

ICS 号  
中国标准文献分类号

# 团 体 标 准

T/CHTS XXXXX-XXXX  
代替的团体标准编号

## 公路盾构隧道施工安全风险 评估指南

Guide for Construction Safety Risk Assessment of Highway

Shield Tunnel

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国公路学会 发布

团体标准

公路盾构隧道施工安全风险评估指南

Guide for Construction Safety Risk Assessment of Highway

Shield Tunnel

T/CHTS XXXXX-20XX

主编单位：中国路桥工程有限责任公司

发布单位：中国公路学会

实施日期：××××年××月××日

×××××× (出版单位)

# 中国公路学会关于发布《公路盾构隧道施工 安全风险评估指南》的

## 公 告

×××× (文号)

现发布中国公路学会标准《公路盾构隧道施工安全风险  
评估指南》(T/CHTS ×××××-×××××)，自×  
×××年××月××日起实施。

《×××××××××》(T/CHTS ×××××-××  
××)的版权和解释权归中国公路学会所有，并委托主编  
单位××××××负责日常解释和管理工作。

中国公路学会

××××年××月××日

# 前 言

本指南在现有公路安全风险评估指南的基础上，结合近几年公路盾构隧道的建设实践，参考了国内外的相关标准，吸收了钻爆法隧道风险评估及国内外相关风险评估方法的基础上编制而成。

本指南结合公路盾构法隧道特点，本着便于操作，动态结合的原则，按照《中国公路学会标准编写规则》（T/CHTS 10001）编写，共分为7章，主要内容包括总则、术语、基本规定、总体风险评估、专项风险评估、风险控制措施、风险评估报告等。

本指南由中国路桥工程有限责任公司提出，并受中国公路学会委托，负责具体解释工作。

请有关单位将实施中发现的问题与建议，反馈至中国路桥工程有限责任公司（地址：北京市东城区安定门外大街丙88号中路大厦，联系方式：01087927232），供修订时参考。

**主编单位：**中国路桥工程有限责任公司

**参编单位：**交通运输部公路科学研究院

中交天和机械设备制造有限公司

中交第二航务工程局有限公司

中交第二公路勘察设计研究院有限公司

**主要起草人：**吴全立、郑甲佳、李伟、李世安、陈磊、杨辉、翟世鸿、拓勇飞、杨弘卿、刘伟

**主要审查人：**×××、×××、××

# 目 次

1 总则.....	1
2 术语与符号.....	2
3 基本规定.....	4
3.1 评估阶段划分.....	4
3.2 评估方法选择.....	4
3.3 评估实施步骤.....	4
4 总体风险评估.....	6
4.1 一般要求.....	6
4.2 主控因素判识法.....	6
4.3 指标体系法.....	7
5 专项风险评估.....	10
5.1 一般要求.....	10
5.2 风险辨识.....	11
5.3 风险分析.....	19
5.4 风险估测.....	19
5.5 一般风险源风险估测.....	19
5.6 重大风险源风险估测.....	20
5.7 施工过程专项风险评估.....	26
6 风险控制.....	39
6.1 一般要求.....	39
6.2 风险控制措施.....	40
7 风险评估报告编制.....	42
7.1 一般要求.....	42
7.2 风险评估报告编制内容.....	42
7.3 风险评估报告评审.....	43
附 录 A 重要性排序法权重系数表.....	44
附 录 B 公路盾构隧道典型重大风险源风险控制措施建议.....	45

## 1 总则

1.0.1 为指导公路盾构隧道工程施工安全风险评估工作，有效控制盾构法隧道施工安全风险，减少重特大生产安全事故的发生制定本指南。

1.0.2 本指南规定了公路盾构隧道工程施工安全风险评估的总体要求以及总体风险评估、专项风险评估、风险控制、风险评估报告等技术要求。本指南适用于以盾构法为开挖手段的新建公路隧道工程，改建和扩建公路隧道施工安全风险评估可参照使用。

1.0.3 公路盾构隧道工程施工安全风险评估除应符合本指南的规定外，尚应符合有关法律法规及国家、行业现行有关标准的规定。

中国公路学会标准征求意见稿

## 2 术语与符号

### 2.0.1 风险事件 risk event

导致工程发生人员伤亡、经济损失、工程耐久性降低以及生态环境、社会、工期影响等不利后果的事件。

### 2.0.2 风险源 risk factors

可能导致事故发生的直接因素，如：施工方案、作业活动、施工设备、危险物质、作业环境等。也可称为致险因子。

### 2.0.3 风险源辨识 risk factors identification

通过对工程施工过程进行系统分解，调查各施工工序潜在事故类型的过程。

### 2.0.4 风险分析 risk analysis

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

### 2.0.5 风险估测 risk evaluation

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

### 2.0.6 总体风险评估 general risk assessment

以整个隧道工程为评估对象，根据施工前的风险主控因素，评估隧道工程施工的总体风险，确定其风险等级，并提出控制措施建议。

### 2.0.7 专项风险评估 specific risk assessment

根据隧道工程的地质条件、作业特点以及类似工程事故情况，进行风险辨识、分析、估测，针对其中的重大风险源进行量化评估，划分风险等级，并提出风险控制措施建议。包括施工前专项风险评估和施工过程中专项风险评估。

### 2.0.8 主控因素判识法 the identification method of main controlling factors

根据影响公路盾构隧道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，评估公路盾构隧道施工安全总体风险。

### 2.0.9 指标体系法 index system method

根据影响隧道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。

#### 2.0.10 后果当量估计法 risk consequence equivalent estimation method

对人员伤亡、直接经济损失、环境影响、社会影响及工期延误等五种后果的严重程度进行量化统一，确定风险事件的严重程度。

中国公路学会标准征求意见稿



### 3 基本规定

#### 3.1 评估阶段划分

3.1.1 公路盾构隧道工程施工安全风险评估分为总体风险评估和专项风险评估两个阶段。专项风险评估结论应作为完善公路盾构隧道工程专项施工方案的依据。

3.1.2 专项风险评估包括施工前专项风险评估、施工过程专项风险评估和风险控制预期效果评价等环节,贯穿整个施工过程。专项风险评估结论应作为完善公路盾构隧道工程专项施工方案的依据。

3.1.3 当工程设计方案、施工方案、工程地质条件、水文地质条件等发生重大变化或有关法律、法规、标准提出了新要求,应重新进行风险评估。

#### 3.2 评估方法选择

3.2.1 总体风险评估应采用主控因素判识法和指标体系法。

3.2.2 专项风险评估一般风险源的风险估测宜采用 LEC 法或检查表法,重大风险源的风险估测宜采用风险矩阵法。

3.2.3 必要时宜采用两种以上方法比对验证风险评估结果,当不同评估方法的评估结果出现较大差异时,应分析导致较大差异的原因,确定合理的评估结果。

#### 3.3 评估实施步骤

3.3.1 公路盾构隧道工程施工安全风险评估可按照图3.3.1的流程执行,主要步骤包括前期准备、总体风险评估、专项风险评估和风险评估报告编制。

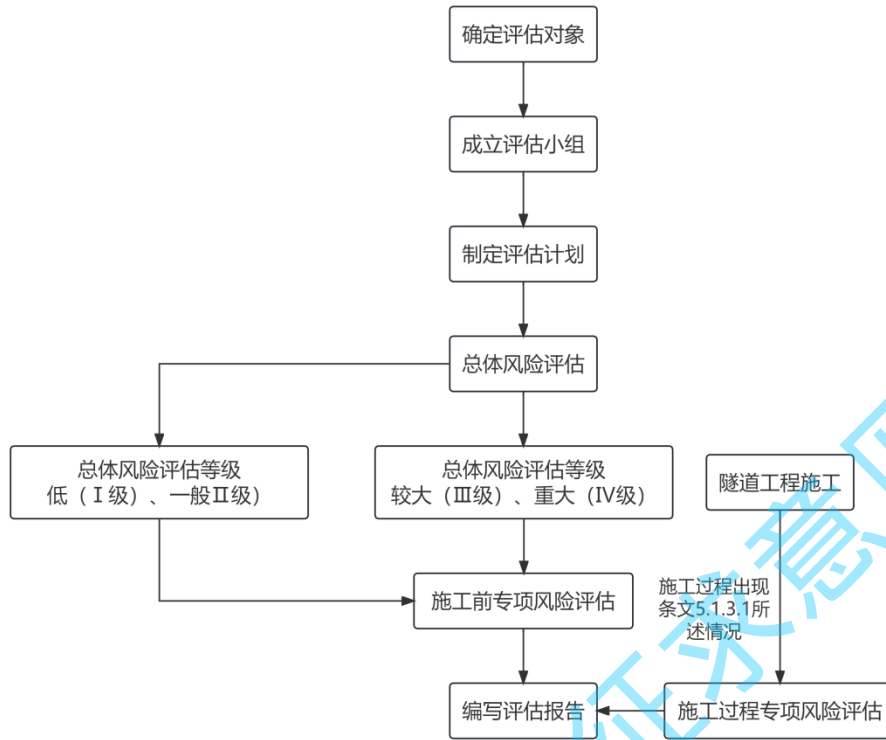


图 3.3.1 公路盾构隧道工程风险评估总体流程图

## 4 总体风险评估

### 4.1 一般要求

4.1.1 公路盾构隧道工程应在开工前开展总体风险评估。

4.1.2 开展总体风险评估依据的资料应包括：项目前期立项批复文件、环评报告、地质勘察报告、水文气象资料、初步设计批复文件、施工图设计文件、设计阶段风险评估报告、现场及周边环境调查资料、类似工程案例及相关标准、规范等。

4.1.3 应分别对公路盾构隧道单洞进行总体风险评估，取等级高者作为隧道总体风险等级。

4.1.4 公路盾构隧道工程施工安全总体风险评估的结论应明确总体风险等级、主控因素清单、评估指标体系、风险控制措施和专项风险评估对象的建议等；评估结论宜作为安全专项资金等资源配置、初步辨识重大风险源的依据。

4.1.5 进行总体风险评估时应先根据主控因素判识表快速确定总体风险等级，若通过主控因素确定隧道总体风险为重大风险（IV）、较大风险（III）时，可不开展指标体系评估；若不满足主控因素条件，应开展指标体系评估。

4.1.6 总体风险评估等级为重大风险（IV级）、较大风险（III级）的公路盾构隧道工程应开展专项风险评估。

### 4.2 主控因素判识法

4.2.1 公路盾构隧道工程应从隧道长度、掘进断面直径、附属工程、隧道主体邻近建（构）筑物、隧道穿越水体、不良地质段长度、岩溶发育程度等方面，判识影响隧道施工安全的主控因素，根据表 4.2.1 确定总体风险等级。

表 4.2.1 主控因素判识表

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）	
隧道长度	隧道长度大于或等于 6000m	√	—	隧道长度为两个工作井之间的设计长度
	隧道长度为 3000m~6000m	—	√	
掘进断面直径	掘进断面直径大于或等于 18m	√	—	
	掘进断面直径为 16m~18m	—	√	
附属工程	联络通道、始发或者到达端头位于富水砂层或建（构）筑物下无法直接加固	√	—	
	联络通道、始发或者到达端头位于富水地层或开挖线以外 1 倍覆土厚度加 0.5 倍洞径范围内存在重要建（构）筑物	—	√	

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)	
隧道主体邻近 建(构)筑物	隧道正上方或者开挖线以外 0.5 倍洞 径范围内存在密集或高敏感性建(构) 筑物,且涉及隧道长度大于或等于 600m	√	—	高敏感性建(构)筑 物包括:地下供排水 管、天然气管线、军用 通信光缆以及重点保 护的建筑物等
	开挖线以外 0.5 倍洞径~1 倍覆土厚 度加 0.5 倍洞径范围内存在密集或高敏 感性建(构)筑物,且涉及隧道长度大 于或等于 600m	—	√	
隧道穿越水体	常水位下隧道长度大于或等于 1500m, 或水压大于或等于 0.6MPa	√	—	无特殊说明时,水压 均指开挖线最低处水 压
	常水位下隧道长度为 600m~1500m, 或水压为 0.45MPa~0.6MPa	—	√	
不良地质段 长度	不良地质段长度大于或等于 600m	√	—	不良地质是指软硬不 均地层(硬岩单轴抗压 强度大于 60MPa)、富 水砂层、深厚淤泥层、 饱和粉细砂层、卵石、 漂石、孤石层、断层破 碎带等
	不良地质段长度为 400m~600m	—	√	
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	√	—	
	岩溶发育,存在宽度大于或等于 1/3 洞径的岩溶洞穴等	—	√	

4.2.2 由不同主控因素确定的隧道总体风险等级不同时,以等级高值为准。

### 4.3 指标体系法

4.3.1 公路盾构隧道总体风险评估指标体系宜包括建设规模、地质条件、环境条件、盾构机选型、资料完整性等 5 个项别,具体指标体系可根据表 4.3.1 确定。

表 4.3.1 总体风险评估指标体系评估表

项别	评估指标	分级	分值	说明
建设 规模 $A$	隧道长度 $A_1$	$1000m \leq A_1 < 3000m$	7	根据设计文件确定
		$500m \leq A_1 < 1000m$	4	
		$A_1 < 500m$	1	
	掘进断面直径 $A_2$	$14m \leq A_2 < 16m$	7	根据设计文件确定
		$9m \leq A_2 < 14m$	4	
		$A_2 < 9m$	1	

项别	评估指标	分级	分值	说明
地质条件 $B$	不良地质段长度 $B_1$	$100\text{m} \leq B_1 < 400\text{m}$	10	不良地质包括软硬不均地层（硬岩单轴抗压强度大于60MPa）、富水砂层、深厚淤泥层、饱和粉细砂层、卵石、漂石、孤石层、断层破碎带、岩溶等；两种以上不良地质叠加可适当提高指标分值，取修正系数1.1~1.5，但最大不超过15分
		$0\text{m} < B_1 < 100\text{m}$	5	
		无不良地质段	0	
	有害气体 $B_2$	隧道洞身穿越含有害气体地层	6	根据地质勘察资料、设计文件确定
		隧道洞身附近存在有害气体地层	2	
		隧道施工区域不存在有害气体地层	0	
	最大水压 $B_3$	$0.30\text{MPa} \leq B_3 < 0.45\text{MPa}$	4	最大水压指开挖线最低处水压，根据地质勘察资料、设计文件等确定
		$B_3 < 0.30\text{MPa}$	1	
	岩溶发育程度 $B_4$	岩溶发育	12	根据地质勘察资料确定
		岩溶较发育	6	
岩溶不发育		0		
环境条件 $C$	隧道主体附近建（构）筑物情况 $C_1$	开挖线以外1倍覆土厚度加0.5倍洞径范围内存在建（构）筑物，且涉及盾构长度小于600m	10	建（构）筑物敏感度极高或建筑物较多时取修正系数1.2，一般取1.0
		开挖线以外1倍覆土厚度加0.5至1倍洞径范围内存在建（构）筑物	4	
		开挖线以外1倍覆土厚度加1至2倍洞径范围以内存在建（构）筑物	1	
	联络通道、始发或接收端头工程环境情况 $C_2$	位于富水砂层	7	根据工程数量可对指标分值进行修正，修正系数1.1~2.0
		位于富水地层或周边有重要建（构）筑物	4	
		位于非富水地层	0	
	隧道穿越水体长度 $C_3$	常水位下隧道长度为300m~600m	5	施工期最大水压按0.2MPa~0.6MPa分别取修正系数1.0~2.0，指标分值最大不超过10
		常水位下隧道长度为100m~300m	3	
常水位下隧道长度小于100m		1		
主隧道范围内	明确存在的	10	障碍物为除孤石、漂石外的	

项别	评估指标	分级	分值	说明
	障碍物情况 $C_4$	可能存在的	4	人工遗留物，如桩基、沉船等， 根据地质勘察资料确定
		明确不存在的	0	
盾构机选型 $D$		适应性和可靠性一般	5	根据盾构机选型与评估结果 确定
		适应性和可靠性好	0	
资料完整性 $E$		地质、水文资料不完整，岩土计算 参数选取依据欠充分	1.20	对地形地貌、地层岩性、地 质构造、水文地质条件调查分 析清楚，岩土计算参数选取依 据充分的取小值；调查分析不 太清楚、依据欠充分的取大值
		地质、水文资料基本完整，岩土计 算参数选取依据较充分	1.10	
		地质、水文资料完整，岩土计算参 数选取依据充分	1.00	

4.3.2 公路盾构隧道施工安全总体风险分值  $R$  按公式 4.3.2 计算，式中参数取值详见表 4.3.1。

$$R = (A_1 + A_2) + E \times (B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + C_1 + C_2 + C_3 + C_4) \quad (4.3.2)$$

4.3.3 公路盾构隧道工程施工安全总体风险等级按表 4.3.3 确定。

表 4.3.3 施工安全总体风险等级

风险等级	重大风险 (IV级)	较大风险 (III级)	一般风险 (II级)	低风险 (I级)
计算分值 $R$	$R \geq 60$	$50 \leq R < 60$	$35 \leq R < 50$	$R < 35$

## 5 专项风险评估

### 5.1 一般要求

5.1.1 专项风险评估的内容应包括风险辨识、风险分析、风险估测和风险控制，主要步骤包括：

- 1) 资料收集；
- 2) 施工阶段划分；
- 3) 施工阶段风险辨识与分析；
- 4) 风险估测，并确定一般风险源和重大风险源；
- 5) 提出一般风险源控制措施；
- 6) 确定重大风险源等级；
- 7) 提出重大风险源控制措施；
- 8) 进行风险控制预期效果评价。

#### 5.1.2 施工前专项风险评估

1 施工前专项风险评估对象应为重点施工工序（如始发、到达、联络通道施工、盾尾刷更换、进仓作业、盾构机安装及拆除等）及特殊施工阶段（如穿越或近接重要建（构）筑物、穿越不良地质段等）。

2 施工前风险事件可能性分析宜采用指标体系法，也可采用点估法；风险事件严重程度分析宜采用后果当量估计法。

#### 5.1.3 施工过程专项风险评估

1 公路盾构隧道施工过程中，出现以下情况之一时，应开展施工过程专项风险评估：

- 1) 作业活动发生了重大变化，如现场地质、水文条件等发生重大变化且趋于劣化、主要施工工艺发生实质性改变、发生对施工安全风险产生较大影响的设计变更或者施工措施变化、发生重大险情或生产安全事故等情况；
- 2) 重大风险源存在遗漏或出现新的重大风险源；
- 3) 有关法律、法规、标准提出了新的要求。

2 施工过程专项风险评估应结合施工监测数据进行。

3 施工过程风险事件可能性分析宜采用指标体系法，指标权重宜采用重要性排序法确定，风险事件严重程度分析宜采用后果当量估计法。

#### 5.1.4 专项风险评估应收集以下资料：

- 1) 工程可行性研究报告、环境影响报告书、工程地质勘察报告、设计风险评估报告、初步设计文件、施工图设计文件、施工组织设计文件、总体风险评估报告、其它与工程建设安全相关的文件；
- 2) 工程区域内的环境条件，包括建（构）筑物、铁路、公路、军事设施、埋藏物、地下管线、架空线缆、饮用水源、养殖区、生态保护区等可能造成风险事件的环境因素；
- 3) 施工现场的工程地质条件、气象水文条件、补充地质勘察成果（如有）、现场开挖揭露地质情况与设计文件的差异、周边环境的变化情况等。
- 4) 工程区域内地质、水文、气象等灾害事故资料；
- 5) 工程施工区域或邻近区域内类似隧道工程事故的调查资料；

- 6) 施工过程中专项风险评估时，还应收集重要设计变更资料、施工记录文件、监控量测资料、质量检测报告等；
- 7) 其它与风险辨识相关的资料。

## 5.2 风险辨识

5.2.1 风险辨识步骤应包括工程资料收集整理、施工现场地质条件和环境条件调查（或补充勘察）、施工作业程序分解、施工作业可能产生的风险分析等4个步骤。

5.2.2 风险辨识工程资料收集整理应包括：

- 1) 工程可行性研究报告、环境影响报告书、工程地质勘察报告、设计风险评估报告、初步设计文件、施工图设计文件、施工组织设计文件、总体风险评估报告、其它与工程建设安全相关的文件；
- 2) 工程区域内的环境条件，包括建（构）筑物、铁路、公路、军事设施、埋藏物、地下管线、架空线缆、饮用水源、养殖区、生态保护区等可能造成风险事件的环境因素；
- 3) 工程区域内地质、水文、气象等灾害事故资料；
- 4) 工程施工区域或邻近区域内其他隧道工程事故的调查资料；
- 5) 施工过程中专项风险评估时，还应收集重要设计变更资料、施工记录文件、监控量测资料、质量检测报告等；
- 6) 其它与风险辨识相关的资料。

5.2.3 施工现场地质条件和环境条件调查应包括工程地质条件、气象水文条件、周边环境条件、补充地质勘察成果（如有）、现场开挖揭露地质情况与设计文件的差异、周边环境的变化情况等。

5.2.4 风险辨识应结合工程实际进行工序分解。

5.2.5 施工作业程序分解应依据 JTG F80/1—2017 中工程的划分标准、施工图设计及施工组织设计等文件，将隧道工程按照单位工程—分部工程—分项工程—工序（单位）作业的层次进行分解。公路盾构隧道工程作业程序分解可参考表 5.2.5。

表5.2.5 公路盾构隧道工程作业程序分解示例

分部工程	分项工程	工序（单位）作业
管片预制	管片模具	模具清理
		模具拼装
	管片钢筋	钢筋加工
		钢筋笼制作
		钢筋笼吊装
	管片混凝土	混凝土浇筑
		混凝土收面
	管片养生	管片蒸养
		管片水养
		自然养生



分部工程	分项工程	工序（单位）作业
	管片储存	管片脱模
		管片吊装
		管片转运
	管片运输	运输
		吊装
盾构机运输及安拆	盾构机运输	水上及陆地运输
	盾构机安拆	盾构机安装及拆除
		盾构机调试
盾构掘进与管片拼装	配套设施及布局	泥水站安装调试
		管路安装
		泥浆制备与泥水分离
		弃渣及弃浆
盾构掘进与管片拼装	盾构掘进	盾构机始发
		盾构机接收
		盾构常规掘进
		盾构特殊段掘进
		进仓作业
		盾构机到达
	管片拼装	管片垂直/水平运输
		管片安装
		止水条粘贴
	壁后注浆	同步注浆
		二次注浆
	内部结构施工	主体结构现浇混凝土构件
模板安装固定（模板台车）		
混凝土搅拌及运输		
混凝土浇筑及养生		
预制构件		预制构件运输
		预制构件拼装
联络通道	联络通道开挖及初期支护	管片钻孔
		安全防护门
		联络通道开挖

分部工程	分项工程	工序（单位）作业
	联络通道 二次衬砌	联络通道支护
		二衬钢筋绑扎
		二衬模板安装
		混凝土浇筑及养生
其他工程	路面工程	沥青或混凝土路面摊铺
	交通工程	机电工程
		安全设施

5.2.6 施工作业程序分解后，应通过现场调查、评估小组讨论、专家咨询等方式，分析可能发生的典型风险事件类型，并形成风险辨识清单（表 5.2.6）。

5.2.7 公路盾构隧道施工各环节可能出现的典型风险事件类型可参考表 5.2.7，包括掌子面失稳、建（构）筑物受损、突水、盾尾密封击穿、主轴承密封击穿、保压舱失压、刀具刀盘磨损、卡盾、盾体变形、地面塌陷、结构损坏、爆炸、火灾、触电、起重伤害、机械伤害、车辆伤害、物体打击、高处坠落等。

表 5.2.6 风险辨识清单

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

表5.2.7 公路盾构隧道工程典型风险事件类型

主要作业内容	掌子面失稳	建(构)筑物受损	突水	盾尾密封击穿	主轴承密封击穿	保压舱失压	刀具刀盘磨损	卡盾	盾体变形	地面塌陷	结构损坏	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	其他
一、管片预制																				
1. 管片模具																				
a. 模具清理																★		★		
b. 模具拼装																★		★		
2. 管片钢筋																				
a. 钢筋加工																★				
b. 钢筋笼制作													★	★				★		
c. 钢筋笼吊装															★	★		★		
3. 管片混凝土																				
a. 混凝土浇筑															★	★	★	★		
b. 混凝土收面																		★		
4. 管片储存存储																				
a. 管片脱模															★			★		
b. 管片吊装															★			★		
c. 管片转运																	★	★		
5. 管片运输																				
a. 运输																	★	★		
b. 吊装															★				★	
二、盾构机运输及安拆																				

主要作业内容	掌子面失稳	建(构)筑物受损	突水	盾尾密封击穿	主轴承密封击穿	保压舱失压	刀具刀盘磨损	卡盾	盾体变形	地面塌陷	结构损坏	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	其他
<b>1. 盾构机运输</b>																				
水上及陆地运输															★	★	★	★		
<b>2. 盾构机安拆</b>																				
a. 盾构机安装及拆除															★	★	★	★	★	
b. 盾构机调试													★	★	★			★	★	
<b>三、盾构掘进与管片拼装</b>																				
<b>1. 配套设施及布局</b>																				
a. 泥水站安装与调试										★				★	★	★			★	
b. 管路安装															★			★	★	
c. 泥浆制备与泥水分离														★				★		
d. 弃渣及弃浆															★	★		★		
<b>2. 盾构掘进</b>																				
a. 盾构机始发	★	★	★				★	★	★	★	★			★	★	★				
b. 盾构机转接	★												★	★	★	★	★	★	★	
c. 盾构常规掘进	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★		★	★	★	★	★	★	★	

主要作业内容	掌子面失稳	建(构)筑物受损	突水	盾尾密封击穿	主轴承密封击穿	保压舱失压	刀具刀盘磨损	卡盾	盾体变形	地面塌陷	结构损坏	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	其他
d. 穿越既有建(构)筑物	★	★					★			★	★									
e. 穿越不良地层	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★								
f. 穿越障碍物	★		★			★	★	★		★	★	★								
g. 穿越浅覆土地层	★	★	★							★	★									
h. 穿越水体(江、河、湖、海)	★		★	★	★	★	★		★	★	★				★					
i. 穿越堤岸	★	★	★				★	★	★	★	★				★					
j. 穿越河道深槽段	★		★	★	★	★	★	★	★	★	★				★					
k. 进仓作业	★		★	★		★						★	★	★	★	★		★	★	
l. 盾构机到达	★	★	★				★	★		★	★			★	★	★		★	★	
<b>3. 管片拼装</b>																				
a. 管片垂直/水平运输															★	★		★		
b. 管片安装																★		★	★	
<b>4. 壁后注浆</b>																				
a. 同步注浆			★											★		★	★			
b. 二次注浆			★											★		★	★			

主要作业内容	掌子面失稳	建(构)筑物受损	突水	盾尾密封击穿	主轴承密封击穿	保压舱失压	刀具刀盘磨损	卡盾	盾体变形	地面塌陷	结构损坏	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	其他
四、内部结构施工																				
1. 主体结构现浇混凝土																				
a. 钢筋绑扎、焊接													★	★		★	★			
b. 模板安装固定(模板台车)														★		★		★		
c. 混凝土搅拌及运输														★		★	★			
d. 混凝土浇筑及养生														★		★				
2. 预制构件																				
a. 运输																	★	★		
b. 拼装															★				★	
五、联络通道																				
1. 联络通道开挖及初期支护																				
a. 管片钻孔	★	★	★							★	★									
b. 安全防护门																			★	

主要作业内容	掌子面失稳	建(构)筑物受损	突水	盾尾密封击穿	主轴承密封击穿	保压舱失压	刀具刀盘磨损	卡盾	盾体变形	地面塌陷	结构损坏	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	其他
c. 联络通道开挖	★	★	★							★	★							★		
d. 联络通道支护	★	★	★							★	★							★		
<b>2. 联络通道二次衬砌</b>																				
a. 二衬钢筋绑扎														★		★			★	
b. 二衬模板安装																		★		
c. 混凝土浇筑及养生														★		★	★		★	
<b>六、其他工程</b>																				
<b>1. 路面工程</b>																				
沥青或混凝土路面摊铺														★		★	★			
<b>2. 交通工程</b>																				
a. 机电工程														★		★			★	
b. 安全设施																★			★	

### 5.3 风险分析

5.3.1 风险分析应从人、机、料、法、环等方面对可能导致风险事件的致险因素进行分析，找出可能导致风险事件发生的物的不安全状态和人的不安全行为。

5.3.2 对于物的不安全状态可能引起的风险事件，应从地质条件、施工方案、施工环境、施工机械、自然灾害等方面进行分析。

5.3.3 对于人的不安全行为可能引起的风险事件，应从操作错误、违反安全规程和管理缺陷等方面进行分析。

5.3.4 可能受到风险事件伤害的人员类型包括作业人员自身、同一作业场所的其他作业人员、作业场所附近的其他人员；人员可能受到风险事件伤害的程度包括死亡、重伤、轻伤。

5.3.5 风险分析应通过评估小组讨论会的形式进行，宜采用风险传递路径、鱼刺图、故障树等方法进行分析，风险分析结果应填入表 5.3.5。

表5.3.5 施工安全风险分析表

序号	风险事件	原因1	... ..	原因N	风险事件后果
1					
2					
...					
N					

### 5.4 风险估测

5.4.1 风险估测方法宜综合考虑风险事件发生的可能性及严重程度，结合施工组织设计、风险事件的特点等因素确定，风险事件可能性可采用指标体系法、专家调查法或点估计法等方法进行估测。

5.4.2 风险估测分为一般风险源风险估测和重大风险源风险估测，公路盾构隧道施工常见的重大风险源包括掌子面失稳、建（构）筑物受损、突水、盾构机损伤等。具体公路盾构隧道工程可根据实际工程条件选取，或补充其他重大风险源。

5.4.3 风险估测结果应按照一般风险源和重大风险源分别进行汇总。

### 5.5 一般风险源风险估测

5.5.1 一般风险源风险估测可采用定性（如检查表法）或半定量方法（如 LEC 法）。

5.5.2 检查表法把检查对象加以分解，将大系统分割成若干子系统，以提问或打分的形式，将检查项目列表逐项检查。

5.5.3 LEC法根据作业人员在具有潜在危险性环境中作业，用与作业风险有关的三种因素指标值的乘积来评价风险。

5.5.4 宜采用风险描述方式将一般风险源风险估测情况进行汇总，并填入表 5.5.4。



表 5.5.4 一般风险源风险估测汇总表

一般风险源	风险等级	估测理由
1		
2		
.....		
N		

## 5.6 重大风险源风险估测

### 5.6.1 一般要求

1 重大风险源风险估测应采用定量方法，分别估测风险事件的可能性和严重程度，采用风险矩阵法综合确定重大风险源风险等级。重大风险源风险估测流程可参照图 5.6.1。

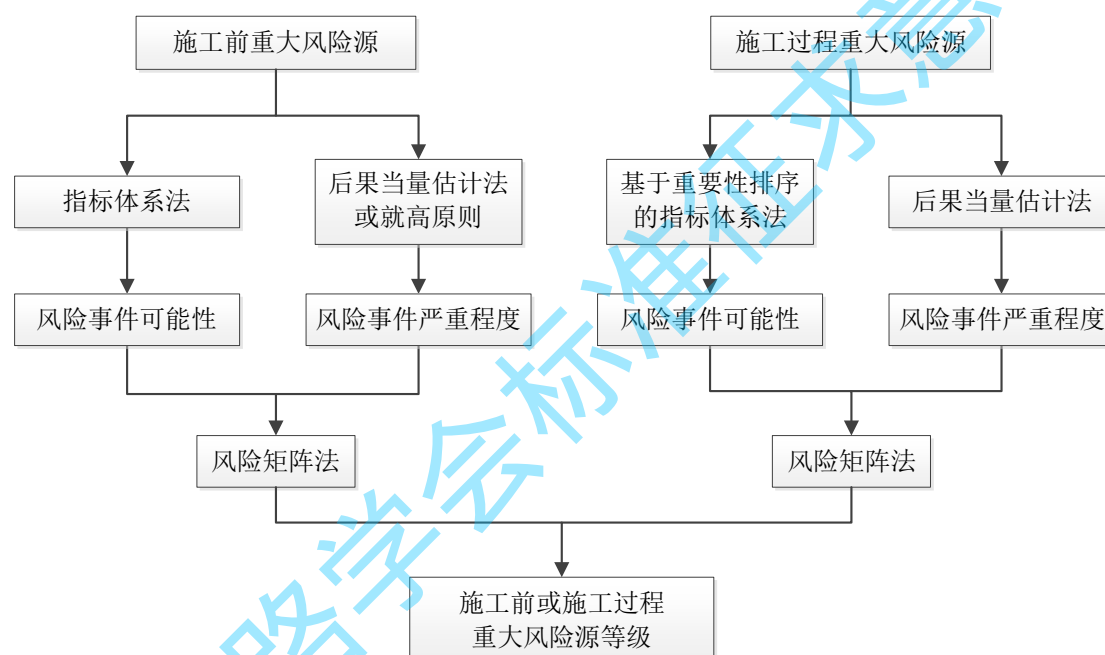


图 5.6.1 重大风险源风险估测流程图

2 物的不安全状态、人的不安全行为以及两者的组合所导致的风险事件可能性等级分为 5 级，如表 5.6.1-1 所示。

表 5.6.1-1 风险事件可能性等级标准

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

3 风险事件的严重程度等级分为 5 级，主要考虑人员伤亡和直接经济损失，并采用就高原则确定风险事件严重程度等级。当多种后果同时产生时，宜采用后果当量估计法确定风险事件严重程度等级，综合考虑人员伤亡、直接经济损失、社会影响、环境影响、工期延误等。

4 人员伤亡程度等级划分应依据人员伤亡的严重程度进行分级，如下表 5.6.1-2 所示。

表 5.6.1-2 人员伤亡程度等级

等级	5	4	3	2	1
定性描述	特大	重大	较大	一般	小
人员伤亡	死亡人数≥30 或 重伤人数≥100	10≤死亡人数<30 或 50≤重伤人数<100	3≤死亡人数<10 或 10≤重伤人数<50	1≤死亡人数<3 或 5≤重伤人数<10	1≤重伤人数<5

5 直接经济损失程度等级可依据经济损失或经济损失占隧道工程建安费的比例进行划分，如下表 5.6.1-3 所示。

表 5.6.1-3 直接经济损失程度等级

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

6 当采用后果当量估计法确定隧道工程风险事件严重程度时，应按式 5.6.1 计算风险事件后果当量 DC 值，并根据表 5.6.1-4 确定发生风险事件的严重程度等级。

$$DC = \left( C_{R1} + \frac{C_{R2}}{3} + \frac{C_{R3}}{60} \right) + \left( \frac{C_Z}{400} \right) + C_S + C_H + C_G \quad (5.6.1)$$

式中：

DC—风险事件后果当量值；

$C_{R1}$ 、 $C_{R2}$ 、 $C_{R3}$ 分别为死亡人数、重伤人数、轻伤人数，评估过程中主要考虑评估区段的相关人员；

$C_Z$ —直接经济损失，万元，不包括人员伤亡所支出的费用；

$C_S$ —社会影响，取值见表5.6.1-5；

$C_H$ —环境影响，取值见表5.6.1-6；

$C_G$ —工期延误，取值见表5.6.1-7。

表 5.6.1-4 风险事件严重程度等级

后果当量 DC	风险事件后果等级描述	风险事件严重程度等级
$DC \geq 10$	特大	5
$3 \leq DC < 10$	重大	4
$1 \leq DC < 3$	较大	3
$0.33 \leq DC < 1$	一般	2
$DC < 0.33$	小	1

表 5.6.1-5 社会影响当量取值表

后果等级	5	4	3	2	1
社会影响	可能引发大规模群体性事件, 媒体高度关注	可能引发小规模群体性事件, 媒体一般关注	可能引发矛盾冲突	矛盾易化解	群众均无意见
G取值	10	3	1	1/3	0

表 5.6.1-6 环境影响当量取值表

后果等级	5	4	3	2	1
自然环境影响	涉及范围很大, 周边生态环境产生严重污染或破坏	涉及范围较大, 周边生态环境产生较重污染或破坏	涉及范围较小, 邻近区域生态环境产生轻度污染或破坏	涉及范围很小, 施工区域生态环境产生很小污染或破坏	施工区域生态环境基本不受影响
既有基础设施影响	对重要建(构)筑物、水库、民房等影响严重	对重要建(构)筑物、水库、民房等影响较大	对重要建(构)筑物、水库、民房等影响较小	对重要建(构)筑物、水库、民房等影响很小	对重要建(构)筑物、水库、民房等无影响
G取值	10	3	1	1/3	0

表 5.6.1-7 工期延误当量取值表

后果等级		5	4	3	2	1
延误时间(月)	非控制工期工程	>24	9~24	3~9	1~3	≤1
	控制工期工程	>8	3~8	1~3	0.33~1	≤0.33
G取值		8	3~8	1~3	0.33~1	≤0.33

7 根据风险事件发生的可能性和严重程度等级, 宜采用风险矩阵法确定重大风险源风险等级, 划分标准见表 5.6.1-8。

表 5.6.1-8 重大风险源风险等级

严重程度等级 可能性等级		小	一般	较大	重大	特大
		1	2	3	4	5
很可能	5	较大风险(III)	较大风险(III)	重大风险(IV)	重大风险(IV)	重大风险(IV)
可能	4	一般风险(II)	较大风险(III)	较大风险(III)	重大风险(IV)	重大风险(IV)
偶然	3	一般风险(II)	一般风险(II)	较大风险(III)	较大风险(III)	重大风险(IV)
可能性很小	2	低风险(I)	一般风险(II)	一般风险(II)	较大风险(III)	较大风险(III)
几乎不可能	1	低风险(I)	低风险(I)	一般风险(II)	一般风险(II)	较大风险(III)

8 重大风险源应按表 5.6.1-9 汇总，且风险等级应以不同颜色在施工形象进度图中标识，形成施工安全风险分布图。

表 5.6.1-9 重大风险源风险估测汇总表

重大风险源	风险事件可能性等级	风险事件后果						风险事件严重程度等级	风险等级	施工区段
		人员伤亡	直接经济损失	社会影响	环境影响	工期延长	后果当量			
1										
2										
...										
N										

### 5.6.2 施工前专项风险评估

1 公路盾构隧道施工前专项风险评估应重点估测掌子面失稳、建（构）筑物受损、突水等三类风险事件。对重点施工工序（如始发、到达、联络通道施工、盾尾刷更换、进仓作业、盾构机拆除及安装等）及特殊施工阶段（如穿越或近接重要建（构）筑物、穿越不良地质段等）进行评估，各风险事件可能性评估指标参见表 5.6.2-1~5.6.2-3，评估过程中可根据工程实际情况适当调整风险事件可能性评估指标；其它类型风险事件可参照建立相应的可能性评估指标体系。

2 公路盾构隧道施工前掌子面失稳风险事件可能性评估指标体系见表 5.6.2-1。

表 5.6.2-1 施工前掌子面失稳风险事件可能性评估指标体系

分类	评估指标	分级	分值范围	说明
建设规模 $X_1$	掘进断面直径 $X_{11}$	$X_{11} \geq 18\text{m}$	10	根据设计文件确定，掘进断面直径小于 9m 时，分值取 1
		$16\text{m} \leq X_{11} < 18\text{m}$	7-10	
		$14\text{m} \leq X_{11} < 16\text{m}$	4-7	
		$X_{11} < 14\text{m}$	1-4	
地质与环境条件 $X_2$	覆土厚度 (以洞径倍数表示) $X_{21}$	$X_{21} < 0.5$	10	根据地质勘察资料、设计文件及现场勘察确定，覆土厚度大于或等于 3 倍洞径时，分值取 1
		$0.5 \leq X_{21} < 1.0$	10-7	
		$1.0 \leq X_{21} < 2.0$	7-4	
		$X_{21} \geq 2.0$	4-1	
	不良地质段长度 $X_{22}$	$X_{22} \geq 600\text{m}$	10	根据地质勘察资料、设计文件及现场勘察确定。不良地质包括软硬不均地层（硬岩单轴抗压强度大于 60MPa）、富水砂层、深厚淤泥层、饱和粉细砂层、卵石、漂石、孤石层、断层破碎带、岩溶等；两种以上
		$100\text{m} \leq X_{22} < 600\text{m}$	7-10	
		$0 < X_{22} < 100\text{m}$	4-7	

		无不良地质	0	不良地质叠加可适当提高分值，取修正系数 1.1~1.5，但最大不超过 15 分；在盾构始发或到达阶段，存在不良地质时不按长度考虑，分值均取 10
	邻近水体情况 $X_{23}$	存在承压水、河道水位变化等不利水文条件	5	根据地质勘察资料、设计文件及现场勘察确定
		存在不间断水源补充	2	
		不存在不利水文条件	0	
	地下管线情况 $X_{24}$	管线全断面位于富水砂层或粉细砂层	7	根据地质勘察资料、设计文件及现场勘察确定 管线位于隧道正上方取修正系数 1.0，管线位于隧道侧面取修正系数 0.8
		管线部分断面位于富水砂层或粉细砂层	4	
		管线位于其他地层	1	
设备选型 $X_3$	盾构机选型 $X_{31}$	适应性和可靠性较差	3	根据盾构机选型与评估结果确定
		适应性和可靠性一般	2	
		适应性和可靠性较好	1	

3 公路盾构隧道施工前建（构）筑物受损风险事件可能性评估指标体系见表 5.6.2-2。

表 5.6.2-2 施工前建（构）筑物受损风险事件可能性评估指标体系

分类	评估指标	分级	分值范围	说明
建设规模 $X_1$	掘进断面直径 $X_{11}$	$X_{11} \geq 18\text{m}$	10	根据设计文件确定，掘进断面直径小于 9m 时，分值取 1
		$16\text{m} \leq X_{11} < 18\text{m}$	7-10	
		$14\text{m} \leq X_{11} < 16\text{m}$	4-7	
		$X_{11} < 14\text{m}$	1-4	
	覆土厚度 (以洞径倍数表示) $X_{12}$	$X_{12} < 0.5$	2	根据设计文件确定
		$0.5 \leq X_{12} < 1.0$	1	
隧道线性 $X_2$	路线最小转弯半径（以洞径倍数表示） $X_{21}$	$X_{21} < 40$	5	根据设计文件确定，最小转弯半径大于或等于 100 倍洞径时，分值取 1
		$40 \leq X_{21} < 80$	5-3	
		$X_{21} \geq 80$	3-1	
地质与环境条件 $X_3$	建（构）筑物重要性及敏感性 $X_{31}$	较高	7	建筑物根据基础类型、用途、功能、受保护程度确定重要性及敏感性；管线根据接头类型及有无压力确定重要性及敏感性
		一般	4	
		较低	1	
	隧道主体与建	$X_{32} < 0.5$	12	根据设计文件确定，距离大

	(构) 筑物距离 (以洞径倍数表示) $X_{32}$	$0.5 \leq X_{32} < 1.0$	12-8	于或等于 3 倍洞径时,分值取 1
		$1.0 \leq X_{32} < 2.0$	8-4	
		$X_{32} \geq 2.0$	4-1	
	建(构) 筑物保护或加固方案适应性 $X_{33}$	较差	5	根据施工方案确定
		一般	3	
		较好	1	
	建(构) 筑物周边不良地质 $X_{34}$	存在不良地质大于或等于2处	10	不良地质包括软硬不均地层(硬岩单轴抗压强度大于60MPa)、富水砂层、深厚淤泥层、饱和粉细砂层、卵石、漂石、孤石层、断层破碎带、岩溶等
		存在不良地质1处	5	
		邻近段无不良地质	0	
设备选型 $X_4$	盾构机选型 $X_{41}$	适应性和可靠性较差	3	根据盾构机选型与评估结果确定
		适应性和可靠性一般	2	
		适应性和可靠性较好	1	

4 公路盾构隧道施工前突水风险事件可能性评估指标体系见表 5.6.2-3。

表 5.6.2-3 施工前突水风险事件可能性评估指标体系

分类	评估指标	分级	分值范围	说明
建设规模 $X_1$	隧道长度 $X_{11}$	$X_{11} \geq 6000\text{m}$	5	根据设计文件确定
		$3000\text{m} \leq X_{11} < 6000\text{m}$	3-5	
		$1000\text{m} \leq X_{11} < 3000\text{m}$	2	
		$X_{11} < 1000\text{m}$	1	
	掘进断面直径 $X_{12}$	$X_{12} \geq 18\text{m}$	5	根据设计文件确定
		$16\text{m} \leq X_{12} < 18\text{m}$	3-5	
$14\text{m} \leq X_{12} < 16\text{m}$		2		
$X_{12} < 14\text{m}$		1		
隧道线性 $X_2$	路线最小转弯半径(以洞径倍数表示) $X_{21}$	$X_{21} < 40$	5	根据设计文件确定, 最小转弯半径大于或等于 100 倍洞径时, 分值取 1
		$40 \leq X_{21} < 80$	5-3	
		$X_{21} \geq 80$	3-1	
地质与环境条件 $X_3$	覆土厚度(以洞径倍数表示) $X_{31}$	$X_{31} < 0.5$	5	根据地质勘察资料、设计文件及现场勘察确定
		$0.5 \leq X_{31} < 1.0$	5-3	
		$1.0 \leq X_{31} < 2.0$	2	
		$X_{31} \geq 2.0$	1	
	不良地质段长度 $X_{32}$	$X_{32} \geq 600\text{m}$	10	不良地质包括软硬不均地层(硬岩单轴抗压强度大于60MPa)、富水砂层、深厚淤泥层、
		$100\text{m} \leq X_{32} < 600\text{m}$	7-10	
		$0 < X_{32} < 100\text{m}$	4-7	

		无不良地质	0	饱和和粉细砂层、卵石、漂石、孤石层、断层破碎带、岩溶等。在盾构始发或到达阶段，存在不良地质时不按长度考虑，分值均取10
	邻近/穿越地层 水体情况 $X_{33}$	存在承压水、河道水位变化等不利水文条件	12	根据地质勘察资料、设计文件、现场勘察确定。最大水压 0.45 MPa 时取修正系数 1.5, 0.1MPa 时取修正系数 1.0, 其余系数线性内插取值, 最大分值不超过 12
		存在不间断水源补充	8	
		不存在不利水文条件	0	
	地下管线情况 $X_{34}$	管线全断面位于富水砂层或粉细砂层	10	管线位于隧道正上方取修正系数 1.0, 管线位于隧道侧面取修正系数 0.8
		管线部分断面位于富水砂层或粉细砂层	7	
		管线位于其他地层	4	
设备选型 $X_4$	盾构机选型 $X_{41}$	适应性和可靠性较差	3	根据盾构机选型与评估结果确定
		适应性和可靠性一般	2	
		适应性和可靠性较好	1	

5 公路盾构隧道施工前各风险事件可能性分值计算公式为：

$$P = \sum X_{ij} \quad (5.6.2)$$

式中：

$P$ —风险事件可能性评估分值；

$X_{ij}$ —评估指标的分值， $i=1、2、\dots、m$ ， $j=1、2、\dots、n$ ； $m$ 为项别的数量， $n$ 为对应第  $i$  个项别包括的评估指标的数量。

6 公路盾构隧道风险事件可能性等级应按表 5.6.2-4 确定。

表 5.6.2-4 施工前风险事件可能性等级

风险事件计算分值	风险事件可能性描述	等级
$P \geq 40$	很可能	5
$32 \leq P < 40$	可能	4
$27 \leq P < 32$	偶然	3
$18 \leq P < 27$	可能性很小	2
$P < 18$	几乎不可能	1

## 5.7 施工过程专项风险评估

5.7.1 公路盾构隧道施工过程中的重大风险源评估应重点估测掌子面失稳、建（构）筑物受损、突水、盾构机损伤（包括盾尾密封击穿、主轴承密封击穿、保压舱失压、刀具刀盘磨损、卡盾、盾体变形）等四类风险事件，可能性评估指标分别见表 5.7.2~5.7.5。其它类型风险事件可参照建立相应的可能性评估指标体系。

5.7.2 公路盾构隧道施工过程掌子面失稳风险事件可能性评估指标体系见表 5.7.2。

表 5.7.2 施工过程中掌子面失稳风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分级	基本分值 ( $R_{ij}$ )		权重系数 ( $\gamma_{ij}$ )	评估分值 ( $X_{ij}$ )	说明
			分值范围	取值			
建设规模 $X_1$	掘进断面直径 $X_{11}$	$X_{11} \geq 18\text{m}$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{11}$	$\gamma_{11}$	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	根据设计文件确定。当掘进断面直径大于或等于 20m 时,基本分值取 100,其他情况按隧道掘进断面直径线性内插取值
		$16\text{m} \leq X_{11} < 18\text{m}$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		$14\text{m} \leq X_{11} < 16\text{m}$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
		$X_{11} < 14\text{m}$	$0 < R_{ij} \leq 25$				
地质与环境条件 $X_2$	覆土厚度(以洞径倍数表示) $X_{21}$	$X_{21} < 0.5$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{21}$	$\gamma_{21}$	$X_{21} = R_{21} \times \gamma_{21}$	根据地质勘察资料、设计文件及现场条件确定。当覆土厚度小于 0.3 倍洞径,基本分值取 100,其他情况按覆土厚度线性内插取值
		$0.5 \leq X_{21} < 1.0$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		$1.0 \leq X_{21} < 2.0$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
		$X_{21} \geq 2.0$	$0 < R_{ij} \leq 25$				
	不良地质段长度 $X_{22}$	$X_{22} \geq 600\text{m}$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{22}$	$\gamma_{22}$	$X_{22} = R_{22} \times \gamma_{22}$	根据地质勘察资料、设计文件及现场条件确定。当不良地质段长度大于或等于 800m,基本分值取 100,其他情况按不良地质段长度线性内插取值。始发或到达阶段根据加固效果按 25-50 取值
		$100\text{m} \leq X_{22} < 600\text{m}$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		$0 < X_{22} < 100\text{m}$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
		无不良地质	$R_{ij} = 0$				
	邻近水体情况 $X_{23}$	存在承压水、河道水位变化等不利水文条件	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{23}$	$\gamma_{23}$	$X_{23} = R_{23} \times \gamma_{23}$	根据现场情况确定
		存在不间断水源补充	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		不存在不利水文条件	$R_{ij} = 0$				
	地下管线情况 $X_{24}$	管线全断面位于富水砂层或粉细砂层	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{24}$	$\gamma_{24}$	$X_{24} = R_{24} \times \gamma_{24}$	根据现场地质条件确定
管线部分断面位于富水砂层或粉细砂层		$30 < R_{ij} \leq 60$					
管线位于其他地层		$0 < R_{ij} \leq 30$					
设备选型 $X_3$	盾构机选型 $X_{31}$	适应性和可靠性较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{31}$	$\gamma_{31}$	$X_{31} = R_{31} \times \gamma_{31}$	根据盾构机选型与评估结果确定
		适应性和可靠性一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		适应性和可靠性较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
盾构机控	超前注浆控制	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{41}$	$\gamma_{41}$	$X_{41} = R_{41} \times \gamma_{41}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				



制 $X_4$	$X_{41}$	较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	主轴承密封质量 $X_{42}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{42}$	$\gamma_{42}$	$X_{42} = R_{42} \times \gamma_{42}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	盾构机掘进姿态控制 $X_{43}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{43}$	$\gamma_{43}$	$X_{43} = R_{43} \times \gamma_{43}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	盾构掘进参数 $X_{44}$	不适合	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{44}$	$\gamma_{44}$	$X_{44} = R_{44} \times \gamma_{44}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		适合	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	开仓作业压力 $X_{45}$	$X_{45} \geq 0.45\text{MPa}$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{45}$	$\gamma_{45}$	$X_{45} = R_{45} \times \gamma_{45}$	根据现场情况确定，当开仓压力大于或等于 0.6MPa 时，基本分值取 100，其他情况线性内插取值
		$0.35\text{MPa} \leq X_{45} < 0.45\text{MPa}$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		$0.10\text{MPa} \leq X_{45} < 0.35\text{MPa}$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
		$X_{45} < 0.10\text{MPa}$	$0 < R_{ij} \leq 25$				
	超挖控制 $X_{46}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{46}$	$\gamma_{46}$	$X_{46} = R_{46} \times \gamma_{46}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	泥浆质量 $X_{47}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{47}$	$\gamma_{47}$	$X_{47} = R_{47} \times \gamma_{47}$	根据现场情况确定。针对泥水平衡盾构机
一般		$30 < R_{ij} \leq 60$					
较好		$0 < R_{ij} \leq 30$					
渣土改良效果 $X_{48}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{48}$	$\gamma_{48}$	$X_{48} = R_{48} \times \gamma_{48}$	根据现场情况确定。针对土压平衡盾构机	
	一般	$30 < R_{ij} \leq 60$					
	较好	$0 < R_{ij} \leq 30$					

5.7.3 公路盾构隧道施工过程中建(构)筑物受损风险事件可能性评估指标体系见表 5.7.3。

表 5.7.3 施工过程中建(构)筑物受损风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分级	基本分值 ( $R_{ij}$ )		权重系数 ( $\gamma_{ij}$ )	评估分值 ( $X_{ij}$ )	说明
			分值范围	取值			
建设规模	掘进断面直径	$X_{11} \geq 18\text{m}$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{11}$	$\gamma_{11}$	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	根据设计文件确定。当掘进断面直径大于或

$X_1$	$X_{11}$						等于 20m 时, 基本分值取 100, 其他情况按掘进断面直径线性内插取值
		$16\text{m} \leq X_{11} < 18\text{m}$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		$14\text{m} \leq X_{11} < 16\text{m}$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
		$X_{11} < 14\text{m}$	$0 < R_{ij} \leq 25$				
	覆土厚度 (以洞径 倍数表 示) $X_{12}$	$X_{12} < 0.5$	$50 < R_{ij} \leq 100$	$R_{12}$	$\gamma_{12}$	$X_{12} =$ $R_{12} \times \gamma_{12}$	根据地质勘察资料、设计文件及现场条件确定。当覆土厚度小于 0.3 倍洞径, 基本分值取 100, 其他情况按覆土厚度线性内插取值
		$0.5 \leq X_{12} < 1.0$	$0 < R_{ij} \leq 50$				
隧道 线性 $X_2$	路线最小 转弯半径 (以洞径 倍数表 示) $X_{21}$	$X_{21} < 40$	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{21}$	$\gamma_{21}$	$X_{21} =$ $R_{21} \times \gamma_{21}$	根据设计文件确定。当转弯半径小于 30 倍洞径时, 基本分值取 100, 其他情况按转弯半径线性内插取值
		$40 \leq X_{21} < 80$	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		$X_{21} \geq 80$	$0 < R_{ij} \leq 30$				
地质 与环 境条 件 $X_3$	建(构) 筑物重要 性及敏感 性 $X_{31}$	较高	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{31}$	$\gamma_{31}$	$X_{31} =$ $R_{31} \times \gamma_{31}$	根据现场情况确定
		一般	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		较低	$25 < R_{ij} \leq 50$				
	隧道主体 与建(构) 筑物距离 (以洞径 倍数表 示) $X_{32}$	$X_{32} < 0.5$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{32}$	$\gamma_{32}$	$X_{32} =$ $R_{32} \times \gamma_{32}$	根据现场情况确定。当距离小于 0.3 倍洞径, 基本分值取 100, 其他情况按距离线性内插取值
		$0.5 \leq X_{32} < 1.0$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		$1.0 \leq X_{32} < 2.0$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
		$X_{32} \geq 2.0$	$0 < R_{ij} \leq 25$				
建(构) 筑物保护 或加固方 案适应性 $X_{33}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{33}$	$\gamma_{33}$	$X_{33} =$ $R_{33} \times \gamma_{33}$	根据施工方案确定	
	一般	$30 < R_{ij} \leq 60$					
	较好	$0 < R_{ij} \leq 30$					
地质 与环 境条 件 $X_4$	不良 地质 $X_{34}$	邻近段存在不良地质 大于等于 2 处	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{34}$	$\gamma_{34}$	$X_{34} =$ $R_{34} \times \gamma_{34}$	根据现场地质条件 确定
		邻近段存在不良地质 1 处	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		邻近段无不良地质	$R_{ij} = 0$				
设备	盾构机	适应性和可靠性较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{41}$	$\gamma_{41}$	$X_{41} =$	根据盾构机选型与

选型 $X_4$	选型 $X_{41}$	适应性和可靠性一般	$30 < R_{ij} \leq 60$			$R_{41} \times \gamma_{41}$	评估结果确定
		适应性和可靠性较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
盾构机控制 $X_5$	同步注浆控制 $X_{51}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{51}$	$\gamma_{51}$	$X_{51} = R_{51} \times \gamma_{51}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	盾尾密封质量 $X_{52}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{52}$	$\gamma_{52}$	$X_{52} = R_{52} \times \gamma_{52}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	盾构机掘进姿态控制 $X_{53}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{53}$	$\gamma_{53}$	$X_{53} = R_{53} \times \gamma_{53}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	管片拼装质量 $X_{54}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{54}$	$\gamma_{54}$	$X_{54} = R_{54} \times \gamma_{54}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	盾构掘进参数 $X_{55}$	不适合	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{55}$	$\gamma_{55}$	$X_{55} = R_{55} \times \gamma_{55}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		适合	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	开仓作业压力 $X_{56}$	$X_{56} \geq 0.45\text{MPa}$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{56}$	$\gamma_{56}$	$X_{56} = R_{56} \times \gamma_{56}$	根据现场情况确定，当开仓压力大于或等于 0.6MPa 时，基本分值取 100，其他情况线性内插取值
		$0.35\text{MPa} \leq X_{56} < 0.45\text{MPa}$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		$0.10\text{MPa} \leq X_{56} < 0.35\text{MPa}$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
		$X_{56} < 0.10\text{MPa}$	$0 < R_{ij} \leq 25$				
	超挖控制 $X_{57}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{57}$	$\gamma_{57}$	$X_{57} = R_{57} \times \gamma_{57}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
较好		$0 < R_{ij} \leq 30$					
盾构机控制 $X_5$	泥浆质量 $X_{58}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{58}$	$\gamma_{58}$	$X_{58} = R_{58} \times \gamma_{58}$	根据现场情况确定，针对泥水平衡盾构机
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
渣土改良效果 $X_{59}$	渣土改良效果 $X_{59}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{59}$	$\gamma_{59}$	$X_{59} = R_{59} \times \gamma_{59}$	根据现场情况确定，针对土压平衡盾构机
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				

施工 监测 $X_6$	建(构)筑物变形监测绝对值和速率 $X_{61}$	变形监测绝对值和速率双控指标均达到控制值	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{61}$	$\gamma_{61}$	$X_{61} = R_{61} \times \gamma_{61}$	建(构)筑物变形监测控制值根据《城市轨道交通工程监测技术规范》(GB 50911—2013)及产权单位要求确定
		变形监测绝对值和速率双控指标均达到控制值的85%，或双控指标之一达到控制值	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		变形监测绝对值和速率双控指标均达到控制值的70%，或双控指标之一达到控制值的85%	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	监控量测方案合理性 $X_{62}$	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	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{62}$	$\gamma_{62}$	$X_{62} = R_{62} \times \gamma_{62}$	根据现场监测情况确定。量测频率越低，必测项目越不全面，信息反馈越差，则取值越大
		量测频率较低、有一定必测项目，但不全面、信息反馈较差	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		量测频率一般、必测项目较全面，无选测项目、信息反馈一般	$25 < R_{ij} \leq 50$				
		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	$0 < R_{ij} \leq 25$				
		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	$R_{ij} = 0$				

5.7.4 公路盾构隧道施工过程突水风险事件可能性评估指标体系见表 5.7.4。

表 5.7.4 施工过程突水风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分级	基本分值 ( $R_{ij}$ )		权重系数 ( $\gamma_{ij}$ )	评估分值 ( $X_{ij}$ )	说明	
			分值范围	取值				
建设规模 $X_1$	隧道长度 $X_{11}$	$X_{11} \geq 6000\text{m}$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{11}$	$\gamma_{11}$	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	根据设计文件确定。当隧道长度大于或等于 10km 时，基本分值取 100，其他情况按隧道长度线	
		$3000\text{m} \leq X_{11} < 6000\text{m}$						$50 < R_{ij} \leq 75$
		$1000\text{m} \leq X_{11} < 3000\text{m}$						$25 < R_{ij} \leq 50$
		$X_{11} < 1000\text{m}$						$0 < R_{ij} \leq 25$

							性内插取值
	掘进断面直径 $X_{12}$	$X_{12} \geq 18\text{m}$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{12}$	$\gamma_{12}$	$X_{12} = R_{12} \times \gamma_{12}$	根据设计文件确定。当掘进断面直径大于或等于 20m 时，基本分值取 100，其他情况按掘进断面直径线性内插取值
		$16\text{m} \leq X_{12} < 18\text{m}$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		$14\text{m} \leq X_{12} < 16\text{m}$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
		$X_{12} < 14\text{m}$	$0 < R_{ij} \leq 25$				
隧道线性 $X_2$	路线最小转弯半径（以洞径倍数表示） $X_{21}$	$X_{21} < 40$	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{21}$	$\gamma_{21}$	$X_{21} = R_{21} \times \gamma_{21}$	根据设计文件确定。当转弯半径小于 30 倍洞径时，基本分值取 100，其他情况按转弯半径线性内插取值
		$40 \leq X_{21} < 80$	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		$X_{21} \geq 80$	$0 < R_{ij} \leq 30$				
地质与环境条件 $X_3$	覆土厚度（以洞径倍数表示） $X_{31}$	$X_{31} < 0.5$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{31}$	$\gamma_{31}$	$X_{31} = R_{31} \times \gamma_{31}$	根据现场情况确定。当覆土厚度小于 3m，基本分值取 100，其他情况按覆土厚度线性内插取值
		$0.5 \leq X_{31} < 1.0$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		$1.0 \leq X_{31} < 2.0$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
		$X_{31} \geq 2.0$	$0 < R_{ij} \leq 25$				
	不良地质长度 $X_{32}$	$X_{32} \geq 600\text{m}$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{32}$	$\gamma_{32}$	$X_{32} = R_{32} \times \gamma_{32}$	根据现场地质条件确定。当不良地质段长度大于或等于 800m，基本分值取 100，其他情况按不良地质段长度线性内插取值。始发或到达阶段根据加固效果按 25-50 取值
		$100\text{m} \leq X_{32} < 600\text{m}$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		$0 < X_{32} < 100\text{m}$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
		无不良地质	$R_{ij} = 0$				
	邻近/穿越地层水体情况 $X_{33}$	存在承压水、河道水位变化等不利水文条件	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{33}$	$\gamma_{33}$	$X_{33} = R_{33} \times \gamma_{33}$	根据现场地质条件确定
		存在不间断水源补充	$30 < R_{ij} \leq 60$				
不存在不利水文条件		$R_{ij} = 0$					
地质与环境条件 $X_3$	地下管线情况 $X_{34}$	管线全断面位于富水砂层或粉细砂层	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{34}$	$\gamma_{34}$	$X_{34} = R_{34} \times \gamma_{34}$	根据现场地质条件确定
		管线部分断面位于富水砂层或粉细砂层	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		管线位于其他地层	$0 < R_{ij} \leq 30$				
设备选型 $X_4$	盾构机选型 $X_{41}$	适应性和可靠性较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{41}$	$\gamma_{41}$	$X_{41} = R_{41} \times \gamma_{41}$	根据盾构机选型与评估结果确定
		适应性和可靠性一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		适应性和可靠性较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				

辅助措施 $X_5$	反力架或接收托架强度及加工质量 $X_{51}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{51}$	$\gamma_{51}$	$X_{51} = R_{51} \times \gamma_{51}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	端头加固效果 $X_{52}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{52}$	$\gamma_{52}$	$X_{52} = R_{52} \times \gamma_{52}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	洞门密封质量 $X_{53}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{53}$	$\gamma_{53}$	$X_{53} = R_{53} \times \gamma_{53}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
盾构机控制 $X_6$	始发/到达掘进参数控制 $X_{61}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{61}$	$\gamma_{61}$	$X_{61} = R_{61} \times \gamma_{61}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	始发/到达精度控制 $X_{62}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{62}$	$\gamma_{62}$	$X_{62} = R_{62} \times \gamma_{62}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	始发/到达时掘进压力偏差 $X_{63}$	超过允许范围	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{63}$	$\gamma_{63}$	$X_{63} = R_{63} \times \gamma_{63}$	根据现场情况确定
		较大但尚可接受	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		偏差较小	$0 < R_{ij} \leq 30$				
盾构机控制 $X_6$	同步注浆控制 $X_{64}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{64}$	$\gamma_{64}$	$X_{64} = R_{64} \times \gamma_{64}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	盾尾密封质量 $X_{65}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{65}$	$\gamma_{65}$	$X_{65} = R_{65} \times \gamma_{65}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	超控控制 $X_{66}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{66}$	$\gamma_{66}$	$X_{66} = R_{66} \times \gamma_{66}$	根据现场情况确定
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	泥浆质量	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{67}$	$\gamma_{67}$	$X_{67} = R_{67} \times \gamma_{67}$	根据现场情况确定。针对泥水平衡盾
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				

	$X_{67}$	较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				构机
	渣土改良效果 $X_{68}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{68}$	$\gamma_{68}$	$X_{68} = R_{68} \times \gamma_{68}$	根据现场情况确定。针对土压平衡盾构机
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				

5.7.5 公路盾构隧道施工过程盾构机损伤风险事件可能性评估指标体系见表 5.7.5。

表 5.7.5 施工过程盾构机损伤风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分级	基本分值 ( $R_{ij}$ )		权重系数 ( $\gamma_{ij}$ )	评估分值 ( $X_{ij}$ )	说明
			分值范围	取值			
建设规模 $X_1$	隧道长度 $X_{11}$	$X_{11} \geq 6000\text{m}$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{11}$	$\gamma_{11}$	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	根据设计文件确定，当隧道长度大于或等于 10km 时，基本分值取 100，其他情况按隧道长度线性内插取值。针对盾尾密封击穿、主轴密封击穿、刀具刀盘磨损
		$3000\text{m} \leq X_{11} < 6000\text{m}$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		$1000\text{m} \leq X_{11} < 3000\text{m}$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
		$X_{11} < 1000\text{m}$	$0 < R_{ij} \leq 25$				
	掘进断面直径 $X_{12}$	$X_{12} \geq 18\text{m}$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{12}$	$\gamma_{12}$	$X_{12} = R_{12} \times \gamma_{12}$	
		$16\text{m} \leq X_{12} < 18\text{m}$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		$14\text{m} \leq X_{12} < 16\text{m}$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
		$X_{12} < 14\text{m}$	$0 < R_{ij} \leq 25$				
隧道线性 $X_2$	路线最小转弯半径 (以洞径倍数表示) $X_{21}$	$X_{21} < 40$	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{21}$	$\gamma_{21}$	$X_{21} = R_{21} \times \gamma_{21}$	
		$40 \leq X_{21} < 80$	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		$X_{21} \geq 80$	$0 < R_{ij} \leq 30$				
地质与环境条件 $X_3$	覆土厚度 (以洞径倍数表示) $X_{31}$	$X_{31} \geq 2.0$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{31}$	$\gamma_{31}$	$X_{31} = R_{31} \times \gamma_{31}$	
		$1.0 \leq X_{31} < 2.0$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
		$0.5 \leq X_{31} < 1.0$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
		$X_{31} < 0.5$	$0 < R_{ij} \leq 25$				

覆土厚度 (以洞径倍数表示) $X_{32}$	$X_{32} < 0.5$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{32}$	$\gamma_{32}$	$X_{32} = R_{32} \times \gamma_{32}$	根据地质勘察资料、设计文件及现场条件确定。当覆土厚度小于 0.3 倍洞径, 基本分值取 100, 其他情况按覆土厚度线性内插取值。针对保压舱失压
	$0.5 \leq X_{32} < 1.0$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
	$1.0 \leq X_{32} < 2.0$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
	$X_{32} \geq 2.0$	$0 < R_{ij} \leq 25$				
不良地质段长度 $X_{33}$	$X_{33} \geq 600\text{m}$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{33}$	$\gamma_{33}$	$X_{33} = R_{33} \times \gamma_{33}$	根据现场地质条件确定。当不良地质段长度大于或等于 800m, 基本分值取 100, 其他情况按不良地质段长度线性内插取值。始发或到达阶段根据加固效果按 25-50 取值。针对盾尾密封击穿和主轴承密封击穿, 不良地质仅考虑富水砂层、饱和粉细砂层, 其余不良地质若富水也可考虑; 针对保压舱失压、刀具刀盘磨损和卡盾, 不良地质仅考虑软硬不均地层、卵石漂石孤石层、断层破碎带和岩溶。
	$100\text{m} \leq X_{33} < 600\text{m}$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
	$0\text{m} < X_{33} < 100\text{m}$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
	无不良地质	$R_{ij} = 0$				
硬岩段长度 $X_{34}$	$X_{34} \geq 500\text{m}$	$75 < R_{ij} \leq 100$	$R_{34}$	$\gamma_{34}$	$X_{34} = R_{34} \times \gamma_{34}$	根据现场地质条件确定, 当硬岩段段长度大于或等于 600m, 基本分值取 100, 其他情况按不良地质段长度线性内插取值, 始发或到达阶段按 25 取值。针对盾尾密封击穿、刀具刀盘磨损。
	$100\text{m} \leq X_{34} < 500\text{m}$	$50 < R_{ij} \leq 75$				
	$0\text{m} < X_{34} < 100\text{m}$	$25 < R_{ij} \leq 50$				
	无硬岩	$R_{ij} = 0$				
主隧道范围内障碍物情况 $X_{35}$	明确存在的	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{35}$	$\gamma_{35}$	$X_{35} = R_{35} \times \gamma_{35}$	根据现场地质条件确定, 针对刀具刀盘磨损、卡盾
	可能存在的	$30 < R_{ij} \leq 60$				
	明确不存在的	$R_{ij} = 0$				
邻近水体情况	存在承压水、河道水位变化等不利水文条件	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{36}$	$\gamma_{36}$	$X_{36} = R_{36} \times \gamma_{36}$	根据现场地质条件确定, 针对盾尾密封



	$X_{36}$	存在不间断水源补充	$30 < R_{ij} \leq 60$				击穿、主轴承密封击穿、保压舱失压
		不存在不利水文条件	$R_{ij} = 0$				
地质与环境条件 $X_3$	地下管线情况 $X_{37}$	管线全断面位于富水砂层或粉细砂层	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{37}$	$\gamma_{37}$	$X_{37} = R_{37} \times \gamma_{37}$	根据现场地质条件确定, 针对盾尾密封击穿、主轴承密封击穿、保压舱失压
		管线部分断面位于富水砂层或粉细砂层	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		管线位于其他地层	$0 < R_{ij} \leq 30$				
设备选型 $X_4$	盾尾刷选型 $X_{41}$	不合适	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{41}$	$\gamma_{41}$	$X_{41} = R_{41} \times \gamma_{41}$	根据施工方案确定, 针对盾尾密封击穿
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		合适	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	刀具刀盘选型 $X_{42}$	不合适	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{42}$	$\gamma_{42}$	$X_{42} = R_{42} \times \gamma_{42}$	根据施工方案确定, 针对刀具刀盘磨损
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		合适	$0 < R_{ij} \leq 30$				
盾构机控制 $X_5$	盾构机掘进姿态控制 $X_{51}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{51}$	$\gamma_{51}$	$X_{51} = R_{51} \times \gamma_{51}$	根据现场情况确定, 针对盾尾密封击穿、主轴承密封击穿、刀具刀盘磨损、盾体变形
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	盾构掘进参数 $X_{52}$	不适合	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{52}$	$\gamma_{52}$	$X_{52} = R_{52} \times \gamma_{52}$	根据现场情况确定, 针对盾尾密封击穿、主轴承密封击穿、刀具刀盘磨损
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		适合	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	同步注浆控制 $X_{53}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{53}$	$\gamma_{53}$	$X_{53} = R_{53} \times \gamma_{53}$	根据现场情况确定, 针对保压舱失压、刀具刀盘磨损、卡盾
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	保压舱压力设置 $X_{54}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{54}$	$\gamma_{54}$	$X_{54} = R_{54} \times \gamma_{54}$	根据现场情况确定, 针对保压舱失压
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
各腔室油脂压力合理性 $X_{55}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{55}$	$\gamma_{55}$	$X_{55} = R_{55} \times \gamma_{55}$	根据现场情况确定, 针对盾尾密封击穿、主轴承密封击穿	
	一般	$30 < R_{ij} \leq 60$					
	较好	$0 < R_{ij} \leq 30$					
质量控制 $X_6$	盾尾刷安装质量	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{61}$	$\gamma_{61}$	$X_{61} = R_{61} \times \gamma_{61}$	根据现场情况确定, 针对盾尾密封击穿
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				

	$X_{61}$	较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	初涂油脂质量 $X_{62}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{62}$	$\gamma_{62}$	$X_{62} = R_{62} \times \gamma_{62}$	根据现场情况确定，针对盾尾密封击穿
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
较好	$0 < R_{ij} \leq 30$						
质量控制 $X_6$	油脂质量 $X_{63}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{63}$	$\gamma_{63}$	$X_{63} = R_{63} \times \gamma_{63}$	根据现场情况确定，针对盾尾密封击穿、主轴密封击穿
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	泥膜质量 $X_{64}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{64}$	$\gamma_{64}$	$X_{64} = R_{64} \times \gamma_{64}$	根据现场情况确定，针对保压舱失压
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	盾构机系统性能 $X_{65}$	不稳定	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{65}$	$\gamma_{65}$	$X_{65} = R_{65} \times \gamma_{65}$	根据现场情况确定，针对保压舱失压
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较稳定	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	泥浆质量 $X_{66}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{66}$	$\gamma_{66}$	$X_{66} = R_{66} \times \gamma_{66}$	根据现场情况确定，针对泥水平衡盾构机保压舱失压
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				
	渣土改良效果 $X_{67}$	较差	$60 < R_{ij} \leq 100$	$R_{67}$	$\gamma_{67}$	$X_{67} = R_{67} \times \gamma_{67}$	根据现场情况确定，针对土压平衡盾构机保压舱失压
		一般	$30 < R_{ij} \leq 60$				
		较好	$0 < R_{ij} \leq 30$				

5.7.6 根据工程实际情况对影响风险事件的评估指标进行筛选，分析各指标对风险事件的影响程度并从高到低依次进行排序，权重系数按公式(5.7.6)计算(可按附录A选取)。

$$\gamma = \frac{2n - 2m + 1}{n^2} \quad (5.7.6)$$

式中：

$\gamma$ —权重系数；

$n$ —评估指标项数；

$m$ —重要性排序号， $m \leq n$ 。

5.7.7 施工过程中重大风险源风险事件可能性大小应按式(5.7.7-1)、(5.7.7-2)计算：

$$P = \sum X_{ij} \quad (5.7.7-1)$$

$$X_{ij} = R_{ij} \gamma_{ij} \quad (5.7.7-2)$$

式中：

$P$ —风险事件可能性评估分值；

$X_{ij}$ —评估指标的分值， $i=1、2、\dots、m$ ， $j=1、2、\dots、n$ ； $m$ 为项别的数量， $n$ 为对应第*i*个项别包括的评估指标的数量；

$R_{ij}$ —评估指标的基本分值；

$\nu_{ij}$ —评估指标的权重系数。

5.7.8 施工过程重大风险源风险事件可能性等级应按表 5.7.8 确定。

表 5.7.8 施工过程重大风险源风险事件可能性等级

计算分值	风险事件可能性描述	可能性等级
$P \geq 60$	很可能	5
$45 \leq P < 60$	可能	4
$30 \leq P < 45$	偶然	3
$15 \leq P < 30$	可能性很小	2
$P < 15$	几乎不可能	1

注：根据工程风险的具体情况，结合地区经验，可对表5.7.8的计算分值区间进行适当调整。

中国公路学会标准征求意见稿

## 6 风险控制

### 6.1 一般要求

6.1.1 根据总体风险评估结果与接受准则，应按表 6.1.1 采取风险控制措施。

表 6.1.1 总体风险评估接受准则与控制措施

风险等级	接受准则	控制措施
低风险 (I级)	可忽略	不需采取特别的风险防控措施
一般风险 (II级)	可接受	宜采取风险防控措施，加强安全管理力量，强化日常安全生产管理工作
较大风险 (III级)	不期望	应采取措施降低风险，包括加大安全管理力量投入、优化安全资源配置、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
重大风险 (IV级)	不可接受	应采取一整套的措施降低风险，优化工程设计、改进施工工艺，高度重视项目的后续组织实施，采取加大安全管理力量和资金投入、优化安全资源配置、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

6.1.2 根据专项风险评估结果与接受准则，提出风险控制措施；针对各风险等级按表 6.1.2 采取分级防控措施，确定层级责任和责任人，实施现场管理和监控预警。

表 6.1.2 专项风险评估接受准则与控制措施

风险等级	接受准则	控制措施	分级防控措施				
低风险 (I级)	可忽略	不需采取特别的风险防控措施	日常管理(落实安全管理制度、安全资金投入、现场管理措施)				
一般风险 (II级)	可接受	宜采取风险防控措施，严格日常安全生产管理，加强现场巡视	日常管理(落实安全管理制度、安全资金投入、现场管理措施)	监控预警(明确预警标准，对施工监控数据动态管理，若异常或超过警戒值，应及时采取措施)	专项整治(完善设计方案、调整施工方法和组织、加强安全措施、改善施工环境、加强现场管理和提高人员素质)		

风险等级	接受准则	控制措施	分级防控措施			
较大风险 (III级)	不期望	应采取措施降低风险, 将风险至少降低到可接受的程度	日常管理(落实安全管理、安全管理制度、安全资金投入、现场管理措施)	监控预警(明确预警标准, 对施工监控数据动态管理, 若异常或超过警戒值, 应及时采取措施)	多方面专项整治(多方面完善设计方案、调整施工方法和施工组织、加强安全措施、改善施工环境、加强现场管理和提高人员素质)	应急准备(提出重大风险事件的应急预案, 做好事故应急处置准备工作)
重大风险 (IV级)	不可接受	审核设计文件与施工组织设计, 判断设计与施工措施是否能有效降低风险; 同时必须采取措施, 综合考虑风险成本、工期及措施效果等, 按照最优原则, 将风险降低到可接受的程度, 并加强监测和应急准备	日常管理(落实安全管理、安全管理制度、安全资金投入、现场管理措施)	实时监控(对重大风险源实施全程实时监控, 若异常或超过警戒值, 应及时采取措施)	全面整治(全方面完善设计、调整施工方法和施工组织、加强安全措施、改善施工环境、加强现场管理和提高人员素质)	应急准备(提出重大风险事件的应急预案, 做好事故应急处置准备工作)

## 6.2 风险控制措施

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

6.2.2 专项风险评估应针对重大风险源提出全面、重点突出的防控措施建议, 作为现场安全管理、专项施工方案编制和完善应急预案的依据。

6.2.3 专项风险评估的风险等级为III级及以上时, 应分析可能导致风险事件的主要控制因素, 按照不同风险等级, 制定相应的重大风险源风险控制措施。典型的重大风险源风险控制措施建议可参见附录B。现场施工应建立重大风险源监控和预警预报动态机制, 明确预警预报标准, 按要求对监控数据进行管理, 及时掌握风险的状态和变化趋势, 并将风险基本情况、应急措施告知作业人员。发现异常或超警戒值, 应及时采取措施, 做好风险事件处置预案准备工作。

6.2.4 风险控制措施宜包括调整施工方案(如调整施工顺序、优化施工方法等)、加强安全措施(如采取有效、操作性强的安全管理措施和安全替代措施或加强应急救援措施、进行应急演练等)等, 必要时调整、优化设计方案和设计参数。

### 6.3 风险控制预期效果评价

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

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

6.4.3 采取风险控制措施后预期风险的评价宜采取专家评审方式，成立专家组，专家组成员不应少于3人，专家应具备高级及以上技术职称，并具有10年及以上盾构隧道工程建设管理、施工、监理、勘察设计或风险评估等工作经历。

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

中国公路学会标准征求意见

## 7 风险评估报告编制

### 7.1 一般要求

7.1.1 风险评估报告应反映风险评估过程的全部工作，风险评估过程中的工作记录、采用的评估方法、获得的评估结果、建议的控制措施等均应写入评估报告。

7.1.2 风险评估报告应客观科学、内容全面、数据完整、文字简洁，提出的风险控制措施具有可操作性。

7.1.3 总体风险评估和专项风险评估的最终报告应进行档案管理。

### 7.2 风险评估报告编制内容

7.2.1 总体风险评估报告应包括以下内容：

1) 编制依据：项目风险管理方针及策略、行业相关风险管理的法律法规及制度文件、相关的国家和行业标准规范、项目立项批复文件、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、现场调查资料、设计阶段风险评估成果以及海事、港航、水利、环保等部门作出的与工程建设安全有关的文件等；

2) 工程概况；

3) 风险评估程序及方法；

4) 风险评估内容；

5) 风险控制措施建议；

6) 评估结论：风险等级（各评估对象）、重要性指标清单（指标体系法）、专项风险评估对象、风险控制措施建议、评估结果自我评价及遗留问题说明、附件（评估计算过程、评估人员信息表等）。

7.2.2 施工前专项风险评估报告应包括以下内容：

1) 编制依据：行业相关风险管理的法律法规及制度文件、相关的国家和行业标准规范、项目可行性研究报告、工程地质勘察报告、初步设计文件、施工图设计文件、总体风险评估成果及工程前期的风险评估成果、现场调查资料、第三方检测监测资料等；

2) 工程概况；

3) 风险评估程序及方法；

4) 风险评估内容（包括风险辨识清单、风险分析表及风险估测）；

5) 风险控制措施建议；

6) 评估结论：一般风险源估测汇总表、重大风险源估测汇总表、III级和IV级风险存在的部位和方式等、风险等级汇总、重要性指标清单（指标体系法）、风险防控措施建议、评估结果自我评价及遗留问题说明、附件（评估计算过程、评估人员信息表等）。

7.2.3 施工过程中专项风险评估应形成评估报告，除与施工前专项风险评估报告相同内容外，还应包括重大风险源变化情况、重新评估的风险等级及计算过程、风险控制措施建议等。

7.2.4 风险评估报告宜包括以下内容：

1) 封面（包括评估项目名称、评估单位、报告完成日期）；

2) 扉页一（评估小组负责人及评估人员名单及签名）；

3) 目录；

- 4) 编制说明;
- 5) 正文;
- 6) 附件。

7.2.5 风险控制预期效果评价应形成评价报表, 格式由评价专家组自定, 应包含以下内容:

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

### 7.3 风险评估报告评审

7.3.1 总体风险评估报告或专项风险评估报告(包括施工前专项风险评估报告、施工过程中专项风险评估报表)编制完成后, 应组织评审。

7.3.2 总体风险评估报告应由建设单位组织评审, 专项风险评估报告应由施工单位组织评审。评审应邀请设计、监理(如有)等单位代表和专家参加。评估小组应根据评审意见对评估报告进行修改, 形成最终报告。

中国公路学会标准征求意见稿



附录 A 重要性排序法权重系数表

表 A 重要性排序法权重系数表

权重 系数 $\gamma$ 指标 数量	指标重要性排序													总 权 重 $\Sigma\lambda$
	第 1 项	第 2 项	第 3 项	第 4 项	第 5 项	第 6 项	第 7 项	第 8 项	第 9 项	第 10 项	第 11 项	第 12 项	第 13 项	
一项	1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
二项	0.75	0.25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
三项	0.56	0.33	0.11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
四项	0.44	0.31	0.19	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
五项	0.36	0.28	0.20	0.12	0.04	—	—	—	—	—	—	—	—	1
六项	0.31	0.25	0.19	0.14	0.08	0.03	—	—	—	—	—	—	—	1
七项	0.27	0.23	0.18	0.14	0.10	0.06	0.02	—	—	—	—	—	—	1
八项	0.23	0.20	0.17	0.14	0.11	0.08	0.05	0.02	—	—	—	—	—	1
九项	0.21	0.18	0.16	0.14	0.11	0.09	0.06	0.04	0.01	—	—	—	—	1
十项	0.19	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.07	0.05	0.03	0.01	—	—	—	1
十一项	0.17	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.07	0.06	0.04	0.03	0.01	—	—	1
十二项	0.16	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.01	—	1
十三项	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	1

## 附录 B 公路盾构隧道典型重大风险源风险控制措施建议

B.0.1 按照专项风险评估确定的风险等级，公路盾构隧道掌子面失稳风险事件可从前期调查、掘进前、掘进中、人员培训等方面分别制定风险控制措施，可参照表B.0.1。

**表B.0.1 掌子面失稳风险事件控制措施建议**

控制措施	重大风险(IV级)	较大风险(III级)	一般风险(II级)
(1) 前期调查			
①资料收集	全面收集和掌握工程所在区域场地的工程地质、水文地质和周边环境情况。		尽量收集上述资料。
②不良地质调查	调查隧道沿线范围内不良地质分布情况。		尽量收集上述资料。
③水源及地下管线调查	调查隧道沿线范围内是否存在承压水、河道水位变化、不间断水源补给及隧道周边地下管线所处地层情况。		尽量收集上述资料。
(2) 掘进前			
①盾构机选型	根据地质及水文情况，选取适宜的盾构机系统，确保主轴承密封质量及密封油脂质量，选择合理的刀盘刀具。		
②地层加固方案	根据不良地质及附近水源情况，采取适宜的地层加固措施。		可不采取措施。
③试验段	掘进前 100m 进行试掘进，确定主要掘进参数。		
(3) 掘进中			
①主要掘进参数	根据地质情况选择合适的掘进参数，如掘进速度、总推力、扭矩、刀盘转速、区域油压、泥水循环流量、同步注浆量、盾尾油脂压注量等，维持合理土仓压力、减小压力波动，加强泥浆管理、渣土改良参数和出土量监控，严控超挖和欠挖。		
②泥浆质量/渣土改良效果控制	泥水盾构采用与地层匹配的泥浆技术指标，土压盾构采用与地层匹配的渣土改良技术；加大测试频率，及时调整参数，保证掘进顺利进行。		正常参数匹配。
③盾构姿态控制	盾构姿态保持平稳，少纠偏、勤纠偏，控制出现较大偏差量；合理规划盾构机推进姿态，控制盾构机与线路轴线夹角；合理管片选型，避免过小盾尾间隙。		
④同步注浆控制	根据超挖情况，合理选择注浆率、注浆量与超挖量匹配；注浆速度与推进速度相匹配，确保盾尾脱出区及时有效填充。		
⑤二次补强注浆	穿越后通过管片的预留注浆孔进行二次补强注浆，补充同步注浆未填充部分和体积减少部分。	根据监测情况确定。	
⑥控制出渣量	严格控制出渣量，通过实际出渣量修正相关参数，掘进中进行动态控制，避免过度超挖。		
⑦开仓作业	尽量选择在地层自稳性强、天然含水率小的地段进行常压开仓作业，		

控制措施	重大风险(IV级)	较大风险(III级)	一般风险(II级)
	有条件加固地层时尽量加固后实施；带压作业时，确保专业人员满足进仓工作需求，通过试验确定泥浆指标与压力控制标准，试验保压成功后方可允许带压作业，并加强过程控制。		
⑧盾尾和主轴承密封质量控制	油脂使用量要符合厂家指导标准，保护好盾尾及主轴承密封质量；盾尾油脂压力、主轴承密封压力保持与同步注浆、水土压力相适应。		
(4) 人员培训	应对以下内容进行相关培训： 掌子面失稳事故的危险性； 防止事故发生的对策及注意事项； 检查方法（检查内容及时间）； 监控方法； 发生险情时的应急措施。		

B.0.2 按照专项风险评估确定的风险等级，公路盾构隧道建（构）筑物受损风险事件可从前期调查、穿越前、掘进中、监控量测、报警装置和人员培训等方面分别制定风险控制措施，可参照表B.0.2。

表B.0.2 建（构）筑物受损风险事件控制措施建议

控制措施	重大风险(IV级)	较大风险(III级)	一般风险(II级)
(1) 前期调查			
①资料收集	全面收集和掌握工程所在区域场地的工程地质、水文地质和周边环境情况。		尽量收集上述资料。
②不良地质调查	调查隧道邻近建（构）筑物范围内不良地质分布情况。		尽量收集上述资料。
③现状调查	对邻近建（构）筑物全面调查（包括但不限于建筑物的基础类型、用途、功能、受保护程度；地下管线的接头类型及有无压力；与盾构隧道的空间位置关系），做好现状影像资料采集记录工作。根据现状调查结果确定邻近建（构）筑物的重要性及敏感性。		
④现状评估	对邻近建（构）筑物进行现状检测及技术鉴定。		
(2) 穿越前			
①保护或加固方案	对于抗变形能力较差的建(构)筑物，根据施工前评估结果可预先采取加固地基或采用隔离桩等主动保护措施。		可不采取措施。
②盾构机选型	盾构机选型阶段考虑邻近建（构）筑物的影响。		可不考虑。
③设备调试	做好盾构机设备检查，排除各类故障，确保盾构机处于良好的运行状态，确保盾构机一次性连续穿越，避免在建（构）筑物下长时间停机。		可不考虑。
④试验段	穿越前 100m 进行试掘进，确定主要掘进参数。		可不考虑。
(3) 掘进中			

控制措施	重大风险(IV级)	较大风险(III级)	一般风险(II级)
①主要掘进参数	根据地质情况选择合适的掘进参数，如掘进速度、总推力、扭矩、刀盘转速、区域油压、泥水循环流量、同步注浆量、盾尾油脂压注量等，维持合理土仓压力、减小压力波动，加强泥浆管理、渣土改良参数和出土量监控，严控超挖和欠挖。		
②泥浆质量/渣土改良效果控制	泥水盾构采用与地层匹配的泥浆技术指标；土压盾构采用与地层匹配的渣土改良技术；加大测试频率，及时调整参数，保证掘进顺利进行。	正常参数匹配。	
③盾构姿态控制	盾构姿态保持平稳，少纠偏、勤纠偏，控制出现较大偏差量；合理规划盾构机推进姿态，控制盾构机与线路轴线夹角；合理管片选型，避免过小盾尾间隙。		
④同步注浆控制	根据超挖情况，合理选择注浆率，注浆量与超挖量匹配；注浆速度与推进速度相匹配，确保盾尾脱出区及时有效填充。		
⑤二次补强注浆	穿越后通过管片预留注浆孔进行二次补强注浆，补充同步注浆未填充部分和体积减少部分。	根据监测情况确定。	
⑥盾尾和主轴承密封质量控制	油脂使用量符合厂家指导标准，保护好盾尾及主轴承密封质量；盾尾油脂压力、主轴承密封压力保持与同步注浆、水土压力相适应。		
⑦管片拼装质量	确保管片拼装精度，防止出现椭圆形或错台，管片不得有内外贯穿裂缝和宽度大于 0.2mm 的裂缝及混凝土剥落现象，确保管片防水密封质量。		
⑧开仓作业	尽量选择在地层自稳性强、天然含水率小的地段进行常压开仓作业，有条件加固地层时尽量加固后实施；带压作业时，确保专业人员满足进仓工作需求，通过试验确定泥浆指标与压力控制标准，试验保压成功后方可允许带压作业，并加强过程控制。		
(4) 监控量测	开展过程信息化施工，加强建(构)筑物监控量测，及时掌握建(构)筑物变形情况，根据监测情况，调整盾构机掘进参数。		
	增加监控量测频率。	不良地质段应增加频次。	
(5) 警报装置	根据使用功能建立相关方参加的警报与应急撤离机制。		
(6) 人员培训	应对以下内容进行相关培训： 建(构)筑物受损事故的危险性； 防止事故发生的对策及注意事项； 检查方法（检查内容及时间）； 监控方法； 发生险情时的应急措施。		

B.0.3按照专项风险评估确定的风险等级，公路盾构隧道突水风险事件可从前期调查、掘进前、掘进中、监控量测、警报装置、应急措施、人员培训等方面分别制定风险控制措施，可参照表B.0.3。

表B.0.3 突水风险事件控制措施建议

控制措施	重大风险(IV级)	较大风险(III级)	一般风险(II级)
(1) 前期调查			
①资料收集	全面收集和掌握工程所在区域场地的工程地质、水文地质、极端天气（暴雨、台风）和周边环境情况。		尽量收集上述资料。
②不良地质调查	调查隧道沿线范围内不良地质分布情况。		尽量收集上述资料。
③水源及地下管线调查	调查隧道沿线范围内是否存在承压水、河道水位变化、不间断水源补给及隧道（含联络通道及端头处）周边地下管线所处地层情况。		尽量收集上述资料。
(2) 掘进前			
①盾构机选型	根据工程地质及水文地质情况，选取适宜的盾构机系统，确保盾尾刷密封质量、主轴承密封质量及密封油脂质量。		
②地层加固方案	根据不良地质及附近水源情况，采取适宜的地层加固措施。		可不采取措施。
③辅助措施	严格控制始发端或接收端反力架/接收托架强度及加工质量。		
	端头采用适合地层特点的加固措施、降水措施或采用钢套筒辅助始发接收。		端头采用袖阀管注浆加固。
	零环管片处增设刚性密封装置止水止砂。	始发和接收段安装橡胶止水帘布。	
(3) 掘进中			
①主要掘进参数	根据地质情况选择合适的掘进参数，如掘进速度、总推力、扭矩、刀盘转速、区域油压、泥水循环流量、同步注浆量、盾尾油脂压注量等，维持合理土仓压力、减小压力波动，加强泥浆管理、渣土改良参数和出土量监控，严控超挖和欠挖。		
②泥浆质量/渣土改良效果控制	泥水盾构采用与地层匹配的泥浆技术指标；土压盾构采用与地层匹配的渣土改良技术；加大测试频率，及时调整参数，保证掘进顺利进行。		正常参数匹配。
③盾尾和主轴承密封质量控制	油脂使用量符合厂家指导标准，保护好盾尾及主轴承密封质量；盾尾油脂压力、主轴承密封压力保持与同步注浆、水土压力相适应。		
④同步注浆控制	根据超挖情况，合理选择注浆率，注浆量与超挖量匹配；注浆速度与推进速度相匹配，确保盾尾脱出区及时有效填充。		
⑤二次补强注浆	穿越后通过管片预留注浆孔进行二次补强注浆，补充同步注浆未填充部分和体积减少部分。	根据监测情况确定。	
⑥盾构姿态控制	盾构姿态保持平稳，少纠偏、勤纠偏，控制出现较大偏差量；合		

控制措施	重大风险(IV级)	较大风险(III级)	一般风险(II级)
	理规划盾构机推进姿态，控制盾构机与线路轴线夹角；合理管片选型，避免过小盾尾间隙。		
⑦管片拼装质量	确保管片拼装精度，防止出现椭圆形或错台，管片不得有内外贯穿裂缝和宽度大于 0.2mm 的裂缝及混凝土剥落现象，确保管片防水密封质量。		
(4) 监控量测	开展过程信息化施工，加强盾构机姿态测量和地面监控量测，及时反馈信息以调整盾构机掘进参数。		
	增加监控量测频率。	不良地质路段应增加频次。	
(5) 警报装置	建立相关方参加的警报与应急撤离机制。		
(6) 应急措施			
①应急器械	应将紧急情况下使用器械设置在必要的位置上，并将其位置及使用方法通知相关人员。		
②排水设备	根据预测涌水量、隧道断面积、隧道长度、坡度等因素，设置有充分排水能力的排水设备，排水设备抽水能力应较设计抽水量有所富余。		
③抽排设备用电管理	部分长距离、高埋深隧道应设置抽排设备专用高压线路，有条件设置双回路，以免大流量涌水地段停电造成隧道被淹。		
④避难训练	进行紧急情况避险训练。		
⑤救护训练	进行紧急情况人员救护训练。		
(7) 人员培训	培训围绕下列内容进行： 突水的危险性； 防止事故发生、控制险情扩大、次生灾害发生的措施及注意事项； 检查方法； 发生紧急情况时的对策。		

B.0.4按照专项风险评估确定的风险等级，公路盾构隧道盾构机损伤风险事件可从前期调查、掘进前、掘进中、监控量测、警报装置、人员培训等方面分别制定风险控制措施，可参照表B.0.4。

表B.0.4 盾构机损伤风险事件控制措施建议

控制措施	重大风险(IV级)	较大风险(III级)	一般风险(II级)
(1) 前期调查			
①资料收集	全面收集和掌握工程所在区域场地的工程地质、水文地质和周边环境情况。		尽量收集上述资料。
②不良地质调查	调查隧道沿线范围内不良地质分布情况。		尽量收集上述资料。
③水源及地下管线调查	调查隧道沿线范围内是否存在承压水、河道水位变化、不间断水源补给及隧道周边地下管线所处地层情况。		尽量收集上述资料。
(2) 掘进前			
①盾构机选型	根据工程地质及水文地质情况，选取适宜的盾构机系统，确保主轴承密封质量及密封油脂质量，选择合理的刀盘刀具。		
②试验段	掘进前 100m 进行试掘进，确定主要掘进参数。		

控制措施	重大风险(IV级)	较大风险(III级)	一般风险(II级)
(3) 掘进中			
①主要掘进参数	根据地质情况选择合适的掘进参数，如掘进速度、总推力、扭矩、刀盘转速、区域油压、泥水循环流量、同步注浆量、盾尾油脂压注量等，维持合理土仓压力、减小压力波动，加强泥浆管理、渣土改良参数和出土量监控，严控超挖和欠挖。		
②泥浆质量/渣土改良效果控制	泥水盾构采用与地层匹配的泥浆技术指标；土压盾构采用与地层匹配的渣土改良技术；加大测试频率，及时调整参数，保证掘进顺利进行。	正常参数匹配。	
③盾尾和主轴承密封质量控制	油脂使用量符合厂家指导标准，确保盾尾及主轴承密封质量；盾尾油脂压力、主轴承密封压力保持与同步注浆、水土压力相适应。		
④同步注浆控制	根据超挖情况，合理选择注浆率，注浆量与超挖量匹配；注浆速度与推进速度相匹配，确保盾尾脱出区及时有效填充。		
⑤二次补强注浆	穿越后通过管片预留注浆孔进行二次补强注浆，补充同步注浆未填充部分和体积减少部分。	根据监测情况确定。	
⑥盾构姿态控制	盾构姿态保持平稳，少纠偏、勤纠偏，控制出现较大偏差量；合理规划盾构机推进姿态，控制盾构机与线路轴线夹角；合理管片选型，避免过小盾尾间隙。		
⑦开仓作业	尽量选择在地层自稳性强、天然含水率小的地段进行常压开仓作业，有条件加固地层时尽量加固后实施；带压作业时，确保专业人员满足进仓工作需求，通过试验确定泥浆指标与压力控制标准，试验保压成功后方可允许带压作业，并加强过程控制。		
(4) 监控量测	开展过程信息化施工，加强盾构机姿态的测量、刀具磨损量检查，盾尾密封及主轴承密封效果检查和地面监控量测，及时反馈信息以调整盾构机掘进参数。		
	增加监控量测频率。	不良地质段应增加频次。	
(5) 警报装置	建立相关方参加的警报与应急撤离机制。		
(6) 人员培训	应对以下内容进行相关培训： 盾构机受损事故的危险性； 防止事故发生的对策及注意事项； 检查方法（检查内容及时间）； 监控方法； 发生险情时的应急措施。		

## 用词说明

1 本指南执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 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”。

2) 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”。

3) 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) 当引用的标准为国家标准或行业标准时，表述为“应符合《×××××》(×××)的有关规定”。

2) 当引用本指南中的其他规定时，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”“应按本指南第×.×.×条的有关规定执行。”

中国公路学会标准征求意见稿