

ICS 点击此处添加 ICS 号  
点击此处添加中国标准文献分类号

DB\*\*

山 西 省 地 方 标 准

DB XX/T XXXX—XXXX

# 公路黄土隧道施工安全风险评估指南

Technical regulations for disassembling and replacing lining of highway tunnel

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

山西省市场监督管理局

XXXX - XX - XX 实施

发布



# 目 次

前 言 .....	II
公路黄土隧道施工安全风险评估指南 .....	错误! 未定义书签。
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 一般规定 .....	2
5 总体风险评估 .....	2
6 专项风险评估 .....	4
附表 1 隧道工程施工风险源风险分析表 .....	11

## 前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山西省交通运输厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西省交通科技研发有限公司、山西交科公路勘察设计院有限公司、山西交通科学研究院集团有限公司。

本文件主要起草人：何信、宿钟鸣、庞新刚、赵雪峰、张川川、祝华杰、郭震山、毛敏、申雁鹏、臧博、汪贤安、宋敏、肖明琦、朱小林、郭佳旺

# 公路黄土隧道施工安全风险评估指南

## 1 范围

本文件规定了公路黄土隧道施工安全风险评估的一般规定、总体风险评估和专项风险评估的基本要求。

本文件适用于纯黄土的公路隧道或土岩结合围岩条件下黄土段落隧道的施工安全风险评估。

## 2 规范性引用文件

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

JTG C20 公路工程地质勘察规范

JTG D70 公路隧道设计规范

JTG F60 公路隧道施工技术规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准

JTG H30 公路养护安全作业规程

JTG/T D70 公路隧道设计细则

JT/T 1375.1 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 1375.3 公路水运工程施工安全风险评估指南第3部分：隧道工程

山西省交通运输厅公路建设项目高危工程施工安全强制性要求 晋交公字[2009]327号(试行)

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 事故

可能造成工程发生人员伤亡、经济损失、环境影响、工期延误或工程耐久性降低等不利事件。

### 3.2 风险

某一事故发生的可能性和严重程度的组合。

### 3.3 孕育环境

潜在发生事故的各种工程场地区域、周边环境、施工工艺及管理方案等。

### 3.4 风险源

也可称为致险因子，是指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。

### 3.5 风险辨识

通过对工程施工过程进行系统分解，调查各施工工序潜在的事故类型的过程。

### 3.6 风险分析

采用系统安全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，确定主要的物的不安全状态和人的不安全行为。

### 3.7 风险估测

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数量估算，并根据制定的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的过程。

### 3.8 施工安全风险评估

针对工程施工过程中各项作业活动、作业环境、施工设备、危险物品等所潜在风险进行风险源辨识、风险分析、风险估测的系列工作。

### 3.9 一般风险源

指风险源相对简单，影响因素间关联性较低，运用一般知识与经验即可防范的风险源。

### 3.10 重大风险源

指风险源相对比较复杂，存在较大的不可预见性，引发的事故严重性较大，必须从结构设计、环境因素、施工方法、安全管理等角度进行控制和防范的风险源。

## 4 一般规定

4.1 黄土隧道施工安全总体风险评估，是指开工前根据黄土隧道特殊的围岩地质条件、周边环境、隧道洞口偏压情况、隧道规模等孕险环境与致险因子，评估黄土隧道工程整体风险，估测其安全风险等级。

4.2 本指南采用风险指标体系法进行总体风险评估。

4.3 经过总体风险评估，对Ⅲ级（较大风险）及以上等级的黄土隧道工程，需组织专项风险评估。

4.4 专项风险评估时以总体风险等级为Ⅲ级（较大风险）及以上等级的黄土隧道工程中的施工作业活动作为评估对象，分解其施工作业程序，结合作业特点、围岩条件、环境因素等致险因子，辨识施工作业活动中的典型事故类型，建立风险源清单，并通过风险分析和估测，确定重大风险源。根据其风险等级，按照风险可接受准则确定相应的风险控制措施。

## 5 总体风险评估

### 5.1 总体风险评估指标

黄土隧道施工安全总体风险评估主要考虑隧道地质条件、建设规模、气候与地形条件等评估指标。评估指标的分类、赋值标准可参见表5-1。

表 5-1 黄土隧道总体风险评估质保体系

项别	评估指标	分级	分值	说明
建设规模 $B_{db}$	隧道长度 $B_{db-1}$	$1000m \leq B_{db-1} < 3000m$	7	根据设计文件确定
		$500m \leq B_{db-1} < 1000m$	4	
		$B_{db-1} < 500m$	1	
	隧道开挖跨度 $B_{db-2}$	$9m \leq B_{db-2} < 14m$	4	根据设计文件确定 (隧道主线主要考虑正洞开挖跨度)
$B_{db-2} < 9m$		1		
地质条件 $G_{db}$	围岩条件 $G_{db-1}$	V级围岩累计长度 $700m \leq G_{db-1}$ 的长、特长隧道 V级围岩累计长度 $350m \leq G_{db-1} < 700m$ 的中隧道 V级围岩累计长度 $200m \leq G_{db-1} < 350m$ 的短隧道	7	根据地质勘察资料、 设计文件确定
		V级围岩累计长度 $G_{db-1} < 700m$ 的长、特长隧道 V级围岩累计长度 $G_{db-1} < 350m$ 的中隧道 V级围岩累计长度 $G_{db-1} < 200m$ 的短隧道	1	
		预测涌水量 $G_{db-2}$	$5000m^3/d \leq G_{db-2} < 10000m^3/d$	
	$2000m^3/d \leq G_{db-2} < 5000m^3/d$		2	
	$G_{db-2} < 2000m^3/d$		1	
	落水洞情况 $G_{db-3}$	隧道洞口及洞身范围内存在落水洞或贯通陷穴	12	
		隧道洞身范围内存在落水洞或贯通陷穴	6	
隧道范围内不存在落水洞或贯通陷穴		0		
环境海拔 $H_{db}$	$H_{db} \geq 3500m$	1	根据地质勘察资料、 设计文件确定	
	$3000m \leq H_{db} < 3500m$	4		
	$2000m \leq H_{db} < 3000m$	3		
	$H_{db} < 2000m$	2		
隧道埋深 $S_{db}$	$400m \leq S_{db} < 800m$	12	根据地质勘察资料、 设计文件确定	
	$50m \leq S_{db} < 400m$	1		
	$S_{db} < 50m$	12		
洞口特征 $C_{db}$	洞口地址特征 $C_{db-1}$	洞口围岩松散, 存在失稳可能	7	根据地质勘察资料、 设计文件并结合现场 调查确定
		洞口位于地形陡峭、容易产生崩塌的位置	4	
		洞口边仰坡较稳定	0	
	洞口偏压角度 $C_{db-2}$	$C_{db-2} \geq 25^\circ$	7	洞口偏压角度是指隧 道轴线与隧道入口处 边坡面倾向间的夹角 (锐角), 具体根据设 计文件确定
$C_{db-2} < 25^\circ$		1		
年均降雨量 $W_{db}$	$W_{db} \geq 2000m$	1.20	根据气象资料确定 (近 5 年降雨量平均 值)	
	$1500m \leq W_{db} < 2000m$	1.10		
	$800m \leq W_{db} < 1500m$	1.05		
	$W_{db} < 800m$	1.00		
资料完整性 $D$	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; 否则取大值	
	地质水文资料不完整, 岩土计算参数选取依据较充分	1.10		
	地质水文资料不完整, 岩土计算参数选取依据充分	1.00		

## 5.2 总体风险评估计算

隧道工程施工安全总体风险大小计算公式为:

$$R_{db} = (B_{db-1} + B_{db-2}) + D (G_{db-1} + G_{db-2} + G_{db-3}) + H_{db} + S_{db} + W_{db} \times (C_{db-1} + C_{db-2}) \quad (1)$$

式中：

- $R_{db}$ —隧道施工安全总体风险评估分值
- $B_{db-1}$ —隧道长度赋分值, 取值见表3;
- $B_{db-2}$ —隧道开挖跨度赋分值, 取值见表3;
- $D$ —资料完整性对隧道地质条件的修正系数, 取值见表3;
- $G_{db-1}$ —围岩条件赋分值, 取值见表3;
- $G_{db-2}$ —预测涌水量赋分值, 取值见表3;
- $G_{db-3}$ —落水洞情况赋分值, 取值见表3;
- $H_d$ —环境海拔赋分值, 取值见表3;
- $S_{db}$ —隧道埋深赋分值, 取值见表3;
- $W_{db}$ —年均降雨量对隧道洞口特征的修正系数, 取值见表3;
- $C_{db-1}$ —洞口地质特征赋分值, 取值见表3;
- $C_{db-2}$ —洞口偏压角度赋分值, 取值见表3;
- $W_{db} \times (C_{db-1} + C_{db-2})$ —取隧道进口、出口计算结果的较大值。

### 5.3 总体风险评估等级

计算得到总体风险值 $R$ 后, 对照表5-2确定黄土隧道施工安全中体风险等级。

表 5-2 隧道工程施工安全总体风险等级

风险等级	计算分值 $R$
等级IV (重大风险)	$R_{db} \geq 45$
等级III (较大风险)	$35 \leq R_{db} < 45$
等级II (一般风险)	$20 \leq R_{db} < 35$
等级I (低风险)	$R_{db} < 20$

总体施工安全风险等级在III级 (较大风险) 及以上的隧道工程, 应纳入专项风险评估的范围。评估小组根据总体风险评估情况, 提出专项风险评估中需要重点评估的风险源。其他风险等级的隧道工程, 也应视情况确定是否开展专项风险评估。

## 6 专项风险评估

专项风险评估的基本程序包括: 风险源普查、辨识、分析, 并针对重大风险源进行估测、控制。

### 6.1 风险源辨识

6.1.1. 风险源辨识是风险评估的基础, 包括三个步骤: 工程资料的收集整理、施工作业程序分解、施工作业可能发生的安全事故辨识。

6.1.2. 评估小组应先进行现场踏勘, 收集风险评估相关的基础资料, 主要包括:

- (1) 类似工程事故资料;
- (2) 本工程相关设计及施工文件资料;
- (3) 工程区域内水文、地质、气候等资料;
- (4) 工程可行性研究报告、工程地质勘察报告、初步设计文件、施工图设计文件及工程施工组织设计文件等资料;
- (5) 工程区域内的建 (构) 筑物 (含管线、民防设施、铁路、公路等) 资料;
- (6) 上阶段风险评估的成果;

(7) 其他与风险源辨识对象相关的资料。

6.1.3施工作业程序分解包括分部分项工程及工序（单位）作业划分。可参照《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80），以及施工组织设计文件所确定的施工工艺，将公路黄土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，明确单位作业主要工序、施工方法、作业程序、机械设备和建筑材料等特点。

6.1.4黄土隧道施工作业程序分解情况可参见表6-1。

表 6-1 黄土隧道施工作业程序分解表

分部工程	分项工程	单位作业		
洞口工程	洞口开挖	1	清表作业	
		2	挖掘作业	
		3	边仰坡喷锚防护	
		4	截水天沟施作	
		5	超前大管棚	
		6	支护钢拱架	
		7	喷射混凝土	
洞身开挖	洞内运输	1	机械开挖	
		2	通风	
		3	装渣、卸渣	
洞身衬砌	初期支护	1	超前支护或超前小导管	
		2	立拱架	
		3	铺设钢筋网	
		4	打设锁脚锚管	
		5	初支仰拱闭合成环	
		6	喷射混凝土	
	二次衬砌	二次衬砌	1	铺设防水层
			2	绑扎二次衬砌钢筋
			3	浇筑二次衬砌混凝土
			4	填充仰拱混凝土

通过与现场施工人员座谈、评估小组讨论、专家咨询、工程类比等方式，结合JT/T 1375.3中关于公路隧道施工作业活动与典型事故类型对照表，分析评估单元中可能出现的典型事故类型，形成隧道工程施工风险源普查清单参见表6-2。

表 6-2 风险源普查清单

序号	风险源	风险事件
1	洞口开挖	洞口失稳、坍塌、机械伤害、触电、高处坠落、物体打击
2	洞内运输	机械伤害、车辆伤害
3	初期支护	坍塌、物体打击、机械伤害、触电
4	二次衬砌	物体打击、高处坠落

## 6.2 风险分析

6.2.1评估小组从人、机、料、法、环五个方面分析导致隧道施工事故的致险因子进行分析，并采用鱼刺图法对隧道进行分析，分析见图6-1。

(1) 人，指有关作业人员的素质，包括责任感、安全意识、技能水平等；

- (2) 机，指机械、设备等是否运行正常，是否具有本质安全性；
- (3) 料，材料本身的特性、材质、规格等符合安全要求；
- (4) 法，指作业方式、工艺、方法和技术措施符合安全要求；
- (5) 环，指人的作业环境，机械设备的工作环境。

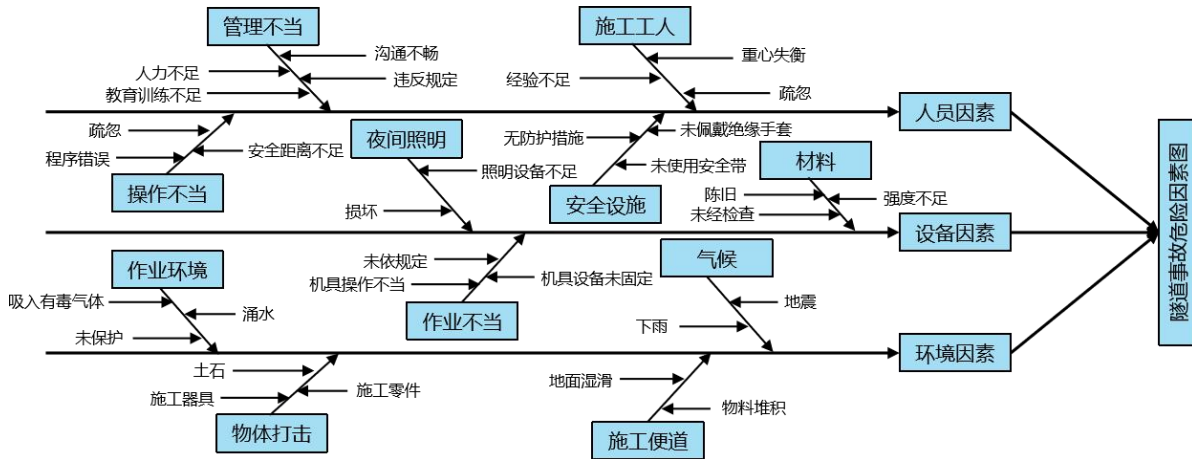


图6-1 鱼刺图法进行事故致因分析

6.2.2 风险源风险分析表参见附表1。

### 6.3 重大风险源风险估测

6.3.1 重大风险源应按照JT/T 1375.3中推荐的评估法动态风险估测。

6.3.2 事故可能性、事故严重程度和专项风险等级按照JT/T 1375.3中要求执行。

6.3.3 隧道工程施工安全重大风险源风险估测采用定性与定量相结合方法。事故严重程度的估测方法推荐采用专家调查法。事故可能性的估测方法推荐采用指标体系法。

6.3.4 事故严重程度，主要从人员伤亡，直接经济损失两个方面进行估算，等级标准参照JT/T 1375.3中要求执行。当多种后果同时产生时，应采用就高原则确定事故严重程度等级。

6.3.5 物的不安全状态引起的事故可能性，应根据事故类型选择适当的评估指标来确定其等级，本文件列出了坍塌和洞口失稳事故的评估指标，其他事故类型可参考JT/T 1375.3的原则和思路进行确定评估指标。

6.3.6 人的因素及施工管理引发的事故可能性的评估参考JT/T 1375.3。

6.3.7 根据隧道类型和地质，水文等相关资料完整性，按照表6-3规定的修正系数对风险事件可能性评估分值进行修正。

表 6-3 隧道类型、资料完整性对风险事件可能性评估分值的修正系数

评估指标	分类	分值	说明
隧道类型 $D_1$	连拱隧道	1.10	适用于钻爆法隧道施工。根据设计文件确定。多洞隧道可根据其间距分别参照连拱隧道和小净距隧道确定修正系数
	小净距隧道	1.05	
	分离式隧道	1.00	
资料完整性 $D_2$	地质、水文资料不完整，岩土计算参数选取依据欠充分	1.20	适用于钻爆法和盾构法隧道施工。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；否则取大值
	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	1.00	

	充分		
--	----	--	--

6.3.8 隧道施工前洞口失稳风险事件的可能性，按隧道主线洞口的工程条件确定评估区段，评估指标体系见表6-4。洞口失稳风险事件可能性分值按公式（1）计算：

$$P_{db1} = D_1 \times D_2 \times [(X_{db1-11} + X_{db1-21} \times X_{db1-22}) \times (X_{db1-31} + X_{db1-32} - 1) \times X_{db1-41}] \quad (2)$$

式中：

$P_{db1}$ —坍塌风险事件可能性评估分值；

$X_{db1-11}$ —隧道开挖跨度赋分值，取值见表 6-4；

$X_{db1-21}$ —洞口浅埋段长度赋分值，取值见表 6-4；

$X_{db1-22}$ —洞口偏压角度赋分值，取值见表 6-4；

$X_{db1-31}$ —围岩级别赋分值，取值见表 6-4；

$X_{db1-32}$ —黄土含水率赋分值，取值见表 6-4；

$X_{db1-41}$ —年均降雨量与施工季节赋分值，取值见表 6-4。

表 6-4 洞口失稳风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分级	分值范围	说明
建设规模 $X_{db1-1}$	隧道开挖跨度 $X_{db1-11}$	$X_{db1-11} \geq 18 \text{ m}$	12	根据设计文件确定（隧道主线主要考虑正洞开挖跨度）。分值按隧道开挖跨度线性内插取值
		$14 \text{ m} \leq X_{db1-11} < 18 \text{ m}$	6~12	
		$9 \text{ m} \leq X_{db1-11} < 14 \text{ m}$	3~6	
		$X_{db1-11} < 9 \text{ m}$	0~3	
地形特征 $X_{db1-2}$	洞口浅埋段长度 $X_{db1-21}$	$X_{db1-21} \geq 50 \text{ m}$	7	根据地质勘察资料、设计文件确定。分值按洞口浅埋段长度线性内插取值
		$30 \text{ m} \leq X_{db1-21} < 50 \text{ m}$	4~7	
		$10 \text{ m} \leq X_{db1-21} < 30 \text{ m}$	1~4	
		$X_{db1-21} < 10 \text{ m}$	0~1	
	洞口偏压角度 $X_{db1-22}$	$X_{db1-22} \geq 25^\circ$	1.5	根据地质勘察资料、设计文件确定
		$X_{db1-22} < 25^\circ$	1.0	
地质条件 $X_{db1-3}$	围岩级别 $X_{db1-31}$	VI级	2.0	根据设计文件确定
		V级	1.5	
		IV级	1.1	
	黄土含水率 $X_{db1-32}$	极高含水率 $X_{db1-32} \geq 25$	2.0	根据地质勘察资料、设计文件及现场勘察确定。
		高含水率 $17 \leq X_{db1-32} < 25$	1.5	
		一般含水率 $10 \leq X_{db1-32} < 17$	1.1	
		低含水率 $X_{db1-32} < 10$	1.0	

气象条件 $X_{db1-4}$	年均降雨量与 施工季节 $X_{db1-41}$	$X_{db1-4} \geq 2000$ mm 或雨季施工, 施工周期中可能出现暴雨	1.3	根据隧道所在区域的年均降雨量确定。如没有过去 5 年的年均降雨量资料, 可用当地的年均降雨量数据代替 5 年的年均降雨量。宜避免雨季施工, 若在雨季施工, 降雨量越大, 持续时间越长, 发生风险事件的可能性越大
		$1500 \text{ mm} \leq X_{db1-4} < 2000$ mm 或雨季施工, 施工周期中可能出现大雨	1.2	
		$800 \text{ mm} \leq X_{db1-4} < 1500$ mm 或雨季施工, 施工周期中可能出现中雨	1.1	
		$X_{db1-4} < 800$ mm 或旱季施工	1.0	

计算得出 $P_{db1}$ 后, 根据 $P_{db1}$ 值对照表6-5确定施工隧道发生洞口失稳风险事件的可能性等级。

表 6-5 隧道洞口失稳风险事件可能性等级

计算分值	可能性等级描述	等级
$P_{db1} \geq 24$	很可能	5
$14 \leq P_{db1} < 24$	可能	4
$9 \leq P_{db1} < 14$	偶然	3
$6 \leq P_{db1} < 9$	可能性很小	2
$P_{db1} < 6$	几乎不可能	1

6.3.9隧道施工前坍塌风险事件的可能性, 按隧道围岩等级确定评估区段, 评估指标体系见表6-6。评估区段坍塌风险事件可能性分值按公式(2)计算:

$$P_{db2} = D_1 \times D_2 \times (X_{db2-11} + X_{db2-21} \times X_{db2-22} + X_{db2-31} \times X_{db2-33} + X_{db2-32}) \quad (3)$$

式中:

$P_{db2}$ —坍塌风险事件可能性评估分值;

$X_{db2-11}$ —隧道开挖跨度赋值, 取值见表 6-6;

$X_{db2-21}$ —浅埋层厚度与覆跨比赋值, 取值见表 6-6;

$X_{db2-22}$ —浅埋隧道偏压角度赋值, 取值见表 6-6;

$X_{db2-31}$ —围岩级别赋值, 取值见表 6-6;

$X_{db2-32}$ —塑性指数赋值, 取值见表 6-6;

$X_{db2-33}$ —黄土含水率赋值, 取值见表 6-6。

表 6-6 坍塌风险事件可能性评估指标

项别	评估指标	分级	分值范围	说明
建设规模 $X_{db2-1}$	隧道开挖跨度 $X_{db2-11}$	$X_{db2-11} \geq 18$ m	12	根据设计文件确定(隧道主线主要考虑正洞开挖跨度)。分值按隧道开挖跨度线性内插取值
		$14 \text{ m} \leq X_{db2-11} < 18$ m	6~12	
		$9 \text{ m} \leq X_{db2-11} < 14$ m	3~6	
		$X_{db2-11} < 9$ m	0~3	

地形特征 $X_{db2-2}$	浅埋层厚度与覆跨比 $X_{db2-21}$	厚度小于 10 m	12	根据地质勘察资料、设计文件确定。当浅埋层厚度小于 10m 时, 不考虑覆跨比; 当浅埋层厚度大于 60m 时, 分值为 0; 其他情况按覆跨比线性内插取值
		覆跨比为 0~2	12~6	
		覆跨比为 2~4	6~3	
		覆跨比等于或大于 4	3~0	
	浅埋隧道偏压角度 $X_{db2-22}$	$X_{db2-22} \geq 25^\circ$	1.5	根据地质勘察资料、设计文件确定。浅埋隧道偏压角度是指隧道浅埋段横剖面与地面交线的倾角
		$X_{db2-22} < 25^\circ$	1.0	
地质条件 $X_{db2-3}$	围岩级别 $X_{db2-31}$	VI 级	12	根据设计文件确定
		V 级	8	
		IV 级	5	
	塑性指数 $X_{db2-32}$	砂质黄土 $X_{db2-32} < 6$	12	根据地质勘察资料、设计文件确定
		粉质黄土 $6 \leq X_{db2-32} < 17$	6	
		黏质黄土 $X_{db2-32} \geq 17$	3	
	黄土含水率 $X_{db2-33}$	极高含水率 $X_{db1-32} \geq 25$	1.3	根据地质勘察资料、设计文件确定
		高含水率 $17 \leq X_{db1-32} < 25$	1.2	
		一般含水率 $10 \leq X_{db1-32} < 17$	1.1	
		低含水率 $X_{db1-32} < 10$	1.0	

计算得出  $P_{db2}$  后, 根据  $P_{db2}$  值对照表 6-7 确定施工隧道发生坍塌风险事件的可能性等级。

表 6-7 隧道施工坍塌风险事件可能性等级标准

计算分值	可能性等级描述	等级
$P_{db2} \geq 26$	很可能	5
$18 \leq P_{db2} < 26$	可能	4
$13 \leq P_{db2} < 18$	偶然	3
$8 \leq P_{db2} < 13$	可能性很小	2
$P_{db2} < 8$	几乎不可能	1

## 6.4 风险控制

6.4.1 一般要求按照《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）和《公路水运工程施工安全风险评估指南第3部分：隧道工程》（JT/T 1375.3-2024）中要求执行。

6.4.2 一般风险源控制措施按照 JT/T 1375.1 和 JT/T 1375.3 中相关要求执行。

6.4.3 重大风险源应按照隧道工程专项风险评估的结论, 充分考虑工程实际情况, 按照不同风险等级, 制定相适宜的风险控制措施。典型的重大风险源控制措施建议可参见附表2。

6.4.4 现场施工应建立重大风险源监控和预警预报体系, 明确预警预报标准, 通过对施工监控数据的动态管理, 及时掌握其发展状态, 发现异常或超过警戒值, 应及时采取规避措施做好风险事故处理准备工作。

6.4.5专项风险等级达到Ⅲ级(较大风险)及以上的施工作业活动或施工区段，其重大风险源的监控与防治措施、应急预案，应按规定组织论证或复评估后方可实施。

附表 1 隧道工程施工风险源风险分析表

序号	施工作业内容	潜在事故内容	致险因子	受伤害人类型	伤害程度	不安全状态	不安全行为
1	洞口开挖	坍塌	违章作业 安全设施缺陷	作业人员本身和其他人员	重伤、死亡	1.支护不当。 2.施工方法不符合设计要求。 3.围岩破碎施工难度大。 4.无排水设施。 5.洞口仰坡未能及时处理。 6.洞口边坡有裂缝未能及时处理。 7.洞顶危土、石坍塌。 8.洞顶没有及时支护。	1.开动、关停机器未给信号； 2.操作错误。 3.洞门开挖时没有按规定从上往下挖。
		机械伤害	操作不当 机械故障	作业人员本身	轻、重伤	1.机械传动部位防护缺失。 2.设备带“病”运转。 3.机具、材料堆放不规范。 4.未设置安全防护。	1.作业人员疲劳操作。 2.个人安全防护意识差。
		触电	违章作业 设备缺陷	作业人员本身和其他人员	重伤、死亡	1.线路架设不规范。 2.电线磨损破损、老化绝缘不良。 3.漏电保护失灵。 4.手持电器绝缘不良。	1.非操作人员无证上岗。 2.个人防护意识差。
		洞口失稳	违章作业 安全设施缺陷	作业人员本身和其他人员	重伤、死亡	1.边坡坡率过小、排水设施失效。 2. 边坡上方荷载过大。	1.违章操作。 2.个体防护意识差。
		物体打击	违章作业 安全设施缺陷	作业人员本身和其他人员	轻、重伤	1.坡顶有松散物料。 2.头顶放置的物料未固定。	1.作业人员安全防护意识差。 2.违章操作。 3.未正确佩戴劳动防护用品。
		高处坠落	违章作业	作业人员本身	重伤、死亡	1.坡顶周边防护缺失。	作业人员高处临边作业时未佩

序号	施工作业内容	潜在事故内容	致险因子	受伤害人类型	伤害程度	不安全状态	不安全行为
			安全设施缺陷			2.爬梯设置不符合要求。	戴安全带。
2	洞内运输	车辆伤害	运输车辆	作业人员本身及其他人员	重伤、死亡	1.车辆本身故障。 2.疲劳驾驶。 3.无交通管制。	1.违章驾驶。 2.违章指挥。
		机械伤害	操作不当机械故障	作业人员本身	轻、重伤	1.机械传动部位防护缺失。 2.设备带“病”运转。 3.机具、材料堆放不规范。 4.未设置安全防护。 5.维修保养设备时不按规定停机伤人。	1.作业人员疲劳操作。 2.个人安全防护意识差。
3	初期支护	坍塌	违章作业 安全设施缺陷	作业人员本身及其他人员	重伤、死亡	1.安全防护设施不符合规定。 2.照明光线不足。	1.违章操作。
		物体打击	违章作业 安全设施缺陷	作业人员本身和其他人员	轻、重伤	1.机械传动部位防护缺失。 2.设备带“病”运转。 3.机具、材料堆放不规范。 4.未设置安全防护。	1.作业人员安全防护意识差。 2.违章操作。 3.未正确佩戴劳动防护用品。
		机械伤害	操作不当机械故障	作业人员本身	轻、重伤	1.机械传动部位防护缺失。 2.设备带“病”运转。 3.机具、材料堆放不规范。 4.未设置安全防护。	1.作业人员疲劳操作。 2.个人安全防护意识差。
		触电	违章作业 设备缺陷	作业人员本身和其他人员	重伤、死亡	1.线路架设不规范。 2.电线磨损破损、老化绝缘不良。 3.漏电保护失灵。 4.手持电器绝缘不良。	1.非操作人员无证上岗。 2.个人防护意识差。

序号	施工作业内容	潜在事故内容	致险因子	受伤害人类型	伤害程度	不安全状态	不安全行为
4	二次衬砌	物体打击	违章作业 安全设施缺陷	作业人员本身和其他人员	轻、重伤	1.机械传动部位防护缺失。 2.设备带“病”运转。 3.机具、材料堆放不规范。 4.未设置安全防护。	1.作业人员安全防护意识差。 2.违章操作。 3.未正确佩戴劳动防护用品。
		高处坠落	违章作业 安全设施缺陷	作业人员本身	重伤、死亡	高处作业平台踏板未满铺,周边未设置安全防护栏、安全网。	作业人员高处临边作业时未佩戴安全带。

