

ICS 93.060

CCS P 66

DB 14

山 西 省 地 方 标 准

DB 14/T 3494—2025

公路黄土隧道施工安全风险评估指南

2025 - 07 - 10 发布

2025 - 10 - 10 实施

山西省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 2

5 总体风险评估 2

6 专项风险评估 5

7 风险控制 10

8 风险评估报告 11

附录 A（规范性） 隧道工程施工风险源风险分析表 12

参考文献 18

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本文件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。

本文件主要起草人：何信、宿钟鸣、庞新刚、赵雪峰、祝华杰、郭震山、张川川、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

本文件提出了公路黄土隧道施工安全风险评估的基本要求,给出了总体风险评估和专项风险评估方法的指导建议。

本文件适用于新建公路黄土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 B01 公路工程技术标准
JTG C20 公路工程地质勘察规范
JTG F90 公路工程施工安全技术规范
JTG 3370.1 公路隧道设计规范 第一册 土建工程
JTG/T 3660 公路隧道施工技术规范
JTG/T 3372 公路黄土隧道设计与施工技术规范
JTG/T 3374 公路瓦斯隧道设计与施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

黄土陷穴

黄土因流水侵蚀、湿陷等其他外因作用形成的塌陷坑洞。

3.2

落水洞

黄土因流水侵蚀、湿陷等其他外因形成的垂直渗水通道。

3.3

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。

3.4

黄土隧道总体风险评估

以工程项目或具有独立使用功能的主体结构、作业单元为评估对象,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,确定风险等级并提出控制措施建议。

3.5

黄土隧道专项风险评估

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,提出相应的风险控制措施建议。

4 基本要求

4.1 施工安全风险评估方法根据工程的特点和实际进行选择,本指南采用风险指标体系法进行风险评估,其他评估方法参考 JT/T 1375.1 中的要求。

4.2 成立评估小组,评估小组不少于 5 人,且为单数。评估小组负责人需具备公路隧道工程相关专业高级技术职称,且从事隧道工程咨询或设计或施工安全管理工作 10 年及以上。

4.3 其他基本要求参考 JT/T 1375.1 中第 4 章的要求。

5 总体风险评估

5.1 总体风险评估指标

黄土隧道或土岩结合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1。

表 1 总体风险评估指标体系

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}	$1000\text{ m} \leq B_{db-1} < 3000\text{ m}$	7	根据设计文件确定
		$500\text{ m} \leq B_{db-1} < 1000\text{ m}$	4	
		$B_{db-1} < 500\text{ m}$	1	
	隧道开挖跨度 B_{db-2}	$9\text{ m} \leq B_{db-2} < 14\text{ m}$	4	根据设计文件确定（隧道主线主要考虑正洞开挖跨度）
		$B_{db-2} < 9\text{ m}$	1	

表1 总体风险评估指标体系（续）

项别	评估指标	分级	分值	说明
地质条件 G_{db}	围岩条件 G_{db-1}	V级及以上围岩累计长度1000 m $\leq G_{db-1}$ 的长、特长隧道	7	根据地质勘察资料、设计文件确定
		V级及以上围岩累计长度500 m $\leq G_{db-1}$ < 1000 m的中隧道		
		V级及以上围岩累计长度200 m $\leq G_{db-1}$ < 500 m的短隧道		
		V级及以上围岩累计长度 G_{db-1} < 1000 m的长、特长隧道	4	
	V级及以上围岩累计长度 G_{db-1} < 500 m的中隧道			
	V级及以上围岩累计长度 G_{db-1} < 200 m的短隧道			
	预测瓦斯涌出量 G_{db-2}	1 m ³ /min $\leq G_{db-2}$ < 2 m ³ /min	6	
		0.5 m ³ /min $\leq G_{db-2}$ < 1 m ³ /min	2	
		0 m ³ /min $\leq G_{db-2}$ < 0.5 m ³ /min	1	
	液限指数 G_{db-3}	流塑	6	
		软塑	4	
		可塑	3	
		硬塑	2	
		坚硬	1	
	地基承载力 G_{db-4}	G_{db-4} < 180 Kpa	6	
		18 0Kpa $\leq G_{db-4}$ < 250 Kpa	3	
		250 Kpa $\leq G_{db-4}$	0	
	采空区 G_{db-5}	采空区位于隧道洞身下方	6	
		采空区与隧道相交或位于洞身侧方	3	
		隧道影响区范围内无采空区	0	
	落水洞、陷穴或节理裂隙发育情况 G_{db-6}	隧道洞口及洞身范围内存在落水洞或贯通陷穴或节理裂隙发育	6	
		隧道洞身范围内存在落水洞或贯通陷穴或节理裂隙发育	3	
		隧道范围内不存在落水洞或贯通陷穴或节理裂隙不发育	1	
周边环境及洞内施工用水影响 H_{db}	周边存在沟壑、河流、湖泊、水库、灌溉水渠或邻近设施用水，发生湿陷变形	4	根据地质勘察资料、设计文件确定	
	周边车辆荷载或建筑物基础荷载作用在隧道围岩上，导致隧道发生变形	3		
	施工过程中的积水渗入边墙或拱脚，导致拱脚软化变形	3		
隧道埋深 S_{db}	浅埋	12	根据地质勘察资料、设计文件确定(隧道洞口或洞身段埋深)	
	深埋	6		
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	

表1 总体风险评估指标体系（续）

项别	评估指标	分级	分值	说明
洞口特征 C_{db}	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}		$W_{db} \geq 500 \text{ mm}$	1.20	根据气象资料确定（近5年降雨量平均值）
		$450 \text{ mm} \leq W_{db} < 500 \text{ mm}$	1.10	
		$400 \text{ mm} \leq W_{db} < 450 \text{ mm}$	1.05	
		$W_{db} < 400 \text{ mm}$	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	

5.2 总体风险评估计算

5.2.1 隧道工程施工安全总体风险大小按公式（1）计算。

$$R_{db} = (B_{db-1} + B_{db-2}) + D(G_{db-1} + G_{db-2} + G_{db-3} + G_{db-4} + G_{db-5} + G_{db-6}) + H_{db} + S_{db} + W_{db} \times (C_{db-1} + C_{db-2}) \quad (1)$$

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1;
- B_{db-2} ——隧道开挖跨度赋分值,取值见表1;
- D ——资料完整性对隧道地质条件的修正系数,取值见表1;
- G_{db-1} ——围岩条件赋分值,取值见表1;
- G_{db-2} ——预测瓦斯涌出量赋分值,取值见表1;
- G_{db-3} ——预测液限指数赋分值,取值见表1;
- G_{db-4} ——地基承载力赋分值,取值见表1;
- G_{db-5} ——采空区情况赋分值,取值见表1;
- G_{db-6} ——落水洞、陷穴及节理裂隙情况赋分值,取值见表1;
- H_{db} ——周边环境及洞内施工用水影响赋分值,取值见表1;
- S_{db} ——隧道埋深赋分值,取值见表1;
- W_{db} ——年均降雨量对隧道洞口特征的修正系数,取值见表1;
- C_{db-1} ——洞口地质特征赋分值,取值见表1;
- C_{db-2} ——洞口偏压角度赋分值,取值见表1;
- $W_{db} \times (C_{db-1} + C_{db-2})$ ——取隧道进口、出口计算结果的较大值。

5.2.2 计算得到总体风险值 R 后，对照表 2 确定黄土隧道施工安全总体风险等级。

表 2 隧道工程施工安全总体风险等级

计算分值R	风险等级
$R_{db} \geq 50$	等级Ⅳ（重大风险）
$40 \leq R_{db} < 50$	等级Ⅲ（较大风险）
$25 \leq R_{db} < 40$	等级Ⅱ（一般风险）
$R_{db} < 25$	等级Ⅰ（低风险）

6 专项风险评估

6.1 基本程序

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。

6.2 风险源辨识

6.2.1 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。

6.2.2 评估小组先进行现场踏勘，收集风险评估相关的基础资料，主要包括：

- 类似工程事故资料；
- 本工程相关设计及施工文件资料；
- 工程区域内水文、地质、气候等资料；
- 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；
- 工程区域内的建（构）筑物（含管线、民防设施、铁路、公路等）资料；
- 总体风险评估的成果；
- 其他与风险源辨识对象相关的资料。

6.2.3 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。参考 JTGF80/1 中要求，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。

6.2.4 黄土隧道施工作业程序分解情况可参见表 3。

表 3 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（含落水洞及陷穴处治）
		2	挖掘作业
		3	基底处理
		4	边仰坡防护
		5	截排水施作
		6	超前大管棚
		7	支护钢拱架
		8	喷射混凝土
洞身开挖	洞身开挖及洞内运输	1	机械开挖
		2	通风
		3	装渣、卸渣

表3 黄土隧道施工作业程序分解表（续）

分部工程	分项工程	单位作业	
洞身开挖	初期支护	1	超前支护
		2	立拱架
		3	铺设钢筋网
		4	打设锁脚锚管/杆
		5	初支仰拱闭合成环
		6	喷射混凝土
	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

6.2.5 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，参考 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 4。

表 4 风险源普查清单

序号	风险源	风险事件
1	临时工程	火灾、机械伤害、车辆伤害、触电、高处坠落、物体打击
2	洞口开挖	洞口失稳、坍塌、大变形、触电、机械伤害、车辆伤害、物体打击、高处坠落
3	洞内运输	机械伤害、车辆伤害
4	洞身开挖/初期支护	坍塌、大变形、触电、机械伤害、物体打击、高处坠落
5	二次衬砌	火灾、触电、机械伤害、物体打击、车辆伤害、高处坠落
6	其他工程	火灾、触电、机械伤害、车辆伤害、物体打击、高处坠落

6.3 风险分析

6.3.1 风险评估参考 JT/T 1375.1 中要求执行，本指南采用鱼刺图法对隧道进行分析，见图 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。

- a) 人：指管理人员和施工作业人员的素质，包括管理水平、责任感、安全意识、技能水平等；
- b) 机：指机械、设备等是否运行正常，是否具有本质安全性；
- c) 料：材料本身的特性、材质、规格等是否符合安全要求；
- d) 法：指设计方案、作业方式、施工方法和技术措施是否符合要求；
- e) 环：指人的作业环境，机械设备的工作环境。

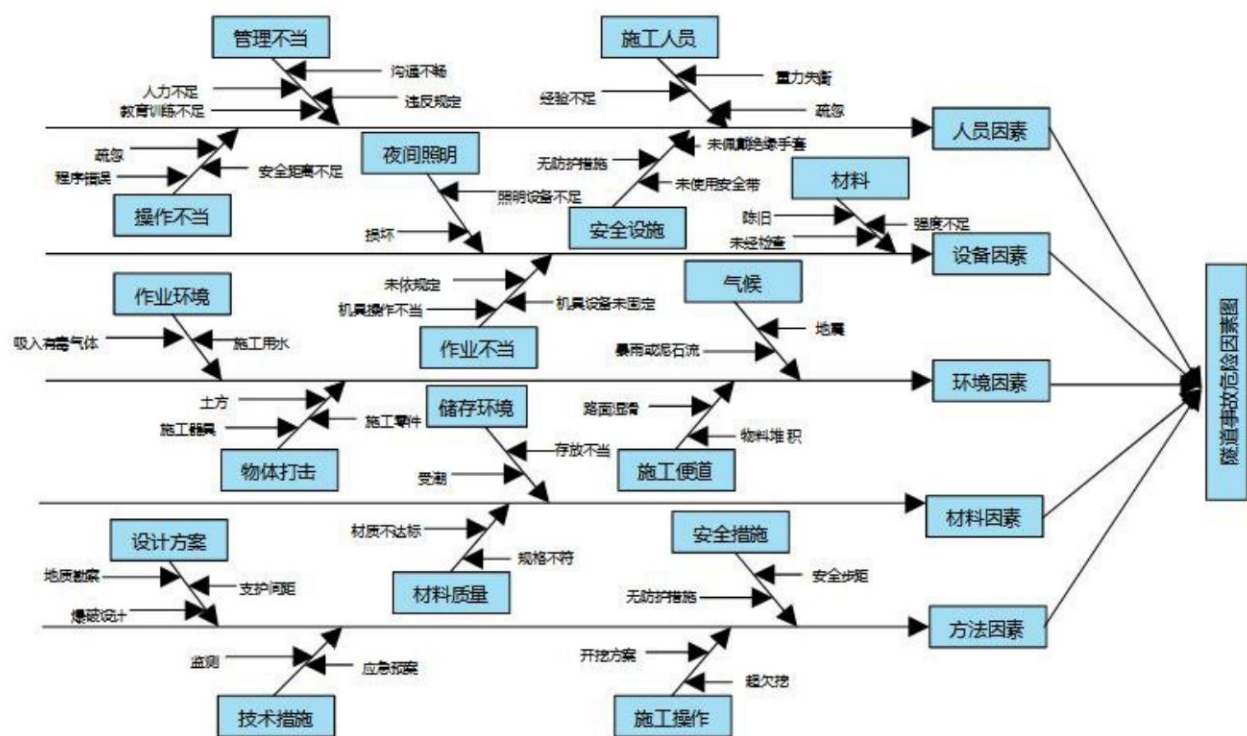


图 1 鱼刺图法进行事故致因分析

6.3.2 风险源风险分析表见附录 A。

6.4 重大风险源风险估测

- 6.4.1 重大风险源风险估测参考 JT/T 1375.3 中推荐的评估法进行风险估测。
- 6.4.2 事故可能性、事故严重程度和专项风险等级参考 JT/T 1375.3 中要求执行。
- 6.4.3 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。
- 6.4.4 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，等级标准参考 JT/T 1375.3 中要求执行。当多种后果同时产生时，采用就高原则确定事故严重程度等级。
- 6.4.5 物的不安全状态引起的事故可能性，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，其他事故类型参考 JT/T 1375.3 的原则和思路进行确定评估指标。
- 6.4.6 根据隧道类型和地质、水文等相关资料完整性，按照表 5 规定的修正系数对风险事件可能性评估分值进行修正。

表 5 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	1.20	适用于黄土隧道的施工。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	1.10	
	分离式隧道	1.00	

表5 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（续）

评估指标	分类	分值	说明
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	适用于黄土隧道的施工。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充分	1.00	

6.4.7 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。洞口失稳风险事件可能性分值按公式（2）计算：

$$P_{db1} = D_1 \times D_2 \times [(X_{db1-11} + X_{db1-22} \times (X_{db1-21} + X_{db1-23})) \times (X_{db1-31} + X_{db1-32} - 1) \times X_{db1-41}] \quad (2)$$

式中：

- P_{db1} ——坍塌风险事件可能性评估分值；
- D_1 ——隧道类型修正系数赋分值，取值见表5；
- D_2 ——资料完整性修正系数赋分值，取值见表5；
- X_{db1-11} ——隧道开挖跨度赋分值，取值见表6；
- X_{db1-21} ——洞口浅埋段长度赋分值，取值见表6；
- X_{db1-22} ——洞口偏压角度赋分值，取值见表6；
- X_{db1-23} ——洞口落水洞或陷穴赋分值，取值见表6；
- X_{db1-31} ——黄土类别赋分值，取值见表6；
- X_{db1-32} ——黄土液限指数赋分值，取值见表6；
- X_{db1-41} ——年均降雨量与施工季节赋分值，取值见表6。

表6 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}	$14\text{ m} \leq X_{db1-11} < 18\text{ m}$	6~12	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
		$9\text{ m} \leq X_{db1-11} < 14\text{ m}$	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	
	落水洞或陷穴 X_{db1-23}	洞口存在落水洞或贯通的陷穴	10	根据地质勘察资料、设计文件确定
		洞口不存在落水洞或贯通的陷穴	0	

表6 洞口失稳风险事件可能性评估指标体系（续）

项别	评估指标	分级	分值范围	说明
地质条件 X_{db1-3}	黄土类别 X_{db1-31}	Q_3 和 Q_4	2.0	根据设计文件确定
		Q_1 和 Q_2	1.5	
	黄土液限指数 X_{db1-32}	流塑	2.0	根据地质勘察资料、设计文件及现场勘察确定
		软塑	1.6	
		可塑	1.4	
		硬塑	1.2	
		坚硬	1.0	
气象条件 X_{db1-4}	年均降雨量与施工季节 X_{db1-41}	$X_{db1-41} \geq 500$ 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
		$450 \text{ mm} \leq X_{db1-41} < 500$ mm或雨季施工, 施工周期中可能出现大雨	1.2	
		$400 \text{ mm} \leq X_{db1-41} < 450$ mm或雨季施工, 施工周期中可能出现中雨	1.1	
		$X_{db1-41} < 400$ mm或旱季施工	1.0	

计算得出 P_{db1} 后, 根据 P_{db1} 值对照表7确定施工隧道发生洞口失稳风险事件的可能性等级。

表 7 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

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8。评估区段坍塌风险事件可能性分值按公式(3)计算:

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

- 式中:
- P_{db2} ——坍塌风险事件可能性评估分值;
 - D_1 ——隧道类型修正系数赋分值, 取值见表5;
 - D_2 ——资料完整性修正系数赋分值, 取值见表5;
 - X_{db2-11} ——隧道开挖跨度赋分值, 取值见表8;
 - X_{db2-21} ——浅埋层厚度与覆跨比赋分值, 取值见表8;
 - X_{db2-22} ——浅埋隧道偏压角度赋分值, 取值见表8;
 - X_{db2-31} ——黄土类别赋分值, 取值见表8;
 - X_{db2-32} ——塑性指数赋分值, 取值见表8;
 - X_{db2-33} ——黄土液限指数赋分值, 取值见表8。

表 8 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}	$14\text{ m} \leq X_{db2-11} < 18\text{ m}$	6~12	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
		$9\text{ m} \leq X_{db2-11} < 14\text{ m}$	3~6	
		$X_{db2-11} < 9\text{ m}$	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 < 2	6~12	
		$2 \leq \text{覆跨比} < 4$	3~6	
		覆跨比 ≥ 4	0~3	
	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}	黄土类别 X_{db2-31}	Q_3 和 Q_4	12	根据设计文件确定
		Q_1 和 Q_2	8	
	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
		$6 \leq \text{粉质黄土 } X_{db2-32} < 17$	6	
		黏质黄土 $X_{db2-32} \geq 17$	3	
	黄土液限指数 X_{db2-33}	流塑	1.4	根据地质勘察资料、设计文件确定
		软塑	1.3	
		可塑	1.2	
		硬塑	1.1	
		坚硬	1.0	

计算得出 P_{db2} 后，根据 P_{db2} 值对照表9确定施工隧道发生坍塌风险事件的可能性等级。

表 9 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

6.5 施工过程风险事件可能性评估

施工过程风险事件可能性评估参考 JT/T 1375.3 中的要求执行。

7 风险控制

7.1 一般风险源控制措施参考 JT/T 1375.1 和 JT/T 1375.3 中的要求执行。

7.2 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参考 JT/T 1375.3 中的要求执行。

7.3 现场施工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，及时采取规避措施做好风险事故处理准备工作。

7.4 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。

8 风险评估报告

风险评估报告参考 JT/T 1375.1 中的要求执行。

附录 A
(规范性)
隧道工程施工风险源风险分析表

隧道工程施工风险源风险分析表见表A.1。

表 A.1 隧道工程施工风险源风险分析表

序号	施工作业内容	潜在事故因子	致险因子	受害人类别	伤害程度	不安全状态	不安全行为
1	临时工程	火灾	违章作业 设备缺陷	作业人员本身及 其他人员	重伤、死亡	1.电气故障、线路老化、过载用电 2.明火使用不当 3.易燃材料管理不善 4.消防设施不足	1.违规作业 2.管理不善
		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、死亡	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

表A.1 隧道工程施工风险源风险分析表（续）

序号	施工作业内容	潜在事故因子	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	临时工程	高处坠落	违章作业 安全设施缺陷	作业人员本身	重伤、死亡	1.临时建筑、混凝土拌合站、料场、弃渣场等场地高处安全设施设置不到位 2.爬梯设置不符合要求 3.高空未设置安全防护或警示标志	1.作业人员高处临边作业时未佩戴安全带 2.作业人员疲劳作业，注意力不集中
		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	轻伤、重伤、死亡	1.机械设备故障、零部件松动 2.物料堆放不规范，未固定 3.防护装置缺失或损坏	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
2	洞口开挖	坍塌	违章作业 安全设施缺陷 设计方案 施工方法	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.无排水设施 4.洞口仰坡未能及时处理 5.洞门边坡有裂缝未能及时处理 6.洞顶碎石土坍塌 7.洞顶没有及时支护	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
		洞口失稳	违章作业 安全设施缺陷 设计方案 施工方法	作业人员本身和 其他人员	重伤、死亡	1.洞口落水洞或陷穴未进行回填处治 2.洞顶截水沟及排水设施不完善 3.边坡坡率过小、排水设施失效 4.边坡上方荷载过大 5.地基承载力不足，未进行基础换填处治 6.隧道附件存在采空区，未对采空区进行有效处治	1.未严格按施工方案进行施工 2.违章操作 3.个体防护意识差

表A.1 隧道工程施工风险源风险分析表（续）

序号	施工作业内容	潜在事故因子	致险因子	受伤害人类型	伤害程度	不安全状态	不安全行为
2	洞口开挖	大变形	违章作业 安全设施缺陷	作业人员本身和 其他人员	轻伤、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 4.洞口边仰坡未能及时进行喷锚支护 5.排水设施失效	1.违章操作 2.边仰坡开挖后未及时施作喷锚防护，围岩裸露时间较长 3.排水设施未按图纸施工
		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
		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	轻伤、重伤、死亡	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	轻伤、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 安全设施缺陷	作业人员本身	重伤、死亡	1.坡顶周边防护缺失 2.爬梯设置不符合要求	作业人员高处临边作业时未佩戴安全带

表A.1 隧道工程施工风险源风险分析表（续）

序号	施工作业内容	潜在事故因子	致险因子	受害人类类型	伤害程度	不安全状态	不安全行为
3	洞内运输	车辆伤害	运输车辆	作业人员本身和其他人员	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.维修保养设备时未按规定停机伤人	1.作业人员疲劳操作 2.个人安全防护意识差
4	洞身开挖/ 初期支护	坍塌	违章作业 安全设施缺陷 设计方案 施工方法	作业人员本身和其他人员	轻、重伤	1.支护不当 2.施工方法不符合设计要求 3.开挖后围岩地质与勘察地质不符,未及时进行支护设计的变更 4.超挖严重,回填质量不符合要求 5.仰拱没有及时闭合成环 6.安全步距不足 7.地基承载力不足,未进行基础换填处治 8.隧道附件存在采空区,未对采空区进行有效处治	1.未严格按施工方案进行施工 2.违章操作
		大变形	违章作业 安全设施缺陷	作业人员本身和其他人员	轻、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.隧道初期支护不及时	1.违章操作 2.初期支护滞后,仰拱未及时闭合成环

表A.1 隧道工程施工风险源风险分析表（续）

序号	施工作业内容	潜在事故因子	致险因子	受害人类类型	伤害程度	不安全状态	不安全行为
4	洞身开挖/ 初期支护	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
		机械伤害 物体打击	操作不当 机械故障 违章作业 安全设施缺陷	作业人员本身和 其他人员	轻、重伤 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.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 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
5	二次衬砌/ 其他工程	物体打击 火灾	违章作业 安全设施缺陷 违章作业 设备缺陷	作业人员本身和 其他人员 作业人员本身及 其他人员	轻、重伤 重伤、死亡	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.电气故障、线路老化、过载用电 2.明火使用不当 3.易燃材料管理不善 4.消防设施不足	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 1.违规作业 2.管理不善

表A.1 隧道工程施工风险源风险分析表（续）

序号	施工作业内容	潜在事故因子	致险因子	受害人类类型	伤害程度	不安全状态	不安全行为
5	二次衬砌/ 其他工程	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
		机械伤害	操作不当 机械故障	作业人员本身	轻、重伤、死亡	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
		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
		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

参 考 文 献

- [1] GB/T 23694—2013 风险管理 术语
 - [2] JTG F80/1—2017 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
 - [3] JT/T 1375.1—2020 公路水运工程施工安全风险评估指南第1部分：总体要求
 - [4] JT/T 1375.3—2024 公路水运工程施工安全风险评估指南第3部分：隧道工程
-