

公路桥梁和隧道工程施工安全风险评估指南

(试行)

中华人民共和国交通运输部

2011年4月

前言

《公路桥梁和隧道工程施工安全风险评估指南》（简称《指南》）旨在指导和规范全国公路桥梁、隧道工程施工安全风险评估工作，预防公路施工重特大生产安全事故发生，提高工程施工安全风险控制能力。

本《指南》学习和借鉴了国外风险评估通行做法，吸取了国内铁路、城市地铁、公路桥隧工程设计阶段风险评估的成果，总结了我国公路桥梁隧道建设经验和教训，结合行业发展实际，按照从全局出发、抓住重点、解决突出问题的思路，提出了公路桥梁、隧道工程施工安全风险评估的方法和程序，建立了风险评估指标体系，列出了典型的重大风险控制措施建议（供参考）。

本《指南》分总体风险评估和专项风险评估两个层次。总体风险评估从桥梁或隧道的工程规模、建设条件、技术难度等因素考虑，静态评估桥梁或隧道工程整体施工安全风险大小。专项风险评估以具体施工作业活动为对象，从分析施工作业活动特点入手，辨识常见事故类型，列出风险源清单，通过风险分析与估测，确定重大风险源，并对重大危险源进行量化的动态评估。

本《指南》共分 7 章，主要内容包括：总则、术语、总体风险评估、专项风险评估、重大风险源估测、风险控制、风险评估报告编制等。

目 录

1 总则	1
2 术语	3
3 总体风险评估	6
3.1 一般要求.....	6
3.2 桥梁工程.....	7
3.3 隧道工程.....	10
4 专项风险评估	13
4.1 一般要求.....	13
4.2 风险源辨识.....	13
4.3 风险分析.....	18
4.4 风险估测.....	20
5 重大风险源风险估测	21
5.1 一般要求.....	21
5.2 桥梁工程.....	23
5.3 隧道工程.....	33
6 风险控制	38
6.1 一般要求.....	38
6.2 一般风险源控制.....	39
6.3 重大风险源控制.....	40
7 风险评估报告编制	41
附录 1 常用评估方法特点	43
附录 2 公路桥梁工程主要施工作业活动与典型事故类型对照表	49

附录 2 公路隧道工程钻爆法施工作业活动与典型事故类型对照表	50
附录 3 公路桥梁典型的重大风险源风险控制建议.....	53
附录 4 公路隧道典型的重大风险源风险控制建议.....	62
附录 5 施工安全风险评估报告格式.....	68

1 总则

1.0.1 为指导公路桥梁、隧道工程施工安全风险评估工作，有效控制施工安全风险，减少重特大生产安全事故的发生，降低人员伤亡和经济损失，保障公路桥梁、隧道工程建设的安全，编制本《指南》。

1.0.2 本《指南》适用于新建公路桥梁工程和以钻爆法为主要开挖手段的新建公路隧道工程的施工安全风险评估工作，改扩建公路桥梁、隧道工程可参照执行。

1.0.3 本《指南》确定了公路桥梁、隧道工程施工阶段安全风险评估的工作原则、操作程序、评估方法、风险估测标准和风险评估报告形式要求。

1.0.4 施工安全风险评估分为总体风险评估和专项风险评估。

总体风险评估指开工前根据桥梁或隧道工程的地质环境条件、建设规模、结构特点等孕险环境与致险因子，评估桥梁或隧道工程整体风险，估测其安全风险等级。属于静态评估。

专项风险评估指是将总体风险评估等级为Ⅲ级（高度风险）及以上桥梁或隧道工程中的施工作业活动(或施工区段)作为评估对象，根据其作业风险特点以及类似工程事故情况，进行风险源普查，并针对其中的重大风险源进行量化估测，提出相应的风险控制措施。属于动态评估。

1.0.5 施工安全风险评估应根据项目工程特点，选择定性和定量相结合的评估方法（常用评估方法特点见附录1）。本《指南》推荐量化评估方法为指标体系法。

1.0.6 本《指南》规定了施工安全风险评估的通用原则，考虑到工程个案间差异性较大，具体评估时可对评估指标、分级标准、评估方法等进行相

应改进。

1.0.7 公路桥梁、隧道工程施工安全风险评估工作除遵守本《指南》外，还应符合国家、行业和地方相关法律、法规、标准、规范和规程的规定。

2 术语

2.0.1 事故 Accident

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。本《指南》重点考虑人员伤亡和经济损失的事故。

2.0.2 风险 Risk

某一事故发生的可能性和严重程度的组合。

2.0.3 孕险环境 Risk Surroundings

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。

2.0.4 风险源 Risk Factors

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。

2.0.5 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的事故类型的过程。

2.0.6 风险分析 Risk Analysis

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。

2.0.7 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。

2.0.8 施工安全风险评估 Construction Safety Assessment

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。

2.0.9 本质安全 Intrinsic safety

在施工设备、施工技术工艺中含有的、内在的能够从根本上防止事故发生的功能。即使作业人员失误或者设备发生故障，仍能保证不发生安全事故。

2.0.10 单位作业 Unit construction procedure

单位作业是具有一定专业特征，在施工中由相应工种完成并与其他作业活动间有较清晰界面的施工作业活动，如：模板作业、钻孔作业、爆破作业、吊装作业等。

2.0.11 一般风险源 Normal Risk Factors

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。

2.0.12 重大风险源 High Risk Factors

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。

3 总体风险评估

3.1 一般要求

3.1.1 公路桥梁、隧道工程施工安全总体风险评估，是指开工前根据桥梁或隧道工程的地质环境条件、建设规模、结构特点等孕险环境与致险因子，评估桥梁或隧道工程整体风险，估测其安全风险等级。属于静态评估。

3.1.2 经总体风险评估，对于Ⅲ级（高度风险）及以上等级的桥梁或隧道工程，应组织开展专项风险评估。其他风险等级的桥梁或隧道工程，视情况确定是否开展专项风险评估。

3.1.3 本《指南》推荐采用风险指标体系法进行总体风险评估。评估小组可根据工程实际情况，并结合自身经验，对本《指南》推荐的总体风险评估指标体系进行改进。

3.2 桥梁工程

3.2.1 桥梁工程施工安全风险总体评估主要考虑桥梁建设规模、地质条件、气候环境条件、地形地貌、桥位特征及施工工艺成熟度等评估指标，评估指标的分类、赋值标准可参见表 1。

表 1 桥梁工程总体风险评估指标体系

评估指标	分类		分值	说明
建设规模 (A1)	单孔跨径 Lk (总长 L) 超过或达到国内外同类桥型最大单孔跨径 Lk (总长 L)		6-8	应结合各地工程建设经验及水平, 综合判定, 其中拱桥应按高限取值。
	Lk > 150 米或 L > 1000 米		3-5	
	100 米 ≤ L ≤ 1000 米或 40 米 ≤ Lk ≤ 150 米		1-2	
	L < 100 米或 Lk < 40 米		0-1	
地质条件 (A2)	不良地质灾害多发区域 (包括岩溶、滑坡、泥石流、采空区、强震区、雪崩区、水库坍岸区等)		4-6	特殊性岩土主要包括: 冻土、膨胀性岩土、软土等。
	存在不良地质灾害, 但不频发或存在特殊性岩土, 影响施工安全及进度		1-3	
	地质条件较好, 基本不影响施工安全因素		0-1	
气候环境 条件(A3)	极端气候事件多发区域 (洪水、强风、强暴雨雪、台风等)		4-6	应结合施工工艺特征综合判定。
	气候环境条件一般, 可能影响施工安全, 但不显著		2-3	
	气候条件良好, 基本不影响施工安全		0-1	
地形地貌 条件(A4)	山岭区	峡谷、山间盆地、山口等险要区域	4-6	应结合勘察资料, 综合判定。
		一般区域	0-3	
	平原区		0-1	
桥位特征 (A5)	跨江、河、海湾	通航等级 1 级-3 级	4-6	跨线桥应综合考虑交叉线路的交通量状况。
		通航等级 4 级-6 级	2-3	
		通航等级 7 级及等外	0-1	
	陆地	跨线桥 (公路、铁路等) 及其他特殊桥	3-6	
施工工艺 成熟度 (A6)	新技术、新工艺, 新设备国内首次应用		2-3	应考虑施工企业工程经验。
	施工工艺较成熟, 国内有相关应用		0-1	

3.2.2 桥梁工程施工安全总体风险大小计算公式为：

$R=A1+A2+A3+A4+A5+A6$ ，其中，

A1 指桥梁建设规模所赋分值；

A2 指工程所处地质条件所赋分值；

A3 指工程所处气候环境条件所赋分值；

A4 指工程所处地形地貌所赋分值；

A5 指桥位特征所赋分值；

A6 指施工工艺成熟度所赋分值。

评估指标体系中各指标所赋分值应结合工程实际，综合考虑各种因素的影响程度而定，数值应取整数。评估指标也可以根据工程实际进行相应的增加或删减，同时风险分级标准也须进行相应调整。

3.2.3 计算得到总体风险值 R 后，对照表 2 确定桥梁工程施工安全总体风险等级。

表 2 桥梁工程施工安全总体风险分级标准

风险等级	计算分值 R
等级IV（极高风险）	14 分及以上
等级III（高度风险）	8-13 分
等级II（中度风险）	5-8 分
等级I（低度风险）	0-4 分

3.2.4 总体风险等级在Ⅲ级（高度风险）及以上的桥梁工程，应纳入专项风险评估范围。评估小组应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。其他风险等级的桥梁工程，也应视情况确定是否开展专项风险评估。

3.3 隧道工程

3.3.1 隧道工程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 3。

表 3 隧道工程总体风险评估指标体系

评估指标	分 类		分 值	说 明
地质 G =(a+b+c)	围岩情况 a	1.V、VI围岩长度占全隧长度 70%以上	3-4	根据设计文件和施工实际情况确定。
		2.V、VI围岩长度占全隧长度 40%以上、70%以下	2	
		3.V、VI围岩长度占全隧长度 20%以上、40%以下	1	
		4.V、VI围岩长度占全隧长度 20%以下	0	
	瓦斯含量 b	1.隧道洞身穿越瓦斯地层	2-3	
		2.隧道洞身附近可能存在瓦斯地层	1	
		3.隧道施工区域不会出现瓦斯	0	
	富水情况 c	1.隧道全程存在可能发生涌水突泥的地质	2-3	
		2.有部分可能发生涌水突泥的地质	1	
3.无涌水突泥可能的地质		0		
开挖断面 A	1.特大断面（单洞四车道隧道）		4	
	2.大断面（单洞三车道隧道）		3	
	3.中断面（单洞双车道隧道）		2	
	4.小断面（单洞单车道隧道）		1	
隧道全长 L	1.特长（3000m以上）		4	
	2.长（大于1000m、小于3000m）		3	
	3.中（大于500m、小于1000m）		2	
	4.短（小于500m）		1	
洞口形式 S	1.竖井		3	
	2.斜井		2	
	3.水平洞		1	
洞口特征 C	1.隧道进口施工困难		2	从施工便道难易、地形特点等考虑。
	2.隧道进口施工较容易		1	

注：1. 指标的取值针对单洞。

2. 表中“以上”表示含本数，“以下”表示不含本数，下同。

3.3.2 隧道工程施工安全总体风险大小计算公式为：

$R=G(A+L+S+C)$ ，其中，

G 指隧道、竖井、斜井路线周围的地质所赋分值；

A 指标准的开挖断面所赋分值；

L 指隧道入口到出口的长度所赋分值（计算隧道长度时将隧道竖井、斜井长度计算在内）；

S 指成为通道的隧道出入口的形式所赋分值；

C 指隧道洞口地形条件所赋分值。

评估指标体系中各指标所赋分值应结合工程实际，综合考虑各种因素的影响程度而定，数值取整数。评估指标也可以根据工程实际进行相应的增加或删减，同时风险分级标准也须进行相应调整。

3.3.3 计算得到总体风险值 R 后，对照表 4 确定隧道工程施工安全总体风险等级。

表 4 隧道工程施工安全总体风险分级标准

风险等级	计算分值 R
等级IV（极高风险）	22 分及以上
等级III（高度风险）	14-21 分
等级II（中度风险）	7-13 分
等级I（低度风险）	0-6 分

3.3.4 总体风险等级在Ⅲ级（高度风险）及以上的隧道工程，应纳入专项风险评估范围。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。

4 专项风险评估

4.1 一般要求

4.1.1 专项风险评估是将总体风险评估等级为Ⅲ级（高度风险）及以上桥梁或隧道工程中的施工作业活动(或施工区段)作为评估对象，根据其作业风险特点以及类似工程事故情况，进行风险源普查，并针对其中的重大风险源进行量化估测，提出相应的风险控制措施。属于动态评估。

4.1.2 专项风险评估前，首先，应按照施工组织设计所确定的施工工法，分解施工作业程序，结合工序（单位）作业特点、环境条件、施工组织等致险因子，辨识施工作业活动中典型事故类型，从而建立风险源普查清单，并通过风险分析和估测，确定重大风险源。其次，按照本《指南》推荐的指标体系法评估重大风险源的风险等级，并对照风险可接受准则确定相应的风险控制措施。

4.1.3 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。具体流程见图 1。

4.2 风险源辨识

4.2.1 风险源辨识是风险评估的基础,包括3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。

4.2.2 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；

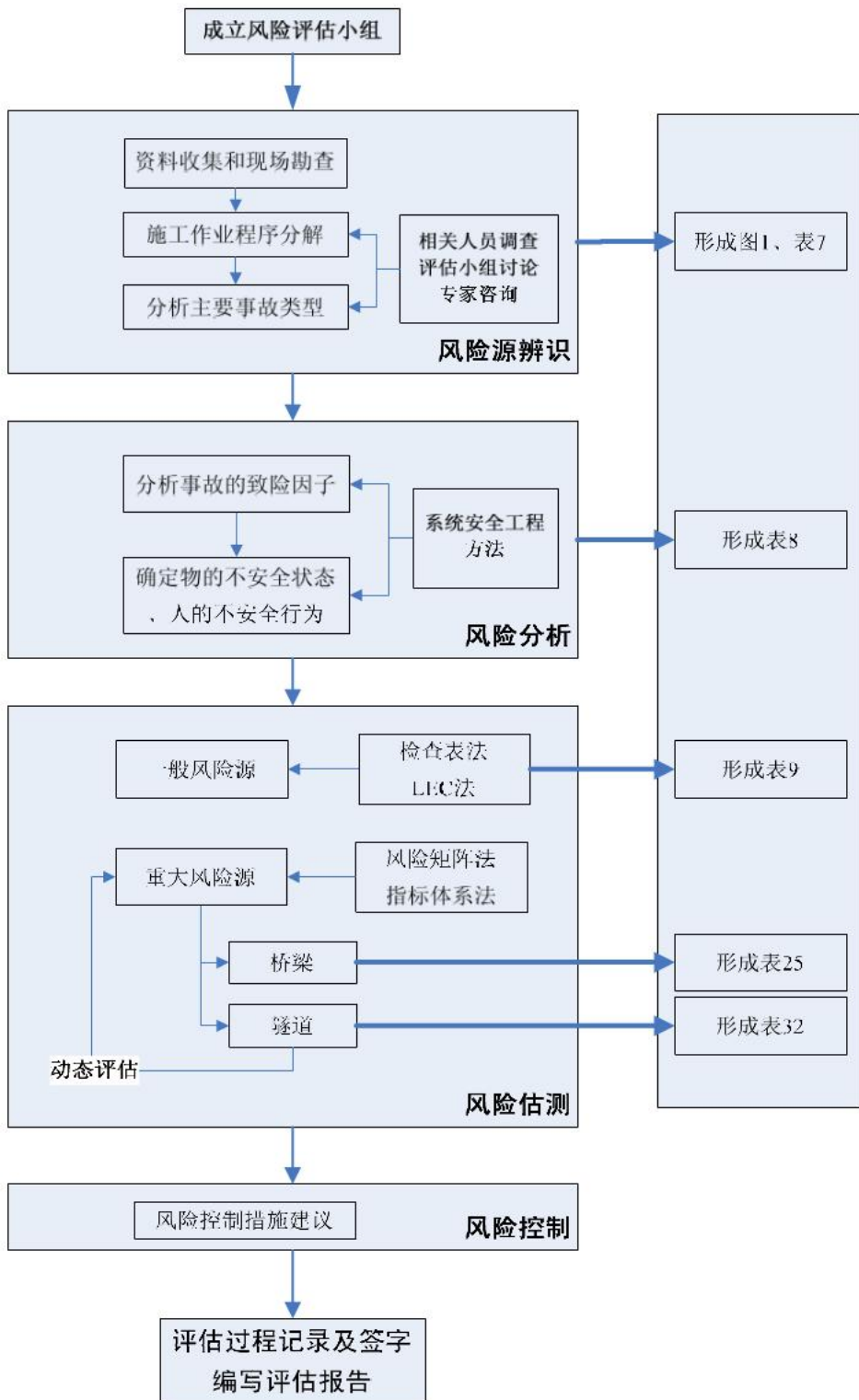


图 1 专项风险评估流程图

- (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。

4.2.3 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。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，将公路桥梁或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。

4.2.4 专项风险评估单元可以是分部工程、分项工程、工序（单位）作业，评估单元大小视风险评估具体需求而定。作业程序分解情况应作为风险评估过程的记录之一，如图2所示。

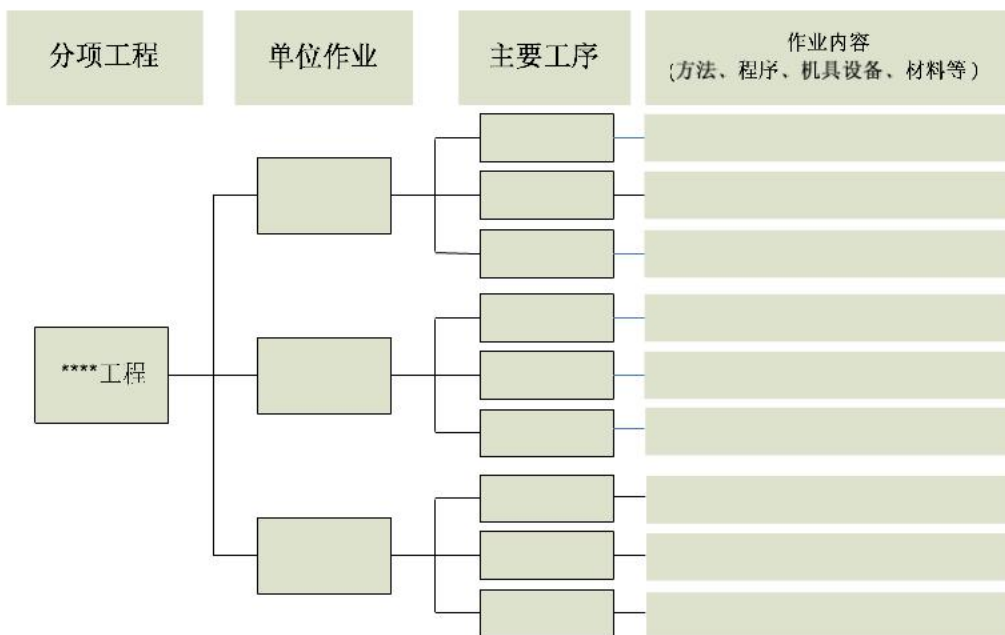


图 2 施工作业程序分解框图

4.2.5 为方便风险评估,公路桥梁工程施工作业活动一般分解到分项工程。

公路桥梁工程主要分项工程可参见表5。

表 5 公路桥梁工程主要分项工程

序号	施工作业活动
1	基坑施工
2	沉入桩施工
3	灌注桩施工
4	沉井基础施工
5	地下连续墙施工
6	锚锭施工
7	钢筋工程施工作业
8	混凝土工程施工作业
9	预应力混凝土工程施工
10	砌体工程施工
11	墩(柱)塔施工
12	钢筋混凝土和预应力混凝土梁式桥上部结构施工
13	拱桥上部结构施工
14	悬索桥上部结构施工
15	斜拉桥上部结构施工

4.2.6 钻爆法施工的公路隧道工程施工作业程序分解情况可参见表6。

表 6 公路隧道工程钻爆法施工作业程序分解示例

分部工程	分项工程	单位作业	作业内容
洞口工程	洞口开挖	清表作业	略
		挖掘作业	
		爆破作业	
		超前管棚	
		支护钢拱架	
		喷射混凝土	
	洞口边仰坡防护	地锚布设	
		混凝土隔框施工	
		危石清除	
		截水沟施工	
洞身开挖	钻爆作业	边坡植被	略
		人工钻孔/凿岩车钻孔	
		装药与起爆	
		通风	
	洞内运输	危石清除（找顶）	
		装渣	
		无轨运输/有轨运输	
		卸渣	
		爆破器材运输	
		超前支护或超前小导管	
洞身衬砌	初期支护	立拱架	略
		铺设钢筋网	
		喷射混凝土	
		铺设防水层	
	二次衬砌	绑扎二次衬砌钢筋	
		浇筑二次衬砌混凝土	
		填充仰拱混凝土	
		（沥青）混凝土浇筑	
隧道路面	基层面层	养生	
交通工程	交通安全设施	高处作业	
	机电设施	机电安装	

4.2.7 施工作业程序分解后，通过相关人员调查、评估小组讨论、专家咨询等方式，分析评估单元中可能发生的典型事故类型，并形成风险源普查

清单（格式见表7）。公路桥梁工程主要施工作业活动与典型事故类型对照表见附录2，公路隧道工程钻爆法施工作业活动与典型事故类型对照表见附录3。

表 7 公路桥梁、隧道工程施工安全风险源普查清单

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

4.3 风险分析

4.3.1 评估小组应从人、机、料、法、环等方面对可能导致事故的致险因子进行分析，重点分析：

- ① 致险因子，包括：
 - a) 人员活动、作业能力及其他因素
 - b) 作业场所内设施、设备及物料等
 - c) 作业场所外对施工人员安全的影响
- ② 可能受到事故伤害的人员类型，包括：
 - a) 作业人员本身
 - b) 同一作业场所的其他作业人员
 - c) 周围其他人员
- ③ 事故发生的原因，包括：
 - a) 机械设备故障
 - b) 人为失误
 - c) 自然灾害等
- ④ 人员伤害程度，包括：
 - a) 死亡
 - b) 重伤
 - c) 轻伤

4.3.2 致险因子分析应采用系统安全工程的方法，通过评估小组讨论会的形式实施。可采用鱼刺图法、危害及操作性评估（HAZOP）、故障模式与影响分析（FMEA）、故障树分析法、事件树分析法等方法进行分析。图3为采用鱼刺图法进行事故原因分析的示例。

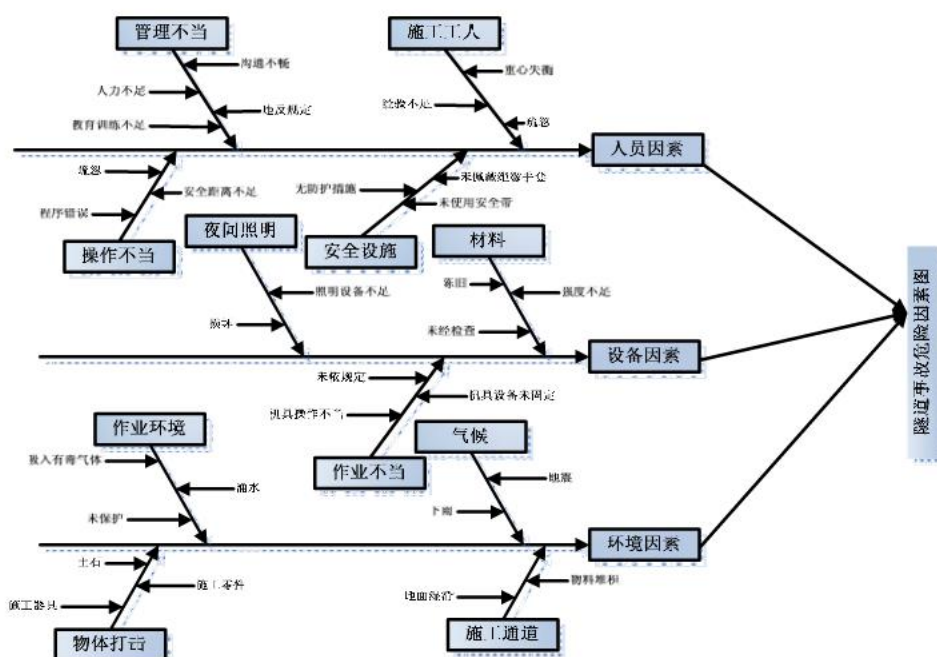


图3 鱼刺图法进行事故致因分析示例

4.3.3 分析致险因子时应找出可能导致事故发生的物的不安全状态和人的不安全行为。不安全状态和不安全行为分类见国家标准《企业职工伤亡事故分类》（GB 6441）。

4.3.4 风险分析的结果应填入表8。

表8 风险源风险分析表

单位 作业 内容	潜在的 事故 类型	致险 因 子	受伤害 人 员 类 型	伤 害 程 度	不 安 全 状 态	不 安 全 行 为	备 注
...

4.4 风险估测

4.4.1 风险估测是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。风险大小=事故发生可能性×事故严重程度。“×”表示事故发生可能性和事故严重程度的组合。

4.4.2 风险估测方法应结合工程施工内容、安全管理方案、可能发生的事故特点等因素确定。事故可能性评估可选用专家调查法、故障树分析法、事件树分析法等，事故严重程度评估可选用专家调查法等。

4.4.3 一般风险源的风险估测，不宜过分强调精确量化，评估小组可自行设计简单风险等级判定标准，或参考检查表法、LEC法，以相对风险等级来确定。

4.4.4 重大风险源的风险估测，应进行定量风险估测，确定风险等级。本《指南》推荐风险矩阵法和指标体系法。

4.4.5 风险估测结果应填入表9。

表9 风险估测汇总表

编号	风险源		风险估测			
	作业内容	潜在的事故类型	严重程度		可能性	风险大小
			人员伤亡	经济损失		
...

5 重大风险源风险估测

5.1 一般要求

5.1.1 重大风险源应按照本《指南》推荐的风险矩阵法和指标体系法进行动态风险估测。

5.1.2 事故可能性应重点考虑物的状态、人的因素及施工管理缺陷。其中物的状态主要考虑气候环境、地形地貌、施工难度等工程客观条件；人的因素及施工管理主要考虑：总包企业资质、专业及劳务分包企业资质、历史事故情况、作业人员经验、安全管理人员配备及安全投入情况。

5.1.3 人的因素及施工管理对公路桥梁、隧道工程施工安全影响较大，可作为风险抵消的因素。

5.1.4 事故可能性取决于物的状态引起的事故可能性与人的因素及施工管理引起的风险抵消的耦合。

5.1.5 事故可能性的等级分成四级，如表10所示：

表 10 事故可能性等级标准

概率范围	中心值	概率等级描述	概率等级
>0.3	1	很可能	4
0.03-0.3	0.1	可能	3
0.003-0.03	0.01	偶然	2
<0.003	0.001	不太可能	1

注：（1）当概率值难以取得时，可用频率代替概率。

（2）中心值代表所给区间的对数平均值。

5.1.6 事故严重程度的等级分成四级，本《指南》主要考虑人员伤亡和直接经济损失。评估小组可根据实际情况考虑工期延误、环境破坏、社会影

响等方面的后果。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。

- ① 人员伤亡是指在施工活动过程中人员所发生的伤亡，依据人员伤亡的类别和严重程度进行分级，等级标准如表 11。
- ② 直接经济损失是指事故发生后造成工程项目发生的各种费用的总和，包括直接费用和事故处理所需（不含恢复重建）的各种费用，等级标准如表 12。

表 11 人员伤亡等级标准

等级	1	2	3	4
定性描述	一般	较大	重大	特大
人员伤亡	人员死亡（含失踪）人数<3 或重伤人数<10	3≤人员死亡（含失踪）人数<10 或10≤重伤人数<50	10≤人员死亡（含失踪）人数<30 或50≤重伤人数<100	人员死亡（含失踪）人数≥30 或重伤人数≥100

表 12 直接经济损失等级标准

等级	1	2	3	4
定性描述	一般	较大	重大	特大
经济损失（万元）	Z<10	10≤Z<50	50≤Z<500	Z≥500

5.1.7 专项风险等级分为四级：低度（I级）、中度（II级）、高度（III级）、极高（IV级），如表13。

表 13 专项风险等级标准

严重程度等级		一般	较大	重大	特大
可能性等级		1	2	3	4
很可能	4	高度III	高度III	极高IV	极高IV
可能	3	中度II	高度III	高度III	极高IV
偶然	2	中度II	中度II	高度III	高度III
不太可能	1	低度I	中度II	中度II	高度III

5.2 桥梁工程

5.2.1 桥梁工程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。

5.2.2 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，等级标准如表11、表12所示。当两种后果同时产生时，应采用就高原则确定事故严重程度等级。

5.2.3 物的不安全状态引起的事故可能性评估指标选取时，目前主要考虑某些典型事故类型，如坍塌事故、起重事故等可能导致重大人员伤亡及财产损失事故类型。

5.2.4 物的不安全状态引发的事故可能性评估，本《指南》建立了以下典型的重大风险源评估指标体系：（1）人工挖孔桩施工；（2）基坑施工；（3）水上群桩施工；（4）墩（柱）塔施工；（5）支架法浇筑作业；（6）悬臂浇筑法作业；（7）悬臂拼装法作业；（8）架桥机安装作业。其他重大风险源可参照本《指南》原则与思路自行确定评估指标。

5.2.5 人工挖孔桩施工事故可能性评估

人工挖孔桩评估指标主要基于坍塌事故、瓦斯爆炸事故等，见表 14。

5.2.6 水上群桩施工事故可能性评估

水上群桩施工事故可能性评估指标主要基于船撞作业平台、起重事故、临时结构坍塌事故，见表 15。

5.2.7 基坑施工事故可能性评估

基坑施工事故可能性评估指标体系主要基于基坑坍塌，见表 16。

表 14 人工挖孔桩作业事故可能性评估指标

序号	评估指标	分类	分值	说明
1	桩长	$L \geq 15$ 米	4-6	应结合工程经验进行判定
		$10 \text{ 米} \leq L < 15$ 米	2-3	
		$L < 10$ 米	0-1	
2	地形条件	山岭区	2-3	应结合作业场地条件综合考虑，进行判定
		平原区	0-1	
3	土石条件	四类-六类土（常采用爆破法）	3	土石条件不均时，应以最不利条件作为判定基准
		一类土（松土、砂类土等）	3	
		二类土（粘性土，密实砂性土等）	0	
4	地质条件	施工区域内地质条件不良，如存在岩溶、滑坡等	2-3	应结合工程经验，针对特定的不良地质条件进行判定
		施工区域内地质条件好	0-1	
5	地下水	地下水位丰富，浅层分布，施工可能需穿越	2-3	应结合施工区域地下水分布特征综合判断
		地下水深层分布，施工基本不可能穿越	0-1	
6	有毒有害气体	存在有毒有害气体分布	1-3	有毒有害气体主要包括、硫化氢、瓦斯等，应结合施工区域整体综合判定
		无有毒有害气体分布	0	
7	地下构筑物	存在军事和民用光缆等可能引发巨大财产损失、工期延误等地下构筑物	1-3	不能明确时，应根据可能性判定
		无地下构筑物分布	0	

表 15 水上群桩作业施工事故可能性评估指标体系

序号	评估指标	分类	分值	说明
1	水域通航条件	航道等级 1、2、3 级	4-6	无
		航道等级 4、5、6 级	2-3	
		航道等级 7 级及等外	0-1	
2	水文条件	水文条件不良, 冲刷大, 水位变化大	3-6	应综合考虑水深、流速、冲刷水平等不利水文条件, 其中冲刷水平应结合地质条件、河道压缩等考虑
		水文条件较好, 冲刷小, 对施工安全基本无影响	0-2	
3	气候环境条件	峡谷、沿海等极端气候事件多发区域 (强风、暴雨雪等)	4-6	应重点考虑风对施工安全影响
		气候环境条件一般, 对施工安全有影响, 但不显著	2-3	
		气候环境较好, 对施工安全基本无影响	0-1	
4	河床地质	工程地质条件不良、影响工期	0-1	地质条件主要考虑不良地质条件对施工进度影响程度
5	施工期	汛期、高温、严寒等季节	2-3	应结合工程施工组织设计文件, 综合评估
		施工期适宜, 基本不影响施工安全	0-1	
6	临时结构	采用以往经验设计方案	2-3	应综合考虑临时结构设计及制作状况
		采用专业设计验证方案, 并由具有相关资质的企业制作	0-1	

表 16 基坑施工事故可能性评估指标体系

序号	评估指标	分类	分值	说明
1	基坑深度	$H \geq 5m$	4-6	按基坑实际深度, 比照基准分, 综合判定。
		$3m \leq H < 5m$	2-3	
		$H < 3m$	0-1	
2	岩土条件	一类土	0-1	松土 (砂类土、松散土)。
		二类土	0	普通土 (粘性土, 密实砂性土等)。
		四类-六类土	1-3	需用爆破法开挖

序号	评估指标	分类	分值	说明
3	地下水	地下水浅层分布，需降水处置，施工中可能带水作业	2-3	临河、湖、塘等水系且可能发生渗流的情况时，可参照判定
		地下水深层分布，对施工安全基本无影响	0-1	
4	基坑支护	采用经验设计支护方案	1-3	无
		采用专业设计支护方案	0-1	
5	作业季节	雨季、冻土消融等不利季节	1-3	主要考虑季节因素对土体力学特性影响程度
		较适宜施工作业季节	0-1	
6	开挖方式	筑岛围堰开挖	1-3	筑岛围堰开挖应考虑洪水、潮汐及冲刷水平等因素
		放坡台阶法开挖	0-1	

5.2.8 支架现浇法施工事故可能性评估

支架现浇施工事故可能性评估指标主要基于支架坍塌及跨线桥事故，见表 17。

表 17 支架现浇法施工事故可能性评估指标体系

序号	评估指标	分类	分值	说明
1	支架规模	$H \geq 8m$ ，搭设跨度 18m 及以上，施工总荷载 $15kN/m^2$ 及以上；集中线荷载 $20kN/m^2$ 及以上	4-6	按支架实际高度，比照基准分，综合判定
		$5m \leq H < 8m$ ，搭设跨度 10m 及以上；施工总荷载 $10kN/m^2$ 及以上；集中线荷载 $15kN/m^2$ 及以上；高度大于支撑水平投影宽度且相对独立无联系构件的混凝土模板支撑工程。	2-4	
		$H < 5m$ ，跨度 10m 以下，施工总荷载不超过 $10kN/m^2$ 、集中线荷载不超过 $15kN/m^2$	0-2	
2	地质及基础岩土条件	不良地质灾害多发区域(包括岩溶、滑坡、泥石流、采空区、强震区、雪崩区、水库坍岸区等)	3-6	主要考虑地质灾害及不良岩土条件对支架结构安全性影响
		基础岩土为特殊性岩土(冻土、膨胀性岩土、软土等)	3-6	
		地质条件较好，基本不存在影响施工安全因素	0-1	

序号	评估指标	分类	分值	说明
3	气候环境条件	极端气候事件多发区域（强风、强暴雨雪等）	3-6	主要考虑风荷载、雪荷载对支架结构安全及水对支架基础承载力影响
		气候环境条件一般，可能影响施工安全，但不显著	1-3	
		气候条件良好，基本不影响施工安全	0-1	
4	支架设计	采用经验设计方案	1-3	无
		采用专业设计方案	0-1	
5	交通状况	跨域公路、铁路等开放交通及危化品管线	3-6	应结合交通水平综合判定
		无开放交通、仅存在与施工相关交通	0-1	
		封闭环境，无交通	0	定

5.2.9 墩柱（塔）施工事故可能性评估

墩柱（塔）施工事故可能性评估指标主要基于支架坍塌事故，临时结构坍塌事故及高处坠落事故，见表 18。

表 18 墩柱（塔）施工事故可能性评估指标体系

序号	评估指标	分类	分值	说明
1	墩柱（塔）高度	$H \geq 30m$	3-6	应结合当地施工经验及施工水平，按墩柱（塔）实际高度，比照基准分，综合判定
		$10m \leq H < 30m$	1-3	
		$H < 10m$	0-1	
2	气候环境条件	极端气候事件多发区域（强风、强暴雨雪等）	3-6	应主要考虑强风、大雾等对施工作业安全影响
		气候环境条件一般，可能影响施工安全，但不显著	1-3	
		气候条件良好，基本不影响施工安全	0-1	
3	施工方法	支架模板法	1-3	应综合考虑作业人员施工经验
		机械滑模法（爬升模板法、提升模板法等）	0-1	
4	临时结构设计	采用经验设计支护方案	1-3	无
		采用专业设计支护方案	0-1	

5.2.10 悬臂浇筑施工事故可能性评估指标体系

悬臂浇筑施工事故可能性评估指标主要基于挂篮坍塌事故，见表 19。

表 19 悬臂浇筑施工事故可能性评估指标体系

序号	评估指标	分类	分值	说明
1	挂篮形式	菱形挂篮	1-3	无
		三角挂篮	1-3	
		牵索挂篮	0-1	
2	行走方式	两次走行到位	1-3	无
		一次走行到位	0-1	
3	节段尺寸	节段长度 5 米以上（不含）或节段宽度 15 米以上（不含）	1-3	无
		节段长度 5 米以下（含）或节段宽度 15 米以下（含）	0-1	
4	气候环境条件	极端气候事件多发区域（强风、强暴雨雪等）	3-6	主要考虑风荷载对挂篮稳定性影响
		气候环境条件一般，可能影响施工安全，但不显著	1-3	
		气候条件良好，基本不影响施工安全	0-1	
5	设计与制作	采用经验设计方案	1-3	无
		采用专业设计方案	0-1	
6	交通状况	跨域公路、铁路等开放交通及危化品管线	3-6	应结合交通水平综合判定
		封闭环境，基本无交通	0-1	

5.2.11 悬臂拼装施工事故可能性评估指标体系

悬臂拼装施工事故可能性评估指标主要基于起重吊装事故，见表 20。

5.2.12 架桥机安装法施工事故可能性评估

架桥机安装法施工事故可能性评估指标主要基于架桥机倒塌事故，见表 21。

表 20 悬臂拼装施工事故可能性评估指标体系

序号	评估指标	分类	分值	说明
1	吊具及锚具设计、制作	采用经验设计方案	3-6	无
		采用专业设计验证方案或相关合格且可靠产品	0-1	
2	吊装方式	采用卷扬机吊装	1-3	无
		采用浮运吊装	0-1	
3	气候环境	极端气候事件多发区域（强风、强暴雨雪等）	3-6	主要考虑风对吊装作业的影响
		气候环境条件一般，可能影响施工安全，但不显著	1-3	
		气候条件良好，基本不影响施工安全	0-1	
4	施工位置	水上或山区	1-3	主要考虑梁运输机定位困难引起的施工风险
		陆地	0-1	

表 21 架桥机安装法施工事故可能性评估指标体系

序号	评估指标	分类	分值	说明	
1	行走方式	横向	墩顶移梁	1-3	无
			整机吊装横移动	0-1	
		纵向	拖拉式	1-3	
			步履式	0-1	
2	导梁形式	单导梁	1-3	无	
		双导梁	0-1		
		钢索斜拉式（悬臂式）	1-3		
3	喂梁方式	侧向取梁型	1-3	应考虑侧向法中吊装作业的风险	
		尾部喂梁型	0-1		

序号	评估指标	分类	分值	说明
4	桥梁线形	弯桥（曲线超高），纵坡大影响施工安全	1-3	弯桥应结合曲线半径大小对施工作业安全影响程度，综合判定
		直桥	0-1	
5	气候环境	存在强风、多雨等不良气候条件，影响施工安全	1-3	主要考虑雨水对土基承载力影响及峡谷、沿海等地风荷载对架桥机行走的影响
		气候环境条件好，基本不影响施工安全	0-1	
6	设计与制作	采用经验设计方案	3-6	无
		采用专业设计验证方案或相关合格且可靠产品	0-1	

5.2.13 人的因素及施工管理引发的事故可能性的评估指标体系，见表22，将评估指标分值通过公式 $M=a+b+c+d+e+f+g+h$ 进行计算。根据分值对照表23找出折减系数 γ ，再计算事故可能性。

表 22 安全管理评估指标体系

评估指标	分类	分值	说明
总包企业资质 A	三级	3	
	二级	2	
	一级	1	
	特级	0	
专业及劳务分包企业资质 B	无资质	1	针对当前作业的主要分包企业。
	有资质	0	
历史事故情况 C	发生过重大事故	3	指项目部主要管理人员从事过的工程项目上曾经发生的事故情况。
	发生过较大事故	2	
	发生过一般事故	1	

评估指标	分类	分值	说明
	未发生过事故	0	
作业人员经验 D	无经验	2	从特种作业人员、一线施工人员的工程经验考虑。
	经验不足	1	
	经验丰富	0	
安全管理人员 配备 E	不足	2	从“三类人”的持证、在岗情况考虑。
	基本符合规定	1	
	符合规定	0	
安全投入 F	不足	2	
	基本符合规定	1	
	符合规定	0	
机械设备配置 及管理 G	不符合合同要求	2	
	基本符合合同要求	1	
	符合合同要求	0	
专项施工方案 H	可操作性较差	2	
	可操作性一般	1	
	可操作性强	0	

表 23 安全管理评估指标分值与折减系数对照表

计算分值M	折减系数 γ
$M > 12$	1.2
$9 \leq M \leq 12$	1.1
$6 \leq M \leq 8$	1
$3 \leq M \leq 5$	0.9
$0 \leq M \leq 2$	0.8

5.2.14 典型重大风险源事故可能性等级划分见表24，其中 $P=R \times \gamma$ ，其中R为表14~表21中各重大风险源评估指标分值累加，按四舍五入计算取整。

表 24 典型重大风险源事故可能性等级划分

计算分值 P	等级描述	等级
$P \geq 14$ 分以上	等级 IV(很可能)	4
$6 \leq P < 14$	等级 III(可能)	3
$3 \leq P < 6$ 分	等级 II(偶然)	2
$P < 3$	等级 I(不太可能)	1

5.2.15 根据事故发生的可能性和严重程度等级，采用风险矩阵法确定桥梁具体施工作业活动的风险等级，划分标准见表13。

5.2.16 评估人员根据工程进度，宜绘制施工安全风险分布图，将重大风险源的风险等级用不同颜色在桥梁施工形象进度图中标识出来，并附到评估报告中，同时以列表方式汇总重大风险源，填入表25。

表 25 重大风险源风险等级汇总表

重大风险源	事故可能性等级	严重程度等级		风险等级	评定理由
		人员伤亡	经济损失		
重大风险源 1					
重大风险源 2					
.....					
重大风险源 n					

5.3 隧道工程

5.3.1 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。

5.3.2 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，等级标准如表11、表12所示。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。

5.3.3 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《指南》列出了坍塌、涌水突泥、瓦斯爆炸事故的评估指标，其他事故类型可参考本《指南》的原则和思路自行确定评估指标。

5.3.4 人的因素及施工管理引发的事故可能性的评估指标体系，见表22，将评估指标分值通过公式 $M=a+b+c+d+e+f+g+h$ 进行计算。根据分值对照表23找出折减系数 γ ，再计算事故可能性。

5.3.5 隧道坍塌事故的可能性，可从施工区段的围岩级别、断层破碎带、渗水状态、地质符合性、施工方法、施工步距等指标进行估算。具体评估指标可参见表26，评估时可根据工程实际情况对评估指标分类和分值进行改进。

5.3.6 隧道施工区段坍塌事故可能性分值计算公式为：

$P=\gamma \cdot (C \times A+B+D+E+F)$ 。计算结果要四舍五入为整数。分值大小确定后，对照表27确定坍塌事故可能性等级。

表 26 隧道施工区段坍塌事故可能性评估指标

评估指标	分类	分值	说明	
围岩级别 A	V、VI级	4-5	可根据围岩节理发育情况和岩性适当调整分值	
	IV级	3		
	III级	2		
	I、II级	0-1		
断层破碎情况 B	存在宽度 50m 以上的大规模断层破碎带	3-4		
	存在宽度 20m 以上、50m 以下的中等规模断层破碎带	2		
	存在宽度 20m 以下小规模断层破碎带	1		
	不存在断层破碎带	0		
渗水状态 C	岩溶管道式涌水	1.5	渗水状态应考虑天气影响因素	
	线状—股状	1.2		
	线状	1.0		
	干—滴渗	0.9		
地质符合性 D	工程地质条件与设计文件相比较差	2-3	由监理工程师确认	
	工程地质条件与设计文件基本一致	1		
	施工控制与设计	0		
施工方法 E	施工方法不适合水文地质条件的要求	2-3	可参照有关技术标准确定是否适合	
	施工方法基本适合水文地质条件的要求	1		
	施工方法完全适合水文地质条件的要求	0		
施工步距 F=a+b	a	V、VI级围岩衬砌到掌子面距离在 200m 以上或全断面开挖衬砌到掌子面距离在 250m 以上	4-5	二衬距离掌子面的距离是影响隧道稳定性的一个重要因素。本指标主要考虑施工时台阶法施工、全断面法施工二衬是否及时跟上。
		V、VI级围岩衬砌到掌子面距离在 120m 以上、200m 以下或全断面开挖衬砌到掌子面距离在 160m 以上、250m 以下	3	
		V、VI级围岩衬砌到掌子面距离在 70m 以上、120m 以下或全断面开挖衬砌到掌子面距离在 120m 以上、160m 以下	2	
		V、VI级围岩衬砌到掌子面距离在 70m 以下或全断面开挖衬砌到掌子面距离在 120m 以下	0-1	
	b	一次性仰拱开挖长度在 8m 以上	2-3	
		一次性仰拱开挖长度在 8m 以下	0-1	

表 27 隧道施工区段坍塌事故可能性等级标准

计算分值	事故可能性描述	等级
12-19	很可能	4
7-11	可能	3
3-6	偶然	2
1-2	不可能	1

5.3.7 瓦斯爆炸事故的可能性，可从施工区段的瓦斯含量、洞内通风情况、机械设备防爆情况、瓦斯监测体系等指标进行估算，具体评估指标见表28。

表 28 隧道施工区段瓦斯爆炸事故可能性评估指标

评估指标	分类	分值	说明
瓦斯含量 A	存在瓦斯突出危险	4	可根据设计文件、现场监测结果进行判断
	瓦斯涌出量 $\geq 0.5\text{m}^3/\text{min}$	2-3	
	瓦斯涌出量 $< 0.5\text{m}^3/\text{min}$	1	
	无瓦斯	0	
洞内通风 B	洞内掌子面最小风速未达标	2-3	由现场监测结果进行判定
	洞内掌子面最小风速达标	1	
机械设备防爆 情况 C	未采用防爆设备	3	对出渣机械、机电设备等进行综合判定
	采用防爆设备	1-2	
瓦斯监测体系 D	洞内瓦斯监测体系不完备	2-3	由评估小组按照有关技术标准判定
	洞内瓦斯监测体系完备	1	

5.3.8 隧道施工区段瓦斯爆炸事故可能性分值计算公式为： $P=\gamma \cdot A \times (B+C+D)$ 。分值大小确定后，对照表29确定瓦斯爆炸事故可能性等级。

表 29 隧道施工区段瓦斯爆炸事故可能性等级标准

计算分值	事故可能性描述	等级
12-18	很可能	4
6-8	可能	3
2-4	偶然	2
0	不可能	1

5.3.9 隧道涌水突泥事故的可能性，可从施工区段的岩溶发育程度、断层破碎带、外水压力水头等指标进行估测，具体评估指标见表30。

表 30 隧道施工区段涌水突泥事故可能性评估指标

评估指标	分类	分值	说明
岩溶发育程度 A	岩溶极发育，有宽大岩溶洞穴、地下暗河、塌陷坑等	4-5	根据设计文件和超前预报结果判定
	岩溶发育，有宽大岩溶发育带和大岩溶洞穴	3	
	岩溶较发育，有岩溶裂隙带和较大岩溶洞	2	
	岩溶不发育，有岩溶裂隙、小溶洞发育	0-1	
断层破碎带 B	施工区段及附近存在断层破碎带或较大裂隙	2-3	根据设计文件和超前预报结果判定
	施工区段不存在断层破碎带或较大裂隙	0-1	
周围水体情况 C	隧道上方存在湖泊、河流、水库等水体	3	根据现场调查情况判定
	隧道附近存在补给性水体	2	
	隧道周围不存在补给性水体	0-1	

5.3.10 隧道施工区段涌水突泥事故可能性分值计算公式为： $P=\gamma \cdot B \times (A+C)$ 。分值大小确定后，对照表31确定涌水突泥事故可能性等级。如果施工区段存在盆状地形，同时施工期间有大雨、暴雪等强降水天气时，则事故可能性等级为4级。

表 31 隧道施工区段涌水突泥事故可能性等级标准

计算分值	事故可能性描述	等级
12-16	很可能	4
6-8	可能	3
2-4	偶然	2
1	不可能	1

5.3.11 根据事故发生的可能性和严重程度等级，采用风险矩阵法确定隧道施工区段发生某种重大风险源风险等级，划分标准见表13。

5.3.12 完成重大风险源估测后，应根据隧道工程进度表，绘制施工安全风险分布图，将重大风险源的风险等级用不同颜色在隧道纵断面上的分布情况标识出来，并附到评估报告中。同时将不同施工区段的重大风险源列表说明，如表32所示。

6 风险控制

6.1 一般要求

6.1.1 根据风险评估结果，按照风险接受准则，提出风险控制措施。公路桥梁、隧道工程施工安全风险接受准则如表 33 所示。

6.1.2 风险控制应根据工程特点、风险评估结果、成本效益比等，选择合适的风险控制措施。措施建议应具体翔实并具操作性。按照针对性和重要性的不同，措施建议可分为应采纳和宜采纳两种类型。

6.1.3 一般风险源控制措施由施工单位按常规制定。重大风险源控制措施应按照预案、预警、预防等三阶段逐一明确要求。经专项风险评估达到高度风险及以上的施工作业活动或施工区段，应采取完善专项施工方案及应急预案、开展施工监测与预警、提高现场防护条件、加强施工安全技术交底和危险告知等措施，防止重大险情或事故发生。

表 33 风险接受准则

风险等级	接受准则	处理措施
低度	可忽略	不需采取风险处理措施和监测。
中度	可接受	一般不需采取风险处理措施，但需予以监测。
高度	不期望	必须采取风险处理措施降低风险并加强监测，且满足降低风险的成本不高于风险发生后的损失。
极高	不可接受	必须高度重视，采取切实可行的规避措施并加强监测，否则要不惜代价将风险至少降低到不期望的程度。

6.1.4 选择风险控制措施时应按照如下顺序进行：

① 本质安全：

控制措施宜首先从本质安全的角度，来消除风险源或将风险降低到可

接受的程度。

1) 重新评估工程设计中残留的风险：

a) 是否可变更设计以降低风险？

b) 是否可以选择不问施工方法避开风险源或降低风险？

2) 评估施工临时结构的本质安全。

② 安全隔离或防护：

不能从本质安全进行控制的风险，应优先采用隔离或防护的手段降低风险，其顺序是：

1) 施工方法的残留风险能否通过合理安排施工顺序而避开。

2) 必须面对的风险源应采取隔离或保护全体作业人员的措施。

3) 个体防护措施。

③ 警告或标示：

上述措施采取后残留的风险，应采取警告或标示等辅助措施降低：

1) 自动监测并发出警告。

2) 设立警告标志。

3) 人工观测、警戒、监视或专人指挥。

④ 教育培训：

将确定的安全措施在施工前通过安全技术交底等方式，传递给安全管理和施工作业人员，减少和避免人的不安全行为。

6.2 一般风险源控制

6.2.1 一般风险源控制措施应根据有关技术标准、安全管理要求来制定。

6.2.2 一般风险源对应的触电、高处坠落、物体打击、车辆伤害、火药爆炸、火灾等事故的风险控制措施应简明扼要，明确安全防护、安全警示、

安全教育、现场管理等方面的具体内容。

6.3 重大风险源控制

6.3.1 重大风险源应按照公路桥梁、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，可参见附录 4、附录 5。

6.3.2 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。

6.3.3 风险等级达到Ⅲ级（高度风险）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。

7 风险评估报告编制

7.0.1 风险评估报告是施工安全风险评估过程的记录，应反映风险评估过程的全部工作，将风险评估过程中的记录表格、采用的评估方法、获得的评估结果、推荐的控制措施等写入评估报告中。

7.0.2 风险评估报告应内容全面，文字简洁，数据完整，客观公正，提出的风险控制措施具有可操作性。

7.0.3 风险评估报告应包含以下内容：

1、编制依据

- 1) 项目风险管理方针及策略；
- 2) 相关的国家和行业标准、规范及规定；
- 3) 项目设计和施工方面的文件；
- 4) 项目各阶段（工可、初设、详设等）审查意见；
- 5) 设计阶段风险评估成果。

2、工程概况

3、评估过程和评估方法

4、评估内容

- 1) 总体风险评估；
- 2) 专项风险评估：包括风险源普查、辨识、分析以及重大风险源的估测；

5、对策措施及建议

6、评估结论

- 1) 重大风险源风险等级汇总；
- 2) III级和IV级风险存在的部位、方式等情况；

3) 分析评估结果的科学性、可行性、合理性及存在问题。

7.0.4 风险评估报告格式见附录6，应包括：

- 1、封面（包括评估项目名称、报告完成日期、评估组长签名）
- 2、著录项（评估人员名单，并应亲笔签名）
- 3、目录
- 4、编制说明
- 5、正文（章节设置可参见 7.0.3 条）
- 6、附件

附录 1 常用评估方法特点

本附录总结了风险评估常用的技术方法，供风险评估人员参考。评估人员应根据评估目的、评估对象特点，确定可行的评估工作组织形式，合理选用评估方法，也可选用本附录以外的其他方法，鼓励创新。

分类	名称	优点	缺点	适用范围
定性分析方法	专家评议法	简单易行，比较客观。所得结论比较全面、正确，能够对各种模糊的、不确定的问题做出较为准确的回答。	易受主观因素的影响，有可能使结果产生偏差，容易偏保守。	该方法适用于难以借助精确的分析技术而可依靠专家的集体直观判断进行预测的危险源分析问题。
	专家调查法（包括智暴法、德尔菲法）	可防止由于专家多而产生当面交流困难、效率低。避免因权威作用或人数多而压倒其他意见多次征询意见。	由于专家不能当面对交流，缺乏沟通，可能会坚持错误意见。由于是函询法，且又多次重复，会使某些专家最后不耐烦而不仔细考虑填写。具有专家评议法的缺点。	难以借助精确的分析技术而可依靠集体的直观判断进行预测的风险分析问题。问题复杂、专家代表不同的专业并没有交流的历史。受时间、经费限制，或因专家之间存有分歧、隔阂不宜当面交换意见。
	“如果。。。怎么办”法（ifthe n）	经济有效，可充分发挥专业人员的知识特长、集思广益，可找出一个工程所存在的危险、有害性及其程度，提出消除或降低其危险性、有害性的对策措施，比较醒目、直观。	该方法要求参与人员要熟悉工艺、设备，并且要收集类似工程的有关情况，以便分析，综合判断。该方法对于较大的系统进行分析时，表格数量多，工作量大，且容易产生错漏。	该方法既可适用于一个系统，也可以适用于系统中某一环节，适用范围较广。但不适用于较大系统分析，只适用于系统中某一环节或小系统分析。
	失效模式和后果分析法	对于一个系统内部每个不见的失效模式或不正常运行模式都可进行详细分析，并推断它对于整个系统的影响、可能产生的后果及如何才能避免或减少损失。	只能用于考虑非危险性失效，花费时间，一般不能考虑各种失效的综合因素。	可用在整个系统的任何一级，常用于分析某些复杂的关键设备。

分类	名称	优点	缺点	适用范围
半定量分析法	事故树法	对导致灾害事故的各种因素及逻辑关系能做出全面、简洁和形象的描述便于查明系统内固有的或潜在的各种危险因素，为设计、施工和管理提供科学依据，便于进行逻辑运算，进行定性、定量分析和系统评价。	事故树法步骤较多，计算较复杂。便于查明系统固有的或潜在的各种危险因素，为设计、施工和管理提供科学依据。便于进行逻辑运算，进行定性、定量分析和系统评价。	事故树法应用比较广，非常适合于复杂性较大的系统。在工程设计阶段对事故查询时，都可以使用此法对它们的安全性做出评价。事故树法经常用于直接经验较少的危险源辨识。
	事件树法	事件树法是一种图解形式，层次清楚、阶段明显，可进行多阶段、多因素复杂事件动态发展过程的分析，预测系统中事故发生的趋势。	在国内外数据较少，进行定量分析还需做大量的工作；用于大系统时，容易产生遗漏和错误；该方法不能分析平行产生的后果，不能进行详细分析。事件树的大小随着问题中变量个数呈指数增长。	事件树可以用来分析系统故障、设备失效、工艺异常、人的失误等，应用比较广泛。事件树法不能分析平行产生的后果，不适用于详细分析。
	影响图方法	影响图能够明显地表示一个决策分析问题中变量之间的条件独立关系。影响图能够清晰地表示变量之间的时序关系、信息关系和概率关系。这种图形表示方式适合决策者认识问题的思维过程。影响图的网络表示形式便于用计算机存贮信息与操作处理。	节点的边缘概率和节点间的条件概率难得到。进行主观概率估计时，可能会违反概率理论。	影响图方法与事件树法适用性类似，由于影响图方法比事件树法有更多的优点，因此，也可以应用于较大的系统分析。
	原因-结果分析法	原因-结果分析法实质是事件树法和事故树法的结合使用，因此，它同时具有这两种方法的优点和缺点。		其适用性与事故树法和事件树法类似，适用于在设计、操作时用来辨识事故的可能结果及原因。不适用于大型系统。

分类	名称	优点	缺点	适用范围
	风险评价矩阵法	根据系统层次按次序揭示系统、分系统和设备中的危险源，做到不漏任何一项，并按风险的可能性和严重性分类，以便分别按轻重缓急采取措施更适合现场作业，可以进行定性和定量分析。	主观性比较强，如果经验不足，会对分析带来麻烦。 风险严重等级及风险发生频率是研究者自行确定的，存在较大的主观误差。	该方法可根据使用的需求对风险等级划分进行修改，使其适用不同的分析系统，但要有一定的工程经验和数据资料做依据。其即可适用于整个系统，又可以适用于系统中某一环节。
定量分析方法	模糊综合评判法	模糊数学综合评判法给出了一个数学模型，它简单，容易掌握，是对多因素、多层次的复杂问题评判效果比较好的方法，其适用性较广。	模糊数学综合评判法隶属函数或隶属度的确定、评价因素对评价对象的权重的确定都有很大的主观性，其结果也存在较大的主观性。同时对于多因素、多层次的复杂评价，其计算则比较复杂。	模糊数学综合评判方法适用于任何系统的任何环节，其适用性比较广。
	层次分析法	具有适用、简洁、使用和系统的特点。	AHP 得出的结果是粗略的方案排序。对于那种有较高定量要求的决策问题，单纯应用 APH 的使用过程中，无论建立层次结构还是构造判断矩阵，人的主管判断、选择、偏好对结果的影响极大，判断失误即可能造成决策失误，这就使得用 APH 进行决策主管成分很大。	应用领域比较广阔，可以分析社会、经济以及科学管理领域中的问题。适用于任何领域的任何环节，但不适用于层次复杂的系统。

分类	名称	优点	缺点	适用范围
	蒙特卡洛模拟法	它能够用于包括随机变量在内的任何计算类型。 考虑的变量数目不受限制。 用于计算的随机变量可以根据具体数据采用任何分布形式。 可以更有效地发挥专家的作用。	能够在实际中采取的模拟系统非常复杂，建立模型很困难。 没有计入风险因素之间的相互影响，使得风险估计结果可能偏小。	比较适合在大中型项目中应用。优点是可以解决许多复杂的概率运算问题，以及适合于不允许进行真实试验的场合。对于那些费用高的项目或费时长的试验，具有很好的优越性。 一般只在进行较精细的系统分析时才使用，他适用于问题比较复杂，要求精度较高的场合，特别是对少数可行方案实行精选比较时十分必要。
	等风险图法	该方法的优点是方便直观、简单有效，对任何一个具体项目，只要得到其风险发生概率和风险后果，就可直接得到其风险系数。	该方法需要得到风险发生概率和风险后果两个变量值，而这两个值在实际操作中不易得到，需要借助其它分析方法，因此，也含有其它分析方法的缺点。同时，根据等风险图只能确定风险系数位于哪一个区间内，如果想得到具体数值，还需要进行计算。	该方法适用于对结果要求精确度不高，只需要进行粗略分析的项目，同时，如果只进行一个项目一个方案分析，该方法相对繁琐，所以该方法适用于多个类似项目同时分析或一个项目的多个方案比较分析时使用。
	控制区间记忆模型	该方法用直方图代替变量的概率分布，用“和”代替函数积分，变量的概率分布采取经验分布形式，使风险因素量化过程变得简单、直观，并且易于实现概率的加法和乘法计算。	该方法只适合于各变量间相互独立的情况，且最终结果的精确与否与所取区间大小有很大关系。	该模型适用于结果精确要求不高的项目，且只适用于变量间相互独立或相关性可忽略的项目。

分类	名称	优点	缺点	适用范围
	神经网络方法	具有很强的学习能力、抗故障性和并行性。	神经网络综合评估模型在已知数据不足或无法准确构造训练样本集的情况下,需要结合其它综合评估方法得到训练样本集,才能实现网络的训练。	①预测问题,原因和结果的关系模糊的场合。②模式辨识,设计模糊信息的场合。③不一定非要得到最优解,主要是快速求得与之相近的次优解的场合。④组合数量非常多,实际求解集合不可能的场合。⑤对非线性很高的系统进行控制的场合。
	主成分分析法	能将多个指标转化为少数几个指标进行降维处理。 能够将指标之间的关联性考虑在内,但计算比较简单。 在大样本的情况下,个别样本对主成本的影响不会很大。	评价标准的不可继承性。 评价工作的盲目性。 评价结果和评价指导思想之间的矛盾性。 需借助较多的统计资料。	主成分分析法可适用于各个领域,但其结果只是在比较相对大小时才有意义。
综合分析方法	专家信心指数法	具有德尔菲法的优点,一定程度上克服了德尔菲受个人主管因素影响大的缺点。	同德尔菲法	同德尔菲法
	模糊层次综合评估方法	同时拥有了层次分析法和模糊数学综合评判法的优点。 该方法克服了模糊数学综合评判法中评价因素对评价对象的权重确定主观性强等缺点。	除了模糊数学综合评判法的权重确定的主观性的缺点之外,同时具有层次分析法和模糊数学综合评判法的缺点。	其适用范围与模糊数学综合评判法一致。
	模糊事故树分析法	兼有模糊数学综合评判法和事故树法的优点。 避免了对统计资料的强烈依赖性,为事故概率的估计提供了新思路。	除了对统计资料的强烈依赖性之外,同时具有模糊数学综合评判法和事故树法的缺点。	适用范围与事故树法相同,与事故树法相比,更适用于那些缺乏基本统计数据的项目。

分类	名称	优点	缺点	适用范围
	事故树与模糊综合评判组合分析法	兼有事故树法和模糊综合评判法的优点。避免了在确定因素集过程中出现错漏。对风险影响系数大的因素进行分析,得到的结果更科学、合理。	除了模糊综合评判法的权重确定的主观性的缺点之外,同时具有事故树法和模糊综合评判法的缺点。	适用范围与事故树法相同。

附录 2 公路桥梁工程主要施工作业活动与典型事故类型对照表

事故类型 施工作业	坍塌	起重 伤害	物体 打击	高处 坠落	机械 伤害	触电	淹溺	车辆 伤害	中毒 窒息	容器 爆炸
深基坑施工	○		○	○						
人工挖孔灌注桩	○		○	○					○	
水上机械钻孔灌注桩		○	○			○	○			○
沉井基础施工		○		○			○			
墩塔模板法施工	○	○	○	○						
模板、支架和拱架 安装与拆除	○		○	○						
钢筋工程作业			○		○	○				○
砌体工程施工	○		○	○	○					
猫道施工			○	○	○					
满堂脚手架现浇法 作业	○	○	○	○	○					
顶推法作业				○	○					
悬臂拼装法作业	○	○	○	○						
悬臂现浇法作业	○	○	○	○						
满堂拱架法作业	○		○	○						
劲性骨架法作业	○	○	○	○						
缆索吊装法作业	○		○	○						
转体安装作业	○				○					
架桥机安装作业	○			○						
浮吊安装作业		○	○	○						
模板、支架和拱架 安装与拆除	○		○	○						
临时设施（塔吊、 龙门架等）拆除	○		○	○						
防护栏、隔离墩施 工				○	○	○				
桥面防水施工				○	○					
桥面与人行道铺装				○	○					

附录3 公路隧道工程钻爆法施工作业活动与典型事故类型对照表

主要作业内容及程序	事故类型	物体打击	高处坠落	触电	起重伤害	瓦斯爆炸	冒顶片帮	涌水突泥	放炮	火灾	机械伤害	车辆伤害	倒塌	其他
一、临时工程														
1.场地平整														
a. 便道施工及危险点处理			○	○							○			
2.施工场地布置														
a. 临时建筑		○		○									○	
b. 混凝土拌合场			○	○									○	
c. 钢拱架、锚杆等加工场				○							○			
d. 弃渣场			○									○		
e. 重型机具进场					○							○		
二、洞口边坡工程														
1.边坡开挖及防护														
a. 地表清除（清表）			○								○			
b. 坡面开挖		○	○								○		○	
c. 弃土运输		○									○			
d. 打设锚杆			○											
e. 喷射混凝土			○											
f. 截水沟开挖			○											
2.洞口施工														
a. 洞口测量														
b. 架设钢拱架			○	○							○		○	
c. 洞口管棚或小导管施工			○	○				○						
d. 注浆											○			

事故类型 主要作业内容及程序	物体打击	高处坠落	触电	起重伤害	瓦斯爆炸	冒顶片帮	涌水突泥	放炮	火灾	机械伤害	车辆伤害	倒塌	其他
e. 洞口开挖（爆破或机械开挖）						○	○	○		○		○	
f. 锚喷支护	○	○											
g. 明洞工程	○	○	○									○	
三、洞身开挖													
1.隧道开挖													
a. 中心线及高程测量	○	○											
b. 布孔		○				○	○						
c. 钻孔		○	○			○	○	○		○			
d. 装药及结线	○		○					○					
e. 起爆	○					○	○	○					
f. 通风			○										
g. 盲炮检查和危石清理（找顶）	○				○	○	○			○			
h. 出渣	○				○	○	○	○					
2.初期支护													
a. 初喷	○		○		○	○	○			○			
b. 立钢拱架	○	○	○		○	○	○					○	
c. 钢筋网铺设		○	○		○	○	○					○	
d. 打锚杆		○			○	○	○			○			
e. 喷射混凝土	○	○			○	○	○						
3.仰拱施工													
a. 仰拱开挖										○	○		
b. 仰拱钢拱架施工			○		○	○	○						

主要作业内容及程序	事故类型	物体打击	高处坠落	触电	起重伤害	瓦斯爆炸	冒顶片帮	涌水突泥	放炮	火灾	机械伤害	车辆伤害	倒塌	其他
c. 绑扎钢筋				○										
d. 混凝土浇筑				○		○	○	○						
4. 监控量测														
a. 监测仪器装设及量测		○	○											
四、二次衬砌														
1. 防水层工程														
a. 搭设施工台车			○	○									○	
b. 初支表面处理		○	○											
c. 土工布铺设			○							○	○			
d. 防水板铺设			○							○	○			
2. 二衬工程														
a. 钢筋绑扎		○	○	○									○	
b. 模板架设			○								○			
c. 混凝土浇筑			○	○							○	○		
d. 养生				○							○			
e. 拆模			○	○										
五、其它工程														
1. 管沟施工														
a. 管沟混凝土工程				○							○			
2. 路面工程														
a. 沥青或混凝土路面铺摊				○							○	○		
3. 交通工程														
a. 机电工程			○	○							○			
b. 安全设施			○								○		○	

附录 4 公路桥梁典型的重大风险源风险控制建议

表 4-1 人工挖孔桩施工风险防控对策及建议

说明	
人工挖孔桩为隐蔽工程，风险防控应重点考虑坍塌事故、物体打击事故、高处坠落事故以及中毒窒息事故类型。	
序号	风险防控对策及建议
1	人工挖孔桩施工前，应根据桩的直径、桩深、土质、现场环境等状况进行混凝土护壁结构的设计，编制施工方案和相应的安全技术措施，并经企业负责人和技术负责人签字批准。
2	人工挖孔桩施工前应对现场环境进行调查，掌握以下情况： (1) 地下管线位置、埋深和现况； (2) 地下构筑物(人防、化粪池、渗水池、古坟墓等)的位置、埋深和现况； (3) 施工现场周围建(构)筑物、交通、地表排水、振动源等情况； (4) 高压电气影响范围。
3	人工挖孔桩施工前，工程项目经理部的主管施工技术人员必须向承担施工的专业分包负责人进行安全技术交底并形成文件。交底内容应包括施工程序、安全技术要求、现况地下管线和设施情况、周围环境和现场防护要求等。
4	人工挖孔作业前，专业分包负责人必须向全体作业人员进行详细的安全技术交底，并形成文件。
5	施工前应检查施工物质准备情况，确认符合要求，并应符合下列要求： (1) 施工材料充足，能保证正常的、不间断的施工。 (2) 施工所需的工具设备(辘轳、绳索、挂钩、料斗、模板、软梯、空压机和通风管、低压变压器、手把灯等)必须完好、有效。 (3) 系入孔内的料斗应由柔性材料制作。
6	当土层中有水时，必须采取措施疏干后方可施工。
7	人工挖孔桩必须采用混凝土护壁；首节护壁应高于地面 20cm；相邻护壁节间应用锚筋相连。护壁强度达 5MPa 后方可开挖下层土方。施工中必须按施工设计要求的层深，挖一层土方施做一层护壁，严禁超要求开挖、后补做护壁的冒险作业。
8	人工挖孔作业过程中应满足下列要求： (1) 每孔必须两人配合施工，轮换作业。孔下人员连续作业不得超过 2h，孔口作业人员必须监护孔内人员的安全。 (2) 孔下操作人员必须戴安全帽。 (3) 桩孔周围 2m 范围内必须设护栏和安全标志，非作业人员禁止入内。3m 内不得行驶或停放机动车。 (4) 严禁孔口上作业人员离开岗位，每次装卸土、料时间不得超过

	<p>1min。</p> <p>(5) 土方应随挖随运, 暂不运的土应堆在孔口 1m 以外, 高度不得超过 1m。孔口 1m 范围内不得堆放任何材料。</p> <p>(6) 料斗装土、料不得过满。</p> <p>(7) 孔口上作业人员必须按孔内人员指令操作辘轳。向孔内传送工具等必须用料斗系放, 严禁投扔。</p> <p>(8) 必须自上而下逐层开挖, 每层挖土深度不得大于 100cm, 松软土质不得大于 50cm, 严禁超挖。</p> <p>(9) 作业人员上下井孔必须走软梯。</p> <p>(10) 暂停作业时, 孔口必须设围挡和安全标志或用盖板盖牢, 阴暗时和夜间应设警示灯。</p>
9	<p>施工中孔口需用垫板时, 垫板两端搭放长度不得小于 1m, 垫板宽度不得小于 30cm, 板厚不得小于 5cm。孔径大于 1m 时, 孔口作业人员应系安全带并扣牢保险钩, 安全带必须有牢固的固定点。</p>
10	<p>料斗和吊索具应具有轻、柔、软性能, 并有防坠装置。</p>
11	<p>孔内照明必须使用 36V(含)以下安全电压。</p>
12	<p>人工挖孔作业中, 应检测孔内空气质量, 确认符合国家现行标准的要求, 并应满足下列要求:</p> <p>(1) 孔内空气中氧气浓度应符合现行《缺氧危险作业安全指南》(GB8958)的有关要求; 有毒有害气体浓度应符合本《指南》附录 N 的有关要求。</p> <p>(2) 现场必须配备气体检测仪器。</p> <p>(3) 开孔后, 每班作业前必须打开孔盖通风, 经检测氧气、有毒有害气体浓度在要求范围内并记录, 方可下孔作业; 检测合格后未立即进入孔内作业时, 应在进入作业前重新进行检测, 确认合格并记录。</p> <p>(4) 孔深超过 5m 后, 作业中应强制通风。</p>
13	<p>施工现场应配有急救用品(氧气等)。遇塌孔、地下水涌出、有害气体等异常情况, 必须立即停止作业, 将孔内处人员立即撤离危险区。严禁擅自处理、冒险作业。</p>
14	<p>两桩净距小于 5m 时, 不得同时施工, 且一孔浇筑混凝土的强度达 5MPa 后, 另一孔方可开挖。</p>
15	<p>夜间不得进行人工挖孔施工。</p>
16	<p>人工挖孔过程中, 必须设安全管理人员对施工现场进行检查监控, 掌握各桩孔的安全状况, 消除隐患, 保持安全施工。</p>
17	<p>挖孔施工中遇岩石爆破时, 孔口应覆盖防护, 爆破施工应符合有关安全作业要求。</p>
18	<p>人工挖孔施工过程中, 现场应设作业区, 其边界必须设围挡和安全标志、警示灯, 非施工人员禁止入内。</p>

表 4-2 基坑施工风险防控对策及建议

说明	
基坑施工的风险防控应重点考虑基坑坍塌事故、淹溺事故及爆炸事故等。	
序号	风险防控对策及建议
1	基坑尺寸应能满足基础安全施工和排水要求，基坑顶面应有良好的运输通道。
2	当挖土深度超过 5m 或发现有地下水和土质发生特殊变化时，应根据现场实际情况确定边坡坡度或采取支护措施；基坑支护应根据土质情况、施工荷载、施工周期和现场情况进行施工专项设计，并符合现行《 建筑基坑支护技术指南》(JGJ 120) 的有关要求。
3	开挖中发现危险物、不明物等严禁敲击和擅自处理。
4	基坑临近各类管线、建(构)筑物时，开挖前应按施工组织设计的要求实施拆移、加固或保护措施，经检查符合要求后，方可开挖。
5	土层中有水时，应在开挖前进行排降水，先疏干再开挖，不得带水挖土。
6	开挖中，出现基坑顶部地面裂缝、坑壁坍塌或涌水、涌沙时，必须立即停止施工，人员撤离危险区，待采取措施确认安全后，方可恢复施工。
7	基坑开挖与支撑、支护交叉进行时，严禁开挖作业碰撞、破坏基坑的支护结构。
8	施工现场附近有电力架空线时，应设专人监护。
9	基坑外堆土时，堆土应距基坑边缘 1m 以外，堆土高度不得超过 1.5m。
10	人工清基应在挖掘机停止运转，且挖掘机指挥人员同意后进行，严禁在机械回转范围内作业。
11	基坑内应设安全梯或土坡道等攀登设施。
12	<p>基坑排降水时应：</p> <p>(1) 基坑范围内有地下水，需降水施工时，应根据水文地质和现场环境状况进行施工设计。</p> <p>(2) 在水深超过 1.2m 的水域作业，必须选派熟悉水性的人员，并应采取防止溺水的措施。</p>
13	<p>导流施工时应：</p> <p>(1) 宜在枯水季节进行。</p> <p>(2) 施工前应对现场情况进行调查，掌握现场的工程地质、水文地质情况和河湖的水深、流速、最高洪水位、上下游闸堤情况与施工范围内的地上、地下设施现况，编制导流施工设计，制定相应的安全技术措施。</p> <p>(3) 施工前应向海事管理部门申办施工手续，并经批准。</p>
14	<p>地基处理应：</p> <p>(1) 爆破施工应符合现行《爆破安全指南》(GB 6722)的有关要求。</p> <p>(2) 施工前，必须由具有相应爆破设计资质的企业进行爆破设计，编制爆破设计书或爆破说明书，并制定专项施工方案，要求相应的安全技术措施，经市、区政府主管部门批准，方可实施。</p> <p>(3) 爆破施工必须由具有相应爆破施工资质的企业承担，由经过爆破专</p>

<p>业培训、具有爆破作业上岗资格的人员操作。</p> <p>(4) 爆破前应对爆破区周围的环境状况进行调查，了解并掌握危及安全的不利环境因素，采取相应的安全防护措施。</p> <p>(5) 露天爆破装药前，应与气象部门联系，及时掌握气象资料，遇雷电、暴雨雪来临；大雾天气，风力大于六级等恶劣天气时，必须停止爆破作业。</p>

表 4-3 水上群桩施工风险防控对策及建议

说明	
水上群桩施工的风险防控应重点考虑起重事故、船撞事故，平台坍塌事故等。	
序号	风险防控对策及建议
1	应根据桩径、桩深、工程和水文地质与现场环境等状况选择适宜的施工方法和机具，并要求制定相应的安全技术措施。
2	作业平台应根据施工荷载、水深、水流、工程地质状况进行施工专项设计，其高程应在施工期间的最高水位 70cm 以上。
3	施工中应与海事管理部门密切沟通，确保航道运输安全。
4	施工中应密切关注气候环境变化情况，尤其需重点关注风速、潮汐等不利因素。
4	泥浆护壁成孔时，孔口应设护筒。埋设护筒后至钻孔之前，应在孔口设护栏和安全标志。
5	护壁泥浆应满足下列要求： (1) 泥浆原料应为性能合格的粘土或其他符合环保要求的材料。 (2) 泥浆不断循环使用过程中应加强管理，始终保持泥浆性能符合要求。 (3) 现场应设泥浆沉淀池，泥浆残渣应及时清理并妥善处理，不得随意排放，污染环境。 (4) 泥浆沉淀池周围应设防护栏杆和安全标志。
6	钻孔作业应满足下列安全要求： (1) 施工场地应平整、坚实；现场应划定作业区，非施工人员禁止入内。 (2) 施工现场附近有电力架空线路时，施工中应设专人监护。 (3) 钻机运行中作业人员应位于安全处，严禁人员靠近和触摸钻杆；钻具悬空时严禁下方有人。 (4) 钻孔过程中，应经常检查钻渣并与地质剖面图核对，发现不符时应及时采取安全技术措施。 (5) 钻孔应连续作业，建立交接班制，并形成文件。 (6) 成孔后或因故停钻时，应将钻具提至孔外置于地面上，关机、断电并应保持孔内护壁措施有效，孔口应采取防护措施。 (7) 钻孔作业中发生坍孔和护筒周围冒浆等故障时，必须立即停钻；钻机有倒塌危险时，必须立即将人员和钻机撤至安全位置，经技术处理并确认安全后，方可继续作业。 (8) 施工中严禁人员进入孔内作业。 (9) 冲抓钻机钻孔，当钻头提至接近护筒上口时，应减速、平稳提升，

<p>不得碰撞护筒，作业人员不得靠近护筒，钻具出土范围内严禁有人。</p> <p>(10) 正、反循环钻机钻孔均应减压钻进，即钻机的吊钩应始终承受部分钻具质量，避免弯孔、斜孔或扩孔。</p> <p>(11) 使用全套管钻机钻孔时，配合起重机安套管人员应待套管吊至安装位置，方可靠近套管辅助就位，安装螺栓；拆套管时，应待被拆管节吊牢后方可拆除螺栓。</p>

表 4-4 支架法施工风险防控对策及建议

说明	
支架法施工的风险防控应重点考虑坍塌事故、高处坠落事故等类型。	
序号	风险防控对策及建议
1	支架法施工前，应根据结构特点、混凝土施工工艺和现行的有关要求对支架进行施工专项安全设计，并制定安装、拆除程序及安全技术措施。
2	使用材料应满足下列要求： (1) 制作支架的材质、应符合现行国家相关技术标准的要求。 (2) 钢管支架及其配件应由具有资质企业生产，具有合格证，并经验收确认质量合格。 (3) 周转使用的钢管支架及其配件，使用前应经检查，不得有裂纹、变形和腐蚀等缺陷。
3	支架立柱应置于平整、坚实的地基上，立柱底部应铺设垫板或混凝土垫块扩散压力；支架地基处应有排水措施，严禁被水浸泡。
4	支架的立柱应设水平撑和双向斜撑，斜撑的水平夹角以 45°为宜；立柱高于 5m 时，水平撑间距不得大于 2m，并在两水平撑之间加剪刀撑。
5	支架高度较高时，应设一组缆风绳。
6	在河水中支搭支架应设防冲撞设施，并应经常检查防冲撞设计和支架状况，发现松动、变形、沉降应及时加固。
7	支架跨越公路时应满足下列要求： (1) 施工前，应制定模板、支架支设方案和交通疏导方案并经道路交通管理部门批准。 (2) 模板、支架的净高、跨度应依道路交通管理部门的要求确定，并设相应的防撞设施和安全标志。 (3) 位于路面上的支架四周和路面边缘的支架靠路面一侧必须设防护桩和安全标志，阴暗时和夜间必须设警示灯。 (4) 安装时必须设专人疏导交通。 (5) 施工期间应设专人随时检查支架和防护设施，确认符合方案要求。
8	支架跨越铁路时应满足下列要求： (1) 施工前，应制定模板、支架支设方案，并经铁路管理部门。 (2) 模板、支架的净空、跨度必须依铁路管理部门的要求要求。 (3) 模板、支架安装前，铁路管理单位派出的监护人员必须到场。 (4) 施工过程中必须符合铁路管理部门的要求。

	<p>(5) 列车通过时, 严禁安装模板、支架和在铁路限界内作业。</p> <p>(6) 铁路管理部门允许施工作业的限界, 应采取封闭措施, 保持铁路正常运行和现场人员的安全。</p>
9	<p>支架搭设应满足下列要求:</p> <p>(1) 立杆应竖直, 2m 高度的垂直偏差不得大于 1.5cm; 每搭完一步支架后, 应进行校正。立杆的纵、横间距应符合施工设计的要求, 每搭完一步支架后, 应进行校正。</p> <p>(2) 可调底座的调节螺杆伸出长度超过 30cm 时, 应采取可靠的固定措施。</p> <p>(3) 满堂红支架的四边和中间每隔四排立杆应设置一道纵向剪刀撑, 由底至顶连续设置。</p> <p>(4) 高于 4m 的满堂红支架, 其两端和中间每隔四排立杆应从顶层开始向下每隔两步设置一道水平剪刀撑。</p>
10	<p>支架安装完成后, 应对节点和支撑进行检查、确认符合设计要求, 经验收合格, 并形成文件后,</p>
11	<p>支架应按照施工设计要求的方法、程序拆除; 严禁使用机械牵引、推倒的方法拆除。</p>
12	<p>拆除前, 应先清理施工现场, 划定作业区。拆除时应设专人值守, 非作业人员禁止入内; 拆除作业必须由作业组长指挥, 作业人员必须服从指挥, 步调一致, 并随时保持作业场地整洁、道路畅通。</p>
13	<p>拆除作业应自上而下进行, 不得上下多层交叉作业。</p>
14	<p>支架的拆除时间, 应根据结构的特点、部位和混凝土达到的强度确定。</p>
15	<p>拆除支架时, 必须确保未拆除部分的稳定, 必要时应对未拆部分采取临时加固、支撑措施, 确认安全后, 方可拆除。</p>
16	<p>拆除跨公路的支架应满足下列要求:</p> <p>(1) 拆除前, 应指定支架拆除方案和交通疏导方案, 并经交通管理部门批准。</p> <p>(2) 拆除时应设专人疏导交通。</p> <p>(3) 拆除材料应及时运出现场, 经检查确认道路符合交通管理部门要求, 方可恢复交通。</p>
17	<p>拆除跨铁路的模板、支架应符合下列要求:</p> <p>(1) 拆除前, 应制定支架拆除方案, 并经铁路管理部门批准。</p> <p>(2) 拆除前, 铁路管理部门派出的监护人员必须到场。</p> <p>(3) 拆除过程中必须符合铁路管理部门的要求, 列车通过时, 严禁拆除作业。</p> <p>(4) 拆除材料应及时运出现场, 严禁占用铁路限界放置; 拆除完毕, 应由铁路管理部门派人验收, 确认合格, 并办理手续。</p>
18	<p>支架法施工中应对各种不良气候因素的密切监测, 并对支架立柱基础沉降应做好监控。</p>

表 4-5 墩柱（塔）施工风险防控对策及建议

说明	
墩柱（塔）施工的风险防控应重点考虑坍塌事故、高处坠落事故等类型。	
序号	风险防控对策及建议
1	<p>采用液压滑动模板施工应符合下列安全要求：</p> <p>(1) 滑模施工应符合现行《液压滑动模板施工安全技术指南》(JGJ 65)的有关要求。</p> <p>(2) 参加滑模作业的人员必须进行安全技术培训，考核合格方可上岗。</p> <p>(3) 滑模施工中应经常与当地气象台站取得联系，遇有雷雨、六级(含)以上大风时，必须停止施工，并将作业平台上的设备、工具、材料等固定牢固，人员撤离，切断通向平台的电源。</p> <p>(4) 采用滑模施工的墩台周围必须划定防护区，警戒线至墩台的距离不得小于结构物高度的 1/10，且不得小于 10m。不能满足要求时，应采取有效的安全防护措施。</p> <p>(5) 滑模施工应根据墩台结构、滑模工艺、使用机具和环境状况对滑模进行施工设计，制定专项施工方案，采取相应的安全技术措施。</p> <p>(6) 液压滑动模板应由具有资质的企业加工，具有合格证书和全部技术文件，进场前应经验收确认合格，并形成文件。</p> <p>(7) 滑升作业前，应检查模板和平台系统，确认符合设计要求；检查电气接线；检查液压系统，确认各部油管连接牢固、无渗漏，并经试运行确认合格，形成文件。</p> <p>(8) 滑模系统应由专业作业组操作，经常维护，发现问题及时处理。</p> <p>(9) 浇注和振捣混凝土时不得冲击、振动模板及其支撑；滑升模板时不得进行振捣作业。</p> <p>(10) 滑升过程中，应随时检查，保持作业平台和模板的水平上升，发现问题应及时采取措施。</p> <p>(11) 夜间施工应有足够的照明。便携式照明应采用 36V(含)以下的安全电压。固定照明灯具距平台不得低于 2.5m。</p> <p>(12) 拆除滑模装置必须按专项方案要求进行。</p>
2	采用支架模板法时应根据结构特点、混凝土施工工艺和现行的有关要求对支架进行施工专项安全设计，并要求安装、拆除程序和安全技术措施。

表 4-6 悬臂拼装施工风险防控对策及建议

说明	
悬臂拼装施工的风险防控应重点考虑坍塌事故、物体打击事故等类型。	
序号	风险防控对策及建议
1	悬拼施工应对墩顶段浇注托架、墩顶段临时锚固、悬拼吊装系统、挠度控制和合拢进行施工设计。
2	悬拼吊装前应对悬拼吊装系统进行检查、试运转，并按至少 130%设计荷

	载进行试吊，确认符合要求并形成文件后，方可正式起吊；吊机每次移位后必须检查其定位和锚固，确认符合要求后，方可起吊。
3	桥墩两侧悬拼施工进度应一致，保持对称、平衡，不平衡偏差必须符合设计要求。
4	大雨、大雪、大雾、沙尘暴和六级(含)风以上等恶劣天气必须停止作业。
5	悬拼法架设连续梁、悬臂梁时，墩顶现浇段与桥墩之间应设临时锚固或临时支承，使其能承受悬拼施工节段产生的不平衡力矩，待全部块件安装完毕后方可拆除临时锚固或支承。
6	T型刚构或悬臂梁的挂孔架设中，移运挂孔预制梁需经过悬臂端时，应对悬臂梁结构进行验算，确认符合设计要求，并形成文件。
7	跨越通行的公路、铁路及航道架梁时应与相关主管部门取得联系，商定方案和安全防护措施，并经批准。
8	梁段拼装完毕后，应按设计要求程序拆除拼装施工临时设施。

表 4-7 悬臂浇筑施工风险防控对策及建议

说明	
悬臂浇筑的风险防控应重点考虑坍塌事故、高处坠落事故等类型。	
序号	风险防控对策及建议
1	挂篮应进行施工设计，其强度、刚度、稳定性应满足施工各阶段最大荷载组合的要求。
2	<p>悬臂浇筑应满足下列安全要求：</p> <p>(1) 施工前应对墩顶段浇注托架、梁墩锚固、挂篮、梁段模板、挠度控制和合拢等进行施工设计。</p> <p>(2) 墩身预埋件等应在施工过程中进行工序检查，确认位置准确和材质、规格符合施工设计要求。</p> <p>(3) 浇注墩顶段(0#段)混凝土前，应对托架、模板进行检验和预压，消除杆件连接缝隙、地基沉降和其他非弹性变形。</p> <p>(4) 挂篮的抗倾覆、锚固和限位结构的安全系数均不得小于 2。</p> <p>(5) 挂篮组拼后应检查锚固系统和各杆件的连接状况，经验收并进行承重试验确认合格，并形成文件后，方可投入使用。</p> <p>(6) 挂篮行走滑道应平顺、无偏移；挂篮行走应缓慢，速度宜控制在 0.1m/min 以内，并应由专人指挥。</p> <p>(7) 桥墩两侧梁段悬臂施工进度应对称、平衡，其不平衡偏差应符合设计要求。</p>
3	梁桥混凝土浇筑过程中，应随时检查钢筋、波纹管和预埋件，发现位移或松动必须及时修复，且应设专人监测模板和支架、挂篮的稳定状况，发现异常必须立即停止浇注，并及时采取安全技术措施，经检查确认合格后，方可恢复施工。
4	大雨、大雪、大雾、沙尘暴和六级(含)风以上等恶劣天气必须停止架梁作业。

表 4-8 架桥机施工风险防控对策及建议

说明	
架桥机施工的风险防控应重点考虑坍塌事故。	
序号	风险防控对策及建议
1	应根据现场条件,通航要求和河床情况,梁板外形尺寸、质量,桥梁宽度,桥墩高度,构件存放位置,施工季节和工期要求等因素选择适宜的架梁机械,制定合理的架设方案和相应的安全技术措施。
2	使用定型架梁设备应符合生产企业使用说明书的要求,正式吊装前应经试吊,确认合格并形成文件。非定型架梁设施应进行施工设计,其强度、刚度、稳定性应满足桥梁吊装过程中荷载的要求;组拼完成后应进行验收并形成文件;在正式吊装前应经试吊,确认合格,并形成文件。
3	架梁前应向全体作业人员(含机械操作工)进行安全技术交底,并形成文件。
4	在架梁过程中,施工现场必须根据环境状况设作业区,并设护栏和安全标志,必要时设专人值守,严禁非施工人员入内。
5	架梁过程中,应严格执行相关安全操作规程。
6	大雨、大雪、大雾、沙尘暴和六级(含)风以上等恶劣天气必须停止架梁作业。
7	桥台位置、曲线超高段等不利位置架梁,应制定详细的安全技术措施,防止架桥机坍塌事故发生。
8	在桥梁改、扩建工程中,架梁作业需占用现况桥面时,宜断绝交通。需不断绝交通时,桥面、道路通行部分的宽度应满足交通要求;作业区与通道之间应设围挡、安全标志、警示灯;施工期间应设专人疏导交通。施工前应与管理单位研究并制定疏导交通方案,经批准后实施。
9	跨越通行的公路、铁路及航道架梁时应与相关主管部门取得联系,商定架设方案和安全防护措施,并经批准。

附录 5 公路隧道典型的重大风险源风险控制建议

按照专项风险评估确定的风险等级，隧道坍塌事故可从前期调查、开挖作业、支护方式、监控量测、二次衬砌、安全教育等方面分别制定具体措施，可参照表 5-1。

表 5-1 隧道坍塌事故控制措施建议

控制措施	等级IV	等级III	等级II
(1) 前期调查			
①资料收集	收集相关地质资料及周边工程施工记录、事故记录(包括自然灾害)等。		最好收集上述资料。
②洞口段	对有关滑坡、岩体崩塌等观测。		对是否需要观测进行论证。
③断层、破碎带	接近断层、破碎带时,应采用超前地质预报等方式进行确认。		
④浅埋段	进行地表沉降、拱顶下沉等观测。		
(2) 开挖作业			
① 开挖方式	根据地质条件、施工条件选择适当的开挖方式,并根据情况进行超前支护。	不良地质条件下应讨论改变施工方法及是否进行超前支护。	
② 危石	a) 应分段仔细检查爆破段并清除危石。 b) 钻孔作业前后、爆破后、废渣处理时及处理后,应进行仔细检查,并去除。 c) 地震后应检查以上地点。		
(3) 支护			
① 喷射混凝土	a) 开挖后迅速喷射混凝土。		
	b) 根据情况对掌子面喷射混凝土。	对于地质不良段应讨论确定。	
	c) 根据情况二次喷射混凝土。	对于地质不良段应讨论确定。	
	d) 采用钢筋网、喷射混凝土进行加固。	对于地质不良段应讨论确定。	

控制措施	等级IV	等级III	等级II
② 锚杆	a) 锚杆应根据地质条件，采用固结性好并便于施工的方式打设。 b) 施工时，应进行拉拔试验确认其性能。		
③ 钢拱架支护	a) 缩小钢拱架的间隔。 b) 扩大钢拱架的断面。 c) 使用适合围岩条件的底板、垫板。 d) 讨论钢拱架的形状是否适合。	不良地质路段应缩小。 不良地质路段扩大。 不良地质路段应使用合适的底板、垫板。 不良地质路段应讨论其形状。	
(4) 监控量测	a) 根据地质条件和施工情况进行适当的监控量测。		
	b) 缩小监控量测间隔。	不良地质路段应缩小。	
	c) 增加监控量测频度。	不良地质路段应增加频度。	
	d) 根据监控量测、观察的结果，初期支护发生变形时，应采取有效的加固措施。		
(5) 二次衬砌	a) 讨论是否需要采用仰拱进行断面闭合及尽早浇筑衬砌等问题。 b) 根据情况，可考虑是否采用临时性衬砌。	不良地质路段应对是否闭合及尽早衬砌进行讨论 应对临时衬砌进行讨论。	
(6) 防坍塌的培训	应对以下内容进行相关培训： a) 坍塌事故的危险性 b) 防止事故发生的对策及注意事项 c) 检查方法(检查内容及时间) d) 发生险情时的应急措施		

按照专项风险评估确定的风险等级，隧道瓦斯爆炸事故，可从前期资料收集、施工中调查、可燃气体检测、通风、警报装置、火源管理、应急措施、防瓦斯培训等方面制定具体对策措施，可参照表 5-2。

表 5-2 隧道瓦斯爆炸事故控制措施建议

控制措施	等级IV	等级III	等级II
(1) 前期资料收集	根据地形、地质资料收集周边可燃性气体信息；收集周边已完工或在建隧道工程可燃性气体的产生状况、气体爆炸事故、气体爆炸的对策措施等资料。		根据需要，收集周边已完工或在建隧道工程可燃性气体的情况。
(2) 施工中调查	根据开挖面的观察结果，进行钻探或超前地质预报，对气体的涌出量、气体压力、成分等进行调查	根据开挖面观察结果，讨论确定是否进行钻探或超前地质预报。	
(3) 可燃气体检测	同时使用便携式和固定式检测器。		使用便携式检测器。
①检测设备	制定检测器的检查、标定要求。		
②检测方法	在开挖面顶端、隧道中间、模板台车、电气设备等附近，设定检测可燃气体浓度的位置。指定瓦斯检测员，进行检测。		
	在可燃气体容易停滞的场所，设置固定式检测器，实时进行检测。	施工开始后，如有需要应经常进行测定。	
	在作业开始前、爆破前后、地震后、低气压等情况，使用便携式检测器进行精确测定。	在当天作业开始前等进行测定。	
	除可燃气体浓度外，氧气浓度、气压、洞内的温度、风速等也需测定。		
③信息沟通机制	确定检测结果的信息沟通机制。特别应明确出现异常值时，向现场负责人报告的渠道和机制。		
④记录、保存	记录并整理施工中的各种检测结果，分析可燃气体的变化趋势。		
(4) 通风	选定适合隧道断面、长度的通风方式。		
①设备、方式	在可能产生可燃性气体的施工区域，设置能充分稀释产生气体的换气设备。		
②通风竖井	通风设备不能将气体浓度控制在爆炸极限范围外时，应设置通风竖井。	对通风竖井的设置进行论证。	
(5) 警报装置	设置能检测瓦斯异常情况，并迅速通知附近作业人员的自动警报装置。		讨论警报装置的种类、功能，采用在出现异常时能迅速向隧道内施工人员发出警报的装置。
	制定警报的标准、拉响警报时的行动要求，并向相关人员公告。		
	制定警报装置的检查、维护标准。		
	制定检查员，在每天作业前对警报装置进行检查。		

控制措施	等级Ⅳ	等级Ⅲ	等级Ⅱ
①火的管理	制定隧道内用火标准，并向相关人员公告。	原则上禁止带入火源，并进行标示。	
	将香烟、火柴、打火机、普通灯、相机用闪光灯等可能成为火源的物品在洞口标示，向相关人员公告，禁止将上述物品带入隧道内。另外，还应实施进洞前随身物品检查等具体措施。		
②火的管理	在隧道内，将动火作业变更为不用火的方法或转移到洞外作业。 a) 着火用具由作业主管进行保管。 b) 动火前对周围的气体浓度进行测定并确保安全。 c) 用火过程中，配监火人，由监火人进行气体浓度的测定。 制定包含以上要求的动火作业管理规定，并贯彻落实。	在隧道内进行动火作业时，提前提出申请。 在作业前、作业中进行气体浓度测定，以确保安全。	在隧道内用火时，应提前提出申请，并采取必要的措施。
③机电设备防爆	在可燃性气体浓度可能达到爆炸极限范围场合使用的机电设备应具有防爆性能。 制定防爆设备维护、检查的标准，以维持防爆性能。	在机电设备附近测定可燃气体浓度，并根据需要采用具有防爆性能的设备。	
④电气设备绝缘	为防止放电、电火花的发生，检查电气设备的绝缘情况。		
	使用耐火性电缆。	讨论使用耐火性电缆。	根据需要讨论是否使用耐火性的电缆。
⑤爆破	爆破作业，采用三级以上煤矿许用炸药。		
⑥其他	为防止服装、通风管等的静电，采取防止带电、接地等措施。		

控制措施	等级IV	等级III	等级II
(8) 应急措施 ①应急工具	在必要的场所设置应急处理用具,向相关人员公示设置场所和使用方法。		
②应急演练	模拟发生紧急事件,实施应急避难演练。		
(9) 防瓦斯培训	培训围绕下列内容: a) 可燃性气体的性质 b) 气体爆炸的危害 c) 可燃性气体的检测 d) 通风 e) 火源管理 f) 应急处置措施		

按照专项风险评估确定的风险等级,隧道涌水突泥事故可从前期资料收集、施工计划、开挖作业、警报装置、应急措施、防涌水突泥培训等方面分级制定具体对策措施,可参照表 5-3。

表 5-3 隧道涌水突泥事故控制措施建议

控制措施	等级IV	等级III	等级II
(1) 前期资料收集	收集项目周围已完工和在建隧道工程出现涌水情况的资料。		根据需要,对周围隧道工程出现涌水情况的资料进行收集。
(2) 施工计划	在前期调查的基础上,选择适合地质条件的辅助施工方法,如钻排水孔、设置集水坑、降低地下水位、止水施工法。		必要时,选择适当的辅助施工方法。
(3) 开挖作业 ①水平钻孔	采取长距离钻孔,进行涌水调查及排水,根据需要可以改变开挖方法	进行短距离钻孔。	
②集水坑	采用水平钻孔进行排水,作业途中有障碍时,应设置集水坑。	讨论集水坑是否设置。	
③止水施工法	排水较为困难时,使用帷幕注浆。	根据需要,部分地段进行帷幕注浆。	根据需要,讨论是否进行帷幕注浆。
④测量管理	测量洞内的涌水量、地下水位、水质的变化等。		根据需要,测量洞内的涌水量、地下水位、水质的变化等情况。

控制措施	等级IV	等级III	等级II
	采用洞外现有水井或设置观测井的方式，测量地下水位及水质。		根据需要，采用调查现有水井或观测井的方法测量地下水位及水质。
	连续调查开挖面的地质变化并进行图示。	根据需要连续调查开挖面的地层变化并进行图示。	
⑤信息沟通机制	明确测量结果的联络及报告机制。		
⑥记录及保存	记录并整理施工中的各项测量结果，根据数据把握涌水的危险度。		
(4) 警报装置	应设置发生紧急情况的警报装置。 发出警报的标准、警报的种类、警报后的应急行动等应提前确定，并通知到相关人员。 应确定警报装置检修及维护的标准。		
(5) 应急措施 ①应急器械	应将紧急情况下使用的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。		
③避难训练	进行紧急情况避险训练。		
④救护训练	进行紧急情况的人员救护训练。		
(6)防涌水培训	培训围绕下列内容： (1) 涌水的危险性 (2) 防止事故发生的措施及注意事项 (3) 检查方法 (4) 发生紧急情况时的对策		

附录 6 施工安全风险评估报告格式

(1) 封面

封面示例见图 6-1。

(2) 扉页一

① 扉页一应注明：施工安全风险评估报告编制单位名称(加盖公章)。

② 评估小组负责人，并应亲笔签名。

③ 扉页示例见图 6-2。

(3) 扉页二

评估小组人员名单和职称，并应亲笔签名。

(4) 概述

(5) 目录

(6) 正文

(7) 附件

评估项目名称（二号宋体）

施工安全风险评估报告（一号黑体加粗）

评估报告完成日期（三号宋体加粗）

图 6-1 评估报告封面示例

评估项目名称（三号宋体）

施工安全风险评估报告（二号宋体加粗）

编制单位：（四号宋体加粗）

评估小组负责人：（四号宋体加粗）

日期：（四号宋体加粗）

图 6-2 评估报告扉页示例