



T/CECS G: QXX—XX—20XX

中国工程建设协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

高速公路改扩建施工安全风险评估标准

Standard of Safety Risk Assessment of Expressway Reconstruction
and Expansion Construction

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

中国工程建设协会标准

高速公路改扩建施工安全风险评估标准

Standard of Safety Risk Assessment of Expressway Reconstruction
and Expansion Construction

(征求意见稿)

T/CECS G: QXX—XX—20XX

主编单位：浙江台州沈海高速公路有限公司

参编单位：交通运输部公路科学研究院

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：20XX年XX月XX日

人民交通出版社股份有限公司

北京

中国工程建设标准化协会

公告

第 XXXX 号

关于发布《高速公路改扩建施工安全风险评估标准》的公告

根据中国工程建设标准化协会公路分会《关于 xxx 的通知》(xxx 号)的要求,由浙江台州沈海高速公路有限公司等单位编制的《高速公路改扩建施工安全风险评估标准》经协会公路分会组织审查,现批准发布,编号为 T/CECS G:0XX—0X—20XX,自 20XX 年 X 月 X 日起施行。

中国工程建设标准化协会

二〇XX 年 X 月 XX 日

前 言

XXX。

主 编 单 位 : 浙江台州沈海高速公路有限公司

参 编 单 位 : 交通运输部公路科学研究院

主 编 : 罗高峰

主要参编人员 :

主 审 : 张继顺

参与审查人员 :

参 加 人 员 :

目 次

1 总则	1
2 术语和定义	2
3 总体要求	1
4 桥梁改扩建施工风险评估	5
4.1 总体风险评估.....	5
4.2 专项风险控制.....	15
5 隧道扩建风险评估	25
5.1 总体风险评估.....	25
5.2 专项风险评估.....	31
6 边坡扩挖施工风险评估	37
6.1 总体风险评估.....	37
6.2 专项风险评估.....	46
7 改扩建交通安全风险评估	52
7.1 总体风险评估.....	52
7.2 专项风险评估.....	56
8 风险控制	64
8.1 一般要求.....	64
8.2 风险控制措施建议.....	65
附录 A	71
附录 B	75

1 总则

1.0.1 为指导高速公路改扩建工程安全风险评估工作，有效控制工程中的安全风险，科学规避安全事故的发生，保障改扩建项目的安全开展，制订本标准。

1.0.2 本标准适用于高速公路改扩建工程中的桥梁施工、隧道施工、边坡施工和交通安全风险评估工作。

1.0.3 安全风险评估应根据具体工程特点及实际情况进行，本标准提出量化的评估方法为指标体系法，应结合工程具体情况合理确定指标构成及重要性排序。

1.0.4 改扩建项目安全风险评估工作应遵循科学、客观的原则。

1.0.5 高速公路改扩建工程安全风险评估工作除遵守本标准外，还应符合国家和行业相关法律法规、标准、规范等相关规定。

2 术语

2.0.1 主控因素判识法 (Identification method of main controlling factor)

根据影响公路改扩建桥梁、隧道以及边坡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，评估桥梁、隧道以及边坡改扩建施工安全总体风险的方法。

2.0.2 主控因素 (Main Controlling Factors)

指在施工过程中对安全具有直接影响的关键因素，可能包括环境因素、人为因素和技术因素等。

2.0.3 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的一种方法。

2.0.4 风险管理措施 (Risk Management Measures)

指针对识别出的主要影响因素采取的一系列预防、控制和应对措施，旨在减轻或消除安全风险。

2.0.5 桥梁拆除 (Bridge Demolition)

将已有的桥梁结构拆除的过程，通常为了进行重建、改建或维修。

2.0.6 桥梁拼宽 (Bridge Widening)

对现有桥梁进行加宽或扩建的过程，以容纳更多车流量或改善交通流畅度。

2.0.7 边坡扩挖 (Slope Cutting)

对现有公路边坡支护结构进行拆除，并对边坡进行扩挖的施工过程。

2.0.8 隧道扩建 (Tunnel Widening)

对现有隧道结构进行拆除，并对周围岩土体进行扩挖的施工过程。

3 总体要求

3.0.1 评估实施要求

施工安全风险评估基本要求、总体风险评估、专项风险评估、风险控制措施、风险评估报告应符合 JT/T 1375.1—2022 的要求。

3.0.2 评估实施步骤

安全风险评估工作应包括以下几个步骤：前期准备、现场调查、总体风险评估、专项风险评估、风险评估报告编制、风险评估报告评审。

3.0.3 风险等级划分

总体风险评估和专项风险评估等级均分为四级：低风险（I级）、一般风险（II级）、较大风险（III级）、重大风险（IV级）。

3.0.4 评估结论应用

总体风险评估结论可为建设单位的项目组织实施、安全管理力量投入、资源配置和施工单位选择等方面决策提供支持，可作为施工单位编制施工组织设计和开展专项风险评估的依据。专项风险评估结论应作为施工单位完善施工组织设计、编制完善专项施工方案的依据。

3.0.5 评估工作要求

开展施工安全风险评估工作应成立评估小组，评估小组成员应严格按照评估流程和要求开展评估工作，评估结果应通过评估小组集体讨论确定。

3.0.6 指标体系法

1 评估指标取值应首先由评估小组根据工程实际情况和指标分级情况，确定指标所在的分级区间，在分级区间的分值范围内，采用插值法等方法，集体讨论确定指标的分值。在确定指标所在的分级区间时，应遵循最不利原则，越不利的

情况取值越大。

2 评估应采用权重系数对各评估指标重要性进行区分,权重系数可采用重要性排序法和层次分析法等方法确定。

条文说明:

(1) 层次分析法

流程分为问题的递阶层次结构建立、构造两两判断矩阵、由判断矩阵计算被比较评估指标的相对权值和计算各层次因子的组合权重四个步骤。

对于 X_1, X_2, \dots, X_n 个评估指标,得到判别矩阵如下表所示。

表 3.0.5-1 判别矩阵 A

	X_1	X_2	...	X_n
X_1				
X_2				
...				
X_n				

采用美国匹兹堡大学运筹学家T.L. Saaty教授提出的1-9标度法进行评价指标的两两比较,得到判断矩阵,标度的定义如下表。

表 3.0.5-2 标度的定义

标度	含义
1	表示两个因素相比,具有同样重要性
3	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素稍微重要
5	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素明显重要
7	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素强烈重要
9	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素极端重要
2、4、6、8	上述两相邻判断的中值
倒数	A 和 B 相比如果标度为 3,那么 B 和 A 相比就是 1/3

将判别矩阵 A 的所有行向量进行几何平均计算, 归一化处理后得到的行向量即为权重向量 $W = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ 。其公式为:

$$\omega_i = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{k=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{kj})^{\frac{1}{n}}} = 1, 2, \dots, n$$

在计算单准则下权重向量时可能出现“A比B尤其重要, B比C尤其重要, 而C又比A尤其重要”的判断, 因此需对判断矩阵进行一致性检验, 步骤如下:

利用方根法计算出各判断矩阵A的最大特征值 λ_{max} 。最大特征值用于一致性检验, 特征向量为所求的各因素的权重。

检验指标记为CR, 当 $CR \geq 0.1$ 时, 需对判别矩阵作出修正, 当 $CR < 0.1$ 时则认为判断矩阵具有满意的一致性, 具体检验公式为:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

式中: CI 为判断矩阵的一般一致性指标 (n 为 A 的阶数), 计算方法为:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

RI 为判断矩阵的平均随机一致性指标, 取值根据矩阵的阶进行确定, 具体如下表所示。

下表为 1~12 阶矩阵计算 1000 次得出的平均随机一致性指标值。

表 3.0.5-3 平均随机一致性指标RI

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41
矩阵阶数	9	10	11	12				
RI	1.46	1.49	1.52	1.54				

(2) 重要性排序法

按评估指标重要性排序确定权重取值法计算公式如式 (05-1) 所示。

$$\gamma = \frac{2n - 2m + 1}{n^2} \quad (05-1)$$

式中：

γ ——权重系数；

n ——评估指标项数；

m ——评估指标重要性排序号， $m \leq n$ 。

征求意见稿

4 桥梁改扩建施工风险评估

4.1 总体风险评估

4.1.1 一般要求

1 公路桥梁改扩建工程应在开工前完成施工安全总体风险评估。

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。采用专家调查法时,应符合 JT/T 1375.1 的相关规定。采用指标体系法时,评估流程应符合 JT/T 1375.1 的相关规定。

4.1.2 主控因素判识法

1 依据《公路水运工程施工安全风险评估指南 第2部分:桥梁工程》(JT/T 1375.2—2025),桥梁拆除工程的主控因素识别表如表 0-1 所示。

2 桥梁拼宽工程的主控因素识别表如表 0-2 所示。

表 0 桥梁拆除施工主控因素识别表

评估指标		总体风险等级		
主控因素类型	因素描述	重大风险(IV级)	较大风险(III级)	说明
建设类型	特大桥拆除工程	√		《JT/T 1375.2—2025 公路水运工程施工安全风险评估指南 第2部分:桥梁工程》表 A.1
	中桥、大桥拆除工程		√	
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	√		
	上跨运营一、二级公路,支线铁路、III~V级航道		√	

表 0-2 桥梁拼宽施工主控因素识别表

评估指标		总体风险等级			
主控因素类型	因素描述		重大风险 (IV级)	较大风险 (III级)	说明
建设规模	桥跨	单孔跨径Lk（总长L）达到国内外同桥型最大单孔跨径Lk（总长L）	√		公路工程 施工安全技术规范 (JTG F90-2015) 附录A规定：高度不小于40m的墩柱施工为危险性较大的工程
		单孔跨径Lk>150m或总长L>1000m		√	
	墩高	40m及以上		√	
地质、地形	地质灾害	不良地质灾害多发区域（包括岩溶、滑坡、泥石流、采空区、强震区、雪崩区、水库坍岸区等）		√	
	地形地貌	峡谷，盆地、山口等险要区域		√	
气候环境条件	气候	极端气候事件多发区域（洪水、强风、强暴雨雪、台风等）		√	
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		√		
	上跨运营一、二级公路，支线铁路、III~V级航道			√	
对既有桥梁影响情况	新建拼宽桥施工对原有桥梁影响较大，需采取相关控制措施保障施工安全			√	
施工工艺成熟度	新技术、新工艺，新设备国内首次应用			√	

交通组织情况	交通运行总体风险达到重大风险		√	
--------	----------------	--	---	--

4.1.3 指标体系法

1 桥梁拆除施工的指标体系应包括拆除规模、桥梁状况、拆除施工方法、地质地形、气候环境条件、桥位特征等 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 桥梁拼宽施工的指标体系应包括建设规模、拼宽方式、地质地形、气候环境条件、桥位特征、对既有桥梁影响状况、施工工艺成熟度、交通组织影响等 8 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；

3 应根据具体工程情况选择合适的二级指标，所选指标应具有全面性和代表性；

4 公路桥梁施工安全总体风险评估的指标可参考表 0-1 和表 0-2 选取。

表 0-1 桥梁拆除总体风险评估指标体系

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值			
				分值范围	指标分值	权重系数 (γ_{ij})	说明
1	拆除规模 (X_1)	桥型及跨径	单孔跨径大于或等于 60 m 的圬工拱桥，单孔跨径大于或等于 320 m 的钢拱桥或钢管混凝土拱桥，单孔跨径大于或等于 260 m 的钢筋混凝土拱桥，单孔跨径大于或等于 200 m 的梁式桥，单孔跨径 700 m 以上的斜拉桥，单孔跨径 1 300 m 以上的悬索桥	75<R≤100	R ₁₁	γ ₁₁	当地该桥型拆除经验及水平高者可取分值范围低限；满足多项条件时取分值高者
			单孔跨径 20 m~60 m 的圬工拱桥，单孔跨径 40 m~320 m 的钢拱桥或钢管混凝土拱桥，单孔跨径 40 m~260 m 的钢筋混	25<R≤75			

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值			
				分值范围	指标分值	权重系数 (γ_{ij})	说明
			凝土拱桥，单孔跨径 40 m~ 200 m 的梁式桥，单孔跨径 700 m 以下的斜拉桥，单孔跨径 1 300 m 以下的悬索桥	0<R≤25			
			单孔跨径小于 20 m 的圬工拱桥，单孔跨径小于 40 m 的钢拱桥、钢管混凝土拱桥、钢筋混凝土拱桥或梁式桥				
		墩/塔高度	>100 m	75<R≤100	R ₁₂	γ ₁₂	墩/塔高度取该桥墩/塔高度最大值
			40 m~ 100 m	50<R≤75			
			15 m~40 m	25<R≤50			
			<15 m	0<R≤25			
		拆除部位	全部拆除	75<R≤100	R ₁₃	γ ₁₃	根据工程规模确定
			上部结构拆除	25<R≤75			
			桥面系及附属结构拆除	0<R≤25			
		2	桥梁状况 (X ₂)	技术状况类别	五类	80<R≤100	R ₂₁
四类	60<R≤80						
三类	40<R≤60						
二类	20<R≤40						
一类	0<R≤20						
3	拆除施工方法 (X ₃)	拆除施工方法	爆破法	50<R≤100	R ₃₁	γ ₃₁	应考虑施工企业工程经验
			悬臂切割拆除、支架拆除、架桥机拆除	0<R≤50			
		施工工艺成熟度	新技术、新工艺、新设备国内首次应用	50<R≤100	R ₃₂	γ ₃₂	
			施工工艺较成熟，国内有相关应用	0<R≤50			
4	地质地形 (X ₄)	地质灾害和不良地质	地质灾害危险性大，或位于地质灾害高易发区，或位于地质灾害重点防治区，或存在其他不良地质条件，严重影响施工安全	75<R≤100	R ₄₁	γ ₄₁	需要关注的地质灾害包括岩溶、滑坡、泥石流、地震、雪崩、采空区塌陷、尾矿
			地质灾害危险性中等，或位于地质灾害中易发区，或存在	50<R≤75			

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值					
				分值范围	指标分值	权重系数 (γ_{ij})	说明		
			其他不良地质条件, 较影响施工安全				库地质 灾害、水库坍岸等; 地质灾害 危险性 评估依据 GB/T 40112		
			地质灾害危险性小, 或位于地质灾害低易发区, 或存在轻微影响施工安全的特殊性岩土	25<R≤50					
			地质条件较好, 基本不影响施工安全	0<R≤25					
		水深	>30 m	75<R≤100	R ₄₂	γ_{42}	水深指施工期基础处最大水深		
			20 m ~ 30 m	50<R≤75					
			5 m~20 m	25<R≤50					
			<5 m	0<R≤25					
		地形地貌	峡谷、山间盆地、山口等险要地区	80<R≤100	R ₄₃	γ_{43}	结合勘察资料, 综合判定; 一般山地区指除峡谷、山间盆地、山口等险要地区的山地区; 滩涂或海上作业同时选择 指标“大型临时设施”时, 已考虑人员物料机械运输施工不便, 取区间低值, 否则取高值		
			一般山地区	60<R≤80					
			滩涂或海上	40<R≤60					
			盆地区、高原区	20<R≤40					
			平原、丘陵区	0<R≤20					
		5	气候环境条件 (X ₅)	气候条件	极端天气事件多发区域, 对施工安全影响较大	66<R≤100	R ₅₁	γ_{51}	需要关注的极端天气事件 包括大风、洪水、暴雨、暴雪、寒潮、
					气候条件一般, 对施工安全有一定影响	33<R≤66			
					气候条件较好, 基本不影响施工安全	0<R≤33			

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值			
				分值范围	指标分值	权重系数 (γ_{ij})	说明
6	桥位特征 (X_6)	跨江、河、海湾	通航等级II级及以上航道	$75 < R \leq 100$	R_{61}	γ_{61}	高温等：施工不在极端气候季节的可降低1级取值
			通航等级III~V级航道	$50 < R \leq 75$			
			通航等级VI~VII级航道	$25 < R \leq 50$			
			通航等级等外航道或不通航	$0 < R \leq 25$			
		穿跨公路、铁路、城市道路	上跨（下穿）高速公路、干线铁路、城市轨道交通、城市快速路	$75 < R \leq 100$	R_{62}	γ_{62}	综合考虑被交叉线路的交通量；封闭施工可降低1级取值
			上跨（下穿）一级公路、城市主干路、支线铁路	$50 < R \leq 75$			
			上跨（下穿）二至四级公路、非干线/支线铁路、城市次干路等	$25 < R \leq 50$			
			上跨（下穿）等外公路、支路等，或穿越未通车道路	$0 < R \leq 25$			
		存在可能影响施工安全的结构物或设施	结构物或设施位于公路建筑控制区内，或桥梁施工作业可能距离石油天然气管线5m以内、位于电力保护区、堤防安全保护区或大坝保护区内	$66 < R \leq 100$	R_{63}	γ_{63}	存在可能影响施工安全的结构物或设施，如临近或穿越石油天然气管线，临近或穿越高压线、变电站，临堤、跨堤，临近大坝等；依据影响施工安全的结构物或设施的
			结构物或设施位于公路建筑控制区外，或桥梁施工作业在石油天然气管线5m外、位于电力保护区、堤防安全保护区或大坝保护区外，但对施工安全有一定影响	$33 < R \leq 66$			
			结构物或设施与桥梁施工距离远，对施工安全影响不大	$0 < R \leq 33$			

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值			
				分值范围	指标分值	权重系数 (γ_{ij})	说明
							重要性、等级、穿越方式及相对距离综合取值；存在多项因素时提高取值

表 0-2 桥梁拼宽总体风险评估指标体系

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值			
				分值范围	分值	权重系数 (γ_{ij})	说明
1	建设规模 (X_1)	桥跨	单孔跨径 L_k (总长 L) 超过或达到国内外同桥型最大单孔跨径 L_k (总长 L)	$75 < R \leq 100$	R_{11}	γ_{11}	应结合各地工程建设经验及水平, 综合判定
			单孔跨径 $L_k > 150$ 或总长 $L > 1000$	$50 < R \leq 75$			
			$100m \leq L \leq 1000m$ 或 $40m \leq L_k \leq 150m$	$25 < R \leq 50$			
			$L < 100m$ 或 $L_k < 40m$	$0 < R \leq 25$			
		墩高	40m 及以上	$66 < R \leq 100$	R_{12}	γ_{12}	
			墩高在 15m 到 40m 之间	$33 < R \leq 66$			
			墩高小于 15m	$0 < R \leq 33$			
2	拼宽		双侧拼宽	$50 < R \leq 100$	R_{21}	γ_{21}	

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值			说明	
				分值范围	分值	权重系数 (γ_{ij})		
	方式		单侧拼宽	$0 < R \leq 50$				
3	地质地形 (X_3)	地质灾害	不良地质灾害多发区域 (包括岩溶、滑坡、泥石流、采空区、强震区、雪崩区、水库坍岸区等)	$66 < R \leq 100$	R_{31}	γ_{31}	特殊性岩土主要包括：冻土、膨胀性岩土、软土等。	
			存在不良地质灾害，但不频发或存在特殊性岩土，影响施工安全及进度	$33 < R \leq 66$				
			地质条件较好，基本不影响施工安全因素	$0 < R \leq 33$				
		地形地貌	峡谷，盆地、山口等险要区域	$66 < R \leq 100$	R_{32}	γ_{32}		
			一般山区	$33 < R \leq 66$				
			平原	$0 < R \leq 33$				
4	气候环境条件 (X_4)	气候	极端气候事件多发区域 (洪水、强风、强暴雨雪、台风等)	$66 < R \leq 100$	R_{41}	γ_{41}	应结合施工工艺特征综合判定。	
			气候环境条件一般，可能影响施工安全，但不显著	$33 < R \leq 66$				
			气候条件良好	$0 < R \leq 33$				
5	桥位特征 (X_5)	跨线	铁路、高速公路、城市快速路	$80 < R \leq 100$	R_{51}	γ_{51}		跨线桥应综合考虑交叉线路
			一级公路、城市主干路	$60 < R \leq 80$				

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值			说明
				分值范围	分值	权重系数 (γ_{ij})	
)		二级公路、城市次干路	$40 < R \leq 60$			的交通量 状况
			三级公路、城市支路	$20 < R \leq 40$			
			四级公路	$0 < R \leq 20$			
		航道 等级	一级到三级	$66 < R \leq 100$	R_{52}	γ_{52}	
			四级到六级	$33 < R \leq 66$			
			七级及以上	$0 < R \leq 33$			
		输气管道、国防光缆、高压线			$20 < R \leq 80$	R_{53}	
6	对既有桥梁影响情况 (X_6)	新建拼宽桥施工对原有桥梁影响较大, 需采取相关控制措施保障施工安全		$66 < R \leq 100$	R_{61}	γ_{61}	综合现场因素考虑对原有桥梁的影响程度
		新建拼宽桥施工可能对原有桥梁安全状态产生影响, 影响程度适中		$33 < R \leq 66$			
		新建拼宽桥施工对原有桥梁影响较小, 基本可忽略		$0 < R \leq 33$			
7	施工工艺成熟度 (X_7)	新技术、新工艺, 新设备国内首次应用		$50 < R \leq 100$	R_{71}	γ_{71}	应考虑施工企业工程经验
		施工工艺较成熟, 国内有相关应用		$0 < R \leq 50$			
8	交通	交通运行总体风险为重大风险		$75 < R \leq 100$	R_{81}	γ_{81}	

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值		
				分值范围	分值	权重系数 (γ_{ij})
	组织影响		交通运行总体风险为较大风险	50<R≤75		
			交通运行总体风险为一般风险	25<R≤50		
			交通运行总体风险为低风险	0<R≤25		

5 公路桥梁改扩建施工安全总体风险分值应按式(0-1)、式(0-2)计算确定：

$$R = \sum X_{ij} \quad (0-1)$$

$$X_{ij} = R_{ij} \gamma_{ij} \quad (0-2)$$

式中：

R ——公路桥梁施工安全总体风险分值；

——第 i 类第 j 项评估指标的加权风险分值；

——第 i 类第 j 项评估指标的风险分值；

——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。

计算得出 R 值后，应对照表 0-3 确定公路桥梁施工安全总体风险等级。

表 0-3 公路桥梁改扩建施工安全总体风险分级标准

风险等级	计算分值R
重大风险（等级IV）	$R \geq 60$
较大风险（等级III）	$45 \leq R < 60$
一般风险（等级II）	$30 \leq R < 45$

低风险（等级I）	R<30
----------	------

4.1.4 风险控制

1 应根据公路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。

2 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 总体风险的风险控制应符合 JT/T 1375.1 的相关规定。

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。

4.2 专项风险控制

4.2.1 一般要求

1 公路桥梁改扩建施工安全专项风险评估的流程及开展时机应符合 JT/T 1375.1 的相关规定。

4.2.2 风险辨识与风险分析

1 风险辨识与风险分析的流程应符合 JT/T1375.1 的相关规定。

2 施工队伍素质和管理制度调查除应符合 JT/T1375.1 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。

3 具体公路桥梁改扩建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 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 4.2.2-1）和公路桥梁施工安全风险辨识与风险分析表（表 0-2），公路桥梁拆除和公路桥梁拼宽常见施工作业及典型风险事件类型可参考附录 A。

表 0-1 公路桥梁改扩建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	风险事件1		
			风险事件2		
				
.....				
N		分项工程1	作业活动N	风险事件1	
				风险事件2	
				
N+1	分项工程2		分项工程2 ^a	风险事件1	
				
.....	
2 ^a 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。					

表 0-2 公路桥梁施工安全风险辨识与风险分析表

作业活动	风险事件	致险因素															风险事件后果类型			
		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	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	同类型改扩建工程施工经验	安全文化				
作业活动1	风险事件1																			
	风险事件2																			
																			
.....																				
作业活动N	风险事件1																			
	风险事件2																			
																			

条文说明:

常用风险识别方法主要可分为定性和定量两种。定性方法主要有专家调查法、WBS-RBS（工作分解—风险分解）法、头脑风暴法、情景分析法、检查表法、故障树分析、事件树分析等等，定量方法主要是指事故统计法。

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性和完备性，施工技术的先进适用性、安全文化等

公路桥梁改扩建施工中可能引起事故发生的致险因子如图0-1。

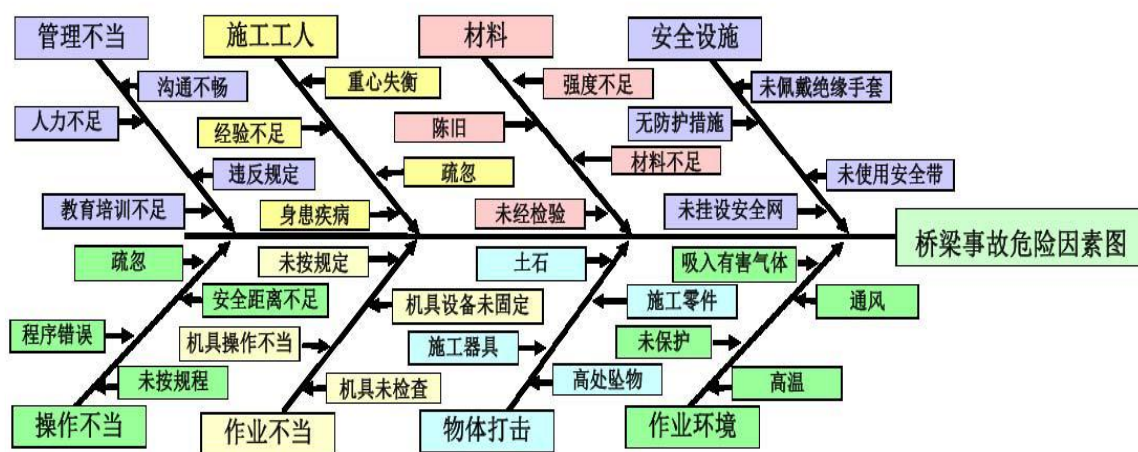


图 0-1 公路桥梁改扩建施工事故致因分析图

4.2.3 风险估测

- 1 风险估测方法按 JT/T 1375.1—2022 中 6.3.1 的规定进行。
- 2 应针对风险辨识与风险分析的结果（表0-2），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0-1汇总一般作业活动风险估测结论。

表 0-1 公路桥梁施工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		
		

2 重大作业活动风险估测应针对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，当采用指标体系法分析时，可参照附录B.1~B.7。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JT/T 1375.1的相关规定定级。

3 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 重大作业活动特定风险事件的事故可能性分值P应按式（0-1）和（0-2）计算。

(0-1)

(0-2)

式中：

P ——某作业活动特定风险事件事故可能性分值；

——第 i 类第 j 项评估指标的加权事故可能性分值；

——第 i 类第 j 项评估指标的事故可能性分值；

——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 0-2 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 _j)		权重系数 (γ _i)	评估分值 (X _{ij})	理由
			分值范围	取值			
分类 Y1	指标 Y ₁₁		[75,100]	P ₁₁	γ ₁₁	Y ₁₁ =P ₁₁ × γ ₁₁	
			[50,75)				
			[25,50)				
	指标 Y ₁₂		[75,100]	P ₁₂	γ ₁₂	Y ₁₂ =P ₁₂ × γ ₁₂	
			[50,75)				
			[0,50)				
.....
分类 Y2	指标 Y ₂₁		[75,100]	P ₂₁	γ ₂₁	Y ₂₁ =P ₂₁ × γ ₂₁	
			[50,75)				
			[25,50)				
			[0,25)				
	指标 Y ₂₂		[50,100]	P ₂₂	γ ₂₂	Y ₂₂ =P ₂₂ × γ ₂₂	
			[0,50)				
	指标 Y ₂₃		[75,100]	P ₂₃	γ ₂₃	Y ₂₃ =P ₂₃ × γ ₂₃	
			[50,75)				
			[0,50)				
.....
.....
.....
分类 Y _n	指标 Y _{n1}		[75,100]	P _{n1}	γ _{n1}	Y _{n1} =P _{n1} × γ _{n1}	
			[50,75)				
			[0,50)				
	指标 Y _{n2}		[75,100]	P _{n2}	γ _{n2}	Y _{n2} =P _{n2} × γ _{n2}	
			[50,75)				
			[25,50)				
			[0,25)				
.....

计算得出P值后，应对照表0-3确定重大作业活动事故可能性等级。

表 0-3 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	$0 \leq P \leq 15$

5 应按照JT/T 1375.1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0-4所示。

表 0-4 重大作业活动风险等级矩阵

6 重大作业活动风险估测完成后，应按表0-5汇总重大作业活动风险估测结论。

表 0-5 公路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				风险事件后果严重程度等级	风险等级	评估理由
			人员伤亡	直接经济损失				
重大作业活动 1	风险事件1								
	风险事件2								
								
.....									
重大作业活动 N	风险事件1								
	风险事件2								
								

7 应将公路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。

4.2.4 风险控制

1 风险控制应符合JT/T 1375.1的相关规定，具体风险控制措施可参考JT/T 1375.1的相关规定。

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。

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) 重大风险管控的目标及考核方法；
- (2) 重大风险管控责任人，实施风险控制措施的人员安排；
- (3) 导致重大风险的关键指标及针对性的措施；
- (4) 其他风险控制措施，包括各项技术措施及专项应急措施、应急培训演练、安全警示、风险告知等安全措施；
- (5) 采用多种风险控制措施时，应明确风险应对措施的实施优先次序和执行时间表；
- (6) 该风险的动态监控机制，包括监控方法、周期、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

4.2.5 风险控制预期效果评价

1 风险控制预期效果评价应符合JT/T 1375.1的相关规定。

2 对风险控制措施落实情况的确认评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。

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现场进行考察，采取内外业结合的方式进行评定。

4.2.6 风险评估报告

1 风险评估报告应符合JT/T 1375.1的相关规定。

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。

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应附在风险评估报告后归档。

征求意见稿

5 隧道扩建风险评估

5.1 总体风险评估

5.1.1 一般要求

1 隧道施工安全总体风险评估，是指根据隧道工程的地质环境条件、建设规模、结构技术状况等因素与致险因子，评估隧道工程施工整体风险，估测其安全风险等级。

2 经总体风险评估，对于Ⅲ级（高度风险）及以上等级的隧道工程，应开展专项风险评估。

3 总体风险评估的依据主要有地质勘察报告、施工图设计文件、评估人员的现场调查资料及行业标准、规范等。

4 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。采用专家调查法时，应符合 JT/T 1375.1 的相关规定。采用指标体系法时，评估流程应符合 JT/T 1375.1 的相关规定。

5.1.2 主控因素判识法

1 应从隧道结构类型及区域环境、扩建方式、隧道长度、预测瓦斯涌出量、围岩条件、结构状况、预测涌水量、隧道最大埋深、岩溶发育程度和交通情况等方面，判识影响边坡施工安全的主控因素，根据表 0 确定总体风险等级。

2 由不同主控因素确定的隧道施工安全总体风险等级不同时，应以等级高者为准。

表 0 隧道施工主控因素识别表

评估指标		总体风险等级		说明
主控因素	因素描述	重大风险 (Ⅳ级)	较大风险 (Ⅲ级)	
隧道结构类型与区域环境	连拱隧道，小净距隧道，下穿河流湖泊、重要水源保护地及重要建（构）筑物的隧道	√		隧道与建（构）筑物的水平或垂直距离不

评估指标		总体风险等级		说明
主控因素	因素描述	重大风险 (IV级)	较大风险 (III级)	
				大于3倍隧道跨度
扩建方式	四周扩建	√		
	两侧扩建		√	
隧道长度	$X \geq 6000\text{m}$	√		
	$3000\text{m} < X < 6000\text{m}$		√	
预测瓦斯涌出量	$X_3 \geq 3\text{m}^3/\text{min}$	√		
	$2\text{m}^3/\text{min} \leq X_3 < 3\text{m}^3/\text{min}$		√	
围岩条件	V级围岩累计长度不小于1000m的长、特长隧道；或V级围岩连续长度不小于100m且累计长度不小于500m的中隧道；或V级围岩累计长度不小于400m的短隧道	√		
	V级围岩累计长度600m~1000m的长、特长隧道；或V级围岩连续长度不小于100m且累计长度为400m~500m的中隧道；或V级围岩累计长度为300m~400m的短隧道		√	
	VI级围岩、断层破碎带、膨胀土、富水软岩段连续长度不小于100m，富水砂层	√		
	VI级围岩、断层破碎带、膨胀土、富水软岩段连续长度50m~100m，冻土		√	
结构状况	五类	√		
	四类		√	
涌水量	预测涌水量 $\geq 20000\text{m}^3/\text{d}$	√		
	预测涌水量 $10000\text{m}^3/\text{d} \sim 20000\text{m}^3/\text{d}$		√	
	新建期曾发生过涌水突泥	√		
隧道最大埋深	$\geq 1200\text{m}$	√		
	800m~1200m		√	
岩溶发育程度	岩溶极发育，存在宽度大于或等于2/3洞径的岩溶洞穴、地下暗河等	√		

评估指标		总体风险等级		说明
主控因素	因素描述	重大风险 (IV级)	较大风险 (III级)	
	岩溶发育，存在宽度大于或等于1/3洞径的岩溶洞穴等		√	

5.1.3 总体风险评估指标体系

隧道施工安全总体风险评估的指标体系划分为 9 类：拆除规模、隧道结构状况、拟建隧道与既有隧道施工工艺、地质条件、环境因素、隧道埋深、洞口特征、年平均降雨量和资料完整性，根据各指标的具体情况建立评估指标体系，可参见表 5.1.3。在对具体隧道进行评估时，表中所列指标不一定全部参与评估，需选出比较重要的指标进行排序。

表 5.1.3 隧道施工总体风险评估指标体系

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值			
				分值范围	分值	权重	说明
1	拆除规模 (A ₁)	隧道长度 (A ₁₁)	1000m≤B ₁ <3000m	66<R≤100	R ₁₁	γ ₁₁	根据设计文件确定
			500m≤B ₁ <1000m	33<R≤66			
			B ₁ <500m	0<R≤33			
		扩建方式 (A ₁₂)	四周扩建	75<R≤100	R ₁₁	γ ₁₂	
			两侧扩建	50<R≤75			
			单侧扩建	25<R≤50			
			增建	0<R≤25			
2	隧道结构状况 (A ₂)	结构技术状况 评定等级 (A ₂₁)	五类	80<R≤100	R ₂₁	γ ₂₁	结合隧道定期检测报告综合判定
			四类	60<R≤80			
			三类	40<R≤60			
			二类	20<R≤40			
			一类	0<R≤20			
3	拟建隧道与既有隧道施工工艺 (A ₃)	支护难度 (A ₃₁)	新旧隧道交叉部分施工时支护难度大，支护参数需要不断调整，支护复杂	50<R≤100	R ₃₁	γ ₃₁	应考虑实际施工情况
			新旧隧道交叉部分施工时支护参数不需要调整，支护简单	0<R≤50			
		加固难度 (A ₃₂)	交叉段施工时既有隧道加固难度大	50<R≤100	R ₃₂	γ ₃₂	
			交叉段施工时既有隧道加固简单	0<R≤50			
		施工工艺成熟度 (A ₃₃)	新技术、新工艺、新设备在国内首次应用	50<R≤100	R ₃₃	γ ₃₃	
			施工工艺较成熟，国内有相关应用	0<R≤50			
4	地质条件	围岩条件 (A ₄₁)	V级围岩累计长度 400m≤G ₁ <600m 的长、特长隧道； V级围岩累计长度 200m≤G ₁ <400m 的中隧道；	50<R≤100	R ₄₁	γ ₄₁	根据地质勘察资料、设计文件确定

	(A4)		V级围岩累计长度 $100\text{m} \leq G1 < 300\text{m}$ 的短隧道； VI级围岩、断层破碎带、膨胀土、冻土、富水软岩段连续 长度 $30\text{m} \leq G1 < 50\text{m}$				
			V级围岩累计长度 $G1 < 400\text{m}$ 的长、特长隧道； V级围岩累计长度 $G1 < 200\text{m}$ 的中隧道； V级围岩累计长度 $G1 < 100\text{m}$ 的短隧道； VI级围岩、断层破碎带、膨胀土、冻土、富水软岩段连续 长度 $G1 < 30\text{m}$	$0 < R \leq 50$			
		拱顶衬砌后空 洞径向尺寸 (A42)	径向尺寸(d)/隧道跨度(D)=0.06~1	$75 < R \leq 100$	R42	γ_{42}	
			径向尺寸(d)/隧道跨度(D)=0.04~0.06	$50 < R \leq 75$			
			径向尺寸(d)/隧道跨度(D)=0.01~0.04	$25 < R \leq 50$			
			径向尺寸(d)/隧道跨度(D)=0~0.01	$0 < R \leq 25$			
		预测瓦斯涌出 量 (A43)	$1\text{m}^3/\text{min} \leq G2 < 2\text{m}^3/\text{min}$	$66 < R \leq 100$	R43	γ_{43}	
			$0.5\text{m}^3/\text{min} \leq G2 < 1\text{m}^3/\text{min}$	$33 < R \leq 66$			
			$G2 < 0.5\text{m}^3/\text{min}$	$0 < R \leq 33$			
		预测涌水量 (A44)	$5000\text{m}^3/\text{d} \leq G3 < 10000\text{m}^3/\text{d}$	$66 < R \leq 100$	R44	γ_{44}	
			$2000\text{m}^3/\text{d} \leq G3 < 5000\text{m}^3/\text{d}$	$33 < R \leq 66$			
			$G3 < 2000\text{m}^3/\text{d}$	$0 < R \leq 33$			
		岩溶发育程度 (A45)	岩溶发育	$66 < R \leq 100$	R45	γ_{45}	
			岩溶较发育	$33 < R \leq 66$			
岩溶不发育	$0 < R \leq 33$						
5	环境 因素 (A5)	海拔 (A51)	$H \geq 3500\text{m}$	$75 < R \leq 100$	R51	γ_{51}	根据地质勘察资料、 设计文件确定
			$3000\text{m} \leq H < 3500\text{m}$	$50 < R \leq 75$			
			$2000\text{m} \leq H < 3000\text{m}$	$25 < R \leq 50$			
			$H < 2000\text{m}$	$0 < R \leq 25$			
		交通情况 (A52)	临近隧道施工范围内有运营高速铁路隧道	$75 < R \leq 100$	R52	γ_{52}	
			临近隧道施工范围内有运营高速公路隧道	$50 < R \leq 75$			

			临近隧道施工范围内有运营高速公路	$25 < R \leq 50$			
			临近隧道施工范围内有运营普通公路	$0 < R \leq 25$			
6	隧道埋深 (A ₆₁)		$400\text{m} \leq S < 800\text{m}$	$66 < R \leq 100$	R ₆₁	γ_{61}	根据地质勘察资料、设计文件确定
			$50\text{m} \leq S < 400\text{m}$	$33 < R \leq 66$			
			$S < 50\text{m}$	$0 < R \leq 33$			
7	洞口特征 (A ₇)	洞口地质特征 (A ₇₁)	洞口位于滑坡体或堆积体上	$75 < R \leq 100$	R ₇₁	γ_{71}	根据地质勘察资料、设计文件确定
			洞口岩层松散、破碎，存在失稳可能	$50 < R \leq 75$			
			洞口位于地形陡峭、容易产生坍塌、落石的位置	$25 < R \leq 50$			
			洞口边仰坡较稳定	$0 < R \leq 25$			
	洞口偏压角度 (A ₇₂)	$G_2 \geq 25^\circ$	$50 < R \leq 100$	R ₇₂	γ_{72}		
$G_2 < 25^\circ$		$0 < R \leq 50$					
8	年平均降雨量 (A ₈₁)		$W \geq 2000\text{mm}$	$75 < R \leq 100$	R ₈₁	γ_{81}	根据气象资料确定 (近5年降雨量平均值)
			$1500\text{mm} \leq W < 2000\text{mm}$	$50 < R \leq 75$			
			$800\text{mm} \leq W < 1500\text{mm}$	$25 < R \leq 50$			
			$W < 800\text{mm}$	$0 < R \leq 25$			
9	资料完整性 (A ₉₁)		地质、隧道定期检测、水文资料不完整，岩土计算参数选取依据欠充分	$66 < R \leq 100$	R ₉₁	γ_{91}	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的取小值；调查分析不太清楚、依据欠充分的取大值
			地质、隧道定期检测、水文资料基本完整，岩土计算参数选取依据较充分	$33 < R \leq 66$			
			地质、隧道定期检测、水文资料完整，岩土计算参数选取依据充分	$0 < R \leq 33$			

5.1.4 隧道施工安全总体风险分级

隧道施工安全总体风险分级按式（5.1.3-1、5.1.3-2）计算确定

$$R = \sum X_{ij} \quad (5.1.7-1)$$

$$X_{ij} = R_{ij} \gamma_{ij} \quad (5.1.7-2)$$

式中：

R ——公路隧道施工安全总体风险分值；

——第 i 类第 j 项评估指标的加权风险分值；

——第 i 类第 j 项评估指标的风险分值；

——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。

计算得出 R 值后，对照表 5.1.7 确定边坡施工安全总体风险等级。

表 5.1.7 隧道施工安全总体风险分级标准

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

5.2 专项风险评估

5.2.1 一般要求

1 专项风险评估是在总体风险评估基础上，对达到高度风险及以上的隧道为评估单元，以施工作业活动为评估对象，根据其安全风险特点，进行风险辨识、分析、估测；并针对其中的重大作业活动量化评估，划分风险等级，提出风险控制措施。专项风险评估结论可作为制定、完善隧道工程专项施工方案的依据。

2 对总体风险等级为III级及以上或总体风险评估中单一指标影响过大的隧道，应开展专项风险评估。

3 专项风险评估的基本程序包括：风险辨识、风险分析、风险估测、风险控

制。

5.2.2 风险辨识

1 风险辨识分为 3 个步骤,分别为工程资料的收集整理、施工作业程序分解、施工作业可能发生的安全事故辨识。

2 评估小组应先进行现场踏勘,收集风险评估相关的基础资料,主要包括:

(1) 类似工程事故资料;

(2) 本工程相关设计及施工文件资料;

(3) 工程区域内水文、地质、气候等资料;

(4) 工程可行性研究报告、工程地质勘察报告、隧道结构定期检测报告、初步设计文件、施工图设计文件及工程施工组织设计文件等资料;

(5) 工程区域内的建(构)筑物(含管线、民防设施、铁路、公路等)资料;

(6) 已有风险评估的成果;

(7) 其他与风险源辨识对象相关的资料。

3 施工现场地质条件和环境条件调查主要包括:地质条件、周边环境、隧道结构状况。

4 施工队伍素质和管理制度调查主要包括:

(1) 企业近十年业绩,同类工程经验和施工事故情况;

(2) 施工队伍素质,施工队伍的专业化作业能力和技术水平;

(3) 管理制度,各种管理制度是否健全。

5 施工作业程序分解是将隧道施工过程划为不同的评估单元,分析各评估单元的主要工序、施工方法、施工设备、施工材料等特点,从中辨识致险因子。

6 施工作业程序分解后,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故类型,并形成风险辨识清单,如表 5.2.2

所示。

表 5.2.2 隧道扩建专项施工安全风险辨识清单

序号	风险源	判断依据
1	风险源 1	
2	风险源 2	
...	...	
N	风险源 N	

5.2.3 风险分析

1 对于物的不安全状态可能引起的事故，主要从地质条件变化、施工方案、施工环境、施工机械、自然灾害等方面分析。

2 对于人的不安全行为可能引起的事故，主要从操作错误、违反安全规程和管理缺陷等方面分析。

3 在隧道施工中，可能受到事故伤害的人员类型包括：作业人员本身、同一作业场所的其他作业人员、周围其他人员。事故后果主要是指：伤亡（失踪）和直接经济损失，但不局限于这两类损失。

4 风险分析通过评估小组讨论会的形式实施，可采用鱼刺图法、故障树分析法等系统安全工程理论进行分析。

5.2.4 风险估测

1 风险估测方法应综合考虑风险事件发生的可能性及严重程度，宜结合施工组织设计、风险事件的特点等因素确定，可采用指标体系法、专家调查法、后果当量估计法、风险矩阵法或点估计法等方法进行估测。

2 一般风险源风险估测可采用定性（如检查表法、专家调查法等）或半定量方法（如 LEC 法等），检查表法和 LEC 法应符合 JT/T 1375.1—2022 中 6.3.2.2 和 6.3.2.3 的要求。

3 重大风险源风险估测应符合 JT/T 1375.1—2022 中 6.3.3 的要求。4 重大风

险源风险估测中,人的不安全行为引发的事故可能性的评估指标体系,见表 5.2.5-4, 将评估指标分值通过公式 $M=A+B+C+D+E+F+G+H+I+J$ 进行计算。根据计算分值对照表 5.2.5-5 找出安全管理调整系数 λ 。

表 5.2.5-4 安全管理评估指标体系

评估指标	分类	分值	说明
总包企业资质 A	三级	3	
	二级	2	
	一级	1	
	特级	0	
专业及劳务分包企业资质B	无资质	1	针对当前作业的主要分包企业。
	有资质	0	
历史事故情况C	发生过重大事故	3	指项目部主要管理人员从事过的工程项目上曾经发生的事故情况
	发生过较大事故	2	
	发生过一般事故	1	
	未发生过事故	0	
作业人员经验 D	无经验	2	从特种作业人员、一线施工人员的工程经验考虑。
	经验不足	1	
	经验丰富	0	
安全管理 人员配备E	不足	2	从“三类人”的持证、在岗情况考虑
	基本符合规定	1	
	符合规定	0	
安全投入 F	不足	2	安全资金、人员、设备三项投入都满足的为符合规定, 三项都不满足的为不符合规定。
	基本符合规定	1	
	符合规定	0	
机械设备配置及管理G	不符合合同要求	2	
	基本符合合同要求	1	
	符合合同要求	0	
专项施工方案 I	可操作性较差	2	可操作性指与现场实际情况符合, 能够按方案执行, 并得到预期效果。
	可操作性一般	1	
	可操作性强	0	

表 5.2.5-5 安全管理评估指标分值与安全管理调整系数对照表

计算分值 M	调整系数 λ
$M > 12$	1.2
$9 \leq M \leq 12$	1.1
$6 \leq M \leq 8$	1
$3 \leq M \leq 5$	0.9
$M \leq 2$	0.8

5 隧道坍塌事故的可能性,可从扩建方式、浅埋层厚度与覆跨比、浅埋隧道偏压角度、超前管棚支护、既有隧道洞口加固、新旧隧道交叉处围岩级别、新旧隧道交叉处施工及支护方法、断层破碎带宽度、断层破碎带胶结程度、优势结构面倾角、渗水情况、地质符合性、施工方法合理性、衬砌安全距离、仰拱安全距离、相对变形值、监控量测方案合理性和交通状况等指标进行估算,具体评估指标见附录 B-9,评估时可根据实际工程情况对评估指标分类和分值进行改进。

6 隧道施工风险事故可能性大小计算按式(5.2.5-1、5.2.5-2)计算确定。

$$S = \lambda \cdot \sum X_{ij} \quad (5.2.5-1)$$

1)

$$X = R_{ij} \gamma_{ij} \quad (5.2.5-2)$$

2)

式中, X_{ij} —二级指标的分值, $i=1, 2, \dots, m$, $j=1, 2, \dots, n$; m 为分类项次, n 为对应第 i 类评估指标包括重要指标的数量。

λ —安全管理调整系数。

计算得到 S 值后,根据 S 值对照表 5.2.5-6 确定各重大作业活动发生风险事故的可能性等级。

表 5.2.5-6 重大作业活动发生风险事故的可能性等级标准

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

7 依据 JT/T 1375.1—2022 中 6.3.3 规定,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。

8 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。

征求意见稿

6 边坡扩挖施工风险评估

6.1 总体风险评估

6.1.1 一般要求

1 总体风险评估是以建设项目全线路堑高边坡工程为评估对象，根据工程建设规模、地质条件、工程特点、诱发因素、施工环境、资料完整性等，评估全线路堑高边坡施工安全风险，确定风险等级并提出控制措施建议。总体风险评估在开工前实施，评估结论可作为制定高边坡工程施工组织设计的依据。

2 总体风险评估对象包括：高于 20m 的土质边坡、高于 30m 的岩质边坡；老滑坡体、岩堆体、老错落体等不良地质体地段开挖形成的不足 20m 的边坡；膨胀土、高液限土、冻土、黄土等特殊岩土地段开挖形成的不足 20m 的边坡；城乡居民居住区、民用军用地下管线分布区、高压铁塔附近等施工场地周边环境复杂地段开挖形成的不足 20m 的边坡。

3 总体风险评估的依据主要有地质勘察报告、施工图设计文件、评估人员的现场调查资料及行业标准、规范等。

4 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。采用专家调查法时，应符合 JT/T 1375.1 的相关规定。采用指标体系法时，评估流程应符合 JT/T 1375.1 的相关规定。

5 评估小组根据总体风险评估情况，提出专项风险评估对象，即需要重点评估的风险源。

6.1.2 主控因素判识法

1 应从边坡高度、不良地质体、特殊岩土、结构面、边坡结构状况、气候环境和周边环境等方面，判识影响边坡施工安全的主控因素，根据表 0 确定总体风险等级。

2 由不同主控因素确定的边坡施工安全总体风险等级不同时，应以等级高者为准。

表 6.1.2 边坡施工安全总体风险评估主控因素识别表

评估指标		总体风险等级	
主控因素	因素描述	等级IV (重大风险)	等级III (较大风险)
边坡高度	路堑边坡高度石质边坡 $H \geq 80\text{m}$ ，土质边坡 $H \geq 60\text{m}$	√	
	路堑边坡高度石质边坡 $60\text{m} \leq H < 80\text{m}$ ，土质边坡 $40\text{m} \leq H < 60\text{m}$		√
不良地质体	滑坡体地段前部或中部开挖高度 $h \geq 10\text{m}$ ，后部填筑高度 $h \geq 8\text{m}$ ；岩堆体前部或中部开挖高度 $h \geq 8\text{m}$ ，后部填筑高度 $h \geq 6\text{m}$ ；老错落体等不良地质体地段前部开挖高度 $h \geq 12\text{m}$ ，后部填筑高度 $h \geq 10\text{m}$	√	
	通过滑坡体、岩堆体、老错落体等不良地质体地段		√
特殊岩土	软土、膨胀土、高液限土地段开挖高度 $h \geq 8\text{m}$ ，后部填筑高度 $h \geq 6\text{m}$ ，且地表水和地下水丰富	√	
	软土、膨胀土、高液限土地段开挖高度 $h \geq 6\text{m}$ ，后部填筑高度 $h \geq 4\text{m}$ ，且地表水和地下水较丰富		√
顺倾结构面路堑边坡	坡体中存在顺坡向软弱结构面（倾角大于 8° ），包括沉积岩层面、变质岩片理面、岩浆岩流面、构造结构面等，具泥化夹层，且倾角缓于边坡开挖坡度，开挖高度 $h \geq 6\text{m}$ ，地下水丰富	√	
	坡体中存在顺坡向软弱结构面（倾角大于 8° ），包括沉积岩层面、变质岩片理面、岩浆岩流面、构造结构面等，无泥化夹层，且倾角缓于边坡开挖坡度，开挖高度 $h \geq 6\text{m}$ ，地下水较丰富		√
边坡结构状况	边坡变形严重，支护结构破损严重，锚索轴力损失严重	√	
	边坡变形大，支护结构破损程度高，锚索轴力损失程度高		√
气候环境	极端气候事件多发区域（洪水、强风、强暴雨雪、台风等）		√
周边环境	在坡顶拆除施工线以外 $0.5H$ 、路基下方 $1H$ 范围内有通车高速铁路、地表建筑物、地下埋藏物、高压线塔、水体设施	√	

评估指标		总体风险等级	
主控因素	因素描述	等级IV (重大风险)	等级III (较大风险)
	在坡顶拆除施工线以外 1.0H、路基下方 1.5H 范围内有通车高速公路、地表建筑物、地下埋藏物、高压线塔、水体设施		√

6.1.3 总体风险评估指标体系

边坡施工安全总体风险评估的指标体系划分为 8 类：工程规模、边坡状况、拆除方法、地质条件、气候环境因素、施工环境、资料完整性和交通组织情况，根据各指标的具体情况建立评估指标体系，可参见表 6.1.3。在对具体路堑高边坡进行评估时，表中所列指标不一定全部参与评估，需选出比较重要的指标进行排序。

征求意见稿

表 6.1.3 边坡施工安全总体风险评估指标体系

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值		
				分值范围	权重	说明
1	工程规模 (A1)	边坡高度 (R ₁₁)	土质边坡 (H≥40) 岩质边坡 (H≥60)	75-100	γ ₁₁	(1) 土质边坡 H≥60m、岩质边坡 H≥80m 时, 基本分值确定 100, 其他分值可按高度线性内插计算取值。 (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≥12m、岩质边坡 h≥15m 时取大值; 当单级土质边坡 h≤6m、岩质边坡 h≤8m 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。 (4) 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。Δα ≥ 25° 时, 分值为 100, 其他分值可按 Δα 实际值线性内插取值。
			土质边坡 30m≤H<40m, 岩质边坡 40m≤H<60m	50-74		
			土质边坡 20m≤H<30m, 岩质边坡 30m≤H<40m	25-49		
			土质边坡 H<20m, 岩质边坡 H<30m	0-24		
		坡形坡率 (R ₁₂)	路堑边坡超过所在自然斜坡比拟坡度值 Δα ≥ 15°	75-100	γ ₁₂	
			10° ≤ Δα < 15°	50-74		
			5° ≤ Δα < 10°	25-49		
		Δα < 5°	0-24			
2	边坡状况 (A2)	边坡自身条件 (R ₂₁)	边坡变形严重, 支护结构破损严重, 锚索轴力损失严重	75-100	γ ₂₁	
			边坡变形大, 支护结构破损程度高, 锚索轴力损失程度高	50-74		
			边坡变形较大, 支护结构破损程度较高, 锚索轴力损失程度较高	25-49		

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值		
				分值范围	权重	说明
			边坡变形较小，支护结构破损程度较轻，锚索轴力损失程度较低	0-24		
3	拆除方法 (A3)	拆除施工方法 (R31)	爆破拆除	67-100	γ ₃₁	应考虑施工企业工程经验
			人工拆除	34-66		
			机械拆除	0-33		
		拆除顺序 (R32)	由下至上	51-100	γ ₃₂	
			由上至下	0-50		
		施工工艺成熟度 (R33)	新技术、新工艺、新设备在国内首次应用	51-100	γ ₃₃	
施工工艺较成熟，国内有相关应用	0-50					
4	地质条件 (A4)	地层岩性 (R41)	易滑及软弱地层	75-100	γ ₄₁	应结合勘察资料，综合判定。
			全风化层基岩	50-74		
			强风化层基岩	25-49		
			弱风化层基岩	0-24		
		坡体结构 (R42)	坡体中存在顺坡向缓倾的软弱结构面或组合体 (贯通)	75-100	γ ₄₂	应结合勘察资料，综合判定。
			坡体中存在顺坡向缓倾的软弱结构面或组合体 (不贯通) / 坡体中存在顺坡向缓倾的硬性结构面或组合体 (贯通)	50-74		

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值		
				分值范围	权重	说明
4	地质条件 (A4)	坡体结构 (R ₄₂)	坡体中存在顺坡向缓倾的硬性结构面或组合体 (不贯通)/坡体中存在其他方向结构面, 且贯通和发育	25-49	γ ₄₃	应结合勘察资料, 综合判定。
			坡体中其他方向的结构面, 不贯通, 不发育	0-24		
		地下水 (R ₄₃)	边坡下部 0.25H 范围内有地下水出露, 且排水设施失效	75-100		
			边坡中下部 (0.25~0.5) H 范围内有地下水, 且排水设施失效	50-74		
			边坡中上部 (0.5~0.75) H 范围内有地下水, 且排水设施失效	25-49		
			边坡上部 (0.75~1.0) H 范围内有地下水, 且排水设施失效	0-24		
5	施工季节 (R 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	γ ₅₁	应结合勘察资料, 综合判定。	
		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	50-74			
		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	25-49			

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值				
				分值范围	权重	说明		
6	施工环境 (A6)	自然灾害 (R ₅₂)	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	0-24	γ ₅₂	应结合勘察资料，综合判定。		
			自然灾害频发	75-100				
			自然灾害多发	50-74				
			自然灾害偶发	25-49				
			自然灾害很少	0-24				
		既有支护措施类型 (R ₆₁)	挡土墙支护	67-100	γ ₆₁	应综合考虑交叉线路的交通量及交通组成情况。依据相对距离综合考虑		
			锚框架梁支护	34-66				
			抗滑桩支护	0-33				
			周边环境 (R ₆₂)	在坡顶拆除施工线以外0.5H、路基下方1.0H范围内有通车高速公路、地表建筑物、地下埋藏物、高压线塔、水体设施			75-100	γ ₆₂
				在坡顶拆除施工线以外1.0H、路基下方1.5H范围内有通车高速公路、地表建筑物、地下埋藏物、高压线塔、水体设施			50-74	
在坡顶拆除施工线以外1.5H、路基下方2.0H范围内有通车高速公路、地表建筑物、地下埋藏物、高压线塔、水体等设施	25-49							
设施位于上述范围以外	0-24							

序号	一级指标	二级指标	评价依据	基本分值		
				分值范围	权重	说明
7	资料完整性 (A7)	地质资料 (R ₇₁)	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	γ ₇₁	应结合勘察资料, 综合判定。
			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)	50-74		
			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)	25-49		
			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	0-24		
		设计文件 (R ₇₂)	一坡一图一说明图件不完整	75-100	γ ₇₂	根据设计及施工资料综合确定
			一坡一图一说明图件较完整	50-74		
			一坡一图一说明图件完整, 有相关计算参数	25-49		
			一坡一图一说明图件很完整, 有相关计算参数, 提出施工安全工况、特殊工程的施工工艺及注意事项、施工风险分析及控制措施	0-24		
8	*交通组织情况 (X8)	*交通组织	交通运行总体风险为重大风险	75<R≤100	γ ₈₁	根据边坡施工时交通组织情况评定, 适用于不封闭交通的情况。
			交通运行总体风险为较大风险	50<R≤75		
			交通运行总体风险为一般风险	25<R≤50		
			交通运行总体风险为低风险	0<R≤25		

征求意见稿

6.1.4 边坡施工安全总体风险分级

边坡施工安全总体风险分级按式（6.1.3-1、6.1.3-2）计算确定

$$S = \sum X_{ij} \quad (6.1.3-1)$$

$$X_{ij} = A_{ij} \gamma_{ij} \quad (6.1.3-2)$$

式中， X_{ij} —评估指标的分值， $i=1, 2, 3, 4, 5$ ； $j=1, 2, \dots, n$ 。 n 为对应第 i 类评估指标包括重要指标的数量。

计算得出 S 值后，对照表 6.1.3 确定边坡施工安全总体风险等级。

表 6.1.3 边坡施工安全总体风险分级标准

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

6.2 专项风险评估

6.2.1 一般要求

1 专项风险评估是在总体风险评估基础上，对达到高度风险及以上的边坡为评估单元，以施工作业活动为评估对象，根据其安全风险特点，进行风险辨识、分析、估测；并针对其中的重大风险源量化评估，划分风险等级，提出风险控制措施。专项风险评估结论可作为制定、完善高边坡工程专项施工方案的依据。

2 对总体风险等级为III级及以上或总体风险评估中单一指标影响过大的边坡，应开展专项风险评估。

3 专项风险评估的基本程序包括：风险辨识、风险分析、风险估测、风险控制。

6.2.2 风险辨识

1 风险辨识步骤包括：工程资料的收集整理、施工现场地质条件和环境条件的调查、施工队伍素质和管理制度的调查、施工作业程序分解、施工作业可能发生的风险事故类型分析。

2 专项风险评估需收集、整理的相关工程资料主要包括：

(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、施工图设计文件及工程施工组织设计文件等资料；

(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风险事故的要素；

(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。

3 施工现场地质条件和环境条件调查主要包括：地质条件、周边环境、边坡支护结构状况、边坡变形破坏迹象和特征。

4 施工队伍素质和管理制度调查主要包括：

(1) 企业近十年业绩，同类工程经验和施工事故情况；

(2) 施工队伍素质，施工队伍的专业化作业能力和技术水平；

(3) 管理制度，各种管理制度是否健全。

5 施工作业程序分解是将路堑高边坡施工过程划为不同的评估单元，分析各评估单元的主要工序、施工方法、施工设备、施工材料等特点，从中辨识致险因子。

6 施工作业程序分解后，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故类型，并形成风险辨识清单。

6.2.3 风险分析

1 对于物的不安全状态可能引起的事故，主要从地质条件变化、施工方案、施工环境、施工机械、自然灾害等方面分析。

2 对于人的不安全行为可能引起的事故，主要从操作错误、违反安全规程和管理缺陷等方面分析。

3 在边坡施工中，可能受到事故伤害的人员类型包括：作业人员本身、同一作业场所的其他作业人员、周围其他人员。事故后果主要是指：伤亡（失踪）和直接经济损失。

4 风险分析通过评估小组讨论会的形式实施，可采用风险传递路径法、鱼刺图法、故障树分析法等系统安全工程理论进行分析。

6.2.4 风险估测

1 风险估测方法应综合考虑风险事件发生的可能性及严重程度，宜结合施工组织设计、风险事件的特点等因素确定，可采用指标体系法、专家调查法、后果当量估计法、风险矩阵法或点估计法等方法进行估测。

2 一般风险源风险估测可采用定性（如检查表法、专家调查法等）或半定量方法（如 LEC 法等），检查表法和 LEC 法应符合 JT/T 1375.1—2022 中 6.3.2.2 和 6.3.2.3 的要求。

3 重大风险源风险估测应符合 JT/T 1375.1—2022 中 6.3.3 的要求。

4 选取物的不安全状态引起的事故可能性评估指标时，主要考虑某些典型事故类型，如边坡失稳、塌方、坡面病害、高处坠落等可能导致重大人员伤亡及财产损失事故类型。

5 物的不安全状态引起的事故可能性评估以单一的工程措施为对象，针对重大作业活动，本标准建立了以下工程措施事故可能性评估指标体系：（1）支护结构拆除；（2）边坡开挖。

6 支护结构拆除施工事故可能性评估，主要基于边坡失稳、塌方、锚索弹射伤人、高处坠落事故等建立评估指标体系，见附录 B.10。

7 边坡开挖施工事故可能性评估，主要基于边坡失稳、塌方、坡面病害事故等，建立评估指标体系，可参见附录 B.11。

8 边坡开挖变形破坏说明边坡风险事故已有可能趋向于发生。当出现变形破坏时，应按表 6.2.5-1 对边坡开挖风险的可能性进行调整，表中 D_0 为边坡开挖变形破坏迹象的调整系数。边坡变形破坏迹象根据现场的裂缝展布情况确定，也可根据边坡变形量、变形速率及支挡加固结构内力的变化确定。

表 6.2.5-1 边坡开挖变形破坏迹象的调整系数

等级	分类		调整系数 (D_0)		说明
			范围	分值	
一	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	边坡变形量、变形速率及支挡加固结构内力处于危险域	$1.3 \leq D_0 < 1.5$	D_0	边坡变形量、变形速率及支挡加固结构内力根据监测资料获取。边坡的控制值应参照设计文件与相关规范确定。绝对安全域为控制值 0.8；安全域为控制值以内；警戒域采用控制值的 1.2；危险域采用控制值的 1.3。各地也可根据实际情况综合确定调整系数。
二	边坡上有断断续续的裂缝，表现出有整体失稳的可能	边坡变形量、变形速率及支挡加固结构内力处于警戒域	$1.2 \leq D_0 < 1.3$		
三	边坡上出现局部变形迹象，但可能发展为整体变形	边坡变形量、变形速率及支挡加固结构内力处于相对安全域	$1.1 \leq D_0 < 1.2$		
四	边坡上出现局部变形迹象，不可能发展为整体变形	边坡变形量、变形速率及支挡加固结构内力处于安全域	$1.0 \leq D_0 < 1.1$		

9 人的不安全行为引发的事故可能性的评估指标体系，见表 6.2.5-2，将评估指标分值通过公式 $M=A+B+C+D+E+F+G+H+I+J$ 进行计算。根据计算分值对照表 6.2.5-3 找出安全管理调整系数 λ 。

表 6.2.5-2 安全管理评估指标体系

评估指标	分类	分值	说明
总包企业资质 A	二级	2	
	一级	1	
	特级	0	
专业分包企业资质 B	无资质	2	针对当前作业的主要分包企业。
	有资质	0	
劳务分包	无资质	2	针对当前作业的分包企业。

企业资质C	有资质	0	
作业人员 经验 D	无经验	2	从特种作业人员、一线施工人员的工程经验考虑。
	有一定经验	1	
	经验丰富	0	
项目技术 管理人员 经验E	无经验	2	项目管理人员和专业技术人员具有3次及以上的滑坡治理、边坡建设经验为丰富。1~2次的为有一定经验，没有项目管理经历的为无经验。
	有一定经验	1	
	经验丰富	0	
专职安全 人员配备 F	不符合	2	从“企业负责人（A类）、项目负责人（B类）、专职安全员（C类）”三类人员的持证、在岗情况考虑。
	基本符合规定	1	
	符合规定	0	
安全投入 G	不符合	2	安全资金、人员、设备三项投入都满足的为符合规定，三项都不满足的为不符合规定。
	基本符合规定	1	
	符合规定	0	
机械设备 配置及管 理H	无建档台账及缺日常 管理维护	2	按合同要求配置及日常维护保养到位。
	台账建档管理，缺日 常维护	1	
	台账建档完备，管 理、维护到位	0	
专项施工 方案 I	可操作性较差	2	可操作性指与现场实际情况符合，能够按方案执行，并得到预期效果。
	可操作性一般	1	
	可操作性强	0	
企业工程 业绩 J	无	2	企业有类似工程施工经验的安全风险小。
	同类工程2次及以下	1	
	同类工程3次及以上	0	

表 6.2.5-3 安全管理评估指标分值与安全管理调整系数对照表

计算分值 M	调整系数 λ
M ≥ 15	1.2
12 ≤ M < 15	1.1
9 ≤ M < 12	1
6 ≤ M < 9	0.9
M < 6	0.8

10 边坡施工风险事故可能性大小计算按式（6.2.5-1、6.2.5-2）计算确定。

$$S = \lambda \cdot D_0 \sum X_{ij} \quad (6.2.5-1)$$

$$X = R_{ij} \gamma_{ij} \quad (6.2.5-2)$$

式中， X_{ij} —二级指标的分值， $i=1, 2, \dots, m$ ， $j=1, 2, \dots, n$ ； m 为分

类项次， n 为对应第 i 类评估指标包括重要指标的数量。

D_0 —边坡开挖变形破坏迹象的调整系数，按表 6.2.5-1 取值，其他重大风险源 $D_0=1$ ；

λ —安全管理调整系数。

计算得到 S 值后，根据 S 值对照表 6.2.5-4 确定各重大作业活动发生风险事故的可能性等级。

表 6.2.5-4 重大作业活动发生风险事故的可能性等级标准

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

11 根据事故可能性等级、事故严重程度等级，采用风险矩阵法确定路堑高边坡各工程措施的施工安全风险等级，具体方法应符合 JT/T 1375.1—2022 中 6.3.3 的要求。

7 改扩建交通安全风险评估

7.1 总体风险评估

7.1.1 一般要求

1 总体风险评估是根据改扩建作业区形式、交通运行、道路环境等，评估改扩建项目全线作业区路段交通安全风险，确定风险等级并提出控制措施建议。总体评估在开工前实施，评估结论可作为完善交通组织方案的依据。

2 总体风险评估的对象为边施工边通车的路段，以单个作业区为评估单元进行评估。

3 总体风险评估的依据主要有工可、交通组织方案设计、改扩建安全评价报告、现场调查资料及行业标准、规范等。

4 总体风险评估方法推荐采用指标体系法。

5 评估小组根据总体风险评估情况，提出专项风险评估对象，即需要重点评估的风险源。

7.1.2 主控因素判识法

1 应从道路环境、跨线特征方面，判识影响改扩建交通安全的主控因素，根据表 0 确定总体风险等级。

2 由不同主控因素确定的改扩建交通安全总体风险等级不同时，应以等级高者为准。

表 7.1.1 改扩建交通安全总体风险评估主控因素识别表

评估指标		总体风险等级	
主控因素	因素描述	等级IV (重大风险)	等级III (较大风险)
道路环境	穿越不良地质路段，路基塌方、边坡滑坡路段占比较大且离道路较近，对行车安全影响较大	√	
	穿越小净距隧道改扩建路段		√
跨线特征	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	√	

评估指标		总体风险等级	
主控因素	因素描述	等级IV (重大风险)	等级III (较大风险)
	上跨运营一、二级公路，支线铁路、III~V级航道		√

7.1.3 指标体系法

1 指标体系法，根据：改扩建作业区形式、交通运行、道路环境将指标分为三个主要反映交通安全风险的大类，在指标分类的基础上，提出评估指标。

2 将各评估指标重要性可采用权重系数进行区分。

3 高速公路改扩建交通安全总体风险评估指标划分为3类：改扩建作业区形式、交通运行、道路环境。根据各指标的具体情况建立评估指标体系，详见下表。具体评估时，下表中6个指标不一定全部参与评估，可选择比较重要的指标进行排序。

表 7.1.3-1 改扩建期间交通运行总体风险评估指标体系

分类	二级指标	评价依据	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			
改扩建作业区形式 A11		封闭硬路肩施工	0~25	S ₁₁	γ ₁₁	X ₁₁ = S ₁₁ ×γ ₁₁	
		封闭外侧车道施工	25-50				
		封闭中间/内侧车道施工	50-75				
		借用对向车道通行, 单幅双向保通施工	75-100				
交通运行 A2	交通组成 A21	大客车、危化品车占比≤10%	0-33	S ₂₁	γ ₂₁	X ₂₁ = S ₂₁ ×γ ₂₁	
		大客车、危化品车占比>10%且≤30%	33-66				
		大客车、危化品车占比>30%且≤90%	66-100				
	速度协调性 A22	速度差 ΔV <10km/h, 速度协调性良好	0-33	S ₂₂	γ ₂₂	X ₂₂ = S ₂₂ ×γ ₂₂	参考《公路项目安全性评价规范》
		速度差 10km/h≤ ΔV <20km/h, 速度协调性较好	33-66				
		速度差 ΔV ≥20km/h, 速度协调性不良	66-100				
道路环境 A3	不良地质 A31	未穿越不良地质路段	0	S ₃₁	γ ₃₁	X ₃₁ = S ₃₁ ×γ ₃₁	
		穿越不良地质路段, 存在路基塌方、边坡滑坡路段但离道路较远, 对行车安全基本无影响	0-33				
		穿越不良地质路段, 路基塌方、边坡滑坡路段占比较小且离道路较近, 对行车安全影响较小	33-66				
		穿越不良地质路段, 路基塌方、边坡滑坡路段占比较大且离道路较近, 对行车安全影响较大	66-100				
	道路线形 A32	施工区位于平直路段	0~25	S ₃₂	γ ₃₂	X ₃₂ = S ₃₂ ×γ ₃₂	根据《公路项目安全性评价规范》: 圆曲线半径>
		作业区位于平曲线路段或纵坡路段	25-50				

分类	二级指标	评价依据	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			
		作业区位于互通区或出入口路段	50-75		γ ₃₃	X ₃₃ = S ₃₃ ×γ ₃₃	1000km 且坡度 < 3%为平直路段，圆曲线半径 ≤1000km 且坡度 < 3%为平曲线路段，圆曲线半径 > 1000km 且坡度 ≥3%为纵坡路段，圆曲线半径 ≤1000km 且坡度 ≥3%为弯坡组合路段
		作业区位于弯坡组合路段和互通区（出入口）路段	75-100				
	气候条件 A33	气候条件良好，基本不影响交通运行安全	0-33	S ₃₃			
		气候条件一般，可能影响交通运行安全，但不显著	33-66				
		极端气候事件多发区域（洪水、强风、强暴雨雪、台风等）	66-100				

5 高速公路改扩建施工作业区交通安全总体风险按下列公式计算确定：

$$F = \sum X_{ij} \quad (7.1.2-1)$$

$$X_{ij} = R_{ij} \times \gamma_{ij} \quad (7.1.2-1)$$

式中： X_{ij} ——评估指标的分值， $i=1, 2, 3, 4$ ； $j=1, 2, \dots, n$ 。 n 为对应第*i*类评估指标包括重要指标的数量。

计算得出*F*值后，对照下表确定改扩建交通安全总体风险等级。

表 7.1.3-2 高速公路施工作业区交通安全总体风险分级标准

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

7.2 专项风险评估

7.2.1 一般要求

1 专项风险评估是在总体风险评估基础上，对达到高度风险及以上的作业区路段为评估单元，以作业区交通组织形式为评估对象，根据其安全风险特点，进行风险辨识、分析、估测，提出风险控制措施。本《标准》专项风险评估主要指施工前专项评估。专项风险评估结论可作为制定、完善施工交通组织方案的依据。

2 满足下列条件之一的，应开展专项风险评估：

- (1) 总体风险评估等级为III级及以上的；
- (2) 总体风险评估中单一指标影响过大的。

3 专项风险评估的基本程序包括：风险辨识、风险分析、风险估测、风险控制。

4 在改扩建项目开工前，应完成交通安全专项风险评估，形成专项风险评估报告。

7.2.2 风险辨识

1 风险辨识步骤包括：工程资料的收集整理、交通条件和环境条件的调查、施

工队伍素质和管理制度的调查、施工作业可能发生的交通事故类型分析。

2 专项风险评估需收集、整理的相关工程资料主要包括：

(1) 本工程的可行性研究报告、工程地质勘察报告、安全评价报告、初步设计文件、施工图设计文件及施工交通组织设计文件等资料；

(2) 工程区域内的环境条件，包括道路环境、交通环境、施工环境等可能造成交通事故的要素；

(3) 工程区域内地质、水文、气象等灾害事故资料；

(4) 同类工程交通事故资料；

(5) 其他与风险辨识对象相关的资料。

3 施工现场地质条件和环境条件调查主要包括：

(1) 地质条件；

(2) 周边环境；

(3) 交通环境；

(4) 道路环境。

4 施工队伍素质和管理制度调查主要包括：

(1) 企业近十年业绩，同类工程经验和交通事故情况；

(2) 施工队伍素质，施工队伍的专业化作业能力和技术水平；

(3) 管理制度，各种管理制度是否健全。

5 交通安全风险评估单元是以单一的作业区为对象。

6 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交通事故类型，并形成风险辨识清单。

8 分析改扩建期间可能发生的交通事故类型时，可参考下表。

表 7.2.2-1 交通风险评估单元与典型事故类型对照表

序号	事故类型 评估单元	车辆闯入施工区	车辆刮擦碰撞作业区设施	车辆碰撞作业人员	物体打击	车辆碰撞作业区溢出的机械/物料	车辆与作业车碰撞	单幅双向通行对向车辆碰撞
1	双向全封闭施工或分离新建				○			
2	单向封闭交通					○		
3	封闭硬路肩施工	○	○	○	○	○	○	
4	封闭某条行车道施工	○	○	○	○	○	○	
5	借用对向车道通行，双向保通施工					○	○	○

7.2.3 风险分析

1 对于物的不安全状态可能引起的交通事故，主要从作业区类型、地质条件变化、道路环境、交通运行、自然灾害等方面分析。

2 对于人的不安全行为可能引起的交通事故，主要从操作错误、违反安全规程和管理缺陷等方面分析。

3 在高速公路改扩建期间，可能受到交通事故伤害的人员类型包括施工作业人员、社会车辆司乘人员。事故后果主要是指：伤亡（失踪）和直接经济损失，但不局限于这两类损失。

4 风险分析通过评估小组讨论会的形式实施，可采用风险传递路径法、鱼刺图法、故障树分析法等系统安全工程理论进行分析。

7.2.4 风险估测

1 风险大小 = 事故发生可能性 × 事故后果严重程度。“×”表示事故发生可能性和事故后果严重程度的组合。

2 风险估测方法应结合施工交通组织设计、潜在事故的特点等因素确定。

3 交通事故可能性取决于物的不安全状态与人的不安全行为的组合。交通事故可能性评估指标体系如下表：

表 7.2.4-1 交通事故可能性评估指标体系

一级指标	二级指标	评价依据	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			
作业区布设 X1	改扩建形式 X11	双向全封闭施工或分离新建	0	R ₁₁	γ ₁₁	X ₁₁ = R ₁₁ ×γ ₁₁	
		封闭硬路肩施工	0~25				
		封闭外侧车道施工	25-50				
		封闭中间/内侧车道施工	50-75				
		借用对向车道通行, 单幅双向保通施工	75-100				
	作业区长度 X12	作业区长度为 0	0	R ₁₂	γ ₁₂	X ₁₂ = R ₁₂ ×γ ₁₂	
		作业区长度为 0-3km	0-33				
		作业区长度为 3-6km	33-66				
		作业区长度大于 6km	66-100				
	临时安全设施设置 X13	在设置临时护栏, 设置其他智能防撞及预警设施	0-33	R ₁₃	γ ₁₃	X ₁₃ = R ₁₃ ×γ ₁₃	
		作业区隔离设施为具有防撞功能的临时护栏	33-66				
		作业区隔离设施为交通锥、塑料注水(砂)隔离栏	66-100				
	管理制度 X21	安全规章制度齐全	0~25	R ₂₁	γ ₂₁	X ₂₁ = R ₂₁ ×γ ₂₁	
安全规章制度基本齐全		25-50					
安全规章制度不齐全		50-75					
无安全规章制度		75-100					
作业管理 X2	应急预案 X22	设置合理的应急方案, 包括交通突发事件应急预案, 暴雨、暴雪、大雾、台风等恶劣天气应急预案, 节假日及重大社会经济活动应急预案, 事故应急救援方案, 方案设置齐全且满足规范	0~25	R ₂₂	γ ₂₂	X ₂₂ = R ₂₂ ×γ ₂₂	
	应急预案 X22	设置合理的应急方案, 包括交通突发事件应急预案, 暴雨、暴雪、大雾、台风等恶劣天气应急预案, 节假日及重大社会经济活动应急预案, 事故应急救援方案, 方案基本齐全, 但缺少 1-3 种应急情	25-50				

一级指标	二级指标	评价依据	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			
		况					
		应急预案未包括的情况超过3种以上	50-75				
		无应急预案	75-100				
	人员管理 X23	定期召开安全会议, 组织交通安全知识教育, 开展安全业务培训	0-33	R ₂₃	γ ₂₃	X ₂₃ = R ₂₃ ×γ ₂₃	
		不定期召开安全会议, 组织交通安全知识教育, 开展安全业务培训	33-66				
		从不召开安全会议, 组织交通安全知识教育, 开展安全业务培训	66-100				
交通运行 X3	交通组成 X31	保通路段大型车占比≤10%或>90%	0-33	R ₃₁	γ ₃₁	X ₃₁ = R ₃₁ ×γ ₃₁	
		保通路段大型车占比>10%且≤30%	33-66				
		保通路段大型车占比>30%且≤90%	66-100				
	速度协调性 X32	保通路段速度差 ΔV85 <10km/h, 速度协调性良好	0-33	R ₃₂	γ ₃₂	X ₃₂ = R ₃₂ ×γ ₃₂	根据《公路项目安全性评价规范》
		保通路段速度差 10km/h≤ ΔV85 <20km/h, 速度协调性较好	33-66				
		保通路段速度差 ΔV85 ≥20km/h, 速度协调性不良	66-100				
	服务水平 X33	保通路段服务水平不低于三级	0-33	R ₃₃	γ ₃₃	X ₃₃ = R ₃₃ ×γ ₃₃	
		保通路段服务水平处于四级	33-66				
		保通路段服务水平低于四级	66-100				
	危化品运输 X34	保通路段无危化品车辆通行	0-33	R ₃₄	γ ₃₄	X ₃₄ = R ₃₄ ×γ ₃₄	
保通路段危化品车辆较少, 很少出现连续通行的情况		33-66					
保通路段有危化品车辆通行, 存在连续通行的情况		66-100					
道路		未穿越不良地质路段	0~25	R ₄₁	γ ₄₁		

一级指标	二级指标	评价依据	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			
环境 X4	不良地质 X41	穿越不良地质路段，存在路基塌方、边坡滑坡路段但离道路较远，对行车安全基本无影响	25-50			X ₄₁ = R ₄₁ ×γ ₄₁	
		穿越不良地质路段，路基塌方、边坡滑坡路段占比较小且离道路较近，对行车安全影响较小	50-75				
		穿越不良地质路段，路基塌方、边坡滑坡路段占比较大且离道路较近，对行车安全影响较大	75-100				
	道路线形 X42	作业区位于平直路段	0~25	R ₄₂	γ ₄₂	X ₄₂ = R ₄₂ ×γ ₄₂	
		作业区位于平曲线路段或纵坡路段	25-50				
		作业区位于互通区或出入口路段	50-75				
		作业区位于弯坡组合路段和互通区（出入口）路段	75-100				

一级指标	二级指标	评价依据	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			
							段, 圆曲线半径 > 1000m 且坡度 ≥ 3% 为纵坡路段, 圆曲线半径 ≤ 1000m 且坡度 ≥ 3% 为弯坡组合路段
	气候条件 X43	气候条件良好, 基本不影响交通运行安全	0-33	R ₄₃	γ ₄₃	X ₄₃ = R ₄₃ × γ ₄₃	参考《公路桥梁和隧道工程施工安全风险评估指南》
		气候条件一般, 可能影响交通运行安全, 但不显著	33-66				
		极端气候事件多发区域 (洪水、强风、强暴雨雪、台风等)	66-100				
	高边坡施工 X44	无高边坡施工	0	R ₄₄	γ ₄₄	X ₄₄ = R ₄₄ × γ ₄₄	参考《高速公路路堑高边坡
		高边坡施工, 土方人工开挖、土方机械开挖	0~25				
		高边坡施工, 石方机械开挖	25-50				
		高边坡施工, 石方爆破开挖, 有防护网	50-75				

一级指标	二级指标	评价依据	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			
		高边坡施工, 石方爆破开挖, 无防护网	75-100				《工程施工安全风险评估指南》
	夜间施工 X ₄₅	夜间不施工	0~25	R ₄₅	γ ₄₅	X ₄₅ = R ₄₅ ×γ ₄₅	
		夜间施工, 照明设施设置合理, 对交通运行安全影响较小	25-50				
		夜间施工, 照明设施设置不合理, 产生眩光, 影响交通安全	50-75				
		夜间施工, 未设置照明	75-100				

交通风险事故可能性大小按照下式计算:

$$P = \sum X_{ij} \quad (7.2.4-1)$$

$$X = R_{ij} \gamma_{ij} \quad (7.2.4-2)$$

重大风险源事故可能性等级标准见下表:

表 7.2.4-2 风险事件可能性分级标准

概率等级描述	概率等级	计算分值 S
很可能	5	S > 60
可能	4	45 < S ≤ 60
偶然	3	30 < S ≤ 45
可能性很小	2	15 < S ≤ 30
几乎不可能	1	0 ≤ S ≤ 15

4 应按照 JT/T 1375.1 规定的风险事件后果严重程度等级标准评定各风险事件的后果严重程度等级。可采用风险矩阵法确定风险等级。

8 风险控制

8.1 一般要求

8.1.1 应根据总体风险评估结果与接受准则提出风险控制措施。

8.1.2 应根据专项风险评估结果与接受准则，提出风险控制措施。

表 8.1.2-1 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	应采取降低风险措施：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

注：边通车边施工的改扩建路段风险等级评为 I 级，管控措施应提级为 II 级。

表 8.1.2-2 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			
			日常管理	监控预警	专项整治	应急预案、应急准备
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	应采取降低风险措施，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	应急预案、应急准备

					整治	
--	--	--	--	--	----	--

注：边通车边施工的改扩建路段风险等级评为 I 级，管控措施应提级为 II 级。

8.2 风险控制措施建议

8.2.1 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。

8.2.2 总体风险评估应提出主要风险控制措施建议，重点提出风险控制总体思路，以及安全管理力量投入、资源(财、物)配置、施工单位选择的建议。

8.2.3 专项风险评估应针对作业活动或施工区段提出系统全面、重点突出的风险控制措施建议，为现场安全管理、专项施工方案编制和完善、安全技术交底、应急处置提供依据。专项风险评估中风险等级为 III 级(较大风险)及以上时，应分析找出导致较大或重大风险的关键指标，提出有针对性的措施降低风险。

8.2.4 施工前和施工期间宜采取的风险控制措施包括调整施工方案、加强安全措施、提高管理水平和人员素质等。

8.2.5 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,降低施工安全风险。

2 改进施工工艺。从专用设备、施工方法、工艺参数上改进,预防和减少施工事故发生。

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

1 现场安全管理措施。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,宜用机械或其他方式替代人工操作。

3 应急救援措施。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。

8.2.7 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；对特种作业人员进行专门培训，做到持证上岗；施工人员身体健康状况应符合上岗要求；施工前做好安全技术交底。

8.2.8 针对交通风险事故的原因，施工期间可采取风险控制措施包括：施工交通组织方案调整、加强安全措施、提高管理水平和人员素质。

1 针对交通风险事故的原因，施工期间可采取风险控制措施包括：施工交通组织方案调整、加强安全措施、提高管理水平和人员素质。

2 调整施工交通组织方案，主要包括交通组织模式优化、合理调整施工工序与交通组织协调优化、优化分流方案。

(1) 交通组织模式优化：即当区域路网具备分流条件时，可采用限制车辆类型、分时段限行或封闭交通（双向封闭、单向封闭）的交通组织模式，减少社会车辆对作业区的影响。

(2) 施工工序与交通组织协调优化：即交通组织设计要综合考虑路线长度、标段衔接、施工工序等因素，对施工工序从时间和空间上进行合理安排，最大程度地减少交通转换点。

(3) 优化分流方案：即根据改扩建期间通行能力、车型比、危化品车辆通行情况，制定合理的分流方案，减少和控制作业区外车辆对改扩建的影响，降低改扩建期间交通运行风险。

3 改扩建期间交通安全措施，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，采取安全有效、便于施工的安全措施，降低施工期间交通安全风险。主要包括安全技术措施、安全替代措施、应急救援措施。

(1) 安全技术措施：包括监测预警，在过渡区或交通转换点位置采用具有防

护能力的护栏、增设警示标志、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，可以用机械或其它方式替代人工操作。

(3) 安全救援措施：主要指制定应急预案和做好应急准备。

4 从管理和人的方面控制安全风险主要包括加强管理、提高人员素质。

(1) 加强管理：重点是抓落实，安全管理人员落实，安全管理制度落实，安全资金投入落实，现场管理措施落实。

(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，规范人员操作；对特殊工种进行专门培训，做到持证上岗；对关键风险控制点安排人员巡逻检查；施工前做好安全技术交底。

5 改扩建施工交通安全风险控制措施建议如下表：

表 8.2.8 高速公路改扩建施工交通安全风险控制措施建议

风险源	典型事故类型	事故主要原因	风险控制措施建议
双向全封闭施工	物体打击	上跨道路施工未做好防落物的措施	1、采取防落物等防护措施 2、可视情况分时段封闭下穿道路
分离新建施工		新建道路与既有道路距离较近，爆破施工防飞石措施不当	1、采取产生飞石少的爆破方法 2、爆破前设专人警戒，定时爆破 3、加强防护措施
单向封闭施工，单向保通	车辆碰撞作业区溢出的机械/物料	1、作业区管理不规范 2、作业人员安全意识不强 3、操作人员未按照操作规程进行作业	1、加强现场巡查和监管力度，及时发现和处理机械/物料溢出等安全隐患。 2、定期开展安全教育和培训活动，提高工作人员对机械/物料溢出等安全问题的认识和重视程度。 3、规范作业人员操作，防止机械/物料通过中分带遗撒到另外半幅。
封闭硬路肩施工/封闭某条行车道施工	车辆闯入施工区	1、不按规范安全行驶（超速、酒驾、超载等）、分心驾驶、疲劳驾驶 2、车辆故障、刹车失灵	1、设置合理的限速设施 2、合理布设交通安全设施，有效引导车辆安全行驶 3、有条件时设置具有防撞能力的临时护栏作为隔离设施 4、封闭部分行车道施工时，有条

	<p>3、作业区设施设置不规范</p> <p>4、作业区隔离设施无防撞能力</p> <p>5、夜间照明不佳</p>	<p>件时可在缓冲区前方布设防撞车或安全预警装备</p> <p>5、尽量避免夜间施工，确需夜间施工的，应配备充足的照明灯光和夜间警示装备</p> <p>6、协调交警测速</p>
车辆刮擦碰撞作业区设施	<p>1、不按规定安全行驶（超速、酒驾、超载等）、分心驾驶、疲劳驾驶</p> <p>2、作业区设施设置不规范</p>	<p>1、合理布设交通安全设施，避免侵占行车道的有效行驶空间、合理引导车辆安全行驶</p> <p>2、加强对交通安全设施的巡逻，避免因倒伏等原因影响行车安全</p> <p>3、优化交通组织模式，在车辆运行空间有限时可对大型车进行分流</p>
车辆碰撞作业区外的作业人员	<p>1、作业人员安全意识不强</p> <p>2、作业人员操作不规范</p>	<p>1、加强安全教育培训和专业技能培训，提升作业人员安全意识和操作技能</p> <p>2、加强监管</p>
车辆与作业车碰撞	<p>1、作业区未设置工程车辆专门的出入口</p> <p>2、施工作业车辆在非作业区倒车/逆行</p> <p>3、交通安全设施布设/撤除过程中，未设置警示防撞等设施</p>	<p>1、作业区设置工程车专门的出入口</p> <p>2、施工作业车辆按照规范操作</p> <p>3、加强对施工作业车辆驾驶人的安全交运</p> <p>4、编制作业手册等，提高交通安全设施布设/撤除流程的标准化</p>
车辆碰撞作业区溢出的机械/物料	<p>1、物料运输、堆放不规范</p> <p>2、作业区管理不规范</p> <p>3、作业人员安全意识不强</p> <p>4、操作人员未按照操作规程进行作业</p>	<p>1、严格控制装载量和行驶速度，避免物料在运输过程中因装载过多或速度过快散落。</p> <p>2、合理规划物料堆放区域，确保物料堆放整齐、稳固，防止因堆放不当导致的物料散落。</p> <p>3、对易散落物料采取必要的覆盖措施，如使用篷布或网罩进行遮盖，减少物料被风吹散的可能性。</p> <p>4、设立专门的物料回收和处理区域，对散落的物料进行及时清理和处理，防止物料堆积和二次污染。</p> <p>5、加强现场巡查和监管力度，及时发现和处理机械/物料溢出等安全隐患。</p> <p>6、定期开展安全教育和培训活动，提高工作人员对机械/物料溢出</p>

			等安全问题的认识和重视程度。
借用对向车道通行，单幅双向保通施工	车辆在导改区闯入施工区	<ol style="list-style-type: none"> 1、不按规定安全行驶（超速、酒驾、超载等）、分心驾驶、疲劳驾驶 2、车辆故障、刹车失灵 3、作业区设施设置不规范 4、导改区隔离设施无防撞能力 5、导改区夜间照明不佳 	<ol style="list-style-type: none"> 1、设置合理的限速设施 2、导改区合理布设交通安全设施，有效引导车辆安全行驶 3、导改区设置具有防撞能力的临时护栏作为隔离设施 4、尽量避免夜间施工，确需夜间施工的，应配备充足的照明灯光和夜间警示装备 5、派专人在导改区指挥。
	车辆在导改区刮擦碰撞作业区设施	<ol style="list-style-type: none"> 1、不按规定安全行驶（超速、酒驾、超载等）、分心驾驶、疲劳驾驶 2、作业区设施设置不规范 3、车道转换时，中分带保通开口设置不合理 4、车道转换时，限速值不合理 	<ol style="list-style-type: none"> 1、合理布设交通安全设施，有效引导车辆安全行驶 2、综合考虑车辆类型、大型车转弯半径、保通设计速度、中间带宽、路面横坡等因素确定保通开口长度。 3、协调优化施工工序与交通组织，尽量减少交通转换点 4、根据周边路网情况制定合理的分流方案，分流不宜转换的大型车
	车辆碰撞作业区溢出的机械/物料	<ol style="list-style-type: none"> 1、作业区管理不规范 2、作业人员安全意识不强 3、操作人员未按照操作规程进行作业 	<ol style="list-style-type: none"> 1、加强现场巡查和监管力度，及时发现和处理机械/物料溢出等安全隐患。 2、定期开展安全教育和培训活动，提高工作人员对机械/物料溢出等安全问题的认识和重视程度。 3、规范作业人员操作，防止机械/物料通过中分带遗撒到另外半幅。
	单幅双向通行车辆碰撞	<ol style="list-style-type: none"> 1、单幅双向通行车辆利用交通锥隔离，交通锥间隔距离较大 2、单幅双向通行车辆未设置具有防撞能力的隔离设施 	<ol style="list-style-type: none"> 1、按照规范要求的间距布设交通锥，避免因间距过大，驾驶人误认为车辆是单幅单向通行 2、根据《高速公路改扩建交通组织设计规范》JTG/T3392-2022，单幅双向通行的保通路段，保通设计速度大于等于60km/h时，宜设置用以分隔对向交通的临时护栏，且临时护栏的防护等级不宜低于二（B）级。 3、单幅双向通行的保通路段宜设

			置防眩设施，避免因眩光导致的交通事故。
--	--	--	---------------------

征求意见稿

附录 A

(资料性)

高速公路改扩建常见施工作业及典型风险事件类型

表 A.1 悬臂切割法拆除施工作业及典型风险事件类型

分部工程	分项工程	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
上部结构拆除	桥面系拆除		○	○	○	○					
	切割设备架设	○				○					
	预应力卸除			○		○					
	梁体切割施工	○	○	○	○						
	梁体拆除后吊移	○	○	○							
	梁体运输施工							○			
	梁块破碎及现场清理						○				
下部结构拆除	盖梁拆除	○	○	○	○						
	墩柱拆除	○	○	○	○						

表 A.2 爆破法拆除施工作业及典型风险事件类型

分部工程	分项工程	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
爆破拆除	炸药安装									○	○
	起爆	○		○						○	○
	粉尘处理								○		

表 A.3 支架法切割拆除施工作业及典型风险事件类型

分部工程	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
上部结构拆除	桥面系拆除		○	○	○	○					
	支架搭设	○		○	○						
	切割设备架设	○				○					

	梁体切割	○		○	○	○					
下部结构拆除	盖梁拆除	○	○	○	○						
	墩柱拆除	○	○	○	○						

表 A.4 架桥机拆除施工作业及典型风险事件类型

分部工程	分项工程	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
上部结构拆除	架桥机安装	○		○		○					
	梁体拆除	○	○	○	○	○					
	梁体运输		○	○				○			
下部结构拆除	盖梁拆除	○	○	○	○						
	墩柱拆除	○	○	○	○						

表 A.5 桥面拼宽施工作业及典型风险事件类型

分部工程	分项工程	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
上部结构拼接	原桥桥面系拆除			○	○	○					
	主梁翼缘凿除			○	○	○					
	原桥翼缘植筋				○	○					
	现浇湿接缝			○	○						
	横隔板预应力筋张拉			○	○	○					

表 A.6 拼宽桥桩基施工作业及典型风险事件类型

分部工程	分项工程	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
下部结构施工	桩基施工	○		○	○						
	桥台、承台施工	○		○	○						
	墩柱施工	○		○	○						

表 A.7 边坡拆除施工作业及典型风险事件类型

分项工程	失稳	塌方	坡面病害	高处坠落	机械伤害	物体打击	触电	中毒窒息	脚手架坍塌	高压气体、液体伤害	涌水突泥
锚索框架梁拆除	○			○	○	○			○		
边坡开挖			○	○	○		○	○		○	
锚索框架梁施工	○		○	○	○		○			○	
喷播植草防护			○	○							
喷射砼防护			○	○	○						

表 A.8 隧道施工作业及典型风险事件类型

分项工程	工序	洞口失稳	坍塌	涌水突泥	大变形	瓦斯爆炸（燃烧）	岩爆	冒顶片帮	有毒有害气体	火药爆炸	火灾	触电	起重伤害	机械伤害	车辆伤害	物体打击	高处坠落
洞口施工	挖掘作业	○	○		○									○		○	○
	超前管棚											○		○		○	○
	危石清除													○		○	○
洞身开挖	钻孔作业			○				○	○			○		○		○	○
	既有隧道加固								○			○		○		○	○
	新旧隧道交叉开挖		○	○	○	○		○	○	○					○		
	新旧隧道交叉支护		○	○	○	○	○	○				○		○		○	○
	超前支护							○				○		○		○	○

洞身衬砌施工	防水层施工		○		○						○	○		○		○	○
	二次衬砌施工		○		○							○		○	○	○	○
	仰拱施工		○	○	○	○			○			○		○	○	○	○

征求意见稿

附录 B

(资料性)

风险事件可能性评估指标体系

表 B.1 悬臂切割法拆除施工事故可能性评估指标体系

评估指标	分级	基本分值		权重系数 (γ_i)	说明
		分值范围	取值		
节段尺寸 (X_1)	节段长度 5m 以上 (不含) 或节段宽度 15m 以上 (不含)	$50 < R \leq 100$	0	R_1	γ_1
	节段长度 5m 以下 (不含) 或节段宽度 15m 以下 (不含)	$0 < R \leq 50$			
切割方式 (X_2)	机械切割、聚能爆破切割	$50 < R \leq 100$	0	R_2	γ_2
	金刚石绳锯切割、磨料水射流切割、熔化极电弧热切割	$0 < R \leq 50$			
交通状况 (X_3)	跨域公路、铁路、航道等开放交通及危化品管线	$66 < R \leq 100$	0	R_3	γ_3
	无开放交通、仅存在与施工相关交通	$33 < R \leq 66$			
	封闭环境, 无交通	$0 < R \leq 33$			
气候环境条件 (X_4)	极端气候事件多发区域 (洪水、强风、强暴雨雪、台风等)	$66 < R \leq 100$	0	R_4	γ_4
	气候环境条件一般, 可能影响施工安全, 但不显著	$33 < R \leq 66$			
	气候条件良好	$0 < R \leq 33$			

表 B.2 爆破法拆除施工事故可能性评估指标体系

评估指标	分级	基本分值		权重系数 (γ_i)	说明
		分值范围	取值		
施工人员水平 (X_1)	以往作业时, 发生过违反安全规定的情况。	$50 < R \leq 100$	0	R_1	γ_1
	经验丰富, 具有相关资质, 不存在违规操作。	$0 < R \leq 50$			
现场环境管理 (X_2)	施工方案中未严格依照标准在爆破危险区域设置明显的警戒标志、爆破前未对进入爆破区域的主要通道进行封闭	$50 < R \leq 100$	0	R_2	γ_2

评估指标	分级	基本分值		权重系数 (γ_i)	说明
		分值范围	取值		
	施工方案中采取现场封锁, 管理严格、群众疏散, 设置警戒岗哨等措施	$0 < R \leq 50$			
起爆 (X_3)	药量过大, 可能产生较大震动	$50 < R \leq 100$	R_3	γ_3	
	药量适中, 防护措施到位	$0 < R \leq 50$			
粉尘处理 (X_4)	施工方案中未采取起爆前后未洒水措施	$50 < R \leq 100$	R_4	γ_4	
	施工方案除尘工作到位	$0 < R \leq 50$			

表 B.3 支架法切割拆除施工事故可能性评估指标体系

评估指标	分级	基本分值		权重系数 (γ_i)	说明
		分值范围	取值		
支架规模 (X_1)	$H \geq 8m$, 搭设跨度 18m 及以上, 施工总荷载 $15kN/m^2$ 及以上; 集中线荷载 $20kN/m$ 以上	$66 < R \leq 100$	R_1	γ_1	
	$5m \leq H < 8m$, 搭设跨度 10m 及以上; 施工总荷载 $10kN/m$ 及以上; 集中线荷载 $15kN/m^2$ 及以上; 高度大于支撑水平投影宽度且相对独立无联系构件的混凝土模板支撑工程。	$33 < R \leq 66$			
	$H < 5m$, 跨度 10m 以下, 施工。总荷载不超过 $10kN/m^2$ 、集中线荷载不超过 $15kN/m^2$	$0 < R \leq 33$			
地质及基础岩土条件 (X_2)	不良地质灾害多发区域 (包括岩溶、滑坡、泥石流、采空区、强震区、雪崩区、水库坍岸区等)	$66 < R \leq 100$	R_2	γ_2	
	基础岩土为特殊性岩土 (冻土、膨胀性岩土、软土等)	$33 < R \leq 66$			
	地质条件较好, 基本不存在影响施工安全因素	$0 < R \leq 33$			
气候环境条件 (X_3)	极端气候事件多发区域 (洪水、强风、强暴雨雪、台风等)	$66 < R \leq 100$	R_3	γ_3	
	气候环境条件一般, 可能影响施工安全, 但不显著	$33 < R \leq 66$			
	气候条件良好	$0 < R \leq 33$			
支架设计 (X_4)	采用经验设计方案	$50 < R \leq 100$	R_4	γ_4	
	采用专业设计方案	$0 < R \leq 50$			
交通状况 (X_5)	跨域公路、铁路等开放交通及危化品管线	$66 < R \leq 100$	R_5	γ_5	

	无开放交通、仅存在与施工相关交通	$33 < R \leq 66$		
	封闭环境，无交通	$0 < R \leq 33$		

征求意见稿

表 B.4 架桥机拆除法施工事故可能性评估指标体系

评估指标	分级		基本分值		权重系数 (γ_i)	说明
			分值范围	取值		
行走方式 (X_1)	横向	墩顶移梁	$50 < R \leq 100$	R_1	γ_1	
		整机吊装横移动	$0 < R \leq 50$			
	纵向	拖拉式	$50 < R \leq 100$			
		步履式	$0 < R \leq 50$			
导梁形式 (X_2)	单导梁		$50 < R \leq 100$	R_2	γ_2	
	双导梁		$0 < R \leq 50$			
桥梁线形 (X_3)	线形	弯桥（曲线超高），纵坡大，影响施工安全	$50 < R \leq 100$	R_3	γ_3	
		直桥	$0 < R \leq 50$			
气候环境 (X_4)	存在强风、多雨等不良气候条件，影响施工安全		$50 < R \leq 100$	R_4	γ_4	
	气候环境良好，基本不影响施工安全		$0 < R \leq 50$			
设计与制作	采用经验设计方案		$50 < R \leq 100$	R_5	γ_5	
	采用专业设计验证方案或相关合格且可靠产品		$0 < R \leq 50$			
架桥机使用 年限 (X_5)	10 年及以上		$75 < R \leq 100$	R_6	γ_6	
	5-10 年		$50 < R \leq 75$			
	2-5 年		$25 < R \leq 50$			
	2 年以内		$0 < R \leq 25$			
操作人员工 作年限及证 书 (X_6)	作业人员取得国家有关机构颁发的相应业务的作业资格证书，无类似工程经验		$75 < R \leq 100$	R_7	γ_7	
	作业人员取得国家有关机构颁发的相应业务的作业资格证书，经验较少（完成过 1 个类似工程）		$50 < R \leq 75$			
	作业人员取得国家有关机构颁发的相应业务的作业资格证书，经验丰富（完成过 2 至 4 个类似工程）		$25 < R \leq 50$			
	作业人员取得国家有关机构颁发的相应业务的作业资格证书，经验非常丰富（完成过 5 个及以上类似工程）		$0 < R \leq 25$			

表 B.5 桥面拼宽施工事故可能性评估指标体系

评估指标	分级	基本分值		权重系数 (γ_i)	说明
		分值范围	取值		
拼接高度 (X_1)	$20m \leq H$	$66 < R \leq 100$	R ₁	γ_1	
	$5m \leq H < 20m$	$33 < R \leq 66$			
	$H < 5m$	$0 < R \leq 33$			
既有桥交通情况 (X_2)	边通车边施工	$66 < R \leq 100$	R ₂	γ_2	
	局部路段、局部时段封闭施工	$33 < R \leq 66$			
	完全封闭施工	$0 < R \leq 33$			
接缝形式 (X_3)	刚接, 带横隔板浇筑及预应力钢筋张拉	$75 < R \leq 100$	R ₃	γ_3	
	刚接, 带横隔板浇筑	$50 < R \leq 75$			
	刚接	$25 < R \leq 50$			
	铰接	$0 < R \leq 25$			
工艺成熟度 (X_4)	新技术、新工艺, 新设备国内首次应用	$50 < R \leq 100$	R ₄	γ_4	
	施工工艺较成熟, 国内有相关应用	$0 < R \leq 50$			
气候环境条件 (X_5)	极端气候事件多发区域 (洪水、强风、强暴雨雪、台风等)	$66 < R \leq 100$	R ₅	γ_5	
	气候环境条件一般, 可能影响施工安全, 但不显著	$33 < R \leq 66$			
	气候条件良好	$0 < R \leq 33$			
跨线施工 (X_6)	跨域公路、铁路等开放交通及危化品管线	$66 < R \leq 100$	R ₆	γ_6	
	无开放交通、仅存在与施工相关交通	$33 < R \leq 66$			
	封闭环境、无交通	$0 < R \leq 33$			

表 B.6 拼宽桥桩基施工事故可能性评估指标体系

评估指标	分级	基本分值		权重系数 (γ_i)	说明
		分值范围	取值		
与既有桥基础间距 (X_1)	$H < 5m$	$66 < R \leq 100$	R ₁	γ_1	
	$5m \leq H < 15m$	$33 < R \leq 66$			
	$H \geq 15m$	$0 < R \leq 33$			
桩基长度 (X_2)	$L \geq 15m$	$66 < R \leq 100$	R ₂	γ_2	
	$10m \leq L < 15m$	$33 < R \leq 66$			
	$L < 10m$	$0 < R \leq 33$			
桩基施工工艺 (X_3)	人工挖孔	$66 < R \leq 100$	R ₃	γ_3	
	冲击钻钻孔施工	$33 < R \leq 66$			
	旋挖钻钻孔施工	$0 < R \leq 33$			
既有桥交通情况 (X_4)	边通车边施工	$66 < R \leq 100$	R ₄	γ_4	
	局部路段、局部时段封闭施工	$33 < R \leq 66$			

评估指标	分级	基本分值		权重系数 (γ_i)	说明
		分值范围	取值		
	完全封闭施工	$0 < R \leq 33$			
工艺成熟度 (X_5)	新技术、新工艺, 新设备国内首次应用	$50 < R \leq 100$	R_5	γ_5	
	施工工艺较成熟, 国内有相关应用	$0 < R \leq 50$			
气候环境条件 (X_6)	极端气候事件多发区域 (洪水、强风、强暴雨雪、台风等)	$66 < R \leq 100$	R_6	γ_6	
	气候环境条件一般, 可能影响施工安全, 但不显著	$33 < R \leq 66$			
	气候条件良好	$0 < R \leq 33$			

表 B.7 拼宽桥架桥机施工事故可能性评估指标体系

评估指标	分类		基本分值		权重系数 (γ_i)	说明
			分值范围	取值		
行走方式 (X_1)	横向	墩顶移梁	$50 < R \leq 100$	R_1	γ_1	
		整机吊装横移动	$0 < R \leq 50$			
	纵向	拖拉式	$50 < R \leq 100$			
		步履式	$0 < R \leq 50$			
导梁形式 (X_2)	单导梁		$50 < R \leq 100$	R_2	γ_2	
	双导梁		$0 < R \leq 50$			
架桥机使用年限 (X_3)	10 年及以上		$75 < R \leq 100$	R_3	γ_3	
	5-10 年		$50 < R \leq 75$			
	2-5 年		$25 < R \leq 50$			
	2 年以内		$0 < R \leq 25$			
操作人员工作年限及证书 (X_4)	作业人员取得国家有关机构颁发的相应业务的作业资格证书, 无类似工程经验		$75 < R \leq 100$	R_4	γ_4	
	作业人员取得国家有关机构颁发的相应业务的作业资格证书, 经验较少 (完成过 1 个类似工程)		$50 < R \leq 75$			
	作业人员取得国家有关机构颁发的相应业务的作业资格证书, 经验丰富 (完成过 2 至 4 个类似工程)		$25 < R \leq 50$			
	作业人员取得国家有关机构颁发的相应业务的作业资格证书, 经验非常丰富 (完成过 5 个及以上类似工程)		$0 < R \leq 25$			

架桥机与原桥最小间距 (X ₅)	5m 及以上	75<R≤100	R ₅	γ ₅	考虑架桥机倾覆, 与旧桥碰撞
	3m≤L<5m	500<R≤75			
	1m≤L<3m	25<R≤50			
	L<1m	0<R≤25			
既有桥交通情况 (X ₆)	边通车边施工	66<R≤100	R ₆	γ ₆	
	局部路段、局部时段封闭施工	33<R≤66			
	完全封闭施工	0<R≤33			
桥梁线形 (X ₇)	弯桥 (曲线超高), 纵坡大影响施工安全	50<R≤100	R ₇	γ ₇	
	直桥	0<R≤50			
气候环境 (X ₈)	存在强风、多雨、雷暴等不良气候条件, 影响施工安全	50<R≤100	R ₈	γ ₈	
	气候环境条件好, 基本不影响施工安全	0<R≤50			
设计与制作 (X ₉)	采用经验设计方案	50<R≤100	R ₉	γ ₉	
	采用专业设计验证方案或相关合格且可靠产品	0<R≤50			
跨线施工 (X ₁₀)	跨域公路、铁路等开放交通及危化品管线	66<R≤100	R ₁₀	γ ₁₀	
	无开放交通、仅存在与施工相关交通	33<R≤66			
	封闭环境、无交通	0<R≤33			

表 B.8 拼宽桥吊装施工事故可能性评估指标体系

评估指标	分类	基本分值		权重系数 (γ _i)	说明
		分值范围	取值		
吊装施工 (X ₁)	采用经验设计方案	50<R≤100	R ₁	γ ₁	
	采用专业设计验证方案或相关合格且可靠产品	0<R≤50			
气候环境 (X ₂)	极端气候事件多发区域 (强风、强暴雨雪等)	66<R≤100	R ₂	γ ₂	
	气候环境条件一般, 可能影响施工安全, 但不显著	33<R≤66			
	气候条件良好, 基本不影响施工安全	0<R≤33			
既有桥交通情况 (X ₃)	边通车边施工	66<R≤100	R ₃	γ ₃	
	局部路段、局部时段封闭施工	33<R≤66			
	完全封闭施工	0<R≤33			
施工位置 (X ₄)	旧桥桥面	66<R≤100	R ₄	γ ₄	考虑吊车位置
	水上或山区	33<R≤66			
	平地	0<R≤33			

评估指标	分类	基本分值		权重系数 (γ_i)	说明
		分值范围	取值		
跨线施工 (X_5)	跨越公路、铁路等开放交通及危化品管线	$66 < R \leq 100$	R_5	γ_5	
	无开放交通、仅存在与施工相关交通	$33 < R \leq 66$			
	封闭环境、无交通	$0 < R \leq 33$			

征求意见稿

表 B.9 隧道施工坍塌事故可能性评估指标体系

分类	评估指标	分级	基本分值		权重系数
			分值范围	取值	
建设情况 X_1	隧道断面跨度 X_{11}	$X_{11} \geq 18m$	75-100	R_{11}	γ_{11}
		$14m \leq X_{11} < 18m$	50-74		
		$9m \leq X_{11} < 14m$	25-49		
		$X_{11} < 9m$	0-24		
	扩建方式 X_{12}	四周扩建	75-100	R_1 2	γ_{12}
		两侧扩建	50-74		
		单侧扩建	25-49		
		增建	0-24		
地形特征 X_2	浅埋层厚度与覆跨比 X_{21}	厚度小于 10m	75-100	R_2 1	γ_{21}
		厚度 10m 且覆跨比小于 2	50-74		
		$2 \leq \text{覆跨比} < 4$	25-49		
		覆跨比 ≥ 4	0-24		
	浅埋隧道偏压角度 X_{22}	$\geq 25^\circ$	50-100	R_2 2	γ_{22}
		$< 25^\circ$	0-49		
支护及加固 X_3	超前管棚支护 X_{31}	常规设计方法	66-100	R_3 1	γ_{31}
		结合隧道情况对支护长度优化	33-65		
		结合隧道情况对支护长度和参数进行优化	0-32		
	既有隧道洞口加固 X_{32}	隧道洞口加固	50-100	R_3 2	γ_{32}
隧道洞口不加固		0-49			
新旧隧道交叉处施工 X_4	新旧隧道交叉处围岩级别 X_{41}	V级、VI级	75-100	R_4 1	γ_{41}
		IV级	50-74		
		III级	25-49		
		I、II级	0-24		
	新旧隧道交叉处施工及支护方法 X_{42}	不改变支护方法和支护参数	66-100	R_4 2	γ_{42}
		不改变支护方法, 但对支护参数进行重新设计	33-65		
对支护方法和支护参数进行重新设计		0-32			
地质条件 X_5	断层破碎带宽度 X_{51}	$\geq 50m$	75-100	R_5 1	γ_{51}
		$20m \leq \text{宽度} < 50m$	50-74		
		$< 20m$	25-49		
		不存在断层破碎带	0-24		

分类	评估指标	分级	基本分值		权重系数
			分值范围	取值	
	优势结构面倾角 X ₅₂	0°≤倾角<25°	75-100	R ₅ 2	γ ₅₂
		25°≤倾角<55°	50-74		
		55°≤倾角<70°	25-49		
		70°≤倾角<90°	0-24		
	地质符合性 X ₅₃	实际工程地质条件与设计文件相差较大	66-100	R ₅ 3	γ ₅₃
		实际工程地质条件与设计文件基本一致	33-65		
		实际工程地质条件与设计文件完全一致	0-32		
结构状况 X ₆	渗水情况 X ₆₁	管道式涌水	75-100	R ₆ 1	γ ₆₁
		线状至股状渗水	50-74		
		线状渗水	25-49		
		滴状渗水	0-24		
施工及监控量测方案 X ₇	施工方法合理性 X ₇₁	对比水文地质条件, 施工方法不合理	66-100	R ₇ 1	γ ₇₁
		对比水文地质条件, 施工方法较为合理	33-65		
		对比水文地质条件, 施工方法合理	0-32		
	衬砌安全距离 X ₇₂	IV级围岩二次衬砌距掌子面距离110m以上, V级围岩90m以上, VI级围岩70m以上	75-100	R ₇ 2	γ ₇₂
		IV级围岩二次衬砌距掌子面距离90m~110m, V级围岩70m~90m, VI级围岩50m~70m	50-74		
		IV级围岩二次衬砌距掌子面距离90m以下, V级围岩70m以下, VI级围岩50m以下	0-49		
	仰拱安全距离 X ₇₃	III级围岩仰拱距掌子面距离100m以上, IV级围岩60m以上, V级围岩50m以上, VI级围岩40m以上	75-100	R ₇ 3	γ ₇₃
		III级围岩仰拱距掌子面距离90m~100m, IV级围岩50m~60m, V级围岩40m~50m, VI级围岩30m~40m	50-74		
		III级围岩仰拱距掌子面距离90m以下, IV级围岩50m以下, V级围岩40m以下, VI级围岩30m以下	0-49		

分类	评估指标	分级	基本分值		权重系数
			分值范围	取值	
	监控量测方案合理性 X ₇₄	量测频率很低、必测项目很不全面或无监测项目、信息反馈很差或无反馈	75-100	R ₇ 4	γ ₇₄
		量测频率较低、有一定必测项目，但不全面、信息反馈较差	50-74		
		量测频率一般、必测项目较全面，无选测项目、信息反馈一般	25-49		
		量测频率较合理、必测项目全面，有一定选测项目、信息反馈及时	0-24		
		量测频率合理、必测项目全面，选测项目合理、信息反馈很及时	0		
施工环境 X ₈	交通状况 X ₈₁	临近隧道施工范围内有运营高速公路隧道、铁路隧道	50-100	R ₈ 1	γ ₈₁
		临近隧道施工范围内无运营高速公路隧道、铁路隧道	0-49		

表 B.10 支护结构拆除事故可能性评估指标体系

序号	分类	二级指标	分级	基本分值		权重
				分值	评估分值	
1	几何因素	作业高度 (R ₁₁)	H > 16m	75-100	R ₁₁	γ ₁₁
			12m < H ≤ 16m	50-74		
			8m < H ≤ 12m	25-49		
			H ≤ 8m	0-24		
		作业坡度 (R ₁₂)	α > 60°	75-100	R ₁₂	γ ₁₂
			45° < H ≤ 60°	50-74		
			30° < H ≤ 45°	25-49		
			H ≤ 30°	0-24		
		孔深 (R ₁₃)	L > 40m	75-100	R ₁₃	γ ₁₃
			30m < L ≤ 40m	50-74		
			20m < L ≤ 30m	25-49		
			L ≤ 20m	0-24		
2	锚固结构类型	抗滑桩		75-100	R ₂₁	γ ₂₁
		框架		50-74		
		地梁		25-49		

序号	分类	二级指标	分级	基本分值		权重
				分值	评估分值	
			垫墩	0-24		
3	施工方案	工序衔接 (R ₃₁)	拆除多级开挖支护多级	75-100	R ₃₁	γ ₃₁
			拆除 2 级开挖支护 2 级	50-74		
			拆除 1 级开挖支护 1 级	25-49		
			逐级拆除, 边坡分层开挖和锚固	0-24		
		拆除方法 (R ₃₂)	人工拆除	51-100	R ₃₂	γ ₃₂
			机械拆除	0-50		
		防护措施 (R ₃₃)	未施作边坡落石防护及锚头防迸射措施	75-100	R ₃₃	γ ₃₃
			施作边坡落石防护, 未施作锚头防迸射措施	50-74		
			未施作边坡落石防护, 施作锚头防迸射措施	25-49		
			未施作边坡落石防护, 未施作锚头防迸射措施	0-24		
4	施工环境	交通情况 (R ₄₁)	交通不中断, 周围有运营公路及铁路	67-100	R ₄₁	γ ₄₁
			交通中断, 场地内有施工运输车辆	34-66		
			交通中断, 场地内无交通车辆	0-33		
		气候情况 (R ₄₂)	施工期很长, 有雨、雾、雪、霜、冰冻天气	75-100	R ₄₂	γ ₄₂
			施工期长, 经历雨季, 无雾、雪、霜、冰冻天气	50-74		
			施工期短, 不经历雨季, 有雾、雪、霜、冰冻天气	25-49		
			施工期短, 无雨、雾、雪、霜、冰冻天气	0-24		

表 B.11 边坡开挖施工事故可能性评估指标体系

序号	一级指标	二级指标	分类	基本分值		权重
				分值	评估分值	
1	建设规模	边坡高度 (R ₁₁)	土质边坡 (H≥40) 岩质边坡 (H≥60)	75-100	R ₁₁	γ ₁₁
			土质边坡 30m≤H<40m, 岩质边坡 40m≤H<60m	50-74		
			土质边坡 20m≤H<30m, 岩质边坡 30m≤H<40m	25-49		

序号	一级指标	二级指标	分类	基本分值		权重
				分值	评估分值	
2	开挖分类	开挖方法 (R ₂₁)	土质边坡 H<20m, 岩质边坡 H<30m	0-24		γ ₁₂
			路堑边坡超过所在自然斜坡比拟坡度值 Δα≥15°	75-100	R ₁₂	
			10°≤Δα<15°	50-74		
			5°≤Δα<10°	25-49		
	Δα<5°	0-24				
	开挖分类	工序衔接 (R ₂₂)	石方爆破开挖	75-100	R ₂₁	γ ₂₁
			石方机械开挖	50-74		
			土方机械开挖	25-49		
			土方人工开挖	0-24		
	3	地质条件变化	岩性变化 (R ₃₁)	无序开挖	75-100	R ₂₂
开挖多级再加固防护				50-74		
开挖二级再加固防护				25-49		
开挖一级即加固防护				0-24		
地质条件变化		岩性变化 (R ₃₁)	开挖揭露坡体中有易滑及软弱地层, 而事前判别中无	75-100	R ₃₁	γ ₃₁
			开挖揭露基岩风化类别与事前判别差 2 级以上	50-74		
			开挖揭露基岩风化类别与事前判别差 1 级以上	25-49		
			开挖揭露基岩风化类别与事前判别基本一致	0-24		
地质条件变化	坡体结构变化 (R ₃₂)	坡体中存在向临空缓倾贯通软弱结构面, 而事前判别中无	75-100	R ₃₂	γ ₃₂	
		坡体中存在向临空缓倾不贯通软弱结构面, 而事前判别中无	50-74			
		岩节理裂隙发育, 而事前判别为不发育	25-49			

序号	一级指标	二级指标	分类	基本分值		权重
				分值	评估分值	
		地下水变化 (R ₃₃)	开挖揭露的坡体结构与事前判别基本一致	0-24		γ ₃₃
			坡体中有连续的含水层分布而事前判别无	75-100	R ₃₃	
			坡体中有鸡窝状地下水分布而事前判别无	50-74		
			坡体中有含水量较大的地层而事前判别无	25-49		
			坡体中含水量与事前判别基本一致	0-24		
4	诱发因素 (R ₄₁)	极端气候事件多发区域 (洪水、强风、强暴雨雪、台风等)	66-100	R ₄₁	γ ₄₁	
		气候环境条件一般, 可能影响施工安全, 但不显著	33-66			
		气候条件良好	0-33			
5	施工环境 (R ₄₂)	在坡顶拆除施工线以外 0.5H、路基下方 1.0H 范围内有通车高速公路、地表建筑物、地下埋藏物、高压线塔、水体设施	75-100	R ₄₂	γ ₅₁	
		在坡顶拆除施工线以外 1.0H、路基下方 1.5H 范围内有通车高速公路、地表建筑物、地下埋藏物、高压线塔、水体设施	50-74			
		在坡顶拆除施工线以外 1.5H、路基下方 2.0H 范围内有通车高速公路、地表建筑物、地下埋藏物、高压线塔、水体等设施	25-49			
		设施位于上述范围以外	0-24			