

深圳市工程建设地方标准

SJG

SJG XXX-202X

城市隧道、桥梁安全风险评估
技术规程

Technical Regulations for Safety Risk Assessment of
Urban Tunnels and Bridges
(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

深圳市住房和建设局 联合发布
深圳市交通运输局

深圳市工程建设地方标准

城市隧道、桥梁安全风险评估技术规程

Technical Regulations for Safety Risk Assessment
of Urban Tunnels and Bridges

SJG XXX - 202X

202X 深 圳

前 言

根据深圳市住房和建设局关于《2023年度深圳市工程建设地方标准制修订计划（第一批）》要求，标准编制组经深入调查研究，总结我市城市隧道桥梁的结构特点及设计施工的实践经验，参照国家与行业的相关规范标准，并在广泛征求意见的基础上，经过反复讨论、修改，编制了本标准。

本标准主要技术内容是：1.总则；2.术语；3.基本规定；4.风险等级标准；5.风险评估方法；6.隧道工程设计阶段安全风险评估；7.桥梁工程设计阶段安全风险评估；8.风险评估报告编制以及相关附录。

本规程由深圳市住房和建设局、深圳市交通运输局联合发布，由深圳市交通运输局业务归口管理，深圳市交通公用设施建设中心、中交公路规划设计院有限公司等编制单位负责技术内容的解释。本标准实施过程中如有意见或建议，请寄送中交公路规划设计院有限公司（地址：北京市东城区前炒面胡同33号，邮编：100010），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：深圳市交通公用设施建设中心
中交公路规划设计院有限公司

本标准参编单位：深圳市市政设计研究院有限公司
交通运输部公路科学研究所
深圳市城市公共安全技术研究院
深圳市交通工程试验检测中心有限公司

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

目 次

1 总 则	1
2 术 语	2
3 基 本 规 定	4
3.1 一般规定	4
3.2 评估对象	4
3.3 评估流程	5
4 风险等级标准	6
4.1 风险事件发生概率等级与判断标准	6
4.2 风险事件损失等级与判断标准	6
4.3 风险事件等级的确定	7
5 风险评估方法	8
5.1 风险识别	8
5.2 风险分析	8
5.3 风险评价	12
6 隧道工程设计阶段安全风险评估	13
6.1 一般规定	13
6.2 风险源与风险事件普查	15
6.3 风险源与风险事件检查	15
6.4 风险等级评估	15
6.5 风险应对	15
7 桥梁工程设计阶段安全风险评估	17
7.1 风险源与风险事件普查	15
7.2 风险源与风险事件检查	15
7.3 风险等级评估	15
7.4 风险应对	15
8 风险评估报告编制	19
附录 A 风险源普查表	20
附录 B 风险源检查表	25
附录 C 风险事件普查表	26
附录 D 风险事件检查表	55
附录 E 评估报告格式	56
本标准用词说明	59
引用标准名录	60

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms.....	2
3	Basic Provisions.....	4
3.1	General Requirements.....	4
3.2	Assessment Objectives.....	4
3.3	Assessment Process.....	5
4	Safety Risk Rating.....	6
4.1	Probability of Occurrence of Risk Events and Judgment Criteria.....	6
4.2	Risk Event Loss Rating and Judgment Criteria.....	6
4.3	Determination of Risk Event Level.....	7
5	Risk Assessment Methods.....	8
5.1	Risk Identification	8
5.2	Risk Analysis	8
5.3	Risk Evaluation	12
6	Safety Risk Assessment During the Tunnel Engineering Design Phase	13
6.1	General Provisions	13
6.2	Survey of Risk Sources and Risk Events	15
6.3	Inspection of Risk Sources and Risk Events	15
6.4	Risk Level Assessment.....	15
6.5	Risk Mitigation	15
7	Safety Risk Assessment During the Bridge Engineering Design Phase.....	17
7.1	Survey of Risk Sources and Risk Events	17
7.2	Inspection of Risk Sources and Risk Events	17
7.3	Risk Level Assessment.....	17
7.4	Risk Mitigation	17
8	Preparation of Risk Assessment Reports	19
	Appendix A Relevant Tables.....	20
	Appendix B Technical Approach to Qualitative risk Assessment	25
	Appendix C Technical Approach to Quantitative Risk Assessment	26
	Appendix D Applicability of Risk Assessment Methods	55
	Appendix E Format of Assessment Report.....	56
	Description of Terms Used in this Standard.....	59
	List of Cited Standards.....	60

1 总 则

1.0.1 为规范深圳市城市隧道与桥梁工程设计安全风险评估工作，编制本规程。

1.0.2 本规程适用于深圳市新建隧道和桥梁工程初步设计阶段、施工图设计阶段安全风险评估。

1.0.3 本规程确定了深圳市城市隧道与桥梁工程安全风险评估的工作原则、操作流程、评估方法、风险估测标准和风险评估报告形式要求。

1.0.4 本规程规定了深圳市城市隧道与桥梁工程设计安全风险评估的通用原则，考虑到工程个案间差异性较大，具体评估时可对评估指标、分级标准、评估方法等进行相应改进。

1.0.5 工程建设各方应主动、及时、动态地进行风险控制，以保证风险评估全面、可靠，风险处理合理、有效，风险监测准确、反馈及时。

1.0.6 隧道和桥梁工程设计安全风险等级应分为 I、II、III、IV 级，分别以蓝、黄、橙、红色标识。安全风险接受准则应按表 1.0.6 执行。

表 1.0.6 安全风险接收准则

风险等级	接受准则
I	低风险，可接受
II	一般风险，可接受，但宜实施预防措施以提升安全性
III	较大风险，有条件接受，应实施降低风险的应对措施
IV	重大风险，不可接受，必须采取有效应对措施将风险等级降低到III级及以下水平；必要时应更换方案或放弃项目执行

1.0.7 深圳市城市隧道与桥梁工程安全风险评估工作，除符合本规程要求外，尚应符合国家、行业和地方相关法律法规及标准规范的规定。

2 术 语

2.0.1 风险 Risk

不确定性对目标的影响，通常用事件后果/或损失和事件发生可能性的组合来表示风险。

2.0.2 损失 Loss

工程建设中任何潜在的或外在的负面影响或不利后果，包括人员伤亡、经济损失、工期延误、环境影响或其他损失等。

2.0.3 可能性 Likelihood

某件事发生的机会，采取定性或定量的方式来确定，通常用概率作为发生机会的度量。

2.0.4 风险事件 Hazard

工程建设中产生损失的不利事件，也可称为事故。

2.0.5 风险源 Risk source

可能单独或共同导致风险事件发生的因素。

2.0.6 评估对象 Assessment object

需要进行安全风险评估的工程项目。

2.0.7 风险描述 Risk description

对风险所做的结构化表述，通常包括四个要素：风险源、风险事件及其原因和潜在后果。

2.0.8 风险识别 Risk identification

发现、确认和描述风险的过程，包括对风险源、风险事件及其原因和潜在后果的识别。

2.0.9 风险分析 Risk analysis

理解风险性质或发生本质，采用定性或定量的方法确定风险等级的过程。

2.0.10 风险评价 Risk evaluation

对比风险分析结果和接受准则，以确定风险和/或其大小是否可以接受或容忍的过程。

2.0.11 风险应对 Risk treatment

处理风险的过程，包括风险缓解、风险消除、风险预防、风险降低等所采取的处置对策、技术方案或措施等。

2.0.12 风险评估 Risk assessment

包括风险识别、风险分析、风险评价的全过程。

2.0.13 风险等级 Level of risk

单一风险或组合风险的大小，依据事件后果/或损失和事件发生可能性的组合，利用风险矩阵确定。

2.0.14 风险矩阵 Risk matrix

通过确定事件后果/或损失和事件发生可能性的范围来排列显示风险的工具。

2.0.15 风险管理 Risk management

在风险方面，指导和控制组织的协调活动，包括风险识别、分析、评价、应对、监督等全过程管理。

2.0.16 风险接受准则 Risk acceptance criteria

参与工程建设的各方对不同等级安全风险的可接受的水平，可采用定性或定量的分级描述。

2.0.17 风险登记 Risk register

已识别风险的信息记录。

2.0.18 风险监控 Risk monitoring

风险管理过程中，对风险进行的全程动态监控。

2.0.19 剩余风险 Residual risk

特指隧道工程设计安全风险评估过程中，风险应对之后仍然存在的风险。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 设计安全风险评估工作应依据建设条件和工程方案开展，评估对象的技术指标应满足规范要求。

条文说明

强调设计安全风险评估的边界条件，要求工程方案从技术角度而言是可行的，受力满足基本要求，具有基础的抗风险能力，各种荷载工况组合下结构的承载能力、使用性能等满足现行规范的要求。

3.1.2 对于采用新技术、新材料、新设备、新工艺的城市隧道和桥梁工程，评价时应考虑各阶段所存在的潜在风险。

3.1.3 设计安全风险评估应结合工程特点，从建设条件、设计、施工以及运营四个方面开展。

3.1.4 初步设计阶段应对同深度比选的多个方案进行安全风险评估。

3.1.5 风险评估数据收集、风险分析与评价、中间成果及评估成果的归集等，宜采用信息化手段进行管理。

3.2 评估对象

3.2.1 深圳市城市隧道和桥梁工程，应按照本《规程》要求，对评估范围内的隧道和桥梁工程开展安全风险评估。建设条件相似、技术方案相同、施工技术相同、运行使用环境相似的隧道或桥梁工程，可一并进行安全风险评估。

3.2.2 城市隧道工程安全风险评估主要适用于新建的下列城市隧道工程，改扩建城市隧道工程可参照执行：

- 1 穿越强岩溶发育区、有害气体地层、水体等工程地质、水文地质条件复杂的钻爆法隧道。
- 2 单洞四车道及以上的隧道。
- 3 长度大于 3000m 或通风、照明、救援等有特殊要求的隧道。
- 4 叠层、分岔、原位扩挖等技术复杂的钻爆法隧道。
- 5 沉管法、堰筑法、盾构法、TBM 法等工法隧道。
- 6 其他建设环境复杂、施工技术特殊的隧道。

条文说明

交通运输部文件《关于在初步设计阶段实行公路桥梁和隧道工程安全风险评估制度的通知》（交公路发〔2010〕175号）对隧道工程风险评估的范围作了规定，包括：1. 穿越高地应力区、区域地质构造、煤系地层、采空区、水体等地质条件、水文地质复杂的隧道；2. 偏压、大断面、变化断面等结构受力复杂的隧道；3. 长度大于 3000 米或通风、照明、救援等要求特殊的隧道；4. 其他建设环境复杂、施工技术要求特殊的隧道。

结合近年来深圳市城市隧道工程实际情况的调研结果对上述评估范围作了适当调整，调整内容包括：1. 对“地质条件、水文地质复杂隧道”的内容进行了限定，删除“高地应力区、煤系地层、采空区”。2. 山岭隧道地形偏压较为常见，偏压处治技术非常成熟，故不再要求对偏压隧道进行安全风险评估；对大断面隧道的范围进行了限定，近年来三车道隧道设计、施工技术已经非常成熟，而单洞四车道或以上断面隧道有关设计要求尚未在《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》（JTG 3370.1）中进行规定，有必要进行安全风险评估。3. 增加了盾构隧道、沉管法隧道、扩建隧道、临近或穿越其他建（构）筑物的隧道安全风险评估，此类隧道建造技术较为复杂，施工安全风险较大，有必要进行安全风险评估。

3.2.3 城市桥梁工程安全风险评估主要适用于新建的下列城市桥梁工程，改扩建城市桥梁工程可参照执行：

- 1 梁桥：单孔跨径大于等于 200 米的连续梁桥、连续刚构桥等梁式桥。
- 2 拱桥：多跨或跨径大于等于 40 米的石拱桥；跨径大于等于 250 米的钢筋混凝土拱桥，跨径大于等于 350 米的钢箱拱桥；钢桁架、钢管混凝土拱桥。
- 3 斜拉桥：跨径大于等于 200 米的单塔斜拉桥；跨径大于等于 400 米的预应力混凝土主梁双塔斜拉桥；跨径大于等于 500 米的钢结构或钢混组合结构主梁斜拉桥。
- 4 悬索桥：跨径大于等于 400 米的自锚式悬索桥；跨径大于等于 1000 米的地锚式悬索桥。
- 5 墩高或桥高大于等于 100 米的桥梁；桥址处地震烈度大于 7 度且跨径大于 150 米的桥梁。
- 6 其他建设环境复杂、结构新颖、施工技术和运营条件特殊的桥梁。

条文说明

交通运输部文件《关于在初步设计阶段实行公路桥梁和隧道工程安全风险评估制度的通知》（交公路发〔2010〕175号）对隧道工程风险评估的范围作了规定，包括：1. 多跨或跨径大于等于 40 米的石拱桥，跨径大于等于 250 米的钢筋混凝土拱桥，跨径大于等于 350 米的钢箱拱桥，钢桁架、钢管混凝土拱桥；2. 跨径大于等于 200 米的梁式桥，跨径大于 400 米的斜拉桥，跨径大于 1000 米的悬索桥；3. 墩高或桥高大于 100 米的桥梁；4. 桥址处地震烈度大于 7 度且跨径大于 150 米的桥梁；5. 其他建设环境复杂、施工技术要求特殊的桥梁。

结合近年来桥梁工程安全风险评估实际情况的调研结果对上述评估范围作了适当调整，调整内容包括：1. 按照结构形式对跨径技术指标进行了分类，区分为梁式桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥，并确定了各自技术指标阈值；2. 对于其他建设环境复杂、结构新颖、施工技术和运营条件特殊的桥梁，具体包括：（1）鉴于立体交叉的桥梁一旦遭受破坏后，往往引起的损失巨大，因此需要进行单独考虑。公铁两用、公轨合建桥梁也应按本条要求执行；（2）鉴于桥梁结构的复杂性，对于难以通过上述指标直接确定的，但结构创新（如斜拉-悬索协作体系、多塔斜拉桥、多塔悬索桥等）、建设条件恶劣（如跨海）、施工技术要求高（如转体施工或多次体系转换）、运营条件特殊（如通行特殊荷载）的桥梁均需要考虑进行安全风险评估。

3.3 评估流程

3.3.1 设计安全风险评估工作应组建评估组。

3.3.2 评估小组根据工程所处阶段及特点，开展风险评估。评估过程中，评估小组应与设计人员进行有关安全风险评估情况的沟通。

3.3.3 城市隧道和桥梁工程设计阶段安全风险评估工作的评估组织应符合以下规定：

- 1 风险评估小组应由经验丰富的桥梁、隧道、地质、评估等专业人员组成，一般 5~7 人为宜；
- 2 评估小组负责人，应当具有 20 年以上设计（施工）经验，并在类似工程项目中担任过设计（施工）负责人，教授级高级工程师技术职称。
- 3 评估小组成员应具有 7 年以上设计（施工）经验，工程师以上技术职称。

3.3.4 设计安全风险评估，应按照以下步骤进行：

- 1 确定工程风险源；
- 2 分析风险事件风险发生概率和损失；
- 3 确定风险等级；
- 4 制定相应的风险控制措施。

4 风险等级标准

4.1 风险事件发生概率等级与判断标准

4.1.1 工程安全风险事件发生概率等级分为1、2、3、4、5级。各等级判断标准见表4.1.1。

表 4.1.1 风险事件发生概率等级判断标准

等级	定量判断标准（概率区间）	定性判断标准
1	$P_r < 0.0003$	几乎不可能发生
2	$0.0003 \leq P_r < 0.003$	很少发生
3	$0.003 \leq P_r < 0.03$	偶然发生
4	$0.03 \leq P_r < 0.3$	可能发生
5	$P_r \geq 0.3$	频繁发生

注 1: P_r 为概率值, 当概率值难以取得时, 可用年发生频率代替。

2: 风险发生概率等级应优先采用定量判断标准确定。当无法进行定量计算时, 可采用定性判断标准确定。

4.2 风险事件损失等级与判断标准

4.2.1 风险事件损失等级分为1、2、3、4、5级。应按人员伤亡等级、经济损失等级及环境影响等级等因素确定。当多种损失同时产生时, 应采用就高原则确定风险事件损失等级。

4.2.2 人员伤亡等级的判断标准见表4.2.2。

表 4.2.2 人员伤亡等级判断标准

等级	判断标准
1	重伤人数 5 人以下
2	3 人以下死亡或 10 人以下重伤的一般事故
3	3 人以上 10 人以下人员死亡或 10 人以上 50 人以下重伤的较大事故
4	10 人以上 30 人以下人员死亡或 50 人以上 100 人以下重伤的重大事故
5	30 人以上人员死亡或 100 人以上重伤的特别重大事故

条文说明

人员伤亡判断标准参考国务院《生产安全事故报告和调查处理条例》, 新增“1 级等级: 重伤人数 5 人以下”的要求, 同《公路水运工程施工安全风险评估指南》(JT T 1375.1-2022) 相一致。

4.2.3 经济损失等级的判断标准见表 4.2.3。

表 4.2.3 经济损失等级判断标准

等级	判断标准
1	经济损失 100 万元以下
2	经济损失 100 万元以上 1000 万元以下的一般事故
3	经济损失 1000 万元以上 5000 万元以下的较大事故
4	经济损失 5000 万元以上 10000 万元以下的重大事故
5	经济损失 10000 万元以上的特别重大事故

条文说明

经济损失判断标准参考国务院《生产安全事故报告和调查处理条例》, 新增“1 级等级: 100 万元以下”的要求, 同《公路水运工程施工安全风险评估指南》(JT T 1375.1-2022) 相一致。

4.2.4 环境及社会影响等级的判断标准见表 4.2.4。

表 4.2.4 环境及社会影响等级判断标准

等级	判断标准
1	涉及范围很小，无群体性影响，需紧急转移安置人数 50 人以下
2	涉及范围较小，一般群体性影响，需紧急转移安置人数 50 人以上 100 人以下的一般事故
3	涉及范围大，区域正常经济、社会活动受影响，需紧急转移安置人数 100 人以上 500 人以下的较大事故
4	涉及范围很大，区域生态功能部分丧失，需紧急转移安置人数 500 人以上 1000 人以下的重大事故
5	涉及范围非常大，区域内周边生态功能严重丧失，需紧急转移安置人数 1000 人以上，正常的经济、社会活动受到严重影响的特别重大事故

条文说明

环境及社会影响损失判断标准参考国务院《生产安全事故报告和调查处理条例》，新增“1 级等级：涉及范围很小，无群体性影响，需紧急转移安置人数 50 人以下”。

4.3 风险事件等级的确定

4.3.1 根据安全风险事件发生概率等级和损失等级，按表 4.3.1，确定风险事件的风险等级。

表 4.3.1 风险事件风险等级表

风险事件发生概率等级	风险事件损失等级				
	1	2	3	4	5
1	I	I	II	II	III
2	I	II	II	III	III
3	II	II	III	III	IV
4	II	III	III	IV	IV
5	III	III	IV	IV	IV

条文说明

根据国务院《标本兼治遏制重特大事故工作指南》安委办[2016]3 号文规定，四个等级的风险颜色标识为蓝、黄、橙、红。

4.3.2 城市隧道和桥梁工程设计安全风险等级分为 I、II、III、IV 级，分别以蓝、黄、橙、红色示出。安全风险等级要求见表 4.3.2。

表 4.3.2 安全风险等级要求

风险等级	要求
I	低风险，当前应对措施有效，不必采取额外技术、管理方面的预防措施
II	一般风险，工程有进一步实施预防措施以提升安全性的必要
III	较大风险，必须实施削减风险的应对措施，并需要准备应急计划
IV	重大风险，必须采取有效应对措施将风险等级降低到 III 级及以下水平；如果应对措施的代价超出项目法人（业主）的承受能力，则更换方案或放弃项目执行

5 风险评估方法

5.1 风险识别

5.1.1 风险识别应包括风险源、风险事件的识别。

5.1.2 风险识别前应收集下列资料。

- 1 评估对象的设计文件。
- 2 工程可行性研究等前期资料。
- 3 相关的气象、水文、地质、自然环境等基础资料及其与评估对象的关系。
- 4 有影响的环境敏感点区（点）及建（构）筑物等资料。
- 5 类似工程事故资料。
- 6 现场踏勘、访谈等综合调查资料。
- 7 其他与评估对象相关的资料，包括专题研究报告等。

条文说明

环境敏感点区（点）是指自然生态、水资源、动物、文物保护区等，可参照评估对象的环境影响评价报告确定。

5.1.3 风险识别宜采用检查表法。

5.1.4 风险源的普查，应结合工程实际在附录 A 表 A-1、表 A-2 的基础上进行补充。

5.1.5 风险源的检查应结合工程实际，按附录 B 的要求执行，并不得遗漏主要风险源。

5.1.6 风险事件的普查应结合工程实际，在附录 C 表 C-1~C-6 的基础上，针对主要风险源开展。

5.1.7 风险事件的检查，应根据重要程度确定主要风险事件，并按附录 D 进行。

条文说明

纳入风险事件检查表的应为主要风险事件，次要风险事件应在该环节筛选掉。

5.1.8 风险源和风险事件的检查均应在普查的基础上进行，并确保其针对性。

5.1.9 风险源和风险事件普查表、检查表应由评估工作组负责填写。

条文说明

修正风险源、风险事件检查表包括但不限于以下情形：项目基础资料审阅、项目现场踏勘、与设计人员核对设计思路、类似案例的横向对比分析、数值模拟及试验等。

5.1.10 风险源和风险事件检查表应经评估工作组负责人和分项负责人独立修正。

5.1.11 施工图设计风险识别应在初步设计的基础上，根据施工图设计的变化情况增减有关风险源和风险事件。

5.2 风险分析

5.2.1 风险事件发生概率和风险损失宜采用专家调查法。

条文说明

从设计安全风险评估实施以来的调研和总结，专家调查法属于一种应用广泛的方法，被多数单位采纳应用。能够利用专家的知识经验，特别是在涉及复杂领域或新兴领域的风险评估中，专家的见解尤为重要；可以捕捉难以量化的风险因素；相比于一些复杂的定量方法，专家调查法通常更快速、更高效，可以在较短的时间内完成风险评估。因此本次指南制定仍然推荐专家调查法作为定性化评估方法，并对专家调查法进行了更为细致的规定。

5.2.2 专家调查法确定风险事件发生概率和风险损失应按下列流程执行。

- 1 编制风险等级调查表。
- 2 选择专家。
- 3 组织开展专家咨询会。

- 4 根据需要补充完善风险源和风险事件检查表。
- 5 填写风险等级调查表。
- 6 整理、统计调查表。

条文说明

根据需要补充完善，是根据专家意见，经讨论认为需要增减的风险源和风险事件。

- 5.2.3** 专家调查表应具有针对性，并从项目整体角度进行风险分析和信息传递，避免关键信息遗漏、误判。
- 5.2.4** 专家调查表应包括说明、风险发生概率等级与判断标准、风险损失等级与判断标准、风险等级调查表、项目基础资料等部分。
- 5.2.5** 风险发生概率与风险损失的等级和判断标准应按 4.1、4.2 节要求执行。
- 5.2.6** 当专家调查表专家意见比较分散时，应再次征询意见。

条文说明

针对个别专家对部分风险事件评价偏差较大的情况，应与专家充分沟通，了解缘由，进一步分析整合意见。

- 5.2.7** 专家调查表填写应符合下列规定，并按表 5.2.7 的要求填写。

评估工作组应提供与对应风险源相关的建设条件和设计方案信息，完成对当前状态的描述，填写“方案当前已采取的措施”、“风险源到风险事件的演变过程及产生的影响”。

条文说明

评估工作组应结合设计、专题研究、试验资料等，提供工程设计方案中与某风险源有关的荷载参数、构造细节、桥梁建设条件等，上述信息宜具体、详尽，涉及设计方案中对某风险有影响的详细技术缺陷。

“方案当前已采取的措施”应填写与对应风险源相关的施工技术和运营管理信息，上述信息应是假定采取的基于“正常施工”和“正常运营”缓解风险措施。该信息宜概括而简练，不涉及具体的细节。

“风险源到风险事件的演变过程及产生的影响”应填写与对应风险源、风险事件相关的递进演变过程，对由此导致的人员伤亡、经济损失、环境影响及社会影响等进行描述。该信息宜概括而简练，不涉及具体的细节。

2. “风险发生概率级别”栏、“风险损失级别”栏、“评定概率和损失级别的理由”栏、“专家信心系数 $C_{a,ij}$ ”栏、“专家风险事件打分 U_{ij} ”栏、“建议进一步采取的措施”栏应由专家填写完成。

表 5.2.7 专家调查表

风险源	典型风险事件	方案当前已采取的措施	风险源到风险事件的演变过程及产生的影响	风险发生概率级别	风险损失级别			风险事件级别 X_{ij}	评定概率和损失级别的理由	专家信心系数 $C_{a,ij}$	专家风险事件得分 U_{ij}	建议进一步采取的措施
					人员伤亡	经济损失	环境及社会影响					
主要风险源 ×.×	风险事件 1	评估工作组完成	评估工作组完成									
	风险事件 2	评估工作组完成	评估工作组完成									
									
	风险事件 N	评估工作组完成	评估工作组完成									
主要风险源 ×.×	风险事件 1	评估工作组完成	评估工作组完成									
									
	风险事件 N	评估工作组完成	评估工作组完成									
.....									
主要风险源 ×.×	风险事件 1	评估工作组完成	评估工作组完成									
									
	风险事件 N	评估工作组完成	评估工作组完成									

5.2.8 专家信心系数应由风险评估专家按表 5.2.8 确定。专家应根据风险事件的熟悉程度，对每个单独风险事件进行自评打分。

表 5.2.8 专家信心系数 $C_{a,ij}$ 选项表

选项	专家信心系数
从事过该类风险事件研究；或参与类似工程建设；	1.0
对此类风险事件非常了解；或对类似工程建设非常熟悉	0.8
对此类风险事件比较了解；或对类似工程建设比较熟悉	0.6
对此类风险事件了解一点；或对类似工程建设了解一点	0.4
对此类风险事件不太了解；或对类似工程建设不太了解	0.2

5.2.9 专家风险事件打分应按表 5.2.9 确定。

表 5.2.9 风险事件打分 U_{ij} 参考表

专家调查评级	I 级	II 级	III 级	IV 级
标准化赋值	(40, 60]	(60, 80]	(80, 95]	(95, 100]

5.2.10 专家调查表的整理、统计应符合下列规定。

1 应对调查表进行逐份检查，剔除不合格的调查表，并将合格调查表统一编号。

2 根据评估专家对人员伤亡、经济损失和环境影响的打分结果，应以就高原则按本规程 4.2 节确定风险损失级别。

5.2.11 风险等级应根据风险发生概率和风险损失的估测值，按表 4.3.1 确定。

条文说明

风险等级=风险发生概率×风险损失。“×”表示风险发生概率和风险损失的级别的组合。

5.2.12 专家调查法确定风险事件等级流程应符合下列规定。

1 根据专家信心系数确定各有效专家及其权重系数。

2 对有效专家的调查结果进行统计分析，并专家调查结果的一致性进行检验。

3 对于未通过一致性检验的，应再次进行调研直至满足一致性检验要求。

4 计算单一风险事件的风险分值，并根据风险分值确定单一风险事件的等级。

5.2.13 有效专家的专家信心系数应大于等于 0.6。

5.2.14 对单一风险事件筛选后的有效专家人数宜不少于 5 人。

5.2.15 根据有效专家人数和专家信心系数，应按照公式 5.2.15，计算权重系数。

$$w_{ij} = \frac{C_{a,ij}}{\sum_{i=1}^{N_{cor}} C_{a,ij}} \quad (5.2.15)$$

式中： N_{cor} ——经筛选后第 j 个风险事件中的有效专家人数。

w_{ij} ——第 i 个专家在第 j 个风险事件中的权重系数，介于 0~1 之间。

5.2.16 单一风险事件的风险分值 \bar{U}_j ，应按照 5.2.16-1~5.2.16-4 进行计算。

$$\bar{U}_j = \sum_{i=1}^{N_{cor}} \bar{U}_{ij} - r_j \quad (5.2.16 - 1)$$

$$\bar{U}_{ij} = U_{ij} \times w_{ij} \quad (5.2.16 - 2)$$

$$r_j = \frac{R_j}{N_{cor}} \quad (5.2.16 - 3)$$

$$R_j = \max(\bar{U}_{ij}) - \min(\bar{U}_{ij}) \quad (5.2.16 - 4)$$

式中： \bar{U}_j ——第 j 个风险事件的风险分值。

\bar{U}_{ij} ——第 i 个专家在第 j 个风险事件中考虑权重修正后的风险分值。

R_j ——第 j 个风险事件中专家风险分值的极差。

r_j ——第 j 个风险事件中专家风险分值极差的分布调整分值。

5.2.17 风险事件等级 \bar{X}_j 应根据单一风险事件风险分值区间分布，按表 5.2.17 确定。

表 5.2.17 风险分值与风险事件等级对照表

\bar{U}_j —风险分值区间范围	(40, 60]	(60, 80]	(80, 95]	(95, 100]
\bar{X}_j —风险事件等级	I 级	II 级	III 级	IV 级

5.2.18 安全风险评估应对单一风险事件的风险等级进行评估，并按就高原则确定总体风险等级。

5.3 风险评价

5.3.1 风险评价应根据风险分析确定的风险等级，按总则表 1.0.6 执行。

6 隧道工程设计阶段安全风险评估

6.1 一般规定

6.1.1 隧道工程设计安全风险评估应包括单一风险事件的分段评估、单一风险事件的整体评估和隧道总体风险评估。

条文说明

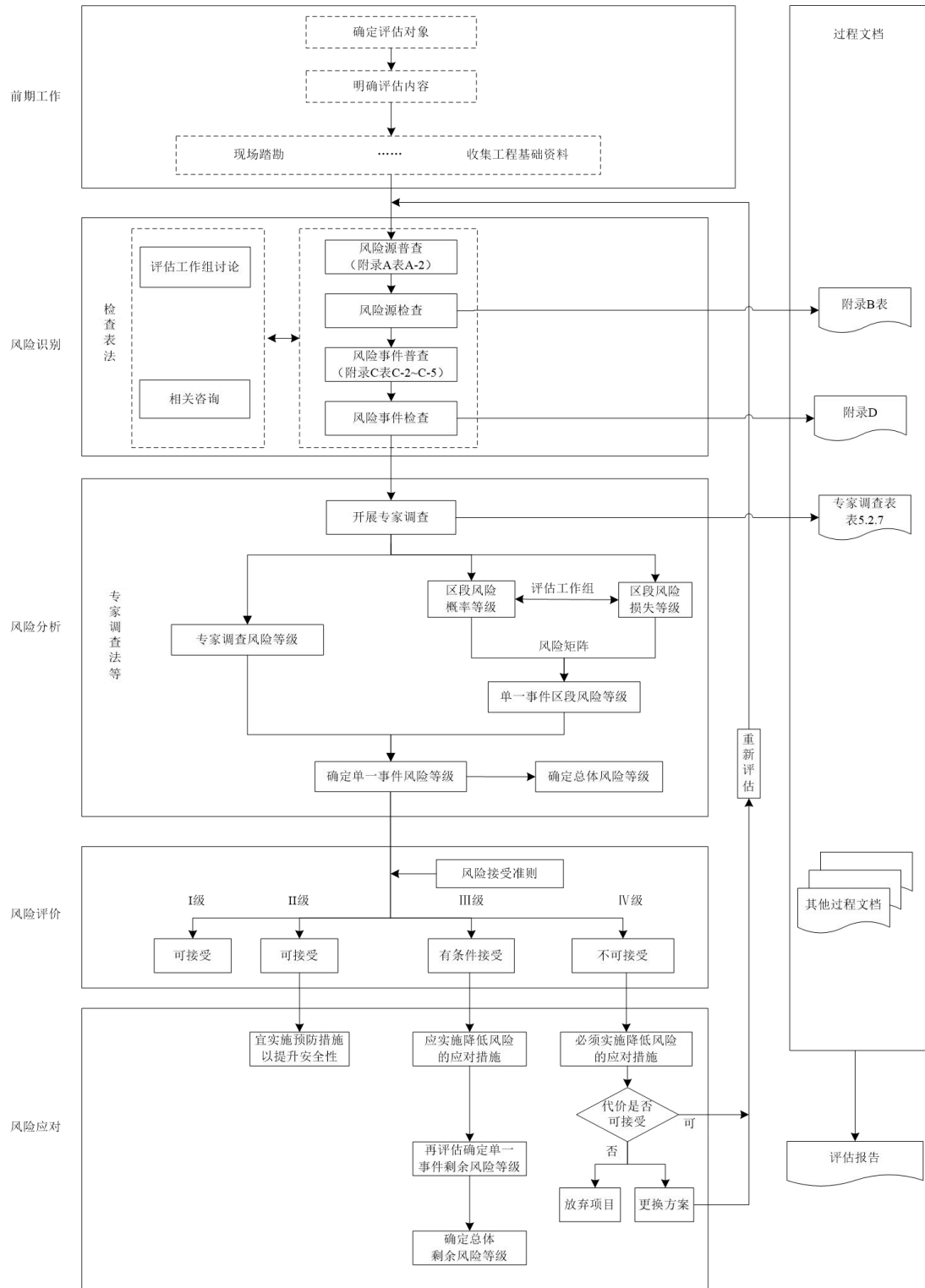
隧道为线性工程，所穿越的地层、周边环境条件等可能在隧道纵向差别较大，对于类似塌方、大变形、突涌水、岩爆、开挖面失稳、管节沉降、基坑失稳等风险事件，与隧道所穿越的地层、环境和施工密切相关，因此需要针对单一风险事件开展分段评估。隧道纵向分段长度须考虑沿线地形地貌、地质条件、围岩等级、气候环境、结构方案、施工工艺、工法等因素，作为不同风险事件的分段划分依据。

单一风险事件的分段评估，是指评估某一风险事件（如塌方、大变形、管节或管片上浮、基坑支护结构失稳等）在隧道范围内某一区段的风险等级，区段长度划分通常考虑工程地质与水文地质条件、埋深与周边环境、施工工艺工法、施工装备、支护与结构分段、特殊地段处理等影响，给出不同区段的风险等级。

单一风险事件的整体评估，是指根据单一风险事件的分段评估结果，评估隧道某一风险事件的风险等级。

隧道总体风险评估，是指根据隧道单一风险事件的评估结果，评估隧道多个风险事件情况下的综合风险等级。

6.1.2 隧道工程设计安全风险评估的流程应符合图 6.1.2 的规定。



图中：
对于初始风险等级为III级、IV级的风险事件再评估时，专家调查表中需明确风险应对措施建议及剩余风险等级。

图 6.1.2 隧道工程设计安全风险评估流程图

6.1.3 隧道工程设计安全风险评估的方法应符合第 5 章的规定。

6.1.4 专家调查宜基于评估工作组划分的单一风险事件段落确定风险等级。

6.1.5 单一风险事件的分段评估和整体评估应满足下列要求：

1 单一风险事件的分段评估应根据 5.1 节进行风险源和风险事件识别、普查和检查，并根据 5.2 节确定风险等级。

2 单一风险事件的整体风险等级宜根据专家调查和分段评估的结果综合确定，不宜低于分段风险的最高等级。

6.1.6 隧道工程设计安全风险评估总体风险等级应综合各单一风险事件按就高原则确定。

6.2 风险源与风险事件普查

6.2.1 建设条件风险源应包括隧址区地形地貌、工程地质与水文地质、不良地质、特殊岩土、周边环境、气象、地震等内容。

6.2.2 设计方案风险源应包括隧道设计情况、隧道特征、辅助通道、设计理论、新技术与新材料等因素。

6.2.3 施工因素风险源应包括施工方案、新技术、新材料、新装备、新工艺、扩建隧道等因素。

条文说明

施工因素风险源指在设计阶段由设计单位提出、与设计方案相关的施工方面的风险因素。

6.2.4 运营因素风险源应包括车辆撞击、洞内坠物、火灾、爆炸、危化品泄漏、隧道附属设施故障等因素。

条文说明

运营因素风险源指在设计阶段由设计单位考虑、与设计方案相关的运营条件和状况方面的风险因素。

6.2.5 隧道工程风险源普查应根据实际情况在附录 A 表 A-2 基础上进行补充完善。

6.2.6 隧道工程风险事件普查应根据实际情况在附录 C 表 C-3~C-6 的基础上进行补充完善。

6.3 风险源与风险事件检查

6.3.1 在风险源检查时，应研判其不确定性，并推测该不确定性带来的各种可能的风险事件。

6.3.2 风险源与风险事件的检查应具有针对性。

6.3.3 风险源的检查应根据隧道实际情况开展，并符合附录 B 表 B 的要求。

6.3.4 风险事件检查应根据隧道实际情况开展，并符合附录 D 表 D 的要求。

6.4 风险等级评估

6.4.1 隧道安全风险评估应包括单一风险事件的分段评估和单一风险事件的整体评估。

6.4.2 单一风险事件的区段评估方法有层次分析法、事故树法、模糊综合评价法、概率分析法。

6.4.3 单一风险事件的整体风险等级，应根据不同典型风险事件分段评估结果确定。

6.5 风险应对

6.5.1 评估单位应根据风险评估结论，结合建设条件、设计、施工、运营四个方面有针对性地提出应对措施建议。

6.5.2 设计单位应根据风险评估结论，确定应对措施。

6.5.3 风险应对措施应具有可操作性、针对性，并综合考虑成本和效益。

6.5.4 建设条件方面的应对措施应进一步查明下列因素：

1 隧址区工程水文地质、不良地质、特殊岩土等分布情况及其对隧道影响。

2 地震、建（构）筑物、道路、环境敏感区、环保要求等情况。

- 3 TBM 和盾构隧道应重点查明下穿地质条件、水域条件、管网、地下障碍物等情况。
- 4 沉管隧道应重点查明河海床演变、深厚软土等情况。
- 5 明挖（含堰筑）隧道应重点查明下穿水域、地下障碍物、航运、管网、环保要求等情况。

6.5.5 设计风险的应对措施应满足下列要求：

1 应针对不良地质、特殊岩土、临近重要建（构）筑物及原位扩挖隧道等，制定有针对性的设计方案。

2 采用新技术、新材料时，应进行必要的专题研究。

3 TBM、盾构隧道应对管片结构、管片接缝、抗浮、防排水、工作井、地层加固等提出针对性的设计方案，并对隧道掘进机、盾构机的设备技术要求进行专题研究。

4 沉管隧道应对地基与垫层、基槽开挖与回填覆盖、管节、沉降控制等提出针对性的设计方案。

5 明挖（含堰筑）隧道应对围堰、基坑支护、地基处理、降水、抗浮等提出针对性的设计方案。

6.5.6 施工风险的应对措施应满足下列要求：

1 应针对大跨或分岔隧道、临近重要建（构）筑物、原位扩挖隧道及不良地质段落等制定完善的施工方案。

2 采用新工艺时，应制定专项实施方案。

3 TBM、盾构隧道应对管片预制安装、接缝处理、抗浮、防排水、工作井、地层加固、辅助施工措施等提出针对性的施工方案，并针对卡机风险提出可靠的防范措施。

4 沉管隧道应对地基与垫层、基槽开挖与回填覆盖、管节预制、管节浮运与安装、沉降控制、辅助施工措施等提出针对性的施工方案。

5 明挖（含堰筑）隧道应对围堰施做、基坑支护、地基处理、降水措施、抗浮施工等提出针对性的施工方案。

6 针对施工阶段可能发生的突发风险事件应制定有针对性的应急预案。

6.5.7 运营风险的应对措施应包括下列内容：

1 对于车辆撞击、洞内坠物引起的风险，应采取针对性的防撞、防坠落措施等。

2 对于火灾、爆炸引起的风险，应采取针对性的消防救援设计、监控和管理措施。

3 对于危化品泄漏、隧道附属设施故障等引起的风险，应采取针对性的监控、预警和应急预案等。

7 桥梁工程设计阶段安全风险评估

7.1 风险源与风险事件普查

- 7.1.1 建设条件风险源应包括地形地貌、地质、水文、气象、地震、周边环境、通航等自然条件。
- 7.1.2 设计方案风险应包括结构设计理论、设计方案以及采用新技术、新材料等因素。
- 7.1.3 施工因素风险源应包括施工方案、施工工艺、工期以及采用新材料、新技术、新工艺、新设备等因素。
- 7.1.4 运营因素风险源应包括运营期实际车辆荷载与设计差异（如超载、交通量差异等）、汽车撞击、船舶撞击、火灾、爆炸等因素。
- 7.1.5 桥梁工程初步设计阶段风险源普查应根据实际情况在附录 A 表 A-1 基础上进行补充完善。
- 7.1.6 桥梁工程初步设计阶段风险事件普查应根据实际情况在附录 C 表 C-1~C-2 的基础上进行补充完善。

7.2 风险源与风险事件检查

- 7.2.1 在风险源识别时，应研判其不确定性，并推测该不确定性带来的各种可能的风险事件。
- 7.2.2 风险源与风险事件的检查应具有针对性。
- 7.2.3 风险源的检查应根据隧道实际情况开展，并符合附录 B 表 B 的要求。
- 7.2.4 风险事件检查应根据隧道实际情况开展，并符合附录 D 表 D 的要求。

7.3 风险等级评估

- 7.3.1 桥梁安全风险评估应包括单一风险事件的风险等级评估和总体风险水平评估。
- 7.3.2 单一风险等级的评估方法有专家调查法、层次分析法、模糊综合评价法等。依据单一风险事件的区段评估结果，采用层次分析法或者专家调查法确定每一区段的风险事件的权重，然后确定风险事件的概率等级和损失等级，采用风险矩阵确定风险等级，宜结合专家调查法或者模糊综合评价法的结果，综合分析确定风险事件的风险等级。也可以把区段风险等级的最高等级作为单一风险事件的风险等级。
- 7.3.3 总体风险水平评估方法有专家调查法、层次分析法。依据单一风险事件的风险等级，采用层次分析法或者专家调查法确定每一个风险事件的权重，确定桥梁方案的概率等级和损失等级，采用风险矩阵确定风险等级，宜结合专家调查法或者模糊综合评价法的结果，综合分析确定桥梁方案的风险等级。

7.4 风险应对

- 7.4.1 应根据风险评估结论，结合建设条件、结构方案、施工技术、运营管理四个方面分别概述风险控制措施。
- 7.4.2 风险应对措施应具体详实，具有针对性和可操作性，并综合考虑成本和效益。
- 7.4.3 建设条件风险的应对
 - 1 应采用先进的科技手段，探明不良地质条件，必要时开展专题研究工作。
 - 2 对于岩溶地区，必要时应增加钻孔数量。

3 应采用专题研究，确定地震、风、防洪、冲刷等引起的工程安全风险。

4 应研究铁路、公路、市政道路、管线、建（构）筑物等周边环境对工程的影响，制定有针对性的应对方案。

7.4.4 结构方案风险的应对

应对设计理论、桥梁方案、新技术、新材料等相关材料进行评估，并应对设计方案的技术难度进行评价。必要时，可要求建设管理单位补充相关研究内容。

7.4.5 施工技术风险的应对

1 施工方案

1) 应对不同桥型的不同施工工法进行适应性评价，选择风险最小的施工工法。

2) 制定应对突发事件的应急预案。

2 新技术、新材料、新设备的应用

项目建设单位应组织开展必要的专题研究。

7.4.6 运营管理风险的应对

1 桥面系损坏引起的运营风险，采用确保防撞护栏高度和承载能力、加强桥面监控监测布置和管理等措施。

2 各种对桥梁撞击的风险，采用专题研究和有针对性设置防撞措施。

3 滚石、泥石流、边坡崩塌、暴雨、洪水引起的运营风险，采取深化勘察、专题研究，并有针对性的提出设计措施。

4 特殊车辆荷载引起的安全风险，应给出合理的设计和管理措施。

8 风险评估报告编制

8.0.1 风险评估报告应内容全面，数据完整，客观公正，提出的风险控制措施具有可操作性。评估报告格式见附录 E。

8.0.2 评估报告包含如下内容：

- 1 编制依据。
- 2 工程概况。
- 3 安全风险评估流程与评估方法。
- 4 安全风险评估内容。
- 5 安全风险评估结论及应对措施。

8.0.3 编制依据应包含如下内容：

- 1 相应的国家和行业标准、规范及规定。
- 2 工程基础性资料。
- 3 上阶段的审查意见与评估结果（如有）。

8.0.4 安全风险评估内容应包括如下内容：

- 1 风险源的识别。
- 2 风险事件发生概率和风险损失的确定。
- 3 风险等级的确定。

8.0.5 安全风险评估结论及应对措施应包括如下内容。

- 1 各风险事件发生概率和风险损失的汇总
- 2 隧道及桥梁纵向风险等级分布图或分段表格
- 3 项目中 III 级和 IV 级风险事件。
- 4 应对措施与建议。

附录 A 风险源普查表

表 A-1 桥梁工程风险源普查表

类型	风险源母项	风险源子项
Q1 建设条件	Q1.1 工程地质与水文地质	Q1.1.1 地层分布与特征
		Q1.1.2 构造带（断裂、断层）
		Q1.1.3 地下水、地层渗透特性
		Q1.1.4 高边坡
		Q1.1.5 岩溶
		Q1.1.6 泥石流
		Q1.1.7 土层液化
		Q1.1.8 煤层及矿藏采空区
		Q1.1.9 冻土
		Q1.1.10 软土
		Q1.1.11 膨胀土
		Q1.1.12 盐渍土
		Q1.1.n...
	Q1.2 水文与防洪	Q1.2.1 洪水（山洪）
		Q1.2.2 内涝
		Q1.2.3 风暴潮
		Q1.2.4 冰凌
		Q1.2.5 海啸
	Q1.2.n...	
	Q1.3 气象	Q1.3.1 风（大风、台风、飓风、龙卷风、飑线等）
		Q1.3.2 降雨（水）
		Q1.3.3 雪
		Q1.3.4 雾
		Q1.3.5 雷电、雷暴
		Q1.3.6 霜冻、冰冻、冰雹
		Q1.3.7 极端温度
		Q1.3.n...
	Q1.4 周边环境	Q1.4.1 管线、管道
		Q1.4.2 铁路、公路、市政道路
		Q1.4.3 建筑物
		Q1.4.4 构筑物（电塔、水塔、堤等）
		Q1.4.5 民防设施
		Q1.4.n...
	Q1.5 航道与通航	—
Q1.6 地震	—	
Q1.7 腐蚀条件	—	
Q1.8 地形、地貌	—	
Q1.n...	—	

类型	风险源母项	风险源子项
Q2 设计方案	Q2.1 设计理论	—
	Q2.2 桥型方案	Q2.2.1 梁式体系
		Q2.2.2 拱式体系
		Q2.2.3 斜拉体系
		Q2.2.4 悬索体系
		Q2.2.5 斜拉-悬索协作体系
		Q2.2.6 组合体系
	Q2.3 结构（约束）体系	—
	Q2.4 基础结构方案	Q2.4.1 直接基础（浅埋扩大基础）
		Q2.4.2 箱型基础
		Q2.4.3 桩基础
		Q2.4.4 管柱基础
		Q2.4.5 沉井基础
		Q2.4.6 地下连续墙基础
		Q2.4.7 设置基础
		Q2.4.8 复合基础
		Q2.4.9 特殊基础
	Q2.5 下部结构方案	Q2.5.1 柱式墩
		Q2.5.2 墙式墩
		Q2.5.3 双薄壁墩
		Q2.5.4 超高墩
		Q2.5.5 重力式锚碇
		Q2.5.6 隧道式锚碇
		Q2.5.7 混凝土桥塔
		Q2.5.8 钢桥塔
		Q2.5.9 组合结构桥塔
		Q2.5.n...
	Q2.6 上部结构方案	Q2.6.1 主梁
		Q2.6.2 拱
		Q2.6.3 缆索系统
	Q2.7 附属工程方案	Q2.7.1 桥面铺装
		Q2.7.2 交安设施
		Q2.7.3 伸缩装置
Q2.7.4 支座		
Q2.7.5 阻尼装置		
Q2.7.6 排水系统		
Q2.7.n...		
Q2.8 创新成果应用	Q2.7.1 新材料	
	Q2.7.2 新技术	
Q2.n...	—	
Q3 施工因	Q3.1 基础施工方案	Q3.1.1 放坡开挖

类型	风险源母项	风险源子项
素		Q3.1.2 支护开挖
		Q3.1.3 钻孔灌注桩
		Q3.1.4 预制打入桩
		Q3.1.5 沉井法
		Q3.1.6 地下连续墙法
		Q3.1.7 预制设置法
		Q3.1.8 特殊工法
		Q3.2 下部结构施工方案
	Q3.2.2 预制拼装	
	Q3.2.n...	
	Q3.3 上部结构施工方案	Q3.3.1 满堂支架现浇
		Q3.3.2 排架支架现浇
		Q3.3.3 移动模架现浇
		Q3.3.4 节段悬臂现浇
		Q3.3.5 预制节段拼装
		Q3.3.6 整孔预制吊装
		Q3.3.7 顶推法
		Q3.3.n...
	Q3.4 工期	—
	Q3.5 创新成果应用	Q3.5.1 新材料
		Q3.5.2 新技术
		Q3.5.3 新工艺、新工法
		Q3.5.4 新装备、新设备
Q3.n...	—	
Q4 运营因素	Q4.1 交通运输	Q4.1.1 实际车辆荷载与设计的差异（如超载、交通量差异等）
		Q4.1.2 汽车撞击
		Q4.1.3 船舶撞击
		Q4.1.4 飞机撞击
		Q4.1.n...
	Q4.2 路面坠物	—
	Q4.3 火灾	—
	Q4.4 爆炸	—
	Q4.5 危化品泄露	—
	Q4.6 交通、机电系统故障	—
Q4.n...	—	

注：风险源和风险源因素可根据工程情况和评估需要，在本表基础上细化和（或）增加。

表 A-2 隧道工程风险源普查表

分类	风险源	风险源因素
S1 建设条件风险 源	S1.1 地形、地貌	S1.1.1 地表植被、水系
		S1.1.2 地形
		S1.1.3 地面附着物
	
	S1.2 工程地质与水文地质	S1.2.1 岩性及风化程度
		S1.2.2 岩土层与构造（单斜、向斜、背斜、断层）
		S1.2.3 地下水
		S1.2.4 冻结深度
		S1.2.5 洪涝
		S1.2.6 波浪流
	
	S1.3 不良地质	S1.3.1 滑坡、顺层
		S1.3.2 崩塌
		S1.3.3 岩堆
		S1.3.4 岩溶
		S1.3.5 煤层及采空区、有害气体
		S1.3.6 挤压性地层
		S1.3.7 高地应力
		S1.3.8 高地温
		S1.3.9 孤石
		S1.3.10 泥石流
	
	S1.4 特殊岩土	S1.4.1 冻土
		S1.4.2 软土
		S1.4.3 膨胀土（岩）
		S1.4.4 黄土
		S1.4.5 盐渍土
		S1.4.6 砂土
	
	S1.5 周边环境	S1.5.1 建（构）筑物（房屋、塔、堤等）
		S1.5.2 道路、铁路、管线
S1.5.3 下穿水域（库区、湖、漂浮物、结冰等）		
S1.5.4 河（海）床演变		
S1.5.5 地下障碍物（桩、油气管、民防等）		
S1.5.6 生态、环保要求		
.....		

分类	风险源	风险源因素
	S1.6 气象	S1.6.1 雨雪、暴风等
	S1.7 地震	S1.7.1 地震参数

S2 设计风险源	S2.1 隧道设计情况	S2.1.1 常规设计
		S2.1.2 特殊设计
		S2.1.3 监控量测设计
	
	S2.2 隧道特征	S2.2.1 断面
		S2.2.2 埋深
		S2.2.3 长度
	
	S2.3 辅助通道	S2.3.1 类型
		S2.3.2 断面大小
		S2.3.3 埋深
	
	S2.4 设计理论	S2.4.1 设计方法
S2.4.1 计算参数		
.....		
S2.5 新技术、新材料	.....
S3 施工风险源	S3.1 施工方案	S3.1.1 施工方法
		S3.1.2 施工工艺
		S3.1.3 施工装备、设备
		S3.1.4 施工组织设计
	
	S3.2 新技术、新材料、新装备、新工艺	.....
	S3.3 扩建隧道	S3.3.1 原位扩挖
.....	
S4 运营风险源	S4.1 车辆撞击	.....
	S4.2 洞内坠物	.....
	S4.3 火灾	.....
	S4.4 爆炸	.....
	S4.5 危化品泄漏	.....
	S4.6 隧道附属设施故障	.....

注：风险源和风险源因素可根据工程情况和评估需要，在本表基础上细化和（或）增加。

附录 B 风险源检查表

表 B 风险源检查表

序号	风险源		描述			
			存在方式	产生的影响	主要/次要风险源	判别依据
1	风险源 1	风险源因素[编号]				
		风险源因素[编号]				
					
		风险源因素[编号]				
2	风险源 2	风险源因素 2.1				
		风险源因素 2.2				
					
		风险源因素 2.m				
...				
N	风险源 N	风险源因素 N-1				
		风险源因素 N-2				
					
		风险源因素 N-m				

注：1.有针对性对项目存在的风险源进行描述，不得遗漏。

2.风险源及风险源因素的编号应与附录 A 表中的编号保持一致。

附录 C 风险事件普查表

表 C-1 桥梁工程风险源与施工期间风险事件普查表

风险源		地基基础变形超限	边坡滑坡、山体塌陷	塌孔、塌槽	基坑破坏	基础冲刷破坏	周边建、构筑物破坏	环境污染	支架倒塌	关键构件失效或破坏	结构局部破坏	结构整体倒塌	...
Q1 建设条件风险源	Q1.1 工程地质与水文地质	Q1.1.1 地层分布与特征	★	★	★	★	★						
		Q1.1.2 构造带(断裂、断层)	★	★	★	★		★					
		Q1.1.3 地下水、地层渗透特性	★	★	★	★		★					
		Q1.1.4 高边坡	★	★		★		★		★		★	★
		Q1.1.5 岩溶	★	★	★	★		★					
		Q1.1.6 泥石流	★	★			★	★		★		★	★
		Q1.1.7 土层液化	★	★	★	★	★						
		Q1.1.8 煤层及矿藏采空区	★	★	★	★		★					
		Q1.1.9 冻土	★			★							
		Q1.1.10 软土	★	★	★	★	★	★		★			
		Q1.1.11 膨胀土	★	★	★	★		★					
		Q1.1.12 盐渍土	★	★	★				★				
	Q1.1.n...												
	Q1.2 水文与防洪	Q1.2.1 洪水(山洪)	★	★		★	★	★		★		★	★
		Q1.2.2 内涝	★	★		★	★						
Q1.2.3 风暴潮						★			★		★	★	

风险源		地基基础变形超限	边坡滑坡、山体塌陷	塌孔、塌槽	基坑破坏	基础冲刷破坏	周边建、构筑物破坏	环境污染	支架倒塌	关键构件失效或破坏	结构局部破坏	结构整体倒塌	...	
		Q1.2.4 冰凌				★					★			
		Q1.2.5 海啸				★					★	★		
		Q1.2.n...												
	Q1.3 气象	Q1.3.1 风（大风、台风、飓风、龙卷风、飏线等）								★	★	★	★	
		Q1.3.2 降雨（水）	★	★		★	★			★		★		
		Q1.3.3 雪				★				★		★	★	
		Q1.3.4 雾												
		Q1.3.5 雷电、雷暴									★			
		Q1.3.6 霜冻、冰冻、冰雹						★		★	★	★		
		Q1.3.7 极端温度									★	★		
		Q1.3.n...												
	Q1.4 周边环境	Q1.4.1 管线、管道						★	★					
		Q1.4.2 铁路、公路、市政道路						★						
		Q1.4.3 建筑物						★						
		Q1.4.4 构筑物（电塔、水塔、堤等）						★						
Q1.4.5 民防设施							★							
Q1.4.n...														

风险源		地基基础变形超限	边坡滑坡、山体塌陷	塌孔、塌槽	基坑破坏	基础冲刷破坏	周边建、构筑物破坏	环境污染	支架倒塌	关键构件失效或破坏	结构局部破坏	结构整体倒塌	...	
Q1	Q1.5 航道与通航	—									★	★		
	Q1.6 地震	—	★	★	★		★			★	★	★		
	Q1.7 腐蚀条件	—						★		★				
	Q1.8 地形、地貌	—		★			★		★					
	Q1.n...	—												
Q2 设计 风险 源	Q2.1 设计理论	—												
	Q2.2 桥型方案	Q2.2.1 梁式体系											★	
		Q2.2.2 拱式体系											★	
		Q2.2.3 斜拉体系											★	
		Q2.2.4 悬索体系											★	
		Q2.2.5 斜拉-悬索协作体系											★	
		Q2.2.6 组合体系											★	
	Q2.3 结构(约束)体系	—								★	★			
	Q2.4 基础结构方案	Q2.4.1 直接基础(浅埋扩大基础)	★	★			★	★				★	★	
		Q2.4.2 箱型基础	★	★		★	★	★				★	★	
		Q2.4.3 桩基础	★	★	★		★	★	★			★	★	
Q2.4.4 管柱基础		★	★			★	★	★			★	★		
Q2.4.5 沉井基础		★	★	★		★	★				★	★		

风险源		地基基础变形超限	边坡滑坡、山体塌陷	塌孔、塌槽	基坑破坏	基础冲刷破坏	周边建、构筑物破坏	环境污染	支架倒塌	关键构件失效或破坏	结构局部破坏	结构整体倒塌	...	
	Q2.4 下部结构方案	Q2.4.6 地下连续墙基础	★	★	★	★	★	★	★		★	★		
		Q2.4.7 设置基础	★	★			★	★			★	★		
		Q2.4.8 复合基础	★	★	★	★	★	★			★	★		
		Q2.4.9 特殊基础	★	★		★	★	★			★	★		
	Q2.5 下部结构方案	Q2.5.1 柱式墩									★		★	
		Q2.5.2 墙式墩									★		★	
		Q2.5.3 双薄壁墩									★		★	
		Q2.5.4 超高墩									★		★	
		Q2.5.5 重力式锚碇	★	★								★	★	
		Q2.5.6 隧道式锚碇	★	★								★	★	
		Q2.5.7 混凝土桥塔										★	★	
		Q2.5.8 钢桥塔										★	★	
		Q2.5.9 组合结构桥塔										★	★	
		Q2.5.n...												
	Q2.6 上部结构方案	Q2.6.1 主梁								★	★	★	★	
		Q2.6.2 拱								★	★	★	★	
		Q2.6.3 缆索系统									★	★	★	
	Q2.7 附属工程方案	Q2.7.1 桥面铺装									★	★		
		Q2.7.2 交安设施										★		
Q2.7.3 伸缩装置										★	★			

风险源		地基基础变形超限	边坡滑坡、山体塌陷	塌孔、塌槽	基坑破坏	基础冲刷破坏	周边建、构筑物破坏	环境污染	支架倒塌	关键构件失效或破坏	结构局部破坏	结构整体倒塌	...	
Q2	Q2.7	Q2.7.4 支座								★	★	★		
		Q2.7.5 阻尼装置								★	★	★		
		Q2.7.6 排水系统							★					
		Q2.7.n...												
	Q2.8 创新成果应用	Q2.8.1 新材料									★	★	★	
		Q2.8.2 新技术	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	
	Q2.n...	—												
Q3 施工风险源	Q3.1 基础施工方案	Q3.1.1 放坡开挖	★	★		★		★						
		Q3.1.2 支护开挖	★	★		★		★						
		Q3.1.3 钻孔灌注桩	★		★		★		★					
		Q3.1.4 预制打入桩	★				★							
		Q3.1.5 沉井法	★		★	★	★	★	★					
		Q3.1.6 地下连续墙法	★		★	★	★	★	★					
		Q3.1.7 预制设置法	★		★	★	★							
		Q3.1.8 特殊工法	★		★	★	★							
	Q3.2 下部结构施工方案	Q3.2.1 现浇										★		
		Q3.2.2 预制拼装										★		
		Q3.2.n...												
	Q3.3 上部结构施工方案	Q3.3.1 满堂支架现浇	★							★		★	★	
		Q3.3.2 排架支架现	★							★		★	★	

风险源		地基基础变形超限	边坡滑坡、山体塌陷	塌孔、塌槽	基坑破坏	基础冲刷破坏	周边建、构筑物破坏	环境污染	支架倒塌	关键构件失效或破坏	结构局部破坏	结构整体倒塌	...
	Q3.3.3 移动模架现浇										★	★	
	Q3.3.4 节段悬臂现浇										★	★	
	Q3.3.5 预制节段拼装										★	★	
	Q3.3.6 整孔预制吊装										★	★	
	Q3.3.7 顶推法										★	★	
	Q3.3.n...												
Q3.4 工期	—			★	★	★	★		★		★	★	
Q3.5 创新成果应用	Q3.5.1 新材料										★	★	
	Q3.5.2 新技术									★	★	★	
	Q3.5.3 新工艺、新工法			★	★			★		★	★	★	
	Q3.5.4 新装备、新设备									★	★	★	
Q3.n...	—												

注：1.“★”表示该风险源对风险事件有强相关影响，“☆”表示该风险源对风险事件有弱相关影响，空白表示该风险源对风险事件无影响。

2.风险源和风险事件可根据工程具体情况，在本表基础上细化和（或）增加。

表 C-2 桥梁工程风险源与运营期间风险事件普查表

风险源		地基基础变形超限	边坡滑坡	基础冲刷破坏	环境污染	结构失稳	行车舒适性差、不安全	结构腐蚀破坏、性能退化	构件损伤破坏	结构局部破坏	结构整体倒塌	...	
Q1 建设条件 风险源	Q1.1 工程地质与水文地质	Q1.1.1 地层分布与特征	★				★		★	★			
		Q1.1.2 构造带（断裂、断层）	★	★					★	★			
		Q1.1.3 地下水、地层渗透特性	★	★									
		Q1.1.4 高边坡	★	★							★	★	
		Q1.1.5 岩溶	★										
		Q1.1.6 泥石流	★		★						★	★	
		Q1.1.7 土层液化	★	★							★	★	
		Q1.1.8 煤层及矿藏采空区	★										
		Q1.1.9 冻土	★						★		★		
		Q1.1.10 软土	★										
		Q1.1.11 膨胀土	★								★		
		Q1.1.12 盐渍土	★						★				
	Q1.1.n...												
	Q1.2 水文与防洪	Q1.2.1 洪水（山洪）	★		★						★	★	
		Q1.2.2 内涝	★		★					★		★	
		Q1.2.3 风暴潮								★	★	★	
		Q1.2.4 冰凌	★										
		Q1.2.5 海啸	★										
Q1.2.n...													

风险源		地基基础变形超限	边坡滑坡	基础冲刷破坏	环境污染	结构失稳	行车舒适性差、不安全	结构腐蚀破坏、性能退化	构件损伤破坏	结构局部破坏	结构整体倒塌	...
Q1.3 气象	Q1.3.1 风（大风、台风、飓风、龙卷风、飏线等）					★	★		★	★	★	
	Q1.3.2 降雨（水）				★		★					
	Q1.3.3 雪						★	★		★	★	
	Q1.3.4 雾						★					
	Q1.3.5 雷电、雷暴						★		★	★		
	Q1.3.6 霜冻、冰冻、冰雹						★	★	★	★		
	Q1.3.n...											
Q1.4 周边环境	Q1.4.1 管线、管道				★			★	★	★		
	Q1.4.2 铁路、公路、市政道路						★					
	Q1.4.3 建筑物						★					
	Q1.4.4 构筑物（电塔、水塔、堤等）						★					
	Q1.4.5 民防设施						★					
	Q1.4.n...											
Q1.5 航道与通航	—									★	★	
Q1.6 地震	—	★	★			★		★	★	★		
Q1.7 腐蚀条件	—							★	★			
Q1.8 地形、地貌	—											
Q1.n...	—											

风险源		地基基础变形超限	边坡滑坡	基础冲刷破坏	环境污染	结构失稳	行车舒适性差、不安全	结构腐蚀破坏、性能退化	构件损伤破坏	结构局部破坏	结构整体倒塌	...	
Q2 设计 风险 源	Q2.1 设计理论	—					★			★	★		
	Q2.2 桥型方案	Q2.2.1 梁式体系											
		Q2.2.2 拱式体系											
		Q2.2.3 斜拉体系											
		Q2.2.4 悬索体系											
		Q2.2.5 斜拉-悬索协作体系											
		Q2.2.6 组合体系											
	Q2.3 结构（约束）体系	—					★		★	★			
	Q2.4 基础结构方案	Q2.4.1 直接基础（浅埋扩大基础）	★		★								
		Q2.4.2 箱型基础	★		★								
		Q2.4.3 桩基础	★		★								
		Q2.4.4 管柱基础	★		★								
		Q2.4.5 沉井基础	★		★								
		Q2.4.6 地下连续墙基础	★		★								
		Q2.4.7 设置基础	★		★								
Q2.4.8 复合基础		★		★									
Q2.4.9 特殊基础		★		★									
Q2.5 下部结构方案	Q2.5.1 柱式墩					★							
	Q2.5.2 墙式墩					★							

风险源		地基基础变形超限	边坡滑坡	基础冲刷破坏	环境污染	结构失稳	行车舒适性差、不安全	结构腐蚀破坏、性能退化	构件损伤破坏	结构局部破坏	结构整体倒塌	...	
	Q2.5 上部结构方案	Q2.5.3 双薄壁墩				★							
		Q2.5.4 超高墩				★							
		Q2.5.5 重力式锚碇					★						
		Q2.5.6 隧道式锚碇					★		★				
		Q2.5.7 混凝土桥塔					★						
		Q2.5.8 钢桥塔					★						
		Q2.5.9 组合结构桥塔					★						
		Q2.5.n...											
	Q2.6 上部结构方案	Q2.6.1 主梁						★		★			
		Q2.6.2 拱						★		★			
		Q2.6.3 缆索系统						★		★			
	Q2.7 附属工程方案	Q2.7.1 桥面铺装						★		★			
		Q2.7.2 交安设施						★		★			
		Q2.7.3 伸缩装置						★		★			
		Q2.7.4 支座						★		★			
		Q2.7.5 阻尼装置						★		★			
		Q2.7.6 排水系统						★		★			
		Q2.7.n...						★		★			
	Q2.8 创新成果应用	Q2.8.1 新材料						★	★	★	★		
		Q2.8.2 新技术						★	★	★	★		
	Q2.n...	—											

风险源		地基基础变形超限	边坡滑坡	基础冲刷破坏	环境污染	结构失稳	行车舒适性差、不安全	结构腐蚀破坏、性能退化	构件损伤破坏	结构局部破坏	结构整体倒塌	...	
Q4 运营 风险源	Q4.1 交通运输	Q4.1.1 实际车辆荷载与设计的差异（如超载、交通量差异等）	★				★	★			★	★	
		Q4.1.2 汽车撞击									★		
		Q4.1.3 船舶撞击									★	★	
		Q4.1.4 飞机撞击									★	★	
		Q4.1.n...											
	Q4.2 路面坠物	—					★						
	Q4.3 火灾	—					★		★	★	★		
	Q4.4 爆炸	—					★		★	★	★		
	Q4.5 危化品泄露	—					★	★	★	★			
	Q4.6 交通、机电系统故障	—					★						
Q4.n...	—												

注：1.“★”表示该风险源对风险事件有强相关影响，“☆”表示该风险源对风险事件有弱相关影响，空白表示该风险源对风险事件无影响。

2.风险源和风险事件可根据工程具体情况，在本表基础上细化和（或）增加。

表 C-3 钻爆法隧道风险事件普查表

风险源		风险事件（SSJ——隧道风险事件）								
		SSJ1 洞口失稳	SSJ2 塌方	SSJ3有害 气体中毒 或爆炸	SSJ4突泥 （水、石）	SSJ5大 变形	SSJ6 岩爆	SSJ7 结 构开裂、 渗漏等	SSJ8 结构腐 蚀破坏	……
SZ1 建设条件	SZ1.1 地形地貌	SZ1.1.1 地表植被、水系	☆	☆		☆				
		SZ1.1.2地形	★	★						
		……								
	SZ1.2地质	SZ1.2.1 岩性及风化程度	★	★		★	★	★		
		SZ1.2.2构造（单 斜、向斜、背斜、 断层）	★	★		★	★	★		
		SZ1.2.3地下水	★	★		★	★		☆	
		……								
	SZ1.3 不良地质	SZ1.3.1滑坡	★	★			★			
		SZ1.3.2岩堆	★	★			★			
		SZ1.3.3顺层	★	★			★			
		SZ1.3.4岩溶				★				
		SZ1.3.5 煤层、采空 区，有害气体		★	★	★				
		SZ1.3.6 挤压性地层					★			

风险源			风险事件（SSJ——隧道风险事件）							
			SSJ1 洞口失稳	SSJ2 塌方	SSJ3有害 气体中毒 或爆炸	SSJ4突泥 （水、石）	SSJ5大 变形	SSJ6 岩爆	SSJ7 结 构开裂、 渗漏等	SSJ8 结构腐 蚀破坏
SZ1 建设条件	SZ1.4 特殊岩土	SZ1.4.1冻土					☆			
		SZ1.4.2软土					★			
		SZ1.4.3 膨胀岩（土）					★			
		SZ1.4.4黄土					☆			
		……								
	SZ1.5 周边环境	SZ1.5.1建（构）筑 物（房屋、塔、堤 等）	☆	☆						
		SZ1.5.2 道路、铁 路、管线	★	★					★	
		……								
	SZ1.6气象	SZ1.6.1 雨雪等	★	★					★	
	SZ1.7地震	SZ1.7.1地震参数	★	★					★	
SZ2 设计	SZ2.1 设计情况	SZ2.1.1常规设计	★	★		★	★	★	★	
		SZ2.1.2特殊设计	★	★		★	★	★	★	
		SZ2.1.3 监控量测设计	★	★		★	★	★		
	SZ2.2 隧道特征	SZ2.2.1断面大小	☆	☆		☆	☆	☆		
		SZ2.2.2埋深		☆		☆	★	★		
		SZ2.2.3长度		☆		☆	☆	☆		

风险源			风险事件（SSJ——隧道风险事件）								
			SSJ1 洞口失稳	SSJ2 塌方	SSJ3有害 气体中毒 或爆炸	SSJ4突泥 （水、石）	SSJ5大 变形	SSJ6 岩爆	SSJ7 结 构开裂、 渗漏等	SSJ8 结构腐 蚀破坏	……
SZ2 设计	SZ2.3 辅助通道	SZ2.3.1类型				☆					
		SZ2.3.2断面大小				☆					
		SZ2.3.3埋深				☆		★			
		SZ2.3.4位置				☆					
	SZ2.4设计理 论	SZ2.4.1设计方法							★		
		SZ2.4.2计算参数							★		
	SZ2.5 新技术、新材 料	……							★		
	……	……									
SZ3 施工	SZ3.1 施工方案	SZ3.1.1施工工法	★	★	☆	★	★	★			
		SZ3.1.2施工工艺	☆	☆	★	★	★	★			
		SZ3.1.3施工参数	☆	☆		☆	☆	☆			
		SZ3.1.4 施工辅助措施	★	★		★	★	★			
	SZ3.2新技术、 新材料、新装 备、新工艺	……	★	★					★		
	SZ3.3扩建隧 道	SZ3.3.1原位扩挖		★						★	
		……									
SZ3	……	……									

风险源		风险事件（SSJ——隧道风险事件）								
		SSJ1 洞口失稳	SSJ2 塌方	SSJ3有害 气体中毒 或爆炸	SSJ4突泥 (水、石)	SSJ5大 变形	SSJ6 岩爆	SSJ7 结 构开裂、 渗漏等	SSJ8 结构腐 蚀破坏	……
施工										
SZ4 运营 风险源	SZ4.1 车辆撞 击	……						★		
	SZ4.2 洞内坠 物	……						★		
	SZ4.3 火灾	……						★		
	SZ4.4 爆炸	……						★		
	SZ4.5 危化品 泄露	……							☆	
	……									

注：1.“★”表示该风险源对风险事件有强相关影响，“☆”表示该风险源对风险事件有弱相关影响，空白表示该风险源对风险事件无影响。
2.风险源和风险事件可根据工程具体情况，在本表基础上细化和（或）增加。

表 C-4 TBM 法和盾构法隧道风险事件普查表

风险源			风险事件（SSJ——隧道风险事件）												
			SSJ1 设备 故障	SSJ2 卡机	SSJ3 管片 上浮	SSJ4 盾尾密 封失效	SSJ5 开挖 面失 稳	SSJ6 地表变 形过大	SSJ7 塌方	SSJ8 大变 形	SSJ9 突涌水 （泥、 砂）	SSJ10 岩爆	SSJ11 有害气 体中毒 或爆炸	SSJ12 结 构 开 裂、渗漏、 失稳	...
SJ1 建设 条件	SJ1.1 地形地貌	SJ1.1.1地表植 被、水系			★	★	★	★	★	★	★				
		SJ1.1.2 洞口地形													
		SJ1.1.3 河海床变迁			★	★	★	★	★	☆	☆			☆	
														
	SJ1.2 地质	SJ1.2.1 岩性及风化程 度	★	★	☆	☆	★	★	★	★	★	★	★		
		SJ1.2.2 构造（单斜、向 斜、背斜、断层）	★	★	★	★	★		★	★	★	★	★	★	
		SJ1.2.3 复合地层	★	★		★	★	★	★	☆	★				
		SJ1.2.4 基岩凸起	★	★											
		SJ1.2.5地下水	★	☆	★	★	★	★	★	★	★				
														
	SJ1	SJ1.3	SJ1.3.1顺层	☆				★		★	★				

风险源			风险事件（SSJ——隧道风险事件）											
			SSJ1 设备故障	SSJ2 卡机	SSJ3 管片上浮	SSJ4 盾尾密封失效	SSJ5 开挖面失稳	SSJ6 地表变形过大	SSJ7 塌方	SSJ8 大变形	SSJ9 突涌水 （泥、砂）	SSJ10 岩爆	SSJ11 有害气体中毒或爆炸	SSJ12 结构开裂、渗漏、失稳
建设条件	不良地质	SJ1.3.2岩溶	★			★	★	★	★		★			
		SJ1.3.2煤层及矿藏采空区	★			☆	★	★	★	★			★	★
		SJ1.3.3挤压性地层	★	★		★	★	★	★	★				★
		SJ1.3.4孤石	★	★		★	★	★	★					
		SJ1.3.5高地应力								★		★		
													
	SJ1.4 特殊岩土	SJ1.4.1膨胀岩（土）	★	★			★	★	★	★				★
		SJ1.4.2冻土	☆											
		SJ1.4.3软土	☆			★	★		★	★				
		SJ1.4.4黄土	☆											
		SJ1.4.5砂土	★			★	★	★	★	★				
													
	SJ1.5地震	SJ1.5地震参数				★		★	★				★	
	SJ1	SJ1.6	SJ1.6.1	★									★	

风险源			风险事件（SSJ——隧道风险事件）												
			SSJ1 设备故障	SSJ2 卡机	SSJ3 管片上浮	SSJ4 盾尾密封失效	SSJ5 开挖面失稳	SSJ6 地表变形过大	SSJ7 塌方	SSJ8 大变形	SSJ9 突涌水（泥、砂）	SSJ10 岩爆	SSJ11 有害气体中毒或爆炸	SSJ12 结构开裂、渗漏、失稳	...
建设条件	周边环境	建（构）筑物													
		SJ1.6.2 隧洞及地下洞室	★										★		
		SJ1.6.3 道路、管线	★											★	
		SJ1.6.4 下穿水域	★		★	★	★	★	★	☆	★			★	
		SJ1.6.5 河、海床冲淤				★	★		★	★	★			★	
		SJ1.6.6 地下障碍物	★	★		★	★	★	★						
														
SJ2 结构	SJ2.1 设计情况	SJ2.1.1 常规设计	★	☆	★	★	★	★	★	★	★	★	★		
		SJ2.1.2 特殊设计	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★		
		SJ2.1.3管片结构设计												★	
		SJ2.1.4管片接												★	

风险源		风险事件（SSJ——隧道风险事件）													
		SSJ1 设备故障	SSJ2 卡机	SSJ3 管片上浮	SSJ4 盾尾密封失效	SSJ5 开挖面失稳	SSJ6 地表变形过大	SSJ7 塌方	SSJ8 大变形	SSJ9 突涌水 （泥、砂）	SSJ10 岩爆	SSJ11 有害气体中毒或爆炸	SSJ12 结构开裂、渗漏、失稳	...	
	缝设计														
	SJ2.1.5 抗浮设计			★									★		
	SJ2.1.6 防排水设计												★		
	SJ2.1.7 工作井设计		★										★		
	SJ2.1.8地层加固设计	★	★	★	★	★	★	★	☆	★			★		
	SJ2.1.9监控量测设计	☆	☆	☆											
	SJ2.1.10 设备选型	★	★		★	★	★	★		★					
	SJ2.1.11始发接受设计		★												
														
	SJ2.2 隧道特征	SJ2.2.1 断面大小	★		★	★	★	★	★	★	★				
		SJ2.2.2长度	★			★	★	★	★	★	★				
SJ2.2.3埋深		★		★	★	★	★	★	★	★			★		

风险源		风险事件（SSJ——隧道风险事件）												
		SSJ1 设备故障	SSJ2 卡机	SSJ3 管片上浮	SSJ4 盾尾密封失效	SSJ5 开挖面失稳	SSJ6 地表变形过大	SSJ7 塌方	SSJ8 大变形	SSJ9 突涌水（泥、砂）	SSJ10 岩爆	SSJ11 有害气体中毒或爆炸	SSJ12 结构开裂、渗漏、失稳	...
		SJ2.2.4半径	★	☆		★								
		SJ2.2.5纵坡	★											
													
	SJ2.3 联络通道	.....											
	SJ2.4 设计理论	SJ2.4.1 设计方法												★
		SJ2.4.2 计算参数												★
													
SJ2.5 新技术、新材料	.....	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
SJ3 施工	SJ3.1 施工工法	.....	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	SJ3.2 施工工艺	.....	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	SJ3.3 施工参数	.....	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	SJ3.4辅助施工措施	.....	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★

风险源		风险事件（SSJ——隧道风险事件）												
		SSJ1 设备故障	SSJ2 卡机	SSJ3 管片上浮	SSJ4 盾尾密封失效	SSJ5 开挖面失稳	SSJ6 地表变形过大	SSJ7 塌方	SSJ8 大变形	SSJ9 突涌水 （泥、砂）	SSJ10 岩爆	SSJ11 有害气体中毒或爆炸	SSJ12 结构开裂、渗漏、失稳	...
	SJ3.5新工艺	.....	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
													
SJ4 运营	SJ4.1 车辆撞击	.....												★
	SJ4.2 洞内坠物	.....												★
	SJ4.3 火灾	.....												★
	SJ4.4 爆炸	.....												★
	SJ4.5 危化品泄露	.....												☆
													

注：1.“★”表示该风险源对风险事件有强相关影响，“☆”表示该风险源对风险事件有弱相关影响，空白表示该风险源对风险事件无影响。

2.风险源和风险事件可根据工程具体情况，在本表基础上细化和（或）增加。

3.SSJ1 设备故障包括：结泥饼、刀盘磨损、换刀、设备机械故障等。

表 C-5 沉管法隧道风险事件普查表

风险源			风险事件（SSJ——隧道风险事件）						
			SSJ1地基基础破坏	SSJ2管节上浮	SSJ3管节结构变形过大	SSJ4管节结构开裂	SSJ5剪力键损坏	SSJ6管节止水带失效	...
SC1 建设条件	SC1.1地形、地貌	SC1.1.1 水底地形及演变	★	★	★	★	★	☆	
		SC1.1.2 水下障碍物	★	☆	☆	☆	☆	☆	
								
	SC1.2工程地质与水文地质	SC1.2.1岩性及风化程度	★	☆	☆	☆	☆	☆	
		SC1.2.2岩土层与构造	★	☆	☆	☆	☆	☆	
								
	SC1.3不良地质	SC1.3.1流沙、浮泥	★	☆	☆	☆	☆	☆	
		SC1.3.2岩溶	★	☆	☆	☆	☆	☆	
		SC1.3.3孤石	★	☆	☆	☆	☆	☆	
								
	SC1.4特殊岩土	SC1.4.1 软土	★	☆	☆	☆	☆	☆	
		SC1.4.2 膨胀土	★	☆	☆	☆	☆	☆	
		SC1.4.3 砂土	★	☆	☆	☆	☆	☆	
								
	SC1.5周边环境	SC1.5.1 建(构)筑物、管线		☆	★	★	★	★	
		SC1.5.2 生态环保要求	☆	★					

风险源		风险事件（SSJ——隧道风险事件）							
		SSJ1地基基础破坏	SSJ2管节上浮	SSJ3管节结构变形过大	SSJ4管节结构开裂	SSJ5剪力键损坏	SSJ6管节止水带失效	...	
SC1	SC1.5.3 下穿水域	SC1.5.3 下穿水域	☆	★					
								
	SC1.6 气象	SC1.6.1降雨/雪、结冰、风等	☆	☆	★	★	★	★	
								
	SC1.7地震	SC1.6.1地震参数	★	★	★	★	★	★	
								
SC2 设计因素	SC2.1 设计情况	SC2.1.1总体设计	★	★	☆	☆	☆	☆	
		SC2.1.2管节与接头设计		★	★	★	★	★	
		SC2.1.3最终接头		★	★	★	★	★	
		SC2.1.4地基与基础	★	★	☆	☆	☆	☆	
		SC2.1.5防排水				★		★	
		SC2.1.6隧道机电设施			★	★			
								
	SC2.2 隧道特征	SC2.2.1横断面		★	★	★	★		
		SC2.2.2隧道长度	★	☆					
		SC2.2.3沉管段长度	★	☆					
		SC2.2.4回填厚度	★	★	☆	☆	☆	★	
								
	SC2.3 临时工程	SC2.3.1预制场地与规		★	★	★	★	★	

风险源			风险事件（SSJ——隧道风险事件）						
			SSJ1地基基础破坏	SSJ2管节上浮	SSJ3管节结构变形过大	SSJ4管节结构开裂	SSJ5剪力键损坏	SSJ6管节止水带失效	...
		模							
		SC2.3.2管节预制		★	★	★	★	★	
		SC2.3.3基槽与清淤	★	★		☆	☆	☆	
	SC2.4 设计理论	SC2.4.1设计方法	★	★	★	★	★	★	
		SC2.4.2计算参数	★	★	★	★	★	★	
								
							
SC3 施工因素	SC3.1施工方案	SC3.1.1 管节预制		★	★	★	★		
		SC3.1.2 管节浮运、沉放与安装	★	★	★	★	☆	★	
		SC3.1.3 基槽开挖与回填防护	★	★	☆	☆	☆	☆	
		SC3.1.4 基础与地基处理	★	★	☆	☆	★	★	
		SC3.1.5 施工监测	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
							
	SC3.2施工工艺与装备	.....	★	★	★	★	★	★
.....								
SC4 运营	SC4.1 车辆撞击	.....			★	★		
	SC4.2 洞内坠物	.....				★		

风险源			风险事件（SSJ——隧道风险事件）						
			SSJ1地基 基础破坏	SSJ2 管节上浮	SSJ3 管节结 构变形 过大	SSJ4 管节 结构开裂	SSJ5 剪力键 损坏	SSJ6管节 止水带 失效	...
因素	SC4.3 火灾	.....			★	★	★	★
	SC4.4 爆炸	.....	☆	☆	★	★	★	★
	SC4.5 危化品泄漏	.....					★	★
	SC4.6 隧道附属设施故障	.....			★	☆		
								

注：1.“★”表示该风险源对风险事件有强相关影响，“☆”表示该风险源对风险事件有弱相关影响，空白表示该风险源对风险事件无影响。
2.风险源和风险事件可根据工程具体情况，在本表基础上细化和（或）增加。

表 C-6 明挖法隧道（含堰筑明挖法）风险事件普查表

风险源		风险事件（SSJ——隧道风险事件）									
		SSJ1 围堰 坍塌	SSJ2 围堰 失稳	SSJ3 围堰 突涌水 (泥、砂)	SSJ4 基坑坍 塌	SSJ5 坑内土体 滑坡	SSJ6 基坑支护 结构失稳	SSJ7 基坑 突涌水 (泥、砂)	SSJ8 结构开 裂、渗漏	...	
SM1 建设 条件	SM1.1 地形地貌气象	SM1.1.1 地表植被、水系				★		★	★	★	
		SM1.1.2地形				★		★		★	
		SM1.1.3 河海床变迁								☆	
		SM1.1.4台风暴雨	★	★	★	★	★	★	★	☆	
										
	SM1.2 地质	SM1.2.1岩土及风化 程度				★	☆	★	★		
		SM1.2.2岩溶				★		☆	★		
		SM1.2.3地下水				★	★	★	★	★	
										
	SM1.3 特殊岩土	SM1.3.1 膨胀岩（土）				★	★	★			
		SM1.3.2冻土				☆	☆	☆			
		SM1.3.3软土	★	★	★	★	★	★	★	★	
		SM1.3.4砂土	★	★	★	★	★	★	★		
										
	SM1.4地震	SM1.4.1地震参数								★	
	SM1.5	SM1.5.1				★		★			

风险源		风险事件（SSJ——隧道风险事件）									
		SSJ1 围堰 坍塌	SSJ2 围堰 失稳	SSJ3 围堰 突涌水 (泥、砂)	SSJ4 基坑坍 塌	SSJ5 坑内土体 滑坡	SSJ6 基坑支护 结构失稳	SSJ7 基坑 突涌水 (泥、砂)	SSJ8 结构开 裂、渗漏	...	
周边环境	建（构）筑物										
	SM1.5.2 隧道及地下工程				★		★		☆		
	SM1.5.3 道路、管线				★	☆	★	★	★		
	SM1.5.4下穿水域	★	★	★	★	☆	★	★	★		
	SM1.5.5 河、海床冲淤	★	★	★					★		
	SM1.5.6 地下障碍物				★		★				
	SM1.5.7船舶撞击	★	★						☆		
										
SM2 设计	SM2.1 设计理论	SM2.1.1设计方法							★		
		SM2.1.2计算参数							★		
										
	SM2.2 结构设计	SM2.2.1结构参数								★	
		SM2.2.2地基处理						★	★		
		SM2.2.3抗浮设计								★	
	SM2.3 基坑及围堰设计	SM2.3.1降水设计				★	★	★	★		
SM2.3.2基坑支护					★	☆	★	★			

风险源			风险事件（SSJ——隧道风险事件）								
			SSJ1 围堰 坍塌	SSJ2 围堰 失稳	SSJ3 围堰 突涌水 (泥、砂)	SSJ4 基坑坍 塌	SSJ5 坑内土体 滑坡	SSJ6 基坑支护 结构失稳	SSJ7 基坑 突涌水 (泥、砂)	SSJ8 结构开 裂、渗漏	...
		SM2.3.3围堰设计	★	★	★						
		SM2.3.4 监控量测设计	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆		
										
	SM2.4 隧道特征	SM2.4.1断面大小	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
		SM2.4.2长度									
		SM2.4.3埋深	★	★	★	★	★	★	★	★	
										
	SM2.5联络通道	.....								☆
	SM2.6 新技术、新材料	.....								★
	SM3 施工	SM3.1施工工法		★	★	★	★	★	★	
SM3.2施工工艺		.....		★	★	★	★	★	★	
SM3.3施工参数		.....		★	★	★	★	★	★	
SM3.4施工监测		.....	★	★	★	★	★	★	★	★
SM3.5 辅助施工措施		.....		★	★	★	★	★	★	
SM3.6新工艺		.....		★	★	★	★	★	★	
.....											
SM4	SM4.1 车辆撞击	.....								★

风险源			风险事件（SSJ——隧道风险事件）							
			SSJ1 围堰 坍塌	SSJ2 围堰 失稳	SSJ3 围堰 突涌水 (泥、砂)	SSJ4 基坑坍 塌	SSJ5 坑内土体 滑坡	SSJ6 基坑支护 结构失稳	SSJ7 基坑 突涌水 (泥、砂)	SSJ8 结构开 裂、渗漏
运营	SM4.2 洞内坠物	.....							★
	SM4.3 火灾	.....							★
	SM4.4 爆炸	.....							★
	SM4.5 危化品泄露	.....							☆
									

注：1.“★”表示该风险源对风险事件有强相关影响，“☆”表示该风险源对风险事件有弱相关影响，空白表示该风险源对风险事件无影响。

2.风险源和风险事件可根据工程具体情况，在本表基础上细化和（或）增加。

附录 D 风险事件检查表

表 D-1 风险事件检查表

序号	检查项目	方案当前已采取的措施	存在方式	产生的影响	判断依据
1	主要风险源 1	风险事件 1			
		风险事件 2			
				
		风险事件 m			
2	主要风险源 2	风险事件 1			
		风险事件 2			
				
		风险事件 m			
.....			
N	主要风险源 N	风险事件 1			
		风险事件 2			
				
		风险事件 m			

注：风险事件及风险源的编号应与附录 A、C 表中的编号保持一致。

附录 E 评估报告格式

评估项目名称 (二号宋体加粗)

XX 设计阶段 (三号宋体加粗)

设计安全风险评估报告 (一号黑体加粗)

承担单位名称 (三号宋体加粗)

评估报告完成日期 (三号宋体加粗)

图 E-1 安全风险评估报告封面式样

评估项目名称（三号宋体加粗）

设计安全风险评估报告（二号黑体加粗）

评估组负责人：（四号宋体加粗）

评估组成员：（四号宋体加粗）

承担单位名称（盖章）（四号宋体加粗）

承担单位资质证书名称及编号（四号宋体加粗）

评估报告完成日期（四号宋体加粗）

图 E-2 著录页式样

本标准用词说明

- 1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关的标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《公路桥梁和隧道工程设计安全风险评估指南（试行）》交通运输部 2010
- 2 《公路桥梁和隧道工程施工安全风险评估指南（试行）》交通运输部 2011
- 3 《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》GB 50652
- 4 北京市《城市轨道交通土建工程设计安全风险评估规范》DB11/ 1067
- 5 山东省《城市轨道交通土建工程设计安全风险评估规范》DB37/T 4445
- 6 《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》JTG 3370.1
- 7 河南省《公路桥涵和隧道工程施工安全风险评估与控制》DB41/T 1085
- 8 《生产安全事故报告和调查处理条例》中华人民共和国国务院令 第 493 号
- 9 《国家突发环境事件应急预案》国办函[2014]119 号
- 10 《中华人民共和国环境影响评价法》2018 修正