 河道破损、河床下切严重, 泥石流流通区存在大量松散堆积物; 4, 采取有限的技术对沟道进行整治, 河道存在少量破损、河床下切, 泥石流流通区存在少量松散堆积物; 5, 采取有效的技术措施对沟道进行整治, 河道无破损、河床未下切, 泥石流流通区几乎无松散堆积物
		被动防护能 力	根据河道防护措施及泥石流疏导措施情况, 酌情评分: 3, 临河侧路基未设置抗冲刷挡墙、护坦等抗冲刷结构物, 或结构破损严重、功能失效, 或未设置排导槽/急流槽等泥石流疏导设施; 4, 临河侧路基抗冲刷挡墙、护坦等抗冲刷结构物存在破损、功能性不足, 或排导槽/急流槽等泥石流疏导设施不足; 5, 临河侧路基抗冲刷挡墙、护坦等抗冲刷结构物设置合理、结构性能稳定, 排导槽/急流槽等泥石流疏导设施完备;
5	其他扰动 情况	抗灾技术性 能	依据具体扰动情况, 结合防护措施设置情况, 酌情评分: 3, 未采取技术措施进行防护; 4, 采取有限的技术措施进行防护; 5, 采取有效的技术措施进行防护
		被动防护能 力	其他扰动情况下, 被动防护能力评分标度与主动防护能力取相同值
1.若存在多种扰动, 取评分最低值作为技术状况评分。			

表 D.0.1-7 桥涵单体工程评估表

一级指标	二级指标	
特性指标 (权重 θ_j)	表征指标 (权重 ω_j)	评分标度 V_j
抵抗破坏能力 E_{IQHDK} (0.6)	承受能力 (0.6)	根据本指南表 D.0.1-8 内容评分
	结构监测与监测预警 (0.1)	根据桥梁结构监测或监测预警方案及指标的合理性、完整性和实际使用效果, 按下列标准进行评分: 3, 结构监测(或监测预警)设备失效或缺失, 无法有效监测与报警; 无告警阻拦装置或失效, 无告警功能或失效; 4, 结构监测(或监测预警)设备基本处于正常运行状态, 监测与报警基本有效; 告警阻拦装置基本符合《关于进一步加强监测预警提升公路防灾抗灾能力的通知》(交办公路函〔2024〕1538号)要求; 5, 结构监测(或监测预警)设备运行正常, 监测与报警高效。告警阻拦装置符合《关于进一步加强监测预警提升公路防灾抗灾能力的通知》(交办公路函〔2024〕1538号)要求, 运行正常 注: 设置了告警阻拦装置的才参与评分
	设防能力 (0.1)	根据桥涵原设计采用的技术标准作为评价依据, 按下列标准进行评分: 3, 按照《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021-89)设计; 4, 按照《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2004)设计; 5, 按照《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015)设计或根据外部扰动开展研究并进行了专项设计
	技术状况 (0.2)	以扰动影响的结构构件, 因扰动产生的结构性缺损为基础实施的技术状况评定结果作为评价依据, 按下列标准进行评分: 3, 上部或下部主要承重构件技术状况达到 4、5 类; 4, 上部或下部主要承重构件技术状况达到 3 类; 5, 上部或下部主要承重构件技术状况达到 1、2 类
适应变化能力 E_{IQHSY} (0.2)	— (1.0)	根据本指南表 D.0.1-8 内容评分
快速恢复能力 E_{IQHHF} (0.2)		
<p>1. 已设置结构监测或公路自然灾害监测预警的桥涵, “结构监测与监测预警”二级指标评分可按本表执行。结构监测或监测预警均未设置的, 取消此项目评分, “承受能力”“设防能力”“技术状况”权重分别设为 0.7、0.1、0.2。</p> <p>2. 抵抗破坏能力的表征指标中承受能力、技术状况为关键项, 快速恢复能力的防垮塌构造、防失效构造、整体稳定表征指标为关键项。</p> <p>3. “技术状况”中“上部或下部主要承重构件技术状况”区别于养护定期检查的技术状况评估, 是指受到扰动直接影响的桥涵上部或下部构件, 以扰动导致的结构性缺损对应的技术状况评定结果作为评价依据。如河床冲刷扰动、洪水扰动作用下, 这类扰动直接影响桥梁基础或下部结构导致产生了河床冲刷、基础洪水掏蚀等结构性缺损, 以这类缺损为主进行技术状况评分, 按扰动影响基础或下部结构中最不利等级为本项评分依据。</p>		

一级指标	二级指标	
特性指标 (权重 θ_j)	表征指标 (权重 ω_j)	评分标度 V_j
<p>4.对于按本表进行评估的涵洞,表征指标“技术状况”按以下规定执行:涵洞技术状况为“差”“危险”的评分标度取3;涵洞技术状况为“较差”的评分标度取4;涵洞技术状况为“较好”“好”的评分标度取5。</p> <p>5.现有规范中无技术状况评定等级的,可参照《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21-2011)3.2.4、3.2.5等条款的原则确定。</p> <p>6.涵洞评估仅涉及洪水扰动、地震扰动、环境腐蚀扰动、车流量(荷载)变化扰动;其中洪水扰动评估中,不考虑桥墩形状系数表征指标,并将适应变化能力的防洪措施表征指标权重调整为0.2。</p> <p>7.地震扰动下,现状地震动峰值加速度大于或等于0.2g的明涵,仅针对快速恢复能力开展评估,其表征指标为关键项,按照下列标准独立评估(提升后,满足关键项标度宜不低于4):盖板与涵台未设置锚栓连接或不满足现行抗震设计要求的,评分标度取3;盖板与涵台设置锚栓连接且满足现行抗震设计要求,或为外形封闭的圆管涵或箱涵的,评分标度取4。</p>		

表 D.0.1-8 桥涵单体工程评分标度说明表

序号	扰动类型	一级指标	二级指标	
		特性指标	表征指标	评分标度 V_i
1	河床冲刷扰动	抵抗破坏能力 E_{IQHDK} (0.6)	冲刷深度安全裕度 (0.3)	根据变化后的水文条件（河道摆动变迁，河床冲淤，水深、流量、流速变化等），以及可能造成的后果，以研究确定的评估标准为基准，对照现行《公路桥涵通用标准》规定的设计洪水频率，按现行《公路工程水文勘测设计规范》中墩台冲刷计算的方法计算桥墩基础冲刷深度，或实际测量冲刷深度值，取两者的最不利值与原设计值对比，酌情评分： 3，最不利值大于设计值； 4，最不利值略小于设计值，富余较小； 5，最不利值小于原设计值，富余较大 注：被评估桥梁受扰动影响的桥墩（台）基础需逐个评分，以最不利评分为本项得分值
			基底埋深安全裕度 (0.3)	根据变化后的水文条件（河道摆动变迁，河床冲淤，水深、流量、流速变化等），以及可能造成的后果，以研究确定的评估标准为基准，对照现行《公路桥涵通用标准》规定的设计洪水频率，按现行《公路工程水文勘测设计规范》中墩台基底最小埋置深度计算值，或实际测量埋深，取两者的最不利值与原设计值对比，酌情评分： 3，最不利值大于设计值； 4，最不利值略小于设计值，富余较小； 5，最不利值小于原设计值，富余较大 注：被评估桥梁受扰动影响的桥墩（台）基础需逐个评分，以最不利评分为本项得分值
		适应变化能力 E_{IQHSY} (0.2)	墩形系数 (0.5)	根据变化后的水文条件（河道摆动变迁，河床冲淤，水深、流量、流速变化等引起水流交角变化），以及可能造成的后果，以研究确定的评估标准为基准，对照现行《公路工程水文勘测设计规范》要求计算墩形系数，酌情评分： 3，桥梁下部结构墩形系数 >1.0 ； 4，桥梁下部结构墩形系数 $=1.0$ ； 5，桥梁下部结构墩形系数 <1.0 注：以受扰动影响的桥墩的最不利评分为本项得分值
			冲刷防护与调制工程 (0.5)	根据变化后的水文条件（河道摆动变迁，河床冲淤，水深、流量、流速变化等），以及可能造成的后果，以研究确定的评估标准为基准，对照现行《公路桥涵通用标准》规定的设计洪水频率，桥梁是否按现行《公路工程水文勘测设计规范》、《公路桥涵地基与基础设计规范》要求设置河道铺砌、护坦、抛石护基、石笼网箱等冲刷防护，或河道丁坝、导流堤等调治工程，酌情评分： 3，对照评估标准，规范要求设置，而未设置防冲防护、调制工程，或设置不满足需求； 4，对照评估标准，规范要求设置，冲刷防护、调制工程基本满足需求，或规范不要求设置，未设置的；

序号	扰动类型	一级指标 特性指标	二级指标	
			表征指标	评分标度 V_i
		快速恢复能力 E_{IQHF} (0.2)	防垮塌构造 (0.1)	5, 对照评估标准, 规范要求设置, 冲刷防护、调制工程满足需求, 或规范不要求设置, 且设置的注: 规范要求设置指按变化后的水文条件原结构自身不足以抵御冲刷影响, 需增设冲刷防护或调制工程的。否则, 该项不予评分, 权重调至墩形系数表征指标
				根据变化后的水文条件(河道摆动变迁, 河床冲淤, 水深、流量、流速变化等), 以及可能造成的后果, 以研究确定的评估标准为基准, 对照《公路桥涵地基与基础设计规范》要求, 酌情评分: 针对河床冲刷扰动可能导致基桥涵基础整体沉降或不均匀沉降, 对多柱式桥梁, 为防垮塌而设置墩柱间横系梁、防落梁挡块等构造, 根据其设置情况及设置的有效性, 按下列标准进行评分: 3, 未设置横系梁和防落梁挡块等构件, 或构件设置不合理; 4, 设置横系梁和防落梁挡块等构件; 5, 设置横系梁和防落梁挡块等构件, 且在桥梁冲刷作用下能抵御墩柱损毁或落梁。 针对河床冲刷扰动可能导致基桥涵基础整体沉降或不均匀沉降, 对浅基础桥梁, 为防垮塌而加大基础埋置深度、增设防落梁挡块等, 根据其设置情况及设置的有效性, 按下列标准进行评分: 3, 基础埋深不满足现行标准, 未设置防落梁挡块, 或挡块设置不合理; 4, 基础埋深满足现行标准, 设置防落梁挡块; 5, 基础埋深满足现行标准, 设置防落梁挡块, 且在桥梁冲刷作用下能抵御墩柱损毁或落梁。 注: 桥梁评估对象上部结构为简支梁的, 可酌情取低分值
			易修复构造 (0.1)	根据变化后的水文条件(河道摆动变迁, 河床冲淤, 水深、流量、流速变化等), 以及可能造成的后果, 根据桥梁基础形式情况酌情评分: 3, 基础形式为浅基础; 4, 下部结构为桩柱式, 桩顶未设置承台、横系梁; 5, 下部结构为桩柱式, 桩顶且设置承台、横系梁
2	洪水扰动	抵抗破坏能力 E_{IQDK} (0.6)	抗洪能力安全裕度 (0.6)	针对桥梁, 根据变化后的水文条件(洪水流量、流速变化等), 以及可能造成的后果, 以研究确定的评估标准为基准, 对照现行《公路桥涵通用标准》规定的设计洪水频率, 按照《公路桥涵养护规范》(JTG 5120-2021) 评定桥梁抗洪能力, 进行评分: 3, 抗洪能力等级为“弱”“差”; 4, 抗洪能力等级为“可”; 5, 抗洪能力等级为“强”。 针对涵洞, 根据变化后的洪水流量, 以研究确定的评估标准为基准, 对照现行《公路桥涵通用标准》规定的设计洪水频率, 按照现行《公路涵洞设计规范》进行水力计算, 酌情评分: 3, 设计洪水和漂浮物通过性、路基及基底稳定性不满

序号	扰动类型	一级指标	二级指标	
		特性指标	表征指标	评分标度 V_i
				<p>足现行标准；</p> <p>4, 设计洪水和漂浮物通过性、路基及基底稳定性满足现行标准；</p> <p>5, 设计洪水和漂浮物通过性、路基及基底稳定性满足现行标准, 且有富余</p>
		适应变化能力 E_{IQHSY} (0.2)	桥墩形状系数 (0.5)	<p>根据变化后的水文条件(河道摆动变迁, 河床冲淤, 水深、流量、流速变化等), 以及可能造成的后果, 以研究确定的评估标准为基准, 对照《公路桥涵设计通用规范》, 根据桥梁下部结构桥墩形状系数、水流夹角, 酌情评分:</p> <p>3, 下部结构为圆形、尖端形或圆端形截面柱式排架墩, 且桥墩横桥向中心线与水流存在夹角; 下部结构为方形或矩形截面桥墩, 且阻水面积大;</p> <p>4, 下部结构为圆形、尖端形或圆端形截面柱式排架墩, 且桥墩横桥向中心线与水流无夹角; 下部结构为方形或矩形截面桥墩, 且阻水面积小;</p> <p>5, 下部结构为圆形、尖端形或圆端形截面独立柱式桥墩</p> <p>注: 方形、矩形、圆形、尖端形、圆端形截面桥墩见《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60 -2015)条文 4.3.9</p>
			防洪措施 (0.5)	<p>根据变化后的水文条件(河道摆动变迁, 河床冲淤, 水深、流量、流速变化等), 以及可能造成的后果, 以研究确定的评估标准为基准, 对照现行《公路桥涵通用标准》规定的设计洪水频率, 按现行《公路工程水文勘测设计规范》、《公路桥涵地基与基础设计规范》等要求, 酌情评分:</p> <p>针对桥梁, 根据调治构造(丁坝、导流堤等)、导流设施(截水墙、河床铺砌、沉砂池、分洪渠等)等防洪措施设置情况及设置的有效性, 按下列标准进行评分:</p> <p>3, 对照评估标准, 规范要求设置, 未设置防洪措施, 或防洪措施不满足需求;</p> <p>4, 对照评估标准, 规范要求设置, 防洪措施基本满足需求, 或规范不要求设置, 未设置的;</p> <p>5, 对照评估标准, 规范要求设置, 防洪措施满足需求; 或规范不要求设置, 且设置的</p> <p>针对有河道漂流物冲击风险的桥梁, 根据桥梁墩身和基础的缓解漂流冲击措施、提升整体性减缓集中作用损伤的横系梁等结构设置情况及设置的有效性, 按下列标准进行评分:</p> <p>3, 未设置桥梁墩身和基础防漂流物冲击措施、横系梁防护等结构, 或结构不满足需求;</p> <p>4, 桥梁墩身和基础防漂流物冲击措施、横系梁等结构基本满足需求;</p> <p>5, 桥梁墩身和基础防漂流物冲击措施、横系梁等结构满足需求</p> <p>针对洪水顶冲风险的桥路过渡段, 根据台后路基防护等减缓水冲顶和掏蚀作用的防洪结构设置情况及设置的有效性, 按下列标准进行评分:</p>

序号	扰动类型	一级指标 特性指标	二级指标	
			表征指标	评分标度 V_i
				<p>3, 未设置台后路基防护等结构, 或结构不满足需求; 4, 台后路基防护等结构基本满足需求; 5, 台后路基防护等结构满足需求。</p> <p>针对涵洞, 根据涵洞防洪防护设施(截水墙、河床铺砌等)、消能措施(急流槽、跌水、消力池等)等设置情况及设置的有效性, 按下列标准进行评分: 3, 未设置防护措施; 在纵坡陡、流速大的河沟, 需设置而未设置消能措施; 已设置防护或消能措施但不满足需求; 4, 已设置防护或消能措施, 基本满足需求; 5, 已设置防护或消能措施, 满足需求</p> <p>注: 对照评估标准, 规范要求设置指按变化后的水文条件原结构自身不足以抵御洪水作用影响, 需增设防洪措施的。否则, 该项不予评分, 权重调至桥墩形状系数表征指标</p>
		快速恢复能力 E_{IQHHF} (0.2)	防垮塌构造 (0.5)	<p>对照《公路桥涵地基与基础设计规范》要求, 以及可能造成的后果, 以研究确定的评估标准为基准, 根据洪水作用引发的桥梁受损, 对其有利于防止垮塌的构造设置情况, 酌情评分: 针对多柱式桥梁, 根据墩柱间横系梁、防落梁、挡块等防垮塌构造的设置情况及设置的有效性, 按下列标准进行评分: 3, 未设置横系梁和防落梁挡块等构件, 或构件设置不合理; 4, 设置横系梁和防落梁挡块等构件; 5, 设置横系梁和防落梁挡块等构件, 且在洪水作用下能抵御墩柱损毁或落梁。</p> <p>针对浅基础桥梁, 为防垮塌而加大基础埋置深度、增设防落梁挡块等, 根据其设置情况及设置的有效性, 按下列标准进行评分: : 3, 基础埋深不满足现行标准, 未设置防落梁挡块, 或挡块设置不合理; 4, 基础埋深满足现行标准, 设置防落梁挡块; 5, 基础埋深满足现行标准, 设置防落梁挡块等构件, 且在洪水作用下能抵御墩柱损毁或落梁。</p> <p>针对涵洞, 根据防垮塌措施或构造设置情况及设置的有效性, 按下列标准进行评分: 3, 盖板与涵台未设置锚栓连接; 4, 盖板与涵台设置锚栓连接; 或外形封闭的圆管涵或箱涵等</p> <p>注: 桥梁评估对象上部结构为简支梁的, 可酌情取低分值</p>
			易修复构造 (0.5)	<p>根据洪水作用引发的桥梁、涵洞受损, 对其便于恢复的构造设置情况及设置的有效性, 按下列标准进行评分: 根据桥梁基础形式评分 3, 基础为浅基础; 4, 下部结构为桩柱式, 桩顶未设置承台、横系梁; 5, 下部结构为桩柱式, 桩顶且设置承台、横系梁。</p>

序号	扰动类型	一级指标	二级指标	
		特性指标	表征指标	评分标度 V_i
3	地震扰动			根据涵洞基础形式评分 3, 基础为非整体式, 且埋置深度不满足现行标准; 4, 基础为非整体式, 且埋置深度满足现行标准; 或基础为整体式
		抵抗破坏能力 E_{IQHDK} (0.6)	抗震能力安全裕度 (0.6)	根据变化后的地震条件, 以研究确定的评估标准为基准, 计算评分: 3, 未按建设期抗震规范要求开展分析和设计; 或 A 类桥、B 类桥未按《公路桥梁抗震设计细则》(JTG/T B02-01-2008) 进行两水准、两阶段设计; 4, C 类桥按《公路桥梁抗震设计细则》(JTG/T B02-01-2008) 进行一水准、一阶段设计; 5, 按《公路桥梁抗震设计细则》(JTG/T B02-01-2008) 及之后的规范进行两水准、两阶段设计
			缓冲装置 (0.5)	根据桥墩、桥台、基础等关键构件技术状况, 缓冲装置情况及设置的有效性, 按下列标准进行评分: 3, 技术状况为 3 类及以下; 4, 技术状况为 2 类, 且设置缓冲装置或功能正常; 5, 技术状况为 1 类, 且设置缓冲装置或功能正常
		适应变化能力 E_{IQHSY} (0.2)	限位防落梁措施 (0.5)	根据变化后的地震条件, 以研究确定的评估标准为基准, 计算评分: 针对桥梁, 结合抗震设防等级要求, 根据主梁纵向支承长度设置情况, 纵向限位、纵向连梁、横向限位等防落梁措施设置情况, 酌情评分: 3, 纵向支承长度设置不满足规范要求; 未设置防落梁措施, 或措施不满足规范要求; 4, 纵向支承长度设置满足规范要求; 根据设防需要设置防落梁措施, 但少部分设施功能失效或防落梁能力基本满足规范要求; 5, 纵向支承长度设置满足规范要求; 根据设防需要设置防落措施, 满足规范要求, 且状态良好 注: 纵向支承长度指梁端至墩、台帽或盖梁边缘的最小距离, 按《公路桥梁抗震设计规范》(JTG/T 2231-01-2020) 要求设置
		快速恢复能力 E_{IQHFF} (0.2)	整体稳定 (0.5)	根据变化后的地震条件, 以研究确定的评估标准为基准, 计算评分: 对于规则桥梁, 以典型墩或制动墩的纵向钢筋配筋率限值、桥墩(含墩梁节点)箍筋最小配箍率和布置、桥墩纵向钢筋在盖梁和承台里的锚固长度为承载能力的主要评估指标, 参照《公路桥梁抗震设计规范》(JTG/T 2231-01-2020) 的取值作为评估依据: 3, 不满足现行规范; 4, 满足现行规范。 对于非规则桥梁: 3, 按《公路桥梁抗震设计细则》(JTG/T B02-01-2008) 之前标准设计的桥梁, 未开展专题研究的; 或当前桥梁抗震设防等级下结构构件强度与变形不满足现行规范抗震性能要求;

序号	扰动类型	一级指标 特性指标	二级指标	
			表征指标	评分标度 V_i
				<p>4, 按《公路桥梁抗震设计细则》(JTG/T B02-01-2008)标准设计的桥梁, 结构构件强度与变形满足抗震性能要求;</p> <p>5, 当前桥梁抗震设防等级下结构构件强度与变形满足现行规范抗震性能要求。</p> <p>注: 本条内容仅适用于梁式桥抗震性能(墩身强度与变形能力)的初步评估, 韧性提升对象与抗震加固方案的确定还需按现行规范开展抗震性能验算</p>
			易修复设计 (0.5)	<p>根据原设计采用的抗震设计方法酌情评分:</p> <p>3, 不满足《公路桥梁抗震设计细则》(JTG/T B02-01-2008)延性设计要求;</p> <p>4, 按照延性方法设计, 且满足现行抗震规范要求;</p> <p>5, 按照减隔震方法设计</p>
4	环境 腐蚀 扰动	抵抗破坏能力 E_{IQHDK} (0.6)	承载能力安全裕度 (0.6)	<p>针对环境类别、环境作用等级的变化, 以及可能造成的后果, 引发的腐蚀作用带来影响, 以研究确定的评估标准为基准, 根据《公路桥梁承载能力检测评定规程》计算混凝土桥梁主要承重构件(梁桥的下部结构、上部结构等, 悬吊结构体系桥梁的主梁、主缆、吊杆等)或涵洞的主要承重构件的承载能力, 酌情评分:</p> <p>3, 承载能力不满足现行标准;</p> <p>4, 承载能力满足现行标准;</p> <p>5, 承载能力满足现行标准, 且有富余</p>
		适应变化能力 E_{IQHSY} (0.2)	保护层厚度或防排水措施 (0.5)	<p>针对环境类别、环境作用等级的变化, 以及可能造成的后果, 以研究确定的评估标准为基准, 根据现行《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》对混凝土桥梁主要承重构件(下部结构、上部结构等)与涵洞的主要承重构件保护层厚度要求和情况, 酌情评分:</p> <p>3, 保护层厚度不满足现行标准; 未设置防排水措施;</p> <p>4, 保护层厚度基本满足现行标准; 设置排水措施, 但功能退化;</p> <p>5, 保护层厚度满足现行标准; 设置防排水措施, 功能良好</p> <p>针对环境类别、环境作用等级的变化, 以研究确定的评估标准为基准, 根据现行《公路斜拉桥设计规范》、《公路悬索桥设计规范》等对悬吊结构体系桥梁主要承重构件(主梁、主缆、吊杆等)防排水措施要求和情况, 酌情评分:</p> <p>3, 对照评估标准, 规范要求设置, 未设置防排水措施或防排水能力不满足的;</p> <p>4, 对照评估标准, 规范要求设置, 防排水能力基本满足适应的;</p> <p>5, 对照评估标准, 规范要求设置, 防排水能力基本满足, 且效能良好</p> <p>注: 对于对照评估标准, 规范不要求设置的, 本项不评价, 权重放入承载能力安全裕度表征指标中</p>
		防腐措施 (0.5)	<p>针对环境类别、环境作用等级的变化, 以及可能造成的后果, 以研究确定的评估标准为基准, 根据现行《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》对混凝土桥梁(涵</p>	

序号	扰动类型	一级指标	二级指标	
		特性指标	表征指标	评分标度 V_i
5	风扰动			<p>洞)主要承重构件防腐措施(牺牲阳极、涂装体系等)设置要求与情况,酌情评分:</p> <p>3,对照评估标准,规范要求设置防腐涂装或防护措施,而未设置或防护能力不足的;</p> <p>4,对照评估标准,规范要求设置防腐涂装或防护措施,已设置且防护能力满足的;</p> <p>5,对照评估标准,规范要求设置防腐涂装或防护措施,已设置且防护能力较好的</p> <p>针对环境类别、环境作用等级的变化,以研究确定的评估标准为基准,根据根据现行《公路钢结构桥梁设计规范》、《公路斜拉桥设计规范》、《公路悬索桥设计规范》等,对钢结构桥梁或悬吊结构体系桥梁主要承重构件(主梁、主缆、吊杆等)防腐措施(涂装体系、除湿系统等)设置要求与情况,酌情评分:</p> <p>3,对照评估标准,规范要求设置防腐涂措施或除湿系统等,而未设置或防护能力不足的;</p> <p>4,对照评估标准,规范要求设置防腐涂措施或除湿系统等,已设置且防护能力满足的;</p> <p>5,对照评估标准,规范要求设置防腐涂措施或除湿系统等,已设置且防护能力较好的</p> <p>注:对于规范不要求设置的,本项不评价,权重放入承载能力安全裕度表征指标中</p>
		快速恢复能力 E_{IQHHF} (0.2)	易修复设计 (1.0)	<p>3,对于承载能力安全裕度表征指标评分标度为3,且属于不可更换构件的,或无加劲纵梁吊杆拱桥等悬吊结构体系桥梁;</p> <p>4,对于承载能力安全裕度表征指标评分标度为3,且属于可更换构件的,或加劲纵梁吊杆拱桥等悬吊结构体系桥梁;</p> <p>5,对于承载能力安全裕度表征指标评分标度为4或5,属于可更换构件,且设置了便于更换的构造措施的</p>
		抵抗破坏能力 E_{IQHDK} (0.6)	抗风能力安全裕度 (0.6)	<p>根据变化后的风环境条件,以及可能造成的后果,以研究确定的评估标准为基准,按《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T 3360-01-2018)计算桥梁主要承重构件的抗风承载力及稳定性,或评估风致行车安全的影响,酌情评分:</p> <p>桥梁主要承重构件W1、W2风作用水平的承载力及稳定性结果:</p> <p>3,不满足要求;</p> <p>4,满足要求;</p> <p>5,满足要求,且有富余</p> <p>风致行车安全评价结果:</p> <p>3,评估风致行车安全的影响较大,且不接受的;</p> <p>4,评估风致行车安全的影响较小,且可接受的;</p> <p>5,评估风致行车安全无影响。</p> <p>注:按上述两项指标最不利评分取值</p>
	适应变化能力 E_{IQHSY}	主动防风措施 (0.5)	<p>依据变化后的风环境条件,以及可能造成的后果,以研究确定的评估标准为基准,根据主动防风措施的设置情况及设置的有效性,按下列标准进行评分: :</p>	

序号	扰动类型	一级指标 特性指标	二级指标	
			表征指标	评分标度 V_i
6	船舶碰撞扰动	(0.2)		3, 有抗风抑制振动措施及桥面风致行车安全措施, 技术状况较差, 或有影响气动外形的新增设施; 4, 有抗风抑制振动措施及桥面风致行车安全措施, 技术状况一般, 无影响气动外形的新增设施; 5, 有抗风抑制振动措施及桥面风致行车安全措施, 技术状况良好, 无影响气动外形的新增设施
			被动抗风措施 (0.5)	依据变化后的风环境条件, 以及可能造成的后果, 以研究确定的评估标准为基准, 根据抗风支座、吊索横向连接器、辅助索等限制结构主要构件疲劳破坏的措施设置情况及设置的有效性, 按下列标准进行评分: 3, 抗风支座、吊索横向连接器、辅助索等缺失或失效; 4, 抗风支座、吊索横向连接器、辅助索等技术状况一般; 5, 抗风支座、吊索横向连接器、辅助索等技术状况良好
		快速恢复能力 E_{IQHHF} (0.2)	防失效构造 (0.5)	依据变化后的风环境条件, 以及可能造成的后果, 以研究确定的评估标准为基准, 根据构件附设的缓冲装置等设置情况及设置的有效性, 按下列标准进行评分: 3, 缓冲装置缺失或失效; 4, 缓冲装置技术状况一般; 5, 缓冲装置技术状况良好
			易修复设计 (0.5)	根据变化后的风环境条件, 以研究确定的评估标准为基准, 按《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T 3360-01-2018) 计算桥梁主要承重构件的抗风承载能力极限状态和正常使用状态计算结论, 酌情评分: 3, 抗风承载能力极限状态不满足要求; 4, 抗风承载能力极限状态满足要求, 正常使用状态不满足要求; 5, 抗风承载能力极限状态和正常使用状态均满足要求
		抵抗破坏能力 E_{IQHDK} (0.6)	抗船撞能力安全裕度 (0.6)	根据变化后的通航条件, 以及可能造成的后果, 以研究确定的评估标准为基准, 按《公路桥涵通用标准》相关规定开展相应计算船舶撞击, 酌情评分: 3, 桥梁抗撞能力远不满足要求, 或通航净空不满足要求; 4, 桥梁抗撞能力富余系数略大于 1, 且通航净空满足要求; 5, 桥梁抗撞能力富余系数大, 且通航净空满足要求
		适应变化能力 E_{IQHSY} (0.2)	防撞措施 (1.0)	根据变化后的通航条件, 以及可能造成的后果, 以研究确定的评估标准为基准, 结合抗船撞能力安全裕度计算结果, 酌情评分: 3, 桥梁主体结构及结构性防船撞设施仍不足以抵抗设防船撞力; 4, 桥梁主体结构需结合结构性防船撞设施共同抵抗设防船撞力; 5, 桥梁主体结构自身具备抗设防船撞力的能力, 或独立设置防撞墩(岛)
快速恢复能力	整体稳定 (0.5)	针对撞击梁体可能造成的损伤, 以及可能造成的后果, 根据上横向限位装置设置情况及设置的有效性, 按下		

序号	扰动类型	一级指标	二级指标	
		特性指标	表征指标	评分标度 V_i
		E_{IQHFF} (0.2)		列标准进行评分： 3, 未设防落梁装置； 4, 设置有防落梁装置，且有缺失或损坏； 5, 设置有防落梁装置，且完好 针对撞击桥墩可能造成的损伤，根据桥墩防撞（防护）设施技术状况，酌情评分： 3, 未设置防撞（防护）设施； 4, 设置防撞（防护）设施，但有缺失或损坏； 5, 设置防撞（防护）施，且完好
			易修复设计 (0.5)	根据撞击可能发生的部位，以及可能造成的后果，根据其设置情况及其效果，按下列标准进行评分： 可能撞击主梁。 3, 上部结构为装配式结构，且未设横向联系； 4, 上部结构为装配式结构，设置有横向联系； 5, 上部结构为整体式结构。 可能撞击墩身（承台）。 3, 柱式墩或排架式墩未设置横向联系； 4, 排架式墩设置有横向联系； 5, 重力式墩或实体桥墩等抗撞能力较好的桥墩。 可能撞击桩基础的直接取3分
7	车流量（荷载）变化	抵抗破坏能力 E_{IQHDK} (0.6)	承载能力安全裕度 (0.6)	根据桥梁（涵洞）在变化后的车流量及荷载作用，以研究确定的评估标准为基准，对上、下部结构按《公路桥梁承载能力检测评定规程》计算承载能力极限状态承载能力的结果，酌情评分： 3, 桥梁上、下部结构或涵洞主要承重构件承载力不满足要求； 4, 桥梁上、下部结构或涵洞主要承重构件安全系数略大于或等于1； 5, 桥梁上、下部结构或涵洞主要承重构件安全系数较大 注：上下部结构均需计算，选最不利结果进行评分
		适应变化能力 E_{IQHSY} (0.2)	抗变形与抗开裂能力 (1.0)	根据桥梁（涵洞）在变化后的车流量及荷载作用，以研究确定的评估标准为基准，对上、下部结构按《公路桥梁承载能力检测评定规程》计算的正常使用极限状态变形验算结果，酌情评分： 3, 正常使用极限状态变形验算不满足，抗裂验算不满足，且出现超限永久结构变形或较多结构超限裂缝； 4, 正常使用极限状态变形验算满足，抗裂验算满足，且出现永久结构变形或出现较少结构裂缝； 5, 正常使用极限状态变形验算满足，抗裂验算满足，且结构变形正常 注：上下部结构均需计算，选最不利结果进行评分

序号	扰动类型	一级指标	二级指标	
		特性指标	表征指标	评分标度 V_i
		快速恢复能力 E_{IQHFF} (0.2)	易修复设计 (1.0)	<p>3, 对于承载能力安全裕度表征指标评分标度为 3, 且安全系数小于等于 0.6 的; 或结构体系存在缺陷的桥梁;</p> <p>4, 对于冗余性中承受能力表征指标评分标度为 3, 且安全系数大于 0.6 的, 或属于可更换构件的;</p> <p>5, 对于冗余性中承受能力表征指标评分标度为 4 或 5 的</p> <p>注: “结构体系存在缺陷的桥梁”见本指南 3.2.5 条文说明</p>
8	火灾扰动	抵抗破坏能力 E_{IQHDK} (0.6)	抗火能力安全裕度 (0.6)	<p>针对大交通量、石油化工运输通道、车辆自燃事故多发公路的悬吊结构体系桥梁, 且评估悬吊结构体系的主缆、斜拉索、吊杆(索)等构件有车致火灾高风险的, 结桥梁横断面布置、车道分部、与桥面相对位置关系等, 在设定典型火灾场景下, 利用热-力耦合等火灾动力学有限元方法开展基于构件(主缆、吊索、索夹、加劲梁吊耳等构件)的抗火验算(可用耐火极限法、承载力法或临界温度法; 宜采用临界温度法进行验算, 即在设计耐火时间内, 火灾下各构件的计算临界温度不应高于各级抗火目标下的设计临界温度), 酌情评分:</p> <p>3, 抗火验算不满足要求; 或高温辐射或燃烧直接影响构件, 可能导致构件承载能力不足或桥梁整体稳定失效的;</p> <p>4, 抗火验算满足要求; 或高温辐射或燃烧对构件影响小, 构件承载能力满足或桥梁整体稳定的;</p> <p>5, 抗火验算满足要求, 且有一定安全裕度; 或高温辐射或燃烧对构件影响弱或无, 构件承载能力富余或桥梁整体稳定较好;</p> <p>注: 设置了有效耐火隔热措施的情况可给 5 分</p>
		适应变化能力 E_{IQHSY} (0.2)	耐火隔热或消防措施 (1.0)	<p>依据车致火灾风险评估结果, 以及可能造成的后果, 根据悬吊结构体系桥梁的主缆、吊杆(索)、斜拉索等构件的耐火隔热护套, 梁、墩柱防火涂层, 索塔内消防设备等防火措施的设置情况及其效果, 按下列标准进行评分:</p> <p>3, 未设置防火措施;</p> <p>4, 防火措施基本完备;</p> <p>5, 防火措施完备</p>
		快速恢复能力 E_{IQHFF} (0.2)	易修复设计 (1.0)	<p>依据车致火灾风险评估结果, 以及可能造成的后果, 根据可能受火灾影响的主要承重构件可换、可修特性, 酌情评分:</p> <p>3, 火灾可能导致主缆等不可更换构件的损伤, 但较难通过加固措施修复;</p> <p>4, 火灾可能导致吊杆(索)锚固区等不可更换构件的损伤, 但可通过加固措施修复;</p> <p>5, 火灾可能导致的损伤是拉吊杆(索)等可更换构件的</p>
9	其他扰动	抵抗破坏能力	抗灾能力安全裕度	根据泥石流、崩塌、落石等地质灾害的影响, 以及可能造成的后果, 以研究确定的评估标准为基准, 酌情

序号	扰动类型	一级指标	二级指标	
		特性指标	表征指标	评分标度 V_i
		E_{IQHDK} (0.6)	(0.6)	评分： 3, 抗冲击承载能力不满足要求；或泥石流作用导致桥梁（涵洞）完全堵塞； 4, 抗冲击承载能力基本满足要求；或泥石流作用导致桥梁（涵洞）部分堵塞； 5, 抗冲击承载能力满足要求；或无堵塞
		适应变化能力 E_{IQHSY} (0.2)	抗灾措施 (1.0)	3, 对桥梁（涵洞）安全通行构成较大风险，需对桥涵进行加固与通行管控方可通行，或通行临时中断； 4, 对桥梁（涵洞）安全通行的风险一般，需采取临时管控措施保障通行安全，通行能力降低； 5, 对桥梁（涵洞）安全通行无影响
		快速恢复能力 E_{IQHHF} (0.2)	易修复设计 (1.0)	3, 设施修复需中断交通，需拆除部分既有结构设施； 4, 设施修复不需中断交通，需拆除局部既有结构； 5, 桥涵正常通行，无需拆除既有结构
<p>1.同时存在多种扰动时，应参照本指南 D.0.4 执行。</p> <p>2.本表未做特殊规定的，计算均应执行现行规范。</p> <p>3.对于存在其他特殊扰动的桥涵，应根据扰动事件时空特性、影响范围与后果及处治措施等综合评分。</p> <p>4.泥石流、崩塌、落石等地质灾害类扰动可参考其他扰动评分，其中关键性结构设施（设施损伤损毁导致交通中断）指桥梁上部结构、桥墩（台）、涵洞洞身等承重结构。</p> <p>5.受承灾体普查和公路灾害风险隐患排查的一级、二级风险点影响的桥涵单体工程，可按本指南 3.4.2 条执行。</p>				

表 D.0.1-9 隧道单体工程（集中降雨）评估表

一级指标	二级指标		
特性指标 (权重 θ_j)	表征指标 (权重 ω_j)	评分标度 V_j	
抵抗破坏能力 E_{ISDDK} 0.6	结构监测与监测预警 (0.2)	3, 无监测预警系统、无监测预警机制或监测预警机制低效; 4, 无监测预警系统, 但有高效的监测预警机制; 5, 建立了监测预警系统及完善高效的监测预警机制; 并符合《公路长大隧道结构监测系统试点建设技术指南》、《关于进一步加强监测预警提升公路防灾抗灾能力的通知》(交办公路函〔2024〕1538号)、《公路水下隧道设计规范》要求	
	设施技术状况 (0.8)	基础值	3, 隧道总体技术状况评定等级大于2类, 或隧道洞口、洞门、衬砌及洞内排水设施 分项状况值存在大于等于2的情况; 4, 隧道总体技术状况评定等级为1类或2类, 隧道洞口、洞门、衬砌及洞内排水设施状况值存在为1的情况, 辅助措施技术状况值无大于2的情况; 5, 隧道总体技术状况评定等级为1类, 且隧道各类结构设施技术值类别均不大于1。
		修正系统	(1) 未出现过崩落、或突涌水、或滑塌等结构本质安全事件及加固时, 或隧道大修后未见病害发生, 修正系数取1.0; (2) 出现过1次崩落、或突涌水、或滑塌等结构本质安全事件及加固时, 修正系数取0.95; (3) 出现2次及以上, 修正系数取0.9。
适应变化能力 E_{ISDSY} 0.3	御灾性能 (1.0)	“集中降雨或强降雨”作为主要扰动因素引起隧道洞口段坡体滑塌、洞门结构损毁, 衬砌结构破坏或造成生命财产损失, 调查数据无法直接判断时, 可采用安全风险评估法或数值仿真方法进行分析确定。 3, 严重, 年平均降雨量整体呈现增加趋势, 且易造成排水设施损毁或洞口边坡滑塌, 或隧道发生突涌水, 影响隧道安全通行; 4, 一般, 年平均降雨量整体呈现增加趋势, 排水设施部分损毁或洞口边坡小范围滑落, 或隧道渗漏水, 不影响隧道通行安全; 5, 较好, 隧道排水设施无损伤、衬砌无渗漏水	
快速恢复能力 E_{ISDHF} 0.1	恢复性能 (1.0)	基础值	调查数据无法直接判断时, 可采用专家调查法确定。 3, 灾损最大时, 设施修复需中断交通, 需拆除部分既有结构设施; 4, 灾损最大时, 设施修复不需中断交通, 需采用套拱、贴钢板、锚杆、锚索等隧道结构性补强措施; 5, 灾损最大时, 隧道仍正常通行, 无需拆除既有结构, 仅进行预修复即可;
		修正系统	(1) 隧道洞口、洞门、衬砌及洞内排水设施功能不能全部复原时, 修正系数取0.9; (2) 隧道洞口、洞门、衬砌及洞内排水设施功能全部恢复时, 修正系数取1.0; (3) 隧道洞口、洞门、衬砌及洞内排水设施功能恢复且部分提升时, 修正系数取1.1

表 D.0.1-10 隧道单体工程（地质环境）评估表

一级指标	二级指标	
特性指标 (权重 ϑ_i)	表征指标 (权重 ω_i)	评分标度 v_i
抵抗破坏能力 E_{ISDDK} (0.6)	结构监测与监测预警 (0.2)	3, 无监测预警系统、无监测预警机制或监测预警机制低效; 4, 无监测预警系统, 但有高效的监测预警机制; 5, 建立了监测预警系统及完善高效的监测预警机制; 并符合《公路长大隧道结构监测系统试点建设技术指南》、《关于进一步加强监测预警提升公路防灾抗灾能力的通知》(交办公路函〔2024〕1538号)、《公路水下隧道设计规范》要求
	设施技术状况 (0.8)	基础值 3, 隧道总体技术状况评定等级大于2类, 或隧道洞口、洞门、衬砌分项状况值存在大于等于2的情况; 4, 隧道总体技术状况评定等级为1类或2类, 隧道洞口、洞门、衬砌状况值存在为1的情况, 辅助措施技术状况值无大于2的情况; 5, 隧道总体技术状况评定等级为1类, 且隧道各类结构设施技术值类别均不大于1。
		修正系统 (1) 未出现过崩落、或滑塌等结构本质安全事件及加固时, 或隧道大修后未见病害发生, 修正系数取1.0; (2) 出现过1次崩落、或滑塌等结构本质安全事件及加固时, 修正系数取0.95; (3) 出现2次及以上, 修正系数取0.9。
适应变化能力 E_{ISDSY} (0.3)	御灾性能 (1.0)	“地质环境”作为主要扰动因素引起隧道洞口坡体滑塌、崩落或造成生命或财产损失; 或隧道围岩存在特殊性地质条件, 长期作用下可能出现衬砌混凝土出现腐蚀、围岩应力长期释放未平衡。“地质环境”的划分标准依据地貌特征与历史事件; 调查数据无法直接判断时, 可采用安全风险评估法或数值仿真方法进行分析确定。 3, 严重, 隧道洞口坡体存在大范围滑塌的可能, 易造成洞口封闭; 或隧道不定期维修加固, 但难以抑制变形发展; 4, 一般, 隧道洞口坡体存在具备小范围滑塌、崩落可能, 不影响隧道通行安全; 或隧道衬砌出现较严重病害, 实施了维修加固, 病害得到基本抑制; 5, 较好, 隧道洞口坡体坡度较缓、植被发育, 无落石可能; 或衬砌病害无重大病害, 病害属常规病害
快速恢复能力 E_{ISDHF} (0.1)	恢复性能 (1.0)	基础值 调查数据无法直接判断时, 可采用专家调查法确定。 3, 灾损最大时, 设施修复需中断交通, 需拆除部分既有结构设施; 4, 灾损最大时, 设施修复不需中断交通, 需采用套拱、贴钢板、锚杆、锚索等隧道结构性补强措施; 5, 灾损最大时, 隧道仍正常通行, 无需拆除既有结构, 仅进行预修复即可;
		修正系统 (1) 隧道洞口、洞门、衬砌设施功能不能全部复原时, 修正系数取0.9; (2) 隧道洞口、洞门、衬砌设施功能全部恢复时, 修正系数取1.0; (3) 隧道洞口、洞门、衬砌设施功能恢复且部分提升时, 修正系数取1.1

表 D.0.1-11 隧道单体工程（地震）评估表

一级指标	二级指标	
特性指标 (权重 ϑ_i)	表征指标 (权重 ω_i)	评分标度 v_i
抵抗破坏能力 E_{ISDDK} (0.6)	结构监测与监测预警 (0.2)	3, 无监测预警系统、无监测预警机制或监测预警机制低效; 4, 无监测预警系统, 但有高效的监测预警机制; 5, 建立了监测预警系统及完善高效的监测预警机制; 并符合《公路长大隧道结构监测系统试点建设技术指南》、《关于进一步加强监测预警提升公路防灾抗灾能力的通知》(交办公路函〔2024〕1538号)、《公路水下隧道设计规范》要求
	设施技术状况 (0.8)	基础值 3, 隧道总体技术状况评定等级大于 2 类, 或隧道洞口、洞门、衬砌及设施 分项状况值存在大于等于 2 的情况; 4, 隧道总体技术状况评定等级为 1 类或 2 类, 隧道洞口、洞门、衬砌设施状况值存在为 1 的情况, 辅助措施技术状况值无大于 2 的情况; 5, 隧道总体技术状况评定等级为 1 类, 且隧道各类结构设施技术值类别均不大于 1
		修正系统 (1) 未出现过崩落、或突涌水、或滑塌等结构本质安全事件及加固时, 或隧道大修后未见病害发生, 修正系数取 1.0; (2) 出现过 1 次崩落、或突涌水、或滑塌等结构本质安全事件及加固时, 修正系数取 0.95; (3) 出现 2 次及以上, 修正系数取 0.9。
适应变化能力 E_{ISDSY} (0.3)	御灾性能 (1.0)	“地震”作为主要扰动因素引起隧道洞口段失稳, 衬砌结构错动、开裂等破坏。“地震”划分标准依据近年地震历史与损毁程度。调查数据无法直接判断时, 可采用安全风险评估法或数值仿真方法进行分析确定。 3, 严重, 地震区划发生变化, 地震等级超越设计标准, 地震一旦发生将影响隧道安全通行; 4, 一般, 隧道结构整体技术状况为 1-2 类, 地震下隧道仅发生局部破损, 不影响隧道通行安全; 5, 较好, 隧道结构整体技术状况为 1-2 类, 地震下隧道仅发轻微生局部破损, 隧道通行正常。
快速恢复能力 E_{ISDHF} (0.1)	恢复性能 (1.0)	基础值 调查数据无法直接判断时, 可采用专家调查法确定。 3, 灾损最大时, 设施修复需中断交通, 需拆除部分既有结构设施; 4, 灾损最大时, 设施修复不需中断交通, 需采用套拱、贴钢板、锚杆、锚索等隧道结构性补强措施; 5, 灾损最大时, 隧道仍正常通行, 无需拆除既有结构, 仅进行预修复即可;
		修正系统 (1) 隧道洞口、洞门、衬砌设施功能不能全部复原时, 修正系数取 0.9; (2) 隧道洞口、洞门、衬砌设施功能全部恢复时, 修正系数取 1.0; (3) 隧道洞口、洞门、衬砌设施功能恢复且部分提升时, 修正系数取 1.1

表 D.0.1-12 设置护栏路段交通安全设施单体工程评估表

一级指标	二级指标	
特性指标 (权重 θ_i)	表征指标 (权重 ω_i)	评分标度 V_i
抵抗破坏能力 E_{ISDDK} (0.6)	标志 设防能力 (0.2)	3, 《道路交通标志和标线》(GB 5768- 1999) ; 4, 《道路交通标志和标线 第 2 部分: 道路交通标志》(GB 5768.2- 2009) ; 5, 《道路交通标志和标线第 2 部分: 道路交通标志》(GB 5768.2- 2022)
	标志和标线 技术状况 (0.2)	3, 技术状况评定等级为次或差, 设计回溯中交通标志和标线存在风险点; 4, 技术状况评定等级为良或中; 5, 技术状况评定等级为优
	护栏 技术状况 (0.2)	3, 技术状况评定等级为次或差, 设计回溯中护栏存在风险点; 4, 技术状况评定等级为良或中; 5, 技术状况评定等级为优
	护栏 设防能力 (0.4)	3, 《高速公路交通安全设施设计及施工技术规范》(JTJ 074- 1994) ; 4, 《公路交通安全设施设计规范》(JTG D81- 2006) ; 5, 《公路交通安全设施设计规范》(JTG D81- 2017)
适应变化能力 E_{ISDSY} (0.2)	标志完备性 (0.2)	3, 隧道出入口段标志不满足《公路隧道提质升级行动技术指南》相关要求; 高速公路互通式立交段未设置 2km、1km、500m 出口预告标志或出口方向标志、出口标志, 单块标志超过 6 条目的地信息, 同一断面并设标志超过 8 条目的地信息; 普通公路线形不良、平面交叉、穿村镇段标志不满足《道路交通标志和标线 第 2 部分: 道路交通标志》(GB 5768.2- 2022) 相关要求; 5, 隧道出入口段标志满足《公路隧道提质升级行动技术指南》相关要求; 高速公路互通式立交段设置 2km、1km、500m 出口预告标志及出口方向标志、出口标志, 单块标志不超过 6 条目的地信息, 同一断面并设标志不超过 8 条目的地信息; 普通公路线形不良、平面交叉、穿村镇段标志满足《道路交通标志和标线 第 2 部分: 道路交通标志》(GB 5768.2- 2022) 相关要求
	标志选型 (0.2)	4, 常规交通标志; 5, 采用可变信息标志或主动发光标志等提升适应变化能力的新型交通标志
	标线完备性 (0.2)	3, 隧道出入口段标线不满足《公路隧道提质升级行动技术指南》相关要求; 高速公路互通式立交段标线导向箭头不满足《道路交通标志和标线 第 3 部分: 道路交通标线》(GB 5768.3- 2025) 相关要求; 普通公路单向双车道及以上平面交叉段标线不满足《道路交通标志和标线 第 3 部分: 道路交通标线》(GB 5768.3- 2025) 相关要求; 5, 隧道出入口段标线满足《公路隧道提质升级行动技术指南》相关要求; 高速公路互通式立交段标线导向箭头满足《道路交通标志和标线 第 3 部分: 道路交通标线》(GB 5768.3- 2025) 相关要求; 普通公路单向双车道及以上平面交叉段标线满足《道路交通标志和标线 第 3 部分: 道

		路交通标线》（GB 5768.3- 2025）相关要求；
	标线选型 (0.2)	4, 常规交通标线； 5, 采用高亮雨夜标线、振动标线、减速标线等提升适应变化能力的新型交通标线
	护栏选型 (0.2)	4, 常规护栏； 5, 采用防积沙积雪护栏、减速护栏、智慧报警护栏等提升适应变化能力的新型护栏
快速恢复能力 E_{ISDHF} (0.2)	标线选型 (0.5)	4, 采用热熔型等常规材料交通标线； 5, 采用水性标线等提升快速恢复能力的新型材料交通标线
	护栏选型 (0.5)	4, 常规护栏，路基段采用波形梁护栏，桥梁段采用金属梁柱式护栏； 5, 路基段采用混凝土护栏，桥梁段采用混凝土护栏或组合式护栏，或采用防融雪剂腐蚀护栏等提升快速恢复能力的新型护栏
<p>1.设置护栏路段是指现状设置护栏路段以及按照《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81- 2017）的规定应设置护栏但现状未设置护栏路段。</p> <p>2.交通安全设施设防能力评估应基于现状交通量、车型构成以及运行速度或限制速度。</p> <p>3.按照《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81- 2017）的规定应设置护栏但现状未设置护栏路段，护栏相关二级指标均评估为 3 标度。</p> <p>4.当评估路段管养单位无法提供交通安全设施技术状况评定报告时，评估时结合交通安全设施现状，以“明显性能降低”对应于技术状况评定等级为次或差、“轻微性能降低”对应于技术状况评定等级为良或中、“良好技术状态”对应于技术状况评定等级为优判定二级指标评分标度。</p> <p>5.标志和护栏设防能力评估时，应以设施实际达到的功能水平所对应的标准规范判定二级指标评分标度。例如，当某一种设施在标准规范修订过程中指标要求未提高时，虽然建设依据早期标准规范，但设施设防能力仍应评估为修订后标准规范对应的标度；当某一种设施运营使用过程中安全防护能力水平未达到设计预期时，设施设防能力可评估为建设期标准规范降低一个标度但不得小于 3 标度。</p> <p>6.常规交通标志、交通标线和护栏是指《公路交通安全设施设计细则》（JTG/T D81- 2017）中所规定的对应一般路段的设施材料以及形式。</p> <p>7.单体工程评估时路侧护栏和中分带护栏分别给出关键项的评分标度，取评分标度平均值作为该单体工程该项二级指标评分标度值。</p> <p>8.考虑到交通标线使用年限，不对交通标线设防能力进行评估。</p> <p>9.当采用交通标志和标线以外的可实现提醒、警示、诱导功能的新型设施时，可在标志或标线适应变化能力的评估中，在交通标志或标线选型二级指标中，视作提升适应变化能力的新型设施。</p> <p>10.抵抗破坏能力的所有表征指标均为关键项。</p>		

表 D.0.1-13 隧道内路段交通安全设施单体工程评估表

一级指标	二级指标	
特性指标 (权重 θ_i)	表征指标 (权重 ω_i)	评分标度 V_i
抵抗破坏能力 E_{IJADK} (0.6)	标志 设防能力 (0.4)	3, 《道路交通标志和标线》(GB 5768- 1999) ; 4, 《道路交通标志和标线 第 2 部分: 道路交通标志》(GB 5768.2- 2009) ; 5, 《道路交通标志和标线 第 2 部分: 道路交通标志》(GB 5768.2- 2022), 按照《公路隧道提质升级行动技术指南》进行提质升级
	标志和标线 技术状况 (0.6)	3, 技术状况评定等级为次或差, 设计回溯中标志和标线存在风险点; 4, 技术状况评定等级为良或中; 5, 技术状况评定等级为优
适应变化能力 E_{IJASY} (0.2)	标志选型 (0.5)	4, 常规交通标志; 5, 采用可变信息标志或主动发光标志等提升适应变化能力的新型交通标志。
	标线选型 (0.5)	4, 常规交通标线; 5, 采用振动标线、减速标线等提升适应变化能力的新型交通标线
快速恢复能力 E_{IJAHF} (0.2)	标线选型 (1.0)	4, 采用热熔型等常规材料交通标线; 5, 采用水性标线等提升快速恢复能力的新型材料交通标线
<p>1.当评估路段管养单位无法提供交通安全设施技术状况评定报告时, 评估时结合交通安全设施现状, 以“明显性能降低”对应于技术状况评定等级为次或差、“轻微性能降低”对应于技术状况评定等级为良或中、“良好技术状态”对应于技术状况评定等级为优判定二级指标评分标度。</p> <p>2.交通安全设施设防能力评估应基于现状交通量、车型构成以及运行速度或限制速度。</p> <p>3.标志设防能力评估时, 应以设施实际达到的功能水平所对应的标准规范判定二级指标评分标度。例如, 当某一种设施在标准规范修订过程中指标要求未提高时, 虽然建设依据早期标准规范, 但设施设防能力仍应评估为修订后标准规范对应的标度; 当某一种设施运营使用过程中安全防护能力水平未达到设计预期时, 设施设防能力可评估为建设期标准规范降低一个标度但不得小于 3 标度。</p> <p>4.常规交通标志、交通标线和护栏是指《公路交通安全设施设计细则》(JTG/T D81-2017)中所规定的对应一般路段的设施材料以及形式。</p> <p>5.单体工程评估时路侧护栏和中分带护栏分别给出关键项的评分标度, 取评分标度平均值作为该单体工程该项二级指标评分标度值。</p> <p>6.考虑到交通标线使用年限, 不对交通标线设防能力进行评估。</p> <p>7.当采用交通标志和标线以外的可实现提醒、警示、诱导功能的新型设施时, 可在标志或标线适应变化能力的评估中, 在交通标志或标线选型二级指标中, 视作提升适应变化能力的新型设施。</p> <p>8.抵抗破坏能力的所有表征指标均为关键项。</p>		

表 D.0.1-14 可不设置护栏路段交通安全设施单体工程评估表

一级指标	二级指标	
特性指标 (权重 θ_i)	表征指标 (权重 ω_i)	评分标度 V_i
抵抗破坏能力 E_{IJADK} (0.6)	标志 设防能力 (0.4)	3, 《道路交通标志和标线》(GB 5768- 1999); 4, 《道路交通标志和标线 第 2 部分: 道路交通标志》(GB 5768.2- 2009); 5, 《道路交通标志和标线 第 2 部分: 道路交通标志》(GB 5768.2- 2022), 按照《公路隧道提质升级行动技术指南》进行提质升级
	标志和标线技术状况 (0.6)	3, 技术状况评定等级为次或差, 设计回溯中标志和标线存在风险点; 4, 技术状况评定等级为良或中; 5, 技术状况评定等级为优
适应变化能力 E_{IJASY} (0.2)	标志完备性 (0.25)	3, 隧道出入口段标志不满足《公路隧道提质升级行动技术指南》相关要求; 高速公路互通式立交段未设置 2km、1km、500m 出口预告标志或出口方向标志、出口标志, 单块标志超过 6 条目的地信息, 同一断面并设标志超过 8 条目的地信息; 普通公路线形不良、平面交叉、穿村镇段标志不满足《道路交通标志和标线 第 2 部分: 道路交通标志》(GB 5768.2- 2022) 相关要求; 5, 隧道出入口段标志满足《公路隧道提质升级行动技术指南》相关要求; 高速公路互通式立交段设置 2km、1km、500m 出口预告标志及出口方向标志、出口标志, 单块标志不超过 6 条目的地信息, 同一断面并设标志不超过 8 条目的地信息; 普通公路线形不良、平面交叉、穿村镇段标志满足《道路交通标志和标线 第 2 部分: 道路交通标志》(GB 5768.2- 2022) 相关要求
	标志选型 (0.25)	4, 常规交通标志; 5, 采用可变信息标志或主动发光标志等提升适应变化能力的新型交通标志
	标线完备性 (0.25)	3, 隧道出入口段标线不满足《公路隧道提质升级行动技术指南》相关要求; 高速公路互通式立交段标线导向箭头不满足《道路交通标志和标线 第 3 部分: 道路交通标线》(GB 5768.3- 2025) 相关要求; 普通公路单向双车道及以上平面交叉段标线不满足《道路交通标志和标线 第 3 部分: 道路交通标线》(GB 5768.3- 2025) 相关要求; 5, 隧道出入口段标线满足《公路隧道提质升级行动技术指南》相关要求; 高速公路互通式立交段标线导向箭头满足《道路交通标志和标线 第 3 部分: 道路交通标线》(GB 5768.3- 2025) 相关要求; 普通公路单向双车道及以上平面交叉段标线满足《道路交通标志和标线 第 3 部分: 道路交通标线》(GB 5768.3- 2025) 相关要求
	标线选型 (0.25)	4, 常规交通标线; 5, 采用振动标线、减速标线等提升适应变化能力的新型交通标线
快速恢复能力 E_{IJAHF} (0.2)	标线选型 (1.0)	4, 采用热熔型等常规材料交通标线; 5, 采用水性标线等提升快速恢复能力的新型材料交通标线

- 1.可不设置护栏路段是指按照《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81- 2017）的规定可不设护栏的隧道外路段。
- 2.交通安全设施设防能力评估应基于现状交通量、车型构成以及运行速度或限制速度。
- 3.当评估路段管养单位无法提供交通安全设施技术状况评定报告时，评估时结合交通安全设施现状，以“明显性能降低”对应于技术状况评定等级为次或差、“轻微性能降低”对应于技术状况评定等级为良或中、“良好技术状态”对应于技术状况评定等级为优判定二级指标评分标度。
- 4.标志设防能力评估时，应以设施实际达到的功能水平所对应的标准规范判定二级指标评分标度。例如，当某一种设施在标准规范修订过程中指标要求未提高时，虽然建设依据早期标准规范，但设施设防能力仍应评估为修订后标准规范对应的标度；当某一种设施运营使用过程中安全防护能力水平未达到设计预期时，设施设防能力可评估为建设期标准规范降低一个标度但不得小于 3 标度。
- 5.常规交通标志、交通标线和护栏是指《公路交通安全设施设计细则》（JTG/T D81-2017）中所规定的对应一般路段的设施材料以及形式。
- 6.单体工程评估时路侧护栏和中分带护栏分别给出关键项的评分标度，取评分标度平均值作为该单体工程该项二级指标评分标度值。
- 7.考虑到交通标线使用年限，不对交通标线设防能力进行评估。
- 8.当采用交通标志和标线以外的可实现提醒、警示、诱导功能的新型设施时，可在标志或标线适应变化能力的评估中，在交通标志或标线选型二级指标中，视作提升适应变化能力的新型设施。
- 9.抵抗破坏能力的所有表征指标均为关键项。

附录 E 制度体系评估

E.0.1 制度体系评分值 S 按式 (E.0.1-1) (E.0.1-2) 计算, 评估指标及相应权重见表 E.0.1。

$$S = 20 \sum_{i=1}^5 \theta_i S_{Zi} \quad (\text{E.0.1-1})$$

$$S_{Zi} = \sum_{i=1}^n \lambda_i V_i \quad (\text{E.0.1-2})$$

式中: S ——制度体系评分值;

S_{Zi} ——特性指标评分值;

θ_i ——特性指标权重;

λ_i ——表征指标权重;

V_i ——评分标度;

n ——特征指标对应的表征指标数量。

E.0.2 根据制度体系评分值 S , 按表 E.0.2 确定制度体系贡献度 γ 的取值。

表 E.0.2 制度体系贡献度取值表

制度体系评分值 S	制度体系贡献度 γ
$S \geq 92$	1.05
$84 \leq S < 92$	1.02
$76 \leq S < 84$	1.00
$68 \leq S < 76$	0.98
$S < 68$	0.95

E.0.3 公路项目涉及多个运营管理单位的, 应分别开展制度体系评估, 并应取其中最低值作为公路项目制度体系评分值。

表 E.0.1 制度体系评估表

序号	一级指标 (权重 θ_i)	二级指标	
		表征指标 权重 (λ_i)	评分标度 V_i
1	制度保障 (0.2)	管理制度健全性 (0.4)	3, 公路养护、安全与应急管理制度不健全; 4, 公路养护、安全与应急管理制度基本健全; 5, 公路养护、安全与应急管理制度健全, 从公路规划、勘察设计、施工管理、养护管理、运营管理等落实公路安全韧性提升长效机制的具体措施全面建立
2		制度落实有效性 (0.6)	3, 公路养护、安全与应急管理制度不能有效落实, 无法保障公路基础设施处于良好技术状态和正常使用状态; 4, 公路养护、安全与应急管理制度基本能够有效落实, 基本能够保障公路基础设施处于良好技术状态和正常使用状态; 5, 制度落实保障机制健全, 公路养护、安全与应急管理制度及落实安全韧性提升长效机制的具体举措得到有效贯彻执行, 公路基础设施经常处于良好技术状态和正常使用状态
3	联动机制 (0.2)	会商机制联动性 (1/2)	3, 未与气象、水利等部门建立信息共享渠道; 4, 与气象、水利等部门建立信息共享渠道; 5, 与气象部门建立气象会商机制, 及时开展气象会商研判, 并启动暴雨等灾害天气以及因降水、融雪等引发的山洪、地质(滑坡、崩塌、泥石流)等次生灾害防范应对工作
4		管控机制实效性 (1/2)	3, 未与公安交管等部门建立“一路多方”联勤联动机制; 4, 与公安交管等部门建立“一路多方”联勤联动机制且机制运转正常; 5, 按照“一路一策”原则, 考虑临江临河、高填深挖、降雨强度、桥下水位等因素, 确定了分级分类管控阈值, 且定期开展阈值评估并动态调整完善, 及时与公安交管部门会商确定了分级分类管控措施并得到有效落实, 及时确定并发布分流路线信息
5	抗灾准备 (0.2)	预案体系完备性 (1/2)	3, 应急预案不健全; 4, 应急预案基本健全, 针对公路灾毁、恶劣天气等典型事件制定了应急预案; 5, 应急预案健全, 针对公路灾毁、恶劣天气等典型事件制定了应急预案, 预案要素完整, 内容充实, 贴合实际, 跨部门联动流程清晰, 可操作性强, 且及时修订
6		应急演练针对性 (1/2)	3, 应急物资装备缺乏, 未建立专兼职应急救援队伍, 未组织开展应急演练; 4, 针对公路灾毁、恶劣天气等典型事件储备了必要的应急物资装备和应急救援队伍, 针对公路灾毁、恶劣天气等典型事件定期组织开展应急演练; 5, 应急物资装备储备充足, 应急救援队伍开展了针对性培训, 联合公安交管、交通运输综合执法、消防、应急、急救等部门, 针对公路灾毁、恶劣天气等典型事件开展实战演练, 演练内容多变、方式多样, 有效组织演练评估, 并针对问题开展整改并完善抗灾准备
7	预防应对 (0.2)	双控体系有效性 (1/2)	3, 未建立公路安全风险分级管控和隐患排查治理制度, 未组织开展常态化养护巡查、自然灾害风险隐患排查, 安全风险隐患未得到有效治理; 4, 公路安全风险分级管控和隐患排查治理制度基本建立, 基本能够组织开展常态化养护巡查、自然灾害风险隐患排查, 安全风险隐患基本得到管控; 5, 公路安全风险分级管控和隐患排查治理制度健全, 制定涵盖各业务板块安全风险隐患清单, 能够高效开展常态化养护巡查和自然灾害风险隐患排查, 形成安全风险隐患管理台账, 能够针对性编制养护规划和年度计划, 分类分级管理开展风险点处治, 各类安全风险隐患得到及时有效管控
8		防御措施	3, 未建立灾害或恶劣天气防御机制;

序号	一级指标 (权重 θ_i)	二级指标	
		表征指标 权重 (λ_i)	评分标度 V_i
		及时性 (1/2)	4, 灾害或恶劣天气防御机制基本建立, 基本能够根据灾害或恶劣天气预报预警信息采取防御措施, 基本能够将道路路况信息、气象预警提示信息、行车安全提示信息等向道路使用者发布; 5, 灾害或恶劣天气防御机制健全, 能够及时融合、分析研判可能发生的灾害并采取针对性防御措施, 及时将道路路况信息、气象预警提示信息、行车安全提示信息等向道路使用者发布
9	响应抢通 (0.2)	应急响应 时效性 (0.4)	3, 突发事件发生后不能及时响应处置; 4, 基本能够及时采取应急响应措施; 5, 及时发现突发事件并采取应急响应措施。
10		抢通恢复 高效性 (0.6)	3, 未制定应急抢通或应急处置方案, 或方案不科学, 无法保障抢通处置力量在短时间内抵达现场实施抢通或处置, 短时间内无法实现应急通行; 4, 应急抢通或处置方案基本科学, 抢通处置力量基本能够在短时间内抵达现场并实施抢通或处置, 基本能够在短时间内实现应急通行; 5, 应急抢通或处置方案科学, 抢通处置力量能够在短时间内抵达现场并高效实施抢通或处置, 能够在短时间内实现应急通行。

附录 F 通行安全风险评估模型

F.0.1 通行安全风险评估值应由速度、流量、交通组成等交通流特征严重性系数与各个单因素严重性指标之和的乘积确定。按式（F.0.1）计算。

$$RS = SF_s \times SF_f \times SF_t \times \sum_{i=1}^m \left(SS_i \times \sum_{j=1}^n (SF_{ij} \times LF_{ij}) \right) \quad (\text{F.0.1})$$

式中， RS ——风险值，Risk Score；

SF_s ——速度严重性系数，Speed Severity Factor；

SF_f ——流量严重性系数，Flow Severity Factor；

SF_t ——交通组成严重性系数，Flow Severity Factor；

SS_i ——第 i 个一级风险因素的严重性分值，Severity Score；

SF_{ij} ——第 i 个一级因素的第 j 个二级因素的严重性系数，Severity Factor；

LF_{ij} ——第 i 个一级因素的第 j 个二级因素的可能性系数，Likelihood Factor；

m ——一级风险因素数量；

n ——二级风险因素数量。

F.0.2 公路通行安全风险评估首先赋予各一级风险因素基础风险值，然后计算各风险源中各风险因素的严重性系数和可能性系数，基础风险值乘以两个系数后，求和获得最终风险值。

F.0.3 公路通行安全风险共分为五级，具体分级标准应按表 F.0.3 选取。其中 IV 级和 V 级属于通行安全高风险。

表 F.0.3 公路通行安全风险等级划分

风险等级	风险指标	设施养护管理提升措施
I 级	1-20	维持日常养护管理，无责任风险
II 级	>20-35	维持日常养护管理，需加强巡检，无责任风险
III 级	>35-60	制定养护计划逐步提升，或局部及时整改，可能诱发交通事故，存在责任风险
IV 级	>60-75	需立即整改，容易导致交通事故，危害性较大，责任风险高
V 级	>75	需立即整改，极易导致交通事故，危害性大，责任风险高

F.0.4 互通式立交、服务区和停车区安全风险评估模型按《高速公路互通式立交安全性评价规程》（T/CECS G:E10-02—2025）执行。各一级风险因素宜包括下列内容，相互关系见图 F.0.4 。

- 1 立交形式方面。考虑立交类型、出入口布局、连接部形式、匝道类型等。
- 2 设施间距方面。考虑立交主线及匝道、服务区、隧道、避险车道、收费站等设施间净距。
- 3 几何线形方面。考虑出入口视距、主线指标、连接部指标、匝道指标等。
- 4 出入诱导方面。考虑标志信息量、标志版面、标志位置、支撑结构、标线诱导等。
- 5 安全防护方面。考虑出口三角端防护、路侧与中分带防护等。
- 6 管理措施方面。考虑限速管理、执法措施、风险预警管控等。

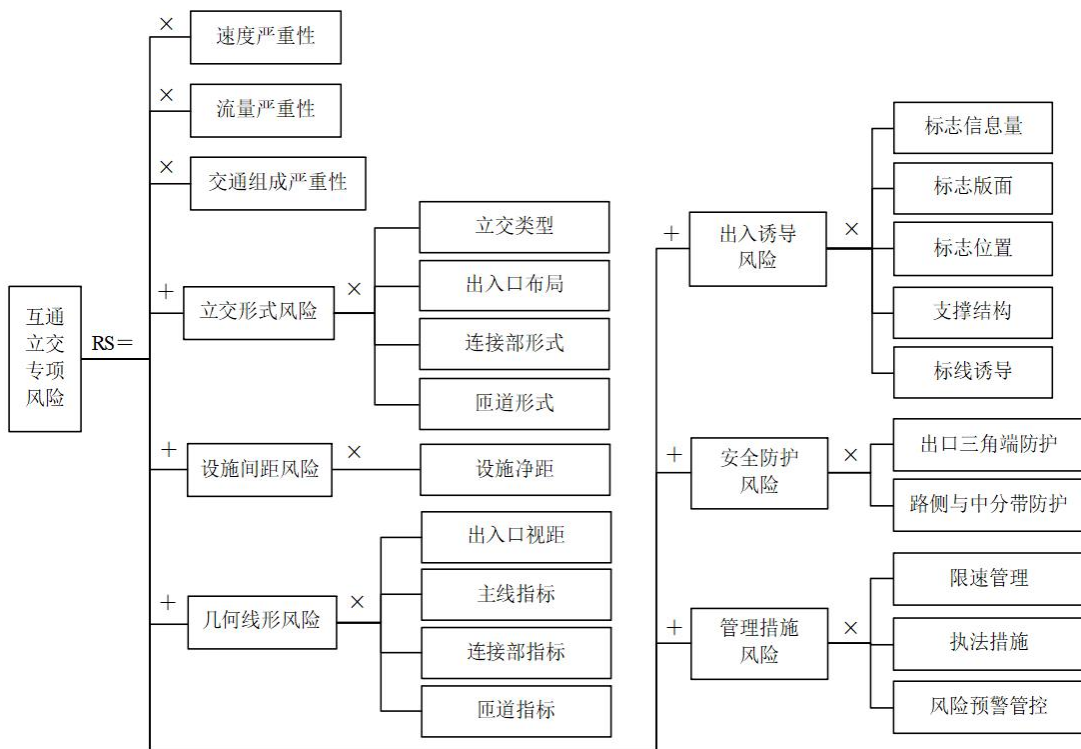


图 F.0.4 互通式立交安全风险评估模型

F.0.5 互通式立交设施风险评估模型应以速度、流量和交通组成三个指标作为事故严重性因素，以立交形式、设施间距、几何线形、出入诱导、安全防护、管理措施等六项指标作为事故可能性因素和一级风险因素。

F.0.6 互通式立交风险评估模型一级风险因素严重性分值应根据本地区道路交通特性结合专家经验确定，无法确定时可按表 F.0.6 选取。

表 F.0.6 一级风险因素严重性分值

一级风险因素 <i>i</i>	四车道	六车道	八车道及以上
立交形式(严重+可能)	25	30	35
设施间距(严重+可能)	15	15	15
几何线形(严重+可能)	20	20	20
出入诱导(严重+可能)	30	35	40
安全防护(严重)	5	5	5
管理措施(严重+可能)	5	5	5
合计	100	110	120

F.0.7 各级风险因素严重性系数和可能性系数应根据本地区道路交通特性结合专家经验确定，无法确定时可按表 F.0.7-1 、表 F.0.7-2 选取。

表 F.0.7-1 交通流特征严重性系数

一级风险因素 <i>i</i>	二级风险因素 <i>j</i>	特征指标	严重性系数		
			四车道	六车道	八车道及以上
速度	设计速度/限速	80	1.00	1.05	1.10
		100	1.05	1.10	1.15
		120	1.10	1.15	1.20
流量	服务水平	一级自由流	1.00	1.05	1.10
		二级近自由流	1.03	1.08	1.13
		三级稳定流	1.05	1.10	1.15
		四级饱和流	1.03	1.05	1.10
		五级拥挤流	1.00	1.00	1.00
交通组成	大中型货车比例	低[1,20%]	1.00	1.05	1.10
		中(20%-30%)	1.05	1.10	1.15
		高(30%,100%]	1.10	1.15	1.20

表 F.0.7-2 一级风险因素可能性系数

一级风险因素 <i>i</i>	二级风险因素 <i>j</i>	严重性系数	风险特征指标	可能性系数		
				四车道	六车道	八车道及以上
立交形式	立交类型	0.25	一般互通式立交	1.00	1.10	1.20
			枢纽互通式立交	1.10	1.20	1.30
			复合式立交	1.20	1.30	1.40
	出入口布局	0.35	合并连续出口并设置物理隔离集散道	0.00	0.00	0.00
			合并连续出口但设置标线隔离集散道	1.00	1.10	1.20
			连续小间距出口先右转后左转	1.00	1.05	1.10
			连续小间距出口先左转后右转	1.10	1.15	1.20

一级风险因素 i	二级风险因素 j	严重性系数	风险特征指标	可能性系数		
				四车道	六车道	八车道及以上
			交织区并设置物理隔离集散道	1.00	1.00	1.00
			交织区并设置渠化标线隔离集散道	1.05	1.10	1.15
			交织区设置辅助车道未设置集散道	1.10	1.15	1.20
			交织区未设置辅助车道	1.20	1.25	1.30
	连接部形式	0.30	主线车道平衡（双车道出入口设置辅助车道）	0.00	0.00	0.00
			主线车道不平衡	1.00	1.10	1.20
			主流向车道不连续	1.10	1.20	1.30
			左出口或左入口	1.20	1.30	1.40
	匝道类型	0.10	主线接直连式或半直连式匝道（设计速度不小于 50km/h）	0.00	0.00	0.00
			主线接环形匝道或其他匝道（设计速度小于 50km/h）	1.00	1.10	1.20
			车辆行驶方向与匝道展线方向偏角较大	1.00	1.10	1.20
	设施间距	设施间或设施内净距	1.00	立交主线及匝道、服务区、隧道、避险车道、收费站等设施间净距基本充足，或辅助车道长度基本充足（视野范围内出口不可见），未构成交织运行	0.00	0.00
立交主线及匝道、服务区、隧道、避险车道、收费站等设施间净距受限，或辅助车道长度受限（视野范围内出口可见），或构成交织运行				根据实际净距插值		
立交主线及匝道、服务区、隧道、避险车道、收费站等设施间净距严重不足，或辅助车道长度严重不足（视野范围内出口清晰可见），或交织运行严重（触发高风险机制）				1.00	1.10	1.20
几何线形	出入口视距	0.25	视距良好（包括端部位于跨线桥前）	0.00	0.00	0.00
			中分带、路侧或凸曲线视距受限（受跨线桥、中分带防眩、路侧土方、声屏障等影响）（触发高风险机制）	1.00	1.10	1.20
	主线指标	0.30	平纵面指标良好（满足一般值）	0.00	0.00	0.00

一级风险因素 i	二级风险因素 j	严重性系数	风险特征指标	可能性系数			
				四车道	六车道	八车道及以上	
	连接部指标	0.35	急弯（小于一般值）/陡坡/连续下坡等（触发高风险机制）	1.00	1.10	1.20	
			主线或匝道有效变速车道长度充足	0.00	0.00	0.00	
			主线或匝道有效变速车道长度偏短	根据实际长度插值			
			主线或匝道有效变速车道长度严重不足（触发高风险机制）	1.00	1.10	1.20	
			匝道运行速度过渡段偏短或B喇叭	1.20	1.20	1.20	
	匝道指标	0.10	平纵面指标良好（满足一般值）	0.00	0.00	0.00	
			匝道运行速度过渡段不足	1.00	1.10	1.20	
			急弯（小于一般值）/陡坡/连续下坡，或视距不足、组合不良	1.00	1.10	1.20	
	出入诱导	标志信息量	0.12	信息量适中	0.00	0.00	0.00
				信息量大	1.00	1.10	1.20
标志版面		0.35	信息完善	0.00	0.00	0.00	
			信息不连续、不明确、字高不足	1.00	1.10	1.20	
			数量不足，或版面无线形诱导，或与出口形式矛盾（触发高风险机制）	1.10	1.20	1.30	
标志位置		0.05	位置合理，无遮挡	0.00	0.00	0.00	
			位置不合理，或遮挡	1.00	1.10	1.20	
支撑结构		0.18	门架	0.00	0.00	0.00	
			右侧单悬+左侧单悬/单柱	0.00	0.80	0.90	
			右侧单悬	1.00	1.10	1.20	
	右侧单柱\双柱		1.20	1.30	1.40		
标线诱导	0.30	有导向箭头、地面标记、禁止变道标线和上游预告等	0.00	0.00	0.00		
		标线诱导混乱、不符合驾驶规律或无预告信息	1.00	1.10	1.20		
		无诱导	1.10	1.20	1.30		
安全防护	出口三角端防护	0.60	防撞垫	0.00	0.00	0.00	
			防撞桶	1.00	1.10	1.20	
			无防护	1.10	1.20	1.30	
	路侧	0.40	防护基本充足	0.00	0.00	0.00	

一级风险因素 i	二级风险因素 j	严重性系数	风险特征指标	可能性系数		
				四车道	六车道	八车道及以上
	与中分带防护		临水临崖高填方等防护不足	1.00	1.10	1.20
管理措施	限速管理	1.00	出口分级限速、匝道限速设置合理	0.00	0.00	0.00
			出口分级限速、匝道限速设置不合理，或无相应限速	1.00	1.10	1.20
	执法措施	-0.10	无超速/压线抓拍执法设施，或有执法设施但无预告	0.00	0.00	0.00
			有超速/压线抓拍执法设施和预告标志	0.60	0.80	1.00
	风险预警管控	-0.10	无风险管控系统	0.00	0.00	0.00
			设置风险管控系统（如危险行为监测干预）	0.60	0.80	1.00

F.0.8 连续长陡下坡设施安全风险评估各一级风险因素宜包括下列内容，相互关系见图 F.0.8。

- 1 设施分布方面。考虑服务区、停车区、加水站、避险车道、降温池等。
- 2 路侧干扰方面。考虑主线收费站、沿线村镇集市分布等。
- 3 几何线形方面。考虑主线指标、路面状态等。
- 4 信息诱导方面。考虑标志数量、标志版面、标志位置、支撑结构、标线诱导等。
- 5 安全防护方面。考虑路侧与中分带防护等。
- 6 管理措施方面。考虑服务区管理、限速管理、执法措施和风险预警管控等。

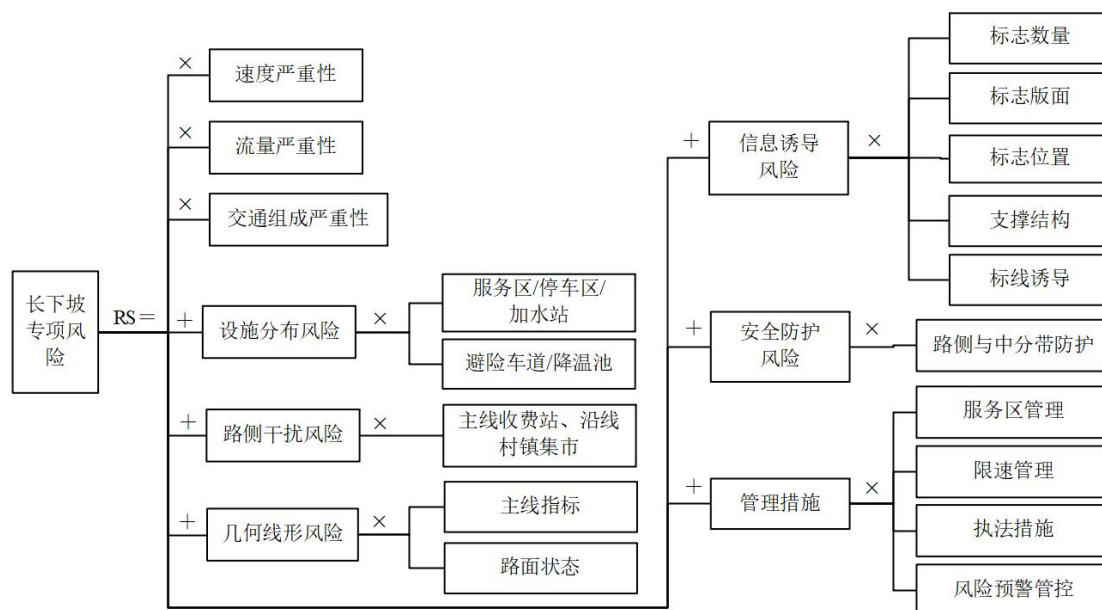


图 F.0.8 连续长陡下坡安全风险评估模型

F.0.9 连续长陡下坡设施风险评估模型应以速度、流量和交通组成三个指标作为事故严重性因素，以设施分布、路侧干扰、几何线形、信息诱导、安全防护、管理措施等六项指标作为事故可能性因素和一级风险因素。

F.0.10 考虑不同长下坡的影响，依据长下坡专项行动指南，分别将国省道和高速公路长下坡按 II、III 类和 IV、V 类进行划分，各一级风险因素严重性分值应根据本地区道路交通特性结合专家经验确定，无法确定时可按表 F.0.10 选取。

表 F.0.10 一级风险因素严重性分值

一级风险因素	国省道风险严重性分值		高速风险严重性分值	
	II、III 类	IV、V 类	III 类	V 类
设施分布	20	30	20	30
路侧干扰	10	15	10	15
几何线形	20	20	20	20
标志标线	20	20	20	20
安全防护	20	20	15	15
管理措施	10	15	15	20
合计	100	120	100	120

F.0.11 各级风险因素严重性系数和可能性系数应根据本地区道路交通特性结合专家经验确定，无法确定时可按表 F.0.11-1、表 F.0.11-2 选取。

表 F.0.11-1 交通流特征严重性系数

一级风险因素 <i>i</i>	二级风险因素 <i>j</i>	特征指标	严重性系数
速度	设计速度/限速	60	1.00
		80	1.04
		100	1.08
		120	1.12
流量	服务水平	一级自由流	1.00
		二级近自由流	1.04
		三级稳定流	1.08
		四级饱和流	1.02
		五级拥挤流	1.00
交通组成	各种货车比例	低[1,20%]	1.00
		中 (20%-30%)	1.04
		高 (30%,100%)	1.08

表 F.0.11-2 一级风险因素可能性系数

一级风险因素 <i>i</i>	二级风险因素 <i>j</i>	严重性系数	风险特征指标	可能性系数
设施分布	服务区/停车区/加水站	0.60	有 (坡顶或上游 5km 范围内)	0.00
			有 (坡中)	0.60
			没有	1.00
	避险车道/降温池	0.40	有 (且位置合理、数量满足要求、状态良好)	0.00
			有 (数量偏少、养护不足或设计不合理)	0.60
			没有或缺乏养护	1.00
路侧干扰	主线收费站、沿线村镇集市	1.00	路侧无村镇集市干扰, 长下坡路段及下游 2km 范围内无主线收费站	0.00
			路侧有村镇集市, 或长下坡路段及下游 2km 范围内有主线收费站	1.00
几何线形	主线指标	0.60	不属于长下坡指南 I-V 类长下坡	0.00
			按长下坡指南 II 类、III 类长下坡	按坡度坡长乘积插值
			按长下坡指南 IV 类、V 类长下坡	1.00
	路面状态	0.40	抗滑能力满足要求	0.00
抗滑能力不足			1.00	
信息诱导	标志数量	0.50	预告、起点、余长、结束标志齐全	0.00
			标志不全	0.60
			无标志 (触发高风险机制)	1.00
	标志版面	0.15	长度、操作提示等信息完善	0.00
			信息不全、污损, 或采用三角标志	1.00
			标志	0.10
			位置合理, 无遮挡	0.00

一级风险因素 i	二级风险因素 j	严重性系数	风险特征指标	可能性系数
	位置	0.15	位置不合理，或遮挡	1.00
	支撑结构		门架/单悬	0.00
			单柱/双柱	1.00
	标线诱导	0.10	有减速标线或禁止变道标线等	0.00
			无减速标线或禁止变道标线，或缺乏养护	1.00
安全防护	路侧与中分带防护	1.00	防护满足要求	0.00
			防护不足（如执行早期标准护栏）	0.60
			应防护无防护	1.00
管理措施	服务区管理	0.60	服务区强制进站管控	0.00
			无管控	1.00
	限速管理	0.40	针对货车长下坡合理限速	0.00
			无货车长下坡限速	1.00
	执法措施	-0.15	有区间限速执法设施	1.00
			无区间限速执法设施	0.00
	风险预警管控	-0.15	设置风险预警系统（如制动温监测、危险状态监测）	1.00
			无风险预警系统	0.00

本规范用词用语说明

1 本规范执行严格程度的用词，采用下列写法：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。
- 2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》（×××）的有关规定”。
- 3) 当引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本规范第×章的有关规定”、“应符合本规范第×.×节的有关规定”、“应符合本规范第×.×.×条的有关规定”或“应按本规范第×.×.×条的有关规定执行”。