

JTG

中华人民共和国推荐性行业标准

JTG/T 3302—2025

# 公路桥梁和隧道工程设计安全风险 评估指南

Guidelines for Safety Risk Assessment of Highway Bridge and Tunnel  
Engineering Design

2025-12-16 发布

2026-04-01 实施

中华人民共和国交通运输部发布

## 前　　言

根据《交通运输部关于下达 2022 年度公路工程行业标准制修订计划的通知》（交公路函〔2022〕238 号）的要求，由中交公路规划设计院有限公司承担《公路桥梁和隧道工程设计安全风险评估指南》（JTG/T 3302—2025）（以下简称“本指南”）的制定工作。

编写组总结我国近年来公路桥梁和隧道工程设计安全风险评估的实践经验和研究成果，借鉴国内外相关标准的先进技术方法，加强桥梁和隧道安全风险管理底线意识，按照“源头防范、强化管控、成熟实用”的理念，在风险评估对象、风险评估方法、风险应对及技术管理等方面进行了重点分析，强化了风险评估工作针对性的要求，力求使本指南技术先进、内容合理、可操作性和针对性强。

本指南包括 8 章和 5 个附录，分别是：1 总则、2 术语和符号、3 基本规定、4 风险等级标准、5 风险评估方法、6 桥梁工程设计安全风险评估、7 隧道工程设计安全风险评估、8 风险评估报告，附录 A 风险源普查表、附录 B 风险源检查表、附录 C 风险事件普查表、附录 D 风险事件检查表、附录 E 评估报告格式。

本指南由张喜刚、徐国平负责起草第 1 章，徐志民负责起草第 2 章，张杰、徐志民、徐智负责起草第 3 章，徐国平、赵君黎、徐从杰负责起草第 4 章，谢雄耀、徐志民、李康负责起草第 5 章，刘明虎、许航、郭彬立、曹一山负责起草第 6 章，曹校勇、刘洪洲、刘学增、徐智、杨绍战、朱仁景、刘瑞辉负责起草第 7 章，李宏哲、宋江春、徐从杰、刁鹏程负责起草第 8 章，刘明虎、徐智负责起草附录 A，徐国平、朱军颖负责起草附录 B，刘明虎、曹校勇、徐智、安楠楠负责起草附录 C，徐国平、李晗睿、杜昂负责起草附录 D，徐从杰负责起草附录 E。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本指南日常管理组，联系人：徐志民（地址：北京市东城区东四前炒面胡同 33 号；邮政编码：100010；电子邮箱：xuzhimin@hpdi.com.cn），以便修订时参考。

**主 编 单 位：**中交公路规划设计院有限公司

**参 编 单 位：**中交第一公路勘察设计研究院有限公司

同济大学

招商局重庆交通科研设计院有限公司

中交基础设施养护集团有限公司

江苏高速公路工程养护技术有限公司

主 编: 徐国平

主要参编人员: 张喜刚 张 杰 徐志民 曹校勇 刘明虎 许 航  
谢雄耀 徐 智 刘洪洲 赵君黎 杨绍战 刘学增  
徐从杰 朱仁景 朱军颖

主 审: 周荣贵

参与审查人员: 王华牢 詹建辉 王恒斌 刘元泉 张冬青 梅世龙  
张慧彧 李彦武 王 太 肖殿良

参 加 人 员: 郭彬立 宋江春 刁鹏程 李宏哲 李 康 曹一山  
李晗睿 杜 昂 安楠楠 刘瑞辉

# 目 次

<b>1 总则</b>	1
<b>2 术语和符号</b>	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
<b>3 基本规定</b>	4
3.1 一般规定	4
3.2 评估对象	5
3.3 评估要求	7
<b>4 风险等级标准</b>	9
4.1 风险事件发生概率等级与判断标准	9
4.2 风险事件损失等级与判断标准	9
4.3 风险等级	11
<b>5 风险评估方法</b>	12
5.1 风险识别	12
5.2 风险分析	13
5.3 风险评价	18
<b>6 桥梁工程设计安全风险评估</b>	19
6.1 一般规定	19
6.2 风险源与风险事件普查	19
6.3 风险源与风险事件检查	21
6.4 风险应对	21
<b>7 隧道工程设计安全风险评估</b>	23
7.1 一般规定	23
7.2 风险源与风险事件普查	25
7.3 风险源与风险事件检查	26
7.4 风险应对	26
<b>8 风险评估报告</b>	28
<b>附录 A 风险源普查表</b>	30
<b>附录 B 风险源检查表</b>	37
<b>附录 C 风险事件普查表</b>	38

附录 D 风险事件检查表	62
附录 E 评估报告格式	63
本指南用词用语说明	65

交通运输部信息云平台  
浏览指南

# 1 总则

**1.0.1** 为规范和指导公路桥梁和隧道工程设计安全风险评估工作, 提高工程建设和运营的安全韧性, 制定本指南。

**1.0.2** 本指南适用于新建与改扩建公路桥梁和隧道工程初步设计阶段安全风险评估, 施工图设计阶段根据需要进行的风险评估可按本指南执行。

## 条文说明

公路桥梁和隧道工程安全, 与地质、水文等自然条件, 工程设计、施工组织方案, 建设管理经验及交通、通航等使用环境有关, 安全风险在设计、建设、运营等各阶段、各环节都不同程度地存在。初步设计阶段是确定工程建设方案的阶段, 是工程安全管控的重要环节。在初步设计阶段对公路桥梁和隧道工程方案实行安全风险评估制度, 增加安全风险评估工作环节, 是强化安全风险意识、提高工程安全性、降低事故概率、减少经济损失的措施。

**1.0.3** 公路桥梁和隧道工程设计安全风险评估应针对工程实际, 遵循客观、严谨、公正的原则。

**1.0.4** 公路桥梁和隧道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 1.0.4 执行。

表 1.0.4 安全风险接受准则

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

**1.0.5** 公路桥梁和隧道工程设计安全风险评估除应符合本指南的规定外, 尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 风险源 risk source

可能单独或共同导致风险事件发生的致危因素。

#### 2.1.2 风险事件 hazard

工程建设中产生损失（人员伤亡、经济损失、工期延误、环境及社会影响等）的不利事件及其过程，也可称为事故。

#### 2.1.3 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。

#### 2.1.4 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，分析风险事件的后果严重程度和发生概率，确定风险等级的过程。

#### 2.1.5 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。

#### 2.1.6 风险应对 risk treatment

处理风险的过程，主要包括风险规避、风险预防、风险转移、风险降低、风险自留等所采取的处置对策、技术方案或措施等。

#### 2.1.7 风险评估 risk assessment

包括风险识别、风险分析、风险评价、风险应对的全过程。

#### 2.1.8 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。

### 2.1.9 剩余风险 residual risk

采取风险应对措施后仍然存在的风险，也称为“留存的风险”，包括主动选择或采取技术措施后可接受的风险、当前技术水平下超出认知范围的风险等。

### 2.1.10 专家信心系数 expert confidence coefficient

量化专家在风险分析中对某一风险事件造成的损失和发生的概率分析的可靠程度，由专家自评打分确定。

## 2.2 符号

$C_{a,j}$ ——第  $i$  个专家基于自我认定对第  $j$  个风险事件的专家信心系数；

$M_j$ ——第  $j$  个风险事件的算术平均值；

$R_j$ ——第  $j$  个风险事件专家风险分值的极差；

$r_j$ ——第  $j$  个风险事件专家风险分值极差的分布调整分值；

$\bar{U}_j$ ——单一风险事件的风险分值；

$U_{ij}$ ——第  $i$  个专家对第  $j$  个风险事件的风险打分值；

$\bar{U}_{ij}$ ——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；

$w_{ij}$ ——第  $i$  个专家在第  $j$  个风险事件中的权重系数；

$\bar{X}_j$ ——第  $j$  个风险事件的风险等级。

### 3 基本规定

#### 3.1 一般规定

**3.1.1** 应结合工程特点,从建设条件、设计、施工、运营四个方面因素开展设计安全风险评估。

**3.1.2** 对于采用新技术、新材料、新装备、新工艺的桥梁和隧道工程设计安全风险评估,应综合考虑技术创新与风险可承受能力之间的平衡。

##### 条文说明

新技术、新材料、新装备和新工艺的采用,可以提高生产效率和工程质量,能节约资源和能源,降低成本,减少对环境的影响,符合可持续发展的要求。

然而“四新”技术往往缺乏足够的历史数据支持其可靠性和稳定性,可能存在未知的风险和问题,需要时间来验证和解决。因此,需要认真权衡,综合考虑创新与风险可承受能力之间的平衡。

**3.1.3** 设计安全风险评估对象的技术指标应满足相关标准要求;当无可适用的现行标准时,应通过专题研究进行论证。

##### 条文说明

强调设计安全风险评估的边界条件,要求所评估的工程方案从技术角度而言是可行的,满足现行标准的要求,具有基础的抗风险能力。当无可适用的现行标准时,应通过专题研究进行论证,确定风险评估对象的技术指标。

**3.1.4** 初步设计阶段应对同深度比选的方案进行安全风险评估。

**3.1.5** 同一工程中建设条件相似、技术方案相同的桥梁或隧道工程,应对各主要风险源、主要风险事件统筹进行设计安全风险评估。

**3.1.6** 隧道工程初步设计阶段整体风险的剩余风险等级为Ⅲ级时,宜开展施工图设

计阶段的设计安全风险评估。

**3.1.7** 施工图设计阶段因建设条件、设计、施工和运营等内外部因素改变，导致初步设计阶段推荐的桥梁方案、隧道方案或工法发生重大调整的，应重新开展设计安全风险评估。

**3.1.8** 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。

**3.1.9** 初步设计文件审查及审批时，应包括安全风险评估报告评审以及采纳情况说明，相关风险评估信息应向施工阶段进行传递。

### 条文说明

设计单位需结合《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》《公路工程特殊结构桥梁项目设计文件编制办法》等的具体要求，在设计成果中对针对相应风险采取的预防性措施、构造完善、施工建议等予以论证和落实。

设计安全风险评估报告中的核心评估信息，如重大风险源清单、风险等级评定结果，专家审查结论以及设计单位意见采纳情况等，要借助设计交底环节等方式向施工阶段进行传递，对核心风险因素提出动态监控建议。

## 3.2 评估对象

**3.2.1** 新建桥梁工程满足下列条件之一时，应开展初步设计安全风险评估：

1 梁式桥：单孔跨径大于或等于150m的连续梁桥、单孔跨径大于或等于200m的连续刚构桥等。

2 拱桥：跨径大于或等于40m的石拱桥；跨径大于或等于250m的钢筋混凝土拱桥；跨径大于或等于350m的钢箱拱桥，钢桁架、钢管混凝土拱桥。

3 斜拉桥：跨径大于或等于200m的独塔斜拉桥；跨径大于或等于400m的预应力混凝土主梁双塔斜拉桥；跨径大于或等于500m的钢结构或钢混组合结构主梁斜拉桥。

4 悬索桥：跨径大于或等于200m的自锚式悬索桥；跨径大于或等于1 000m的地锚式悬索桥。

5 墩高大于或等于100m的桥梁。

6 桥址处地震基本烈度大于7度且跨径大于150m的桥梁。

7 独柱单支座桥梁。

8 周边存在滑坡、泥石流、滚石等不良地质及环境条件，可能对结构造成破坏的桥梁。

9 其他建设环境复杂、结构复杂、施工技术和运营条件特殊的桥梁。

## 条文说明

交通运输部《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)对桥梁工程风险评估的范围作了规定,包括:①多跨或跨径大于或等于40m的石拱桥,跨径大于或等于250m的钢筋混凝土拱桥,跨径大于或等于350m的钢箱拱桥,钢桁架、钢管混凝土拱桥;②跨径大于或等于200m的梁式桥,跨径大于400m的斜拉桥,跨径大于1 000m的悬索桥;③墩高或桥高大于100m的桥梁;④桥址处地震烈度大于7度且跨径大于150m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、结构复杂、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,特别是独柱单支座桥梁等,一旦遭受破坏,往往引起巨大损失,因此,需要进行单独考虑,公铁两用、公轨合建桥梁也要按本要求执行;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、多塔多跨斜拉桥、多塔多跨悬索桥、某一项或多项指标突破现有工程纪录等)、建设条件恶劣(如跨海、跨峡谷等)、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洪水期有漂浮物撞击的桥梁。

### 3.2.2 改扩建工程的另线新建、分离增建、拆除重建工程应按新建桥梁的规定执行。

3.2.3 改扩建加固利用的单孔跨径大于或等于150m的梁桥及特殊结构桥梁,涉及桥型改变、主梁更换、隐蔽构件未经加固继续使用等情况,宜开展设计安全风险评估。

## 条文说明

特殊结构桥梁是指拱桥、斜拉桥、悬索桥及其他各种组合体系桥梁。

“隐蔽构件未经加固继续使用”是指封闭锚固的主缆和斜拉索、基础等。

3.2.4 新建和改扩建隧道工程满足下列条件之一时,应开展初步设计阶段的安全风险评估:

1 穿越高地应力区、采空区、强岩溶发育区、有害气体地层、水体、活动断裂带等工程地质、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5 000m的一级及以上等级公路隧道或长度大于3 000m的二级及以下

等级公路隧道。

- 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《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、水体等工程地质与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3 000m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。

结合近年来隧道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) 增加了有害气体地层,有害气体如煤层、油气地层、有机质富集地层的瓦斯( $\text{CH}_4$ ),油气地层的乙烷( $\text{C}_2\text{H}_6$ )、丙烷( $\text{C}_3\text{H}_8$ ),石膏层、石油层、腐败有机物层等含硫地层的硫化氢( $\text{H}_2\text{S}$ ),地层中的不完全氧化反应的一氧化碳(CO),碳酸盐岩地层的二氧化碳( $\text{CO}_2$ )等。

(2) 钻爆法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公路隧道有关设计要求尚未在《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》(JTG 3370.1—2018)中进行规定,有必要进行安全风险评估。

(3) 从长度方面,对要进行安全风险评估的隧道进行了细分,对一级及以上等级公路隧道要求大于5 000m、对二级及以下等级公路隧道要求大于3 000m,主要是因为超过此长度时一般需要设置辅助施工通道,对施工组织要求较高。

(4) 增加了对叠层、分岔、原位扩挖等钻爆法隧道进行安全风险评估的要求,主要是此类隧道建造技术较为复杂、施工控制要求高。

(5) 增加了沉管法、堰筑法、盾构法、TBM 法隧道的安全风险评估,此类隧道建造技术复杂。

(6) “其他建设环境复杂”指隧道和管线存在交叉或邻近建(构)筑物等情况;“施工技术特殊”包括装配式衬砌隧道、无中墙连拱隧道以及支护采用波纹钢的隧道等。

### 3.3 评估要求

#### 3.3.1 安全风险评估工作应作为独立任务开展。

## 条文说明

鉴于安全风险评估工作的重要性，为引起各方的高度重视，保证评估质量，设计安全风险评估工作应作为独立任务进行委托和评审。

**3.3.2** 设计安全风险评估工作应组建专门的评估工作组，评估工作组人员应满足下列要求：

- 1 评估工作组宜由 5~7 人组成。
- 2 评估工作组负责人应具有 20 年以上工作经验，并担任过相关专业或类似项目的设计负责人，正高级职称。
- 3 评估工作组专业（分项）负责人应具有 10 年以上工作经验，副高级及以上职称。
- 4 评估工作组成员应具有 7 年以上工作经验，中级及以上职称。

**3.3.3** 设计安全风险评估工作成果应由建设单位组织评审，评审专家应具有工程勘察、设计、施工、管理等相关经验。

## 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应分为1、2、3、4、5级。各等级判断标准应符合表4.1.1的规定。

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	$P_f < 0.0003$	几乎不可能发生
2	$0.0003 \leq P_f < 0.003$	很少发生
3	$0.003 \leq P_f < 0.03$	偶然发生
4	$0.03 \leq P_f < 0.3$	可能发生
5	$P_f \geq 0.3$	频繁发生

### 4.2 风险事件损失等级与判断标准

**4.2.1** 风险事件损失等级应分为1、2、3、4、5级。应按人员伤亡等级、经济损失等级、环境影响及社会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应符合表4.2.2的规定。

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人以下死亡或50人以上100人以下重伤的重大事故
5	30人以上死亡或100人以上重伤的特别重大事故

注：“以上”包含本数，“以下”不包含本数，下同。

## 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》(国务院令第493号),新增“1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 第1部分:总体要求》(JT/T 1375.1—2022)一致。

**4.2.3 经济损失等级的判断标准应符合表4.2.3的规定。**

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》(国务院令第493号),新增“1级:经济损失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 第1部分:总体要求》(JT/T 1375.1—2022)一致。

**4.2.4 环境及社会影响等级的判断标准应符合表4.2.4的规定。**

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》(国务院令第493号),新增“1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”的要求。

### 4.3 风险等级

**4.3.1** 风险事件的风险等级应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。

表 4.3.1 风险事件风险等级

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)的规定，四个等级的风险颜色标识为蓝、黄、橙、红。

## 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，应结合工程实际在本指南附录 A 表 A-1、表 A-2 的基础上进行补充。

**5.1.5** 风险源的检查，应结合工程实际按本指南附录 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，应结合工程实际在本指南附录 C 表 C-1 ~ 表 C-5 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，并按本指南附录D进行。

#### 条文说明

纳入风险事件检查表的是主要风险事件，次要风险事件要在该环节筛掉。

**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

根据设计安全风险评估实施以来的调研和总结成果，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和经验，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本指南第4.1节、第4.2节的要求执行。

**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：

1 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”。

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。

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	风险损失级别		风险事件级别 $X_i$	环境及社会影响	评定概率和损失级别的理由	专家信心系数 $C_{a,i}$	专家风险事件打分 $U_i$	建议进一步采取的措施
				风险发生概率级别	人员伤亡						
主要风险源 x. x	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 x. x	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 x. x	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								

## 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，上述信息通常要具体、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”要填写与对应风险源相关的施工技术和运营管理信息，上述信息是假定采取的基于“正常施工”和“正常运营”的缓解风险措施。该信息通常要概括而简练，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”要填写与对应风险源、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、环境及社会影响等进行描述。该信息通常要概括而简练，不涉及具体的细节。

**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  $C_{s,i}$  选项

选项	专家信心系数
从事过该类风险事件研究，或参与过类似工程建设	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  $U_i$  参考

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 应根据评估专家对人员伤亡、经济损失、环境及社会影响的打分结果，以就高原则按本指南第 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，并对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，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或等于 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 应根据有效专家人数和专家信心系数，按式 (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 $\bar{U}_j$ ，应按式 (5.2.16-1) ~ 式 (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

$\bar{U}_j$	(40, 60]	(60, 80]	(80, 95]	(95, 100]
$\bar{X}_j$	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,按表 1.0.4 执行。

## 6 桥梁工程设计安全风险评估

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 桥梁工程设计安全风险评估的流程应符合图 6.1.1 的规定。
- 6.1.2 桥梁工程设计安全风险评估的方法应符合本指南第 5 章的规定。
- 6.1.3 桥梁工程设计安全风险评估应对单一风险事件进行评估。
- 6.1.4 桥梁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地形、地貌、气象、工程地质、水文地质、水文、通航、地震、周边建（构）筑物、腐蚀条件等及其变化趋势，以及改扩建项目的既有结构物状况。
- 6.2.2 设计方案风险源应包括设计理论与方法、桥型方案、结构约束体系、基础结构方案、下部结构方案、上部结构方案、附属工程方案，以及创新成果应用等因素。
- 6.2.3 施工因素风险源应包括基础施工方案、下部结构施工方案、上部结构施工方案、工期，以及创新成果应用等因素。

#### 条文说明

施工因素风险源指在设计阶段由设计所提出、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运营期车辆超载、车辆撞击、飞行物撞击、交通事故、坠物、火灾、爆炸、危化品泄漏、附属工程损坏等因素。

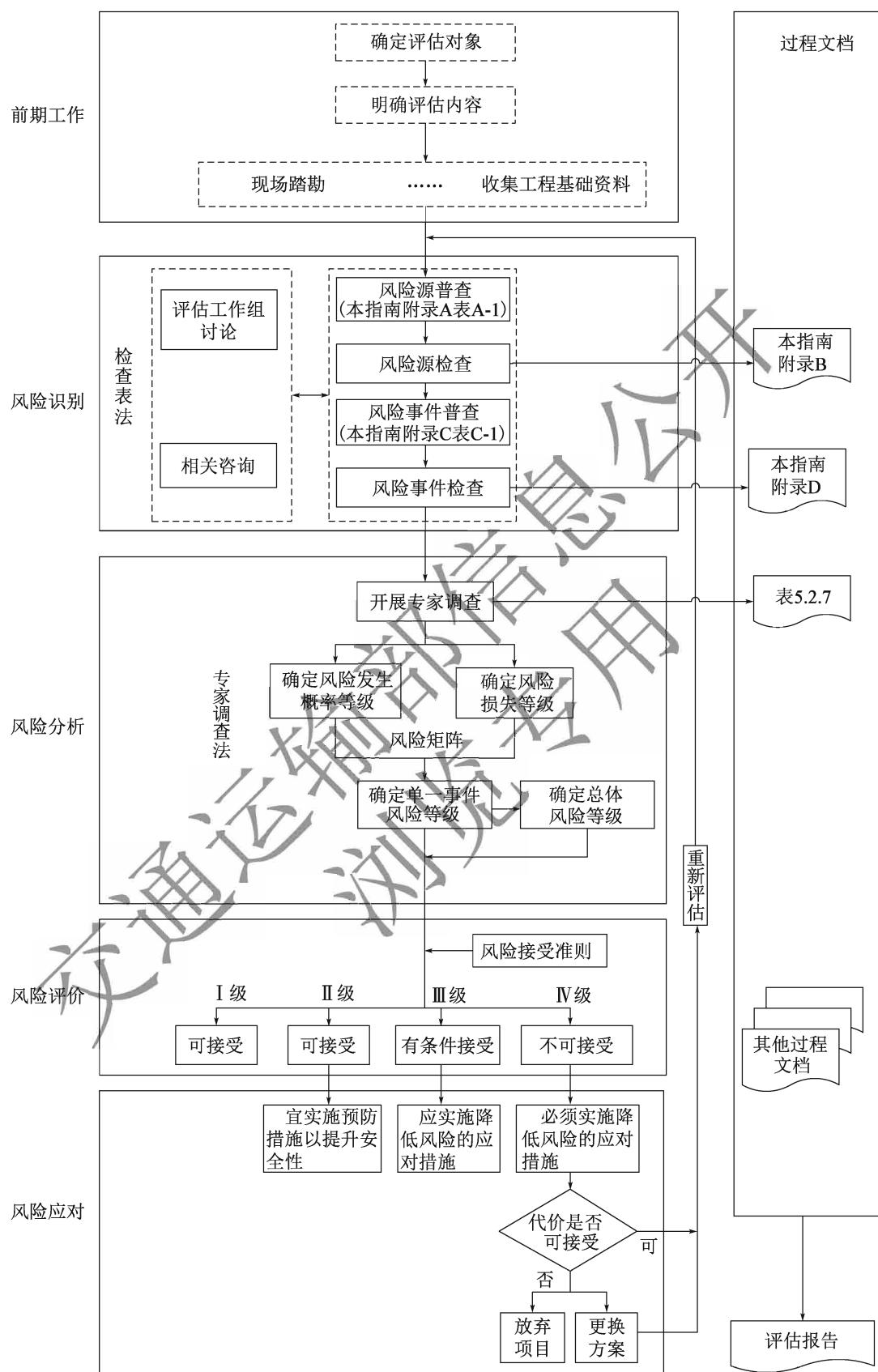


图 6.1.1 桥梁工程设计安全风险评估流程

## 条文说明

运营因素风险源指在设计阶段由设计所考虑、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** 桥梁工程风险源普查应根据桥梁实际情况在本指南附录 A 表 A-1 基础上进行补充完善。

**6.2.6** 桥梁工程风险事件普查应根据桥梁实际情况在本指南附录 C 表 C-1 基础上进行补充完善。

## 6.3 风险源与风险事件检查

**6.3.1** 风险源检查应研判其不确定性，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** 风险源检查应根据桥梁实际情况开展，并符合本指南附录 B 的规定。

**6.3.4** 风险事件检查应根据桥梁实际情况开展，并符合本指南附录 D 的规定。

## 6.4 风险应对

**6.4.1** 评估单位应根据风险评估结论，结合建设条件、设计、施工、运营四个方面提出风险应对措施建议。

**6.4.2** 设计单位应根据风险评估结论，确定应对措施。

**6.4.3** 风险应对措施应具有可操作性，并综合考虑成本和效益。

**6.4.4** 建设条件风险的应对措施应满足下列要求：

- 1 应探明工程地质及水文地质条件，必要时开展专题研究工作。
- 2 对于岩溶地区等复杂地质条件地区，必要时应增加钻孔数量。
- 3 对引起工程安全风险的地震、风、防洪、冲刷等建设条件应开展重点研究。
- 4 应研究铁路、公路、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。
- 5 对引起运营安全风险的泥石流、滚石、边坡崩塌、暴雨、洪水、漂浮物阻塞等

建设条件,应开展深化勘察和重点研究。

6 改扩建桥梁应对既有桥梁的病害做重点检查、评定,必要时应开展专题研究工作。

**6.4.5** 设计方案风险的应对措施,应根据需要对设计理论与方法、桥型方案、结构约束体系、结构方案、创新成果应用等开展相关专项研究。

**6.4.6** 施工因素风险的应对措施应满足下列要求:

- 1 应对不同桥型的不同施工工法进行适应性评价,经技术经济比选,选择风险相对较小的施工工法。
- 2 针对施工方案采用新材料、新技术、新工艺、新装备,应进行相关专题研究。
- 3 改扩建桥梁应对交通组织和保通措施做专项研究。

**6.4.7** 运营因素风险的应对措施应满足下列要求:

- 1 对于超限车辆荷载引起的风险,应采取合理的设计和管理措施。
- 2 对于各种撞击桥梁的风险,应采取预警和设置针对性防撞措施,必要时应开展专题研究。
- 3 对于物体坠落到桥面或桥下的风险,应采取监控、预警措施,设计应采取措施防止坠物的形成,必要时应对可能的坠物进行隔离防护。
- 4 对于桥面系损坏引起的风险,应采取桥面监控监测、维养和管理等措施。
- 5 对于伸缩装置、支座、阻尼装置、排水系统等附属结构损坏引起的风险,应采取日常巡检、监控监测和维养更换等措施。
- 6 对于交安、机电设施故障或失效的风险,应采取日常巡检、监控监测和维修更换等措施。
- 7 对于火灾、爆炸、危化品泄漏等其他极端情况,应采取监控、预警和针对性应对措施。

## 7 隧道工程设计安全风险评估

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 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。

**7.1.2** 隧道工程设计安全风险评估的流程应符合图 7.1.2 的规定。

**7.1.3** 隧道工程设计安全风险评估的方法应符合本指南第 5 章的规定。

**7.1.4** 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。

**7.1.5** 单一风险事件的分段评估和整体评估应满足下列要求：

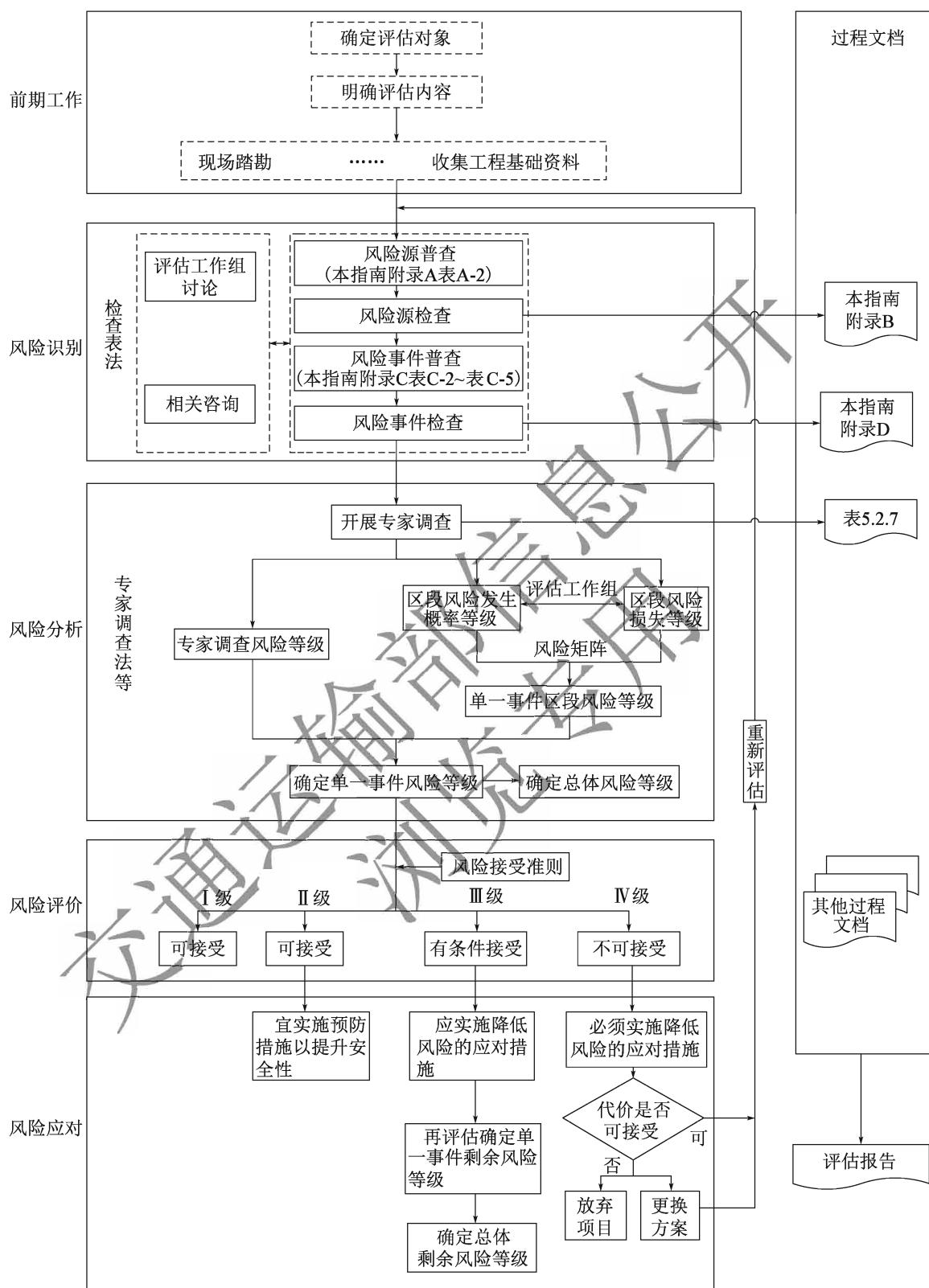


图 7.1.2 隧道工程设计安全风险评估流程

注：对初始风险等级为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。

1 单一风险事件的分段评估应根据本指南第 5.1 节进行风险源和风险事件识别、普查和检查，并根据本指南第 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。

**7.1.6** 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。

## 7.2 风险源与风险事件普查

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

**7.2.2** 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。

**7.2.3** 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。

**7.2.4** 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。

**7.2.5** 隧道工程风险源普查应根据实际情况在本指南附录 A 表 A-2 的基础上进行补充完善。

**7.2.6** 隧道工程风险事件普查应根据实际情况在本指南附录 C 表 C-2 ~ 表 C-5 的基础上进行补充完善。

### 7.3 风险源与风险事件检查

**7.3.1** 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。

**7.3.2** 风险源与风险事件的检查应具有针对性。

**7.3.3** 风险源检查应根据隧道实际情况开展，并符合本指南附录B的规定。

**7.3.4** 风险事件检查应根据隧道实际情况开展，并符合本指南附录D的规定。

### 7.4 风险应对

**7.4.1** 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。

**7.4.2** 设计单位应根据风险评估结论，确定应对措施。

**7.4.3** 风险应对措施应具可操作性、针对性，并综合考虑成本和效益。

**7.4.4** 建设条件风险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的影响。
- 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 沉管隧道重点查明河床、海床演变，深厚软土等情况。
- 5 明挖（含堰筑）隧道重点查明下穿水域、地下障碍物、航运、管网、环保要求等情况。

**7.4.5** 设计方案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。

#### 7.4.6 施工因素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、邻近重要建（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）隧道应对围堰施作、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。

#### 7.4.7 运营因素风险的应对措施应满足下列要求：

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、防坠落等措施。

2 对于火灾、爆炸引起的风险，应采取针对性的防灾救援设计、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。

## 8 风险评估报告

**8.0.1** 风险评估报告应内容全面、数据可靠、格式规范，提出的风险应对措施应合理可行，评估报告格式应按本指南附录E执行。

**8.0.2** 评估报告应包括下列内容：

- 1 封面；
- 2 著录页；
- 3 目录；
- 4 正文；
- 5 附件。

**8.0.3** 评估报告的封面宜包括下列内容：

- 1 评估项目名称；
- 2 评估阶段；
- 3 标题，统一为“设计安全风险评估报告”；
- 4 承担单位名称；
- 5 评估报告完成日期。

**8.0.4** 评估报告的著录页宜包括下列内容：

- 1 评估项目名称；
- 2 标题，统一为“设计安全风险评估报告”；
- 3 承担项目评估组负责人及评估组成员；
- 4 承担单位名称及盖章（公章或技术成果章）；
- 5 承担单位资质证书名称及编号；
- 6 评估报告完成日期。

**8.0.5** 评估报告的正文应包括下列内容：

- 1 编制依据；
- 2 工程概况；
- 3 评估流程与评估方法；

- 4 评估内容；
- 5 评估结论及应对措施。

**8.0.6 评估报告的附件应包括下列内容：**

- 1 风险评估等级专家调查结果；
- 2 专家评审会意见；
- 3 隧道风险等级纵向分布图（如有）。

**8.0.7 编制依据应包括下列内容：**

- 1 国家和行业相关标准；
- 2 工程基础性资料；
- 3 国内外已有的科研成果；
- 4 上阶段的审查意见与评估结果（如有）；
- 5 国家安全管理的要求。

**8.0.8 安全风险评估应包括下列内容：**

- 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 各风险事件发生概率和风险损失的汇总；
- 4 风险等级的确定。

**8.0.9 安全风险评估结论及应对措施应包括下列内容：**

- 1 结论；
- 2 项目中Ⅲ级、Ⅳ级风险事件及总体风险评价；
- 3 应对措施与建议，以及对下一阶段安全风险评估要求。

## 附录 A 风险源普查表

表 A-1 桥梁工程风险源普查表

分类	风险源	风险源因素
Q1 建设条件 风险源	Q1.1 地形、地貌	Q1.1.1 地形 (平原、高原、丘陵、盆地、山地等)
		Q1.1.2 地貌 (构造、侵蚀、堆积、沙漠、戈壁、岩溶、丹霞、坡地等)
	Q1.2 气象	Q1.2.1 风 (台风、飓风、龙卷风、飑线、峡谷风等)
		Q1.2.2 降雨 (水)
		Q1.2.3 雪
		Q1.2.4 雾
		Q1.2.5 雷电
	Q1.3 工程地质、水文地质	Q1.2.6 霜冻、冰冻、冰雹
		Q1.2.7 温度
		.....
		Q1.3.1 地层分布与特征
		Q1.3.2 构造带 (断裂、断层)
		Q1.3.3 地下水、地层渗透特性
		Q1.3.4 岩溶
		Q1.3.5 泥石流、滚石
		Q1.3.6 液化地层
		Q1.3.7 煤层及矿藏采空区
		Q1.3.8 滑坡
		Q1.3.9 冻土
		Q1.3.10 软土
		Q1.3.11 膨胀土
		Q1.3.12 盐渍土
		Q1.3.13 黄土
		.....

表 A-1 (续)

分类	风险源	风险源因素
Q1 建设条件 风险源	Q1. 4 水文	Q1. 4. 1 洪水 (高水位、冲刷、漂浮物等)
		Q1. 4. 2 内涝
		Q1. 4. 3 波浪、波流
		Q1. 4. 4 风暴潮
		Q1. 4. 5 冰凌
		Q1. 4. 6 海啸
	Q1. 5 通航	.....
		Q1. 5. 1 船舶撞击
		.....
Q1 建设条件 风险源	Q1. 6 地震	Q1. 6. 1 地震作用
		Q1. 6. 2 砂土液化
		Q1. 6. 3 大地开裂、沉陷
		.....
	Q1. 7 周边建(构)筑物	Q1. 7. 1 管线、管道、管廊
		Q1. 7. 2 公路、轨道交通
		Q1. 7. 3 建筑物
		Q1. 7. 4 构筑物 (电塔、水塔、堤等)
		Q1. 7. 5 军用、民防设施
		Q1. 7. 6 古墓
Q2 设计方案 风险源	Q1. 8 腐蚀条件	.....
		.....
	Q1. 9 改扩建项目的既有 结构物状况	.....
		.....
		.....
		.....
		.....
		.....
Q2 设计方案 风险源	Q2. 1 设计理论与方法	.....
		.....
		.....
		.....
		.....
		.....
		.....
	Q2. 2 桥型方案	.....
		.....
		.....
		.....
Q2 设计方案 风险源	Q2. 3 结构约束体系	.....
		.....

表 A-1 (续)

分类	风险源	风险源因素
Q2 设计方案 风险源	Q2.4 基础结构方案	Q2.4.1 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 预制设置基础
		.....
	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 重力式锚碇锚体
		Q2.5.5 隧道式锚碇
		Q2.5.6 岩锚
		Q2.5.7 混凝土桥塔
		Q2.5.8 钢桥塔
		Q2.5.9 组合结构桥塔
		.....
	Q2.6 上部结构方案	Q2.6.1 主梁
		Q2.6.2 拱肋、拱上结构、系杆
		Q2.6.3 缆索系统 (主缆、斜拉索、吊索、鞍座等)
		Q2.6.4 桥面结构
		.....
	Q2.7 附属工程方案	Q2.7.1 桥面铺装
		Q2.7.2 桥面护栏
		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
		Q2.7.7 交安、机电设施
		.....
	Q2.8 创新成果应用	Q2.8.1 新材料
		Q2.8.2 新技术
		.....
		.....

表 A-1 (续)

分类	风险源	风险源因素
Q3 施工因素 风险源	Q3.1 基础施工方案	Q3.1.1 扩大基础施工
		Q3.1.2 箱型基础施工
		Q3.1.3 桩基础施工
		Q3.1.4 管柱基础施工
		Q3.1.5 沉井基础施工
		Q3.1.6 地下连续墙基础施工
		Q3.1.7 预制设置基础施工
		.....
	Q3.2 下部结构施工方案	Q3.2.1 柱式墩施工
		Q3.2.2 墙式墩施工
		Q3.2.3 双薄壁墩施工
		Q3.2.4 重力式锚碇锚体施工
		Q3.2.5 隧道式锚碇施工
		Q3.2.6 岩锚施工
		Q3.2.7 混凝土桥塔施工
Q3.2.8 钢桥塔施工		
Q3.2.9 组合结构桥塔施工		
Q3.3 上部结构施工方案	.....	
	Q3.3.1 主梁施工 (满堂支架现浇、排架支架现浇、移动模架现浇、节段悬臂现浇、预制节段拼装、整孔预制吊装、顶推法等)	
	Q3.3.2 拱肋、拱上结构、系杆施工	
	Q3.3.3 缆索系统施工	
	Q3.3.4 桥面结构施工	
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		
.....		

表 A-1 (续)

分类	风险源	风险源因素
Q4 运营因素 风险源	Q4. 1 通行车辆	Q4. 1. 1 车辆超限、超载
	Q4. 2 人为因素	Q4. 2. 1 车辆、飞行物撞击
	Q4. 3 交通事故	.....
	Q4. 4 坠物	.....
	Q4. 5 火灾	Q4. 5. 1 车辆火灾
		Q4. 5. 2 燃气火灾
		Q4. 5. 3 电缆火灾
		.....
	Q4. 6 爆炸	.....
	Q4. 7 危化品泄漏	.....
	Q4. 8 附属工程损坏	Q4. 8. 1 桥面铺装损坏
		Q4. 8. 2 桥面护栏损坏
		Q4. 8. 3 伸缩装置损坏
		Q4. 8. 4 支座损坏
		Q4. 8. 5 阻尼装置损坏
		Q4. 8. 6 排水系统损坏
		Q4. 8. 7 交安、机电设施故障或失效
		.....

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、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
		.....

表 A-2 (续)

分类	风险源	风险源因素
S1 建设条件风险源	S1.3 不良地质 S1.4 特殊岩土 S1.5 周边环境 S1.6 气象 S1.7 地震	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
		.....
		S1.4.1 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
		.....
		S1.5.1 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、民防设施等)
		S1.5.6 生态、环保要求
		.....
		S1.6.1 雨雪、暴风等
		.....
		S1.7.1 地震参数
		.....
		.....

表 A-2 (续)

分类	风险源	风险源因素
S2 设计方案风险源	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 断面大小
		S2.2.2 埋深
		S2.2.3 长度
		.....
S3 施工因素风险源	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
		S2.4.2 计算参数
		.....
S4 运营因素风险源	S2.5 新技术、新材料	.....
	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
		.....
		.....
	S4.1 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 1. 1			
		风险源因素 1. 2			
		.....			
		风险源因素 1. m			
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. 有针对性地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本指南附录 A 表中的编号保持一致。

## 附录 C 风险事件普查表

表 C-1 桥梁工程风险事件普查表

风险事件 (QSI——桥梁风险事件)							
风险源	QSI1 地基 变形超限、 破坏	QSI2 基坑 工程破坏	QSI3 基础 变形超限、 破坏	QSI4 结构 整体倒塌	QSI5 结构 失稳	QSI6 结构 局部破坏	QSI7 结构 腐蚀破坏、 性能退化 .....
Q1 建设 条件 风险 源	Q1.1 地形、 地貌	Q1.1.1 地形 (平原、高原、丘陵、盆地、山 地等)	★	★	☆	☆	
		Q1.1.2 地貌 (构造、侵蚀、堆积、沙漠、戈 壁、岩溶、丹霞、坡地等)	★	★	☆	☆	
		Q1.2.1 风 (台风、飓风、龙卷风、飑线、峡 谷风等)		☆	★	★	★
		Q1.2.2 降雨 (水)	★	★	☆	☆	☆
		Q1.2.3 雪	★	☆	☆	☆	☆
		Q1.2.4 雾					
		Q1.2.5 雷电				☆	☆
		Q1.2.6 霜冻、冰冻、冰雹	★	☆	☆	☆	☆
		Q1.2.7 温度		☆	☆	☆	☆
		.....					

表 C-1(续)

风险源		风险事件(QSJ——桥梁风险事件)						
		Q SJ1 地基变形超限、破坏	Q SJ2 基坑工程破坏	Q SJ3 基础变形超限、破坏	Q SJ4 结构整体倒塌	Q SJ5 结构失稳	Q SJ6 结构局部破坏	Q SJ7 结构腐蚀破坏、性能退化
Q1.3 工程地质、水文地质	Q1.3.1 地层分布与特征	★	★	★	☆	☆	☆	.....
	Q1.3.2 构造带(断裂、断层)	★	★	★	★	☆	☆	
	Q1.3.3 地下水、地层渗透特性	★	★	★	☆	☆	☆	☆
	Q1.3.4 岩溶	★	★	★	★	☆	☆	
	Q1.3.5 泥石流、滚石	★	★	★	★	★	★	
	Q1.3.6 液化地层	★	★	★	★	★	★	
	Q1.3.7 煤层及矿藏采空区	★	★	★	★	☆	☆	
	Q1.3.8 滑坡	★	★	★	★	☆	☆	
	Q1.3.9 冻土	★	★	★	★	☆	☆	
	Q1.3.10 软土	★	★	★	★	☆	☆	
	Q1.3.11 膨胀土	★	★	★	★	★	★	
	Q1.3.12 盐渍土	★	★	★	★	★	★	
	Q1.3.13 黄土	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
Q1 建设条件风险源	.....							
	Q1.4.1 洪水(高水位、冲刷、漂浮物等)	★	★	★	★	☆	★	★
	Q1.4.2 内涝	★	★	★	★	☆		
	Q1.4.3 波浪、波流	★	☆	★	★	☆	☆	☆
	Q1.4.4 风暴潮	★	☆	★	★	☆	☆	☆
	Q1.4.5 冰凌	☆	★	★	★	☆	★	
Q1.4 水文	Q1.4.6 海啸	★	★	★	★	★	★	
	.....							

表 C-1(续)

风险源		风险事件 (QSJ——桥梁风险事件)					
		QSJ1 地基 变形超限、 破坏	QSJ2 基坑 工程破坏	QSJ3 基础 变形超限、 破坏	QSJ4 结构 整体倒塌	QSJ5 结构 失稳	QSJ6 结构 局部破坏
Q1.5 通航	Q1.5.1 船舶撞击 .....			★	★	☆	★
Q1.6 地震	Q1.6.1 地震作用 Q1.6.2 砂土液化 Q1.6.3 大地开裂、沉陷 .....	★	★	★	★	★	★
Q1.7 周边 建(构) 筑物	Q1.7.1 管线、管道、管廊 Q1.7.2 公路、轨道交通 Q1.7.3 建筑物 Q1.7.4 构筑物(电塔、水塔、堤等) Q1.7.5 军用、民防设施 Q1.7.6 古墓 .....	★	★	★	★	☆	☆
Q1 建设 条件 风险 源	Q1.8 腐蚀 条件 .....					☆	★
	Q1.9 改扩建 项目的 既有结构 物状况 .....				☆	★	★

表 C-1(续)

风险源		风险事件 (Q SJ——桥梁风险事件)						
		Q SJ1 地基变形超限、破坏	Q SJ2 基坑工程破坏	Q SJ3 基础变形超限、破坏	Q SJ4 结构整体倒塌	Q SJ5 结构失稳	Q SJ6 结构局部破坏	Q SJ7 结构腐蚀破坏、性能退化
Q2. 1 设计理论与方法	.....	★	★	★	★	☆	★	★
	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. 3 结构约束体系	.....		☆	★	★	★	★
	Q2. 4. 1 扩大基础	☆	☆	★	★	★	☆	☆
	Q2. 4. 2 箱型基础	☆	☆	★	★	★	☆	☆
Q2. 4 基础结构方案	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 预制设置基础	☆	☆	★	★	★		
	.....							
	Q2. 5. 1 柱式墩			★	★	★	☆	☆
Q2. 5 下部结构方案	Q2. 5. 2 墙式墩				★	★	☆	☆
	Q2. 5. 3 双薄壁墩				★	★	☆	☆
	Q2. 5. 4 重力式锚碇锚体				★	★	★	

表 C-1(续)

风险源		风险事件 (Q SJ——桥梁风险事件)						
		Q SJ1 地基变形超限、破坏	Q SJ2 基坑工程破坏	Q SJ3 基础变形超限、破坏	Q SJ4 结构整体倒塌	Q SJ5 结构失稳	Q SJ6 结构局部破坏	Q SJ7 结构腐蚀破坏、性能退化
Q2.5 下部 结构方案	Q2.5.5 隧道式锚碇	★	☆	★	★	★	★	.....
	Q2.5.6 岩锚	★	☆	★	★	★	★	
	Q2.5.7 混凝土桥塔	☆	☆	★	★	★	☆	
	Q2.5.8 钢桥塔	☆	☆	★	★	★	☆	
	Q2.5.9 组合结构桥塔	☆	☆	★	★	★	☆	
	.....							
Q2.6 上部 结构方案	Q2.6.1 主梁	☆	☆	★	★	★	★	
	Q2.6.2 拼助、拱上结构、系杆	☆	☆	★	★	★	★	
	Q2.6.3 缆索系统 (主缆、斜拉索、吊索、鞍座等)				★	★	★	
	Q2.6.4 桥面结构				★	★	★	
	.....							
	Q2.7 附属 工程方案							
		Q2.7.1 桥面铺装				☆	☆	
		Q2.7.2 桥面护栏				☆	☆	
		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				☆	☆	
		Q2.7.7 交安、机电设施				☆	☆	
		.....						

表 C-1 (续)

风险源		风险事件(QSJ——桥梁风险事件)					
Q2	Q2.8 创新成果应用	Q2.8.1 新材料 Q2.8.2 新技术 .....	Q3.1 地基变形超限、破坏 Q3.2 基坑工程破坏 .....	Q3.1.1 扩大基础施工 Q3.1.2 箱型基础施工 Q3.1.3 桩基础施工 Q3.1.4 管柱基础施工 Q3.1.5 沉井基础施工 Q3.1.6 地下连续墙基础施工 Q3.1.7 预制设置基础施工 .....	Q3.2.1 柱式墩施工 Q3.2.2 墙式墩施工 Q3.2.3 双薄壁墩施工 Q3.2.4 重力式锚碇墙体施工 Q3.2.5 隧道式锚碇施工 Q3.2.6 岩锚施工 Q3.2.7 混凝土桥塔施工 Q3.2.8 钢桥塔施工 Q3.2.9 组合结构桥塔施工 .....	Q3.3 地下室施工 Q3.4 梁板施工 Q3.5 支护施工 Q3.6 施工荷载 .....	Q3.7 施工环境 .....
Q2	Q2.8 创新成果应用	Q2.8.1 新材料 Q2.8.2 新技术 .....	Q3.1 地基变形超限、破坏 Q3.2 基坑工程破坏 .....	Q3.1.1 扩大基础施工 Q3.1.2 箱型基础施工 Q3.1.3 桩基础施工 Q3.1.4 管柱基础施工 Q3.1.5 沉井基础施工 Q3.1.6 地下连续墙基础施工 Q3.1.7 预制设置基础施工 .....	Q3.2.1 柱式墩施工 Q3.2.2 墙式墩施工 Q3.2.3 双薄壁墩施工 Q3.2.4 重力式锚碇墙体施工 Q3.2.5 隧道式锚碇施工 Q3.2.6 岩锚施工 Q3.2.7 混凝土桥塔施工 Q3.2.8 钢桥塔施工 Q3.2.9 组合结构桥塔施工 .....	Q3.3 地下室施工 Q3.4 梁板施工 Q3.5 支护施工 Q3.6 施工荷载 .....	Q3.7 施工环境 .....
Q3	Q3.1 基础施工方案	Q3.1.1 扩大基础施工 Q3.1.2 箱型基础施工 Q3.1.3 桩基础施工 Q3.1.4 管柱基础施工 Q3.1.5 沉井基础施工 Q3.1.6 地下连续墙基础施工 Q3.1.7 预制设置基础施工 .....	Q3.2 施工因素 风险源	Q3.3 地下室施工 Q3.4 梁板施工 Q3.5 支护施工 Q3.6 施工荷载 .....	Q3.7 施工环境 .....	Q3.8 施工环境 .....	Q3.9 施工环境 .....
Q4	Q4.1 施工方案	Q4.1.1 地基变形超限、破坏 Q4.1.2 基坑工程破坏 .....	Q4.2 施工因素 风险源	Q4.3 地下室施工 Q4.4 梁板施工 Q4.5 支护施工 Q4.6 施工荷载 .....	Q4.7 施工环境 .....	Q4.8 施工环境 .....	Q4.9 施工环境 .....

表 C-1(续)

风险源		风险事件 (Q SJ——桥梁风险事件)						
		Q SJ1 地基变形超限、破坏	Q SJ2 基坑工程破坏	Q SJ3 基础变形超限、破坏	Q SJ4 结构整体倒塌	Q SJ5 结构失稳	Q SJ6 结构局部破坏	Q SJ7 结构腐蚀破坏、性能退化
Q3 施工因素风险源	Q3.3 上部结构施工方案	☆	☆	☆	★	★	★	.....
	Q3.3.1 主梁施工(满堂支架现浇、排架现浇、移动模架现浇、节段悬臂现浇、预制节段拼装、整孔预制吊装、顶推法等)	☆	☆	☆	★	★	★	.....
	Q3.3.2 拱肋、拱上结构、系杆施工	☆	☆	☆	★	★	★	.....
	Q3.3.3 缆索系统施工	☆	☆	☆	★	★	★	.....
	Q3.3.4 桥面结构施工	☆	☆	☆	★	★	★	.....
	.....	☆	☆	☆	☆	☆	☆	.....
	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	☆	☆	☆	☆	☆	☆	.....
Q4 运营风险源	Q4.1 通行车辆	Q4.1.1 车辆超限、超载	☆	★	★	★	★	.....
	Q4.2 人为因素	Q4.2.1 车辆、飞行物撞击	☆	★	★	★	★	.....
	Q4.3 交通事故	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	Q4.4 坠物	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

表 C-1(续)

		风险事件(QS1——桥梁风险事件)						
		QS1 地基 变形超限、 破坏	QS12 基坑 工程破坏	QS3 基础 变形超限、 破坏	QS4 结构 整体倒塌	QS5 结构 失稳	QS6 结构 局部破坏	QS7 结构 腐蚀破坏、 性能退化
Q4.5 火灾		Q4.5.1 车辆火灾		★	★	★	★	★
Q4.5.2 燃气火灾				★	★	★	★	★
Q4.5.3 电缆火灾				★	★	★	★	★
.....								
Q4.6 爆炸		.....		☆	★	★	★	★
Q4.7 危化 品泄漏		.....						★
Q4 运营 因素 风险源		Q4.8.1 桥面铺装损坏					☆	☆
Q4.8.2 桥面护栏损坏							☆	
Q4.8.3 伸缩装置损坏							☆	
Q4.8.4 支座损坏					☆	★		
Q4.8.5 阻尼装置损坏					☆	★		
Q4.8.6 排水系统损坏							☆	
Q4.8.7 交安、机电设施故障或失效							☆	
.....								
.....								

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 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 奔泥(水、石)	SSJ5 大变形	SSJ6 岩爆	SSJ7 结构开裂、渗漏等
SZ1.1 地形、地貌	SZ1.1.1 地表植被水系	☆	☆					
	SZ1.1.2 地形	★	★					
	.....							
	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 建设条件风险源	.....							
	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 不良地质	SZ1.3.6 挤压性地层					★	★	
	.....							

表 C-2(续)

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 泥(水、石)大变形	SSJ5 岩爆	SSJ7 结构开裂、渗漏等
SZ1 建设条件风险源	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 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	★	★	★	★	★	★
	SZ2.2.1 断面大小	☆	☆	☆	☆	☆	☆
SZ2 隧道特征	SZ2.2.2 埋深		☆		★	★	★
	SZ2.2.3 长度		☆		☆	☆	☆
	SZ2.3.1 类型				☆		
	SZ2.3.2 断面大小				☆		
SZ2 辅助通道	SZ2.3.3 埋深				☆	★	
	SZ2.3.4 位置				☆		

表 C-2(续)

		风险事件(SSJ—隧道风险事件)								
风险源		SSJ1 洞口失稳	SSJ2 塌方	SSJ3 有害气体中毒或爆炸	SSJ4 奔泥(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 设计方案风险源	SZ2. 4 设计理论	SZ2. 4. 1 设计方法						★		
	SZ2. 4	SZ2. 4. 2 计算参数						★		
	SZ2. 5 新技术、新材料	.....						★		
	.....	.....								
SZ3 施工方案	SZ3. 1 新技术、新材料、新装备、新工艺	SZ3. 1. 1 施工工法	★	★	★	★	★	★	★	
	SZ3. 1	SZ3. 1. 2 施工工艺	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
	SZ3. 1	SZ3. 1. 3 施工参数	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
	SZ3. 1	SZ3. 1. 4 施工辅助措施	★	★	★	★	★	★	★	
SZ3 施工因素风险源	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	★						★	
	.....	.....								

表 C-2(续)

风险源		风险事件( SSJ——隧道风险事件)							
		SSJ1 洞口失稳	SSJ2 窒息	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
S24 运营因素 风险源	S24.1 车辆撞击	.....						★	
	S24.2 洞内坠物	.....						★	
	S24.3 火灾	.....						★	
	S24.4 爆炸	.....						★	
	S24.5 危化品泄漏	.....						☆	

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 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 肩尾密封失效	SSJ5 开挖面失稳	SSJ6 地表变形过大	SSJ7 塌方	SSJ8 大变形
S21 建设 条件 风险源	S21.1 地表植被、水系				★	★	★	★	★
	S21.1.2 洞口地形								
	S21.1.3 河床、海床变迁				★	★	★	★	☆
	.....								☆

表 C-3(续)

		风险事件(SSJ—隧道风险事件)											
风险源	风险源	SSJ1 设备故障	SSJ2 卡机	SSJ3 管片浮	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
		SJ1.2.1 岩性及风化程度	SJ1.2.2 构造(单斜、向斜、断层)	SJ1.2.3 复合地层	SJ1.2.4 基岩凸起	SJ1.2.5 地下水	SJ1.2.6	SJ1.3.1 顺层	SJ1.3.2 岩溶	SJ1.3.3 煤层及矿藏采空区	SJ1.3.4 挤压性地层	SJ1.3.5 孤石	SJ1.3.6 高地应力
SJ1 建设条件风险源	SJ1.2 工程地质、水文地质	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
SJ1.3 不良地质	SJ1.3.1 顺层	☆						★	★	★	★	★	★
	SJ1.3.2 岩溶	★						★	★	★	★	★	★
	SJ1.3.3 煤层及矿藏采空区	★					☆				★	★	★
	SJ1.3.4 挤压性地层	★					★				★	★	★
	SJ1.3.5 孤石	★					★				★	★	★
	SJ1.3.6 高地应力										★	★	★
	SJ1.3.7												

表 C-3(续)

风险事件(SSJ——隧道风险事件)												
风险源	SSJ1 设备故障	SSJ2 卡机	SSJ3 管片浮	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
											.....	
SJ1.4 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	SJ1.5.1 地震参数				★	★	★	★			★	
	SJ1.6.1 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 河床、海床冲淤					★	★	★	★	★	★	
SJ1 建设 条件 风险源	SJ1.6.6 地下障 碍物	★	★			★	★	★	★			
	.....											
SJ1 周边环境												

表 C-3(续)

风险事件(SSJ——隧道风险事件)												
风险源 SJ2.1 设计 方案 风险源	SSJ1 设备 故障	SJ2 卡机	SS3 管片 上浮	SJ4 盾尾 密封 失效	SJ5 开挖面 失稳	SJ6 地表 变形 过大	SJ7 塌方	SJ8 大变形	SJ9 突涌水 (泥、沙)	SJ10 岩爆	SJ11 有害 气体 中毒或 爆炸	SJ12 结构 开裂、 渗漏、 失稳
	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 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 .....			★								

表 C-3(续)

		风险事件(SJ——隧道风险事件)										
风险源	SJ1 设备故障	SJ2 卡机	SJ3 管片浮上浮	SJ4 盾尾密封失效	SJ5 开挖面失稳	SJ6 地表变形过大	SJ7 塌方	SJ8 大变形	SJ9 突涌水(泥、砂)	SJ10 岩爆	SJ11 有害气体中毒或爆炸	SJ12 结构开裂、渗漏、失稳
SJ2 隧道特征	SJ2. 2. 1 断面大小	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	SJ2. 2. 2 长度	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	SJ2. 2. 3 埋深	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	SJ2. 2. 4 半径	★	☆	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	SJ2. 2. 5 纵坡	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
SJ2 设计方案风险源	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	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 施工因素风险源	SJ3. 1 施工工法	.....	★	★	★	★	★	★	★	★	★
SJ3 施工因素风险源	SJ3. 2 施工工艺	.....	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	SJ3. 3 施工参数	.....	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	SJ3. 4 辅助施工措施	.....	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	SJ3. 5 新工艺	.....	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★

表 C-3(续)

		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	
SJ4 运营 因素 风险源	SJ4. 1 车辆撞击	.....																			★				
	SJ4. 2 洞内坠物	.....																			★				
	SJ4. 3 火灾	.....																			★				
	SJ4. 4 爆炸	.....																			★				
	SJ4. 5 危化品泄漏	.....																			☆				

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:TBM 和盾构机选型、刀盘设计及刀具配置、设备对地层适应性、设备设计和制造、设备运输组装、设备机械故障等。

表 C-4 沉管法隧道风险事件普查表

		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		SSJ7 管节开裂、渗漏、失稳	
SC1 建设 条件 风险源	SC1. 1 地形、地貌	SC1. 1. 1 水底地形及演变		★		★		★		★		★		★	
	SC1. 1. 2 水下障碍物	★		☆		☆		☆		☆		☆		☆	

表 C-4(续)

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
SC1.2 工程地质、水文地质	SC1.2.1 岩生及风化程度	★	☆	☆	☆	☆	☆
	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 建设条件风险源	SC1.4.1 软土	★	☆	☆	☆	☆	☆
	SC1.4.2 膨胀土	★	★	☆	☆	☆	☆
	SC1.4.3 砂土	★	★	☆	☆	☆	☆
	.....						
	SC1.5.1 建(构)筑物、管线			★	★	★	
SC1.5 周边环境	SC1.5.2 生态环保要求	☆	★				
	SC1.5.3 下穿水域	☆	★				
	.....						

表 C-4(续)

风险源		风险事件(S SJ——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
SC1 建设 条件 风险源	SC1. 6 气象	☆	☆	★	★	★
	SC1. 6. 1 降雨/雪、结冰、风等	.....	.....	.....	.....	.....
	SC1. 7 地震	★	★	★	★	★
	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 设计 方案 风险源	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	★	★	☆	☆	★
	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....	.....

表 C-4(续)

风险源		风险事件(SJ——隧道风险事件)					
		SJ1 地基基础破坏	SJ2 管节浮运	SJ3 管节结构变形过大	SJ4 管节结构开裂	SJ5 剪力键损坏	SJ6 管节止水带失效
SC2 设计 方案 风险源	SC2. 3 临时工程	SJ2. 3. 1 施工场地与规模	★	★	★	★	★
	SC2. 3. 2 管节预制	★	★	★	★	★	★
	SC2. 3. 3 基槽与清淤	★	★	☆	☆	☆	☆
	.....						
	SC2. 4. 1 设计方法	★	★	★	★	★	★
	SC2. 4. 2 计算参数	★	★	★	★	★	★
	.....						
	.....						
	SC3. 1. 1 管节预制	★	★	★	★	★	★
	SC3. 1. 2 管节浮运、沉放与安装	★	★	★	★	☆	☆
SC3 施工 因素 风险源	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	★	★	★	★	★	★
	.....						

表 C-4(续)

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
SC4 运营 因素 风险源	SC4. 1 车辆撞击	.....	.....	★	★	.....	.....
	SC4. 2 洞内坠物	.....	.....	★	★	.....	.....
	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-5 明挖法隧道(含填筑明挖法)风险事件检查表

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 重堰突涌水(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 风险源	SM1. 1. 1 地表植被、水系	.....	.....	.....	★	.....	★	★	★
	SM1. 1. 2 地形	.....	.....	.....	★	.....	★	★	★
	SM1. 1. 3 河床、海床变迁	.....	.....	.....	.....	.....	.....	☆	☆
	SM1. 1. 4 台风、暴雨	★	★	★	★	★	★	★	☆
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

表 C-5(续)

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	.....
工程地质、水文地质	SM1.2 程度	SM1.2.1 岩土及风化			★	☆	★	★		
	SM1.2.2 岩溶				★		☆	★		
	SM1.2.3 地下水				★	★	★	★	★	
	.....									
	SM1.3.1 膨胀岩(土)				★	★	★	★		
	SM1.3.2 冻土				☆	☆	☆	☆		
	SM1.3.3 软土				★	★	★	★	★	
SM1 特殊岩土	SM1.3.4 砂土				★	★	★	★	★	
	.....									
	SM1.4 地震	SM1.4.1 地震参数							★	
	SM1.5.1 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 建设 条件	SM1.5.5 河床、海床冲淤				★	★			★	
	SM1.5.6 地下障碍物					★				
	SM1.5.7 船舶撞击		★	★					☆	
	.....									

表 C-5(续)

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	.....
设计理论	SM2. 1 设计方法								★	
	SM2. 1. 2 计算参数								★	
	.....									
	SM2. 2. 1 结构参数								★	
	SM2. 2. 2 地基处理								★	
	SM2. 2. 3 抗浮设计								★	
	SM2. 3. 1 降水设计					★	★	★	★	
	SM2. 3. 2 基坑支护				★	★	★	★	★	
	SM2. 3. 3 围堰设计	★			★	★	★	★	★	
	SM2. 3. 4 监控量测设计	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
设计 方案 风险源	.....									
	SM2. 4. 1 断面大小	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
	SM2. 4. 2 长度									
	SM2. 4. 3 埋深	★	★	★	★	★	★	★	★	
	.....									
	SM2. 5 联络通道								☆	
新技术、新材料	SM2. 6 新技术、新材料	.....							★	

表 C-5(续)

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
SM3 施工 因素 风险源	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 施工辅助措施	.....		★	★	★	★	★	★
	SM3. 6 新工艺	.....		★	★	★	★	★	★
SM4 运营 因素 风险源	SM4. 1 车辆撞击	.....						★	
	SM4. 2 洞内坠物	.....						★	
	SM4. 3 火灾	.....						★	
	SM4. 4 爆炸	.....						★	
	SM4. 5 危化品泄漏	.....						☆	
		.....							

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 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：风险源及风险事件的编号应与本指南附录 A、附录 C 表中的编号保持一致。

## 附录 E 评估报告格式

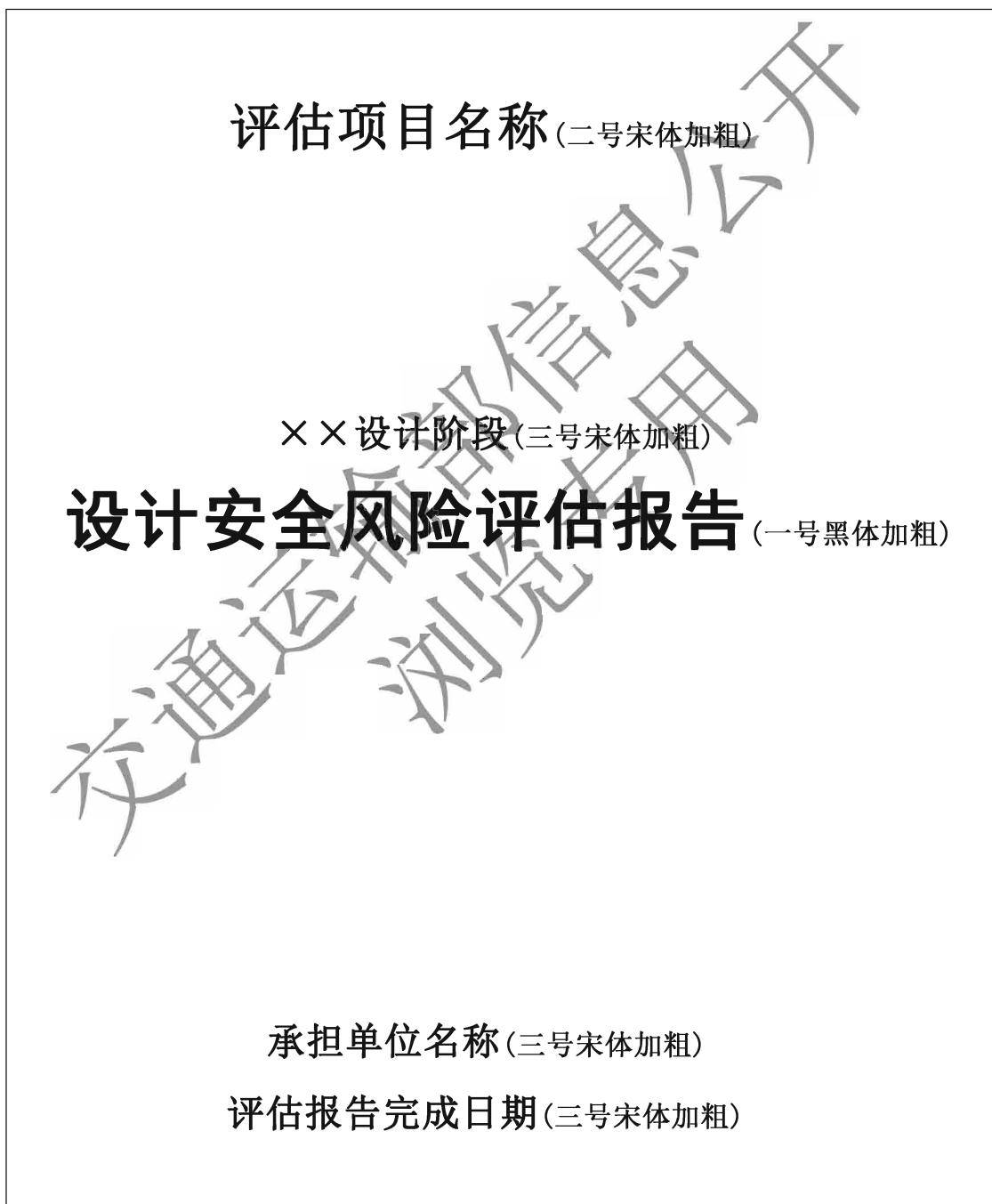


图 E-1 安全风险评估报告封面式样

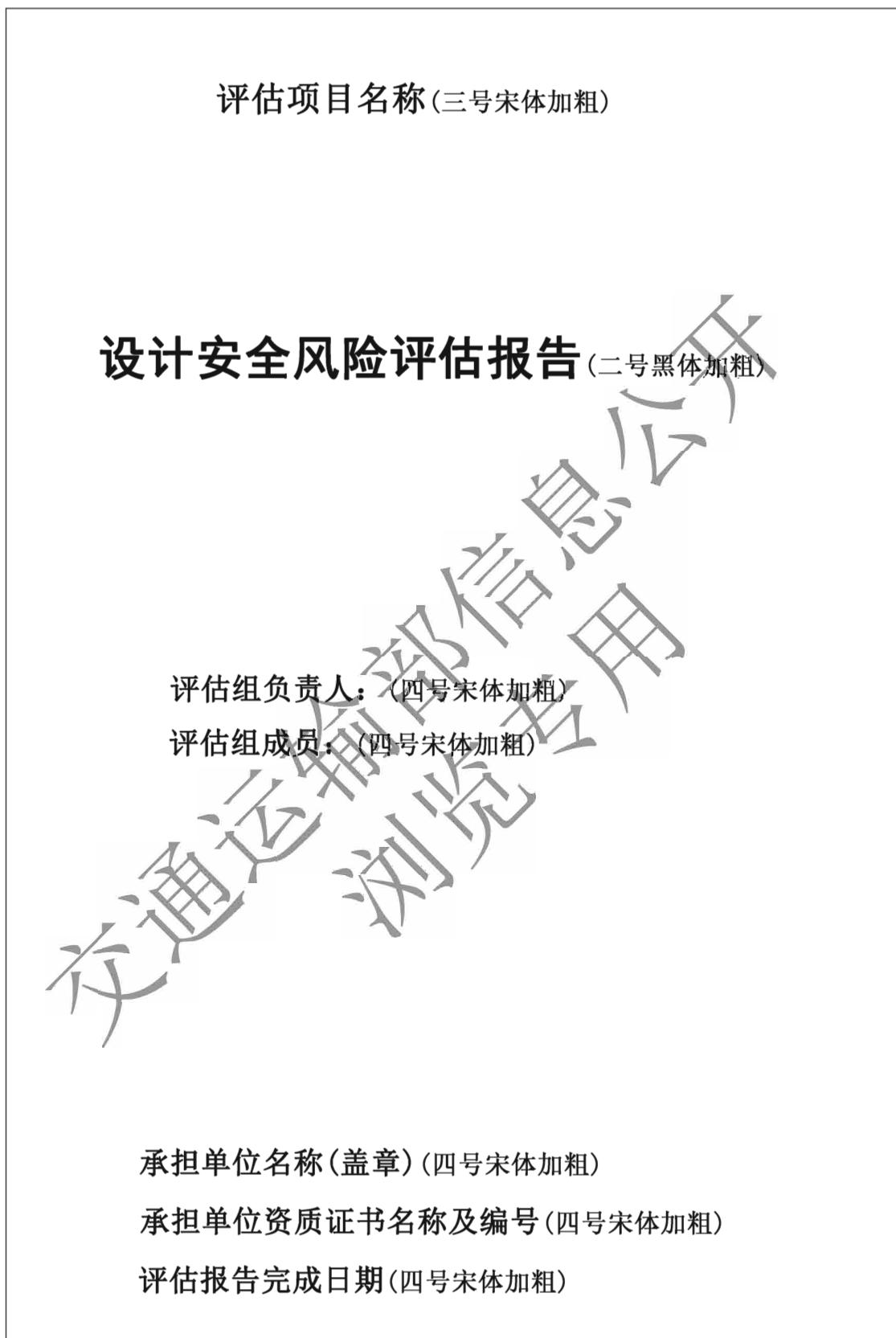


图 E-2 安全风险评估报告著录页式样

## 本指南用词用语说明

### 1 本指南执行严格程度的用词，采用下列写法：

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

### 2 引用标准的用语采用下列写法：

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