

T/AACPM 001—2021

团 体 标 准

T/AACPM 001—2021

高速公路改扩建工程施工安全 风险评估指南

Guidelines for Safety Risk Assessment of Highway
Reconstruction and Extension Construction

团体标准
高速公路改扩建工程施工安全
风险评估指南
Guidelines for Safety Risk Assessment of Highway
Reconstruction and Extension Construction
T/AACPM 001—2021

*
中国建筑工业出版社出版、发行（北京海淀三里河路9号）
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
印刷厂印刷

*
开本：965 毫米×1270 毫米 1/16 印张：5 1/4 字数：153 千字
2023 年12月第一版 2023 年12月第一次印刷
定价：58.00 元

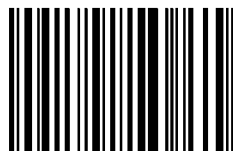
统一书号：15112·41462

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社图书出版中心退换
（邮政编码 100037）

本社网址：http://www.cabp.com.cn

网上书店：http://www.china-building.com.cn



1 5 1 1 2 4 1 4 6 2

2023-09-11 发布

2023-11-01 实施

安徽省建设工程项目管理协会 发布

前 言

本指南按照《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》GB/T 1.1—2020的规定起草。

本指南由安徽省建设工程项目管理协会提出并归口。

《高速公路改扩建工程施工安全风险评估指南》是指导高速公路改扩建工程施工安全风险评估的基础性和通用性标准。本指南旨在指导高速公路改扩建工程施工安全风险评估工作的开展，由四个部分构成。

——第1部分：通用要求。确立适用于开展高速公路改扩建工程施工安全风险评估工作需要遵守的通用规则和基本规定。主要内容包括：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语和定义；4 基本要求；5 总体风险评估；6 专项风险评估；7 风险控制措施；8 风险评估报告。

——第2部分：桥梁工程。为高速公路改扩建桥梁工程施工安全风险评估工作的开展提供可操作、可参考的评估程序和方法。主要内容包括：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语和定义；4 总体风险评估；5 专项风险评估；6 风险评估报告。

——第3部分：隧道工程。本部分参照《公路水运工程施工安全风险评估指南》JT/T 1375 成套标准的要求执行。

——第4部分：边坡工程。为高速公路改扩建边坡工程施工安全风险评估工作的开展提供可操作、可参考的评估程序和方法。主要内容包括：1 范围；2 规范性引用文件；3 总体风险评估；4 专项风险评估；5 风险评估报告。

——附录。附录A 高速公路改扩建桥梁工程常见施工作业及典型风险事件类型；附录B 高速公路改扩建桥梁工程需专家论证、审查的危险性较大工程；附录C 高速公路改扩建桥梁工程常见风险事件的一级指标；附录D 高速公路改扩建桥梁工程推荐可能性评估指标；附录E 风险评估报告专家个人评审意见表；附录F 高速公路改扩建桥梁工程推荐可能性评估指标；附录G 高速公路改扩建边坡工程常见施工作业及典型风险事件类型；附录H 高速公路改扩建边坡工程常见重大作业活动可能性评估指标。

本指南通过确立基本的评估程序，让评估人员在评估高速公路改扩建施工安全风险时有据可依，从而规范高速公路改扩建施工安全风险评估工作，提高评估的质量和评估效率，促使指南功能的有效发挥，更好地提升施工安全管理水平。

本指南在实施过程中请各有关单位结合项目特点，总结经验，积累材料，将发现的问题和意见，函告安徽省建设工程项目管理协会（地址：安徽省合肥市包河区马鞍山路299号鼎盛时代广场7栋503，联系人：宋洁，邮箱：3556184280@qq.com），以便今后修订时参考。

本指南主编单位：安徽省新同济工程咨询集团有限公司

本指南参编单位：上海工程技术大学

安徽省交控集团宁芜高速改扩建项目办公室

安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司

安徽省路港工程有限责任公司

上海竑粤交通科技有限公司

本指南主要起草人：龚伟 方勇 葛立效 江凯 钱玉宝 高又兵 魏万旭 胡华

本指南主要审查人：苗一平 王章虎 张磊乐 殷治宁 黄学文 孙克 吴翔 李少杰

本指南为首次制定。

目 次

第 1 部分：通用要求 1

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 3

5 总体风险评估 3

6 专项风险评估 3

6.1 风险辨识与风险分析 3

6.2 风险估测 6

6.3 风险控制预期效果评价 8

7 风险控制措施 9

7.1 一般要求 9

7.2 风险控制措施建议 10

8 风险评估报告 10

8.1 风险评估报告编制内容 10

8.2 风险评估报告评审 12

第 2 部分：桥梁工程 13

1 范围 13

2 规范性引用文件 13

3 术语和定义 13

4 总体风险评估 13

4.1 一般要求 13

4.2 主控因素判识法 13

4.3 指标体系法 14

4.4 风险控制 18

5 专项风险评估 18

5.1 一般要求 18

5.2 风险辨识与风险分析 19

5.3 风险估测 21

5.4 风险控制 24

5.5 风险控制预期效果评价 24

6 风险评估报告 24

第 3 部分：隧道工程 25

第 4 部分：边坡工程 26

1 范围 26

2 规范性引用文件 26

3 总体风险评估 26

3.1 一般要求 26

3.2 指标体系法 26

3.3 风险控制 31

4 专项风险评估 32

4.1 一般要求 32

4.2 风险辨识与风险分析 32

4.3 风险估测 33

4.4 风险控制 35

4.5 风险控制预期效果评价 35

5 风险评估报告 35

附录 A（资料性）高速公路改扩建桥梁工程常见施工作业及典型风险事件类型 36

附录 B（资料性）高速公路改扩建桥梁工程需专家论证、审查的危险性较大工程 38

附录 C（资料性）高速公路改扩建桥梁工程常见风险事件的一级指标 39

附录 D（资料性）高速公路改扩建桥梁工程推荐可能性评估指标 40

附录 E（资料性）风险评估报告专家个人评审意见表 51

附录 F（资料性）高速公路改扩建桥梁工程推荐可能性评估指标 52

附录 G（资料性）高速公路改扩建边坡工程常见施工作业及典型风险事件类型 69

附录 H（资料性）高速公路改扩建边坡工程常见重大作业活动可能性评估指标 70

第 1 部分：通用要求

1 范围

本指南规定了高速公路改扩建工程施工安全风险评估的基本原则以及总体风险评估、专项风险评估、风险控制措施、风险评估报告编制等要求。

本部分适用于高速公路改扩建工程，其他等级公路改扩建工程可以根据不同等级公路的具体情况参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

《公路水运工程施工安全风险评估指南 第 1 部分：总体要求》JT/T 1375.1—2022

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.0.1 风险 risk

高速公路改扩建工程建设中潜在风险事件的可能性及其不利后果的组合。

3.0.2 风险事件 risk event

导致工程发生人员伤亡、经济损失、工程耐久性降低以及对生态环境、社会、工期等造成影响的不良后果的事件。

注：重点考虑引起人员伤亡和经济损失的风险事件；对于生态环境敏感区域，还要重点考虑引起生态环境破坏的风险事件。

3.0.3 致险因素 risk factor

指可能导致风险事件发生的直接因素，如施工方案、作业活动、施工设备、危险物质、作业环境等。

3.0.4 风险辨识 risk factor identification

调查识别工程建设中潜在的风险类型、发生地点、时间及原因，并进行筛选、分类。

3.0.5 风险分析 risk analysis

采用安全系统工程的方法对风险源可能导致的风险事件进行分析，找出可能受伤害的人员、致害物、事故原因等，确定物的不安全状态和人的不安全行为。

3.0.6 风险估测 risk evaluation

采用定性或定量的方法，对风险事件发生的可能性及严重程度进行估算，并根据风险分级标准和接受准则，对工程风险进行等级分析、危害性评定和风险排序过程。

3.0.7 一般作业活动 general construction activity

施工工艺较简单或受外部因素影响较小，其致险因素间关联性较低，通常仅导致单一风险事件发生，运用一般知识与经验即可防范的作业活动。

3.0.8 重大作业活动 major construction activity

施工工艺较复杂或受外部因素影响较大，其致险因素间关联性较高，可能导致多种风险事件的发生，或可能引发的风险事件后果严重程度较大，需要从作业人员、施工设备、危险物质、地质水文条件、作业环境、技术方案及管理措施等多方面进行控制和防范的作业活动。

3.0.9 施工安全风险评估 safety risk assessment of construction

针对工程施工过程潜在的风险进行辨识、分析、估测、提出控制措施的系列工作。

3.0.10 总体风险评估 general safety risk assessment

以工程项目或具有独立使用功能的主体结构、作业单元为评估对象，根据工程特点、施工环境、地质条件、气象水文、资料完整性等，评估其施工的整体风险，确定风险等级并提出控制措施建议。

3.0.11 专项风险评估 specific risk assessment

以作业活动或施工区段为评估对象，根据其施工技术复杂程度、施工工艺成熟度、施工组织便利性、施工环境条件匹配性以及类似工程事故案例等，进行风险辨识与风险分析、风险估测，确定风险等级，提出相应的风险控制措施建议。包括施工前专项风险评估和施工过程专项风险评估。

3.0.12 风险控制预期效果评价 expected effect evaluation of risk control

针对专项风险等级为较大风险及以上的作业活动或重点区域，检查、确认其风险控制措施的落实情况，并对采取风险控制措施后的预期风险进行评价。

3.0.13 专家调查法 expert investigation method

专家依据自身的工程知识和经验，在现场调查的基础上，对工程施工安全风险作出评估和预测的一种方法。

3.0.14 指标体系法 index system method

根据影响工程施工安全风险的主要致险因素，建立体现风险特征的评估指标体系，对各评估指标进行数值区间量化分级，并综合考虑各评估指标的权重系数，对工程施工安全风险作出评估和预测的一种方法。

3.0.15 施工作业控制区 traffic control zone for construction

为高速公路改扩建施工安全作业而设置的交通管控区域，分为警告区、上游过渡区、缓冲区、工作区、下游过渡区、终止区等区域。

3.0.16 改扩建交通组织 construction traffic organization

为保障高速公路改扩建工程施工期间项目路及区域路网维持一定的通行条件和服务水平而采取的综合性交通管理措施。

3.0.17 两区三场 two sites and three areas

高速公路改扩建工程建设项目中的生活区、办公区和钢筋加工场、拌和场、预制场的统称。

3.0.18 拼宽 widened by lateral physical contact

高速公路加宽新建部分与既有部分通过横向物理联系组合成整体。

3.0.19 拼接 splicing

将高速公路构造物或其构件的加宽新建部分与既有部分进行连接。

3.0.20 单侧拼宽 unilateral widening

通过对原有高速公路单侧进行拼接形成设计车道的高速公路改扩建拼宽方式。

3.0.21 双侧拼宽 bilateral widening

通过对原有高速公路两侧进行拼接形成设计车道的高速公路改扩建拼宽方式。

3.0.22 阶段施工 stage construction

根据高速公路改扩建工程不同的施工方案和交通组织方式细分的第一阶段施工、第二阶段施工、第三阶段施工等分阶段施工方式。

3.0.23 边施工边通车 construction while opening to traffic

高速公路进行改扩建施工时，需要保持既有高速公路一定通行服务水平的状况。

4 基本要求

4.0.1 改扩建工程施工作业前，建设单位应编制施工安全总体风险评估报告，施工单位应编制实施性施工交通组织总体方案和实施性施工交通组织专项方案。

4.0.2 施工单位应根据施工安全总体风险评估报告，编写施工安全专项风险评估报告，经专家论证、监理审批后，报建设单位备案。

4.0.3 施工安全风险评估应符合《公路水运工程施工安全风险评估指南》JT/T 1375 成套标准的要求，包括评估阶段划分、评估方法选择、评估实施步骤、风险等级划分、评估结论应用、评估工作要求和风险控制要求。

4.0.4 风险评估是贯穿施工全过程，对风险实施动态评估，重点关注风险变化情况。工程分部分项工程开工前，应完成施工前专项风险评估。

4.0.5 当重大致险因素存在遗漏、施工过程中出现新的致险因素、致险因素发生了重大变化或有关法律、法规、标准提出了新的要求，应开展施工过程专项风险评估。

4.0.6 风险评估报告应反映风险评估过程的全部工作，风险评估过程中的工作记录、采用的评估方法、获得的评估结果、推荐的控制措施等均应写入评估报告。风险评估报告应客观科学、内容全面、文字简洁、数据完整，提出的风险控制措施具有可操作性。总体风险评估和专项风险评估的最终报告应进行归档管理。

5 总体风险评估

5.0.1 高速公路改扩建工程施工安全总体风险评估应将整个工程项目按照桥梁工程、隧道工程、边坡工程、基坑工程、大型临时工程、“两区三场”、交通组织方案等重点区域划分为相互独立的作业单元，作为总体风险评估对象。

5.0.2 总体风险评估应依据项目前期立项批复文件、环评报告、地质勘察报告、水文气象资料、设计风险评估报告（如有）、初步设计文件、施工图设计文件、评估人员的现场调查资料等开展。

5.0.3 总体风险等级在Ⅲ级（较大风险）及以上或总体风险评估中单一指标影响过大的作业工程，应纳入专项风险评估范围。

6 专项风险评估

6.1 风险辨识与风险分析

6.1.1 风险辨识包括 6 个步骤：

- 1) 工程资料的收集整理；
- 2) 施工现场地质条件和环境条件的调查（或补充勘察）；
- 3) 既有交通条件和原构筑物调查；
- 4) 施工队伍素质和管理制度调查；
- 5) 施工作业程序分解和风险事件辨识；
- 6) 致险因素及风险事件后果类型分析。

6.1.2 风险辨识需收集、整理的相关工程资料应包括：

- 1) 本工程的可行性研究报告、工程地质勘察报告、初步设计文件、施工图设计文件、工程施

工组织设计文件、总体风险评估报告和其他与工程建设安全相关的文件；

- 2) 工程区域内的环境条件，包括建筑物、构筑物、埋藏物、管道、缆线、民防设施、铁路、公路、外电架空线路等可能造成事故的环境要素；
- 3) 工程区域内地质、水文、气象等灾害事故资料；
- 4) 同类工程事故资料；
- 5) 其他与风险辨识对象相关的资料。

6.1.3 施工现场地质条件和环境条件调查应包括：

- 1) 地质条件；
- 2) 气象水文条件；
- 3) 周边环境条件；
- 4) 边坡变形破坏迹象和特征；
- 5) 补充地质勘察结果（如有）；
- 6) 现场开挖揭露地质情况的差异；
- 7) 周边环境的变化情况。

6.1.4 既有交通条件和原构筑物调查应包括：

- 1) 易发生交通事故的隐患因素，主要包括：路面平整度、排水、视距、线形等因素；
- 2) 路段历史交通事故情况；
- 3) 路网分流条件；
- 4) 交通量及交通组成；
- 5) 节假日和恶劣天气及自然灾害发生时的路网交通量、流向及交通组成；
- 6) 原构筑物使用状态。

6.1.5 施工队伍素质和管理制度调查应包括：

- 1) 企业近五年业绩、近三年信用等级，同类工程经验和施工事故及处理情况；
- 2) 施工队伍素质，施工队伍的专业化作业能力、施工装备和技术水平；
- 3) 项目各种管理制度是否齐全，是否适用和具有针对性；
- 4) 专职安全管理人员配置情况；
- 5) 施工过程专项风险评估的调查除 1)～4) 外，还应调查人员队伍变化情况、施工装备进出场情况、管理制度落实情况等。

6.1.6 施工作业程序分解和风险事件辨识应包括：

- 1) 依据施工图设计文件以及施工组织设计等，通过现场调查、评估小组讨论、专家咨询等方式，将施工过程划为不同的作业活动；
- 2) 辨识各作业活动中可能发生的典型风险事件类型。

6.1.7 致险因素及风险事件后果类型分析应包括：

- 1) 从物的不安全状态（如地质条件、施工方案、施工环境、施工机械、自然灾害等方面）和人的不安全行为（如施工操作、作业管理等方面）分析致险因素；
- 2) 从人员伤亡和直接经济损失等方面分析风险事件后果类型，其中，可能受到风险事件伤害的人员类型应包括作业人员自身、同一作业场所的其他作业人员、作业场所周围其他人员。

6.1.8 施工作业程序分解应依据施工图设计及施工组织设计等文件，将桥梁、隧道、路堑高边坡工程施工过程划为不同的评估单元。可参照《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1—2017 以及施工组织设计文件所确定的施工工艺，按照单位工程—分部工程—分项工程—工序（单位）作业的层次进行分解，从中辨识风险事件。

6.1.9 根据工程项目实际情况，评估单元可以是分部工程、分项工程、工序（单位）作业活动，评估单元大小视风险评估具体需求而定。

6.1.10 施工作业程序分解后，应通过现场调查、评估小组讨论、专家咨询等方式，分析评估单元中可能发生的典型风险事件类型，形成风险事件清单，格式见表 1。

表 1 施工风险事件清单

序号	分部工程	分项工程	作业活动	风险事件	判断依据		
1	桥梁工程	分项工程 1	作业活动 1	风险事件 1			
				风险事件 2			
							
.....							
N			作业活动 N	风险事件 1			
				风险事件 2			
							
N+1		分项工程 2	作业活动	风险事件 1			
							
							
1	隧道工程	分项工程 1	作业活动 1	风险事件 1			
N		.....	.....	.....			
1	.....	.....	.....	.....			
注 1：分项工程 2 示意一种施工工艺简单的分项工程，作为待评作业活动列入清单； 注 2：判断依据可为现场调查的实际数据，同类工程事故、评估小组或专家的经验等							

6.1.11 针对某一评估单元，应分四个层次进行风险分析，分别是施工安全事故分析、交通安全事故分析、施工安全对交通安全影响分析、交通安全对施工安全影响分析。风险分析的格式如表 2 所示，如果有部分内容需详细进行风险分析，格式可不限于表 2。

表 2 风险分析表

序号	典型风险		主要风险分析	一般风险分析	事故描述
1	评估单元 1	施工安全事故			
		交通安全事故			
		施工对交通安全影响			
		交通对施工安全影响			
2	评估单元 2	施工安全事故			
		交通安全事故			
		施工对交通安全影响			
		交通对施工安全影响			
.....					
N	评估单元 N	施工安全事故			
		交通安全事故			
		施工对交通安全影响			
		交通对施工安全影响			
注：一般风险分析是指从人员操作错误、违反安全规程、管理不当、施工方案不合理、施工机械缺陷等方面进行分析。主要风险分析是指从项目特点、施工环境等方面进行分析，主要包括对气象水文、地质条件、施工工艺、交通环境、周边环境等代表本评估单元特点进行风险分析					

风险分析应充分了解设计资料、施工方案、施工交通组织设计以及既有高速公路现状，从各方面进行风险分析，并对风险进行归类。

6.2 风险估测

6.2.1 风险估测方法

6.2.2 风险估测方法应结合作业活动的复杂程度、潜在风险事件的特点等因素确定。

6.2.3 作业活动按照复杂程度分为一般作业活动和重大作业活动。桥梁工程、隧道工程、边坡工程、基坑工程、“两区三场”、大型临时工程等高速公路改扩建工程应分别确立常见重大作业活动清单。具体高速公路改扩建工程项目对常见重大作业活动清单，结合风险辨识与风险分析结果，确定一般作业活动和重大作业活动。

6.2.4 一般作业活动风险估测

6.2.4.1 一般作业活动风险估测可采用定性（如检查表法）或半定量方法（如 LEC 法）。

- 1) 检查表法把检查对象加以分解，将大系统分割成若干子系统，以提问或打分的形式，将检查项目列表逐项检查。
- 2) LEC 法根据作业人员在具有潜在危险性环境中作业，用与作业风险有关的三种因素指标值的乘积来评价风险。

(1) LEC 评价法，对具有潜在危险性作业环境中的危险源进行半定量的安全评价，据此将所有的风险源分为一般作业活动和重大作业活动。该方法采用与系统风险率相关的 3 个方面指标值之乘积来评价系统中人员伤亡风险大小。这 3 个方面分别是： L 为发生事故的可能性大小； E 为人体暴露在这种危险环境中的频繁程度； C 为一旦发生事故造成的损失后果。风险分值 $D=LEC$ 。 D 值越大，说明该系统危险性大，需要增加安全措施，或改变发生事故的可能性，或减少人体暴露于危险环境中的频繁程度，或减轻事故损失，直至调整到允许范围内。为简化计算，将事故发生的可能性、施工人员暴露时间、事故发生后果划分不同的等级并赋值，见表 3 至表 5。

表 3 事故发生的可能性/ L

分数值	事故发生可能性
10	完全可以预料
6	相当可能
3	可能，但不经常
1	可能性小，完全意外
0.5	很不可能，可以设想
0.2	极不可能
0.1	实际不可能

表 4 暴露于危险环境的频繁程度/ E

分数值	暴露于危险环境的频繁程度
10	连续暴露
6	每天工作时间暴露
3	每周一次，或偶然暴露
2	每月一次暴露
1	每年几次暴露
0.5	非常罕见的暴露

表 5 发生事故的后果/C

分数值	事故发生后果
100	10 人以上死亡
40	3~9 人死亡
15	1~2 人死亡
7	严重
3	重大，致残
1	引人注意

(2) 根据公式 $D=LEC$ 计算出作业的危险程度，并判断评价危险性的 大小。将结果按表 6 分级。

表 6 风险等级划分

风险等级	4	3	2	1
危险性分值	≥ 320	$\geq 160 \sim 320$	$\geq 70 \sim 160$	< 70
风险程度	重大风险	较大风险	一般风险	低风险

- (3) 根据施工经验，风险等级为 4 级的属于极其危险的作业活动，不予施工，立即整改；风险等级为 3 级的属于重大作业活动，应采取有效措施，予以重点控制；风险等级为 1、2 级的为一般作业活动，用企业现有规章制度进行预防和控制即可。
- (4) 对于 LEC 法风险分值高于 160 的较大风险评估单元，应列为重大作业活动，进一步使用指标体系法进行重大作业活动风险估测。

6.2.4.2 以风险描述方式将一般作业活动的风险估测情况汇总，填入表 7。

表 7 一般作业活动风险估测汇总表

一般作业活动	风险描述	理由
一般作业活动 1		
.....		
一般作业活动 N		

6.2.5 重大作业活动风险估测

6.2.5.1 重大作业活动风险估测可采用定性与定量相结合方法。风险事件后果严重程度的估测方法宜采用专家调查法，风险事件可能性的估测方法宜采用指标体系法。

6.2.5.2 物的不安全状态、人的不安全行为以及两者的组合所导致的风险事件可能性等级分为 5 级，见表 8。

表 8 风险事件可能性等级标准

概率等级描述	概率等级
很可能	5
可能	4
偶然	3
可能性很小	2
几乎不可能	1

6.2.5.3 风险事件后果严重程度的等级分成 5 级，主要考虑人员伤亡和直接经济损失。当多种后果同时产生时，应采用就高原则确定风险事件后果严重程度等级：

- 1) 人员伤亡程度等级划分应依据人员伤亡的类别和严重程度进行分级，见表 9；

2) 直接经济损失程度等级划分可依据经济损失或经济损失占项目建安费的比例进行分级；对于工程造价较低的高速公路改扩建工程，宜采用“经济损失占项目建安费的比例”这一相对指标进行判定。经济损失和经济损失占项目建安费的比例的等级划分见表 10。

表 9 人员伤亡程度等级标准 单位：人

等级	定性描述	死亡人数/ ND	重伤人数/ NSI
1	小	—	$1 \leq NSI < 5$
2	一般	$1 \leq ND < 3$	$5 \leq NSI < 10$
3	较大	$3 \leq ND < 10$	$10 \leq NSI < 50$
4	重大	$10 \leq ND < 30$	$50 \leq NSI < 100$
5	特大	$ND \geq 30$	$NSI \geq 100$

表 10 直接经济损失程度等级标准

等级	定性描述	经济损失/ Z (万元)	经济损失占项目建安费的比例/ p_r
1	小	$Z < 100$	$p_r < 1\%$
2	一般	$100 \leq Z < 1000$	$1\% \leq p_r < 2\%$
3	较大	$1000 \leq Z < 5000$	$2\% \leq p_r < 5\%$
4	重大	$5000 \leq Z < 10000$	$5\% \leq p_r < 10\%$
5	特大	$Z \geq 10000$	$p_r \geq 10\%$

6.2.5.4 物的不安全状态引起的风险事件可能性评估指标，应根据可能发生的风险事件类型，从本质安全的角度出发，分析可能导致风险事件发生的致险因素，在此基础上选取提出。评估指标宜从工程自身特点、地质条件、气象水文条件、施工方案、施工作业环境等方面提出。评估指标权重系数的确定应符合《公路水运工程施工安全风险评估指南》成套标准指标体系法的相关要求。

6.2.5.5 人的不安全行为引起的风险事件可能性评估指标采用安全管理评估指标，宜从企业资质、分包情况、作业班组及技术管理人员经验、安全管理人员配备、安全生产费用、机具设备船舶配置及管理、施工组织设计、专项施工方案、企业工程业绩及信用情况等方面提出。

6.2.5.6 根据风险事件发生的可能性、后果严重程度等级，可采用风险矩阵法等方法确定重大作业活动的施工安全风险等级。将专项风险评估的风险等级用不同颜色在施工形象进度图中标识出来，形成“红橙黄蓝”四色施工安全风险分布图，并附在评估报告中，同时以列表方式汇总重大作业活动风险等级，填入表 11。

表 11 重大作业活动风险等级汇总表

重大作业活动	风险事件可能性等级	风险事件后果严重程度				风险等级	评估理由
		人员伤亡	直接经济损失		风险事件后果严重程度等级		
重大作业活动 1							
.....							
重大作业活动 N							

6.3 风险控制预期效果评价

6.3.1 风险控制预期效果评价包括对风险控制措施落实情况的确认评价以及采取风险控制措施后

预期风险的评价。

6.3.2 对风险控制措施落实情况的确认评价，宜通过对典型施工或首件施工的总结与分析，采用检查表法针对风险控制措施落实情况进行检查、确认，以确认风险控制措施是否得到完整实施，分析风险控制措施实施过程中的问题和不足，进一步完善风险控制措施。

6.3.3 采取风险控制措施后预期风险的评价宜采取专家评审方式，成立专家组，专家组成员不应少于3人，专家应具备高级及以上技术职称，并具有10年及以上公路工程建设管理、施工、监理、勘察设计、风险评估或安全评价等工作经历。

6.3.4 专家组根据典型施工或首件施工情况，针对风险控制措施落实情况，对采取措施后的风险事件可能性以及后果严重程度进行集体评定，在此基础上通过风险矩阵法，确定采取措施后预期风险的等级。

7 风险控制措施

7.1 一般要求

7.1.1 应根据总体风险评估结果与接受准则，提出风险控制措施，见表12。

表12 总体风险接受准则与控制措施

风险等级	接受准则	控制措施
等级Ⅰ（低风险）	可忽略	维持日常安全生产管理工作，不需采取附加的风险防控措施
等级Ⅱ（一般风险）	可接受	需采取风险防控措施：加强安全管理力量，严格日常安全生产管理工作
等级Ⅲ（较大风险）	不期望	应采取措施降低风险：采取加大安全管理力量投入、强化安全资源配置、选择有经验及自控能力强的施工单位、增加工程保险投保等措施
等级Ⅳ（重大风险）	不可接受	应采取一整套的措施降低风险：采取优化工程设计方案或设计阶段的施工指导方案，高度重视项目的后续组织实施，加大安全管理力量和资金投入、强化安全资源配置、选择有经验及自控能力强的施工单位、增加工程保险投保等措施

7.1.2 根据专项风险评估结果与接受准则，提出风险控制措施。对于重大作业活动，还应根据不同的风险等级提出分级控制措施，确定层级责任和责任人，实施现场管理和监控预警，见表13。

表13 专项风险接受准则与控制措施

风险等级	接受准则	控制措施	分级控制措施			
等级Ⅰ（低风险）	可忽略	不需采取特别的风险防控措施	日常管理	—	—	—
等级Ⅱ（一般风险）	可接受	需采取风险防控措施，严格日常安全生产管理，加强现场巡视	日常管理	监控预警	专项整治	—
等级Ⅲ（较大风险）	不期望	应采取措施降低风险，将风险至少降低到可接受的程度	日常管理	监控预警	多方面专项整治	应急预案、应急准备
等级Ⅳ（重大风险）	不可接受	应暂停开工或施工；同时采取措施，综合考虑风险成本、工期及规避效果等，按照最优原则，将风险至少降低到可接受的程度，并加强监测和应急准备	日常管理	监控预警	暂停开工或施工、全面整治	应急预案、应急准备

7.2 风险控制措施建议

7.2.1 总体风险评估和专项风险评估均应提出风险控制措施建议。

7.2.2 总体风险评估应重点提出风险控制的方向与总体思路，以及安全管理力量投入、资源（财、物）配置、对施工单位的要求。

7.2.3 专项风险评估应针对致险因素提出系统全面、重点突出的控制措施建议，作为现场安全管理、安全交底、专项施工方案编制和完善、应急处置的依据。专项风险评估中风险等级为Ⅲ级（较大风险）及以上时，应分析找出导致高风险的关键指标，提出有针对性的措施降低风险。

7.2.4 施工前和施工期间可采取风险控制措施包括：方案调整（施工、交通组织方案调整）、加强安全措施（交通安全、施工安全）、提高管理水平和人员的素质。

7.2.4.1 调整施工方案主要包括：

- 1) 合理调整施工顺序。对施工工序从时间顺序和空间次序上进行合理安排或调整，降低施工对交通安全的影响。
- 2) 改进施工工艺。从专用设备、施工方法、工艺参数上改进，预防和减少施工过程中发生事故，避免施工对公路运营产生剧烈扰动，影响结构安全。
- 3) 优化作业区设计。充分提醒车辆“前方施工，谨慎驾驶”，尽可能引导车辆按照限制速度安全通过作业区。

7.2.4.2 加强安全措施，除应执行现行的有关标准、规范外，还应当根据实际工程特点，采取有效、可操作性强的安全措施，降低施工安全和交通安全风险。主要包括：

- 1) 安全管理措施：包括监测预警、对不安全场所进行安全隔离或加固防护、设立警告标志、人工警戒或专人指挥等；
- 2) 安全替代措施：对人工直接操作有较大风险的，可以用机械或其他方式替代人工操作；
- 3) 应急救援措施：主要指制定应急预案和做好应急准备，明确关键岗位应急职责、危险作业应急处置措施。

7.2.4.3 从管理和人员等方面控制安全风险主要包括：

- 1) 提高管理水平。强化安全管理目标管理，重点是强化安全管理人员落实、安全管理制度落实、安全资金投入落实和现场安全防护措施落实，同时，对重大作业活动安排人员巡逻检查。
- 2) 提高人员素质：主要是进行经常性的安全教育和培训，强化安全意识和观念，提高安全操作技能；对特殊工种进行专门培训，做到持证上岗；施工人员身体健康状况应符合工种要求；施工前做好安全技术交底。

8 风险评估报告

8.1 风险评估报告编制内容

8.1.1 总体风险评估报告应包括以下内容：

- 1) 编制依据：
 - (1) 行业相关风险管理的法律法规及制度文件；
 - (2) 相关的国家和行业标准、规范；
 - (3) 项目立项批复文件；
 - (4) 项目可行性研究报告、工程地质勘察报告、初步设计文件、施工图设计文件等；
 - (5) 现场调查资料。

- 2) 工程概况。
 - 3) 评估过程和评估方法。
 - 4) 评估内容。
 - 5) 风险控制措施建议。
 - 6) 评估结论：
 - (1) 风险等级（各评估对象）；
 - (2) 专项风险评估对象（作业活动）；
 - (3) 风险控制措施建议；
 - (4) 评估结果自我评价及遗留问题说明。
 - 7) 附件（评估计算过程、评估人员信息表等）。
- 8.1.2 施工前专项风险评估报告应包括以下内容：**
- 1) 编制依据：
 - (1) 行业相关风险管理的法律法规及制度文件；
 - (2) 相关的国家和行业标准、规范；
 - (3) 项目可行性研究报告、工程地质勘察报告、初步设计文件、施工图设计文件以及审查意见、施工组织设计等；
 - (4) 总体风险评估成果及工程前期的风险评估成果；
 - (5) 现场调查资料；
 - (6) 现场检测监测资料。
 - 2) 工程概况。
 - 3) 评估过程和评估方法。
 - 4) 评估内容，包括作业活动的风险事件辨识、致险因素分析以及风险估测。
 - 5) 风险控制措施建议。
 - 6) 评估结论：
 - (1) 作业活动风险等级汇总；
 - (2) 重要性指标清单；
 - (3) 风险预控措施建议；
 - (4) 评估结果自我评价及遗留问题说明。
 - 7) 附件（评估计算过程、评估人员信息表等）。
- 8.1.3 施工过程中专项风险评估应形成评估报告，除与施工前专项风险评估报告相同内容外，还应包括以下内容：**
- 1) 作业活动变化情况；
 - 2) 重新评估的风险等级及计算过程；
 - 3) 拟推荐的风险控制措施；
 - 4) 评估人员信息表。
- 8.1.4 风险评估报告应按以下格式编排：**
- 1) 封面与扉页（包括评估项目名称、报告完成日期、评估小组组长签名）；
 - 2) 著录项（评估人员名单，并应亲笔签名）；
 - 3) 目录；
 - 4) 编制说明；
 - 5) 正文；
 - 6) 附件。
- 8.1.5 风险控制预期效果评估宜形成评价报表，报表格式由评估小组自定，应包括以下内容：**

- 1) 典型施工或首件施工安全风险控制情况；
- 2) 采取措施后预期风险的等级；
- 3) 风险控制措施的完善建议；
- 4) 评估人员信息表。

8.2 风险评估报告评审

8.2.1 总体风险评估报告或专项风险评估报告（包括施工前专项风险评估报告、施工过程专项风险评估报告和风险控制预期效果评价报表）编制完成后，应组织专家评审。其中，风险控制预期效果评价报表宜纳入专项施工方案一并评审。

8.2.2 总体风险评估报告应由建设单位组织评审，专项风险评估报告应由施工单位组织评审。评审宜采用专家评审，评审专家不应少于 5 人，专家应具有丰富的工程勘察、设计、施工、管理等相关经验。评估小组应根据专家评审意见对评估报告进行修改，形成最终报告。

第 2 部分：桥梁工程

1 范围

本文件规定了高速公路改扩建桥梁工程施工安全总体风险评估、专项风险评估、风险评估报告编制的要求。

本文件适用于高速公路改扩建桥梁工程的施工安全风险评估，其他改扩建桥梁工程可参照使用。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

以下术语和定义适用于本文件。

主控因素判识法 **identification method of main controlling factor**

根据影响高速公路改扩建桥梁工程施工安全风险的主控因素，建立体现风险特征的主控因素判识表，对各主控因素进行量化分级，评估改扩建桥梁施工安全总体风险的方法。

4 总体风险评估

4.1 一般要求

4.1.1 高速公路改扩建桥梁工程应在开工前完成施工安全总体风险评估。

4.1.2 总体风险评估宜优先采用主控因素判识法，无法判识时宜采用专家调查法或指标体系法。采用专家调查法和指标体系法时，评估流程应符合本指南第 1 部分总体要求的相关规定。

4.2 主控因素判识法

4.2.1 应从建设规模、地质水文条件、气候环境条件、地形地貌、桥位特征、施工技术和交通干扰方面，判识影响桥梁施工安全的主控因素，根据表 14 确定总体风险等级。

4.2.2 由不同主控因素确定的桥梁施工安全总体风险等级不同时，应以等级高者为准。

表 14 主控因素判识表

评估指标		总体风险等级		说明
主控因素类型	因素描述	重大风险 (Ⅳ级)	较大风险 (Ⅲ级)	
建设规模	多跨或单孔跨径大于或等于 40m 的石拱桥；单孔跨径大于或等于 150m 的钢筋混凝土拱桥、钢桁架、钢管混凝土拱桥、梁式桥；单孔跨径大于或等于 350m 的钢箱拱桥；单孔跨径大于或等于 400m 的斜拉桥；单孔跨径大于或等于 1000m 的悬索桥	√		

续表 14

评估指标		总体风险等级		说明
主控因素类型	因素描述	重大风险 (Ⅳ级)	较大风险 (Ⅲ级)	
建设规模	桥面高度大于 100m	√		指桥面与地面、最低水位或桥下线路路面的高差
	含 100m 及以上索塔施工	√		
	含 40m 及以上墩柱施工		√	
地质水文条件	不良地质灾害多发区域（包括岩溶、滑坡、泥石流、采空区、尾矿库、强震区、雪崩区、水库坍岸区等）	√		
	有深水基础，且基础处水深大于 30m	√		
气候环境条件	极端气候（台风、暴雨、洪水、雷击等）事件高发区域		√	
	五级以上大风的年平均日数大于 100d		√	
地形地貌	4000m 以上山地或高原区	√		
	3000~4000m 山地或高原区		√	
桥位特征	上跨运营高速公路、城市快速路、干线铁路、城市轨道交通、Ⅱ级以上航道	√		
	下穿运营高速公路、城市快速路、干线铁路，城市轨道交通		√	
	上跨运营一、二级公路，支线铁路，通航等级Ⅲ~Ⅴ级航道		√	
施工技术	主体结构为国内首次应用新结构、新技术、新工艺或新设备		√	
交通干扰	边施工边通车、日交通量大于 30000 辆（折算小客车）		√	

4.3 指标体系法

4.3.1 高速公路改扩建桥梁施工安全总体风险评估的指标体系的要求如下：

- 1) 指标体系应包括建设规模、地质水文条件、气候环境条件、地形地貌、桥位特征和施工技术 6 个一级指标，可视具体施工情况增加其他不定因素为一级指标，并应说明不定因素的类型及分级；
- 2) 应根据具体工程情况选择合适的二级指标，所选指标应具全面性和代表性；
- 3) 每个一级指标应至少设置 1 个二级指标；二级指标总数不宜超过 10 个，不应超过 13 个且不应少于 5 个；
- 4) 高速公路改扩建桥梁施工安全总体风险评估的指标可参考表 15 选取。

表 15 高速公路改扩建桥梁施工安全总体风险评估指标体系

一级指标	二级指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系数 (γ_{ij})	评估分值 (X_{ij})	说明
			分值范围	取值			
建设规模 X_1	最大单孔跨径 X_{11}	$\geq 150\text{m}$	[66,100]	R_{11}	γ_{11}	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	当地该桥型建设经验及水平高者可低限取值
		40~150m	[33,66)				
		$< 40\text{m}$	[0,33)				
	桥型 X_{12}	拱桥、斜拉桥、悬索桥	[66,100]	R_{12}	γ_{12}	$X_{12} = R_{12} \times \gamma_{12}$	主要构件采用新型式的高限取值或提高一级取值
		连续钢构、连续梁桥	[33,66)				
		简支梁桥或简支变连续梁桥	[0,33)				
	墩(塔)高 X_{13}	$\geq 100\text{m}$	[66,100]	R_{13}	γ_{13}	$X_{13} = R_{13} \times \gamma_{13}$	当地该桥型建设经验及水平高者可低限取值
		40~100m	[33,66)				
		$< 40\text{m}$	[0,33)				
地质水文条件 X_2	地质条件 X_{21}	不良地质灾害偶发区域(包括岩溶、滑坡、泥石流、采空区、尾矿库、强震区、雪崩区、水库坍岸区等)	[75,100]	R_{21}	γ_{21}	$X_{21} = R_{21} \times \gamma_{21}$	
		软土地层或砂砾地层,影响施工安全及进度	[50,75)				
		存在不良地质,但不频发或存在特殊性岩土,略影响施工安全及进度	[25,50)				
		地质条件较好,基本不影响施工安全及进度	[0,25)				
	水深 X_{22}	$\geq 30\text{m}$	[75,100]	R_{22}	γ_{22}	$X_{22} = R_{22} \times \gamma_{22}$	按照基础处水深取值
		20~30m	[50,75)				
		5~20m	[25,50)				
		$< 5\text{m}$	[0,25)				
气候环境条件 X_3	极端环境条件 X_{31}	极端气候(台风、暴雨、洪水、雷击等)事件多发区域	[50,100]	R_{31}	γ_{31}	$X_{31} = R_{31} \times \gamma_{31}$	施工不在极端气候季节的可以降低取值
		气候环境条件一般,对施工安全影响不显著	[0,50)				
	风力条件 X_{32}	$> 100\text{d}$	[75,100]	R_{32}	γ_{32}	$X_{32} = R_{32} \times \gamma_{32}$	根据五级以上大风的年平均日数划分
		70~100d	[50,75)				
		30~70d	[25,50)				
		$< 30\text{d}$	[0,25)				

续表 15

一级指标	二级指标	分级	基本分值(R_{ij})		权重系数(γ_{ij})	评估分值(X_{ij})	说明
			分值范围	取值			
气候环境条件 X_3	雾日 X_{33}	>50d	[75,100]	R_{33}	γ_{33}	$X_{33} = R_{33} \times \gamma_{33}$	根据年平均能见度小于 1000m 雾日划分
		30~50d	[50,75)				
		15~30d	[25,50)				
		<15d	[0,25)				
	降雨 X_{34}	>1600mm	[75,100]	R_{34}	γ_{34}	$X_{34} = R_{34} \times \gamma_{34}$	根据桥梁所在区域的年平均降雨量确定, 2000mm 以上取 100 分
		1000~1600mm	[50,75)				
		500~1000mm	[25,50)				
		<500mm	[0,25)				
地形地貌 X_4	地形地貌 X_{41}	滩涂或海上	[75,100]	R_{41}	γ_{41}	$X_{41} = R_{41} \times \gamma_{41}$	应结合勘察资料综合判定; 峡谷、山间盆地、山口等险要区域高限取值
		3000m 以上山地区	[50,75)				
		盆地区、3000m 以下高原区	[25,50)				
		平原、丘陵区	[0,25)				
桥位特征 X_5	跨江、河、海湾 X_{51}	通航等级 I~III 级	[75,100]	R_{51}	γ_{51}	$X_{51} = R_{51} \times \gamma_{51}$	封航施工可降低取值
		通航等级 IV~VI 级	[50,75)				
		通航等级 VI~VII 级	[25,50)				
		通航等级等外或不通航	[0,25)				
	跨公路、铁路、城市道路 X_{52}	上跨运营高速公路、城市快速路、干线铁路、城市轨道交通	[75,100]	R_{52}	γ_{52}	$X_{52} = R_{52} \times \gamma_{52}$	封闭施工可降低取值
		上跨运营一、二级公路, 支线铁路, 或下穿运营高速公路、城市快速路、干线铁路、城市轨道交通	[50,75)				
		上跨运营三、四级公路, 城市次干路, 或下穿运营一、二级公路, 支线铁路等	[25,50)				
		等外公路、支路及其他, 或存在施工期道路交叉	[0,25)				
	其他 X_{53}	临近或穿越石油、天然气管线	[0,100]	R_{53}	γ_{53}	$X_{53} = R_{53} \times \gamma_{53}$	依据相对距离综合考虑
		临近高压线	[0,100]				
		临堤、跨堤	[0,100]				
		大坝下游	[0,100]				
	防台、避风锚地 X_{54}	防台、避风锚地差, 距离施工区域大于 30 海里	[75,100]	R_{54}	γ_{54}	$X_{54} = R_{54} \times \gamma_{54}$	根据锚地掩护程度、地质、水文条件及施工船舶的性能综合判断
		防台、避风锚地差, 距离施工区域小于 30 海里	[50,75)				
		防台、避风锚地好, 距离施工区域大于 30 海里	[25,50)				
		防台、避风锚地好, 距离施工区域小于 30 海里	[0,25)				

续表 15

一级指标	二级指标	分级	基本分值(R_{ij})		权重系数(γ_{ij})	评估分值 X_{ij}	说明
			分值范围	取值			
施工技术 X_6	工艺成熟度 X_{61}	新技术、新工艺、新设备省内首次应用	[66,100]	R_{61}	γ_{61}	$X_{61} = R_{61} \times \gamma_{61}$	考虑施工企业的工程经验
		新技术、新工艺、新设备省内已开展多次使用	[33,66)				
		施工工艺成熟, 省内普遍应用	[0,33)				
	施工工艺复杂程度 X_{62}	施工工艺中工序较多, 且工序转换或交叉作业频繁	[75,100]	R_{62}	γ_{62}	$X_{62} = R_{62} \times \gamma_{62}$	考虑施工期间交叉作业或其他工程同时作业
		施工工艺较多, 但没有较多的工序转换或交叉作业不频繁	[50,75)				
		施工工艺较简单	[0,50)				
拆除方案 X_7	拆除规模 X_{71}	桥梁上部结构, 分段多次拆除	[50,100]	R_{71}	γ_{71}	$X_{71} = R_{71} \times \gamma_{71}$	拆除时间跨度越长, 越不稳定
		桥梁上部结构, 一次拆除完成	[0,50)				
	拆除类型 X_{72}	爆破拆除	[75,100]	R_{72}	γ_{72}	$X_{72} = R_{72} \times \gamma_{72}$	
		炮头机破碎	[50,75)				
交通组织 X_8	施工工期 X_{81}	超过 6 个月	[75,100]	R_{81}	γ_{81}	$X_{81} = R_{81} \times \gamma_{81}$	根据加宽类型与交通组织方式确定的施工工期
		3~6 个月	[50,75)				
		1~3 个月	[25,50)				
		小于 1 个月	[0,25)				
	加宽类型 X_{82}	仅封闭单向部分车道	[75,100]	R_{82}	γ_{82}	$X_{82} = R_{82} \times \gamma_{82}$	
		全封闭单向通车路段且通车路段与施工区域无中央分隔带	[50,75)				
		全封闭单向通车路段, 且通车路段与施工区域有中央分隔带	[25,50)				
		全封闭双向通车路段	[0,25)				
	交通量 X_{83}	日交通量大于 50000 辆	[75,100]	R_{83}	γ_{83}	$X_{83} = R_{83} \times \gamma_{83}$	换算的当量交通流量
		日交通量 30000~50000 辆	[50,75)				
		日交通量小于 30000 辆	[0,50)				

4.3.2 表 15 中各评估指标的权重系数/可综合运用多种赋权方法进行确定，宜采用“按评估指标重要性排序确定权重取值法”，计算公式如式（1）所示。

$$\gamma = \frac{2n - 2m + 1}{n^2} \tag{1}$$

式中：

- γ ——权重系数；
- n ——评估指标（重要指标）项数；
- m ——重要性排序号， $m \leq n$ 。

4.3.3 高速公路改扩建桥梁施工安全总体风险分值应按式（2）、式（3）计算确定：

$$R = \sum X_{ij} \tag{2}$$

$$X_{ij} = R_{ij} \times \gamma_{ij} \tag{3}$$

式中：

- R ——高速公路改扩建桥梁施工安全总体风险分值；
 - X_{ij} ——第 i 类第 j 项评估指标的加权风险分值；
 - R_{ij} ——第 i 类第 j 项评估指标的风险分值；
 - γ_{ij} ——第 i 类第 j 项评估指标的权重系数；
 - i ——1, 2, …, 7, 8；
 - j ——1, 2, …, n_i ； n_i 为第 i 类一级指标包括的二级指标的数量。
- 计算得出 R 值后，应对照表 16 确定高速公路改扩建桥梁施工安全总体风险等级。

表 16 高速公路改扩建桥梁施工安全总体风险分级标准

风险等级	R
重大风险（Ⅳ级）	$R \geq 60$
较大风险（Ⅲ级）	$45 \leq R < 60$
一般风险（Ⅱ级）	$30 \leq R < 45$
低风险（Ⅰ级）	$R < 30$

4.4 风险控制

- 4.4.1 总体风险的风险控制应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定。
- 4.4.2 应根据高速公路改扩建桥梁施工安全总体风险等级，从指导施工单位选择、安全生产策划方案及施工组织设计编制等方面提出风险控制措施建议。
- 4.4.3 指导安全生产策划方案时，应提出对安全管理力量投入、安全专项资金配置、教育培训计划、应急演练计划等的风险控制建议。
- 4.4.4 指导施工组织设计时，应提出对资源配置、进度计划及安全技术保障措施的建议。

5 专项风险评估

5.1 一般要求

高速公路改扩建桥梁施工安全专项风险评估的流程及开展时机应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定。

5.2 风险辨识与风险分析

5.2.1 风险辨识与风险分析的流程应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定。

5.2.2 施工队伍素质和管理制度调查除应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定外，还应包括安全生产方针、目标、策划方案等安全管理措施。

5.2.3 具体改扩建桥梁工程的施工作业程序分解应根据生产或经营区域、分部分项工程、作业环节、作业工艺及程序等建立各分项工程的作业活动清单；施工工艺简单的分项工程可作为待评作业活动列入清单。

5.2.4 风险事件辨识应通过现场调查、评估小组讨论、同类工程事故分析、专家咨询等方式，分析作业活动中可能发生的典型风险事件类型，并形成风险事件清单（表 17）。常见施工作业及典型风险事件类型可参考附录 A。

表 17 高速公路改扩建桥梁施工安全风险事件清单

序号	分项工程	作业活动	风险事件		判断依据
1	分项工程 1	作业活动 1	施工安全	风险事件 1	
				风险事件 2	
					
			交通安全	风险事件 1	
					
			施工对交通安全的影响	.....	
			交通对施工安全的影响	.....	
N	分项工程 1	作业活动 N	施工安全	风险事件 1	
					
			交通安全	.....	
			施工对交通安全的影响	.....	
N+1	分项工程 2	作业活动 1	施工安全	风险事件 1	
					
					
.....					
注 1：分项工程 2 示意一种施工工艺简单的分项工程，作为待评作业活动列入清单； 注 2：判断依据可为现场调查的实际数据，同类工程事故、评估小组或专家的经验等					

5.2.5 致险因素分析主要考虑人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全条件、管理上的缺陷，可分为以下几类因素：

- 1) 人的因素有从业人员安全意识、安全与应急技能、安全行为或状态等；
- 2) 设施设备因素有基础设施、机械设备、工作场所的可靠性、个人防护等；
- 3) 环境因素有气候环境条件、地质水文条件、周边环境等；
- 4) 管理因素有安全生产的管理机构和工作机制、安全生产管理制度的合规和完备性，施工技术的先进适用性、安全文化等。

风险辨识与风险分析的结果应填入表 18。

表 18 高速公路改扩建桥梁施工安全风险辨识与风险分析表

		致险因素												风险事件后果类型					
作业活动	风险事件	人的因素			设施设备因素				环境因素			管理因素				受伤人员类型	人员伤亡	直接经济损失	
		安全意识	安全应急响应技能	安全行为或状态	基础设施	机械设备	工作场所	个人防护	气候环境	地质水文	周边环境	管理机构与机制	安全生产管理制度	施工技术	安全文化				
作业活动 1	施工安全	风险事件 1																	
		风险事件 2																	
																			
	交通安全	.....																	
	施工对交通安全的影响	.....																	
.....	施工安全	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
		风险事件 1																	
		风险事件 2																	
	交通安全	.....																	
	施工对交通安全的影响	.....																	
作业活动 N	施工安全	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
		风险事件 1																	
		风险事件 2																	
	交通安全	.....																	
	施工对交通安全的影响	.....																	
.....																			

5.3 风险估测

- 5.3.1 高速公路改扩建桥梁工程常见重大作业活动清单可参考附录 B。
- 5.3.2 应针对风险辨识与风险分析的结果（表 18）中不符合附录 B 的作业活动进行一般作业活动风险估测，宜使用 LEC 法对各项作业活动中每项风险事件分别进行估测。应按表 19 汇总一般作业活动风险估测结论。

表 19 高速公路改扩建桥梁工程一般作业活动风险估测汇总表

一般作业活动	风险事件	风险等级	理由
一般作业活动 1	风险事件 1		
	风险事件 2		
			
.....			
一般作业活动 N	风险事件 1		
	风险事件 2		
			
注：应在理由一栏说明评估过程及取值依据等			

5.3.3 重大作业活动风险估测应针对待评改扩建桥梁工程符合附录 B 的作业活动及一般作业活动风险估测中较大以上的风险事件进行。重大作业活动风险估测宜采用定量方法。事故可能性的估测方法宜采用指标体系法，也可使用结构可靠度计算等方法。后果严重程度的估测方法可采用专家调查法进行定性评估，也可定量计算并根据本指南第 1 部分通用要求的相关规定定级。

5.3.4 采用指标体系法时，按如下流程建立重大作业活动中每项风险事件的可能性评估指标体系，如表 20 所示例：

- 1) 应根据风险事件的特点选择可能性评估指标体系的一级指标，可参考附录 C；
- 2) 应根据表 17 辨识出的各风险事件的致险因素，在附录 D 的可能性评估指标库中筛选或自行创建合适的二级指标，二级指标总数不宜超过 10 个，不应超过 13 个且不应少于 5 个；
- 3) 应按照本指南第二部分 4.3 条的相关规定确定各评估指标的权重系数。

5.3.5 桥梁工程施工作业活动本身常见的重大作业活动包括：

- 陆上桩基施工（主要适合于临近通车路段桩基）；
- 水上桩基施工；
- 水上承台施工；
- 陆上基坑施工（主要适合于临近通车路段基坑开挖）；
- 墩柱施工；
- 梁板吊装施工；
- 架桥机安装施工；
- 挂篮悬臂浇筑施工；
- 悬臂拼装施工；
- 顶推施工；
- 支架现浇施工；
- 桥梁拆除施工。

推荐事故可能性指标体系见附录 F。

5.3.6 应结合工程资料收集整理、施工现场地质水文条件和环境条件调查、施工队伍素质和管理

制度调查等得到的数据，采用现场调查、文献调研、评估小组讨论、专家咨询等方式进行指标取值。

5.3.7 重大作业活动特定风险事件的事故可能性分值 P 应按式（4）、式（5）计算。

$$P = \sum Y_{ij} \tag{4}$$

$$Y_{ij} = P_{ij} \times \gamma_{ij} \tag{5}$$

式中：

- P ——某作业活动特定风险事件事故可能性分值；
- Y_{ij} ——第 i 类第 j 项评估指标的加权事故可能性分值；
- P_{ij} ——第 i 类第 j 项评估指标的事故可能性分值；
- γ_{ij} ——第 i 类第 j 项评估指标的权重系数；
- i ——1, 2, …… , m ; m 为一级指标的数量；
- j ——1, 2, …… , n_i ; n_i 为第 i 类一级指标包括的二级指标的数量。

表 20 事故可能性评估指标体系示例

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值（ P_{ij} ）		权重系数 （ γ_{ij} ）	评估分值（ Y_{ij} ）	理由
			分值范围	取值			
分类 Y_1	指标 Y_{11}		[75,100]	P_{11}	γ_{11}	$Y_{11} = P_{11} \times \gamma_{11}$	
			[50,75)				
			[25,50)				
			[0,25)				
	指标 Y_{12}		[75,100]	P_{12}	γ_{12}	$Y_{12} = P_{12} \times \gamma_{12}$	
			[50,75)				
			[0,50)				
	……	……	……	……	……	……	……
分类 Y_2	指标 Y_{21}		[75,100]	P_{21}	γ_{21}	$Y_{21} = P_{21} \times \gamma_{21}$	
			[50,75)				
			[25,50)				
			[0,25)				
	指标 Y_{22}		[50,100]	P_{22}	γ_{22}	$Y_{22} = P_{22} \times \gamma_{22}$	
			[0,50)				
	指标 Y_{23}		[75,100]	P_{23}	γ_{23}	$Y_{23} = P_{23} \times \gamma_{23}$	
			[50,75)				
			[0,50)				
……	……	……	……	……	……	……	……
……	……	……	……	……	……	……	……
……	……	……	……	……	……	……	……
分类 Y_n	指标 Y_{n1}		[75,100]	P_{n1}	γ_{n1}	$Y_{n1} = P_{n1} \times \gamma_{n1}$	
			[50,75)				
			[0,50)				
	指标 Y_{n2}		[75,100]	P_{n2}	γ_{n2}	$Y_{n2} = P_{n2} \times \gamma_{n2}$	
			[50,75)				
			[25,50)				
			[0,25)				
	……	……	……	……	……	……	……
注：应在理由一栏说明取值依据							

- 5.3.8 计算得出 P 值后，应对照表 21 确定重大作业活动事故可能性等级。
- 5.3.9 应按照本指南第 1 部分规定的风险事件可能性等级标准、后果严重程度等级标准评定各风险事件的可能性等级及后果严重程度等级。可采用风险矩阵法确定风险等级。风险矩阵法如表 22 所示，其中，较大风险（Ⅲ级）细分为Ⅲ.1 和Ⅲ.2。
- 5.3.10 重大作业活动风险估测完成后，应按表 23 汇总重大作业活动风险估测结论。
- 5.3.11 应将高速公路改扩建桥梁施工安全专项风险评估的风险等级用不同颜色在施工形象进度图中标识出来，形成施工安全风险分布图，并附在评估报告中。每个部位应取其全部作业活动中风险等级最高的风险事件所对应的颜色，并注明该作业活动及风险事件。

表 21 重大作业活动事故可能性等级标准

概率等级描述	概率等级	P
很可能	5	$P>60$
可能	4	$45<P\leq 60$
偶然	3	$30<P\leq 45$
可能性很小	2	$15<P\leq 30$
几乎不可能	1	$0<P\leq 15$

表 22 重大作业活动专项风险评估风险矩阵法

风险等级			严重程度				
			小	一般	较大	重大	特大
			1	2	3	4	5
可能性	几乎不可能	1	低风险（Ⅰ级）	低风险（Ⅰ级）	低风险（Ⅰ级）	一般风险（Ⅱ级）	一般风险（Ⅱ级）
	可能性很小	2	低风险（Ⅰ级）	低风险（Ⅰ级）	一般风险（Ⅱ级）	一般风险（Ⅱ级）	较大风险（Ⅲ.1）
	偶然	3	低风险（Ⅰ级）	一般风险（Ⅱ级）	一般风险（Ⅱ级）	较大风险（Ⅲ.1）	较大风险（Ⅲ.2）
	可能	4	一般风险（Ⅱ级）	一般风险（Ⅱ级）	较大风险（Ⅲ.1）	较大风险（Ⅲ.2）	重大风险（Ⅳ级）
	很可能	5	一般风险（Ⅱ级）	较大风险（Ⅲ.1）	较大风险（Ⅲ.2）	重大风险（Ⅳ级）	重大风险（Ⅳ级）
注：采用 RGB 赋值法对代表相应风险级别的颜色予以确定，Ⅳ级为红色（255，0，0），Ⅲ.2 级为橙红（255，80，0），Ⅲ.1 级为橙色（255，165，0），Ⅱ级为黄色（255，255，0），Ⅰ级为蓝色（0，0，255）							

表 23 高速公路改扩建桥梁工程重大作业活动风险等级汇总表

重大作业活动	风险事件	风险事件可能性等级	风险事件后果严重程度				风险等级	评估理由
			人员伤亡	直接经济损失	.....	风险事件后果严重程度等级		
重大作业活动 1	风险事件 1							
	风险事件 2							
								
.....								

续表 23

重大作业活动	风险事件	风险事件可能性等级	风险事件后果严重程度				风险等级	评估理由
			人员伤亡	直接经济损失	.....	风险事件后果严重程度等级		
重大作业活动 N	风险事件 1							
	风险事件 2							
								
注：评估理由应填写计算对应章节或表格								

5.4 风险控制

5.4.1 风险控制应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定。

5.4.2 应针对每项较大及以上风险事件，分析找出导致较大或重大风险的关键指标，提出有针对性并与所在作业活动、致险因素相适宜的风险控制措施建议。

5.4.3 重大风险应由施工单位编制重大风险管控方案。重大风险管控方案应包括以下内容：

- 1) 重大风险基础信息，包括地理位置、危险特性、影响范围以及可能发生的事故及后果等；
- 2) 重大风险管控的目标及考核方法；
- 3) 重大风险管控责任人，实施风险控制措施的人员责任分工；
- 4) 该风险的防控措施，包括导致重大风险的关键指标及针对性的措施，其他风险控制措施，如各项技术措施、管理措施、教育培训、安全警示、风险告知等措施；应明确风险控制措施的实施优先次序和执行时间表；
- 5) 该风险的应急处置，包括专项应急措施、应急培训和演练方案等；
- 6) 该风险的监测监控，包括监控指标、监控方法、监控周期、预警标准、负责人等；
- 7) 重大风险管控的资源需求及投入情况；
- 8) 重大风险的评估改进计划。

5.5 风险控制预期效果评价

5.5.1 风险控制预期效果评价应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定。

5.5.2 对风险控制措施落实情况的确认证价应由施工单位组织，并应由监理单位、业主单位、风险评估单位代表共同评价。重大工程宜邀请业内专家共同评价。

5.5.3 采取风险控制措施后预期风险的评价应组织专家对典型施工或首件制的资料和现场进行考察，在此基础上评定采取措施后预期风险的等级。

6 风险评估报告

6.0.1 风险评估报告应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定。

6.0.2 风险评估报告中，采用指标体系法评估时应写明各项指标的选择依据及取值依据，采用专家调查法评估时应列出专家调查的原始记录。

6.0.3 采用指标体系法评估时，风险评估报告评审的内容应包括评估流程、报告的规范性，每个指标体系的完整性、指标的适当性、权重及取值的合理性、后果严重程度的合理性等，最终应得到总体结论。专家个人评审意见表可参考附录 E，并应附在风险评估报告后归档。

第 3 部分：隧道工程

高速公路改扩建隧道工程施工安全风险评估应符合《公路水运工程施工安全风险评估指南》JT/T 1375 成套标准的要求。

第 4 部分：边坡工程

1 范围

本文件规定了高速公路改扩建边坡工程施工安全总体风险评估、专项风险评估、风险评估报告编制的要求。

本文件适用于高速公路改扩建边坡工程的施工安全风险评估，其他公路改扩建边坡工程可参照使用。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 总体风险评估

3.1 一般要求

3.1.1 高速公路改扩建边坡工程应在开工前完成施工安全总体风险评估。

3.1.2 总体风险评估宜采用专家调查法或指标体系法。采用专家调查法和指标体系法时，评估流程应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定。

3.2 指标体系法

3.2.1 高速公路改扩建边坡施工安全总体风险评估的指标体系的要求如下：

- 1) 指标体系应包括建设规模、地质条件、诱发因素、施工环境、资料完整性、路段既有交通环境和交通组织方案 7 个一级指标，可视具体施工情况增加其他不定因素为一级指标，并应说明不定因素的类型及分级；
- 2) 应根据具体工程情况选择合适的二级指标，所选指标应具全面性和代表性；
- 3) 每个一级指标应至少设置 1 个二级指标；二级指标总数不宜超过 10 个，不应超过 13 个且不应少于 5 个；
- 4) 高速公路改扩建边坡施工安全总体风险评估的指标可参考表 24 选取。

表 24 高速公路改扩建边坡工程施工安全总体风险评估指标体系

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值（ R_{ij} ）		权重 系数 （ γ_{ij} ）	评估分值（ X_{ij} ）	说明
			分值范围	取值			
建设 规模 X_1	边坡 高度 X_{11}	土质边坡 $H \geq 40\text{m}$ ，岩质边坡 $H \geq 60\text{m}$	[75,100]	R_{11}	γ_{11}	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	(1) 土质边坡 $H \geq 60\text{m}$ 、岩质边坡 $H \geq 80\text{m}$ 时，基本分值确定为 100，其他分值可按高度线性内插计算取值

续表 24

一级 指标	二级 指标	分级		基本分值（ R_{ij} ）		权重 系数 （ γ_{ij} ）	评估分值（ X_{ij} ）	说明
				分值范围	取值			
建设 规模 X_1	边坡 高度 X_{11}	土质边坡 $30\text{m}\leq H<40\text{m}$ ，岩 质边坡 $40\text{m}\leq H<60\text{m}$		[50,75)	R_{11}	γ_{11}	$X_{11}=R_{11}\times\gamma_{11}$	(2) 在每一档分值给 定时，当单级坡（两 碎落台间距）土质边 坡 $h\geq 12\text{m}$ 、岩质边 坡 $h\geq 15\text{m}$ 时取大 值；当单级土质边坡 $h\leq 6\text{m}$ 、岩质边坡 h $\leq 8\text{m}$ 时取小值；当单 级土质边坡高度 $h=$ 8m 、岩质边坡 $h=$ 10m 时，取中间值。 其他情况按分级高度 线性内插 (3) 当用上述两种标 准给定分值不一时， 采用大值
		土质边坡 $20\text{m}\leq H<30\text{m}$ ，岩 质边坡 $30\text{m}\leq H<40\text{m}$		[25,50)				
		土质边坡 $H<20\text{m}$ ，岩质边 坡 $H<30\text{m}$		[0,25)				
	坡形 坡率 X_{12}	路堑边坡超过所在自然斜坡 比拟坡度值 $\Delta\alpha\geq 15^\circ$		[75,100]	R_{12}	γ_{12}	$X_{12}=R_{12}\times\gamma_{12}$	
		$10^\circ\leq\Delta\alpha<15^\circ$		[50,75)				
		$5^\circ\leq\Delta\alpha<10^\circ$		[25,50)				
		$\Delta\alpha<5^\circ$		[0,25)				
地质 条件 X_2	地层 岩性 X_{21}	易滑及软弱地层		[75,100]	R_{21}	γ_{21}	$X_{21}=R_{21}\times\gamma_{21}$	易滑及软弱地层，是 指煤系地层岩组、泥 质岩岩组（泥质粉砂 岩、砂质泥岩、泥 岩、泥灰岩、页岩 等）、残积层、第四 系重力堆积层；基 岩，是指除去“易滑 及软弱地层”的基 岩；地层分布复杂者 取大值；反之，取 小值
		全风化层基岩		[50,75)				
		强风化层基岩		[25,50)				
		弱风化层基岩		[0,25)				
	坡体 结构 X_{22}	坡体中存在顺坡向 缓倾的软弱结构面 或组合体	贯通	[75,100]	R_{22}	γ_{22}	$X_{22}=R_{22}\times\gamma_{22}$	根据结构面贯通性和 发育程度取值。缓倾 的软弱结构面是指结 构面的倾角小于路堑 边坡坡角。结构面及 其组合面的倾向与边 坡倾向之间的夹角 $\beta=0^\circ$ 取大值， $\beta=45^\circ$ 取中间值， $\beta=60^\circ$ 取 小值，其他的值建议 用线性内插法确定
			不贯通	[50,75)				
		坡体中存在顺坡向 缓倾的硬性结构面 或组合体	贯通					
			不贯通					
		坡体中存在其他方向的结 构面，且贯通和发育		[25,50)				
	坡体中其他方向的结构面， 不贯通，不发育		[0,25)					

续表 24

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	评估分值 (X_{ij})	说明
			分值范围	取值			
地质 条件 X_2	地下水 X_{23}	边坡下部 0.25H 范围内有地下水出露, 且无排水措施	[75, 100]	R_{23}	γ_{23}	$X_{23} = R_{23} \times \gamma_{23}$	根据地下水的分布范围和地下水的类型及边坡体的储水构造确定。 基岩承压水取大值、基岩裂隙和土层孔隙潜水取小值
		边坡中下部 (0.25~0.5) H 范围内有地下水, 且无排水措施	[50, 75)				
		边坡中上部 (0.5~0.75) H 范围内有地下水, 且无排水措施	[25, 50)				
		边坡上部 (0.75~1.0) H 范围内有地下水, 且无排水措施	[0, 25)				
诱发 因素 X_3	施工 季节 X_{31}	雨季施工, 施工周期内出现暴雨; 或施工地区过去 5 年内年均降雨超过 800mm	[75, 100]	R_{31}	γ_{31}	$X_{31} = R_{31} \times \gamma_{31}$	根据边坡所在区域的降雨等级进行确定。如没有过去 5 年内年均降雨量资料, 可用当地的年降雨资料代替。5 年内年均降雨超过 1000mm, 分值为 100, 其他分值可按实际值线性内插取值
		雨季施工, 施工周期内出现大雨; 或施工地区过去 5 年内年均降雨 600~800mm	[50, 75)				
		雨季施工, 施工周期内出现中雨; 或施工地区过去 5 年内年均降雨 300~600mm	[25, 50)				
		旱季施工; 施工周期内出现小雨或不降雨; 或施工地区过去 5 年内年均降雨不超过 300mm	[0, 25)				
	自然 灾害 的影 响 X_{32}	自然灾害频繁发生	[75, 100]	R_{32}	γ_{32}	$X_{32} = R_{32} \times \gamma_{32}$	自然灾害指施工区域暴雨、洪水、泥石流、崩塌、滑坡等, 自然灾害发育季节施工取大值
		自然灾害多发	[50, 75)				
		自然灾害偶发	[25, 50)				
		自然灾害很少	[0, 25)				
施工 环境 X_4	工程 措施 类型 X_{41}	抗滑桩	[75, 100]	R_{41}	γ_{41}	$X_{41} = R_{41} \times \gamma_{41}$	本指标只考虑边坡处治采用单一的工程措施。一个边坡采用多种工程措施时, 取施工难度较大的工程措施对应的分值, 并酌情提高取值
		锚固工程	[50, 75)				
		注浆类工程	[25, 50)				
		挡土墙工程	[0, 25)				

续表 24

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	评估分值 (X_{ij})	说明
			分值范围	取值			
施工环境 X_4	周边环境 X_{42}	在坡顶开挖线以外 $0.5H$ 、路基下方 $1.0H$ 范围内有地表建筑物、地下埋藏物、高压线塔、水体设施	[75,100]	R_{42}	γ_{42}	$X_{42} = R_{42} \times \gamma_{42}$	上边坡为土质、岩层产状顺层的边坡取大值；岩质边坡岩层产状反倾的边坡取小值。下边坡位于沟谷地带、地形较陡的、有河流水体的取大值；反之，取小值。如果上下自然边坡高陡，虽离路堑边坡水平距离较大，但也受到影响的，也应酌情提高打分
		在坡顶开挖线以外 $1.0H$ 、路基下方 $1.5H$ 范围内有地表建筑物、地下埋藏物、高压线塔、水体设施	[50,75)				
		在坡顶开挖线以外 $1.5H$ 、路基下方 $2.0H$ 范围内有地表建筑物、地下埋藏物、高压线塔、水体等设施	[25,50)				
		设施位于上述范围以外	[0,25)				
资料完整性 X_5	地质资料 X_{51}	每个高边坡工点有一个或没有勘察断面，每个断面仅有 1 个或没有勘探点（钻探、挖探、物探）	[75,100]	R_{51}	γ_{51}	$X_{51} = R_{51} \times \gamma_{51}$	对地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件调查分析清楚，岩土计算参数选取依据充分的取小值；调查分析不太清楚、依据欠充分的取小值；缺乏调查分析，无依据的分数提高一档打分，最高分为 100
		每个高边坡工点至少有一个勘察断面，每个断面有 2 个勘探点（钻探、挖探、物探）	[50,75)				
		每个高边坡工点至少有一个勘察断面，每个断面有 3 个勘探点（钻探、挖探、物探）	[25,50)				
		每个高边坡工点至少有一个勘察断面，每个断面至少有 3 个钻探和挖探点	[0,25)				
	设计文件 X_{52}	一坡一图一说明图件不完整	[75,100]	R_{52}	γ_{52}	$X_{52} = R_{52} \times \gamma_{52}$	完整的图件包括平面图、立面图、断面图、结构图及大样图等
		一坡一图一说明图件完整	[50,75)				
		一坡一图一说明图件完整，有计算参数，有边坡破坏力大小（如滑坡推力），有破裂面位置	[25,50)				
		一坡一图一说明图件完整，有计算参数，有边坡破坏力大小（如滑坡推力），有破裂面位置，有工程措施的抗滑力（如抗滑桩的抗滑力）	[0,25)				

续表 24

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	评估分值 (X_{ij})	说明
			分值范围	取值			
路段既有交通环境 X_6	公路现状服务水平 X_{61}	四级及以上服务水平	[75,100]	R_{61}	γ_{61}	$X_{61} = R_{61} \times \gamma_{61}$	服务水平达到四级及以上后, 车辆运行明显受到交通流内其他车辆的相互影响, 速度和驾驶的自由度受到明显限制。可根据现行《公路路线设计规范》JTG D20 进行相关计算
		三级服务水平	[50,75)				
		二级服务水平	[25,50)				
		一级服务水平	[0,25)				
	大型车比例 X_{62}	超过 30%	[75,100]	R_{62}	γ_{62}	$X_{62} = R_{62} \times \gamma_{62}$	混合车流中的大中型车和特大型车由于速度较慢, 它们在交通流中的比例越大, 对小型车的运行速度的影响就相应增加。超过 50%取值 100 分
		20%~30%	[50,75)				
		10%~20%	[25,50)				
		小于 10%	[0,25)				
	交通管制区域位置 X_{63}	位于隧道洞口或交通交织区前后 500m 范围内	[75,100]	R_{63}	γ_{63}	$X_{63} = R_{63} \times \gamma_{63}$	交通管制区域, 位于隧道洞口或匝道前后 200m 范围内取值 100 分, 离隧道洞口或匝道前后超过 3000m 后, 可取 0 分
		离隧道洞口或交通交织区前后 500~1000m	[50,75)				
		离隧道洞口或交通交织区前后 1000~2000m	[25,50)				
		位于隧道洞口或交通交织区前后 2000~3000m	[0,25)				
	路网分流条件 X_{64}	路网分流条件较困难	[50,100]	R_{64}	γ_{64}	$X_{64} = R_{64} \times \gamma_{64}$	综合考虑可供路网分流的道路等级、交通组织区和通行能力
		路网分流条件较好	[0,50)				
	路段平均纵坡情况 X_{65}	3%	[75,100]	R_{65}	γ_{65}	$X_{65} = R_{65} \times \gamma_{65}$	考虑施工区域前方 2km 的平均纵坡, 超过 4%取 100 分
		2%~3%	[50,75)				
		1%~2%	[25,50)				
		小于 1%	[0,25)				
	路段圆曲线半径 X_{66}	小于 700m	[66,100]	R_{66}	γ_{66}	$X_{66} = R_{66} \times \gamma_{66}$	考虑施工区域前方 2km 最小圆曲线半径, 根据现行《公路路线设计规范》JTG D20, 1000m 为 120km/h 设计速度对应的圆曲线最小半径(一般值), 700m 为 100km/h 对应的圆曲线最小半径(一般值)
		700~1000m	[33,66)				
		大于 1000m	[0,33)				

续表 24

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值（ R_{ij} ）		权重 系数 （ γ_{ij} ）	评估分值（ X_{ij} ）	说明
			分值范围	取值			
交通组织 X_7	施工 工期 X_{71}	超过 6 个月	[75,100]	R_{71}	γ_{71}	$X_{71} = R_{71} \times \gamma_{71}$	
		3~6 个月	[50,75)				
		1~3 个月	[25,50)				
		小于 1 个月	[0,25)				
	加宽 类型 X_{72}	仅封闭单向部分车道	[75,100]	R_{72}	γ_{72}	$X_{72} = R_{72} \times \gamma_{72}$	根据加宽类型与交通组织方式确定的施工工期
		全封闭单向通车路段且通车路段与施工区域无中央分隔带	[50,75)				
		全封闭单向通车路段，且通车路段与施工区域有中央分隔带	[25,50)				
		全封闭双向通车路段	[0,25)				
	交通量 X_{73}	日交通量大于 50000 辆	[75,100]	R_{73}	γ_{73}	$X_{73} = R_{73} \times \gamma_{73}$	换算的当量交通流量
		日交通量 30000~50000 辆	[50,75)				
		日交通量小于 30000 辆	[0,50)				

3.2.2 路堑高边坡工程施工安全总体风险大小计算见式（6）、式（7）：

$$F = \sum X_{ij} \tag{6}$$

$$X_{ij} = R_{ij} \times \gamma_{ij} \tag{7}$$

其中， X_{ij} ——第 i 类第 j 项评估指标的加权风险分值，
 i ——1，2，……，7；
 j ——1，2，……， n_i ； n_i 为第 i 类一级指标包括的二级指标的数量。

3.2.3 计算得到总体风险值 F 后，对照表 25 确定路堑高边坡工程施工安全总体风险等级。

表 25 路堑高边坡工程施工安全总体风险分级标准

风险等级	计算分值 F
等级Ⅳ（重大风险）	$F > 60$
等级Ⅲ（较大风险）	$45 < F \leq 60$
等级Ⅱ（一般风险）	$30 < F \leq 45$
Ⅰ级（低风险）	$F \leq 30$

3.2.4 总体风险等级在Ⅲ级（较大风险）及以上或总体风险评估中单一指标影响过大的路堑高边坡工程，应纳入专项风险评估范围。

3.3 风险控制

3.3.1 总体风险的风险控制应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定。

3.3.2 应根据高速公路改扩建边坡施工安全总体风险等级，从指导施工单位选择、安全生产策划方案及施工组织设计编制等方面提出风险控制措施建议。

3.3.3 指导安全生产策划方案时，应提出对安全管理力量投入、安全专项资金的配置、教育培训计划、应急演练计划等的风险控制建议。

3.3.4 指导施工组织设计时，应提出对资源配置、进度计划及安全技术保障措施的建议。

4 专项风险评估

4.1 一般要求

高速公路改扩建边坡施工安全专项风险评估的流程及开展时机应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定。

4.2 风险辨识与风险分析

4.2.1 风险辨识与风险分析的流程应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定。

4.2.2 施工队伍素质和管理制度调查除应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定外，还应包括安全生产方针、目标、策划方案等安全管理措施。

4.2.3 具体边坡工程的施工作业程序分解应根据生产或经营区域、分部分项工程、作业环节、作业工艺及程序等建立各分项工程的作业活动清单；施工工艺简单的分项工程可作为待评作业活动列入清单。

4.2.4 风险事件辨识应通过现场调查、评估小组讨论、同类工程事故分析、专家咨询等方式，分析作业活动中可能发生的典型风险事件类型，并形成风险事件清单（表 26）。常见施工作业及典型风险事件类型可参考附录 A。

4.2.5 致险因素分析主要考虑人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全条件、管理上的缺陷，可分为以下几类因素：

- 1) 人的因素有从业人员安全意识、安全与应急技能、安全行为或状态等；
- 2) 设施设备因素有基础设施、机械设备、工作场所的可靠性、个人防护等；
- 3) 环境因素有气候环境条件、地质水文条件、周边环境等；
- 4) 管理因素有安全生产的管理机构和工作机制、安全生产管理制度的合规和完备性，施工技术的先进适用性、安全文化等。

风险辨识与风险分析的结果应填入表 27。

表 26 高速公路改扩建边坡施工安全风险事件清单

序号	作业活动	风险事件	判断依据
1	作业活动 1	风险事件 1	
		风险事件 2	
			
.....			
N	作业活动 N	风险事件 1	
		风险事件 2	
			
.....			

表 27 高速公路改扩建边坡施工安全风险辨识与风险分析表

作业活动	风险事件类型	致险因素		风险事件后果类型			
		物的不安全状态	人的不安全行为	受伤害人员类型	人员伤亡	直接经济损失	
作业活动 1							
作业活动 2							
.....							
作业活动 N							

4.3 风险估测

- 4.3.1 高速公路改扩建边坡工程常见重大作业活动清单可参考附录 G。
- 4.3.2 应针对风险辨识与风险分析的结果（表 27）中不符合附录 G 的作业活动进行一般作业活动风险估测，宜使用 LEC 法对各项作业活动中每项风险事件分别进行估测。应按表 28 汇总一般作业活动风险估测结论。

表 28 高速公路改扩建边坡工程一般作业活动风险估测汇总表

一般作业活动	风险事件	风险等级	理由
一般作业活动 1	风险事件 1		
	风险事件 2		
			
.....			
一般作业活动 N	风险事件 1		
	风险事件 2		
			
注：应在理由一栏说明评估过程及取值依据等			

- 4.3.3 重大作业活动风险估测应针对待评改扩建边坡工程符合附录 G 的作业活动及一般作业活动风险估测中较大以上的风险事件进行。重大作业活动风险估测宜采用定量方法。事故可能性的估测方法宜采用指标体系法，也可使用结构可靠度计算等方法。后果严重程度的估测方法可采用专家调查法进行定性评估，也可定量计算并根据本指南第 1 部分通用要求的相关规定定级。
- 4.3.4 采用指标体系法时，应结合工程资料收集整理、施工现场地质水文条件和环境条件调查、施工队伍素质和管理制度调查等得到的数据，采用现场调查、文献调研、评估小组讨论、专家咨询等方式进行指标取值。
- 4.3.5 重大作业活动特定风险事件的事故可能性分值 P 应按式（8）、式（9）计算。

$$P = \sum Y_{ij} \tag{8}$$

$$Y_{ij} = P_{ij} \times \gamma_{ij} \tag{9}$$

式中：

- P ——某作业活动特定风险事件事故可能性分值；
- Y_{ij} ——第 i 类第 j 项评估指标的加权事故可能性分值；
- P_{ij} ——第 i 类第 j 项评估指标的事故可能性分值；
- γ_{ij} ——第 i 类第 j 项评估指标的权重系数；

i ——1, 2, …, m ; m 为一级指标的数量;
 j ——1, 2, …, n_i ; n_i 为第 i 类一级指标包括的二级指标的数量。

4.3.6 边坡工程施工作业活动本身常见的重大作业活动包括：边坡开挖施工、预应力锚固施工、人工挖孔抗滑桩施工、抗滑挡墙施工、边坡注浆加固施工，其事故可能性指标体系见附录 H。

4.3.7 对照表 29 中风险事件事故可能性等级标准确定各存在风险事件的发生事故的可能性等级。

表 29 风险事件事故可能性等级标准

概率等级描述	概率等级	P
很可能	4	$P>60$
可能	3	$45<P\leq 60$
偶然	2	$30<P\leq 45$
不太可能	1	$P\leq 30$

事故严重程度等级可参照表 30 判定等级。

表 30 事故后果严重程度等级

等级	1	2	3	4
定性描述	一般	较大	重大	特大
人员伤亡	人员死亡（含失踪） 人数 <3 或重伤人数 <10	$3\leq$ 人员死亡（含失踪） 人数 <10 或 $10\leq$ 重伤 人数 <50	$10\leq$ 人员死亡（含失踪） 人数 <30 或 $50\leq$ 重伤人 数 <100	人员死亡（含失 踪）人数 ≥ 30 或 重伤人数 ≥ 100
经济损失/ Z （万元）	$Z<1000$	$1000\leq Z<5000$	$5000\leq Z<10000$	$Z\geq 10000$

根据风险矩阵法，建立风险等级标准见表 31，专项风险等级分为四级：低风险（Ⅰ级）、一般风险（Ⅱ级）、较大风险（Ⅲ级）、重大风险（Ⅳ级）。

表 31 专项风险等级标准

可能性等级		严重程度等级			
		一般	较大	重大	特大
		1	2	3	4
很可能	4	较大风险（Ⅲ级）	较大风险（Ⅲ级）	重大风险（Ⅳ级）	重大风险（Ⅳ级）
可能	3	一般风险（Ⅱ级）	较大风险（Ⅲ级）	较大风险（Ⅲ级）	重大风险（Ⅳ级）
偶然	2	一般风险（Ⅱ级）	一般风险（Ⅱ级）	较大风险（Ⅲ级）	较大风险（Ⅲ级）
不太可能	1	低风险（Ⅰ级）	一般风险（Ⅱ级）	一般风险（Ⅱ级）	较大风险（Ⅲ级）

重大作业活动风险估测完成后，应按表 32 汇总重大作业活动风险估测结论。

表 32 高速公路改扩建边坡工程重大作业活动风险等级汇总表

重大作业活动	风险事件	风险事件 可能性等级	风险事件后果严重程度				风险等级	评估理由
			人员伤亡	直接经 济损失	.....	风险事件后果 严重程度等级		
重大作业活动 1	风险事件 1							
	风险事件 2							
								
.....								

续表 32

重大作业活动	风险事件	风险事件可能性等级	风险事件后果严重程度				风险等级	评估理由
			人员伤亡	直接经济损失	.....	风险事件后果严重程度等级		
重大作业活动 N	风险事件 1							
	风险事件 2							
								
注：评估理由应填写计算对应章节或表格								

4.4 风险控制

- 4.4.1 风险控制应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定。
- 4.4.2 应针对每项较大及以上风险事件，分析找出导致较大或重大风险的关键指标，提出有针对性并与所在作业活动、致险因素相适宜的风险控制措施建议。
- 4.4.3 重大风险应由施工单位编制重大风险管控方案。重大风险管控方案应包括以下内容：
- 1) 重大风险基础信息，包括地理位置、危险特性、影响范围以及可能发生的事故及后果等；
 - 2) 重大风险管控的目标及考核方法；
 - 3) 重大风险管控责任人，实施风险控制措施的人员责任分工；
 - 4) 该风险的防控措施，包括导致重大风险的关键指标及针对性的措施，其他风险控制措施，如各项技术措施、管理措施、教育培训、安全警示、风险告知等措施；应明确风险控制措施的实施优先次序和执行时间表；
 - 5) 该风险的应急处置，包括专项应急措施、应急培训和演练方案等；
 - 6) 该风险的监测监控，包括监控指标、监控方法、监控周期、预警标准、负责人等；
 - 7) 重大风险管控的资源需求及投入情况；
 - 8) 重大风险的评估改进计划。

4.5 风险控制预期效果评价

- 4.5.1 风险控制预期效果评价应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定。
- 4.5.2 对风险控制措施落实情况的确认证价应由施工单位组织，并应由监理单位、业主单位、风险评估单位代表共同评价。重大工程宜邀请业内专家共同评价。
- 4.5.3 采取风险控制措施后预期风险的评价应组织专家对典型施工或首件制的资料和现场进行考察，在此基础上评定采取措施后预期风险的等级。

5 风险评估报告

- 5.0.1 风险评估报告应符合本指南第 1 部分通用要求的相关规定。
- 5.0.2 风险评估报告中，采用指标体系法评估时应写明各项指标的选择依据及取值依据，采用专家调查法评估时应列出专家调查的原始记录。
- 5.0.3 采用指标体系法评估时，风险评估报告评审的内容应包括评估流程、报告的规范性，每个指标体系的完整性、指标的适当性、权重及取值的合理性、后果严重程度的合理性等，最终应得到总体结论。专家个人评审意见表可参考附录 E，并应附在风险评估报告后。

附录 A

(资料性)

高速公路改扩建桥梁工程常见施工作业及典型风险事件类型

表 A.0.1 给出了常见施工作业典型风险事件类型。此外，爆破作业典型风险事件包括火药爆炸、放炮、物体打击及坍塌，高处作业典型风险事件还包括高处坠落，涉水作业典型风险事件还包括淹溺，通航水域作业典型风险事件还包括船舶撞击结构物。

表 A.0.1 常见施工作业典型风险事件类型

施工作业	坍塌/ 倾覆	起重 伤害	物体 打击	高处 坠落	机械 伤害	触电	车辆 伤害	中毒 窒息	火灾	爆炸
钢筋工程作业										
混凝土工程作业										
电焊与气焊作业										
预应力工程作业										
临时用电作业										
机械设备维修作业										
模板安装与拆除作业										
支架安装与拆除作业										
混凝土梁预制作业										
钢结构制造与防护作业										
车辆运输作业										
船舶运输作业										
节段预制拼装法作业										
人工挖孔桩作业										
钻孔灌注桩作业										
基坑开挖与支护作业										
地下连续墙施工作业										
沉井施工作业										
围堰施工作业										
翻模、爬模作业										
顶推法作业										
支架现浇法作业										
悬臂浇筑法作业										
转体施工作业										
缆索吊机安装及起重作业										
浮吊作业										
吊装作业（塔吊等）										

续表 A.0.1

施工作业	坍塌/ 倾覆	起重 伤害	物体 打击	高处 坠落	机械 伤害	触电	车辆 伤害	中毒 窒息	火灾	爆炸
吊装作业（龙门吊、汽车吊等）										
临时设施（栈桥、水上平台）安装与拆除作业										
临时设施（塔吊、龙门架、作业平台等）安装与拆除作业										
临时设施（钢筋加工场、拌和站等）安装与拆除作业										
既有结构拆除作业										
桥面防水施工作业										
伸缩缝安装										
架桥机作业										
移动模架作业										
劲性骨架法作业										
缆索吊装法作业										
吊/系杆，吊/系杆索安装作业										
锚碇锚固体系统制作安装作业										
索鞍安装作业										
先导索架设作业										
猫道安装与拆除作业										
主缆架设作业										
斜拉索安装作业										
防护栏、隔离墩施工作业										

附录 B

(资料性)

高速公路改扩建桥梁工程需专家论证、审查的危险性较大工程

表 B.0.1 需专家论证、审查的危险性较大工程表

类别	需专家论证、审查的危险性较大工程
基坑开挖、 支护、降水工程	1. 深度不小于 5m 的基坑(槽)的土(石)方开挖、支护、降水; 2. 开挖深度虽小于 5m, 但地质条件、周围环境和地下管线复杂, 或影响毗邻建(构)筑物安全, 或存在有毒有害气体分布的基坑(槽)开挖、支护、降水工程
基础工程	1. 深度不小于 15m 的人工挖孔桩或开挖深度不超过 15m, 但地质条件复杂或存在有毒有害气体分布的人工挖孔桩工程; 2. 平均高度不小于 6m 且面积不小于 1200m ² 的砌体挡土墙的基础工程; 3. 水深不小于 20m 的各类深水基础工程
大型临时工程	1. 水深不小于 10m 的围堰工程; 2. 高度不小于 40m 墩柱、高度不小于 100m 索塔的滑模、爬模、翻模工程; 3. 支架高度不小于 8m, 跨度不小于 18m, 施工总荷载不小于 15kN/m ² , 集中线荷载不小于 20kN/m; 4. 50m 及以上落地式钢管脚手架工程; 用于钢结构安装等满堂承重支撑体系, 承受单点集中荷载 7kN 以上; 5. 猫道、移动模架
桥涵工程	1. 长度不小于 40m 的预制梁的运输与安装, 钢箱梁吊装; 2. 跨度不小于 150m 的钢管拱安装施工; 3. 高度不小于 40m 的墩柱、高度不小于 100m 的索塔等的施工; 4. 离岸无掩护条件下的桩基施工; 5. 开敞式水域大型预制构件的运输与吊装作业; 6. 在三级及以上通航等级的航道上进行的水上水下施工; 7. 转体施工
起重吊装工程	1. 采用非常规起重设备、方法, 且单件起吊重量在 1kN 及以上的起重吊装工程; 2. 起吊重量在 300kN 及以上的起重设备安装、拆卸工程
拆除、爆破工程	1. 大桥及以上桥梁拆除工程; 2. C 级及以上爆破工程、水下爆破工程

附 录 C

(资料性)

高速公路改扩建桥梁工程常见风险事件的一级指标

表 C.0.1 常见风险事件一级指标

风险事件	安全意识	安全与应急技能	安全行为或状态	基础设施	机械设备	工作场所	个人防护	气候环境条件	地质水文条件	周边环境	管理机构与机制	安全生产管理制度	施工技术	安全文化
坍塌（落地式）														
坍塌（悬挑式）														
坍塌（机械）														
坍塌（车船撞击）														
坍塌（基坑）														
高处坠落														
起重伤害														
物体打击														
机械伤害														
触电														
淹溺														
车辆伤害														
中毒窒息														
爆炸														
火灾														
水上交通事故														

附录 D

(资料性)

高速公路改扩建桥梁工程推荐可能性评估指标

表 D.0.1~D.0.4 给出了人的因素、设施设备因素、环境因素、管理因素的一级指标和二级指标。

表 D.0.1 人的因素的一级指标和二级指标

一级指标	二级指标	分级	基本分值 (P_{ij})	备注
			分值范围	
安全意识 Y_1	文化程度 Y_{11}	大部分为高中/中专及以上	[50, 100]	针对管理人员
		大部分为大专及以上	[25, 50)	
		大部分为本科及以上	[0, 25)	
	岗前培训 Y_{12}	无岗位风险培训内容、未覆盖全员, 或未经考核上岗	[75, 100]	针对全员, 尤其是短期工
		岗位风险培训内容不够全面、未覆盖全员	[50, 75)	
		岗位风险培训内容不够全面、覆盖全员	[25, 50)	
		岗位风险培训内容全面、覆盖全员	[0, 25)	
	经常性培训 Y_{13}	教育培训计划无重大作业活动风险管控相关内容、未覆盖全员	[75, 100]	针对全员, 尤其是长期工
		教育培训计划中重大作业活动风险管控相关内容不全面、未覆盖全员	[50, 75)	
		教育培训计划中重大作业活动风险管控相关内容不全面、覆盖全员	[25, 50)	
		教育培训计划中重大作业活动风险管控相关内容全面、覆盖全员	[0, 25)	
	一线工人业余学校 Y_{14}	无一线工人业余学校	[75, 100]	针对一线作业人员, 尤其是特种工
		无一线工人业余学校, 不定期聘请专业教员培训	[50, 75)	
		设施、教员等欠完善	[25, 50)	
		设施、教员等完善	[0, 25)	
	技术交底 Y_{15}	交底资料部分不真实、不及时, 或未交底至一线作业人员	[75, 100]	针对一线作业人员
		未按岗位层级设置交底内容	[50, 75)	
		未逐级交底	[25, 50)	
		逐级交底, 记录清晰、真实, 内容合理	[0, 25)	
安全与应急技能 Y_2	分包单位资质 Y_{21}	安全生产许可证未留存或安全生产许可证过期末补办	[75, 100]	待评作业活动对应专业、劳务分包单位资质
		无专业资质或专业资质过期末补办	[50, 75)	
		有专业资质, 安全生产许可证有效	[25, 50)	
		有一级及以上专业资质, 安全生产许可证有效	[0, 25)	

续表 D.0.1

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (P_{ij})	备注
			分值范围	
安全 与应 急技能 Y_2	特种作业 人员持证 Y_{22}	特种作业人员持证不全或持培训证、协会证等无效证书	[75, 100]	待评作业活动对 应专业、劳务分 包单位资质
		部分特种作业人员证书过期或未复检	[25, 75)	
		特种作业人员全部都有相应级别职业证明	[0, 25)	
	分包单位 业绩 Y_{23}	无	[75, 100]	待评作业活动对 应专业、劳务分 包单位的类似工 程项目经验
		1 个	[50, 75)	
		2 个	[25, 50)	
		3 个及以上	[0, 25)	
	应急演练 Y_{24}	1 年内未进行应急培训及演练	[75, 100]	待评风险事件的 应急培训及演练
		1 年内进行了应急培训	[50, 75)	
		1 年内进行了应急演练	[25, 50)	
		1 年内进行了应急培训及演练	[0, 25)	
安全 行为 或状态 Y_3	现场安全 员配备 比例 Y_{31}	不满足合同要求	[75, 100]	根据当年计划产 值计算
		不足每 5000 万 1 名	[50, 75)	
		基本符合每 5000 万 1 名	[25, 50)	
		符合每 5000 万 1 名	[0, 25)	
	健康检查 Y_{32}	未对工人健康状况进行检查	[75, 100]	针对进行待评作 业活动施工的一 线工人
		进场前对工人健康状况进行了检查	[50, 75)	
		每周开工前对工人健康状况进行检查	[25, 50)	
		每日开工前对工人健康状况进行检查	[0, 25)	
	监理、建 设单位安 全检查 Y_{33}	未定期及特殊时段未进行安全检查及隐患排查, 且未实行闭合管理	[75, 100]	待评作业活动对 应监理单位、建 设单位
		未定期及特殊时段未进行安全检查及隐患排查, 或未实行闭合管理	[25, 75)	
		定期及特殊时段进行安全检查及隐患排查, 实行闭合管理	[0, 25)	
	施工单位 安全检查 Y_{34}	未定期进行综合检查、专项检查或每日巡查	[75, 100]	待评作业活动对 应施工单位
		综合检查、专项安全检查、安全巡查周期符合要求, 但记录不连续、不闭合	[50, 75)	
		综合检查、专项安全检查、安全巡查周期符合要求, 记录连续闭合	[25, 50)	
		综合检查、专项安全检查、安全巡查周期符合要求, 记录连续闭合, 并聘请专家进行安全检查	[0, 25)	

表 D.0.2 设施设备因素的一级指标和二级指标

一级指标	二级指标	分级	基本分值 (P_{ij})	备注
			分值范围	
基础设施 Y_1	地基处理情况 Y_{11}	地基未经处理, 承载力不符合要求	[75, 100]	针对落地式支架、脚手架
		地基经过处理, 承载力符合要求, 但局部存在不均匀沉降	[50, 75)	
		地基经过处理, 承载力符合要求, 但存在均匀沉降	[25, 50)	
		地基经过处理, 承载力符合要求, 且无明显沉降	[0, 25)	
	桥梁线形 Y_{12}	纵坡 $>3\%$, 或横坡 $>3\%$	[75, 100]	多项符合时取高值
		纵坡 $2\% \sim 3\%$, 或横坡 $2\% \sim 3\%$	[50, 75)	
		纵坡 $<2\%$, 或横坡 $<2\%$	[0, 50)	
	用电防爆 Y_{13}	无安全照明电压和隔离变压器、整体电气防爆或防静电措施	[75, 100]	存爆炸可能性的厂房或有限空间的临时用电
		有防静电措施	[50, 75)	
		有整体电气防爆和防静电措施	[25, 50)	
		使用安全照明电压和隔离变压器, 整体电气防爆和防静电措施	[0, 25)	
	防撞设施 Y_{14}	未设置防撞设施	[75, 100]	针对通航、上跨既有路线的结构物防护
		防撞设施布设位置和数量不甚满足当前需要	[50, 75)	
		防撞设施技术特点不甚满足当前需要	[25, 50)	
		防撞设施技术特点、布设位置和数量满足当前需要	[0, 25)	
	应急设施设备 Y_{15}	未配备应急设施设备	[75, 100]	针对待评风险事件的应急设施设备
		应急设施设备布设位置和数量不甚满足当前需要	[50, 75)	
		应急设施设备技术特点不甚满足当前需要	[25, 50)	
		应急设施设备技术特点、布设位置和数量满足当前需要	[0, 25)	
机械设备 Y_2	先进适用 Y_{21}	与工程情况不匹配、不适用	[75, 100]	根据《公路水运工程淘汰危及生产安全施工工艺、设备和材料目录》和各地工程经验判断
		类型先进, 与工程情况不甚匹配、适用	[50, 75)	
		类型不先进, 与工程情况匹配、适用	[25, 50)	
		类型先进, 与工程情况匹配适用	[0, 25)	
	跨度/臂长 Y_{22}	$\geq 100\text{m}$	[75, 100]	针对各种起重、架设机械, 塔式起重机取 2 倍基本臂长
		50~100m	[50, 75)	
		25~50m	[25, 50)	
		$< 25\text{m}$	[0, 25)	
	起升高度 Y_{23}	$\geq 50\text{m}$	[75, 100]	针对各种起重机械
		25~50m	[50, 75)	
		5~25m	[25, 50)	
		$< 5\text{m}$	[0, 25)	

续表 D.0.2

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (P_{ij})	备注
			分值范围	
机械 设备 Y_2	最大起 重量 Y_{24}	$\geq 500t$	[75, 100]	针对各种起重机械
		300~500t	[50, 75)	
		100~300t	[25, 50)	
		$< 100t$	[0, 25)	
	轨道 线形 Y_{25}	纵坡 $>2\%$	[75, 100]	针对有轨机械
		纵坡 $1\% \sim 2\%$ 或为曲线轨道	(50, 75)	
		纵坡 $<1\%$	[0, 50]	
	安全 防护 Y_{26}	各类安全防护装置不甚齐全且不满足使用需要	[50, 100]	指机械上防护、 保险限位装置及 各种安全信息装 置
		各类安全防护装置齐全且基本满足使用需要	[25, 50)	
		各类安全防护装置齐全且完全满足使用需要	[0, 25)	
	设备 管理 Y_{27}	检查、维修等不甚符合《特种设备使用管理规则》TSG 08—2017	[50, 100]	对照《特种设备 使用管理规则》 TSG 08—2017 检查相关制度及 档案
		检查、维修等基本符合《特种设备使用管理规则》TSG 08—2017	[25, 50)	
		检查、维修等严格符合《特种设备使用管理规则》TSG 08—2017	[0, 25)	
	设备安 装类型 Y_{28}	附着式	[75, 100]	
		吊顶式	[50, 100]	
		落地式	[0, 50)	
	安装/拆 除的作 业条件 Y_{29}	机械设备倾覆半径的 1.5 倍范围内有施工作业/生活区域、其他建筑物或构造物	[75, 100]	存在两种以上危 险因素时, 取 100 分
		大风地区或大风季节拆除施工	[75, 100]	
		无作业平台拆除施工	[75, 100]	
		其他危险因素	[25, 75)	
		无上述危险因素	[0, 25)	
工作场所 Y_3	操作空间 Y_{31}	狭小(如支座施工、支架搭拆等)、有限空间	[75, 100]	针对工人操作空 间
		较小(如桥墩、盖梁、猫道施工等)	[50, 75)	
		较大(如基坑施工等)	[25, 50)	
		宽敞(如桥面施工等)	[0, 25)	
	通风 Y_{32}	有限空间自然通风	[75, 100]	针对工作场所通 风方式
		有限空间机械送风或非有限空间全面通风	[50, 75)	
		非有限空间局部通风	[25, 50)	
		非有限空间局部加全面通风	[0, 25)	
	作业条件 Y_{33}	有冰、雪、霜、水、油等易滑物	[50, 100]	针对工作场所危 险作业条件
		30m 以上高处作业	[50, 100]	
		不中断交通作业	[50, 100]	
		有限空间作业	[50, 100]	
		交叉作业	[50, 100]	

续表 D.0.2

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (P_{ij})	备注
			分值范围	
工作场所 Y_3	作业条件 Y_{33}	光线不足、能见度差	[50, 100]	针对工作场所危险作业条件
		危险电压带电体	[50, 100]	
		存在有毒气体或含氧量低于 0.195	[50, 100]	
		无上述危险因素	[0, 50)	
	有毒物 毒性 Y_{34}	危害极高	[75, 100]	针对有毒工作场所
		危害较高	[50, 75)	
		危害一般	[25, 50)	
		危害轻微	[0, 25)	
	有毒物量 Y_{35}	生产区兼作有毒物品储存区	[75, 100]	针对有毒工作场所
		有毒作业工作量大	[50, 75)	
		有毒作业工作量中等	[25, 50)	
		有毒作业工作量小	[0, 25)	
	有毒工作场所劳动 时间 Y_{36}	每天大于 5h	[75, 100]	针对在有毒工作场所工作的一线工人
		每天 2~5h	[50, 75)	
		每天小于 2h	[0, 50)	
	火源出现 频率 Y_{37}	正常作业中会发生	[75, 100]	针对爆炸危险环境工作场所
		正常作业过程中偶尔会出现	[50, 75)	
		正常作业中出现的概率极低	[25, 50)	
		基本不会发生	[0, 25)	
	爆炸危险 环境类别 Y_{38}	0 区	[75, 100]	参考现行《爆炸性环境 第 14 部分：场所分类 爆炸气体环境》GB 3836.14 及《爆炸性环境 第 1 部分：设备 通用要求》GB/T 3836.1 分类
		1 区	[50, 75)	
		2 区	[0, 50)	
		20 区	[75, 100]	
		21 区	[50, 75)	
		22 区	[0, 50)	
	可燃物火灾危险性 Y_{39}	甲	[75, 100]	参考现行《建筑设计防火规范 (2018 年版)》GB 50016 分类
		乙	[50, 75)	
		丙	[25, 50)	
		丁	[10, 25)	
		戊	[0, 10)	
个人 防护 Y_4	个人防护用品 Y_{41}	配备不齐全	[75, 100]	针对待评风险事件相关个人防护用品
		配备齐全，但未进行使用培训	[50, 75)	
		配备齐全、种类欠合理，并进行了使用培训	[25, 50)	
		配备齐全、种类合理，并进行了使用培训	[0, 25)	

表 D.0.3 环境因素的一级指标和二级指标

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (P_{ij})	备注
			分值范围	
气候环境条件 Y_1	年降雨量 Y_{11}	$\geq 1600\text{mm}$	[75, 100]	根据桥梁所在区域的年平均降雨量确定, 2000mm 以上取 100 分
		1000~1600mm	[50, 75)	
		500~1000mm	[25, 50)	
		$< 500\text{mm}$	[0, 25)	
	极端气候条件 Y_{12}	极端气候(台风、暴雨、洪水、雷击等)事件高发区域	[75, 100]	施工不在极端气候季节的可以降低取值
		极端气候(台风、暴雨、洪水、雷击等)事件多发区域	[50, 75)	
		气候环境条件一般, 对施工安全影响不显著	[0, 50)	
	作业高度 Y_{13}	$\geq 85\text{m}$	[75, 100]	高度越高、风速越大, 取待评作业活动作业高度平均值
		45~85m	[50, 75)	
		20~45m	[25, 50)	
		$< 20\text{m}$	[0, 25)	
	风力条件 Y_{14}	$\geq 100\text{d}$	[75, 100]	根据五级以上大风的年平均日数划分
		70~100d	[50, 75)	
		30~70d	[25, 50)	
		$< 30\text{d}$	[0, 25)	
	雾日 Y_{15}	$\geq 50\text{d}$	[75, 100]	根据年平均能见度小于 1000m 雾日划分
		30~50d	[50, 75)	
		15~30d	[25, 50)	
		$< 15\text{d}$	[0, 25)	
	作业气温 Y_{16}	气温 $< -15^\circ\text{C}$ 或 WBGT 指数 $> 33^\circ\text{C}$	[75, 100]	WBGT 指数亦称为湿球黑球温度, 是综合评价人体接触作业环境热负荷的一个基本参量, 单位为 $^\circ\text{C}$
		$-15^\circ\text{C} \leq \text{气温} < 5^\circ\text{C}$ 或 $29^\circ\text{C} < \text{WBGT 指数} < 33^\circ\text{C}$	[50, 75)	
		$-5^\circ\text{C} \leq \text{气温} < 5^\circ\text{C}$ 或 $25^\circ\text{C} < \text{WBGT 指数} < 29^\circ\text{C}$	[25, 50)	
		气温 $< 15^\circ\text{C}$ 或 WBGT 指数 $> 33^\circ\text{C}$ 指数	[0, 25)	
	环境平均湿度 Y_{17}	$\geq 80\%$	[75, 100]	
		50%~80%	[50, 75)	
		30%~50%	[25, 50)	
		$< 30\%$	[0, 25)	
地质条件 Y_2	土石条件 Y_{21}	四~六类土, 需爆破开挖	[75, 100]	土石条件不均时, 应以最不利条件作为判定基准
		软土、淤泥质土	[50, 75)	
		松土(砂类土、松散土)	[25, 50)	
		普通土(黏性土、密实砂性土等)	[0, 25)	

续表 D.0.3

一级 指标	二级 指标	分级		基本分值 (P_{ij})	备注
				分值范围	
地质 条件 Y_2	地质条件 Y_{22}	不良地质灾害多发区域（包括岩溶、滑坡、泥石流、采空区、尾矿库、强震区、雪崩区、水库坍岸区等）		[75, 100]	主要考虑地质灾害及不良岩土条件对施工安全性的影响
		不良地质灾害偶发区域（包括岩溶、滑坡、泥石流、采空区、尾矿库、强震区、雪崩区、水库坍岸区等）		[50, 75)	
		软土地层或砂砾地层，影响施工安全及进度		[50, 75)	
		存在不良地质，但不频发灾害或存在特殊性岩土，略影响施工安全及进度		[25, 50)	
		地质条件较好，基本不存在影响施工安全的因素		[0, 25)	
	地下水 Y_{23}	地下水浅层分布，需降水处置，施工中可能带水作业，排水系统不完善		[75, 100]	应结合施工区域地下水分布特征综合判断
		地下水浅层分布，需降水处置，施工中可能带水作业，排水系统完善		[50, 75)	
		地下水深层分布，对施工安全基本无影响		[0, 50)	
	水深 Y_{24}	$\geq 30\text{m}$		[75, 100]	针对水中基础作业
		20~30m		[50, 75)	
		5~20m		[25, 50)	
		$< 5\text{m}$		[0, 25)	
	潮汐 Y_{25}	半日潮或不规则半日潮	$\geq 4\text{m}$	[75, 100]	根据最近验潮站的平均潮差进行划分
			2~4m	[50, 75]	
			$< 2\text{m}$	[25, 50]	
		一日潮或不规则日潮	$\geq 6\text{m}$	[75, 100]	
			4~6m	[50, 75)	
			2~4m	[25, 50)	
			$< 2\text{m}$	[0, 25)	
			$\geq 4\text{m}$	[75, 100]	
	潮流 Y_{26}	$\geq 2.0\text{m/s}$		[75, 100]	根据潮流表层最大值进行划分
		1.0~2.0m/s		[50, 75)	
		0.6~1.0m/s		[25, 50)	
		$< 0.6\text{m/s}$		[0, 25)	
	冲刷 Y_{27}	冲刷大		[75, 100]	针对水中基础作业
		冲刷一般		[50, 75)	
		冲刷小		[0, 50)	
周边 环境 Y_3	桥位特征 Y_{31}	跨通航等级Ⅱ级以上水域		[75, 100]	应综合考虑船舶交通量
		跨通航等级Ⅲ~Ⅴ级水域		[50, 75)	
		跨通航等级Ⅵ~Ⅶ级水域		[25, 50)	
		跨通航等级等外水域或不通航		[0, 25)	

续表 D.0.3

一级指标	二级指标	分级	基本分值 (P_{ij})	备注
			分值范围	
周边环境 Y_3	桥位特征 Y_{31}	上跨运营高速公路、城市快速路、干线铁路、城市轨道交通	[75, 100]	跨线桥应综合考虑交叉线路的交通量状况
		下穿运营高速公路、城市快速路、干线铁路、城市轨道交通	[50, 75)	
		上跨运营一、二级公路, 支线铁路	[50, 75)	
		下穿运营一、二级公路, 支线铁路	[25, 50)	
		上跨三、四级公路, 城市次干路	[25, 50)	
		上跨等外公路、支路及其他, 或存在施工期道路交叉	[0, 25)	
	地形地貌 Y_{32}	3000m 以上山地或高原区	[75, 100]	4000m 山地或高原区以上取 100 分
		3000m 以下山地区	[50, 75)	
		盆地区、3000m 以下高原区	[25, 50)	
		平原、丘陵区	[0, 25)	
		滩涂或海上	[75, 100]	
	其他危险源 Y_{33}	石油天然气管线、油罐、炸药库、变电站、高压线、锅炉等 5~50m 范围内	[75, 100]	根据危险源级别及距离判断
		石油天然气管线、油罐、炸药库、变电站、高压线、锅炉等 50~100m 范围内	[50, 75)	
		石油天然气管线、油罐、炸药库、变电站、高压线、锅炉等 100m 以上	[0, 50)	
	防台、避风锚 Y_{34}	防台、避风锚地差, 距离施工区域大于 30 海里	[75, 100]	根据锚地掩护程度、地质、水文条件、距离及施工船舶的性能综合判断
		防台、避风锚地差, 距离施工区域小于 30 海里	[50, 75)	
		防台、避风锚地好, 距离施工区域大于 30 海里	[25, 50)	
		防台、避风锚地好, 距离施工区域小于 30 海里	[0, 25)	

表 D.0.4 管理因素的一级指标和二级指标

一级指标	二级指标	分级	基本分值 (P_{ij})	备注
			分值范围	
管理机构与机制 Y_1	安全组织机构 Y_{11}	安全组织机构不够健全	[50, 100]	指待评作业活动对应专业、劳务分包单位
		安全组织机构基本健全	[25, 50)	
		安全组织机构健全	[0, 25)	
	部门及岗位权责 Y_{12}	无专职安全管理机构, 且权责混乱交叉	[50, 100]	指待评作业活动对应施工单位
		有专职安全管理机构, 权责较为明确	[25, 50)	
		有专职安全管理机构, 且权责明确	[0, 25)	

续表 D.0.4

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (P_{ij})	备注
			分值范围	
管理机构 与机制 Y_1	安全管理 目标策划 Y_{13}	安全生产方针、目标低于合同要求,或未进行目标考核	[75, 100]	存在多项时,取 高值
		安全生产策划方案不满足目标要求,或可操作性不强	[50, 75)	
		未定期进行目标考核或未按办法要求实施奖惩	[25, 50)	
		制定了不低于合同约定的安全生产方针、目标,制定了满足目标要求的安全生产策划方案,并定期进行目标考核	[0, 25)	
安全生产 管理制度 Y_2	制度体系 Y_{21}	缺失基本制度或待评风险事件相关制度,或部分不符合国家、行业现行的法律法规和规章制度的要求	[75, 100]	基本制度参照 《公路水运工程 平安工地建设考 核评价指导性标 准》要求
		基本制度及待评风险事件相关制度基本齐全,基本符合国家、行业现行的法律法规和规章制度的要求	[25, 75)	
		基本制度及待评风险事件相关制度齐全,符合国家、行业现行的法律法规和规章制度的要求	[0, 25)	
	制度考核 Y_{22}	未进行制度执行情况考核	[75, 100]	存在多项时,取 高值
		未进行制度培训	[50, 75)	
		未在安全检查中进行制度执行情况督促检查	[25, 50)	
		进行了制度培训,并在安全生产责任制考核或安全检查中对安全管理制度进行了督促检查	[0, 25)	
施工 技术 Y_3	先进适用 Y_{31}	与工程情况不匹配、不适用	[75, 100]	根据《公路水运 工程淘汰危及生 产安全施工工艺 、设备和材料目 录》和各地工程 经验判断
		类型先进,与工程情况不甚匹配、适用	[50, 75)	
		类型不先进,与工程情况匹配、适用	[25, 50)	
		类型先进,与工程情况匹配适用	[0, 25)	
	人工挖孔 桩长 Y_{32}	$\geq 30\text{m}$	[75, 100]	针对人工挖孔桩 作业
		15~30m	[50, 75)	
		10~15m	[25, 50)	
		$< 10\text{m}$	[0, 25)	
	人工挖孔 桩比例 Y_{33}	$\geq 30\%$	[75, 100]	根据人工挖孔桩 占全部桩基的比 例判定
		10%~30%	[50, 75)	
		$< 10\%$	[0, 50)	
	基坑深度 Y_{34}	$\geq 10\text{m}$	[75, 100]	针对基坑开挖与 支护作业
		5~10m	[50, 75)	
		3~5m	[25, 50)	
		$< 3\text{m}$	[0, 25)	
	基坑开 挖方式 Y_{35}	筑岛围堰开挖	[75, 100]	筑岛围堰、钢板 桩围堰应考虑洪 水、潮汐及冲刷 水平等因素
		钢板桩围堰施工	[50, 75)	
		放坡台阶法开挖	[0, 50)	
	基坑支 护 Y_{36}	采用经验支护方案	[50, 100]	
		采用专业设计支护方案	[0, 50)	

续表 D.0.4

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (P_{ij})	备注
			分值范围	
施工技术 Y_3	支架高度 Y_{37}	$\geq 20\text{m}$	[75, 100]	针对现浇支架施工
		8~20m	[50, 75)	
		5~8m	[25, 50)	
		$< 5\text{m}$	[0, 25)	
	支架跨度 Y_{38}	40m	[75, 100]	针对现浇支架施工
		18~40m	[50, 75)	
		10~18m	[25, 50)	
		$< 10\text{m}$	[0, 25)	
	临时结构设计 Y_{39}	采用以往经验设计方案	[75, 100]	针对支架、围堰、栈桥、移动模架、挂篮、水上施工平台等大型临时结构
		进行专项设计, 进行安全性验算, 但未征求桥梁原设计单位意见, 未委托相应设计资质单位出具审核验算报告	[50, 75)	
		进行专项设计, 进行安全性验算, 征求桥梁原设计单位意见, 委托相应设计资质单位出具审核验算报告	[0, 50)	
	水上群桩 桩长 Y_{310}	$\geq 100\text{m}$	[75, 100]	针对水上群桩施工
		60~100m	[50, 75)	
		30~60m	[25, 50)	
		$< 30\text{m}$	[0, 25)	
	水上群桩 数量 Y_{311}	≥ 6 个	[75, 100]	针对水上群桩施工
		3~5 个	[50, 75)	
		1~2 个	[0, 50)	
	围堰高度 Y_{312}	$\geq 20\text{m}$	[75, 100]	针对围堰施工
		10~20m	[50, 75)	
		4~10m	[25, 50)	
		$< 4\text{m}$	[0, 25)	
	模板高度 Y_{313}	$\geq 16\text{m}$	[75, 100]	按模板最高点距模板最低点高度差取值
		8~16m	[50, 75)	
		5~8m	[25, 50)	
		$< 5\text{m}$	[0, 25)	
	模板现浇 混凝土 体量 Y_{314}	$\geq 5000\text{m}^3$	[75, 100]	按单次混凝土浇筑方量取值
		2000~5000 m^3	[50, 75)	
		500~2000 m^3	[25, 50)	
		$< 500\text{m}^3$	[0, 25)	
	模板现浇 截面形状 Y_{315}	左右明显不对称	[75, 100]	针对模板施工
		上下不对称、左右基本对称	[50, 75)	
		上下、左右基本对称	[0, 50)	

续表 D.0.4

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (P_{ij})	备注
			分值范围	
施工技术 Y_3	模板形式 Y_{316}	支架模板法施工（高空）	[75, 100]	同时考虑作业人员的施工经验取值
		滑模施工	[50, 75)	
		翻模、爬模施工	[25, 50)	
		支架模板法施工（落地）	[25, 50)	
		预制构件模板施工	[0, 25)	
	挂篮节段 尺寸 Y_{317}	节段长度 5m 以上（不含）或节段宽度 15m 以上（不含）	[50, 100]	针对挂篮施工
		节段长度 5m 以下（含）且节段宽度 15m 以下（含）	[0, 50)	
	作业平台 结构形式 Y_{318}	漂浮式，如猫道，或立足处外倾	[75, 100]	针对猫道、墩柱翻模、爬模、盖梁、护栏、湿接缝、斜拉索张拉、悬索桥塔顶、水上施工、各种落地式脚手架等施工作业平台
		移动式，如湿接缝施工作业平台、桥面防撞栏施工作业平台、桥梁检查车等有轨平台	[50, 75)	
		水上施工作业平台	[50, 75)	
		悬挑式，如悬索桥塔顶作业平台、墩柱翻模施工作业平台	[25, 50)	
		落地式，如施工脚手架等	[0, 25)	
	作业平台 施工荷载 Y_{319}	吊车、运输车荷载	[75, 100]	
		较多物料堆载	[50, 75)	
		人员及少量物料堆载	[0, 50)	
	安全防 护设施 Y_{320}	未规划安全防护	[75, 100]	针对护栏、平台、通道、防护棚、缆风绳等安全防护设施
		使用自制产品	[50, 75)	
		自行规划安全防护，使用定型产品	[25, 50)	
		布设标准化安全防护设施，使用定型产品	[0, 25)	
	安全监测 Y_{321}	无监测	[75, 100]	
		人工监测	[25, 75)	
		自动监测系统	[0, 25)	
	自动化 作业水平 Y_{322}	全人工	[75, 100]	
		部分自动	[25, 75)	
		全自动	[0, 25)	
	交通诱导、 分流及防 撞设施 Y_{323}	功能不齐全	[75, 100]	针对不中断交通施工
		功能齐全，维护不到位	[50, 75)	
		功能较齐全，维护良好	[25, 50)	
		功能齐全，维护良好	[0, 25)	
安全文化 Y_4	安全文化 Y_{41}	无安全文化创建目标	[75, 100]	综合考虑项目整体及待评作业活动对应施工单位
		有明确的安全文化创建目标，无品牌、无考核	[50, 75)	
		有明确的安全文化创建目标及品牌，正在建设安全文化软实力	[25, 50)	
		有明确的安全文化创建目标及品牌，安全文化软实力强	[0, 25)	

附 录 E
(资料性)
风险评估报告专家个人评审意见表

表 E.0.1 专家个人评审意见表

文件名称			
编制单位			
专家姓名		联系方式	
总体结论：			
流程规范性：			
报告规范性：			
×××（风险事件）风险评估： 指标体系完整性： 指标的适当性： 权重及取值的合理性： 后果严重程度的合理性：			
×××（风险事件）风险评估： 指标体系完整性： 指标的适当性： 权重及取值的合理性： 后果严重程度的合理性： ……（不够可另附页）			
其他意见：			
专家签字	年 月 日		

附录 F

(资料性)

高速公路改扩建桥梁工程推荐可能性评估指标

F.0.1 陆上桩基施工事故可能性评估

主要基于车辆伤害、临时结构坍塌等风险事故类型，建立评估指标体系（适合于钻孔灌注桩），见表 F.0.1。

表 F.0.1 陆上桩基施工事故可能性评估指标体系

一级指标	二级指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
桩基与公路关系 X_1	交通位置关系 X_{11}	位于公路中央分隔带	[66, 100]			综合考虑桩基施工对交通安全的影响，离公路行车界限超过 5m，即可认为两者不受影响
		临近公路路肩	[33, 66)			
		远离公路，基本不影响通车安全	[0, 33)			
	临近公路等级 X_{12}	高速公路	[66, 100]			根据公路等级，重点考虑通车路段运行条件和防护措施对施工安全的影响
		国道、省道	[33, 66)			
		其他道路	[0, 33)			
	结构位置关系 X_{13}	临近公路隧道	[66, 100]			距离 5m 以内应取高值，超过 20m，可认为影响较小，取低值，超过 30m 可认为基本无影响，取 0 分。其他距离可线性差值
		临近公路桥梁	[33, 66)			
		临近公路路基	[0, 33)			
路段既有交通环境 X_2	公路现状服务水平 X_{21}	四级及以上服务水平	[75, 100]			服务水平达到四级及以上后，车辆运行明显受到交通流内其他车辆的相互影响，速度和驾驶的自由度受到明显限制。可根据现行《公路路线设计规范》JTG D20 进行相关计算
		三级服务水平	[50, 75)			
		二级服务水平	[25, 50)			
		一级服务水平	[0, 25)			
	大中型客车比例 X_{22}	超过 30%	[75, 100]			混合车流中的大中型车和特大型车由于速度较慢，且大中型客车发生事故的严重程度较大，超过 40% 取值 100 分
		20%~30%	[50, 75)			
		10%~20%	[25, 50)			
		小于 10%	[0, 25)			
	交通管制区域位置 X_{23}	位于隧道洞口或交通交织区前后 500m 范围内	[75, 100]			交通管制区域，位于隧道洞口或匝道前后 200m 范围内取值 100 分，离隧道洞口或匝道前后超过 3000m 后，可取 0 分
		离隧道洞口或交通交织区前后 500~1000m	[50, 75)			
		离隧道洞口或交通交织区前后 1000~2000m	[25, 50)			
		位于隧道洞口或交通交织区前后 2000~3000m	[0, 25)			
	路网分流条件 X_{24}	路网分流条件较困难	[50, 100]			综合考虑可供路网分流的道路等级、交通组织区和通行能力
		路网分流条件较好	[0, 50)			
	路段平均纵坡情况 X_{25}	高于 3%	[75, 100]			考虑施工区域前方 2km 的平均纵坡，超过 4% 取 100 分
		2%~3%	[50, 75)			

续表 F.0.1

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
路段 既有 交通 环境 X_2	路段平 均纵坡 情况 X_{25}	1%~2%	[25, 50)			考虑施工区域前方 2km 的平均纵坡, 超过 4%取 100 分
		小于 1%	[0, 25)			
	路段圆 曲线 半径 X_{26}	小于 700m	[66, 100]			考虑施工区域前方 2km 最小圆曲线半径, 根据现行《公路路线设计规范》JTG D20, 1000m 为 120km/h 设计速度对应的圆曲线最小半径 (一般值), 700m 为 100km/h 对应的圆曲线最小半径 (一般值)
		700~1000m	[33, 66)			
		大于 1000m	[0, 33)			
自然 环境 条件 X_3	地质条件 X_{31}	不良地质灾害多发区域 (存在采空区、溶洞等)	[75, 100]			主要考虑不良地质对施工安全、质量和进度的影响
		软土地层或砂砾地层, 影响施工安全及进度	[50, 75)			
		存在不良地质, 但不频发或存在特殊性岩土, 影响施工安全及进度	[25, 50)			
		地质条件较好, 基本不影响施工安全及进度	[0, 25)			
	气候条件 X_{32}	峡谷、沿海等极端气候事件多发区域, 对施工安全影响极大	[75, 100]			重点考虑大风、暴雨或其他不良气候发生的频率对施工安全的影响
		气候环境较差, 大风、暴雨频发, 对施工安全影响较大	[50, 75)			
		气候环境一般, 对施工安全有一定影响, 但不显著	[25, 50)			
		气候环境良好, 对施工安全影响较小	[0, 25)			
交通 组织 方案 X_4	作业时间长度 X_{41}	超过 10d	[75, 100]			考虑桩基施工时, 交通管制时间长度, 不影响交通的可取 0 分
		3~10d	[50, 75)			
		1~3d	[25, 50)			
		小于 1d	[0, 25)			
	占道类型 X_{42}	封闭半幅车道	[75, 100]			施工期交通组织形式越复杂, 车辆伤害可能性越高
		仅占用内侧车道	[50, 75)			
		仅占用外侧车道	[25, 50)			
		占用公路硬路肩或其他	[0, 25)			
施工 工艺 X_5	成孔方式 X_{51}	冲击钻	[66, 100]			不同的成孔方式, 对附近公路交通安全影响不同
		旋挖钻	[33, 66)			
		回旋钻	[0, 33)			

续表 F.0.1

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
施工 工艺 X_5	泥浆处 置方式 X_{52}	公路附近开挖泥浆池	[66, 100]			综合考虑泥浆处置方式对公路结 构和交通安全的影响, 距离越近 取值越高
		公路附近设置泥浆箱	[33, 66)			
		泥浆存放地远离公路	[0, 33)			

F.0.2 水上桩基施工事故可能性评估

主要基于船舶撞击、淹溺、临时结构坍塌等风险事故类型, 建立评估指标体系, 见表 F.0.2。

表 F.0.2 水上桩基施工事故可能性评估指标体系

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
桩体 因素 X_1	桩长 X_{11}	$L \geq 50\text{m}$	[75, 100]			根据桩长线性取值
		$30\text{m} \leq L < 50\text{m}$	[50, 75)			
		$15\text{m} \leq L < 30\text{m}$	[25, 50)			
		$L < 15\text{m}$	[0, 25)			
	桩体直 径 X_{12}	$D \geq 2\text{m}$	[75, 100]			根据桩体直径线性取值
		$1.5\text{m} \leq D < 2\text{m}$	[50, 75)			
		$1\text{m} \leq D < 1.5\text{m}$	[25, 50)			
		$D < 1\text{m}$	[0, 25)			
自然 环境 条件 X_2	地质 条件 X_{21}	不良地质灾害多发区域 (存在采 空区、溶洞等)	[75, 100]			主要考虑不良地质对施工安全、 质量和进度的影响
		软土地层或砂砾地层, 影响施工 安全及进度	[50, 75)			
		存在不良地质, 但不频发或存在 特殊性岩土, 影响施工安全及进 度	[25, 50)			
		地质条件较好, 基本不影响施工 安全及进度	[0, 25)			
	流速 X_{22}	大于 2.0m/s	[75, 100]			考虑日常流速
		1.0~2.0m/s	[50, 75)			
		0.6~1.0m/s	[25, 50)			
		小于 0.6m/s	[0, 25)			
	水深 X_{23}	大于 15m	[75, 100]			考虑常水位
		10~15m	[50, 75)			
		5~10m	[25, 50)			
		小于 5m	[0, 25)			

续表 F.0.2

一级指标	二级指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
自然环境条件 X_2	气候条件 X_{24}	峡谷、沿海等极端气候事件多发区域，对施工安全影响极大	[75, 100]			重点考虑大风、暴雨或其他不良气候发生的频率对施工安全影响
		气候环境较差，大风、暴雨频发，对施工安全影响较大	[50, 75)			
		气候环境一般，对施工安全有一定影响，但不显著	[25, 50)			
		气候环境良好，对施工安全影响较小	[0, 25)			
施工方案 X_3	成孔方式 X_{31}	冲击成孔	[50, 100]			灌注首先要形成桩孔，不同的成孔方式会形成不同程度的危险
		钻孔成孔	[0, 50)			
	施工平台 X_{32}	筑岛平台	[50, 100]			平台稳定性对施工安全影响较大
		钢平台	[0, 50)			
	施工期 X_{33}	汛期	[50, 100]			主要考虑台风、暴雨、洪水对施工安全的影响
		非汛期	[0, 50)			
施工作业环境 X_4	施工场地通航环境 X_{41}	航道等级 I 级、II 级	[75, 100]			船舶经过会造成水面波动，影响灌注桩施工。另外也需考虑船舶撞击钻孔平台的可能性
		航道等级 III 级、IV 级	[50, 75)			
		航道等级 V 级、VI 级	[25, 50)			
		航道等级 VII 级及等外	[0, 25)			
	临近重要构造物 X_{42}	处于重要构造物保护范围内	[50, 100]			参照重要构筑物的保护范围，综合考虑桩基及临时设施与重要构造物的相对距离，拼宽桥梁应考虑对既有桥梁安全运营的影响
		处于重要构造物保护范围外	[0, 50)			

F.0.3 水上承台施工事故可能性评估

主要基于船舶撞击、淹溺、临时结构坍塌等风险事故类型，建立评估指标体系，见表 F.0.3。

表 F.0.3 水上承台施工事故可能性评估指标体系

一级指标	二级指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
承台规模 X_1	承台面积 X_{11}	$S \geq 70\text{m}^2$	[75, 100]			线性取值
		$50\text{m}^2 \leq S < 70\text{m}^2$	[50, 75)			
		$30\text{m}^2 \leq S < 50\text{m}^2$	[25, 50)			
		$S < 30\text{m}^2$	[0, 25)			
	围堰高度 X_{12}	$H \geq 10\text{m}$	[75, 100]			线性取值
		$6\text{m} \leq H < 10\text{m}$	[50, 75)			
		$3\text{m} \leq H < 6\text{m}$	[25, 50)			
		$H < 3\text{m}$	[0, 25)			

续表 F.0.3

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
自然 环境 条件 X_2	地质 条件 X_{21}	不良地质灾害多发区域 (存在采空区、溶洞等)	[75, 100]			考虑不良地质条件对承台临时结构稳定性的影响。未入土的临时结构 (比如钢套箱), 可取 0 分
		软土地层或砂砾地层, 影响施工安全及进度	[50, 75)			
		存在不良地质, 但不频发或存在特殊性岩土, 影响施工安全及进度	[25, 50)			
		地质条件较好, 基本不影响施工安全及进度	[0, 25)			
	流速 X_{22}	大于 2.0m/s	[75, 100]			考虑日常流速
		1.0~2.0m/s	[50, 75)			
		0.6~1.0m/s	[25, 50)			
		小于 0.6m/s	[0, 25)			
	水深 X_{23}	大于 15m	[75, 100]			考虑常水位
		10~15m	[50, 75)			
		5~10m	[25, 50)			
		小于 5m	[0, 25)			
	气候 条件 X_{24}	峡谷、沿海等极端气候事件多发区域, 对施工安全影响极大	[75, 100]			重点考虑大风、暴雨或其他不良气候发生的频率对施工安全的影响
		气候环境较差, 大风、暴雨频发, 对施工安全影响较大	[50, 75)			
		气候环境一般, 对施工安全有一定影响, 但不显著	[25, 50)			
		气候环境良好, 对施工安全影响较小	[0, 25)			
施工 方案 X_3	临时结 构形式 X_{31}	土石围堰	[66, 100]			临时结构稳定性对施工安全的影响较大
		钢围堰	[33, 66)			
		钢套箱	[0, 33)			
	施工期 X_{32}	汛期	[50, 100]			主要考虑台风、暴雨、洪水对施工安全的影响
		非汛期	[0, 50)			
施工作 业环境 X_4	施工场 地通航 环境 X_{41}	航道等级 I 级、II 级	[75, 100]			船舶经过会造成水面波动, 影响灌注桩施工。另外也需考虑船舶撞击钻孔平台的可能性
		航道等级 III 级、IV 级	[50, 75)			
		航道等级 V 级、VI 级	[25, 50)			
		航道等级 VII 级及等外	[0, 25)			
	临近重要 构造物 X_{42}	处于重要构造物保护范围内	[50, 100]			综合考虑承台及临时设施与重要构造物的相对距离, 拼宽桥梁应考虑对既有桥梁安全运营的影响
		处于重要构造物保护范围外	[0, 50)			

F.0.4 基坑施工事故可能性评估

主要基于车辆伤害、基坑坍塌等风险事故类型，建立评估指标体系，见表 F.0.4。

表 F.0.4 基坑施工事故可能性评估指标体系

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
基坑 设计 X_1	基坑 深度 X_{11}	$H \geq 10\text{m}$	[75, 100]			线性取值
		$5\text{m} \leq H < 10\text{m}$	[50, 75)			
		$3\text{m} \leq H < 5\text{m}$	[25, 50)			
		$H < 3\text{m}$	[0, 25)			
	临近构 筑物或 车道 X_{12}	$D < 0.7H$	[75, 100]			D 为临近距离, H 为基坑深度 (m) D/H 大于 5.0, 取值 0 分
		$0.7H \leq D < 1.0H$	[50, 75)			
		$1.0H \leq D < 2.0H$	[25, 50)			
		$D \geq 2.0H$	[0, 25)			
	临近公 路等级 X_{13}	高速公路	[66, 100]			根据公路等级, 重点考虑通车路 段运行条件和防护措施对施工安 全的影响
		国道、省道	[33, 66)			
		其他道路	[0, 33)			
路段 既有 交通 环境 X_2	公路现状 服务水平 X_{21}	四级及以上服务水平	[75, 100]			服务水平达到四级及以上后, 车 辆运行明显受到交通流内其他车 辆的相互影响, 速度和驾驶的自由 度受到明显限制。可根据现行 《公路路线设计规范》JTG D20 进行相关计算
		三级服务水平	[50, 75)			
		二级服务水平	[25, 50)			
		一级服务水平	[0, 25)			
	大中型 客车 比例 X_{22}	超过 30%	[75, 100]			混合车流中的大中型车和特大型 车由于速度较慢, 且大中型客车 发生事故的严重程度较大, 超过 40%取值 100 分
		20%~30%	[50, 75)			
		10%~20%	[25, 50)			
		小于 10%	[0, 25)			
	交通管 制区域 位置 X_{23}	位于隧道洞口或交通交织区前后 500m 范围内	[75, 100]			交通管制区域, 位于隧道洞口或 匝道前后 200m 范围内取值 100 分, 离隧道洞口或匝道前后超过 3000m 后, 可取 0 分
		离隧道洞口或交通交织区前后 500~1000m	[50, 75)			
		离隧道洞口或交通交织区前后 1000~2000m	[25, 50)			
		位于隧道洞口或交通交织区前后 2000~3000m	[0, 25)			
	路网分 流条件 X_{24}	路网分流条件较困难	[50, 100]			综合考虑可供路网分流的道路等 级、交通组织区和通行能力
		路网分流条件较好	[0, 50)			
	路段平 均纵坡 情况 X_{25}	3%	[75, 100]			考虑施工区域前方 2km 的平均纵 坡, 超过 4%取 100 分
		2%~3%	[50, 75)			
		1%~2%	[25, 50)			
		小于 1%	[0, 25)			

续表 F.0.4

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
路段 既有 交通 环境 X_2	路段圆 曲线半 径 X_{26}	小于 700m	[66, 100]			考虑施工区域前方 2km 最小圆曲线半径, 根据现行《公路路线设计规范》JTG D20, 1000m 为 120km/h 设计速度对应的圆曲线最小半径 (一般值), 700m 为 100km/h 对应的圆曲线最小半径 (一般值)
		700~1000m	[33, 66)			
		大于 1000m	[0, 33)			
自然 环境 条件 X_3	地质 条件 X_{31}	四~六类土、顺层边坡	[75, 100]			主要考虑施工方法和施工机械
		软土、淤泥质土	[50, 75)			
		松土 (砂类土、松散土)	[25, 50)			
		普通土 (黏性土、密实砂性土等)	[0, 25)			
	地下水 X_{32}	地下水位高于基坑底部, 且地下水丰富	[75, 100]			临河、湖、塘等水系且可能发生渗流的情况时, 可参照判定
		地下水位高于基坑底部, 且地下水贫乏	[50, 75)			
		地下水位低于基坑底部, 且地下水丰富	[25, 50)			
		地下水位低于基坑底部, 且地下水贫乏	[0, 25)			
	气候 条件 X_{33}	峡谷、沿海等极端气候事件多发区域, 对施工安全影响极大	[75, 100]			重点考虑大风、暴雨或其他不良气候发生的频率对施工安全影响
		气候环境较差, 大风、暴雨频发, 对施工安全影响较大	[50, 75)			
		气候环境一般, 对施工安全有一定影响, 但不显著	[25, 50)			
		气候环境良好, 对施工安全影响较小	[0, 25)			
交通 组织 方案 X_4	作业时间 长度 X_{41}	超过 10d	[75, 100]			考虑桩基施工时, 交通管制时间长度, 不影响交通的可取 0 分
		3~10d	[50, 75)			
		1~3d	[25, 50)			
		小于 1d	[0, 25)			
	占道 类型 X_{42}	封闭半幅车道	[75, 100]			施工期交通组织形式越复杂, 车辆伤害可能性越高
		仅占用内侧车道	[50, 75)			
		仅占用外侧车道	[25, 50)			
		占用公路硬路肩或其他	[0, 25)			

续表 F.0.4

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
施工方案 X_5	开挖支护 方式 X_{51}	放坡开挖	[50, 100]			支护结构对维持基坑稳定性起到关键作用
		支护结构开挖	[0, 50)			
	施工期 X_{52}	穿越雨季施工	[66, 100]			雨季施工, 影响基坑稳定性和施工区交通安全
		部分雨季施工	[33, 66)			
		非雨季施工	[0, 33)			

F.0.5 墩柱施工事故可能性评估

主要基于高处坠落、车辆伤害、支架模板坍塌等风险事故类型, 建立评估指标体系, 见表 F.0.5。

表 F.0.5 墩柱施工事故可能性评估指标体系

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
墩柱 设计 X_1	高度 X_{11}	$H \geq 40\text{m}$	[75, 100]			根据墩高线性取值
		$30\text{m} \leq H < 40\text{m}$	[50, 75)			
		$15\text{m} \leq H < 30\text{m}$	[25, 50)			
		$H < 15\text{m}$	[0, 25)			
	临近车 道或航 道 X_{12}	$D < 0.4H$	[75, 100]			D 为临近距离, H 为墩柱高度 (m) D/H 大于 1.2, 取值 0 分
		$0.4H \leq D < 0.6H$	[50, 75)			
		$0.8H \leq D < 1.0H$	[25, 50)			
		$D \geq 1.0H$	[0, 25)			
	位置 特征 X_{13}	山体斜坡	[66, 100]			重点考虑施工场地和材料运输的 布置难度
		场地较平整, 但临水地段	[33, 66)			
		场地较平整, 且为陆地	[0, 33)			
自然 环境 条件 X_2	气候 条件 X_{21}	峡谷、沿海等极端气候事件多发 区域, 对施工安全影响极大	[75, 100]			重点考虑大风、暴雨或其他不良 气候发生的频率对施工安全的影 响
		气候环境较差, 大风、暴雨频 发, 对施工安全影响较大	[50, 75)			
		气候环境一般, 对施工安全有一 定影响, 但不显著	[25, 50)			
		气候环境良好, 对施工安全影响 较小	[0, 25)			
施工 方案 X_3	上下通道 X_{31}	非定型爬梯	(50, 100]			
		定型爬梯	(0, 50]			
	模板 形式 X_{32}	支架模板法施工	[66, 100]			
		翻模施工	[33, 66)			
		爬模、滑模施工	[0, 33)			

续表 F.0.5

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
施工 方案 X_3	钢筋笼安 装 X_{33}	整体安装	[50, 100]			综合考虑钢筋笼吊装难度
		分段组装	[0, 50)			
	交通组 织方案 X_{34}	封闭半幅车道	[75, 100]			根据公路等级, 重点考虑通车路 段运行条件和防护措施对施工安 全的影响
		仅占用内侧车道	[50, 75)			
		仅占用外侧车道	[25, 50)			
		占用公路硬路肩或其他	[0, 25)			

F.0.6 梁板吊装施工事故可能性评估

主要基于起重伤害、坍塌、车辆伤害等风险事故类型, 建立评估指标体系, 见表 F.0.6。

表 F.0.6 梁板吊装施工事故可能性评估指标体系

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
梁板 设计 因素 X_1	重量 X_{11}	大于 100t	[75, 100]			大型构件重量过大, 且在高空作 业, 吨位越大危险系数越大
		50~100t	[50, 75)			
		30~50t	[25, 50)			
		小于 30t	[0, 25)			
	安装 高度 X_{12}	大于 30m	[75, 100]			高度越高, 危险系数越高, 吊机 空中转角的情况下, 风险程度加 剧
		20~30m	[50, 75)			
		10~20m	[25, 50)			
		小于 10m	[0, 25)			
	临近或 上跨公路 等级 X_{13}	高速公路	[66, 100]			考虑吊装场地、机械与既有公路 的空间位置关系和公路等级, 上 跨取高值, 临近和拼宽取低值
		国道、省道	[33, 66)			
		其他道路	[0, 33)			
路段 既有 交通 环境 X_2	公路现 状服务 水平 X_{21}	四级及以上服务水平	[75, 100]			服务水平达到四级及以上后, 车辆 运行明显受到交通流内其他车辆的 相互影响, 速度和驾驶的自由度受 到明显限制。可根据现行《公路路 线设计规范》JTG D20 进行相关计 算
		三级服务水平	[50, 75)			
		二级服务水平	[25, 50)			
		一级服务水平	[0, 25)			
	大中 型客车 比例 X_{22}	超过 30%	[75, 100]			混合车流中的大中型车和特大型 车由于速度较慢, 且大中型客车 发生事故的严重程度较大, 超过 40%取值 100 分
		20%~30%	[50, 75)			
		10%~20%	[25, 50)			
		小于 10%	[0, 25)			
	交通管 制区域 位置 X_{23}	位于隧道洞口或交通交织区前后 500m 范围内	[75, 100]			交通管制区域, 位于隧道洞口或 匝道前后 200m 范围内取值 100 分, 离隧道洞口或匝道前后超过 3000m 后, 可取 0 分
		离隧道洞口或交通交织区前后 500~1000m	[50, 75)			
		离隧道洞口或交通交织区前后 1000~2000m	[25, 50)			
		位于隧道洞口或交通交织区前后 2000~3000m	[0, 25)			

续表 F.0.6

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
路段既有交通环境 X_2	路网分流条件 X_{24}	路网分流条件较困难	[50, 100]			综合考虑可供路网分流的道路等级、交通组织区和通行能力
		路网分流条件较好	[0, 50)			
	路段平均纵坡情况 X_{25}	3%	[75, 100]			考虑施工区域前方 2km 的平均纵坡, 超过 4% 取 100 分
		2%~3%	[50, 75)			
		1%~2%	[25, 50)			
		小于 1%	[0, 25)			
	路段圆曲线半径 X_{26}	小于 700m	[66, 100]			考虑施工区域前方 2km 最小圆曲线半径, 根据现行《公路路线设计规范》JTG D20, 1000m 为 120km/h 设计速度对应的圆曲线最小半径 (一般值), 700m 为 100km/h 对应的圆曲线最小半径 (一般值)
		700~1000m	[33, 66)			
		大于 1000m	[0, 33)			
交通组织方案 X_3	作业时间长度 X_{31}	超过 10d	[75, 100]			考虑梁板安装时, 交通管制时间长度, 不影响交通的可取 0 分
		3~10d	[50, 75)			
		1~3d	[25, 50)			
		小于 1d	[0, 25)			
	交通组织方案 X_{32}	仅封闭单向部分车道	[75, 100]			主要考虑边通车边施工的安全性, 重点考虑距离和防护条件
		全封闭单向通车路段且通车路段与施工区域无中央分隔带	[50, 75)			
		全封闭单向通车路段, 且通车路段与施工区域有中央分隔带	[25, 50)			
		全封闭双向通车路段	[0, 25)			
自然环境条件 X_4	风力条件 X_{41}	区域大风或大风频发	[66, 100]			主要考虑大风、大风发生的频率对吊装安全的影响
		区域大风情况较多	[33, 66)			
		区域大风情况少	[0, 33)			
施工方案 X_5	吊装方式 X_{51}	双机抬吊	[50, 100]			双机抬吊, 不确定因素多, 协同要求高, 危险性大
		单机吊装	[0, 50)			

F.0.7 架桥机施工可能性评估

主要基于坍塌等风险事故类型，建立评估指标体系，见表 F.0.7。

表 F.0.7 架桥机安装作业事故可能性评估指标体系

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
梁板 设计 因素 X_1	重量 X_{11}	大于 100t	[75, 100]			大型构件重量过大，且在高空作业，吨位越大危险系数越大
		50~100t	[50, 75)			
		30~50t	[25, 50)			
		小于 30t	[0, 25)			
	安装 高度 X_{12}	大于 30m	[75, 100]			高度越高，危险系数越大，空中转角的情况下，风险程度加剧
		20~30m	[50, 75)			
		10~20m	[25, 50)			
		小于 10m	[0, 25)			
	临近或 上跨公 路等级 X_{13}	高速公路	[66, 100]			考虑施工场地、机械与既有公路的空间位置关系和公路等级，上跨取高值，临近和拼宽取低值
		国道、省道	[33, 66)			
		其他道路	[0, 33)			
	横坡 X_{14}	3%~6%	[50, 100]			
		0%~3%	[0, 50)			
	纵坡 X_{15}	3%~6%	[50, 100]			综合考虑架桥机的性能和桥梁线形
		0%~3%	[0, 50)			
路段 既有 交通 环境 X_2	公路现 状服务 水平 X_{21}	四级及以上服务水平	[75, 100]			服务水平达到四级及以上后，车辆运行明显受到交通流内其他车辆的相互影响，速度和驾驶的自由度受到明显限制。可根据现行《公路路线设计规范》JTG D20 进行相关计算
		三级服务水平	[50, 75)			
		二级服务水平	[25, 50)			
		一级服务水平	[0, 25)			
	大中型 客车 比例 X_{22}	超过 30%	[75, 100]			混合车流中的大中型车和特大型车由于速度较慢，且大中型客车发生事故的严重程度较大，超过 40%取值 100 分
		20%~30%	[50, 75)			
		10%~20%	[25, 50)			
		小于 10%	[0, 25)			
	交通管 制区域 位置 X_{23}	位于隧道洞口或交通交织区前后 500m 范围内	[75, 100]			交通管制区域，位于隧道洞口或匝道前后 200m 范围内取值 100 分，离隧道洞口或匝道前后超过 3000m 后，可取 0 分
		离隧道洞口或交通交织区前后 500~1000m	[50, 75)			
		离隧道洞口或交通交织区前后 1000~2000m	[25, 50)			
		位于隧道洞口或交通交织区前后 2000~3000m	[0, 25)			
	路网分 流条件 X_{24}	路网分流条件较困难	[50, 100]			综合考虑可供路网分流的道路等级、交通组织区和通行能力
		路网分流条件较好	[0, 50)			

续表 F.0.7

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
路段 既有 交通 环境 X_2	路段平 均纵坡 情况 X_{25}	3%	[75, 100]			考虑施工区域前方 2km 的平均纵坡, 超过 4%取 100 分
		2%~3%	[50, 75)			
		1%~2%	[25, 50)			
		小于 1%	[0, 25)			
	路段圆 曲线 半径 X_{26}	小于 700m	[66, 100]			考虑施工区域前方 2km 最小圆曲线半径, 根据现行《公路路线设计规范》JTG D20, 1000m 为 120km/h 设计速度对应的圆曲线最小半径 (一般值), 700m 为 100km/h 对应的圆曲线最小半径 (一般值)
		700~1000m	[33, 66)			
		大于 1000m	[0, 33)			
交通 组织 方案 X_3	作业时间长度 X_{31}	超过 10d	[75, 100]			考虑梁板安装时, 交通管制时间长度, 不影响交通的可取 0 分
		3~10d	[50, 75)			
		1~3d	[25, 50)			
		小于 1d	[0, 25)			
	交通组织方案 X_{32}	仅封闭单向部分车道	[75, 100]			主要考虑边通车边施工的安全性, 重点考虑距离和防护条件
		全封闭单向通车路段且通车路段与施工区域无中央分隔带	[50, 75)			
		全封闭单向通车路段, 且通车路段与施工区域有中央分隔带	[25, 50)			
		全封闭双向通车路段	[0, 25)			
自然 环境 条件 X_4	风力 条件 X_{41}	大于 40d	[75, 100]			根据大于或等于 6 级风的年平均日数划分, 大风对架桥机安全影响较大
		20~30d	[50, 75)			
		10~20d	[25, 50)			
		小于 10d	[0, 25)			
施工 方案 X_5	导梁形式 X_{51}	单导梁	[50, 100]			
		双导梁	[0, 50)			
	横向行走方式 X_{52}	墩顶移梁	[50, 100]			
		整机吊装横移动	[0, 50)			
	纵向行走方式 X_{53}	拖拉式	[50, 100]			
		步履式	[0, 50)			
	喂梁方式 X_{54}	侧向取梁型	[50, 100]			
		尾部喂梁型	[0, 50)			

F.0.8 挂篮悬臂浇筑施工可能性评估

主要基于坍塌等风险事故类型，建立评估指标体系，见表 F.0.8。

F.0.8 挂篮悬臂浇筑施工事故可能性评估指标体系

一级指标	二级指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
悬臂自身因素 X_1	主跨长度 X_{11}	大于 150m	[66, 100]			主跨越长，悬臂长度越大，危险性越高
		100~150m	[33, 66)			
		40~100m	[0, 33)			
	节段长度 X_{12}	大于 5m	[50, 100]			节段尺寸越大，危险性越高
		小于 5m	[0, 50)			
	节段宽度 X_{13}	大于 15m	[50, 100]			节段尺寸越大，危险性越高
		小于 15m	[0, 50)			
自然环境条件 X_2	气候条件 X_{21}	峡谷、沿海等极端气候事件多发区域，对施工安全影响极大	[75, 100]			重点考虑大风、暴雨或其他不良气候发生的频率对施工安全影响
		气候环境较差，大风、暴雨频发，对施工安全影响较大	[50, 75)			
		气候环境一般，对施工安全有一定影响，但不显著	[25, 50)			
		气候环境良好，对施工安全影响较小	[0, 25)			
施工方案 X_3	挂篮形式 X_{31}	三角挂篮	[50, 100]			
		菱形挂篮	[0, 50)			
	施工期 X_{32}	施工期穿越台风季节，且悬臂长度较长	[50, 100]			主要考虑大风季节，悬臂长度
		施工时间安排合理，合拢时间避开台风季节	[0, 50)			
	行走方式 X_{33}	两次行走到位	[50, 100]			
		一次行走到位	[0, 50)			
施工作业环境 X_4	上跨公路等级 X_{41}	高速公路	[66, 100]			
		国道、省道	[33, 66)			
		其他道路	[0, 33)			
	上跨航道等级 X_{42}	I级、II级	[75, 100]			
		III级、IV级	[50, 75)			
		V级、VI级	[25, 50)			
		VII级及等外	[0, 25)			

F.0.9 支架现浇施工可能性评估

主要基于支架坍塌、车辆伤害等风险事故类型，建立评估指标体系，见表 F.0.9。

表 F.0.9 支架现浇施工事故可能性评估指标体系

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
支架 设计 X_1	支架 高度 X_{11}	$H \geq 15\text{m}$	[75, 100]			按支架实际高度、跨度，比照基本分综合判定
		$8\text{m} \leq H < 15\text{m}$	[50, 75)			
		$5\text{m} \leq H < 8\text{m}$	[25, 50)			
		$H < 5\text{m}$	[0, 25)			
	搭设 跨度 X_{12}	$L \geq 18\text{m}$	[66, 100]			
		$10\text{m} \leq L < 18\text{m}$	[33, 66)			
		$L < 10\text{m}$	[0, 33)			
	临近公 路等级 X_{13}	高速公路	[66, 100]			根据公路等级，重点考虑通车路段运行条件和防护措施对施工安全的影响
		国道、省道	[33, 66)			
		其他道路	[0, 33)			
	支架 位置 X_{14}	侵入行车界限，影响车道的限高或限宽，需占道施工	[66, 100]			主要考虑支架搭设完成后对公路安全的影响，主要考虑与行车界限的净距
		离公路行车界限较近，可能影响行车视距	[33, 66)			
		远离公路行车界限，对行车安全影响较小	[0, 33)			
自然 环境 条件 X_2	气候 条件 X_{21}	峡谷、沿海等极端气候事件多发区域，对施工安全影响极大	[75, 100]			重点考虑大风、暴雨或其他不良气候发生的频率对施工安全影响
		气候环境较差，大风、暴雨频发，对施工安全影响较大	[50, 75)			
		气候环境一般，对施工安全有一定影响，但不显著	[25, 50)			
		气候环境良好，对施工安全影响较小	[0, 25)			
	地质 条件 X_{22}	深厚膨胀土、软土或砂砾地层，严重影响施工安全及进度	[66, 100]			主要考虑不良地质对支架基础稳定性的影响
		存在膨胀土、软土或砂砾地层，影响施工安全及进度	[33, 66)			
		地质条件较好，基本不影响施工安全及进度	[0, 33)			
路段 既有 交通 环境 X_3	公路现 状服务 水平 X_{31}	四级及以上服务水平	[75, 100]			服务水平达到四级及以上后，车辆运行明显受到交通流内其他车辆的相互影响，速度和驾驶的自由度受到明显限制。可根据现行《公路路线设计规范》JTG D20 进行相关计算
		三级服务水平	[50, 75)			
		二级服务水平	[25, 50)			
		一级服务水平	[0, 25)			

续表 F.0.9

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
路段 既有 交通 环境 X_3	大中型 客车 比例 X_{32}	超过 30%	[75, 100]			混合车流中的大中型车和特大型车由于速度较慢, 且大中型客车发生事故的严重程度较大, 超过 40%取值 100 分
		20%~30%	[50, 75)			
		10%~20%	[25, 50)			
		小于 10%	[0, 25)			
	交通管 制区域 位置 X_{33}	位于隧道洞口或交通交织区前后 500m 范围内	[75, 100]			交通管制区域, 位于隧道洞口或匝道前后 200m 范围内取值 100 分, 离隧道洞口或匝道前后超过 3000m 后, 可取 0 分
		离隧道洞口或交通交织区前后 500~1000m	[50, 75)			
		离隧道洞口或交通交织区前后 1000~2000m	[25, 50)			
		位于隧道洞口或交通交织区前后 2000~3000m	[0, 25)			
	路网分流 条件 X_{34}	路网分流条件较困难	[50, 100]			综合考虑可供路网分流的道路等级、交通组织区和通行能力
		路网分流条件较好	[0, 50)			
	路段平 均纵坡 情况 X_{35}	3%	[75, 100]			考虑施工区域前方 2km 的平均纵坡, 超过 4%取 100 分
		2%~3%	[50, 75)			
		1%~2%	[25, 50)			
		小于 1%	[0, 25)			
	路段圆 曲线半 径 X_{36}	小于 700m	[66, 100]			考虑施工区域前方 2km 最小圆曲线半径, 根据现行《公路路线设计规范》JTG D20, 1000m 为 120km/h 设计速度对应的圆曲线最小半径 (一般值), 700m 为 100km/h 对应的圆曲线最小半径 (一般值)
		700~1000m	[33, 66)			
		大于 1000m	[0, 33)			
交通 组织 方案 X_4	作业时间长度 X_{41}	超过 10d	[75, 100]			考虑交通管制时间长度, 不影响交通的可取 0 分
		3~10d	[50, 75)			
		1~3d	[25, 50)			
		小于 1d	[0, 25)			
	占道类型 X_{42}	封闭半幅车道	[75, 100]			主要考虑支架搭设和拆除过程中交通组织形式
		仅占用内侧车道	[50, 75)			
		仅占用外侧车道	[25, 50)			
		占用公路硬路肩或其他	[0, 25)			

F.0.10 桥梁拆除施工可能性评估

主要基于坍塌、高处坠落等风险事故类型，建立评估指标体系，见表 F.0.10。

表 F.0.10 桥梁拆除施工事故可能性评估指标体系

一级指标	二级指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
桥梁自身因素 X_1	桥梁使用功能 X_{11}	高速互通区匝道桥	[75, 100]			主要考虑，桥梁拆除后对既有道路功能使用的影响
		分离式立交	[50, 75)			
		车行天桥	[25, 50)			
		人行天桥	[0, 25)			
	桥梁结构形式 X_{12}	其他复杂桥梁	[75, 100]			桥型越复杂，施工工艺越复杂
		拱桥	[50, 75)			
		现浇连续梁桥、钢构桥	[25, 50)			
		简支梁桥	[0, 25)			
桥梁自身因素 X_1	桥梁高度 X_{13}	$H \geq 30\text{m}$	[75, 100]			拆除高度对施工安全有显著的影响
		$20\text{m} \leq H < 30\text{m}$	[50, 75)			
		$10\text{m} \leq H < 20\text{m}$	[25, 50)			
		$H < 10\text{m}$	[0, 25)			
	桥梁跨度 X_{14}	最大单孔跨径 $L_k > 150\text{m}$	[75, 100]			桥跨越大，拆除时坍塌风险越高
		$40\text{m} \leq \text{最大单孔跨径 } L_k \leq 150\text{m}$	[50, 75)			
		最大单孔跨径 $L_k < 40\text{m}$	[0, 50)			
自然环境条件 X_2	风力条件 X_{21}	区域大风或大风频发	[66, 100]			根据大于或等于 6 级风的年平均日数划分，大风对桥梁拆除稳定性影响较大
		区域大风情况较多	[33, 66)			
		区域大风情况少	[0, 33)			
施工方案 X_3	拆除工艺 X_{31}	爆破拆除	[66, 100]			
		炮头机破碎	[33, 66)			
		机械切割、吊装移除	[0, 33)			
	拆除顺序 X_{32}	桥梁上部结构，分段多次拆除	[50, 100]			桥梁上部结构拆除时间跨度越长，越不稳定，一跨的拆除易导致另一跨失稳
		桥梁上部结构，一次拆除完成	[0, 50)			
交通组织方案 X_4	交通组织方案 X_{41}	仅封闭单向部分车道	[75, 100]			施工区域与行车道越远越安全
		全封闭单向通车路段且通车路段与施工区域无中央分隔带	[50, 75)			
		全封闭单向通车路段，且通车路段与施工区域有中央分隔带	[25, 50)			
		全封闭双向通车路段	[0, 25)			

续表 F.0.10

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系 数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
路段 既有 交通 环境 X_5	公路现 状服务 水平 X_{51}	四级及以上服务水平	[75, 100]			服务水平达到四级及以上后, 车辆运行明显受到交通流内其他车辆的相互影响, 速度和驾驶的自由度受到明显限制。可根据现行《公路路线设计规范》JTG D20 进行相关计算
		三级服务水平	[50, 75)			
		二级服务水平	[25, 50)			
		一级服务水平	[0, 25)			
	大型车 比例 X_{52}	超过 30%	[75, 100]			混合车流中的大中型车和特大型车由于速度较慢, 它们在交通流中的比例越大, 对小型车的运行速度的影响就相应增加。超过 50% 取值 100 分
		20%~30%	[50, 75)			
		10%~20%	[25, 50)			
		小于 10%	[0, 25)			
	交通管 制区域 位置 X_{53}	位于隧道洞口或交通交织区前后 500m 范围内	[75, 100]			交通管制区域, 位于隧道洞口或匝道前后 200m 范围内取值 100 分, 离隧道洞口或匝道前后超过 3000m 后, 可取 0 分
		离隧道洞口或交通交织区前后 500~1000m	[50, 75)			
		离隧道洞口或交通交织区前后 1000~2000m	[25, 50)			
		位于隧道洞口或交通交织区前后 2000~3000m	[0, 25)			
路段 既有 交通 环境 X_5	路网分 流条件 X_{54}	路网分流条件较困难	[50, 100]			综合考虑可供路网分流的道路等级、交通组织区和通行能力
		路网分流条件较好	[0, 50)			
	路段平 均纵坡 情况 X_{55}	3%	[75, 100]			考虑施工区域前方 2km 的平均纵坡, 超过 4% 取 100 分
		2%~3%	[50, 75)			
		1%~2%	[25, 50)			
		小于 1%	[0, 25)			
	路段圆 曲线 半径 X_{56}	小于 700m	[66, 100]			考虑施工区域前方 2km 最小圆曲线半径, 根据现行《公路路线设计规范》JTG D20, 1000m 为 120km/h 设计速度对应的圆曲线最小半径 (一般值), 700m 为 100km/h 对应的圆曲线最小半径 (一般值)
		700~1000m	[33, 66)			
		大于 1000m	[0, 33)			

附 录 G

(资料性)

高速公路改扩建边坡工程常见施工作业及典型风险事件类型

表 G.0.1 常见施工作业典型风险事件类型

作业活动	风险事件								
	边坡失稳	塌方	高处坠落	机械伤害	中毒窒息	物体打击	脚手架坍塌	爆破伤害	涌水突泥
边坡土方开挖	✓		✓	✓					
边坡石方爆破	✓		✓	✓				✓	
地表排水系统			✓						
锚固工程施工	✓		✓			✓			
抗滑挡墙				✓		✓			
抗滑桩			✓	✓		✓			
预应力锚索抗滑桩			✓	✓		✓			
土钉墙			✓	✓		✓			
注浆微型桩			✓	✓		✓			
排水隧洞（以预制构件拼装为例）				✓		✓			
坡面防护			✓	✓		✓			
坡面骨架防护			✓	✓					
坡面植物防护			✓						

附录 H

(资料性)

高速公路改扩建边坡工程常见重大作业活动可能性评估指标

H.0.1 边坡开挖施工

边坡开挖施工事故可能性评估，主要基于车辆伤害、边坡失稳、塌方、坡面病害事故等，可参见表 H.0.1。

表 H.0.1 边坡开挖施工事故可能性评估指标体系

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
既有边坡情况 X_1	既有边坡变形破坏情况 X_{11}	边坡上有长大贯通裂缝，整体变形趋向于贯通，随时有整体失稳的可能	[75, 100]			还可根据监测资料或现场踏勘进行判定
		边坡上有断断续续的裂缝，表现出有整体失稳的可能	[50, 75)			
		边坡上出现局部变形迹象，但可能发展为整体变形	[25, 50)			
		边坡上出现局部变形迹象，不可能发展为整体变形	[0, 25)			
	需拆除的原支护方式 X_{12}	抗滑桩、预应力锚固工程	[66, 100]			根据拆除支护方法的难易程度确定
		注浆工程、挡土墙工程	[33, 66)			
		其他非主要受力支护结构	[0, 33)			
边坡规模 X_2	边坡高度 X_{21}	土质边坡 $H \geq 40\text{m}$ ，岩质边坡 $H \geq 60\text{m}$	[75, 100]			
		土质边坡 $30\text{m} \leq H < 40\text{m}$ ，岩质边坡 $40\text{m} \leq H < 60\text{m}$	[50, 75)			
		土质边坡 $20\text{m} \leq H < 30\text{m}$ ，岩质边坡 $30\text{m} \leq H < 40\text{m}$	[25, 50)			
		土质边坡 $H < 20\text{m}$ ，岩质边坡 $H < 30\text{m}$	[0, 25)			
	坡形坡率 X_{22}	路堑边坡超过所在自然斜坡的比拟坡坡度值 $\Delta\alpha \geq 15^\circ$	[75, 100]			自然坡斜坡的比拟坡是广义的概念，可选择当地极限稳定坡、稳定坡或所在自然坡的坡度。 $\Delta\alpha \geq 25^\circ$ 时，分值为100，其他分值可按 $\Delta\alpha$ 实际值线性内插取值
		$10^\circ \leq \Delta\alpha < 15^\circ$	[50, 75)			
		$5^\circ \leq \Delta\alpha < 10^\circ$	[25, 50)			
		$\Delta\alpha < 5^\circ$	[0, 25)			

续表 H. 0. 1

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
边坡 开挖 X_3	开挖 方法 X_{31}	石方炸药爆破开挖	[75, 100]			爆破震动对边坡扰动大, 不利于边坡稳定, 风险大。岩质边坡的开挖宜采用控制爆破; 当周边环境要求高时可采用机械破碎开挖。当开挖边坡高陡时取大值
		石方静态爆破开挖	[50, 75)			
		石方机械开挖	[25, 50)			
		土方开挖	[0, 25)			
	工序 衔接 X_{32}	无序开挖	[75, 100]			考虑开挖过程中边坡的临时稳定性
		开挖多级再加固防护	[50, 75)			
		开挖二级再加固防护	[25, 50)			
		开挖一级即加固防护	[0, 25)			
	扩宽 方式 X_{33}	分级开挖、分级防护	[66, 100]			考虑对边坡的扰动体积
		小面积放坡开挖	[33, 66)			
		只开挖最下级边坡	[0, 33)			
地质 条件 X_4	坡体 结构 X_{41}	镶嵌或破碎、顺向坡	[66, 100]			地勘资料、设计文件、现场勘查
		反向坡	[33, 66)			
		斜交坡或横交坡	[0, 33)			
	地层 岩性 X_{42}	易滑及软弱地层、强崩解性地层	[75, 100]			综合判断地层岩性及其分层情况对边坡稳定性的影响, 若洞口附近有古滑坡, 应取高限值
		第四系覆盖层	[50, 75)			
		软质岩	[25, 50)			
		硬质岩	[0, 25)			
	地下水 X_{43}	附近水源丰富, 且地下水位浅层分布, 施工需穿越	[75, 100]			根据地勘资料和现场调查综合判断地下水的丰富程度
		地下水浅层分布, 施工需穿越	[50, 75)			
		地下水深层分布, 施工基本不可能穿越	[25, 50)			
		镶嵌或破碎	[0, 25)			
诱发 因素 X_5	施工 季节 X_{51}	雨季施工, 施工周期内出现暴雨; 或施工地区过去 5 年内年均降雨超过 800mm	[75, 100]			根据边坡所在区域的降雨等级进行确定。如没有过去 5 年内年均降雨量资料, 可用当地的年降雨量数据代替 5 年内年均降雨超过 1000mm, 分值为 100, 其他分值可按实际值线性内插取值
		雨季施工, 施工周期内出现大雨; 或施工地区过去 5 年内年均降雨 600~800mm	[50, 75)			
		雨季施工, 施工周期内出现中雨; 或施工地区过去 5 年内年均降雨 300~600mm	[25, 50)			
		旱季施工; 施工周期内出现小雨或不降雨; 或施工地区过去 5 年内年均降雨不超过 300mm	[0, 25)			

续表 H.0.1

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
诱发 因素 X_5	自然灾 害影响 X_{52}	自然灾害频繁发生	[75, 100]			施工区域的自然灾害多发季节取 大值
		自然灾害多发	[50, 75)			
		自然灾害偶发	[25, 50)			
		自然灾害很少	[0, 25)			
施工 环境 X_6	施工 周边环境 X_{61}	在坡顶开挖线以外 $0.5H$ 、路基 下方 $1.0H$ 范围内有地表建筑 物、地下埋藏物、高压线塔、 水体设施	[75, 100]			建筑物距离边坡近的取大值，远 的取小值
		在坡顶开挖线以外 $1.0H$ ，路基 下方 $1.5H$ 范围内有地表建筑 物、地下埋藏物、高压线塔、 水体等设施	[50, 75)			
		在坡顶开挖线以外 $1.5H$ ，路基 下方 $2.0H$ 范围内有地表建筑 物、地下埋藏物、高压线塔、 水体等设施	[25, 50)			
		设施位于上述范围以外	[0, 25)			
路段 既有 交通 环境 X_7	公路 现状 服务 水平 X_{71}	四级及以上服务水平	[75, 100]			服务水平达到四级及以上后，车 辆运行明显受到交通流内其他车 辆的相互影响，速度和驾驶的自 由度受到明显限制。可根据现行 《公路路线设计规范》JTG D20 进行相关计算
		三级服务水平	[50, 75)			
		二级服务水平	[25, 50)			
		一级服务水平	[0, 25)			
	大型车 比例 X_{72}	$>30\%$	[75, 100]			混合车流中的大中型车和特大型 车由于速度较慢，它们在交通流 中的比例越大，对小型车的运行 速度的影响就相应增加。超过 50%取值 100 分
		$20\% \sim 30\%$	[50, 75)			
		$10\% \sim 20\%$	[25, 50)			
		$<10\%$	[0, 25)			
	路网分 流条件 X_{73}	路网分流条件较困难	[66, 100]			综合考虑可供路网分流的道路等 级及其通行能力
		路网分流条件一般	[33, 66)			
		路网分流条件较好	[0, 33)			
	路段 平均 纵坡 情况 X_{74}	$>3\%$	[75, 100]			考虑施工区域前方 2km 的平均 纵坡，超过 4%取 100 分
		$2\% \sim 3\%$	[50, 75)			
		$1\% \sim 2\%$	[25, 50)			
		$<1\%$	[0, 25)			
	路段圆 曲线 半径 X_{75}	小于设计速度对应圆曲线最小 半径一般值	[66, 100]			考虑施工区域前方 2km 最小圆 曲线半径，小于 400m 取 100 分
		设计速度对应圆曲线最小半径 一般值至 1000m	[33, 66)			
		大于 1000m	[0, 33)			

H.0.2 预应力锚固施工

预应力锚固施工事故可能性评估，主要基于边坡失稳（滑坡、坍塌、崩塌等）、塌方（边坡开挖引起的坍塌）、高处坠落等事故，建立评估指标体系，可参见表 H.0.2。

表 H.0.2 预应力锚固施工事故可能性评估指标体系

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
作业 几何 因素 X_1	作业 高度 X_{11}	$H > 16\text{m}$	[75, 100]			作业区高度大，施工安全风险大。 $H \geq 20\text{m}$ ，分值为 100，其他按线性内插法取值
		$12\text{m} < H \leq 16\text{m}$	[50, 75)			
		$8\text{m} < H \leq 12\text{m}$	[25, 50)			
		$H \leq 8\text{m}$	[0, 25)			
	作业 坡度 X_{12}	$\alpha > 60^\circ$	[75, 100]			$\alpha \geq 70^\circ$ ，分值为 100，其他按线性内插法取值
		$45^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	[50, 75)			
		$30^\circ < \alpha \leq 45^\circ$	[25, 50)			
		$\alpha \leq 30^\circ$	[0, 25)			
	钻孔 深度 X_{13}	$L > 40\text{m}$	[75, 100]			有地下水、破碎、软弱的地层取大值，反之取小值。 $L \geq 60\text{m}$ ，分值为 100，其他按线性内插法取值
		$30\text{m} < L \leq 40\text{m}$	[50, 75)			
		$20\text{m} < L \leq 30\text{m}$	[25, 50)			
		$L \leq 20\text{m}$	[0, 25)			
锚固 结构 X_2	锚固结构类型 X_{21}	拉压混合型锚索 (a 型)	[75, 100]			a 型锚索结构和施工工艺复杂，易出现质量隐患；b 型锚索承压板接触处的锚固体受压集中，要求抗压强度高
		压力型锚索 (b 型)	[50, 75)			
		拉力型锚索 (c 型)	[25, 50)			
		锚杆	[0, 25)			
	锚固反力结构 X_{22}	垫墩	[75, 100]			地梁、垫墩整体性较差，安全风险较大，框架和桩的整体性较好，风险较小
		地梁	[50, 75)			
		框架	[25, 50)			
		抗滑桩	[0, 25)			
地质 环境 X_3	锚固段 地层 X_{31}	软土层，含水易缩孔	[75, 100]			根据成孔的难易程度确定
		松散、破碎体，含水易坍孔	[50, 75)			
		软质岩层	[25, 50)			
		其他地层	[0, 25)			
	地下水 X_{32}	水位高度占锚固段 2/3 以上钻孔范围	[75, 100]			根据施工中锚固段的地下水承压范围确定。水位高度占锚固段 4/5 以上钻孔范围，分值为 100，其他按线性内插法取值
		水位高度占锚固段 1/3 以上钻孔范围	[50, 75)			
		水位高度占锚固段 1/10 ~ 1/3 钻孔范围	[25, 50)			
		水位高度占锚固段小于 1/10 钻孔范围	[0, 25)			

续表 H. 0. 2

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
施工方案 X_4	工序 衔接 X_{41}	开挖多级锚固多级	[75, 100]			边坡分段开挖取小值, 否则取大值
		开挖 2 级锚固 2 级	[50, 75)			
		开挖 1 级锚固 1 级	[25, 50)			
		逐级边坡分层开挖和锚固	[0, 25)			
	钻孔 方法 X_{42}	泵送水水钻	[75, 100]			钻孔方法和地层条件有关, 一般情况下要求风动干钻
		人工送水水钻	[50, 75)			
		螺旋钻进	[25, 50)			
		风动干钻	[0, 25)			
	脚手架 X_{43}	脚手架高度 $H > 24\text{m}$	[75, 100]			脚手架基础不平整、地基软取大值, 坡度陡取大值, 反之, 取小值。加固方式为与山体固定连接, 材料为钢管扣件取小值, 反之, 取大值。脚手架高度 $H \geq 30\text{m}$, 分值为 100, 其他按线性内插法取值
		$16\text{m} < H \leq 24\text{m}$	[50, 75)			
		$8\text{m} < H \leq 16\text{m}$	[25, 50)			
		$H \leq 8\text{m}$	[0, 25)			
施工环境 X_5	周边环境 X_{51}	钻孔深度范围内的地下和地表有一级工程	[75, 100]			一至三级工程等级参照《岩土工程勘察规范 (2009 年版)》GB 50021—2001
		钻孔深度范围内的地下和地表有二级工程	[50, 75)			
		钻孔深度范围内的地下和地表有三级工程	[25, 50)			
		无任何人工建筑	[0, 25)			
	气候条件 X_{52}	施工期很长, 有雨、雾、雪、霜、冰冻天气	[75, 100]			两种及以上不利施工的天气环境同时存在取大值, 其他取小值
		施工期长, 经历雨季, 无雾、雪、霜、冰冻天气	[50, 75)			
		施工期短, 不经历雨季, 有雾、雪、霜、冰冻天气	[25, 50)			
		施工期段, 无雨、雾、雪、霜、冰冻天气	[0, 25)			
	风力条件 X_{53}	风力五级以上	[75, 100]			边坡处于迎风面、风口地带取大值, 反之取小值
		风力四级	[50, 75)			
		风力三级	[25, 50)			
		风力三级以下	[0, 25)			

H.0.3 人工挖孔抗滑桩施工

人工挖孔抗滑桩施工事故可能性评估，主要基于塌方、高处坠落、气体中毒等事故，建立评估指标体系，可参见表 H.0.3。

表 H.0.3 人工挖孔抗滑桩施工事故可能性评估指标体系

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
桩体 类型 X_1	桩长 X_{11}	$L \geq 35\text{m}$	[75, 100]			$L \geq 45\text{m}$ ，分值为 100，其他按线性内插法取值
		$25\text{m} \leq L < 35\text{m}$	[50, 75)			
		$15\text{m} \leq L < 25\text{m}$	[25, 50)			
		$L < 15\text{m}$	[0, 25)			
	桩型 X_{12}	钢架式(门型、H 型、排架式)	[75, 100]			根据结构复杂情况和受力模式确定
		深埋式	[50, 75)			
		全埋式	[25, 50)			
		悬臂式	[0, 25)			
地质 环境 X_2	地层 条件 X_{21}	砂层、软土、松土，含水	[75, 100]			根据开挖过程中是否会发生缩壁、坍孔、突泥涌水具体确定
		砂层、软土、松土，潮湿	[50, 75)			
		四~六类土（爆破法）	[25, 50)			
		其他地层	[0, 25)			
	地形 条件 X_{22}	陡于 30°的斜坡	[75, 100]			结合周围地形条件确定。陡于 40°的斜坡，分值为 100，其他按线性内插法取值
		陡于 20°、缓于 30°的斜坡	[50, 75)			
		陡于 10°、缓于 20°的斜坡	[25, 50)			
		缓于 10°的平坡	[0, 25)			
	地下水 X_{23}	管道式涌水	[75, 100]			结合施工现场地下水出露情况进行判断
		线状~股状流水	[50, 75)			
		线状流水	[25, 50)			
		干~滴渗水	[0, 25)			
施工 方案 X_3	桩孔 施工 X_{31}	无护壁开挖	[75, 100]			每层开挖高度根据地层岩性和含水状态确定，确保开挖和护壁过程中，桩孔自稳，一般 0.5~1.0m。在完整岩体中的开挖，不受该指标限值，从现场和施工组织材料确定桩孔施工护壁情况
		开挖多层护壁多层	[50, 75)			
		开挖两层护壁两层	[25, 50)			
		开挖一层护壁一层	[0, 25)			
	跳槽 施工 X_{32}	不跳槽施工	[75, 100]			雨季施工取大值；旱季施工取小值
		跳一根施工多根	[50, 75)			
		跳一根施工两根	[25, 50)			
		跳一根施工一根	[0, 25)			
施工 环境 X_4	有毒有 害气体 X_{41}	存在有毒有害气体分布，短期内造成人员伤亡	[75, 100]			根据硫化氢、瓦斯、一氧化碳、二氧化碳等含量具体判定
		存在有毒有害气体分布，长期内造成人员伤亡	[50, 75)			

续表 H. 0. 3

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
施工 环境 X_4	有毒有 害气体 X_{41}	存在有毒有害气体分布，短期 内危害身体健康	[25, 50)			根据硫化氢、瓦斯、一氧化碳、 二氧化碳等含量具体判定
		存在有毒有害气体分布，长期 内危害身体健康	[0, 25)			
	周边 环境 X_{42}	在滑坡体或已变形边坡抢险挖 桩加固	[75, 100]			水体经常性水位在桩深一半以上 时，或距离桩位小于 10m 的取 大值，其他取小值
		桩位附近河、湖等水体高，且 水力联系好	[50, 75)			
		桩位附近河、湖等水体高，且 水力联系较好	[25, 50)			
		桩位附近河、湖等水体高，且 水力联系一般	[0, 25)			
	通风 照明 X_{43}	需要通风照明，但无通风照明 措施	[75, 100]			根据现场通风照明情况确定
		空气污浊，光线昏暗	[50, 75)			
		有较好的通风照明措施	[25, 50)			
		桩孔较浅，不需通风照明	[0, 25)			

H. 0. 4 抗滑挡墙施工

抗滑挡墙施工事故可能性评估，主要基于塌方事故等，建立评估指标体系，可参见表 H. 0. 4。

表 H. 0. 4 抗滑挡墙施工事故可能性评估指标体系

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
墙体 因素 X_1	墙高 X_{11}	$H > 12\text{m}$	[75, 100]			重力式挡墙取大值，锚杆挡墙取 小值。 $H \geq 16\text{m}$ ，分值为 100， 其他按线性内插法取值
		$10\text{m} < H \leq 12\text{m}$	[50, 75)			
		$8\text{m} < H \leq 10\text{m}$	[25, 50)			
		$H \leq 8\text{m}$	[0, 25)			
	结构 类型 X_{12}	加筋土挡墙	[75, 100]			根据挡墙施工的难易程度确定
		锚碇板、锚杆挡土墙	[50, 75)			
		扶壁式、悬臂式挡土墙	[25, 50)			
		重力式挡土墙	[0, 25)			
	基础 埋深 X_{13}	$h_0 > 4\text{m}$	[75, 100]			根据开挖过程中是否出现塌方确 定。 $h_0 \geq 5\text{m}$ ，分值为 100，其他 按线性内插法取值
		$2.5\text{m} < h_0 \leq 4\text{m}$	[50, 75)			
		$1.5\text{m} < h_0 \leq 2.5\text{m}$	[25, 50)			
		$h_0 \leq 1.5\text{m}$	[0, 25)			

续表 H. 0. 4

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
地质 环境 X_2	基础 地层 条件 X_{21}	一、二类土	[75, 100]			结合含水状态和开挖自稳情况确定
		三、四类土	[50, 75)			
		四、五类土	[25, 50)			
		六类土	[0, 25)			
	持力层 地质 符合性 X_{22}	不符合 (实际岩性强度更低、稳定性更差)	[75, 100]			符合性根据: $\leq 30\%$, $30\% \sim 50\%$, $50\% \sim 70\%$, $\geq 70\%$ 为界限进行判断
		小部分符合	[50, 75)			
		基本符合	[25, 50)			
		符合	[0, 25)			
	地下水 条件 X_{23}	基础在地下水位以下 4m	[75, 100]			根据地下水是否造成开挖过程的塌方及永久排水的难易程度确定。基础在地下水位以下 5m, 分值为 100, 其他按线性内插法取值
		基础在地下水位以下 2~4m	[50, 75)			
		基础在地下水位以下 0~2m	[25, 50)			
		基础在地下水位以上	[0, 25)			
施工 方案 X_3	开挖 分段 方式 X_{31}	分段开挖长度 $L > 12\text{m}$	[75, 100]			主要考虑开挖对边坡稳定的影响
		$10\text{m} < L \leq 12\text{m}$	[50, 75)			
		$8\text{m} < L \leq 10\text{m}$	[25, 50)			
		$L \leq 8\text{m}$	[0, 25)			
	脚手架 X_{32}	脚手架高度 $H > 16\text{m}$	[75, 100]			脚手架基础不平整取大值, 地基软取大值, 坡度陡取大值, 反之, 取小值。加固方式为与山体固定连接, 材料为钢管扣件取小值, 反之, 取大值。脚手架高度 $H \geq 20\text{m}$, 分值为 100, 其他按线性内插法取值
		$10\text{m} < H \leq 16\text{m}$	[50, 75)			
		$6\text{m} < H \leq 10\text{m}$	[25, 50)			
		$H \leq 6\text{m}$	[0, 25)			
施工 环境 X_4	周边 环境 X_{41}	在滑坡体或已变形的边坡进行挖桩施工	[75, 100]			水位在基础底面以上时或距开挖边小于 10m 的取大值, 其他取小值
		基础附近河、湖等水体高, 且水力联系好	[50, 75)			
		基础附近河、湖等水体高, 且水力联系较好	[25, 50)			
		基础附近河、湖等水体高, 且水力联系一般	[0, 25)			

H. 0. 5 边坡注浆加固施工

边坡注浆加固施工事故可能性评估, 主要基于边坡失稳、机械伤害等, 建立评估指标体系, 可参见表 H. 0. 5。

表 H.0.5 边坡注浆加固施工事故可能性评估指标体系

一级 指标	二级 指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	说明
			分值范围	取值		
微型 桩尺 寸 X_1	微型 桩径 X_{11}	桩径 $R > 30\text{cm}$	[75, 100]			孔径大施工难度大, 风险大。桩径 $R \geq 36\text{cm}$, 分值为 100, 其他按线性内插法取值
		$20\text{cm} < R \leq 30\text{cm}$	[50, 75)			
		$10\text{cm} < R \leq 20\text{cm}$	[25, 50)			
		$R \leq 10\text{cm}$	[0, 25)			
边坡 因素 X_2	边坡地 层条件 X_{21}	松软、富水	[75, 100]			松软、破碎、富水三种条件有其一的取小值, 有其二以上的取大值
		破碎、富水	[50, 75)			
		松软、破碎	[25, 50)			
		其他	[0, 25)			
	边坡稳 定状态 X_{22}	边坡处于滑动阶段	[75, 100]			病害边坡处于变形之中, 安全风险大
		边坡在外部条件诱发下极易滑动	[50, 75)			
		边坡处于暂时稳定状态, 外部条件诱发下较易滑动	[25, 50)			
		边坡未滑动	[0, 25)			
施工 方案 X_3	注浆 方法 X_{31}	多次间歇式注浆	[75, 100]			注浆次数对边坡稳定影响大, 风险大
		多次劈裂注浆	[50, 75)			
		二次劈裂注浆	[25, 50)			
		一次常压注浆	[0, 25)			
	注浆 压力 X_{32}	注浆压力 $P > 5.0\text{MPa}$	[75, 100]			注浆压力对边坡稳定影响大, 风险大。 注浆压力 $P \geq 5.5\text{MPa}$, 分值为 100, 其他按线性内插法取值
		$3.0\text{MPa} < P \leq 5.0\text{MPa}$	[50, 75)			
		$1.0\text{MPa} < P \leq 3.0\text{MPa}$	[25, 50)			
		$P \leq 1.0\text{MPa}$	[0, 25)			
施工 环境 X_4	施工场 地环境 X_{41}	注浆站与施工人员不通视, 噪声大	[75, 100]			通视和噪声条件有其中一项不利于安全的取小值, 有两项的取大值
		注浆站与施工人员不通视, 噪声小	[50, 75)			
		注浆站与施工人员通视, 噪声大	[25, 50)			
		注浆站与施工人员通视, 噪声小	[0, 25)			
	周边 环境 X_{42}	注浆区附近河、湖等水体高, 且水力联系好	[75, 100]			水位在基础底面以上时或距离开挖边坡小于 10m 的取大值, 其他取小值
		注浆区附近河、湖等水体高, 且水力联系较好	[50, 75)			
		注浆区附近河、湖等水体高, 且水力联系一般	[25, 50)			
		注浆区附近河、湖等水体低, 或无水力联系的水体	[0, 25)			

选择一项。