

云南粤商轩翌环境科技有限公司
麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工

安全风险评估报告
终稿

江西赣安安全生产科学技术咨询服务中心

资质证书编号：APJ-（赣）-002

二〇二五年六月

云南粤商轩翌环境科技有限公司

麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工

安全风险评估报告

终稿

评价机构名称：江西赣安安全生产科学技术咨询服务中心

资质证书编号：APJ-（赣）-002

法定代表人：应 宏

技术负责人：周红波

项目负责人：钱局东

评价机构联系电话：0871-65708806

（安全评价机构公章）

2025 年 6 月



安全评价机构 资质证书

(副本) (1-1)

统一社会信用代码: 913601007391635887

机构名称: 江西赣安安全生产科学技术咨询服务中心

办公地址: 江西省南昌市红谷滩新区世贸路872号金涛大厦A座16楼

法定代表人: 应宏

证书编号: APJ-(赣)-002

首次发证: 2020年03月05日

有效期至: 2030年03月04日

业务范围: 金属、非金属矿及其他矿采选业; 陆上油气管道运输业; 石油加工业, 化学原料、化学品及医药制造业; 烟花爆竹制造业; 金属冶炼 ****

(发证机关盖章)

2022年 03月 2日

前言

云南粤商轩翌环境科技有限公司位于麻栗坡县麻栗坡镇老地房村，文山州麻栗坡县城以南约 2km、畴阳河以西约 1.6km 处灰岩溶蚀洼地内。其上属公司——麻栗坡天雄新材料有限公司的生产工业广场及尾矿库均建造于灰岩溶蚀地层之上，区域内溶洞、裂隙较发育，形态似蜂窝状、蜘蛛网状，对生产区域及周边地表水渗入地下创造了天然的通道。

为合理利用、达标排放，杜绝污水流入畴阳河，给沿河下游居民创造良好的生产生活环境。云南粤商轩翌环境科技有限公司对麻栗坡畴阳河涌泉溶洞进行探测清理检修、寻找污水源头，将污水与净水进行分流。同时，分别委托北桥中七设计有限公司、中翌（河南）建筑有限公司进行该项目的设计和施工。北桥中七设计有限公司出具了《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目设计方案》（北桥中七设计有限公司，2025 年 4 月），中翌（河南）建筑有限公司出具了《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工专项方案》（中翌（河南）建筑有限公司，2025 年 4 月）。

为保障本工程施工过程中的安全，云南粤商轩翌环境科技有限公司委托我公司对麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工进行安全风险评估。

参考《安全评价通则》（AQ8001-2007）等的要求，我公司组成项目评估组对该项目进行现场调研，收集有关法律法规、技术标准、设计文件、专项施工方案及相关安全技术资料，根据该项目的特点和工作环境条件，定性、定量地分析其施工过程中存在的危险、有害因素，确定其危险度，对其安全状况给予客观的评价，对存在的问题提出合理可行的安全对策措施，并在此基础上编制《云南粤商轩翌环境科技有限公司麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工安全风险评估报告》，为本项目下一步设计、建设和运行提供参考依据。

目录

1 编制说明	1
1.1 评估目的	1
1.2 评估依据	1
1.2.1 法律	1
1.2.2 行政法规	1
1.2.3 部门规章及规范性文件	2
1.2.4 地方法规、规章及规范性文件	3
1.2.5 国家标准	3
1.2.6 行业标准	4
1.2.7 有关文件及资料	5
1.3 评估范围和内容	5
1.3.1 评估范围	5
1.3.2 评估内容	6
1.4 评估程序	6
2 工程概况	8
2.1 项目背景	8
2.2 项目建设、设计、施工、监理单位情况	10
2.3 工程自然条件	10
2.3.1 地理位置	10
2.3.2 地形地貌	11
2.3.3 气象和水文	11
2.3.4 地质条件	13
2.3.5 构造	14
2.3.6 岩土物理力学性质	15
2.3.7 腐蚀性评价	16
2.3.8 工程地质评价	16
2.4 设计方案概述	17

2.4.1 隧洞土建工程设计	17
2.4.2 隧洞安全设计	18
2.5 施工方案概述	20
2.5.1 工程规格及工程量	20
2.5.2 土、石方施工	20
2.5.3 衬砌方法及规格	26
2.5.4 锚喷方法及规格	29
2.5.5 施工组织计划	30
3 危险和有害因素辨识与分析	35
3.1 危险、有害因素辨识和分析的依据	35
3.2 主要物质的危险有害因素分析	35
3.2.1 主要化学品危害性等级分析	35
3.2.2 危险化学品危险特性分析	37
3.3 自然条件对施工的影响分析	39
3.4 勘察、设计对施工的影响分析	43
3.5 施工作业过程危险有害因素分析	45
3.5.1 炸药爆炸	45
3.5.2 放炮	47
3.5.3 冒顶片帮	49
3.5.4 中毒窒息	55
3.5.5 坍塌	57
3.5.6 高处坠落	58
3.5.7 火灾	59
3.5.8 触电	60
3.5.9 车辆伤害	61
3.5.10 机械伤害	61
3.5.11 容器爆炸	62
3.5.12 物体打击	63
3.5.13 淹溺	64
3.5.14 透水	64

3.5.15 粉尘	65
3.5.16 噪声与振动	65
3.5.17 高温及辐射	66
3.5.18 有毒有害物质	66
3.6 安全管理危险性分析	67
3.7 重大危险源辨识	70
4 评估单元划分和评估方法选择.....	71
4.1 评估单元划分的原则和方法	71
4.2 评估单元的划分	71
4.3 评估方法简介	72
5 定性定量评价.....	75
5.1 设计方案符合性评价单元	75
5.1.1 建设项目相关支持性文件	75
5.1.2 设计方案符合性评价	75
5.1.3 评价单元小结	81
5.2 施工方案符合性评价单元	81
5.2.1 建设项目相关支持性文件	81
5.2.2 施工方案符合性评价	81
5.2.3 评价单元小结	84
5.3 施工作业安全单元	84
5.3.1 预先危险性分析评价	84
5.3.2 作业条件危险性评价	86
5.3.3 单元评价小结	87
5.4 施工安全管理单元	88
5.4.1 施工安全管理符合性评价	88
5.4.2 评价小结	89
6 安全对策措施及建议.....	91
6.1 设计方案已提出的安全措施	91
6.1.1 施工安全措施	91
6.1.2 特殊时段施工安全措施	94

6.1.3 特殊地质（岩溶地段）隧道施工安全措施	94
6.1.4 消防安全措施	95
6.1.5 不良地质施工应急预案	95
6.1.6 隧道施工逃生、救援通道方案	96
6.2 施工方案已提出的安全措施	98
6.2.1 凿岩安全技术措施	98
6.2.2 爆破安全技术措施	99
6.2.3 顶板管理安全技术措施	103
6.2.4 运碴安全技术措施	104
6.2.5 衬砌安全技术措施	104
6.2.6 锚喷安全技术措施	107
6.3 建议补充的安全对策措施	113
7 安全评估结论	121
7.1 危险有害因素辨识与分析结果	121
7.2 应重点防范的危险有害因素	121
7.3 应重视的安全对策措施	121
7.4 危险、有害因素的受控程度	122
7.5 总体评估结论	122
附录	123

1 编制说明

1.1 评估目的

本次安全评估是在对《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目设计方案》（北桥中七设计有限公司，2025 年 4 月）、《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工专项方案》（中翌（河南）建筑有限公司，2025 年 4 月）进行研究的基础上，重点围绕本工程的施工方案、施工过程中的安全对策措施是否符合法律法规要求、是否能确保施工安全进行分析。

1.2 评估依据

1.2.1 法律

- 1) 《中华人民共和国刑法》（2020 年 12 月 26 日，中华人民共和国第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过《中华人民共和国刑法修正案（十一）》，自 2021 年 3 月 1 日起施行）
- 2) 《中华人民共和国安全生产法》（根据国家主席令[2021]第八十八号修正）
- 3) 《中华人民共和国消防法》（根据国家主席令[2021]第八十一号修正）
- 4) 《中华人民共和国公路法》（根据国家主席令[2016]第五十七号修正）
- 5) 《中华人民共和国突发事件应对法》（国家主席令[2007]第六十九号）
- 6) 《中华人民共和国建筑法》（根据国家主席令[2019]第二十九号修正）
- 7) 《中华人民共和国水法》（主席令第七十四号公布，1988 年 1 月 21 日第六届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过，2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议第二次修正）

1.2.2 行政法规

- 1) 《生产安全事故应急条例》（国务院令 第 708 号，2019 年 4 月 1 日施行）

2) 《生产安全事故报告和调查处理条例》（国务院令第 493 号，2007 年 6 月 1 日起施行）

3) 《建设工程安全生产管理条例》（国务院令第 393 号，2004 年 2 月 1 日起施行）

4) 《建设工程质量管理条例》（国务院令第 279 号，2000 年 1 月 30 日起施行）

1.2.3 部门规章及规范性文件

1) 《生产安全事故应急预案管理办法》（应急管理部令[2019]第 2 号）

2) 《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》（2010 年 5 月 24 日国家安全监管总局令第 30 号公布，根据 2013 年 8 月 29 日国家安全监管总局令第 63 号第一次修正，根据 2015 年 5 月 29 日国家安全监管总局令第 80 号第二次修正）

3) 《安全生产培训管理办法》（2012 年 1 月 19 日国家安全监管总局令第 44 号公布，根据 2013 年 8 月 29 日国家安全监管总局令第 63 号第一次修正，根据 2015 年 5 月 29 日国家安全监管总局令第 80 号第二次修正）

4) 《特种设备作业人员监督管理办法》（国家质量监督检验检疫总局令[2011]第 140 号）

5) 《安全生产事故隐患排查治理暂行规定》（国家安全生产监督管理总局令第 16 号，2008 年 2 月 1 日）

6) 《财政部 应急部关于印发<企业安全生产费用提取和使用管理办法>的通知》（财资〔2022〕136 号，2022 年 11 月 21 日）

7) 《安全生产违法行为行政处罚办法》（国家安全生产监督管理总局令第 15 号，自 2008 年 1 月 1 日起施行）

8) 《建筑工程施工许可管理办法》（住房和城乡建设部令第 18 号，根据 2018 年 9 月 28 日《住房和城乡建设部关于修改〈建筑工程施工许可管理办法〉

的决定》第二次修正)

9) 《建筑业企业资质管理规定》(住房和城乡建设部令第 22 号,根据 2016 年 10 月 25 日《住房和城乡建设部关于修改〈建筑业企业资质管理规定〉的决定》修正)

10) 《建筑施工企业安全生产许可证管理规定》(建设部令第 128 号,根据 2015 年 5 月 4 日《住房和城乡建设部关于修改〈建筑施工企业安全生产许可证管理规定〉的决定》修正)

11) 《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》(住房和城乡建设部令第 37 号)

12) 《国家安全监管总局 交通运输部国务院国资委 国家铁路局关于印发<隧道施工安全九条规定>的通知》(安监总管二〔2014〕104 号)

13) 《国务院安委会办公室 住房和城乡建设部 交通运输部 水利部 国务院国有资产监督管理委员会 国家铁路局 中国民用航空局 中国国家铁路集团有限公司关于进一步加强隧道工程安全管理的指导意见》(安委办〔2023〕2 号,2023 年 2 月 17 日)

1.2.4 地方法规、规章及规范性文件

1) 《云南省安全生产条例》(由云南省第十二届人民代表大会常务委员会第三十八次会议于 2017 年 11 月 30 日修订通过,自 2018 年 1 月 1 日起施行)

2) 《云南省突发事件应对条例》(2014 年 7 月 27 日经云南省第十二届人民代表大会常务委员会第十次会议通过,2014 年 12 月 1 日起施行)

3) 《云南省人民政府关于印发云南省生产经营单位安全生产主体责任规定的通知》(云政规〔2022〕4 号,2022 年 11 月 12 日)

1.2.5 国家标准

1) 《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》(GB/T29639-2020,

2021 年 4 月 1 日)

2) 《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015, 2016 年 6 月 1 日)

3) 《生产过程危险和有害因素分类与代码》(GB/T13861-2022, 2022 年 10 月 1 日)

4) 《企业职工伤亡事故分类》(GB6441-1986, 1987 年 2 月 1 日)

5) 《建筑抗震设计标准(2024 年版)》(GB50011-2010, 2010 年 12 月 1 日)

6) 《地下工程防水技术规范》(GB50108-2022, 2022 年 3 月 15 日发布, 2022 年 10 月 1 日起实施)

7) 《锚杆喷射混凝土支护技术规范》(GB50086-2015, 2015 年 9 月 1 日发布, 2016 年 4 月 1 日起实施)

8) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019, 2019 年 11 月 25 日发布, 2020 年 7 月 1 日起实施)

9) 《工作场所有害因素职业接触限值第 2 部分: 物理因素》(GBZ2.2-2007, 2007 年 4 月 20 日发布, 2007 年 11 月 1 日起实施)

1.2.6 行业标准

1) 《安全评价通则》(AQ8001-2007, 2007 年 4 月 1 日)

2) 《混凝土结构设计规范(2015 年版)》(GB50010-2010, 2011 年 7 月 1 日)

3) 《水工隧洞设计规范》(SL279-2016, 2016 年 4 月 26 日发布, 2016 年 7 月 26 日起实施)

4) 《水工隧洞安全监测技术规范》(SL764-2018, 2018 年 12 月 5 日发布, 2019 年 3 月 5 日起实施)

5) 《水利水电工程锚喷支护技术规范》(SL/T377-2025, 2025 年 3 月 14 日发布, 2025 年 6 月 14 日实施)

6) 《水工建筑物地下开挖工程施工规范》(SL378-2007, 2007 年 10 月 8 日发布, 2008 年 1 月 8 日起实施)

7) 《水利水电建设工程验收规程》(SL/T223-2025, 2025 年 3 月 14 日发布, 2025 年 6 月 14 日起实施)

8) 《水工隧洞安全鉴定规程》(SL/T790-2020, 2020 年 6 月 30 日发布, 2020 年 9 月 30 日起实施)

9) 《水电水利工程施工机械安全操作规程 隧洞衬砌钢模台车》(DL/T 5813-2020, 2020 年 10 月 23 日发布, 2021 年 2 月 1 日起实施)

1.2.7 有关文件及资料

1) 安全风险评估报告技术咨询服务合同及委托书

2) 《云南省固定资产投资项目备案证》(项目代码: 2504-532624-04-05-279564)

3) 《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目设计方案》(北桥中七设计有限公司, 2025 年 4 月)

4) 《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工专项方案》(中翌(河南)建筑有限公司, 2025 年 4 月)

5) 《麻栗坡天雄锰业有限公司地面工业广场与麻栗坡畴阳河涌泉溶洞工程物探勘察成果报告》(云南明宇地质勘测有限公司, 2025 年 4 月)

6) 云南粤商轩翌环境科技有限公司提供与本项目有关的技术资料、图纸等资料

1.3 评估范围和内容

1.3.1 评估范围

本次安全风险评估范围为《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目设计方案》(北桥中七设计有限公司, 2025 年 4 月)、《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工专项方案》(中翌(河南)建筑有限公司, 2025 年 4 月)

是否符合相关法律法规、标准规范要求。

本评估报告是建立在委托方提供的资料真实和准确的基础上，如果项目建设内容、设计方案、施工方案等发生重大改变，则本评估的结论将不再成立，应另行评估。

1.3.2 评估内容

- 1) 预测可能存在的各种危险、有害因素及危害程度；
- 2) 对可能存在的危险、有害因素进行定性定量评价；
- 3) 对设计方案、施工方案的法律法规、标准规范符合性进行分析评价；
- 4) 提出需补充的安全技术和安全管理对策措施建议。

1.4 评估程序

本次安全评估程序包括：准备阶段，危险、有害因素识别与分析，确定安全评估单元，选择安全评估方法，定性、定量评估；提出安全对策措施及建议，作出安全评估结论，编制安全评估报告。

1) 准备阶段

明确被评估对象和范围，进行现场调查和收集国内外相关法律法规、技术标准及建设项目资料。

2) 危险、有害因素识别与分析

根据项目周边环境、工艺流程或场所的特点，识别和分析其潜在的危险、有害因素。

3) 确定安全评估单元

在危险、有害因素识别和分析基础上，根据评价的需要，将工程分成若干个评估单元。

4) 选择安全评估方法

根据被评价对象的特点，选择科学、合理、适用的定性、定量评估方法。

5) 定性、定量评估

根据选择的评估方法，对危险、有害因素导致事故发生的可能性和严重程度进行定性、定量评估，以确定事故可能发生的部位、频次、严重程度的等级及相关结果，为制定安全对策措施提供科学依据。

6) 安全对策措施及建议

根据定性、定量评估结果，提出消除或减弱危险、有害因素的技术和管理措施及建议。

7) 安全评估结论

简要列出主要危险、有害因素评估结果，指出工程应重点防范的重大危险、有害因素，明确应重视的重要安全对策措施，给出本工程保护方案从安全生产角度是否符合国家有关法律、法规、技术标准的结论。

8) 编制安全评估报告

安全评价程序具体见图 1.4。

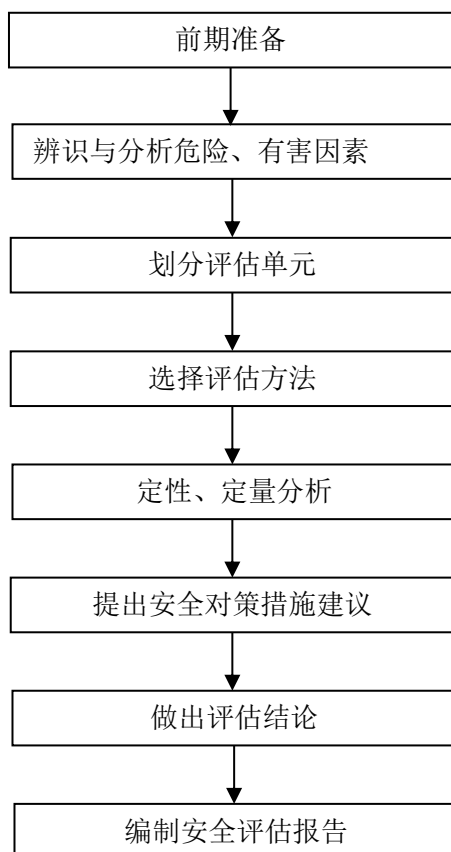


图1.4安全评估的程序

2 工程概况

2.1 项目背景

云南粤商轩翌环境科技有限公司位于麻栗坡县麻栗坡镇老地房村，文山州麻栗坡县城以南约 2km、畴阳河以西约 1.6km 处灰岩溶蚀洼地内。其上属公司——麻栗坡天雄新材料有限公司的生产工业广场及尾矿库均建造于灰岩溶蚀地层之上，区域内溶洞、裂隙较发育，形态似蜂窝状、蜘蛛网状，对生产区域及周边地表水渗入地下创造了天然的通道。

麻栗坡天雄新材料有限公司成立于 2018 年，位于云南省麻栗坡县，是一家以电解锰生产、销售及相关技术研发为主的民营企业。公司前身为麻栗坡县天雄锰业有限公司，2018 年更名为现名。2022 年，三盛智慧教育科技股份有限公司收购其 51% 股权，成为控股子公司。公司拥有锰矿资源，整合矿权探明储量达 800 万吨，并建设年产 8 万吨电解锰项目。

云南粤商轩翌环境科技有限公司，2024 年 8 月 12 日成立，为麻栗坡天雄新材料有限公司下属企业。法定代表人为何铭，经营范围：（1）许可项目：危险废物经营；出入境检疫处理；道路危险货物运输；放射性固体废物处理、贮存、处置。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准）。（2）一般项目：污水处理及其再生利用；固体废物治理；水污染治理；环境保护监测；环境监测专用仪器仪表销售；环保咨询服务；水环境污染防治服务；非金属废料和碎屑加工处理；非金属矿及制品销售；资源再生利用技术研发；新材料技术研发；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；新兴能源技术研发；生态环境材料销售；土壤污染治理与修复服务；土壤及场地修复装备销售；特种作业人员安全技术培训；有色金属合金销售；新型催化材料及助剂销售；五金产品批发；专用化学产品销售（不含危险化学品）；耐火材料销售；环境保护专用设备销售；水污染物监测及检测仪器仪表销售；化工

产品销售（不含许可类化工产品）；国内贸易代理。

畴阳河以西约 90m 处涌泉溶洞口涌水量较大，暴雨季节涌水量达 800m³/h 左右，丰水季节涌水量达 300m³/h 左右，枯水季节涌水量达 40m³/h 左右。经多次取样化验，涌泉中含 Mn1000 多（mg/L）、NH₄⁺70 多（mg/L）。

为合理利用、达标排放，杜绝污水流入畴阳河，给沿河下游居民创造良好的生产生活环境。云南粤商轩翌环境科技有限公司对麻栗坡畴阳河涌泉溶洞进行探测清理检修、寻找污水源头，将污水与净水进行分流。分流后，净水经过涌泉溶洞内修建的水沟以自流的方式引流至畴阳河中，污水采用架接管道的方式引流至公司污水处理厂储水池中，通过水泵将污水输送至公司电解锰生产车间进行处理循环利用。

因此，云南粤商轩翌环境科技有限公为推进麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目的进度，分别委托北桥中七设计有限公司、中翌（河南）建筑有限公司进行该项目的设计和施工。北桥中七设计有限公司出具了《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目设计方案》（北桥中七设计有限公司，2025 年 4 月），中翌（河南）建筑有限公司出具了《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工专项方案》（中翌（河南）建筑有限公司，2025 年 4 月）。

云南粤商轩翌环境科技有限公司于 2025 年 4 月 27 日完成该项目立项相关事宜，备案号：2504-532624-04-05-279564。该项目名称为：麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目。主要建设内容及规模为：主要对麻栗坡龙潭涌泉溶洞（畴阳河溶洞）进行探测清理检修，寻找污水源头，将污水与净水进行分流；涌泉溶洞检修系统施工工程总长约 1630m 左右，溶洞检修规格净断面宽 2.0m、净高 1.8m。采用湿式凿岩、全断面一次性爆破、80 扒渣机清渣、四驱动拖拉机运渣等方式进行。

为保障本项目施工过程中的安全，云南粤商轩翌环境科技有限公司委托我公司对麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工进行安全风险评估。

2.2 项目建设、设计、施工、监理单位情况

表2.2-1 各参建单位情况表

承担任务	单位名称	相关资质
项目建设单位	云南粤商轩翌环境科技有限公司	统一社会信用代码 91532624MADU60M43E
项目设计单位	北桥中七设计有限公司	资质等级：市政行业（城镇燃气工程、排水工程、桥梁工程、道路工程、环境卫生工程、给水工程）专业乙级；建筑行业（人防工程）专业乙级等 证书编号：A251021368
项目施工单位	中翌（河南）建筑有限公司	资质等级：建筑工程施工总承包贰级、水利水电工程施工总承包贰级、隧道工程专业承包贰级、环保工程专业承包贰级等 证书编号：D341542081
项目监理单位	四川伯庸建筑工程有限公司	资质等级：机电安装工程监理乙级 市政公用工程监理乙级 化工石油工程监理乙级 冶炼工程监理乙级 铁路工程监理乙级 房屋建筑工程监理乙级 电力工程监理乙级 矿山工程监理乙级 航天航空工程监理乙级 通信工程监理乙级 证书编号：E251003772
地质勘查（物探）单位	云南明宇地质勘测有限公司（云南伟力达地球物理勘测有限公司）	资质等级：地球物理勘查丙级 证书编号：53201411500039

2.3 工程自然条件

2.3.1 地理位置

该项目工程区位于文山州麻栗坡县城以南约 2km、畴阳河以西约 1.6km 处灰岩溶蚀洼地内。麻栗坡县位于云南省东南部，文山壮族苗族自治州南部，东经 104° 32′ ~105° 18′ 、北纬 22° 48′ ~23° 33′ 之间。东与富宁县隔河相望，南与越南社会主义共和国河江省的同文、安明、官坝、渭川、黄树皮

5 县接壤，西与马关县为邻，西北与西畴县交界，北与广南县相连。

麻栗坡县境内有省道从漂漂入境，到天保出境至越南，县道经下金厂、八布、六河、杨万、铁厂、马街、董干等乡镇至富宁县，各乡镇均有县乡三级公路或弹石路相通，乡镇内各村寨间多为乡村公路相通，雨季行车困难。县城距省会昆明 450km，距州府文山城 80km，距越南首都河内 380km。工程区对外已修筑碎石公路，交通较方便。

2.3.2 地形地貌

麻栗坡县地处文山巨型环状构造带内，处于云南山字型、广西山字型构造之间，属云贵高原的南缘。全县几乎全为山地，无平坝地形，地形坡度大多在 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 之间，局部地段形成悬崖峭壁。由于受歹字型构造的制约，县域内主要河流盘龙河、八布河及山脉均沿断裂延伸，呈北西-南东向，地势总体北西高、南东低。由于地壳的抬升作用，县域内沟壑纵横，河流切割强烈，山峦叠嶂，地势陡峻，形成高山深谷相间地形，麻栗坡县最高点为西南部的老君山顶峰，海拔 2579m，最低点为县域南东与越南交界处的船头，海拔 107m，相对高差 2472m，相对高差较大。

按地貌成因及形态，县域内地貌可划分为构造侵蚀地貌、溶蚀侵蚀地貌、岩溶地貌等三种类型。

勘查场地属于岩溶地貌峰丛谷地类型，该类型地貌单元主要分布于麻栗坡县城以南，地形总体北西高，南东低，海拔在 950 m~1400m，地层主要为二叠系纯碳酸盐岩组成。谷地呈长条状，与断裂、构造走向一致，谷地沿主断裂文山~麻栗坡断裂延伸发育较完整，谷中为畴阳河，两岸山体坡度多在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，局部可达 45° ，谷岸两侧有较多暗河排泄。

2.3.3 气象和水文

麻栗坡县地处云贵高原南部，县内多数地区位于北回归线南侧，属低纬高原亚热带湿润季风气候。由于冬夏半年气团性质的不同，形成了冬干夏雨，

雨热同步，干湿分明的季风性气候。

麻栗坡县年平均气温 17.7°C ，日极端最高气温 36.6°C （1994 年 5 月 3 日），日极端最低气温 -3.0°C （1975 年 12 月 30 日、31 日），最冷的月平均气温 10.4°C （1 月），最热月的平均气温 22.9°C （7 月），日平均气温稳定通过 10°C 的开始期在 3 月上旬，稳定通过 18°C 的终期在 8 月下旬至 9 月中旬。年降水量 1065.7mm ，最少月降水量 15.0mm （12 月），最多月降水量 221.6mm （7 月）；极端最少年降水量 763.5mm （1988 年），极端最多年降水量 1401.3mm （1981 年），月极端最大雨量 420.3mm （1971 年 8 月），日极端最大雨量 124.2mm （1986 年 7 月 24 日）。11~4 月受热带大陆性气团控制，空气干燥，降水稀少，降水量为 196.6mm ，占全年总雨量的 18%，成为干季。5~10 月受热带海洋性气团控制，在西南、东南两支暖湿气流的影响下雨量集中，降水量 869.1mm ，占全年雨量的 82%，形成湿（雨）季。雨季开始期一般在 5 月中旬前后，进入雨季后，雨量充沛，6~8 月雨量 588.0mm ，占全年雨量的 55%。麻栗坡县城无霜期 348 天，有霜期 17 天，年平均霜日 3.7 天，全年雨日 174 天，占年总日数的 47.7%，年平均阴天 195 天，占全年总日数的 53.3%，年平均雾日 57 天，仅次于雾日最多的广南城。

麻栗坡县域内各条河流均属于红河流域泸江水系，主要河流有盘龙河、八布河，次级河流有畴阳河、猛硐河、八斗河、铜厂河、昆脑河。拟建场地附近最大河流为畴阳河，发源于西畴县西洒镇塘房泉流，属盘龙河一级支流，大体呈北~南流向，在麻栗坡县下胡田村处汇入盘龙河。该河在麻栗坡县境内长 32km ，落差 598m ，平均纵坡降 18.9%。麻栗坡水文站平均流量 $9.84\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量 $143\text{m}^3/\text{s}$ ，最小流量 $0.20\text{m}^3/\text{s}$ ，年迳流量 3.10 亿 m^3 。河流谷地呈长条状，与断裂、构造走向一致，谷地沿主断裂文山—麻栗坡断裂延伸发育较完整，谷中为畴阳河，两岸山体坡度多在 $20-30^{\circ}$ ，局部可达 45° ，谷岸两侧有较多暗河排泄。

麻栗坡县属亚热带常绿阔叶林、针叶林混合植被类型。树木种类繁多，

主要分布于老君山、老山一带，现已建立自然保护区。植被类型有阔叶林、针叶林、竹林、灌林木、草丛林；森林群落类型有热带雨林、山地湿性常绿阔叶林、针叶林；其中国家一级保护植物有桫欏（树蕨）、秃杉；二级保护植物有银杏、毛枝五针松、福建柏、云南穗花杉、马尾树等。由于历史原因，森林曾遭到严重破坏，近年来，贯彻中央“退耕还林”政策，大力植树造林，森林得以恢复，其中，杉木用材面积迅速扩大，成为云南省杉木林基地县之一，全县森林植被覆盖率达 53.91%。

2.3.4 地质条件

1、地质构造

场区内主要出露地层有：第四系残坡积层（ Q_4^{el+dl} ）、二叠系上统吴家坪组（ P_{2w} ）、泥盆系中统古木组、东岗岭组（ D_{2g+d} ）及寒武系中统龙哈组（ $\in_2l$ ），见下图区域地质图。

地层按其成因及物理力学性质可分为下述两层。现将其特征分述于下：

- （1）第四系残坡积（ Q_4^{el+dl} ）：黏土；
- （2）二叠系上统吴家坪组（ P_{2w} ）：深灰色、灰黑色厚层状-块状生物碎屑灰岩，厚 119~266m；
- （3）泥盆系中统古木组（ D_{2g} ）：灰黑色中薄层状泥灰岩、厚层状白云岩，厚 84~553m；
- （4）泥盆系中统东岗岭组（ D_{2d} ）：灰色中厚层状灰岩，厚 92~327m；
- （5）寒武系中统龙哈组（ $\in_2l$ ）：灰色白云岩夹少量白云质灰岩，厚 > 250m。

2、水文地质条件

畴阳河发源于西畴县西洒镇塘房泉流，属盘龙河一级支流，大体呈北~南流向，在麻栗坡县下胡田村处汇入盘龙江河。畴阳河为麻栗坡天雄新材料

有限公司渣场库区附近地表水、地下水的主要汇集、排泄区，河床为区域的最低侵蚀基准面，最低侵蚀基准面标高为 1040m。

该项目地段分布薄厚不均匀的第四系覆盖层，赋存少量的第四系松散岩类孔隙水，石炭系黄龙组（Ch）灰岩赋存碳酸盐岩岩溶水。第四系松散岩类孔隙水，受大气降水和岩溶涌水补给，水量随季节变化大，赋水能力较差，地下水总体水量较小，属于上层滞水类型，未能形成统一的稳定地下水水面；岩体节理溶隙发育，为岩溶水的发育提供良好的赋存运移通道，岩溶水为主要地下水类型。

工程区内主要赋存碳酸盐岩裂隙溶洞水，地表岩溶发育，主要形成岩溶峰丛、洼地等，富水性中等-强，主要接受大气降水补给，部分接受地表水及松散层孔隙水补给。由于地形切割强烈，地形坡度一般较大，地表岩溶发育，地下水位埋深较大，岩溶水多沿溶蚀裂隙、溶孔运移，向畴阳河以泉、暗河的形式排泄，流量变化大。岩溶水具含水不均一、富水性差异大等特点。

2.3.5 构造

场区区域上位于文山巨型环状构造带内，处于云南山字型，广西山字型构造之间，为两个山字型构造反射弧的共同砥柱，主要为都龙花岗岩深变质岩组成的砥柱。由弧形旋扭断裂所分割的四个环形褶皱断裂带，从内向外环状构造各具不同特征，因后期受歹字型构造破坏，又将环状构造分为东北及西南两个半环。区内有东西向构造体系、南北向构造体系、扭动构造体系。

（1）东西向构造体系：属于南岭纬向构造的西延部份，从广西入滇后仅有零星显示，八布向斜、大坪向斜、都龙老君山东西向巨大伟晶岩脉、石英脉也属于这一构造体系。

（2）南北向构造体系：区内主要为都龙老君山背斜，该背斜轴长约 15km，褶皱两翼基本对称，北翼陡，南翼缓，轴部出露地层岩性为侵入期（ γ_5^2 ）花岗岩、花岗片麻岩。

(3) 扭动构造：扭动构造体系包括环状构造、歹字型构造、都龙老君山旋扭构造—涡轮状构造。环状构造砥柱主要分布于老君山一带，由花岗岩、深变质岩组成，呈椭圆形分布，旋回层由于文山-麻栗坡断裂带所破坏，主要为第一、二旋回层，分别由弧形断裂分隔，中夹有若干弧形褶皱带。区内北西向断裂叠加于环状构造之上，破坏并改造了环状构造，形成巨大的构造破碎带及透镜体，断裂力学性质、排列方向、扭动方式、发生发展与构造体系中红河主干断裂是一致的，主要为文山-麻栗坡断裂，该断裂走向北西，长 160km，属基底断裂，具右行走滑特征，为活动性断裂。都龙老君山旋扭构造-涡轮状构造包括于环状构造的砥柱之内，以花岗岩隆起为砥柱，四周有四条旋扭断裂组成旋回层，中夹有褶皱构造，南北长 36km，东西宽 30km，面积 1050km²。

2.3.6 岩土物理力学性质

根据中国有色金属工业昆明勘察设计研究院 2012 年提交的《麻栗坡天雄锰业有限公司电解锰厂渣场工程地质详细勘察报告书》，渣库出露地层为寒武系中统龙哈组（ $\in_2l$ ），该地层白云质灰岩物理力学指标如下。

表2.3-1 白云质灰岩物理力学指标表

指标名称 \ 指标值	指标值（白云质灰岩（中等风化））		
	最大值	最小值	平均值
比重	2.78	2.73	2.76
湿密度（g/cm ³ ）	2.65	2.63	2.64
饱和抗压强度（MPa）	48.8	28.9	40.8

勘查范围内出露二叠系上统吴家坪组（ P_{2w} ）灰岩、泥盆系中统古木组、东岗岭组（ D_{2g+d} ）灰岩及寒武系中统龙哈组（ $\in_2l$ ）白云岩，经物探测量显

示，各岩（土）层电性差异不明显，物探推测各岩（土）层物理力学性质相近。

2.3.7 腐蚀性评价

根据中国有色金属工业昆明勘察设计研究院 2012 年提交的《麻栗坡天雄锰业有限公司电解锰厂渣场工程地质详细勘察报告书》，综合确定场地腐蚀性等级为弱～微腐蚀性。

2.3.8 工程地质评价

根据《麻栗坡天雄锰业有限公司地面工业广场与麻栗坡畴阳河涌泉溶洞工程物探勘察成果报告》（云南明宇地质勘测有限公司，2025 年 4 月）的物探测量结果显示：①暗河 0～570m 段，顶板埋深 0～280m，暗河围岩为强、中风化白云岩、灰岩，节理发育，岩体较破碎～较完整。推测该段围岩级别为 V 级。物探推测暗河 480～540m 段处顶底板易出现垮塌。②暗河 570～1000m 段，顶板深 135～250m，暗河围岩为中、弱风化灰岩，节理不发育，岩体较破碎。推测该段围岩级别为 IV 级。物探推测暗河 710～825m、950m 段处顶底板易出现垮塌。③暗河 1000～1200m 段，顶板深 80～135m，暗河围岩为强、中风化灰岩，节理发育，岩体较破碎～较完整。推测该段围岩级别为 V 级。物探推测暗河 1015～1125m 段处顶底板易出现垮塌。④暗河 1200～1330m 段，顶板深 60～85m，暗河围岩为中、弱风化灰岩，节理不发育，岩体较破碎。推测该段围岩级别为 IV 级。⑤暗河 1330～1600m 段，顶板深 80～135m，暗河围岩为强、中风化灰岩，节理发育，岩体较破碎～较完整。推测该段围岩级别为 V 级。物探推测暗河 1350 至暗河出口顶底板易出现垮塌。

经物探勘察，该暗河宽处 20m×10m，窄处小于 5m，为季节性网状中型暗河。主要由大气降水及地表水补给排泄至畴阳河。暗河围岩破碎，富水性不均一，雨季出水较大，暗河检修时易发生突水、突泥。

2.4 设计方案概述

2.4.1 隧洞土建工程设计

1、隧洞衬砌设计

隧洞洞身衬砌设计以新奥法原理为指导，采用复合式衬砌，即以系统锚杆（或注浆钢花管）、钢筋网、喷射混凝土、工字型钢拱架或格栅拱架作为初期支护，并根据不同的围岩级别辅以超前小导管等超前支护措施，二次衬砌采用模筑钢筋混凝土。隧洞衬砌类型、衬砌断面型式、衬砌结构尺寸设计主要采用工程类比法，并对隧洞结构进行必要的理论计算及校核，结合构造要求及经济技术比较，根据围岩级别和洞室埋深条件拟定相应的支护参数如下表所示。

表2.4-1 围岩级别和洞室埋深条件拟定相应的支护参数表

衬砌类型 支护参数		S-Va	S-IVa
初期支护			
C20喷射混凝土		20cm	12cm
钢筋网（cm）-Φ8		20×20	25×25
系统锚杆	长度（m）	φ25中空锚杆， L=2.5	φ20药卷锚杆，L=2.0
	间距（cm）	80×100	100×110
超前支护-小导管	规格	φ42×4	/
	L（m）	L=4.0	/
	间距（cm）	240×40	/
钢架	型号	I14	/
	间距（cm）	80	/
预留变形量		5cm	3cm
二次衬砌			
拱部边墙（cm）		40（钢筋）	35（钢筋）
仰拱（cm）		50（钢筋）	45（钢筋）
主筋	规格	φ16	φ16

衬砌类型 支护参数		S-Va	S-IVa
纵筋	间距	20cm	20cm
	规格	φ10	φ10
	间距	20cm	20cm
箍筋	规格	φ8	φ8
	间距	40cm	40cm

2、辅助施工措施

隧洞设计采用的施工辅助措施主要有超前小导管、超前预注浆等。超前小导管适用于 V 级围岩段，主要防止隧洞开挖发生塌方；超前预注浆适用于岩体破碎、地下水发育且可能发生涌突水地段，通过注浆提高围岩力学指标，改善结构受力和开挖条件。

超前小导管：设置在隧洞内的 V 级围岩地段，采用 φ42mm×4mm 的热轧无缝钢管。钢管环向间距约 35cm~40cm，外插角控制在 10°~15° 左右，尾端支撑于钢架外侧，每排小导管纵向至少需搭接 1.0m。

2.4.2 隧洞安全设计

1、隧洞不良地质安全设计

根据物探测量结果显示：①隧洞 0~570m 段，顶板埋深 0~280m，隧洞围岩为强、中风化白云岩、灰岩，节理发育，岩体较破碎~较完整。推测该段围岩级别为 V 级。物探推测隧洞 480~540m 段处顶底板易出现垮塌。②隧洞 570~1000m 段，顶板深 135~250m，隧洞围岩为中、弱风化灰岩，节理不发育，岩体较破碎。推测该段围岩级别为 IV 级。物探推测隧洞 710~825m、950m 段处顶板易出现垮塌。③隧洞 1000~1200m 段，顶板深 80~135m，隧洞围岩为强、中风化灰岩，节理发育，岩体较破碎~较完整。推测该段围岩级别为 V 级。物探推测隧洞 1015~1125m 段处顶底板易出现垮塌。④隧洞 1200~1330m 段，顶板深 60~85m，隧洞围岩为中、弱风化灰岩，节理不发育，岩体较破碎。推测该段围岩级别为 IV 级。⑤隧洞 1330~1600m 段，顶板深 80~

135m，隧洞围岩为强、中风化灰岩，节理发育，岩体较破碎～较完整。推测该段围岩级别为 V 级。物探推测暗河 1350 至暗河出口顶底板易出现垮塌。

该隧洞施工过程中遇到隐伏溶洞的可能性大，施工中可能发生涌水、突泥等风险，为了保证隧洞施工安全，施工中必须加强超前地质预报，预测开挖面前方工程地质和水文地质情况，结合掘进过程中地质条件的变化，对围岩可能存在的塌方、涌水等情况进行预报，分析研究对策，确保施工安全。隧洞一旦发生塌方、涌泥应立即向有关部门汇报，严禁擅自处理。

该隧洞围岩可能存在泥岩夹层，由于泥岩遇水软化，脱水崩解、洞顶掉块等特点，故施工过程中必须严格按照设计施工，控制超前支护打设质量，严格控制开挖进尺，开挖后及时施做初支，初支稳定后二衬及时跟进，确保施工安全。

2、隧洞结构安全设计

隧洞洞身衬砌设计以新奥法原理为指导，采用复合式衬砌，即以系统锚杆（或注浆钢花管）、钢筋网、喷射混凝土、工字型钢拱架或格栅拱架作为初期支护，并根据不同的围岩级别辅以超前小导管等超前支护措施，二次衬砌采用模筑钢筋混凝土。隧洞衬砌类型、衬砌断面型式、衬砌结构尺寸设计主要采用工程类比法，并对隧洞结构进行必要的理论计算及校核，结合构造要求及经济技术比较，根据围岩级别和洞室埋深条件拟定相应的支护参数如下表所示。V 级围岩段开挖后按 80cm 的间距采用 I14 工字钢拱架支护后再挂钢筋网（ $\Phi 8@20$ ），系统锚杆采用 $\Phi 25$ 中空注浆锚杆 $L=2.5m$ ，间距 $80cm \times 100cm$ 梅花型布置，喷 20cm 厚 C20 混凝土临时支护确保开挖段洞身稳定作为临时支护；V 级围岩段时跟进采用厚 40cm 的 C35 钢筋混凝土进行永久支护，隧洞支护设计受力筋采用 HRB400 钢筋、钢筋直径 16mm、钢筋距离 20cm；分布筋采用 HRB400 钢筋、直径 10mm、钢筋距离 20cm。IV 级围岩开挖后挂钢筋网（ $\Phi 8@25$ ），系统锚杆采用 20 药卷锚杆 $L=2.0m$ ，间距 $100 \times 100cm$ 梅花型布置，喷 12cm 厚 C20 混凝土临时支护确保开挖段洞身稳定作为临时支

护；IV级围岩段时跟进采用厚 35cm 的 C35 钢筋混凝土进行永久支护，隧洞支护设计受力筋采用 HRB400 钢筋、钢筋直径 16mm、钢筋距离 20cm；分布筋采用 HRB400 钢筋、直径 10mm、钢筋距离 20cm。设计方案中，对隧洞结构进行了计算，计算结果为：设计混凝土衬砌结构强度满足要求。

2.5 施工方案概述

2.5.1 工程规格及工程量

溶洞进口 0~30m 属IV类围岩段，断面规格:毛宽 2.6m、毛高 2.4m；衬砌后净宽 2.0m、净高 1.8m。

溶洞进口 30m 处~1800m（污水源头）属 II 类围岩段，断面规格：净宽 2.0m、净高 1.8m。底板坡度按溶洞大致坡道推进，不得出现低洼积水地段，局部地段原则上地板坡度不得超过 8%。

表2.5-1 工程规格及技术要求（单位：m）

检修工程	规格（宽×高）	技术要求
涌泉溶洞	II类（坚岩类）岩石溶洞 毛断面：宽2.0×1.8 净断面：2.0×1.8	①风钻凿岩机打眼爆破，坡度1.5%、城门拱断面、左右偏差不超过±30mm、溶洞净宽2.0m、墙净高1.2m、拱净高0.6m、壁平整；②围岩破碎地段钢筋混凝土衬砌厚0.30m、底板钢筋混凝土衬砌厚0.3m；③水沟毛宽0.8m、净宽0.2m,毛深0.5m、净深0.2m；④遇溶洞宽敞地段钢筋混凝土衬砌厚0.30m、高0.8m的侧墙，侧墙外用矸石筑充填实。
	IV类及以下（软岩类）岩石溶洞 毛断面：2.6×2.4 净断面：2.0×1.8	①手镐凿岩、坡度1.5%、城门拱断面、左右偏差不超过±30mm、溶洞毛宽2.6m、净宽2.0m、毛高2.4m、净高1.8m、墙净高1.2m、拱净高0.6m；②全洞钢筋混凝土衬砌厚0.30m、底板钢筋混凝土衬砌厚0.3m；③水沟毛宽0.8m、净宽0.2m,毛深0.5m、净深0.2m。

2.5.2 土、石方施工

2.5.2.1 土、石方开挖

1) 土、石方开挖方案

溶洞进口土石方开挖采用液压挖掘机挖装，2t 自卸四驱动拖拉机运输出

碴。如挖掘机直接开挖不动，采用 YT-28 湿式凿岩机钻孔，浅孔松动爆破，同时做好洞外安全警戒工作。

2) 施工工艺流程

土、石方开挖施工工艺流程见下图。

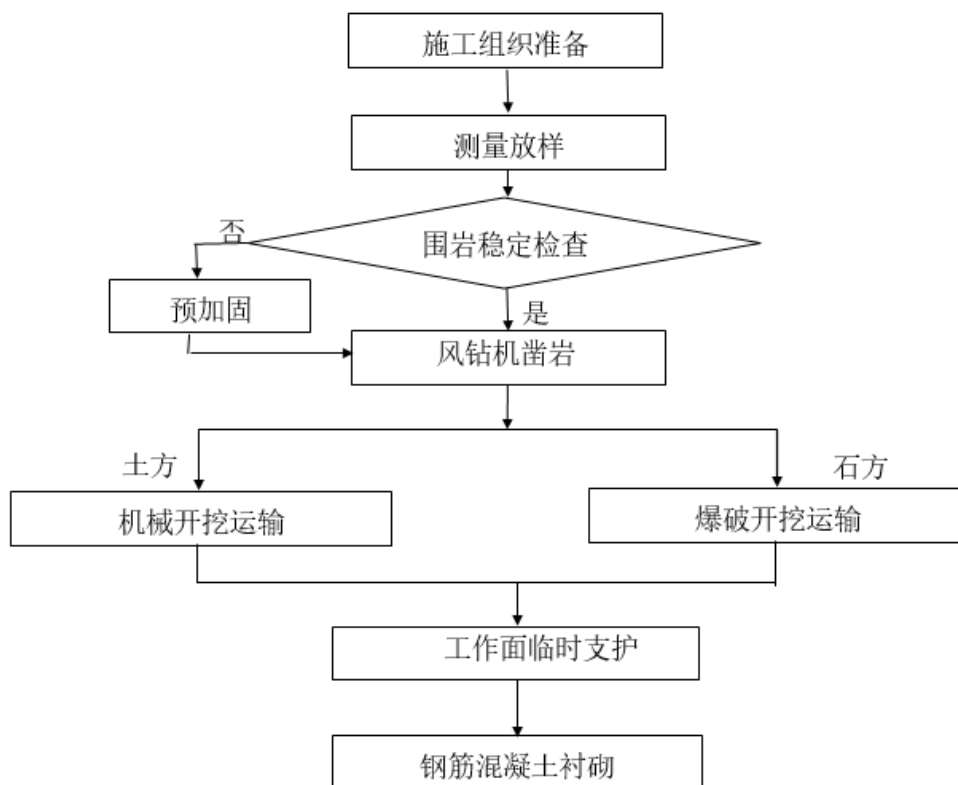


图2.5-1 土、石方开挖施工工艺流程图

3) 施工方法

以下描述的平面图引自《麻栗坡天雄锰业有限公司地面工业广场与麻栗坡畴阳河涌泉溶洞工程物探勘察成果报告》（云南明宇地质勘测有限公司，2025 年 4 月）。

①第一段（云南文山麻栗坡天雄锰业有限公司地面工业广场与麻栗坡畴阳河涌泉溶洞上、下对照平面图）图中绿色粗线所示：溶洞口 1#测点～64#测点全长 530.090m，高差 5.472m，检修坡角 1.032%。

检修规格：巷道为城门拱型，围岩破碎地段毛宽 2.6m、毛高 2.4m，U 型钢支架临时支护确保施工安全，钢筋混凝土永久支护衬砌厚 0.3m，净宽 2.0m、净高 1.8m。水沟设置于右侧（紧靠右墙），毛宽 0.5m、毛深 0.4m，钢筋混凝

土衬砌厚 0.2m，净宽 0.3m、净深 0.2m；围岩坚固地段裸巷支护，净宽 2.0m、净高 1.8m。水沟设置于右侧（紧靠右墙），毛宽 0.5m、毛深 0.4m，砂浆硬化，净宽 0.3m、净深 0.2m。

②第二段（云南文山麻栗坡天雄锰业有限公司地面工业广场与麻栗坡畴阳河涌泉溶洞上、下对照平面图）图中黄色粗线所示：64#测点～108#测点全长 275.000m，高差 4.565m，检修坡角 1.66%。

检修规格：巷道为城门拱型，围岩破碎地段毛宽 2.6m、毛高 2.4m，U 型钢支架临时支护确保施工安全，钢筋混凝土永久支护衬砌厚 0.3m，净宽 2.0m、净高 1.8m。水沟设置于右侧（紧靠右墙），毛宽 0.5m、毛深 0.4m，钢筋混凝土衬砌厚 0.2m，净宽 0.3m、净深 0.2m；围岩坚固地段裸巷支护，净宽 2.0m、净高 1.8m。水沟设置于右侧（紧靠右墙），毛宽 0.5m、毛深 0.4m，砂浆硬化，净宽 0.3m、净深 0.2m。

③第三段（云南文山麻栗坡天雄锰业有限公司地面工业广场与麻栗坡畴阳河涌泉溶洞上、下对照平面图）图中青色粗线所示：108#测点～140#测点全长 121.2m，高差 7.032m，检修坡角 5.802%。

检修规格：巷道为城门拱型，围岩破碎地段毛宽 2.6m、毛高 2.4m，U 型钢支架临时支护确保施工安全，钢筋混凝土永久支护衬砌厚 0.3m，净宽 2.0m、净高 1.8m。水沟设置于右侧（紧靠右墙），毛宽 0.5m、毛深 0.4m，钢筋混凝土衬砌厚 0.2m，净宽 0.3m、净深 0.2m；围岩坚固地段裸巷支护，净宽 2.0m、净高 1.8m。水沟设置于右侧（紧靠右墙），毛宽 0.5m、毛深 0.4m，砂浆硬化，净宽 0.3m、净深 0.2m。

④第四段（云南文山麻栗坡天雄锰业有限公司地面工业广场与麻栗坡畴阳河涌泉溶洞上、下对照平面图）图中红色粗线所示：140#测点～153#测点全长 141.5m，高差 40.198m，检修坡角 28.408%（坡度 $16^{\circ} 27'$ ）。因该地段坡角陡，其中有 93.5m 长为垮塌区，垮塌高度达 8m 左右、宽度达 20m 左右，且有继续垮塌的现象，存在重大安全隐患。为确保施工人员生命安全，设计

在 140#测点处掘进巷道 141.500m（掘进方位角见图），坡角 28.408%（坡度 $16^{\circ} 27'$ ）。

巷道规格为城门拱型，围岩破碎地段毛宽 2.6m、毛高 2.4m，U 型钢支架临时支护确保施工安全，钢筋混凝土永久支护衬砌厚 0.3m，净宽 2.0m、净高 1.8m。水沟设置于右侧（紧靠右墙），毛宽 0.5m、毛深 0.4m，钢筋混凝土衬砌厚 0.2m，净宽 0.3m、净深 0.2m；围岩坚固地段裸巷支护，净宽 2.0m、净高 1.8m。水沟设置于右侧（紧靠右墙），毛宽 0.5m、毛深 0.4m，砂浆硬化，净宽 0.3m、净深 0.2m；

⑤第五段（云南文山麻栗坡天雄锰业有限公司地面工业广场与麻栗坡畴阳河涌泉溶洞上、下对照平面图）图中白色粗线所示：153#测点～渣库中心（1#红旗、2#红旗、3#红旗中心）全长约 630.000m 左右，高差约 8.000m 左右，检修坡角 1.269%。因该地段尚未探明，在实际检修过程中，坚持以下原则：一是跟踪溶洞整体方向检修，尽量避免新增掘进巷道；二是检修坡角不超过 27.92%（即坡度 $16^{\circ} 27'$ ），如遇第四段特殊情况时，需重新设计；三是控制水流能自动流出，避免局部地段出现积水成渊，造成后期人员无法进入检修。

巷道规格为城门拱型，围岩破碎地段毛宽 2.6m、毛高 2.4m，U 型钢支架临时支护确保施工安全，钢筋混凝土永久支护衬砌厚 0.3m，净宽 2.0m、净高 1.8m。水沟设置于右侧（紧靠右墙），毛宽 0.5m、毛深 0.4m，钢筋混凝土衬砌厚 0.2m，净宽 0.3m、净深 0.2m；围岩坚固地段裸巷支护，净宽 2.0m、净高 1.8m。水沟设置于右侧（紧靠右墙），毛宽 0.5m、毛深 0.4m，砂浆硬化，净宽 0.3m、净深 0.2m；

3）土石方开挖

施工准备：根据地形进行详细的现场调查，规划好施工便道，并校核开挖平面位置、标高、控制桩号、水准点、边坡坡度是否符合施工条件的要求，检查是否存在边坡滑塌的不安全因素，施工前做好防排水系统工程，防止雨

水冲刷。

施工方法：施工时自上而下分层开挖，边坡随开挖随防护随成型。开挖中如边坡出现裂缝和滑动迹象时，立即报监理工程师，并进行加固安全防护措施。

2.5.2.2 墙后土夹石回填

土方回填采用人工配合机械施工。填筑土料要符合设计要求，填筑的土方采用溶洞开挖的土料。浆砌石达到设计强度要求后，按水平分层由低处开始逐层填筑，不得顺坡铺填。

2.5.2.3 洞身段施工

1、溶洞挖石方

1) 施工程序

开挖施工前，首先进行准确的测量定位，画出开挖轮廓线，在此基础上进行炮孔布置。然后，采用 YT-28 凿岩机准确钻孔。钻孔完成后，使用高压风（水）彻底冲洗炮孔，接着，按爆破设计的参数装药，连接起爆网络。起爆后，进行“压入式”机械通风和散烟。当具备人员和设备进洞作业的条件时，对爆破后的掌子面进行安全检查和清理，创造进入下一开挖工序的条件。

2) 施工工艺流程

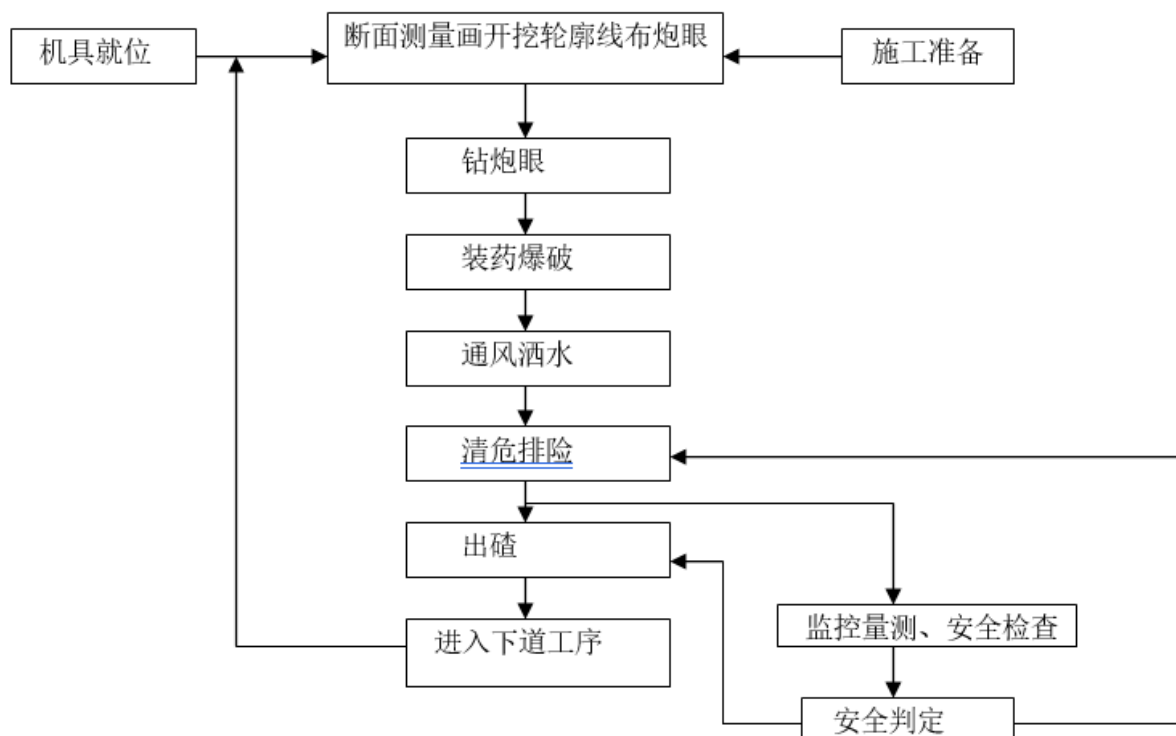


图2.5-2 土、石方开挖施工工艺流程图

2、钻爆设计

1) 炮孔布置

①周边孔的孔距以 $(10\sim15)d$ (d 为孔径) 控制，最小抵抗线与孔距之比按 $1.30\sim1.33$ 控制。

②掏槽孔布置于开挖断面中心部位。

③崩落孔按等间距，尽可能梅花形布置，最小抵抗线与孔距之比控制在 $1.0\sim1.2$ 。

2) 爆破参数

①炮孔的深度及直径

钻孔深度为 2.0m （特殊地点视实际情况变化，但最小抵抗线不得少于 0.6m ），孔径均为 40mm 。为保证掏槽效果，掏槽孔的孔深比崩落孔超深 20cm 。

②装药量

对于掏槽眼采用 $\phi 35\text{mm}$ 药卷，装药系数取 $0.7\sim0.85$ ；崩落孔采用 $\phi 35\text{mm}$ 药卷，装药系数取 $0.6\sim0.8$ ；为保证光爆效果，周边孔采用 $\phi 25\text{mm}$ 细药卷，

同时为克服岩体的挟制作用，孔底装一个 $\phi 35\text{mm}$ 的粗药卷，并采用导爆索起爆间隔装药结构，装药密度根据围岩情况控制在 $(200\sim 300)\text{ g/m}^3$ 。

③爆破方法和爆破顺序

爆破采用由塑料导爆管串联成爆破网络，毫秒延发雷管实现微差爆破。
即：传爆雷管→塑料导爆管→非电秒级雷管→起爆炸药。

起爆顺序：由掏槽孔→扩槽孔→崩落孔→底孔→周边孔的顺序，毫秒延发按爆破图所示的顺序分段起爆。

④炮孔堵塞

炮孔堵塞长度要求大于(或等于)抵抗线长度，一般堵塞长度为 $60\sim 80\text{cm}$ ，堵塞材料选用黄泥和砂子的均匀混合料。

3、钻孔爆破的质量保障措施

严格按监理工程师批准的爆破方案进行钻孔、装药、连网。周边孔在断面轮廓线上开孔，沿轮廓线的调整范围和掏槽孔的孔位偏差不大于 5cm ，其它炮孔孔位偏差不大于 10cm 。炮孔的孔底落在爆破图规定的平面上。炮孔经检查合格后，方可装药爆破。炮孔的装药、堵塞和引爆线路的联结，由经过考核合格并持有效爆破员资格证书的人员负责施工，严格按爆破图的规定和要求进行作业。每次爆破后，对岩石爆破的效果进行现场实地调查并作出评价，对爆破参数进行适当调整。炮孔痕迹保存率：完整岩石在 80% 以上，较完整和完整性差的岩石不小于 50% ，较破碎和破碎岩石不小于 20% 。相邻两孔间的岩面平整，孔壁没有明显的爆震裂隙。

2.5.3 衬砌方法及规格

溶洞围岩较破碎地段衬砌浇筑钢筋 C25 混凝土，侧面、顶拱和底部厚衬砌厚度均为 30cm 。混凝土衬砌采用先底板后边墙顶拱的施工顺序进行，根据现场需要也可采用底板、边墙及拱部一次施工，混凝土由拌合站集中拌合，混凝土搅拌运输车运到浇筑工作面，卸入混凝土输送泵泵送入仓，混凝土的

振捣采用插入式振捣器。

1) 测量放样

在衬砌施工前，按设计中线及高程测定出溶洞施工中线及高程，溶洞中线按 8~15m 布设一个，水准点每 5m 设一个，引至左右侧边墙并作出明显标志。

测量溶洞净空断面尺寸：为了保证衬砌断面无欠挖，衬砌施工前再次对溶洞开挖净空断面尺寸进行复核，采用简易台架人工测量，沿溶洞纵向每 5m 测一个断面，如有欠挖及时处理。

2) 混凝土输送管道联接

混凝土输送管道的布管方式及工人联接管道的熟练程度是制约混凝土浇筑时间的关键环节。若管道布置不合理，工人联接管道不熟练，接换管时间较长，会经常造成堵管，加长了混凝土浇筑时间，并影响混凝土的浇筑质量。为了克服堵管现象，其联接应考虑到混凝土的两侧均匀输送且易于联接管道，并且尽量减少转弯。在混凝土浇筑前，每一层浇筑窗口的管道均提前试拼好再断开放好，浇筑完一层窗口换管时，只接一个接头就可开始浇筑，而不是接多根管子，可以大大节约换管时间。并且在混凝土浇筑前，所有管道均应用水冲洗湿润。

3) 混凝土搅拌、运输

骨料：不同粒径的骨料分别堆存，避免相互混杂或混入泥土；装卸时，粒径大于 40mm 的粗骨料的净自由落差不大于 3m，以避免造成骨料的严重破碎。细骨料的质量技术要求规定如下：细骨料的细度模数为 2.5~3.5；砂料质地坚硬、清洁、级配良好；其余质量技术要求符合 SDJ207 有关规定。但在混凝土的运输中注意骨料分离的问题；粗骨料其他技术要求满足 SDJ207 中有关规定。

水泥：混凝土工程采用的水泥品种和标号符合本工程招标文件技术条款的规定。水泥进场必须有出厂合格证。到货的水泥按品种、标号、出场日期分

别堆存，运输和贮存过程中注意防潮，不使用受潮湿结块的水泥，水泥进库后按规程要求上盖下垫，分批堆放。水泥出厂超过三个月有效期，或发现水泥有受潮结块现象时，均应经过鉴定后降级使用或不使用。

混凝土搅拌严格按设计配合比计量拌合，配合比设计在满足设计强度、耐久性、和易性的要求和合理使用材料和经济的原则下，计算与试验相结合，采用质量法设计。

混凝土在运输中应保持其匀质性，做到不分层、不离析、不漏浆。运到浇筑点时，要满足坍落度要求。从搅拌机卸料到浇筑完毕的延续时间不超过 120 分钟。

4) 底板混凝土浇筑

底板混凝土安排在边顶拱衬砌前进行。底板混凝土浇筑施工前，按设计要求分段凿除欠挖部分并清洗岩面，经监理工程师验基底合格后，人工装模、扎筋，并再次经监理工程师检查合格后，才能进行混凝土浇筑施工。输送泵运送混凝土入仓，人工布料、平仓，插入式振动器或平板振动器振捣，待表层混凝土初凝后进行人工压面。

浇筑完成后，连续养护至少 14 天。养护用水采用饮用水，每天浇水的次数，以能保持混凝土表面处于湿润状态为宜。

5) 边顶拱混凝土浇筑

①混凝土浇筑

搅拌好的混凝土由混凝土输送泵输送至衬砌部位，混凝土输送过程中两侧对称进行，并在混凝土输送同时，由两侧工作窗口用插入式振动器加强捣固。顶拱无法采用插入式振动棒振捣的部位，采用附着式振动器振捣。

浇筑混凝土连续进行，不得间断。如遇特殊情况，间歇时间超过了规范允许时间，按施工缝操作工艺处理，已浇筑好的混凝土，在强度尚未达 $25\text{kg}/\text{cm}^2$ 前，不得进行上一层混凝土浇筑的准备工作，混凝土表面用压力水、风砂枪或刷毛机等加工成毛面并清洗干净，排除积水，在浇筑混凝土前先铺

一层 2~3cm 的水泥砂浆后方可浇筑新混凝土。混凝土用插入式振捣器振捣，振捣时间每次不超过 30s，振捣棒移动距离不得超过振捣器作业半径的 1.5 倍，插入混凝土深度一般不超过每层厚度的 2/3。顶拱混凝土采用附着式振捣器振捣。

②拆模、养护

在混凝土衬砌完成 12h（或按设计要求）后，拆除挡头板，打开各个工作窗口，混凝土衬砌达到强度要求后方可脱模。对完成的衬砌混凝土拆模之后，及时将混凝土表面局部缺陷的部位修补处理，使混凝土表面整体光洁平整。混凝土拆模后应连续养护至少 14 天。养护用水采用饮用水，每天浇水的次数，以能保持混凝土表面处于湿润状态为宜。

2.5.4 锚喷方法及规格

在洞口附近 0.3m³ 搅拌机拌制，人工手推车运输，采用 TK-961 混凝土喷射机湿喷法施工。

喷射施工前采用高压风水枪冲洗受喷岩面，并保持湿润，埋设控制喷护厚度的标志。喷射作业分区自下而上进行分段、分片、依次进行，一次喷射厚度按 GBJ86 表 6.5.1 规定数据选用。喷射机作业应严格执行喷射机的操作规程，应连续向喷射机供料，保持喷射机工作风压稳定。喷射混凝土终凝 2h 后喷水养护。

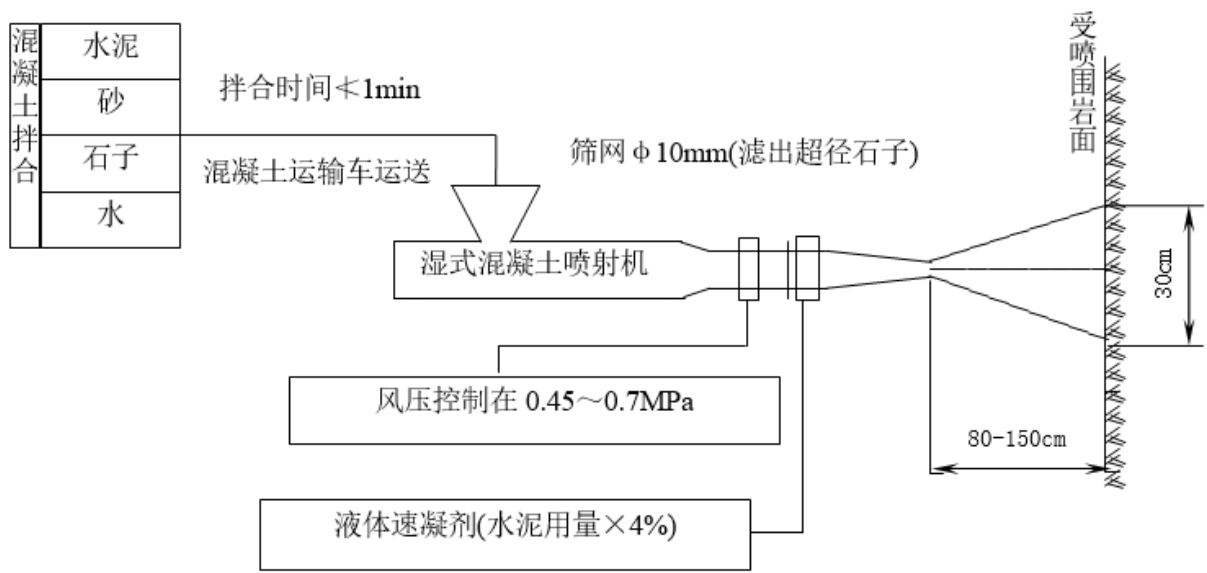


图2.5-3 喷混凝土施工工艺流程图

2.5.5 施工组织计划

2.5.5.1 劳动定员

1、劳动定员依据

打钻每天二班，三八工作制。

当全断面凿岩时，掘进进度 4m/天，平均 2m/班；当适当扩宽断面凿岩时，掘进进度 10~40m/天，平均 5~20m/班。

2、劳动定员

表2.5-2 劳动定员配备表

工种	生产一班	生产二班	生产三班	合计	备注
打钻工	2	2	0	4	
清碴工	4	4	4	12	
支护工	0	0	2	2	
运输工	2	2	2	6	
爆破员	0	0	0	0	民爆公司负责
跟班安全员	1	1	1	3	
班组长	1	1	1	2	施工人员兼任
合计	10	10	10	30	

2.5.5.2 施工材料计划

施工使用的各项材料根据现场施工进度分阶段有序进场，确保满足施工需要。

混凝土、钢筋等主要材料，上报材料计划后由总包部直接调拨运往工地。进场材料需提供材质报告和检验合格证明，碎石等地材材料在施工现场设立临时料场和料库，劳务单位自行购买；库容量应满足施工高峰期供应需要量，这些材料由供应商组织汽车直接运至施工现场；进场（入库）物资分类存放，堆码整齐，标识清楚，干净卫生，达到标准化规定要求。

物资计划由劳务单位指定的材料负责人填报，经施工段落技术负责人、工程技术部部长、项目总工、项目负责人逐级审批之后交给物资部负责人，再由物资部根据施工安排及进度计划，工程材料采取提前组织，分批次进场。

所有进场材料必须经检验合格，方能进场施工。

2.5.5.3 施工设备计划

施工机械设备及资源根据施工方法、工艺技术及施工顺序等要素进行配置。配置的施工机械设备高效先进，所用材料质量优良，能确保工程施工快速、优质地进行。

表2.5-3 材料、设备使用计划表

序号	材料名称	规格型号	单位	数量	特需要求	用途	备注
1	钢筋 (三级钢)	Φ 10	吨	3.26		溶洞口 衬砌	
2	钢筋 (三级钢)	Φ 16	吨	8.54		溶洞口 衬砌	
3	商品 混凝土	C25	m ³	140		溶洞口 衬砌	
4	垫层 混凝土	C10	m ³	16		溶洞口 衬砌	
5	红木板	1830mm× 915mm	块	200		溶洞口 衬砌	

序号	材料名称	规格型号	单位	数量	特需要求	用途	备注
6	杉木方	2000mm× 1000mm×40mm	m ³	6		溶洞口 衬砌	
7	杉木方	2000mm×60mm ×60mm	m ³	2.16		溶洞口 衬砌	
8	圆钉	70mm	件	10		衬砌 装模	
9	圆钉	50mm	件	10		衬砌 装模	
10	铁丝	12#黑色软铁丝	kg	100		衬砌 装模	
11	U型钢 支架	25kg/m U型钢	套	100	急用50 套	临时 支护	
12	锚网	长2m×宽1m、 网格0.1m×0.1m	张	300		临时 支护	
13	扎丝	400mm	kg	100		溶洞口 衬砌	
14	钢筋 扎钩	21长不锈钢四花	个	10		溶洞口 衬砌	
15	电焊机	4kW×380V	台	1		溶洞检 修焊接	
16	电焊机	2kW×220V	台	1		溶洞检 修焊接	
17	电焊条	4.0	箱	1		溶洞检 修焊接	
18	电焊条	3.2	箱	1		溶洞检 修焊接	
19	乙炔		瓶	5		溶洞检 修焊接	
20	氧气		瓶	20		溶洞检 修焊接	
21	水阀	简称为水针屁股	个	10		凿岩机 配件	
22	凿岩机	YT-28	台	3		打钻	
23	钻杆	长3.0m六方钻杆	根	10		打钻	
24	钻杆	长2.5m六方钻杆	根	10		打钻	

序号	材料名称	规格型号	单位	数量	特需要求	用途	备注
25	钻杆	长2.2m六方钻杆	根	8		打钻	
26	钻杆	长1.5m六方钻杆	根	5		打钻	
27	钻杆	长1.0m六方钻杆	根	5		打钻	
28	合金钻头	梅花钻头	个	50		打钻	
29	拖拉机	尾卸式四驱动	辆	3		运碴	
30	塑料压风管	Φ2吋加厚	m	1800		打钻压风	
31	风带	Φ1吋软胶管	根	6		打钻压风	
32	塑料水管	0.4吋	m	500		连接凿岩机	
33	局部通风机	11kW	台	4		送风	
34	双反边布料风筒	Φ500mm	m	1800		送风	
35	砂轮机	2kW	台	1		磨钻头	
36	一字螺母		套	10		凿岩机用	
37	凿岩机密封圈	凿岩机维修配件，简称修理包	包	10		凿岩机配件	
38	叶片	凿岩机维修配件	块	50		凿岩机配件	
39	宝塔弹簧	凿岩机维修配件	个	100		凿岩机配件	
40	气腿密封圈	凿岩机维修配件	包	3		凿岩机配件	
41	活动扳手	36×12	把	2			
42	水针风针		根	各20		凿岩机配件	
43	手推板车	钢铁制品，容量600kg	辆	2		溶洞口运碴	
44	风镐	手持式	台	2		局部	

序号	材料名称	规格型号	单位	数量	特需要求	用途	备注
						凿岩	
45	风镐钎	长0.3m	根	4		局部 凿岩	
46	吹风管	长3.5m、4分铁管	根	2		炮眼 除泥	
47	皮撮箕		只	40		清碴用	
48	板锄		把	8		人工 清碴	
49	撬棒	钢铁制品长 1.5m、长1.8m	根	各3		处理顶 帮危石	
50	羊锄		把	4		挖碴用	
51	羊锄木棒	长约1.0m	条	6		挖碴用	
52	板锄木棒	长约1.2m	条	20		清碴用	
53	磅锤	8磅、10磅各一个	个	2			
54	手持式锂电角磨机		台	1			
55	砂轮片	配套角磨机（切割涵管钢筋用）	片	20		切割钢筋用	
56	矿灯	理电池（挂于矿帽上）	盏	20			
57	水泥	425	吨	5		场地 硬化	
58	中砂		车	2	含泥量少	场地 硬化	
59	碎石	2#	车	1		场地 硬化	
60	爬碴机	60	台	1		清碴	
61	螺杆空压机	10m ³	台	1	含储气罐	打钻 压风	

3 危险和有害因素辨识与分析

3.1 危险、有害因素辨识和分析的依据

本报告依据《生产过程危险和有害因素分类与代码》(GB/T13861-2022)、《企业职工伤亡事故分类》(GB6441-1986)对麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工潜在的危险有害因素进行辨识和分类并确定事故的类型。

依据《危险化学品目录(2015版,2022调整)》(国家安全生产监督管理总局等10部门公告2015年第5号;应急管理部等十部门公告2022年第8号)界定危险化学品和剧毒化学品。

依据《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018)对重大危险源进行辨识与分析。

依据《首批重点监管的危险化学品目录》(安监总管三[2011]95号)和《国家安全监管总局关于公布第二批重点监管危险化学品名录的通知》(安监总管三〔2013〕12号)辨识重点监管的危险化学品。

危险化学品的理化特性表根据《危险化学品安全技术全书(第三版)》(国家安全生产监督管理总局化学品登记中心、中国石油化工股份公司青岛安全工程研究院、化学品安全控制国家重点实验室2016年6月联合编写,化学工业出版社出版)编制。

3.2 主要物质的危险有害因素分析

云南粤商轩翌环境科技有限公司麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工中涉及到的危险化学品:爬碴机、拖拉机上使用的柴油。

3.2.1 主要化学品危害性等级分析

表3.2-1 柴油的理化特性分析表

标识	中文名	柴油	CAS 号	68334-30-5
	英文名	Diesel oil; Diesel fuel	UN 编号	无资料
理	外观与性状	稍有粘性的浅黄至棕色液体。		

化 学 性 质	主要成分	烷烃、芳烃、烯烃等。				
	熔点（℃）	-18	密度（20℃）（kg/m ³ ）		810-845	
	沸点（℃）	282～338	饱和蒸气压（kPa）		/	
	主要用途	用作柴油机的燃料。				
健 康 危 害	侵入途径	吸入、食入、经皮吸收。				
	健康危害	皮肤接触可为主要吸收途径，可致急性肾脏损害。柴油可引起接触性皮炎、油性痤疮。吸入其雾滴或液体呛入可引起吸入性肺炎。能经胎盘进入胎儿血中。柴油废气可引起眼、鼻刺激症状，头晕及头痛。				
燃 烧 爆 炸 危 险 性	燃烧性	易燃		有害燃烧产物		一氧化碳、二氧化碳。
	闪点（℃）	-		爆炸上限（v%）		无资料
	引燃温度（℃）	257		爆炸下限（v%）		无资料
	危险特性	遇明火、高热或与氧化剂接触，有引起燃烧爆炸的危险。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。				
	建规火险分级	乙	稳定性	稳定	聚合危害	不能出现
	禁忌物	强氧化剂、卤素。				
	灭火方法	消防人员须佩戴防毒面具、穿全身消防服，在上风向灭火。尽可能将容器从火场移至空旷处。喷水保持火场容器冷却，直至灭火结束。处在火场中的容器若已变色或从安全泄压装置中产生声音，必须马上撤离。灭火剂：雾状水、泡沫、干粉、二氧化碳、砂土。				
毒 理 学 资 料	急性毒性	LD50：无资料 LC50：无资料				
	其他有害作用	该物质对环境有危害，建议不要让其进入环境。对水体和大气可造成污染，破坏水生生物呼吸系统。对海藻应给予特别注意。				
	废弃处置方法	处置前应参阅国家和地方有关法规。建议用焚烧法处置。				
包 装 与 储 运	危险性类别	易燃液体，类别 3。			危险货物包装标志	7
	包装方法	无资料				
	储存注意事项	储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。应与氧化剂、卤素分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备和合适的收容材料。				
	运输注意事项	运输前应先检查包装容器是否完整、密封，运输过程中要确保容器不泄漏、不倒塌、不坠落、不损坏。运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。夏季最好早晚运输。运输时所用的槽（罐）车应有接地链，槽内可设孔隔板以减少震荡产生静电。严禁与氧化剂、卤素、食用化学品等混装混运。运输途中应防曝晒、雨淋，防高温。中途停留时应远离火种、热源、高温区。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。运输车船必须彻底清洗、消毒，否则不得装运其它物品。船运时，配装位置应远离卧室、厨房，并与机舱、电源、火源等部位隔离。公路运输时要按规定路线行驶。				
	操作注意事项	密闭操作，注意通风。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩），戴化学安全防护眼镜，戴橡胶耐油手套。远离火种、热源，工作场所严禁吸烟。使用防爆型的通风系统和设备。防止蒸气泄漏到工作场所空气中。避免与氧化剂、卤素接触。充装要控制流速，防止静电积聚。搬运时要轻装轻卸，防止包装及容器损坏。配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。倒空的容器可能残留有害物。				

急救措施	皮肤接触	立即脱去污染的衣着，用肥皂水和清水彻底冲洗皮肤。就医。
	眼睛接触	提起眼睑，用流动清水或生理盐水冲洗。就医。
	吸入	迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。
	食入	尽快彻底洗胃。就医。
防护措施	工程控制	生产过程密闭，全面通风。
	呼吸系统防护	空气中浓度超标时，建议佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩）。紧急事态抢救或撤离时，应该佩戴空气呼吸器。
	眼睛防护	戴化学安全防护眼镜。
	身体防护	穿一般作业防护服。
	手防护	戴橡胶耐油手套。
	其他防护	工作现场严禁吸烟。避免长期反复接触。
泄漏应急处理	迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿一般作业工作服。尽可能切断泄漏源。防止流入下水道、排洪沟等限制性空间。小量泄漏：用活性炭或其它惰性材料吸收。大量泄漏：构筑围堤或挖坑收容。用泵转移至槽车或专用收集器内，回收或运至废物处理场所处置。	

1、根据《危险化学品目录》（2015 版，2022 修改版）对本项目施工涉及物料辨识，柴油属于危险化学品。

2、根据《危险化学品目录》（2015 版，2022 修改版）对本项目施工涉及物料辨识，本项目无剧毒化学品。

3、根据《国家安全监管总局关于公布首批重点监管的危险化学品名录的通知》（安监总管三〔2011〕95 号）和《国家安全监管总局关于公布第二批重点监管危险化学品名录的通知》（安监总管三〔2013〕12 号），柴油不在重点监管的危险化学品名录范围内。

3.2.2 危险化学品危险特性分析

1、易燃、易爆性

（1）易燃性

柴油闪点通常为 45～130℃，具有较高的易燃性。在隧洞等封闭或半封闭环境中，若柴油因设备泄漏、管路破损等原因接触明火（如焊接火花、电气火花）或高温表面（如发动机排气管），可能引发明火燃烧。

柴油燃烧时会产生一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物等有毒有害气体，

且燃烧速度较慢，但可能因持续泄漏导致火势扩大。在隧洞狭窄空间内，燃烧产生的烟雾难以扩散，易造成人员伤亡和设备损坏。

（2）易爆性

柴油的爆炸极限范围较窄（通常为 0.6%~6.5%，体积分数），需在特定条件下（如柴油蒸气与空气混合达到爆炸极限，且遇点火源）才可能发生爆炸。若设备油箱破裂导致柴油大量挥发，或通风不良使蒸气积聚至爆炸极限，同时存在电火花、机械火花等点火源，可能引发空间爆炸，造成坍塌、人员伤亡等严重后果。

2、易扩散性

柴油为液态，具有一定流动性。若爬碴机、拖拉机的油箱、输油管路破裂，柴油会沿地面、设备缝隙快速扩散，可能流入隧洞低洼处或积水区域，形成大面积污染，同时增加火灾蔓延风险。

隧洞多为狭长、坡度不均的空间，柴油泄漏后可能沿坡度快速流淌，甚至流入其他作业区域或人员聚集点，扩大危害范围。此外，隧洞内可能存在电缆沟、管沟等隐蔽通道，柴油渗入后难以清理，形成长期隐患。

柴油挥发性较低，但在高温、雾化（如喷油嘴泄漏）或喷洒状态下，会形成油蒸气。柴油蒸气密度略大于空气，易在地面附近或低洼处积聚，不易扩散，可能在未被察觉的情况下达到可燃浓度。隧洞施工通常依赖机械通风，若通风系统故障或风量不足，油蒸气易在局部区域积聚，增加燃爆风险。

3、中毒和窒息

柴油不完全燃烧会产生一氧化碳（CO）（剧毒，与血红蛋白结合阻碍氧气运输，导致缺氧窒息）和氮氧化物（NO_x）（刺激呼吸道，引发肺水肿），在隧洞封闭环境中，这些有毒气体浓度迅速升高，可能导致人员急性中毒甚至死亡。柴油燃烧会消耗大量氧气，隧洞空间封闭时，可能导致局部氧气浓度下降（低于 19.5%），引发人员缺氧窒息。

因此根据物质危险特性分析，本工程涉及到的设备用柴油主要存在着火

灾、爆炸的危险有害特性。

3.3 自然条件对施工的影响分析

以下根据本工程所在区域的自然条件情况，从气象、地震、地质、水文等方面分析自然条件对施工可能产生的影响。

1、气象条件对建设项目的影

(1) 降雨

麻栗坡县 5-10 月为雨季，降水量占全年 82%，尤其是 6-8 月雨量占比 55%，可能引发以下问题：

地表径流与地下水涌水：畴阳河流域雨季水量大（最大流量 $143\text{m}^3/\text{s}$ ），隧洞穿越岩溶区时，可能因降雨引发地下暗河水位上升，导致突水、涌泥等地质灾害。

边坡失稳：河谷两岸山体坡度 $20^\circ - 30^\circ$ （局部 45° ），暴雨可能诱发山体滑坡、崩塌，威胁施工便道及洞口安全。

极端降雨风险：月极端最大雨量 420.3mm 、日极端最大雨量 124.2mm ，可能引发短时洪水，需在洞口、材料堆放区设置防洪围堰，配备应急排水设备（如大功率水泵）。

(2) 雷击

麻栗坡地处低纬度山区，属亚热带季风气候，雨季（5-10 月）湿热气流活跃，易形成强对流天气，伴随雷电活动，需警惕雷击风险。

雷击可能导致露天作业人员（如洞口施工、边坡支护人员）触电伤亡，尤其在金属设备（如脚手架）附近风险更高。

施工用电设备（如配电箱、通风机、电焊机）遭雷击可能引发短路、火灾，导致停工；隧洞内监控系统、测量仪器（如全站仪、激光导向仪）受感应雷冲击，可能造成数据丢失或设备故障。

雷击常伴随短时强降雨，可能叠加引发山洪、泥石流，加剧雨季施工风

险（如前所述的突水、边坡失稳）。

（3）强风

麻栗坡属山地地形，河谷地带（如畴阳河）可能因“狭管效应”加剧风力，尤其在干季（11-4 月）受大陆性气团影响，偶发短时强风（如山谷风、局地 gust 风）。

强风可能吹翻临时工棚、材料堆放架（如钢筋堆、模板），导致物体打击事故；高空作业（如边坡锚杆施工、洞口脚手架搭设）人员易因风力失衡坠落，需重点防范。此外，施工便道旁的危树、松动石块可能被强风刮落，堵塞交通或砸中车辆。

强风可能加速施工区域扬尘（干季干燥），降低能见度，影响爆破作业安全警戒和车辆通行。

（4）高湿度环境

麻栗坡县年平均阴天 195 天（占 53.3%），雾日 57 天，空气湿度大可能导致：钢材、施工设备锈蚀加速，需加强钢材管理、设备保养和防腐处理（如定期涂刷防锈漆）。

隧洞内通风不良时，易形成冷凝水，影响作业环境和施工安全，需加强通风系统设计（如机械通风、除湿设备）和施工过程中的通风或除湿。

2、地震对建设项目的影

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），项目区全线基本处于基本地震动峰值加速度为 0.05g，地震动反应谱特征周期为 0.35s，地震基本烈度为 6 度，设计分组为第一组。

麻栗坡位于文山—麻栗坡断裂带附近，麻栗坡最大地震为 1986 年麻栗坡 5.0 级地震），但岩溶区地质条件复杂，地震可能诱发隐伏溶洞坍塌、断层活化等次生灾害。

隧洞穿越溶洞发育带时，地震动可能导致：隐伏溶腔顶板岩层受振动发生破裂，引发局部坍塌（尤其当溶腔充填物为松散堆积物时）；断层破碎带

（如文山—栗坡断裂分支）受扰动产生微小错动，加剧围岩裂隙扩展，导致渗漏水加剧或岩块塌落。

若隧洞围岩为IV、V类（软岩或破碎岩体），地震可能使其稳定性显著下降，需加强初期支护（如增加锚杆密度、喷射混凝土厚度）。

（1）地震对施工设施的影响

临时结构风险：洞口边坡支护结构（如锚杆格构、锚索）若抗震设计不足，可能因地震发生局部滑移或断裂，威胁洞口安全；临时工棚、拌和站等设施若未按抗震要求设置，可能出现墙体开裂、屋顶坍塌。

设备与管线安全：洞内通风、排水管线（尤其是刚性连接段）可能因地震振动导致接口松动，引发漏水、断电。

（2）地震对施工工艺的影响

爆破作业风险：地震可能使已开挖段围岩内部微裂隙扩展，若此时进行爆破，易诱发连锁坍塌，需严格控制单段起爆药量，避免振动叠加。

混凝土施工质量：地震导致模板支撑系统振动，可能造成混凝土浇筑中断或振捣不密实，影响衬砌结构整体性。

3、地质对建设项目的影

（1）地层岩性对施工的影响

1）第四系残坡积层（ Q_4^{el+dl} ）

黏土覆盖层强度低、透水性差，若分布于洞口边坡或浅埋段，可能因开挖引发滑坡或坍塌（尤其雨季饱水后自重增加）。厚度不均时易导致隧洞浅埋段围岩应力集中，可能出现地表沉降超限，威胁地面建筑物安全。

2）碳酸盐岩地层（ P_2w 、 D_2g 、 D_2d 、 ϵ_2l ）

二叠系吴家坪组灰岩、泥盆系古木组/东岗岭组泥灰岩/灰岩、寒武系龙哈组白云岩均属可溶岩，岩溶发育概率高，尤其厚层状灰岩（如 P_2w 厚 119-266m）更易形成大型溶腔、暗河。

二叠系吴家坪组（ P_2w ）：厚层块状灰岩岩溶以垂向溶蚀裂隙、落水洞为

主，可能导致隧洞开挖时突发性漏浆或涌水（尤其揭穿垂直溶道时）。

泥盆系古木组（ D_2g ）：泥灰岩夹白云岩层理发育，岩溶以层间溶蚀、水平溶沟为主，可能形成顺层溶腔，导致围岩沿层面滑动，需警惕拱顶掉块。

寒武系龙哈组（ ϵ_2l ）：白云岩抗溶蚀能力略高于灰岩，但夹白云质灰岩段仍可能发育蜂窝状溶孔，岩体完整性差，开挖时易出现岩块塌落。

（2）区域构造对项目的影

1）东西向与南北向构造体系

八布向斜、大坪向斜：向斜轴部地层受挤压作用，可能形成层间滑动带，加剧岩溶水富集（地下水沿裂隙向轴部汇聚）。隧洞穿越向斜核部时，需警惕高压富水溶腔。

都龙老君山背斜：背斜轴部岩层张拉裂隙发育，可能形成竖向导水通道，若与地表水体（如畴阳河）连通，雨季时易引发突水灾害。

2）扭动构造体系（环状构造、文山-麻栗坡断裂带）

环状构造砥柱（老君山花岗岩）：花岗岩区岩溶不发育，但与碳酸盐岩接触带可能形成热液蚀变带，岩体破碎且地下水活跃，需警惕接触带附近的岩溶陷落柱。

文山-麻栗坡断裂带：具有活动性断裂风险。断裂带走向北西，具右行走滑特征，可能切割隧洞轴线。施工中若揭穿断裂带，可能遭遇断层泥夹碎块石，自稳能力极差，易发生大规模坍塌；同时断裂带可能成为地下水导水通道，引发突水。

涡轮状构造旋回层：旋扭断裂切割形成的透镜体状岩体，可能存在局部应力集中，开挖时易诱发岩爆（尤其硬质灰岩段）。

（3）岩溶水文网络复杂性对项目的影

场区碳酸盐岩分布广泛，且受多期构造运动影响，岩溶可能形成多层立体网络（垂向落水洞+水平暗河+层间溶道）。隧洞穿越时若未提前探明，可能引发：若上部落水洞塌穿，可能导致地表泥土、块石涌入洞内，堵塞掌子

面；若下部暗河突水，如畴阳河附近暗河与隧洞底板高差大，可能形成承压水突破，突水流量可达数百 m^3/h 。

若隧洞底板或边墙揭露溶沟、溶槽，可能导致基础不均匀沉降，影响衬砌结构安全。

4、水文条件对建设项目的影

畴阳河径流平均流量 $9.84\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量 $143\text{m}^3/\text{s}$ （雨季峰值为年均值 14.5 倍），最小流量 $0.20\text{m}^3/\text{s}$ ，表明河流受降水驱动显著，雨季易形成暴涨暴落型洪水。隧洞洞口若靠近河岸（如低于 50 年一遇洪水位），雨季洪水可能淹没施工场地，冲毁临时道路、材料堆放区。

文山—麻栗坡断裂带作为导水构造，可能沟通地表河水与深层岩溶水。例如，畴阳河洪水可通过断裂带裂隙快速渗入地下，导致隧洞施工时滞后性突水（洪水发生后 1-3 天内水位传导至洞内）

综上所述，该项目所在地自然条件存在影响该施工项目的不利因素或缺陷，在采取必要的工程措施和管理措施以后，自然条件对施工的影响达到可接受范围。

3.4 勘察、设计对施工的影响分析

若勘察、设计不合理，对本项目施工造成的影响主要表现在以下几个方面：

1、设计之前若未进行详细的地质勘查，则不能获取详细的地质资料，影响设计方案的可靠性。

2、未探明溶腔分布可能导致隧洞直接穿越大型空溶洞或暗河，引发突水或坍塌，造成掌子面掩埋、设备损毁。此外，忽视构造破碎带富水性评估，可能在断裂带段遭遇高压地下水突破支护结构，导致初期支护失效、人员被困。

3、边坡勘察遗漏潜在滑体，即临河边坡松散堆积体或基岩接触面滑动带未识别，可能引发雨季滑坡或崩塌，阻断施工便道、掩埋洞口或砸毁临时设

施。

4、若衬砌结构抗岩溶适应性不足，未针对溶沟、溶槽设计变截面衬砌，可能导致衬砌底部悬空、应力集中，后期出现开裂漏水，影响结构耐久性。

5、穿越断裂带时未设置柔性抗震缝，地震或断层微动可能引发衬砌环向开裂、错台，甚至渗漏水加剧。

6、洞内排水沟坡度不足（ $<0.5\%$ ）或未设计清淤设施，可能导致泥沙淤积堵塞，雨季突水时排水不畅，洞内积水威胁施工安全。设计过程中，未设置应急排水硐室或备用排水系统，突水时无法快速响应，可能因排水能力不足导致淹没隧洞。

7、施工工艺设计不当，即开挖方式选择不当、超前支护参数不足等。岩溶发育段采用全断面开挖可能因围岩暴露面积大、自稳时间短，导致拱顶溶腔塌落（塌落方量可达数百立方米），引发安全事故。断裂带或高应力段未采用微震爆破，振动可能诱发岩块塌落、岩爆（岩块弹射速度 $>5\text{m/s}$ ），威胁作业人员安全。若超前小导管长度不足或注浆不密实，可能导致开挖时钢架（棚架）末端失稳，掌子面坍塌，甚至连带引发地表沉降或塌陷。

8、安全监测设计不足。如未布置围岩压力盒、收敛计等监测设备，无法实时掌握初期支护受力及围岩变形，可能导致钢拱架过载扭曲、喷射混凝土开裂脱落，甚至突发坍塌；洞口边坡未设置位移监测站，无法捕捉毫米级变形，可能因边坡失稳预警滞后，导致坍塌事故。

9、动态设计机制缺失，如施工中揭露新的溶腔、断层时，未及时调整支护参数，可能导致处理方案滞后，扩大事故损失（如溶腔塌落范围从局部发展至全断面）。

10、材料运输路线设计不合理，如施工便道临崖路段未设护栏或避险车道，可能因雨季强风、路面湿滑导致运输车辆失控翻坠，造成人员伤亡和设备损毁。

11、施工之前，设计单位若未对施工单位进行详细的技术交底，或设计方

案不够详尽，可能为后续施工安全埋下事故隐患。

3.5 施工作业过程危险有害因素分析

本工程在施工建设过程中潜在的危险有害因素按《企业职工伤亡事故分类》（GB6441-1986）分类主要有：坍塌、冒顶片帮、透水、放炮、火药爆炸、高处坠落、触电、车辆伤害、机械伤害等，详细分析如下：

3.5.1 炸药爆炸

隧洞在掘进作业过程中会使用民用爆破器材。在爆破器材从生产厂家民用爆破器材库运往隧洞施工现场的途中、装药和起爆过程中，以及未爆炸或未爆炸完全的炸药在装卸岩渣过程中，都存在着发生爆炸的可能性。这些环节一旦出现问题，将带来极其严重的后果。

1、可能存在炸药爆炸危害的场所

（1）炸药库

炸药库是储存爆破器材的关键场所，若库内温度、湿度控制不当，比如在炎热夏季，库内温度持续超过炸药储存的适宜温度（一般要求在 25℃ 以下），可能导致炸药性能不稳定。同时，若库内通风不良，积聚的易燃易爆气体达到一定浓度，遇到静电火花或其他火源，就极易引发爆炸。而且，如果炸药库的选址不合理，距离居民区、重要交通线路等过近，一旦发生爆炸，会对周边人员和设施造成毁灭性的伤害。

（2）爆破器材搬运过程

在搬运过程中，爆破器材可能会受到颠簸、碰撞。例如，运输车辆行驶在崎岖不平的隧洞施工便道上，频繁的震动和颠簸可能使雷管与炸药相互摩擦、碰撞。如果搬运人员操作不规范，如抛掷、拖拽爆破器材，更会大大增加爆炸的风险。此外，若搬运过程中遇到明火、高温物体或者电气设备产生的电火花，也可能引发炸药爆炸。

（3）爆破作业和爆破作业面

爆破作业面是炸药爆炸危害的核心区域。在装药环节，如果药量计算错误或者装药方式不当，可能导致爆炸能量失控。比如，装药量过多，会使爆炸威力超出预期，产生的冲击波和飞石可能会对更远距离的人员和设备造成损害。在起爆过程中，若起爆网路连接错误，如线路短路、断路等，可能引发早爆、拒爆等危险情况。而且，爆破作业面的岩石性质、地质构造等因素也会影响爆炸效果和安全性。如果岩石节理裂隙发育，爆炸能量可能会沿着裂隙方向集中释放，增加飞石伤人的风险。

（4）盲炮处理和凿岩作业

盲炮是指炸药包或雷管已安装好，但未能按设计要求爆炸的炮孔。处理盲炮是一项极其危险的工作，若处理方法不当，如使用不当的工具强行掏挖炸药，或者在盲炮附近进行不当的凿岩作业，就可能引发盲炮爆炸。在凿岩作业时，若不注意识别残眼，沿着残眼凿岩，残眼中未爆炸或爆炸不完全的炸药受到冲击、摩擦，也容易发生爆炸。此外，凿岩设备产生的火花、高温，如果遇到残留的炸药，同样可能引发危险。

（5）装岩渣和卸岩渣过程中

在装岩渣和卸岩渣时，机械设备的操作可能会触碰到未爆炸或爆炸不完全的炸药。例如，挖掘机的铲斗在铲装岩渣时，如果不小心碰到了残留的炸药包，在铲斗的挤压、碰撞作用下，有可能引发炸药爆炸。而且，岩渣在装卸过程中会产生碰撞、摩擦，产生的静电或火花也可能成为炸药爆炸的诱因。

（6）不合格爆破器材处理等

对于不合格的爆破器材，如变质的炸药、损坏的雷管等，如果处理不当，随意丢弃或与合格器材混放，会带来极大的安全隐患。在处理不合格爆破器材时，若没有采用专业、规范的销毁方法，如采用焚烧、掩埋等不恰当的方式，可能会导致炸药在处理过程中爆炸。

2、炸药爆炸的原因

自爆：当爆破器材成分之间不相容，或者爆破器材与所处环境不相容时，

就会发生意外爆炸。比如在高温环境下，膨化炸药的爆燃温度在 125-130℃，所以非电雷管和炸药在运输过程中，若发生剧烈碰撞，机械能转化为热能，使炸药温度升高，一旦达到爆燃温度，就可能引发炸药爆炸。此外，一些炸药对湿度也较为敏感，在潮湿环境中，炸药可能会发生化学反应，导致性能改变，增加自爆的可能性。

引燃：由于管理不够严格，炸药与非电雷管在外界能量（如热能、电能、机械能等）作用下，会发生爆燃和爆炸。例如，在隧洞施工现场，若电气设备老化、短路，产生的电火花可能会引燃周围的炸药。或者在进行焊接、切割等动火作业时，没有对作业区域进行严格的清理和防护，火花飞溅到炸药附近，也可能引发爆炸。另外，机械设备运转产生的摩擦热、撞击产生的火花等，都可能成为引燃炸药的危险因素。

违规凿岩：凿岩时若不按照相应规范及操作规程要求操作，沿着残眼凿岩，会使未爆炸或爆炸不完全的炸药发生爆炸。这是因为残眼中的炸药在之前的爆破中没有完全反应，仍然具有爆炸能力。当凿岩机沿着残眼凿岩时，钻头与炸药的摩擦、冲击，以及凿岩产生的震动，都可能激发炸药爆炸。而且，不按规范操作还可能导致凿岩机的钻头损坏，产生金属碎屑和火花，进一步增加爆炸的风险。

炸药、非电雷管爆炸时产生的震动、冲击波和飞石，会对人员、设备设施、构筑物等造成严重损害。震动可能导致隧洞支护结构松动、开裂，甚至引发坍塌；冲击波超压能够破坏通风、照明等设施，还会对人体内脏器官造成损伤；飞石则如同高速飞行的弹片，能够穿透人体、损坏设备。因此，必须高度重视隧洞掘进作业中炸药爆炸的风险，从各个环节加强管理和防范。

3.5.2 放炮

放炮即爆破作业，是隧洞施工过程中极为重要的工序。其核心作用在于利用炸药在爆破瞬间所释放出的巨大能量，对周围介质做功，进而破碎岩石，

以此达成隧洞掘进等目的。然而，由于爆破作业所接触的对象主要是炸药、非电雷管等易燃易爆品，这些物品在爆破时产生的震动、冲击波和飞石等，会对人员、设备设施、隧洞结构等造成严重的损害。

常见危害类型如下：

1、爆破震动危害

爆破产生的震动会以波的形式向周围传播。当震动强度超过一定限度，会对隧洞的支护结构造成破坏，致使锚杆松动、喷射混凝土层开裂脱落等情况。持续的震动还可能影响隧洞周边围岩的稳定性，增加坍塌、冒顶片帮等事故发生的风险，严重威胁施工人员的生命安全和隧洞的后续施工。

2、爆破冲击波危害

爆破瞬间会产生强大的冲击波，其超压能够破坏隧洞内的通风、照明等设施。比如，通风管道可能被冲击波撕裂，导致通风系统失效，影响洞内空气质量和人员呼吸安全；照明线路被冲击损坏后，会使隧洞局部区域陷入黑暗，增加施工人员操作失误和跌倒受伤等风险。同时，冲击波对人员的伤害也不容小觑，它会造成人体内脏器官损伤、耳膜破裂等。

3、爆破飞石危害

爆破过程中产生的飞石，速度快、动能大。这些飞石可能会击中正在作业的人员，造成撞击伤、穿透伤等严重伤害。若飞石击中施工设备设施，如挖掘机的驾驶室玻璃、装载机的操作部件等，会导致设备损坏，影响隧洞正常的施工进度。

4、拒爆危害

炸药或雷管未能按照预期发生爆炸，即出现拒爆情况。这可能是由于炸药质量不合格、雷管与炸药不匹配、起爆网路连接错误等原因导致。拒爆的存在使得爆破作业未能达到预期效果，后续需要进行复杂且危险的处理工作。在处理拒爆时，若操作不当，很可能引发意外爆炸，造成人员伤亡和设备损坏。

5、早爆、迟爆危害

早爆是指炸药在起爆器材未按规定操作时提前爆炸，这往往是因为起爆器材受到意外的能量激发，如静电、杂散电流等。早爆发生突然，作业人员来不及撤离，极易造成重大人员伤亡。迟爆则是炸药起爆时间延迟，与预期的爆破时间不符。迟爆可能导致后续作业人员误以为爆破已完成，提前进入作业面，当炸药突然爆炸时，造成人员伤亡。

放炮作为隧洞施工的一个主要危险有害因素，其危害可能发生的场所主要为爆破作业面。在爆破作业面，人员直接参与爆破相关操作，周围设备设施也处于爆破影响范围内，一旦发生放炮事故，后果不堪设想。因此，必须高度重视爆破作业面的安全管理，采取有效的安全防护措施，以降低放炮危害带来的风险。

3.5.3 冒顶片帮

冒顶片帮是地压灾害的主要表现形式，而地压灾害是隧洞施工过程中极为严峻且不容忽视的一大安全隐患。倘若在施工过程中，预防措施未能精准到位，管理手段存在疏漏与缺陷，那么极有可能引发严重的事故，对施工安全、人员生命及工程进度造成毁灭性打击。在隧洞施工的具体情境下，隧洞内部空间以及其周边围岩，时刻承受着岩石压力的作用，一旦应力平衡被打破，就极有可能触发地压灾害。

1、引起地压灾害的原因

（1）施工方法不合理：在隧洞施工中，若采用不适合围岩条件的施工方法，比如在松软破碎围岩中仍沿用全断面开挖法，而未采用分部开挖、循序渐进的方式，就会使围岩暴露面积过大、时间过长，导致围岩应力集中且难以自稳，大大增加地压灾害发生的概率。

（2）穿越地压活动区域：当隧洞掘进遭遇地压活动频繁的地段，如处于地壳运动活跃板块的交界区域，岩石受到的构造应力不断变化，原本稳定的

地应力场被打破。此时，若施工前未进行充分的地质勘察和风险评估，施工过程中又未采取针对性的加强支护等措施，就极易引发地压灾害。

（3）穿越地质构造区域：隧洞穿越断层、褶皱等地质构造区域时，岩石的完整性和力学性质被严重破坏。断层带附近岩石破碎、节理裂隙发育，褶皱区域岩石受力复杂，应力分布不均匀。如果施工时没有根据这些特殊地质条件调整施工方案和支护参数，就可能因围岩失稳而导致地压灾害。

（4）支撑结构被破坏：施工过程中，若因爆破震动过大、机械设备碰撞等原因，导致已架设的支撑结构如钢拱架变形、锚杆松动或喷射混凝土层开裂脱落，就会削弱对围岩的支撑能力，使围岩应力重新分布，进而引发地压灾害。

（5）隧洞支撑结构设计不合理或未保护完好：支撑结构设计若未能充分考虑围岩的岩性、地应力大小和方向等因素，如支护强度不足、支护形式选择不当，就无法有效约束围岩变形。同时，在施工过程中，如果对支撑结构的保护不到位，使其长期暴露在恶劣环境中遭受风化、腐蚀等，也会降低支撑结构的承载能力，最终引发地压灾害。

（6）在应进行支护的隧洞段未支护或支护设计不合理：对于一些围岩稳定性较差的隧洞段，若未及时进行支护，围岩会在自身重力和地应力作用下逐渐变形、松动，最终可能导致坍塌冒顶。而即使进行了支护，但如果支护设计不合理，如锚杆长度和间距设置不当，无法有效锚固围岩；喷射混凝土厚度不足，不能提供足够的抗力，同样难以保障围岩稳定，引发地压灾害。

（7）遇到新的地质构造却未及时采取措施：在隧洞施工过程中，可能会遇到前期地质勘察未探明的新地质构造，如小型溶洞、隐伏断层等。如果施工人员未能及时发现这些异常情况，或者发现后没有及时调整施工方案和支护措施，围岩在这些特殊地质构造的影响下，很容易发生失稳，进而引发地压灾害。

（8）隧洞施工工艺不合理：例如在爆破施工环节，爆破参数选择不当，

如炸药用量过多、炮孔布置不合理，会对围岩造成过度扰动，破坏围岩的完整性和稳定性。在开挖与支护的衔接工艺上，如果未能及时进行支护，使围岩长时间处于无支护状态，也会增加地压灾害发生的风险。

（9）隧洞施工时违章作业：施工人员违规操作，如在未进行安全检查的情况下盲目施工，或者在支护未达到设计强度时就进行下道工序作业，都可能破坏隧洞的稳定性。此外，违规拆除或移动支撑结构部件，也会导致围岩失去有效支撑，引发地压灾害。

（10）遇到新的岩石未按岩性进行施工：不同岩性的岩石具有不同的物理力学性质，如强度、硬度、脆性等。当隧洞施工遇到新的岩石类型时，如果不根据其岩性特点调整施工方法和支护措施，如在脆性岩石中采用强力挖掘设备导致岩石过度破碎，或者在软弱岩石中未加强支护，就可能引发围岩变形、坍塌等问题，进而导致地压灾害。

（11）爆破参数设计不合理：爆破参数包括炸药类型、炸药用量、炮孔深度、间距等。如果炸药用量过大，会产生强大的爆炸冲击力，使围岩过度破碎、松动，超出支护结构的承载能力。炮孔深度和间距设置不合理，会导致爆破效果不均匀，部分区域围岩破碎不充分，部分区域则受到过度扰动，从而引发地压灾害。

（12）爆破工序不合理：在爆破作业中，起爆顺序、分段爆破间隔时间等工序安排不合理，会使爆破能量分布不均，对围岩造成不均衡的扰动。例如，先起爆的炮孔使围岩产生的裂隙在后续爆破中未能得到有效控制，导致裂隙扩展过度，围岩稳定性下降，最终引发地压灾害。

（13）爆破作业时违章操作：爆破作业人员违反操作规程，如未按规定进行装药、连线，或者在警戒范围内未完全撤离人员和设备就进行起爆，不仅会影响爆破效果，还可能因爆破引发的震动、冲击等对围岩造成额外破坏，增加地压灾害发生的可能性。同时，爆破后未及时对爆破效果进行检查和处理，残留的未爆炸药或瞎炮也可能在后续施工中引发安全事故，进而诱发地

压灾害。

(14) 受地下水作用、岩石风化等其他地压活动的影响和破坏：地下水在隧洞施工中是一个不可忽视的因素。当隧洞周围存在丰富的地下水时，地下水会对围岩产生软化、侵蚀作用。比如，黏土岩等遇水后会膨胀，体积增大，对支护结构产生额外的压力，导致支护结构变形甚至失效。岩石风化会使岩石的强度降低，完整性遭到破坏。长期暴露在空气中的岩石，在风化作用下逐渐破碎、剥落，使得围岩稳定性变差，在一定的地应力作用下，就容易引发地压灾害。此外，地震等其他地压活动也可能对隧洞围岩稳定性产生影响，增加地压灾害发生的风险。

2、地压灾害危害

地压灾害通常表现为隧洞顶部大范围垮落、陷落和冒落，隧洞壁片帮或底板鼓胀等，这些现象会带来一系列严重危害：

(1) 隧洞顶部大范围垮落、陷落

结构破坏：顶部垮落会直接摧毁隧洞的初期支护和二次衬砌结构，使隧洞的承载能力丧失，严重影响隧洞的整体稳定性和后续使用功能。例如，垮落的岩块会砸坏喷射混凝土层、钢拱架等支护结构，使隧洞顶部形成空洞，进一步加剧围岩的变形和坍塌。

人员伤亡：在隧洞顶部垮落瞬间，洞内作业人员来不及躲避，极易被垮落的岩块掩埋或砸伤，造成严重的人员伤亡事故。而且，垮落产生的粉尘会迅速弥漫整个隧洞空间，阻碍人员逃生视线，同时被吸入人体后会对呼吸系统造成损害。

设备损毁：隧洞内的机械设备，如挖掘机、装载机、凿岩机等，以及通风、照明、排水等设施，都会在顶部垮落过程中被砸坏或掩埋，导致设备无法正常运行，不仅造成巨大的经济损失，还会严重影响隧洞施工的正常进度。

通风破坏：垮落的岩块会堵塞通风管道或通风通道，使隧洞的通风系统失效。新鲜空气无法正常进入，洞内有害气体如瓦斯、一氧化碳等无法排出，

会在洞内积聚，进一步威胁施工人员的生命安全，同时也可能引发瓦斯爆炸等次生灾害。

其他危害：如果排水管道经过垮落区域，垮落的岩块可能会砸坏排水管路，导致排水不畅，使隧洞内积水。积水一方面会进一步软化围岩，加剧地压灾害的发展；另一方面，可能会引发水害，淹没隧洞，破坏洞内的供电系统，造成停电事故，使隧洞施工陷入瘫痪。

（2）隧洞壁的冒顶片帮危害

人员伤亡：隧洞壁片帮和冒顶时，掉落的岩石或土体可能会击中正在附近作业的人员，造成撞击伤、掩埋伤等。而且，片帮和冒顶产生的冲击力可能会使人员摔倒、碰撞到其他物体，导致骨折、颅脑损伤等严重后果。

设备损毁：隧洞壁冒顶片帮会破坏洞内的设备设施，如电缆、风管、水管等，影响施工的正常进行。同时，掉落的岩块可能会砸坏正在运行的机械设备，如皮带输送机、电瓶车等，造成设备损坏和维修成本增加。

生产中断：冒顶片帮会破坏隧洞的正常施工秩序，导致施工被迫中断。清理冒落的岩块、修复受损的设备和支护结构等工作需要耗费大量的时间和人力、物力资源，严重影响隧洞施工的进度，增加工程成本，甚至可能导致工期延误。

隧洞稳定性受损：隧洞壁的冒顶片帮会使隧洞的断面形状发生改变，削弱隧洞的承载能力。如果不及时进行修复和加固，随着时间的推移，可能会引发更严重的地压灾害，如隧洞整体坍塌，对整个工程造成不可挽回的损失。

3、隧洞施工存在的影响因素

重力场引起的顶部压力：在隧洞施工中，由于隧洞上方覆盖着一定厚度的岩体，在重力作用下，这些岩体的重量会对隧洞顶部产生垂直向下的压力。尤其是在深埋隧洞或者上覆岩体较厚的情况下，这种重力场引起的顶部压力会显著增大。如果围岩本身的强度较低或者稳定性较差，在顶部压力的持续作用下，就容易发生变形、下沉甚至垮落，从而引发地压灾害。

构造破碎带：构造破碎带是由于地壳运动等地质作用，使岩石发生破碎、断裂而形成的区域。当隧洞穿越构造破碎带时，破碎带内的岩石完整性遭到严重破坏，岩石块体之间的连接力减弱，稳定性极差。而且，构造破碎带内往往存在大量的裂隙和空隙，地下水容易在其中流动，进一步软化岩石，降低岩石的强度。在这种情况下，隧洞施工时围岩极易发生坍塌、冒顶等现象，引发地压灾害。

特殊的地形地貌：隧洞所处的地形地貌条件对其稳定性有着重要影响。例如，在山区地形中，如果隧洞位于山坡下方，山坡的坡度、岩土体的稳定性等因素都会对隧洞产生影响。当山坡存在潜在的滑坡风险时，滑坡体的滑动可能会对隧洞产生侧向压力，导致隧洞变形、破坏。此外，在岩溶地区，溶洞、溶蚀裂隙等特殊的地质现象也会使隧洞围岩的稳定性变得复杂，增加地压灾害发生的可能性。

已开挖区域影响：随着隧洞的不断开挖，已开挖区域的围岩应力状态会发生改变。如果已开挖区域的支护不及时或支护效果不佳，围岩会逐渐发生变形和松弛。这种变形和松弛会向未开挖区域传递，影响后续施工区域的围岩稳定性。而且，已开挖区域形成的空间会改变地应力的分布，使得应力重新调整，在应力集中的部位，就容易引发地压灾害。

地下渗透水的影响：地下渗透水对隧洞围岩的影响是多方面的。一方面，渗透水会使围岩的含水量增加，导致岩石的重度增大，增加围岩的自重应力。另一方面，水会对岩石产生软化作用，降低岩石的强度和内摩擦角。特别是对于一些遇水易崩解、膨胀的岩石，如页岩、泥岩等，地下渗透水的存在会使其力学性质发生显著变化，大大降低围岩的稳定性，从而容易引发地压灾害，如隧洞底板鼓胀、边墙挤出等现象。

这些因素会造成地压活动，尽管已采取相应处理措施，但地压灾害仍是隧洞施工的主要危害，必须高度重视并加强现场监测。通过实时监测围岩的变形、应力变化等情况，及时发现潜在的地压灾害隐患，采取针对性的措施

进行预防和处理，以保障隧洞施工的安全和顺利进行。

4、冒顶片帮危害发生的场所

冒顶片帮危害主要发生在隧洞施工区域内部，包括正在开挖的掌子面附近、已开挖但尚未完成支护的地段以及支护结构存在缺陷或受到破坏的区域。在这些部位，围岩的稳定性相对较差，受到施工扰动和地应力的影响更为明显，因此更容易发生冒顶片帮现象。例如，在掌子面开挖过程中，由于岩石的暴露和爆破等施工活动的影响，围岩可能会出现松动、剥落等情况，若不及时进行处理，就可能发展为冒顶片帮事故。已开挖未支护地段，围岩长时间处于无支护状态，在自身重力和地应力作用下，也容易发生变形、垮落。而对于支护结构存在缺陷的区域，如支护强度不足、连接不牢固等，围岩无法得到有效约束，同样存在冒顶片帮的风险。所以，在隧洞施工过程中，要重点对这些区域进行安全检查和监测，及时采取支护、加固等措施，防止冒顶片帮危害的发生。

3.5.4 中毒窒息

1、中毒窒息原因分析

在隧洞施工过程中，中毒窒息事故是严重威胁施工人员生命安全的风险之一。根据隧洞施工工艺的特点，引发中毒窒息的因素较为复杂，主要根源在于爆破后产生的炮烟以及其他各类有害烟尘。

其他有害烟尘来源：在隧洞施工进程中，会面临多种产生有害烟尘的情形。例如，当遇到溶洞时，其中可能积聚着从周边岩石中渗出的有害气体，像一氧化碳、硫化氢等。这些气体无色无味却毒性极强，在低浓度下长期吸入也会对人体造成慢性损害，高浓度时则可能迅速致人中毒昏迷甚至死亡。又如临时存放区域，若存放了易挥发有毒物质的材料，在特定环境条件下挥发后也会形成有害烟尘。另外，一旦发生火灾等意外情况，燃烧产生的浓烟中含有大量的一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物等有毒有害气体，会迅速在隧洞

内蔓延，对人员生命安全构成巨大威胁。

炮烟中毒主因：爆破后形成的炮烟是作业人员中毒的关键因素之一。炮烟中毒现象的发生，主要源于通风不畅和违章作业两个方面。

（1）违章作业：部分作业人员安全意识淡薄，在放炮后，未达到规定的通风时间就贸然进入工作面作业。正常情况下，爆破后需通风一定时长，使炮烟中的有毒有害气体浓度降低到安全标准以下才能进入。但实际操作中，一些人员为了赶工期或心存侥幸，在通风时间不足时就进入，此时炮烟中的一氧化碳、氮氧化物等有毒气体浓度较高，极易引发中毒。此外，作业人员未按要求撤离到不会发生炮烟中毒的区域，比如在爆破前未按照既定的撤离路线和安全区域进行躲避，导致在爆破后被炮烟笼罩，增加了中毒风险。

（2）通风设计不合理：通风系统在隧洞施工中起着至关重要的作用，若通风设计存在缺陷，炮烟就会长时间在作业区域滞留。隧洞施工一般为独头巷道掘进，由于其通风条件相对较差，若没有设置局部通风设备，就无法有效排出炮烟。同时，风量不足也无法及时稀释炮烟中的有毒有害成分。而且，若设计的通风时间过短，炮烟不能充分排出，也会使作业区域内的有毒气体浓度居高不下，为中毒事故埋下隐患。

（3）警戒标志设置不合理或无标志：隧洞内存在一些通风不畅、长期不通风、废弃空间等区域，这些地方极易积聚有害气体。如果警戒标志设置不合理，比如标志不明显、位置错误，或者根本没有设置标志，作业人员就可能在不知情的情况下意外进入这些危险区域。一旦进入，就会吸入高浓度的有毒有害气体，导致中毒窒息。

（4）突发地质状况：隧洞施工中地质条件复杂多变，当突然遇到含有大量窒息性气体、有毒气体、粉尘的地质构造时，情况会十分危急。例如遇到富含硫化氢的地层，大量硫化氢气体突然涌出到隧洞作业面或其他人员作业场所，而此时若人员没有佩戴有效的防护措施，如防毒面具等，短时间内就会吸入大量有毒气体，引发中毒窒息。

(5) 意外情况：施工过程中可能会出现各种意外状况，如意外的风流短路，使得新鲜风流无法正常进入作业区域，而污浊的炮烟空气却在洞内循环，导致作业人员吸入过多有毒气体。人员意外进入炮烟污染区并长时间停留，也会不断吸入有毒气体，造成中毒。另外，意外停风会使通风系统失效，炮烟无法排出，有毒气体迅速在洞内积聚，严重威胁人员生命安全。

(6) 通风系统问题：隧洞若不畅通，会严重影响通风效果。比如隧洞被杂物堵塞，或出现坍塌等情况，都会使通风阻力增大，风流无法正常流通，使整个隧洞的空气质量恶化，增加中毒窒息的风险。

2、中毒窒息场所

(1) 爆破作业面

(2) 炮烟流经的巷道

3.5.5 坍塌

坍塌是指在隧洞施工中，受到外力作用或因重力影响，隧洞结构或围岩超过自身强度极限，或其结构稳定性遭到破坏而引发的事故。在隧洞施工过程中，可能发生坍塌的场所如下：

(1) 隧洞掌子面附近：隧洞掌子面是开挖作业的前沿部位。在开挖过程中，若围岩的稳定性较差，如遇到松散破碎的岩土体，像砂质土、强风化岩石等，且没有及时采取有效的支护措施，如未及时安装锚杆、喷射混凝土等，掌子面附近的围岩就容易在自身重力和地应力作用下发生坍塌。此外，爆破作业若参数设置不当，对围岩造成过度扰动，也会增加掌子面坍塌的风险。

(2) 临时支护区域：临时支护是在隧洞开挖后为了保证施工安全而设置的临时性结构。如果临时支护的材料质量不合格，如钢材的强度不足、木材腐朽等，或者支护的安装不规范，如锚杆的锚固深度不够、钢拱架连接不牢固等，在承受围岩压力时，临时支护就可能失效，进而导致其所在区域的围岩发生坍塌。而且，随着隧洞施工的推进，若没有及时对临时支护进行检查

和加固，其在长期的围岩压力作用下，也会逐渐变形、损坏，引发坍塌事故。

（3）隧洞交叉段：隧洞交叉段的结构受力较为复杂，此处的围岩受到多个方向的应力作用。当进行交叉段施工时，如果没有合理设计支护方案，如支护结构不能有效抵抗各个方向的应力，就容易出现局部应力集中，导致围岩变形、坍塌。此外，交叉段施工时，不同隧洞的施工顺序和施工方法若不协调，也可能对围岩造成额外的扰动，增加坍塌的可能性。

（4）违章堆放材料处：在隧洞施工过程中，若违反规定在隧洞内随意超高、超重堆放施工材料，如钢材、木材、砂石等，会对隧洞的结构和围岩产生额外的压力。这些堆放的材料可能会改变隧洞原有应力分布，使局部区域的围岩承受过大的荷载。当超过围岩的承载能力时，就可能引发围岩坍塌。而且，违章堆放材料还可能阻碍隧洞内的通风、排水和人员通行，在发生紧急情况时，影响人员疏散和救援工作。

（5）地质条件复杂区域：隧洞穿越地质条件复杂的区域，如断层破碎带、溶洞发育区、软弱夹层等时，围岩的稳定性极差。在断层破碎带，岩石破碎、节理裂隙发育，自稳能力弱；溶洞发育区存在溶洞、溶蚀裂隙等，围岩可能存在空洞，强度不均匀；软弱夹层的岩石强度低，容易发生变形。在这些区域，如果没有根据具体的地质条件采取针对性的支护和加固措施，如在断层破碎带未采用超前支护，在溶洞区未进行有效的填充处理，就极易发生坍塌事故。

（6）回填不密实区域：隧洞施工中，对于一些需要回填的部位，如隧洞底部、拱顶背后等，如果回填不密实，会导致围岩与支护结构之间存在空隙，无法形成有效的承载体系。在后续的施工过程中或受到外部荷载作用时，这些空隙处的围岩容易发生变形、坍塌。而且，回填不密实还可能导致地下水在空隙处积聚，进一步软化围岩，降低围岩的强度，增加坍塌的风险。

3.5.6 高处坠落

高处坠落是指在高度 2m 以上高处作业时，因作业环境、人员操作失误等

因素，存在人员坠落并造成伤亡以及设备损坏的潜在风险状态。在隧洞施工中，高处坠落的常见场所主要为隧洞洞口作业平台等高处区域。洞口作业平台承担着材料装卸、设备停放等功能，若平台周边防护栏杆缺失、损坏，或者作业人员未正确系挂安全带，在行走、搬运重物时稍有不慎就可能失足坠落；另外，当进行洞口上方的支护、修缮等高处作业时，若作业面搭建不稳固，也极易引发坠落事故。

3.5.7 火灾

火灾在隧洞施工过程中具有突发性强的特点。由于目前火灾监测和预测技术在复杂的隧洞环境中存在一定局限性，且施工人员对火灾发生规律掌握不足，导致火灾往往在意外情况下发生，一旦发生，极易造成严重的人员伤亡和财产损失，因此必须高度重视火灾预防工作。

隧洞施工火灾多为外因火灾。其火灾风险场所如下：

（1）施工用电区域：隧洞施工中大量使用电气设备，在配电箱附近，若电线电缆长期使用出现绝缘层老化、破损，产生的电火花可能引燃周围的易燃物；同时，配电箱内若发生短路故障，也会引发火灾。

（2）施工机械区域：施工机械停放及检修区域，如爬碴机、拖拉机等设备，本身会聚集油污，这些油污属于易燃物质。在检修过程中，若维修人员违规进行明火操作，如焊接、切割等，产生的火花一旦接触到油污或其他易燃物，极易引发火灾。而且爬碴机、拖拉机上使用的柴油，若在加油、储存或使用过程中发生泄漏，遇到明火、高温物体或电气火花等火源，也会迅速燃烧，造成火灾事故。

（3）材料堆放场地：存放木材、油料等易燃材料的场地，若管理不善，如材料堆放杂乱，防火间距不足，或者附近有违规动火作业，都可能引发火灾。

3.5.8 触电

隧洞施工的用电环境复杂且具有一定特殊性。施工人员若缺乏必要的安全用电知识，或者违反电气安全操作规程，比如在湿手状态下操作电气设备，或者在带电线路附近违规进行挖掘作业等；同时，若电气线路安装不符合规范，如电线未穿管保护、接头不牢固，或者长期使用后出现绝缘老化、损坏等情况，又或者电气设备的安全保护装置缺失或失效，以及防雷设施不完善（在洞口区域若未做好防雷措施）等，都极易引发触电事故。

1、触电伤害原因

电气设备、设施由于长期使用、缺乏维护等原因，绝缘性能下降，导致漏电现象发生，使接触设备的人员触电。

供电线路在隧洞潮湿的环境中，绝缘层易老化、破损，电流外泄，增加触电风险。

线路连接不规范或因外力破坏等，可能出现短路或漏电情况，危及人员安全。

高压配电设备在运行过程中，若内部元件损坏、绝缘击穿等，会产生电弧，对周围人员造成电击伤害。

电气设备短路引发火灾时，会破坏电气线路和设备的绝缘，使原本不带电的部分带电，进一步扩大触电危险范围。

电工在作业时若违反操作规程，如未停电就进行检修作业，或者带电作业时未采取有效防护措施，容易发生触电。

电气设备、设施的保护装置（如漏电保护器、熔断器等）若失效，在发生漏电、过载等故障时，无法及时切断电源，导致触电事故发生。

在洞口等区域，若防雷设施不完善，遭遇雷击时，雷电可能通过电气线路引入洞内，造成人员触电。

2、可能造成触电伤害的场所

隧洞洞内及洞口的配电箱、配电柜是电力分配和控制的关键部位，若其

内部故障或外部防护不到位，容易引发触电事故。

供电线路沿洞壁敷设的通道区域，由于隧洞环境潮湿、存在落石等风险，线路容易受损，从而带来触电隐患。

洞内安装的动力设备（如通风机、水泵等），在设备本身故障或线路连接问题时，其外壳可能带电，造成人员触电。

电气设备检修场所，若检修人员操作不当或未按规定做好安全措施，在检修过程中容易触电。

3.5.9 车辆伤害

车辆伤害主要是指在隧洞施工场地内，车辆在行驶、转向、倒车等过程中，因操作不当、视线受阻、场地狭窄等原因，对人员造成撞击、碾压等伤害，以及对施工设施造成破坏的情况。

隧洞施工场地狭窄，且洞内照明条件往往较差，车辆在行驶过程中，驾驶员的视线容易受到限制。同时，施工人员和车辆混合作业的情况较为常见，若车辆操作不当，比如超速行驶、未按规定路线行驶，或者人员避让不及时、未走指定的安全通道，都极易引发车辆伤害事故。车辆伤害主要存在场所为隧洞洞口与外部道路连接段，此处车辆进出频繁，且可能与行人、其他设备交汇；以及隧洞内部运输通道，尤其是转弯、交汇路段，车辆在此处容易发生碰撞、刮擦等事故。

3.5.10 机械伤害

机械伤害是指机械设备的运动（静止）部件、工具、加工件等在运行过程中与人体直接接触，从而引发的夹击、碰撞、剪切、卷入、绞、碾、割、刺等形式的伤害。在隧洞施工中，转动和往复运动部件是造成机械伤害的主要源头。易引发机械伤害的设备众多，包括装载机械（如爬碴机）、混凝土喷射机械（如喷射机）、通风设备（如通风机的旋转叶片）等转动及传动设备。

（1）机械伤害原因

设备的旋转、往复运动部件若没有安装安全防护罩，或者安全防护罩因长期使用、碰撞等原因损坏而未及时修复，无法起到防护作用，人体就容易接触到危险部件，从而导致伤害。

操作人员若使用机械设备不当，如违反设备的技术操作规程，在设备运行时进行清理、维修等违规操作，或者未经过专业培训就上岗操作，都可能引发机械伤害事故。

（2）机械伤害场所

隧洞施工运输通道是运输机械频繁运行的区域，人员在通道内行走、作业时，若与运行的运输机械距离过近，或者机械出现故障失去控制，容易受到夹击、碰撞等伤害。

挖掘、装载作业面，挖掘机、装载机等设备在进行挖掘、装载物料时，其动臂、铲斗等部件的运动范围较大，若周围人员没有保持安全距离，容易被碰撞或卷入。

机械设备停放及检修场所，在对设备进行检修时，若未按规定切断电源、采取锁定等安全措施，设备可能意外启动，对检修人员造成伤害。

混凝土喷射等施工作业区域，喷射机在工作时，其喷头、输送管道等部件存在一定的危险性，若操作不当，可能对操作人员造成伤害。

3.5.11 容器爆炸

在隧洞施工中，凿岩使用风动凿岩机，风压在 0.5~0.8MPa。根据相关规定，当容器的最高工作压力大于或等于 0.1MPa，容积等于或大于 25L，或最高工作压力与容积的乘积不小于 20L·MPa 时，该容器就属于压力容器。项目使用空压机及储气罐（风包）有可能属于压力容器。输送压缩气体的管道为压力管道。压力容器和压力管道存在一定的危险因素，主要包括容器内具有一定温度的带压工作介质、承压元件的失效、安全保护装置失效等，这些因素都可能引发爆炸事故。

（1）引起容器爆炸的主要原因

安全保护装置（如安全阀、压力表等）失效，无法及时监测和控制容器内的压力，当压力超过容器的承受极限时，就会造成空气压力超高，最终引发爆炸。

压力容器使用时间过长，且维护不及时，或者在使用过程中受到损伤，导致承压元件（如罐体、管道等）失效，无法承受内部压力，从而引发爆炸。

若对压力容器内部的润滑不当，可能会导致积碳的产生，当积碳在一定条件下燃烧时，就可能引发爆炸。

冷却系统若出现故障，导致容器内温度过高，超过容器和介质的耐受范围，也会产生爆炸危险。

（2）容器爆炸场所

空气压缩机及其储气罐是储存和压缩气体的关键部位，若出现上述危险因素，容易发生爆炸。

压缩气体输送管道沿线，由于管道可能存在焊接缺陷、腐蚀等问题，在压力异常等情况下，也可能发生爆炸。

3.5.12 物体打击

物体打击是指物体在重力或其他外力作用下产生运动，并打击人体造成伤害的事故类型，在隧洞施工过程中较为常见。

在隧洞顶部，若围岩稳定性较差，岩石可能会因自然风化、爆破震动等原因掉落，砸伤下方作业人员；在施工材料、工具搬运过程中，若捆绑不牢固、搬运方式不当，材料和工具可能掉落，对下方人员造成打击伤害；另外，机械设备的部件若出现松动、脱落情况（如钻杆断裂、锚杆加力杆或扳手松脱），也可能打击到附近人员。物体打击的常见场所包括隧洞顶部岩石掉落区域，尤其在围岩不稳定段；施工材料、工具搬运过程中可能掉落砸伤人员处；机械设备部件松动、脱落可能打击人员区域。

3.5.13 淹溺

在施工过程中，若遇到地下涌水、排水不畅等情况，隧洞低洼处容易形成积水。人员在积水区域进行作业时，如果没有采取有效的防护措施，如未穿戴防水服、安全绳索等，一旦不慎跌入较深的积水中，就可能发生淹溺事故。可能发生淹溺的场所主要有隧洞低洼积水处等。

3.5.14 透水

隧洞所处区域的水文地质条件对施工安全有着重要影响。如果该区域内地表水系丰富，地下水与地表水存在水力联系，且存在与地表水联通的裂隙、溶洞等通道，在隧洞施工过程中就可能发生透水事故。随着施工的推进，围岩的应力状态发生改变，可能导致原本封闭的裂隙张开，使地下水涌入隧洞。

1、造成水害的原因

（1）施工前水文地质勘查工作若不详细、不全面，未能准确掌握地下水的分布情况、含水层的厚度、地下水的流向以及与地表水的联通通道等信息，就无法提前制定有效的防水、治水措施，在施工过程中容易遭遇透水事故。

（2）当隧洞施工遇到含水地质构造，如断层、溶洞等时，如果未提前采取有效的超前支护、止水等措施，地下水就会顺着这些构造涌入隧洞。

（3）爆破施工过程中，若爆破参数选择不当，或者爆破设计不合理，可能会揭露隐藏的水体，引发透水事故。

（4）排水设施、设备设计不合理，如排水能力不足，无法及时排除隧洞施工过程中遇到的涌水；或者排水设备故障，不能正常运行，都会导致洞内积水，增加透水风险。

（5）降雨天气会导致地表水位上升，若隧洞周边存在与地表水联通的裂隙、通道等，地表水就可能通过这些通道渗入隧洞，引发水灾。

2、危害及破坏形式

（1）一旦发生透水事故，隧洞工作面会被水淹没，不仅会严重影响施工

进度，导致工期延误，还会损坏洞内的施工设备，如电气设备受潮损坏、机械设备被水浸泡生锈等，造成巨大的经济损失。

（2）大量涌水可能会冲垮隧洞的初期支护结构，使围岩失去支撑，引发围岩坍塌事故，严重危及施工人员的生命安全。

可能发生水灾的场所有围岩破碎带，此处岩石结构松散，地下水容易渗透；以及接近地下水位区域的隧洞作业面，这些区域与地下水的水力联系密切，施工时容易遭遇涌水。

3.5.15 粉尘

在隧洞施工过程中，多个环节都会产生粉尘。钻孔作业时，钻头与岩石的摩擦会产生大量岩尘；爆破瞬间会产生炮烟粉尘；出渣过程中，渣石的翻动、装卸也会扬起粉尘；喷射混凝土作业时，水泥等粉状材料的飞扬也会增加空气中的粉尘含量。这些粉尘被人体吸入后，容易在肺部沉积，长期积累可能诱发肺部疾病，如矽肺病等。

主要产尘点包括钻孔作业面，爆破后通风前区域，出渣运输通道，喷射混凝土作业面。

3.5.16 噪声与振动

噪声与振动在隧洞施工环境中对人体有着多方面的不良影响。噪声会对人体的听力造成损害，长期暴露在高分贝噪声环境中，容易引发职业性耳聋；同时，噪声还会对人的心理和生理产生影响，使人心情烦躁、容易疲劳、反应迟钝，进而降低工作效率，甚至可能诱发事故。

1、噪声与振动产生原因

（1）空气动力噪声主要来源于通风机等设备，通风机在运行过程中，空气高速流动产生的噪声较大。

（2）机械噪声是由于设备在运转过程中，部件之间的振动、摩擦、碰撞而产生的，如钻孔机械的钻头与岩石的摩擦、混凝土喷射机械的管道振动等。

(3) 电磁辐射噪声则来自于电气设备，如电动机在运行时会产生一定的电磁辐射噪声。

2、产生噪声与振动场所

(1) 通风机及其机房是产生空气动力噪声的主要区域，通风机的持续运行会产生高强度的噪声。

(2) 钻孔机械作业面，钻孔过程中钻头与岩石的摩擦、冲击会产生强烈的噪声和振动。

(3) 混凝土喷射机械作业区域，喷射机在喷射混凝土时，管道内的压力变化和物料的高速喷射会产生较大的噪声和振动。

(4) 爆破作业场所，爆破瞬间会产生强烈的噪声和振动，不仅对附近人员的听力造成瞬间冲击，还可能对隧洞围岩产生一定影响。

3.5.17 高温及辐射

在夏季，若隧洞施工涉及露天洞口作业，施工人员会受到紫外线辐射。同时，由于隧洞内部空间相对封闭，散热条件较差，再加上施工设备运行产生的热量积聚，洞内温度可能较高。高温环境会导致人员脱水、中暑，使人体出现头晕、乏力、恶心等症状，严重时会使人员丧失意识，甚至因电解质不平衡而危及生命。高温及辐射影响区域主要包括隧洞露天洞口作业区域，以及洞内通风不良且设备散热集中区域。

3.5.18 有毒有害物质

在隧洞施工过程中，爆破作业会产生炮烟，炮烟中含有一氧化碳、氮氧化物等有毒有害气体。此外，施工过程中使用的一些材料，如油漆、涂料等，以及机械设备运行时可能排放的废气，在通风不良的隧洞内部空间中容易积聚。这些有毒有害物质，轻则会导致施工人员身体不适，如出现头痛、咳嗽、呼吸困难等症状，长期接触还可能诱发职业性疾病。主要存在区域为爆破后未充分通风的隧洞作业面，存放化学材料的库房附近，以及密闭设备检修空

间等。

3.6 安全管理危险性分析

施工现场作业是人、物、环境的直接交叉点。在人、物和环境产生的不安全因素中，人的因素是最重要的，大量的统计数字表明，70%~75%的事故都是由人为过失引起的，而作为管理和技术人员的过失，则有可能发生灾难性事故。

本项目施工过程中的安全管理主要从人、物、环境等因素方面进行管理，具体体现如下。

一、人的因素

（一）思想意识方面

部分施工人员安全意识淡薄，对“安全第一”的理念缺乏深刻认识，存在麻痹大意思想。比如在高处作业时，不重视安全防护，不按规定系挂安全带，认为偶尔一次违规操作不会引发事故；在动火作业时，不考虑周围环境是否存在易燃物，随意动火，增加火灾隐患。

（二）技术方面

一些施工人员技术不熟练，在操作隧洞施工设备（如爬碴机、挖掘机械、混凝土喷射机械等）时，不能准确掌握操作技巧和流程。例如，操作爬碴机时，因对设备性能不熟悉，导致操作失误，可能碰撞到周边人员或设备，引发机械伤害事故。

缺乏应对突发事件的经验和能力。当隧洞施工中出现火灾、坍塌、透水等紧急情况时，不知道如何正确采取应急措施，可能会延误救援时机，导致事故损失扩大。

（三）心理或生理方面

施工人员可能存在过度疲劳、带病上岗、酒后上岗等情况。隧洞施工任务重、工期紧，部分人员长时间连续作业，身体和精神处于疲劳状态，反应速

度和判断力下降，容易出现操作失误。酒后上岗更是严重违反安全规定，会使人的行动协调性和意识清醒度受到影响，极大增加事故发生概率。

情绪波动和逆反心理也会影响施工安全。例如，施工人员因生活琐事导致情绪低落或烦躁，在工作中无法集中注意力，不遵守安全操作规程；或者存在逆反心理，对安全警示和要求置之不理，从而引发安全事故。

二、物及环境因素

（一）物的因素

施工设备：隧洞施工设备众多，如爬碴机、拖拉机、挖掘机械等。若设备维护保养不到位，部件老化、磨损严重却未及时更换，易引发设备故障。比如爬碴机的传动部件磨损后未及时维修，可能导致设备运行时卡顿、失控，造成机械伤害。

电气设施：隧洞施工用电环境复杂，电气设施若存在质量问题或安装不规范，如电线电缆绝缘层破损、配电箱未正确接地等，易引发触电事故。而且电气设备运行时产生的电火花，若周围有易燃物（如柴油、木材等），可能引发火灾。

材料：施工中使用的木材、油料、炸药等材料，若储存不当，如木材随意堆放、油料储存容器密封不严、炸药储存不符合安全距离等，遇到明火或高温易引发火灾爆炸。此外，若使用不合格的支护材料，可能无法有效支撑隧洞围岩，导致坍塌事故。

（二）环境因素

地质条件：隧洞施工区域地质条件复杂，若施工前地质勘查不详细，未能准确把握围岩稳定性、地下水分布等情况，施工中可能遭遇围岩坍塌、透水等事故。例如在穿越破碎带时，若未提前采取有效支护措施，易发生塌方，危及施工人员和设备安全。

气候条件：外部气候条件对隧洞施工有影响。暴雨天气可能使地表水位上升，通过裂隙渗入隧洞，引发洞内积水、透水事故；强风天气可能影响洞口

作业安全，增加高处坠落风险。

作业空间：隧洞内部空间狭窄，通风条件有限，施工产生的粉尘、有毒有害气体不易扩散，施工人员易吸入过量有害物质，影响身体健康。同时，狭窄空间也增加了车辆、设备通行和人员操作难度，易发生碰撞、挤压事故。

三、潜在危险性及触发因素

（一）潜在危险性

隧洞施工存在火灾、爆炸（如炸药管理不当引发）、机械伤害、高处坠落、触电、透水、坍塌等潜在危险。火灾可能由电气故障、明火作业不当、易燃材料管理不善等引发；爆炸可能因炸药储存、使用违规导致；机械伤害源于设备操作不当、防护缺失；高处坠落多发生在洞口作业平台、高处支护作业等场景；触电与电气设施故障和违规用电有关；透水常因地质勘查不清、排水不畅等因素造成；坍塌则与围岩稳定性差、支护不及时或不当有关。

（二）触发因素

人的不安全行为是主要触发因素，如违规操作设备、不按规定动火作业、在危险区域冒险作业等。此外，物的不安全状态，如设备故障未修复、材料存放不符合要求等，以及环境的不安全因素，如恶劣气候下未采取防护措施、隧洞通风不良等，也会增加事故发生可能性。

四、安全管理缺失引发的风险

（一）制度缺失与执行不力

若施工单位未建立健全安全管理机构，未配备足够安全生产管理人员，安全管理制度、岗位职责、操作规程和应急救援预案不完善或未有效执行，将导致安全管理混乱。例如，没有严格的动火作业审批制度，施工人员随意动火，增加火灾风险；缺乏设备定期维护制度，设备故障隐患得不到及时排除，易引发机械事故。

（二）违规操作与管理不善

施工过程中不严格执行安全操作规程，如在没有可靠防护措施的情况下

进行高处作业，在设备运行时进行清理、维修等违规操作，极易引发安全事故。

安全检查不经常、不规范，对发现的问题未及时整改，隐患治理不及时。例如对隧洞支护结构出现的裂缝未重视，未及时采取加固措施，随着施工推进，可能导致支护失效，引发坍塌事故。

3.7 重大危险源辨识

本工程在施工时使用的危险化学品为：炸药、柴油。

施工现场不储存炸药，炸药使用时直接由民爆公司运至现场。单次使用的炸药量较小，远远小于炸药重大危险源临界量 5t。因此，施工过程中使用的炸药不构成危险化学品重大危险源。

根据施工专项方案，现场不储存柴油。现场施工机械、设备和车辆使用到的柴油量较少，远远小于柴油重大危险源临界量 5000t。因此，施工过程中使用的柴油不构成危险化学品重大危险源。

综上，本项目施工所使用到的危险化学品不构成重大危险源。

4 评估单元划分和评估方法选择

4.1 评估单元划分的原则和方法

评估单元是在危险、有害因素识别与分析的基础上，根据评估目标和评估方法的需要，将系统划分成有限的、确定范围的评估单元。合理划分评估单元有助于评估工作的进行，提高评估结论的准确性。

通常情况下评估单元一般以生产工艺、工艺装置、物料的特点和特征等与危险有害因素的类别、分布情况有机结合进行划分，还可以根据评估工作的需要，将一个评估单元划分为若干子评估单元或更细致的单元。

本次安全评估过程中，为实现安全评估目的，保证安全评估结果的准确性，结合本工程实际情况，按照下述原则进行评估单元划分：

- 1、依据本工程所处的位置、基本布置规划情况划分评估单元；
- 2、依据本工程生产工艺过程划分评估单元；
- 3、依据本工程的装置和物质特征划分评估单元。

4.2 评估单元的划分

根据评估单元划分原则和该项目施工方案的特点，在评估过程中划分为4个单元，即设计方案符合性评估单元、施工方案符合性评估单元、施工作业安全单元和施工安全管理单元，并分别采用不同的评估方法进行评估，具体单元划分及方法选择见表。

表4.2-1 评估单元划分及评估方法选择

序号	评估单元	评估方法
1	设计方案符合性评估单元	安全检查表
2	施工方案符合性评估单元	安全检查表
3	施工作业安全单元	预先危险性分析、作业条件危险性评价
4	施工安全管理单元	安全检查表

4.3 评估方法简介

1) 安全检查表

安全检查表（SCL）是利用检查条款按照相关的标准、规范等对已知的危险类别、设计缺陷以及与一般工艺设备、操作、管理有关的潜在危险性和有害性进行判别检查。此法可适用于工程、系统的各个阶段。安全检查表可以评价物质、设备和工艺，常用于专门设计的评价，检查表法也能用在新工艺（装置）的早期开发阶段，判定和估测危险，还可以对已经运行多年的在役（装置）的危险进行检查。

（1）安全检查目的

- ①让评价人员对工艺过程可能的危险性保持警惕；
- ②有利于对控制和安全系统的设计依据进行评价；
- ③有利于发现由于设备或工艺改变所带来的新的危险；
- ④有利于对新的安全技术应用于已存在的危险进行可靠性检查。

（2）安全检查方法

- ①安全检查由三个步骤组成：检查的准备（包括组成检查组）；进行并完成检查；编制检查结果文件。
- ②安全检查报告包括：偏离设计的工艺条件所引起安全问题；偏离规定的操作规程所引起安全问题；新发现的安全问题。

安全检查表格式见表 4.3-1。

表4.3-1安全检查表

序号	检查项目	检查依据	检查情况	检查结果

本次安全评估采用安全检查表，根据国家有关法律、法规、国家标准和行业标准的规定，结合本工程的实际情况制定安全检查表逐项进行检查。

2) 预先危险性分析

预先危险性分析（Preliminary hazard analysis, PHA）又称初步危险分析。它主要用在开发阶段对建设项目中物料、装置、工艺过程以及能量失控时可能出现的危险性、类别、条件及可能造成的后果作宏观的概略分析，其目的是辨识系统中存在的潜在危险，确定其危险等级，防止这些威胁发展成事故。

在分析系统危险性时，为了衡量危险性的大小及其对系统破坏性的影响程度，可以将各类危险性划分为 4 个等级，如表 4.3-2 所示。

表4.3-2危险性等级划分表

级别	危险程度	可能导致的后果
I	安全的	不会造成人员伤亡及系统破坏。
II	临界的	处于事故的边缘状态，暂时还不至于造成人员伤亡、系统损坏或降低系统性能，但应给予排除或采取控制措施。
III	危险的	会造成人员伤亡和系统破坏，要立即采取防范对策措施。
IV	灾难性的	造成人员重大伤亡及系统严重破坏的灾难性事故，必须给予果断排除并进行重点防范。

本评估报告采用预先危险性分析法，主要是为了分析、预测本工程的主要危险有害因素及其产生的原因，确定危险性等级，并提出消除或控制危险性的安全对策措施。

3）作业条件危险性评价法（LEC）

对于一个具有潜在危险性的作业条件，K·J·格雷厄姆和 G.F.金尼认为，影响危险性的主要因素有 3 个：

- （1）发生事故或危险事件的可能性；
- （2）暴露于这种危险环境的频率；
- （3）事故一旦发生可能产生的后果。

用公式来表示，则为： $D=L \times E \times C$ （4-1）

式中，

D——作业条件的危险性；

L——事故或危险事件发生的可能；

E——暴露于危险环境的频率；

C——发生事故或危险事件的可能结果。

表4.3-3 事故或危险事件发生可能性分值（L）

分值	事故或危险情况发生可能性	分值	事故或危险情况发生可能性
10	完全会被预料到	0.5	可以设想，但高度不可能
6	相当可能	0.2	极不可能
3	不经常，但可能	0.1	实际上不可能
1	完全意外，极少可能		

表4.3-4 暴露于潜在危险环境的分值（E）

分值	出现于危险环境的情况	分值	出现于危险环境的情况
10	连续暴露于潜在危险环境	2	每月暴露一次
6	逐日在工作时间内暴露	1	每年几次出现在潜在危险环境
3	每周一次或偶然地暴露	0.5	非常罕见地暴露

表4.3-5 发生事故或危险事件可能结果的分值（C）

分值	可能结果	分值	可能结果
100	大灾难，许多人死亡	7	严重，严重伤害
40	灾难，数人死亡	3	重大，致残
15	非常严重，一人死亡	1	引人注目，需要救护

表4.3-6 危险性分值（D）

分数值	危险性程度
>320	极其危险，不能继续作业
160~320	高度危险，需要立即整改
70~160	显著危险，需要整改
20~70	可能危险，需要注意
<20	稍有危险，或许可以接受

5 定性定量评价

5.1 设计方案符合性评价单元

5.1.1 建设项目相关支持性文件

- 1、《云南省固定资产投资项目备案证》（项目代码：2504-532624-04-05-279564）；
- 2、本工程的设计单位具有相应营业执照和资质证书，能满足本工程的要求；
- 3、《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目设计方案》（北桥中七设计有限公司，2025 年 4 月）。

5.1.2 设计方案符合性评价

根据《中华人民共和国建筑法》（根据国家主席令[2019]第二十九号修正）、《国务院安委会办公室 住房和城乡建设部 交通运输部 水利部 国务院国有资产监督管理委员会 国家铁路局 中国民用航空局 中国国家铁路集团有限公司关于进一步加强隧道工程安全管理的指导意见》（安委办〔2023〕2 号，2023 年 2 月 17 日）、《水工隧洞设计规范》（SL279-2016）等法律法规、标准编制安全检查表，对设计方案符合性进行评价，检查情况见表 5-1。

表5-1 设计方案符合性单元安全检查表

序号	检查项目	检查依据	检查情况	检查结果
1	从事建筑活动的建筑施工企业、勘察单位、设计单位和工程监理单位，应当具备下列条件： （一）有符合国家规定的注册资本； （二）有与其从事的建筑活动相适应的具有法定执业资格的专业技术人员；	《中华人民共和国建筑法》（根据国家主席令[2019]第二十九号修正） 第十二条	该施工项目的设计单位——北桥中七设计有限公司已取得相应资质证书，有符合国家规定的注册资本、有与其从事的建筑活动相适应的具有法定执业资格的专业技术人员、	符合要求

序号	检查项目	检查依据	检查情况	检查结果
	(三)有从事相关建筑活动所应有的技术装备; (四)法律、行政法规规定的其他条件。		有从事相关建筑活动所应有的技术装备等。	
2	从事建筑活动的建筑施工企业、勘察单位、设计单位和工程监理单位,按照其拥有的注册资本、专业技术人员、技术装备和已完成的建筑工程业绩等资质条件,划分为不同的资质等级,经资质审查合格,取得相应等级的资质证书后,方可在其资质等级许可的范围内从事建筑活动。	《中华人民共和国建筑法》(根据国家主席令[2019]第二十九号修正)第十三条	该施工项目的设计单位——北桥中七设计有限公司已取得相应资质证书,资质等级:市政行业(城镇燃气工程、排水工程、桥梁工程、道路工程、环境卫生工程、给水工程)专业乙级;建筑行业(人防工程)专业乙级等证书编号:A251021368。	符合要求
3	严格落实勘察设计单位安全责任,依据相关标准规范,在设计阶段采取合理措施降低隧道安全风险,在施工图中提出应对风险的工程措施和施工安全注意事项,在施工过程中做好设计安全交底、施工配合和设计巡查等工作。	《国务院安委会办公室住房和城乡建设部交通运输部水利部国务院国有资产监督管理委员会国家铁路局中国民用航空局中国国家铁路集团有限公司关于进一步加强隧道工程安全管理的指导意见》(安委办〔2023〕2号,2023年2月17日)第二条中的“(二)”	设计单位在设计阶段依据相关标准规范进行设计,并在设计方案中提出了相应的安全对策措施降低隧道的安全风险。	符合要求
4	水工隧洞的线路应根据隧洞的用途及特点,综合考虑地形、地质、生态环境、水土保持、枢纽和隧洞沿线建筑物布置、水力学、施工及	《水工隧洞设计规范》(SL279-2016)4.1.1	本项目隧洞设计方案中的隧洞线路综合考虑了地形、地质、生态环境、水土保持、枢纽	符合要求

序号	检查项目	检查依据	检查情况	检查结果
	交通、运行等各种因素，通过技术经济比较选定。		和隧洞沿线建筑物布置、水力学、施工及交通、运行等各种因素，并通过了专家评审，得到了相关专家的认可。	
5	进出口布置应根据工程总体布置及地形地质条件等因素综合确定，并应满足下列要求： 1 应满足使用功能和运行安全的要求。 2 应使水流顺畅，进流均匀，出流平稳。 3 应满足防淤、防冰、防冲及防污等要求。 4 应考虑闸门、拦污、清淤等设备的设置和对外交通要求。	《水工隧洞设计规范》 (SL279-2016) 4.2.1	该隧洞设计方案中，隧洞进口根据工程总体布置及地形地质条件等因素综合确定，并满足使用功能和运行安全的要求，设计中确保流水顺畅，同时隧洞设计尺寸为 2m（宽）× 1.8m（高），能满足后期闸门、拦污、清淤等设备的设置和对外交通要求。	符合要求
6	进出口宜布置在地质构造简单、岩体完整、风化及卸荷带较浅的地区，避开不良地质构造、冲沟和容易发生崩塌、滑坡及泥石流等区域。	《水工隧洞设计规范》 (SL279-2016) 4.2.2	该隧洞设计方案中，隧洞进口地质条件一般，隧洞进口处的成洞面及边仰坡防护采用喷锚及注水泥浆工艺进行加固。	符合要求
7	横断面形状选择应符合下列要求： 1 有压隧洞宜采用圆形断面。当围岩稳定性较好，内、外水压力不大时，可采用便于施工的其他断面形状。 2 无压隧洞宜采用圆拱直墙断面，当地质条件较差时，可选用圆形或马蹄形断面。 3 圆拱直墙断面圆拱中心角宜为 90° ~180°，当需要加大拱端推力时，可选用小于 90° 的中心角。 断面的高宽比应根据水力学条件、地质条件选用，宜为 1.0~1.5，洞	《水工隧洞设计规范》 (SL279-2016) 5.2.1	本工程隧洞为无压隧洞，设计方案中采用圆拱直墙断面。	符合要求

序号	检查项目	检查依据	检查情况	检查结果
	内水位变化较大时,宜采用大的比值。			
8	隧洞横断面的最小尺寸应符合下列要求: 1 采用钻爆法施工时,圆形断面的内径不宜小于 2.0m; 非圆形断面的高度不宜小于 1.8m, 宽度不宜小于 1.5m。 2 采用掘进机施工时,应满足设备开挖的最小尺寸要求。	《水工隧洞设计规范》(SL279-2016) 5.3.3	设计方案中,采用钻爆法进行施工,隧洞为圆拱直墙断面,设计断面高度为 1.8m,符合要求。	符合要求
9	不良地质洞段的支护设计应符合下列规定: 1 应根据地质预报(预测)或超前勘探成果,通过工程类比和必要的计算分析,进行支护方案或开挖前的围岩加固设计。可能出现意外情况时,还应提出应急方案设计。 2 应根据施工过程中揭露出的地质情况和现场安全监测、测验(试验)数据,及时确认、调整、修改支护参数或变更支护方案。 3 应及时分析初期支护的效果,根据围岩稳定情况,研究加强支护或多次支护的必要性,以及衬砌施工的适宜时机。 4 锚喷支护设计应符合 SL 377 的规定,其他支护类型的结构计算可采用结构力学方法。	《水工隧洞设计规范》(SL279-2016) 8.0.2	设计方案中,隧洞洞身衬砌设计以新奥法原理为指导,采用复合式衬砌,即以系统锚杆(或注浆钢花管)、钢筋网、喷射混凝土、工字型钢拱架或格栅拱架作为初期支护,并根据不同的围岩级别辅以超前小导管等超前支护措施。	符合要求
10	不良地质洞段的衬砌设计应符合下列规定: 1 应根据地质条件、衬砌前所采取的各种处理措施的效果、围岩变形(位移)的稳定情况,通过工程类比和必要的计算分析,确定衬砌结构可能承担的外荷载。 2 应通过必要的物理力学指标测验和工程类比,确定设计所采用的围岩物理力学指标。 3 应根据地质条件和施工条件,经技术经济比较选择有利于结构受	《水工隧洞设计规范》(SL279-2016) 8.0.3	设计方案中,隧洞洞身衬砌设计以新奥法原理为指导,采用复合式衬砌,,二次衬砌采用模筑钢筋混凝土。隧洞衬砌类型、衬砌断面型式、衬砌结构尺寸设计主要采用工程类比法,并对隧洞结构进行必要的理论计算及校核,结合构造要求及经济技术比较,根据围岩级	符合要求

序号	检查项目	检查依据	检查情况	检查结果
	力和围岩稳定的隧洞横断面形状和衬砌结构型式。 4 不良地质洞段的衬砌结构计算, 不考虑围岩弹性抗力时可采用结构力学方法; 考虑围岩弹性抗力时, 应按 9.3.3 条的规定执行, 并通过工程类比确定。		别和洞室埋深条件拟定相应的支护参数	
11	通过岩溶地区的隧洞, 应根据溶洞位置、分布、大小, 溶洞充填状况, 围岩 (岩壁) 的稳定状况及水量, 采取下列处理措施: 1 岩壁的渗水滴水, 溶洞中的流水 (暗河), 充填物中的地下水, 宜根据水量、类型和来源, 采取排、截、堵、防相结合, 以排为主的综合处理措施。 2 规模较小或未与隧洞连通的较小溶洞, 可采取回填混凝土、回填灌浆、固结灌浆等处理措施。 3 规模较大、充填物多、水量大的溶洞, 可根据溶洞的位置和分布, 采取设隔离体、设支撑结构跨越、设专门基础、局部改线等处理措施。	《水工隧洞设计规范》(SL279-2016) 8.0.8	设计方案中, 遇小型溶洞时, 设计采用方案为: 泵送 C20 混凝土回填; 当施工中遇到岩溶水时, 综合采取截、堵、排、防措施进行治疗。 遇大型溶洞时, 设计采用方案为: 1. 本图为隧道拱腰以上发育大型溶洞处理方案示意图, 主要处理方案如下: (1) 对于拱腰以上发育大型无充填物 (或充填物可清除) 的溶洞, 施工 I20 型钢拱架 (预留不小于 50cm 厚做护拱)、设置 20 筋网 (间距 20×20cm) 后泵送浇注 C20 混凝土填实, 两侧嵌入岩石内不小于 50cm, 待混凝土强度达到 70% 后分次泵送混凝土回填厚度不小于 50cm, 待混凝土强度达到 70% 后吹沙回填, 厚度不小于 25cm; (2) 对于拱腰以上发育大型有充填物的溶洞, 沿溶洞周边打设超前超前小导管或大管棚作为超前支护, 隧道开挖后初喷 10cm 厚混凝土, 然后施工 I20b 型钢拱架、钢筋网 20×20cm (双	符合要求

序号	检查项目	检查依据	检查情况	检查结果
			层)及喷射 50cm 厚混凝土作为护拱,并设置长 3.0m 长 20 锁脚锚杆,在护拱保护下再施工初期支护及二次衬砌;(3)当施工中遇到岩溶水时,综合采取截、堵、排、防措施进行治理。	
12	隧洞支护应保持围岩稳定或提供必要的围岩稳定时间。	《水工隧洞设计规范》(SL279-2016) 9.1.1	设计方案中的支护保持围岩稳定,提供必要的围岩稳定时间。	符合要求
13	隧洞衬砌应具有下列功能: ——加固围岩,与围岩和支护联合承担荷载; ——平整围岩表面; ——提高围岩防渗能力; ——防止水流冲刷围岩; ——防止温度、湿度、大气等因素对围岩的不利影响。	《水工隧洞设计规范》(SL279-2016) 9.1.2	设计方案中,该项目采用复合式衬砌,具有上述功能。	符合要求
14	支护型式包括锚杆、锚喷、钢拱架、钢筋网喷混凝土、钢筋混凝土等,具体支护型式应根据工程地质、水文地质、断面尺寸、施工方法等,通过分析计算或工程类比确定。	《水工隧洞设计规范》(SL279-2016) 9.1.4	设计方案中,系统锚杆(或注浆钢花管)、钢筋网、喷射混凝土、工字型钢拱架或格栅拱架作为初期支护;围岩条件不好时,辅以超前小导管等超前支护措施。	符合要求
15	隧洞衬砌型式应综合考虑断面形状和尺寸、内水压力、运行条件、地质条件、防渗要求、支护效果、衬砌要求、施工方法等因素,经过技术经济比较确定。	《水工隧洞设计规范》(SL279-2016) 9.1.5	设计方案采用的复合式衬砌综合考虑了断面形状和尺寸、内水压力、运行条件、地质条件、防渗要求、支护效果、衬砌要求、施工方法等因素。	符合要求
16	隧洞衬砌包括锚喷衬砌、混凝土衬砌、钢筋混凝土衬砌和预应力混凝土衬砌(机械式或灌浆式)等型式。	《水工隧洞设计规范》(SL279-2016) 9.1.6	设计方案中,二次衬砌采用模筑钢筋混凝土。	符合要求
17	混凝土和钢筋混凝土衬砌厚度应根据强度、抗渗和构造等要求,结合施工方法分析确定,并应满足下列规定: 1 单层钢筋混凝土衬砌厚度不宜	《水工隧洞设计规范》(SL279-2016) 9.3.1	计方案中,二次衬砌采用模筑钢筋混凝土,其强度为 C35,厚度为 0.4m。	符合要求

序号	检查项目	检查依据	检查情况	检查结果
	小于 0.3m，双层钢筋混凝土衬砌厚度不宜小于 0.4m。 2 混凝土和钢筋混凝土衬砌的强度、抗渗、抗冻应符合 SL 191 的规定，抗磨和抗侵蚀等指标可根据 DL/T 5207 选取。 3 仅对平整围岩表面设置的混凝土衬砌，可不提抗渗要求。			

5.1.3 评价单元小结

采用安全检查表对设计方案符合性单元的相关内容进行检查，共检查 17 项内容，均符合要求。

5.2 施工方案符合性评价单元

5.2.1 建设项目相关支持性文件

- 1、《云南省固定资产投资项目备案证》（项目代码：2504-532624-04-05-279564）；
- 2、本工程的施工单位具有相应营业执照和资质证书，能满足本工程的要求；
- 3、《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工专项方案》（中翌（河南）建筑有限公司，2025 年 4 月）。

5.2.2 施工方案符合性评价

根据《中华人民共和国建筑法》（根据国家主席令[2019]第二十九号修正）、《建设工程安全生产管理条例》（国务院令[2004]第 393 号）、《国家安全监管总局 交通运输部国务院国资委 国家铁路局关于印发<隧道施工安全九条规定>的通知》（安监总管二〔2014〕104 号）、《水工建筑物地下开挖工程施工规范》（SL378-2007）等标准编制安全检查表，对施工方案符合性进行评价，检查情况见表 5-2。

表5-2 施工方案符合性单元安全检查表

序号	检查项目	检查依据	检查情况	检查结果
1	从事建筑活动的建筑施工企业、勘察单位、设计单位和工程监理单位，应当具备下列条件： （一）有符合国家规定的注册资本； （二）有与其从事的建筑活动相适应的具有法定执业资格的专业技术人员； （三）有从事相关建筑活动所应有的技术装备； （四）法律、行政法规规定的其他条件。	《中华人民共和国建筑法》（根据国家主席令[2019]第二十九号修正）第十二条	该施工项目的施工单位——中翌（河南）建筑有限公司已取得相应资质证书，有符合国家规定的注册资本、有与其从事的建筑活动相适应的具有法定执业资格的专业技术人员、有从事相关建筑活动所应有的技术装备等。	符合要求
2	从事建筑活动的建筑施工企业、勘察单位、设计单位和工程监理单位，按照其拥有的注册资本、专业技术人员、技术装备和已完成的建筑工程业绩等资质条件，划分为不同的资质等级，经资质审查合格，取得相应等级的资质证书后，方可在其资质等级许可的范围内从事建筑活动。	《中华人民共和国建筑法》（根据国家主席令[2019]第二十九号修正）第十三条	该施工项目的设计单位——中翌（河南）建筑有限公司已取得相应资质证书，资质等级：建筑工程施工总承包贰级、水利水电工程施工总承包贰级、隧道工程专业承包贰级、环保工程专业承包贰级等 证书编号： D341542081。	符合要求
3	施工单位从事建设工程的新建、扩建、改建和拆除等活动，应当具备国家规定的注册资本、专业技术人员、技术装备和安全生产等条件，依法取得相应等级的资质证书，并在其资质等级许可的范围内承揽工程。	《建设工程安全生产管理条例》（国务院令[2004]第393号）第二十条	本项目施工单位已依法取得资质证书，资质等级：建筑工程施工总承包贰级、水利水电工程施工总承包贰级、隧道工程专业承包贰级、环保工程专业承包贰级等 证书编号： D341542081。	符合要求

序号	检查项目	检查依据	检查情况	检查结果
4	必须证照齐全，严禁无资质施工、转包、违法分包和人员不经教育培训上岗作业。	《国家安全监管总局交通运输部国务院国资委 国家铁路局关于印发<隧道施工安全九条规定>的通知》（安监总管二〔2014〕104号）第一条	本项目施工单位已依法取得资质证书。	符合要求
5	必须按照标准规范和设计要求编制专项施工方案，确保按方案组织实施，严禁擅自改变施工方法。	《国家安全监管总局交通运输部国务院国资委 国家铁路局关于印发<隧道施工安全九条规定>的通知》（安监总管二〔2014〕104号）第二条	本项目施工单位已编制《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工专项方案》。	符合要求
6	施工单位应根据地质条件和设计要求制定开挖和支护方案，经监理单位审批后实施。	《水工建筑物地下开挖工程施工规范》（SL378-2007）3.0.3	本项目施工单位已编制《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工专项方案》。	符合要求
7	地下开挖工程开工前，施工单位应编制地下开挖工程施工组织设计，报监理单位审查批准，监理单位发布开工令后方可开始开挖施工。	《水工建筑物地下开挖工程施工规范》（SL378-2007）5.1.1	施工单位已在专项施工方案中提出施工前编制施工组织设计。	符合要求
8	地下洞室开挖方法应根据地质条件、工程规模、支护方式、工期要求、施工机械化程度、施工条件和施工技术水平等因素选定。	《水工建筑物地下开挖工程施工规范》（SL378-2007）5.1.5	本项目设计方案和施工专项方案中，根据地质条件、工程规模、支护方式、工期要求、施工机械化程度、施工条件和施工技术水平等因素选定施工方法。	符合要求
9	地下洞室开挖过程中，应根据需要适时采取有效的支护措施，保证施工过程中的安全。	《水工建筑物地下开挖工程施工规范》（SL378-2007）5.1.7	在施工专项方案中，制定了相应支护措施，以保证施工过程中的安全。	符合要求

5.2.3 评价单元小结

采用安全检查表对施工方案符合性单元的相关内容进行检查，共检查 9 项内容，全部符合要求。

5.3 施工作业安全单元

5.3.1 预先危险性分析评价

施工作业阶段主要存在的潜在危险有害因素有：火灾、爆炸、高处坠落、坍塌、起重伤害、车辆伤害、机械伤害和触电等，其危险有害程度见下表。

表5-3 施工作业安全单元预先危险性分析

序号	危险有害因素	可能发生的事故	触发条件	危险等级	预防措施
1	炸药爆炸	爆炸事故，造成人员伤亡、设备损毁、隧洞结构破坏等	搬运受颠簸碰撞、操作不规范、遇火源；爆破作业药量计算/装药/起爆错误、岩石条件影响；盲炮处理和凿岩违规；装岩渣卸岩渣触碰残留炸药、产生静电火花；不合格爆破器材处理不当等	III级	规范搬运操作，远离火源；精准计算药量，规范爆破作业各环节；按规范处理盲炮，正确凿岩；规范装卸岩渣操作；专业规范处理不合格爆破器材
2	放炮	爆破震动致支护结构破坏、围岩失稳；冲击波破坏设施、伤人体；飞石击伤人员、损坏设备；拒爆、早爆、迟爆造成人员伤亡和设备损坏	爆破参数设置不合理、起爆网路连接错误、作业人员违规操作、通风不畅、对特殊地质情况未采取针对性措施等	III级	合理设计爆破参数，正确连接起爆网路；加强人员培训，规范作业；保证通风良好；针对特殊地质提前勘察并制定方案
3	冒顶片帮	隧洞顶部垮落、陷落，隧洞壁片帮，造成人员伤亡、设备损毁、生产中断、隧洞稳定性受损	施工方法不合理、穿越地压/地质构造活动区域未处理、支撑结构破坏/设计不合理/未保护好、未支护或支护设计不合理、遇到新地质构造未处理、施工工艺不合理、违章作业、未按岩性施工、爆破参数/工序	III级	根据围岩条件选择合适施工方法；穿越特殊区域提前勘察并加强支护；保证支撑结构质量并做好保护；及时支护且合理设计支护方案；遇到新情况及时调整措施；规范施工工艺和爆破参数工序；做好防

序号	危险有害因素	可能发生的事故	触发条件	危险等级	预防措施
			不合理、受地下水/岩石风化等影响		水、防风化措施
4	中毒和窒息	人员中毒昏迷甚至死亡	爆破后通风不畅、作业人员违章作业；其他有害烟尘（溶洞、临时存放区、火灾等产生）积聚；警戒标志不合理或无标志；突发地质状况涌出有毒气体；意外情况（风流短路、意外进入污染区、停风）；通风系统问题（隧洞不畅通）	III级	合理设计通风系统，保证通风时间和风量；加强人员安全教育，杜绝违章作业；设置明显警戒标志；遇到特殊情况配备防护措施；定期检查通风系统，保持隧洞畅通
5	坍塌	隧洞结构或围岩破坏，造成人员伤亡、设备损坏	隧洞掌子面围岩差且支护不及时、临时支护失效、隧洞交叉段受力复杂且支护不合理、违章堆放材料、地质条件复杂区域未处理、回填不密实	III级	及时支护掌子面，保证支护材料和安装质量；合理设计交叉段支护方案；规范材料堆放；针对复杂地质采取专项措施；确保回填密实
6	高处坠落	人员坠落伤亡、设备损坏	隧洞洞口作业平台防护栏杆缺失损坏、作业人员未系安全带、高处作业面搭建不稳固	II级	完善防护栏杆等防护设施；加强人员安全教育，正确使用安全带；确保高处作业面稳固
7	火灾	人员伤亡、财产损失	施工用电区域电线老化短路、施工机械区域油污遇明火、材料堆放场地管理不善	II级	定期检查电气设备和线路；规范施工机械检修操作，远离火源；合理管理材料堆放场地，保持防火间距
8	触电	人员触电伤亡	电气设备设施绝缘下降、供电线路老化破损、线路连接不规范、高压配电设备故障、电气设备短路、电工违规操作、保护装置失效、防雷设施不完善	II级	定期维护电气设备设施，检查线路；规范线路连接；电工持证上岗，遵守操作规程；保证保护装置正常运行；完善防雷设施
9	车辆伤害	人员撞击碾压伤亡、施工设施破坏	场地狭窄、照明差、车辆操作不当、人员避让不及时	II级	合理规划施工场地，改善照明；加强车辆操作人员培训；设置安全通道，引导人员避让
10	机械伤害	人员受到夹击、碰撞、剪切等伤害	设备防护装置损坏、操作人员违规操作	II级	定期检查维护设备防护装置；加强操作人员培训，严格遵守操作规程
11	容器爆炸	爆炸事故，造成人员伤亡、设备损坏	安全保护装置失效、压力容器承压元件失效、润滑不当积碳燃烧、冷	II级	定期检查维护安全保护装置；定期检测压力容器；规范润滑和冷却系

序号	危险有害因素	可能发生的事故	触发条件	危险等级	预防措施
		坏	却系统故障		统维护
12	物体打击	人员被物体打击受伤	隧洞顶部岩石掉落、施工材料工具搬运掉落、机械设备部件松动脱落	II级	加强围岩稳定性监测；规范材料工具搬运；定期检查机械设备部件
13	淹溺	人员淹溺伤亡	隧洞低洼处积水，人员作业防护措施不足	II级	设置排水设施，及时排除积水；作业人员穿戴防护装备
14	透水	隧洞被淹，损坏设备、冲垮支护、危及人员生命	水文地质勘查不详细、遇到含水地质构造未处理、爆破揭露水体、排水设施设备不合理、降雨导致地表水下渗	III级	详细勘查水文地质；遇到含水构造提前处理；合理设计爆破参数；完善排水设施设备；做好防水措施应对降雨
15	粉尘	诱发肺部疾病	钻孔、爆破、出渣、喷射混凝土等作业产生	II级	采取降尘措施，如喷雾降尘、佩戴防尘口罩；加强通风
16	噪声与振动	听力损害、心理生理不良影响、工作效率降低	通风机、钻孔机械、混凝土喷射机械、爆破作业产生	II级	采取隔音、减振措施；为作业人员配备防护用品
17	高温及辐射	人员脱水、中暑、受到辐射伤害	夏季露天洞口作业、隧洞内部散热差、设备产热积聚	II级	提供防暑降温措施，如发放防暑药品、设置遮阳设施；为作业人员配备防辐射用品
18	有毒有害物质	人员身体不适、诱发职业疾病	爆破炮烟、施工材料和设备废气积聚	II级	加强通风，及时排除有毒有害物质；为作业人员配备防护用品

5.3.2 作业条件危险性评价

施工作业安全单元作业条件危险性评价结果如表 5-4 所示。

表5-4 施工作业安全单元作业条件危险性评价

序号	作业活动	危险有害因素	事故类型	发生可能性 L	暴露于危险环境的频繁程度 E	发生事故产生的后果 C	风险值 D (L×E×C)	风险等级
1	爆破作业	炸药爆炸、放炮相关危害（震动、冲击波、飞石、拒爆等）	爆炸、人员伤亡、设备损毁等	3	6	15	270	高度危险
2	隧洞开挖、运渣等	冒顶片帮、坍塌、透水	人员伤亡、隧洞结构破坏	3	6	15	270	高度危险
3	通风作业	中毒和窒息	人员中毒窒息	3	6	15	270	高度危险

序号	作业活动	危险有害因素	事故类型	发生可能性 L	暴露于危险环境的频繁程度 E	发生事故产生的后果 C	风险值 D (L×E×C)	风险等级
4	高处作业	高处坠落	人员坠落伤亡	2	3	7	42	中度危险
5	电气作业	触电	人员触电伤亡	2	3	7	42	中度危险
6	车辆运输作业	车辆伤害	人员撞击碾压伤亡、设施损坏	2	3	7	42	中度危险
7	机械设备操作	机械伤害	人员受到夹击、碰撞等伤害	2	3	7	42	中度危险
8	容器使用	容器爆炸	爆炸、人员伤亡、设备损坏	2	3	7	42	中度危险
9	材料搬运	物体打击	人员被物体打击受伤	2	3	7	42	中度危险
10	排水作业	淹溺	人员淹溺伤亡	2	3	7	42	中度危险
11	钻孔、出渣等作业	粉尘	诱发肺部疾病	2	3	3	18	轻度危险
12	设备运行	噪声与振动	听力损害、心理生理不良影响	2	3	3	18	轻度危险
13	夏季作业	高温及辐射	人员脱水、中暑、辐射伤害	2	3	3	18	轻度危险
14	施工环境	有毒有害物质	人员身体不适、诱发职业病	2	3	3	18	轻度危险

5.3.3 单元评价小结

经以上分析，施工作业安全单元存在的主要危险有害因素：炸药爆炸、放炮、冒顶片帮、中毒和窒息、坍塌、透水，其危险等级为Ⅲ级；高处坠落、火灾、触电、车辆伤害、机械伤害、容器爆炸、物体打击、淹溺、粉尘、噪声与振动、高温及辐射、有毒有害物质，其危险等级为Ⅱ级。它们产生的主要原因为施工现场管理不严、人员违章作业、未配置安全防护装备或安全防护装备失效、设备带病运行等。建议施工单位加强施工现场安全管理，加强人员安全教育培训和设备管理，并配备好个人防护用品，杜绝违章作业，减少和避免施工作业事故的发生。

施工作业安全单元中，运用作业条件危险性评价法评价，分析结果为：

炸药爆炸、放炮、冒顶片帮、中毒和窒息、坍塌、透水是施工作业过程危险程度最高的事故，在施工过程需严格控制；高处坠落、火灾、触电、车辆伤害、机械伤害、容器爆炸、物体打击、淹溺为“可能危险，需要注意”，在施工过程需加以注意。

5.4 施工安全管理单元

5.4.1 施工安全管理符合性评价

根据《建设工程安全生产管理条例》（国务院令[2004]第 393 号）、《建设工程质量管理条例》（国务院令第 279 号）等法律法规对施工单位的安全管理进行安全检查。见表 5-5。

表5-5 施工安全管理安全检查表

序号	检查项目	检查依据	检查内容	检查结果
1	施工单位主要负责人依法对本单位的安全生产工作全面负责。施工单位应当建立健全安全生产责任制度和安全生产教育培训制度，制定安全生产规章制度和操作规程，保证本单位安全生产条件所需资金的投入，对所承担的建设工程进行定期和专项安全检查，并做好安全检查记录。	《建设工程安全生产管理条例》 （国务院令[2004]第 393 号） 第二十一条	施工单位已建立健全安全生产责任制度和安全生产教育培训制度，制定安全生产规章制度和操作规程；已保证对安全生产条件所需资金的投入。	符合要求
2	建设工程施工前，施工单位负责项目管理的技术人员应当对有关安全施工的技术要求向施工作业班组、作业人员作出详细说明，并由双方签字确认。	《建设工程安全生产管理条例》 （国务院令[2004]第 393 号） 第二十七条	建设工程施工前，已要求施工单位负责项目管理的技术人员对有关安全施工的技术要求向施工作业班组、作业人员作出详细说明，向质检员、施工员、安全员、材料员及施工作业班组的作业人员作出详细的技术交底。技术交底要求有记录，技术交底记录由交底人和接受交底人签字确认后存档。	符合要求
3	施工单位应当在施工现场入口处、施工起重机械、临时用电设施、脚手架、出入通道口、楼梯口、电梯井口、孔洞口、桥梁口、隧道口、基坑边沿、爆破物及有害危险气体和液体存放处等危险部位，设置明显的安全警示标志。安全警示	《建设工程安全生产管理条例》 （国务院令[2004]第 393 号） 第二十八条	施工专项方案已提及在施工现场入口处、施工起重机械、临时用电、爆破物等危险区域设置安全警示标志。	符合要求

序号	检查项目	检查依据	检查内容	检查结果
	标志必须符合国家标准。			
4	施工单位应当向作业人员提供安全防护用具和安全防护服装,并书面告知危险岗位的操作规程和违章操作的危害。	《建设工程安全生产管理条例》 (国务院令[2014]第 393 号) 第三十二条	施工单位在专项施工方案中提及为施工人员提供劳动防护用品、用具,但未提及书面告知作业人员危险岗位的操作规程和违章操作的危害。	需在施工方案中进一步完善
5	作业人员进入新的岗位或者新的施工现场前,应当接受安全生产教育培训。未经教育培训或者教育培训考核不合格的人员,不得上岗作业。施工单位在采用新技术、新工艺、新设备、新材料时,应当对作业人员进行相应的安全生产教育培训。	《建设工程安全生产管理条例》 (国务院令[2004]第 393 号) 第三十七条	施工单位已建立安全教育培训制度。已要求定期地对专业电工和各类用电人员进行用电安全教育和培训,凡上岗人员必须持证上岗,严禁无证人员上岗。	符合要求
6	建设单位应当将工程发包给具有相应资质等级的单位。施工单位应当依法取得相应等级的资质证书,并在其资质等级许可的范围内承揽工程。	《建设工程质量管理条例》 (国务院令[2000]第 279 号) 第七条、第二十五条	本工程由中翌(河南)建筑有限公司进行施工,已依法取得资质证书,该公司资质为建筑工程施工总承包贰级、水利水电工程施工总承包贰级、隧道工程专业承包贰级、环保工程专业承包贰级等;证书编号:D341542081。	符合要求
7	施工单位必须按照工程设计图纸和施工技术标准施工,不得擅自修改工程设计,不得偷工减料。 施工单位在施工过程中发现设计文件和图纸有差错的,应当及时提出意见和建议。	《建设工程质量管理条例》 (国务院令[2000]第 279 号) 第二十八条	施工单位已根据设计图纸和施工技术规范,制定施工专项方案,确定施工工艺和方法,充分做好开工前的技术准备工作。	符合要求
8	施工单位必须建立、健全施工质量的检验制度,严格工序管理,作好隐蔽工程的质量检查和记录。隐蔽工程在隐蔽前,施工单位应当通知建设单位和建设工程质量监督机构。	《建设工程质量管理条例》 (国务院令[2000]第 279 号) 第三十条	施工单位已建立施工质量的检验制度。	符合要求
9	施工单位应当建立、健全教育培训制度,加强对职工的教育培训;未经教育培训或者考核不合格的人员,不得上岗作业。	《建设工程质量管理条例》 (国务院令[2000]第 279 号) 第三十三条	施工单位已建立健全的教育培训制度,要求对职工进行教育培训;员工经教育培训、考核合格后上岗作业。	符合要求

5.4.2 评价小结

采用安全检查表对施工安全管理单元的相关内容进行检查,共检查 9 项内容,其中有 8 项符合要求,其余 1 项需在施工方案中进一步完善,将在建

议补充的安全对策措施章节提出相应的措施建议。

6 安全对策措施及建议

6.1 设计方案已提出的安全措施

6.1.1 施工安全措施

(1) 常规安全技术措施

- 1) 任何人进洞必须佩戴安全帽和其它防护用品，遵章守纪，听从指挥。
- 2) 加强安全保卫，禁止闲杂人员进入。进洞前进行登记并接受洞口值班人员检查，经班组长点名，并执行进洞挂牌、出洞摘牌制度。
- 3) 施工中发现隧道内有险情，专职安全员、工班长必须立即在危险地段设立明显标志或派人看守，并迅速报告施工领导人员及时采取处理措施。若情况严重，要立即将工作人员全部撤离危险地段。
- 4) 在洞口或适当处所，设置急救材料储备库，储备防火、防水、防毒器材、支撑用料、各种适用工具等。备品要保质保量，并不得随意挪动，使用一次后立即进行补充。
- 5) 隧道掘进时要加强地质超前预报，在浅埋段指派专人观测地面变化有无沉降，确保施工的安全。

(2) 隧道开挖、钻孔及爆破作业安全措施

- 1) 进洞之前应做好洞口工程，洞口边坡、仰坡采用小松动爆破，保证洞口的边坡、仰坡的稳定。
- 2) 做好天沟、水沟等排水措施，确保地表水不危及隧道的施工安全。
- 3) 隧道施工的各作业队、各班组建完善的交接班制度，落实进出洞人员登记制度，并将施工安全情况记载于交接班的记录簿内，工地现场值班负责人应认真检查交接班情况。
- 4) 遇到不良地质地段施工时，应该按照先治水、短开挖、弱爆破、先护顶、强支护、早衬砌的原则稳步前进。
- 5) 钻孔开挖前，应先检查工作面是否处在安全状态，支护是否牢固，如

有松动的石块，裂缝应以清除或支护。风钻钻眼时，要确保机具、配件正常完好，不得在工作面拆卸修理风钻。严禁在残眼中继续施钻。

6) 洞内爆破必须统一指挥，并由经过专业培训且持有爆破操作证的专业爆破人员进行作业。

7) 装药与钻孔不能平行作业，待钻孔、清孔结束，使用木质炮棍装药，禁止捣固直接接触药包的填塞材料，填塞要小心，不得破坏起爆线路。爆破作业和爆破器材加工人员，严禁穿着化纤衣物。

8) 进行爆破时，爆破区要有安全标志，并设专人负责警戒。发出声音或视觉信号，使危险区内的人员都能听到或看到，所有人员必须撤离到安全范围。爆炸物品管理，应做到随用随取，对每次爆破所用器材数量进行安全登记，剩余爆炸物品应及时归还炸药库，并做好记录。

9) 爆破后必须经过 15min 的通风排烟后，检查人员方可进入工作面，检查有无“盲炮”及可疑现象，有无残余的炸药或雷管；顶板、两帮有无松动石块；支护有无损害与变形。在妥善处理并确认无误后，其他工作人员才可以进入工作面。在隧道开挖掌子面至三村之间，设置逃生救援通道。

10) 两个工作面接近贯通时，两端要加强联系统一指挥。一端放炮，另一端应撤离到安全地点。工作面距离接近 15m-20m 时，采取一端掘进。

(3) 出渣安全防护措施

1) 各类进洞车辆必须处于完好状态，制动有效，严禁人料混载。

2) 进洞的各类机械与车辆，宜选用带净化装置的柴油机动力。所有运载车辆不准超载、超宽、超高运输。车辆严禁超车。行车速度不得超过 15km/h。

3) 进出洞的人员应走人道，不得与机械或车辆抢道，严禁爬车、追车或搭车。

4) 机械装渣，坑道面积应能满足装载机的安全运转，装载机回转范围内不得有人通过。

5) 在洞内倒车与转向时，应开灯鸣号，有专人指挥。会车时应关闭大灯，

改用近光灯。

(4) 支护衬砌安全防护措施

- 1) 洞内支护应随开挖随支护。支护至开挖面的距离不得超过 4m。
- 2) 遇到石质破碎、风化严重时，应缩小支护至工作面的距离，喷锚支护时，首先清除危石，脚手架牢固可靠。喷射手带好防护用品，机械保持完好，压力应保持在 0.2MPa 左右，喷嘴严禁对人放置。
- 3) 发现已施工段围岩有较大变形或锚杆失效，监控量测数据变化很大，初支衬砌有裂缝时，应视为危险信号，必须立即通知作业人员撤离现场，待处理完毕后，继续施工。
- 4) 安装钢拱架时，应保证钢拱架着地、稳固，不得悬空。支护、衬砌使用的工作平台，梯子等应安装牢固，不得有钉子露头和突出尖角。平台上的铺板应严密，高于 2m 的平台应设置不低于 1.2m 的护栏，跳板应设置防滑条。人员要佩戴防护用品。工作平台上所站人员及堆放的材料不得超过计算荷载重。
- 5) 衬砌台车、防水板台车必须配备足够的灭火器材如灭火器、灭火砂、灭火铲等，并设明显的标志，定期检查，补充和更换，台车台架设置交通指示防护彩灯或贴反光膜。衬砌台车、防水板台车下净空要保证运输车辆的顺利通行。
- 6) 轮灌注时，必须两侧对称进行，拆除轮输送管时，必须停止轮泵的运转。

(5) 通风与防尘安全防护措施

- 1) 隧道施工中的通风及防尘必须满足设计要求，并设专职人员管理，隧道内的空气成分，每月至少取样分析一次。
- 2) 风速、含尘量每月至少检查一次。
- 3) 无论通风机运转与否，严禁人员在风管的进出口附近停留。
- 4) 隧道施工时的通风，应保证每人每分钟得到 15m^3 - 30m^3 的新鲜空气。

5) 隧道内如遇到有害气体, 所有人员应立即停止工作, 并撤离至洞外, 采取措施, 加强通风。在确认无危险后, 方可继续进洞施工。

6) 为工作人员提供各种必要的安全工具、安全灯, 在可能出现有害气体地区提供防毒面具。

7) 施工时宜采用湿式凿岩机凿孔, 湿喷砼等有利于减少粉尘浓度的施工工艺。

6.1.2 特殊时段施工安全措施

本工程工期涉及汛期施工, 针对防洪度汛采取如下安全防范措施。

(1) 汛期到来之前, 成立防汛抗洪领导小组, 组织好防汛队伍, 备足防汛物资和器材, 安排专人 24h 防汛值班, 确保通讯联络通畅。

(2) 加强与当地气象部门、水文部门保持联系, 掌握气象动态, 及时了解雨情水情, 以便做好整体工作安排和防洪防汛工作。

(3) 施工中注意保护好防汛设施, 不损坏沿线排水系统, 不因施工引起既有排水设施的淤塞, 确保水流通畅。

(4) 当接到可能发生暴雨、洪水报警后, 立即通知施工区段负责人、施工队长、工地值班人员, 采取措施保护施工便道畅通, 必要时将施工设备、施工人员撤离。

(5) 顾全大局, 服从当地防汛部门和建设单位的统一调配, 不论何时发生险情, 我标段将按照命令全力投入抢险。

6.1.3 特殊地质(岩溶地段)隧道施工安全措施

(1) 当施工达到溶洞边缘, 各工序应紧密衔接, 支护和衬砌赶前。同时, 应利用探孔或物探作超前预报, 设法探明溶洞的形状、范围、大小、充填物及地下水等情况, 据以制定施工处理方案及安全措施。

(2) 施工中注意检查溶洞顶部, 及时处理危石。当溶洞较大较高且顶部破碎时, 应先喷射混凝土加固, 再在靠近溶洞顶部附近打入锚杆, 并应设置

施工防护架或钢筋防护网。

(3) 在溶蚀地段的爆破作业应尽量做到多打眼、打浅眼，并控制爆破药量减少对围岩的扰动。防止在一次爆破后溶洞内的填充物突然大量涌入溶洞，或溶洞水突然袭击溶洞，造成严重损失。

(4) 在溶洞充填体中掘进，如充填物松软，可用超前支护施工。如充填物为极松散的砾石、块石堆或流塑状黏土及砂黏土等，可于开挖前采用地表注浆、洞内注浆或地表和洞内注浆相结合加固。如遇颗粒细、含水量大的流塑状土壤，可采用劈裂注浆技术，注入水泥浆或水泥水玻璃双液浆进行加固。

(5) 溶洞未做出处理方案前，不要将弃渣随意倾填于溶洞中。因弃渣覆盖了溶洞，不但不能了解其真实情况，反而会造成更多困难。

6.1.4 消防安全措施

(1) 施工现场的生活、生产设施布置应符合消防要求。各类房屋、库棚、料场等的消防安全距离符合国家或公安部门的规定。

(2) 定期对员工进行防火知识教育。

(3) 施工材料的存放、保管符合防火安全要求，易燃材料专库存放。

(4) 施工现场消防器材不得埋压、圈占或挪作他用。

(5) 施工现场用电，应严格执行有关规定，加强电源管理，防止发生电气火灾。

(6) 焊、割作业点与氧气瓶、乙炔气瓶等危险物品的距离不得少于 10m，与易燃易爆物品的距离不得少于 30m，焊接人员必须持证上岗。

6.1.5 不良地质施工应急预案

本隧道部分地段围岩自稳性差，隧道埋深浅，施工过程中可能出现坍塌、冒顶等突发事件，施工单位应成立专门的应急预案领导小组，对施工过程中可能出现的各种情况提前预研，制定应急预案，确保遇到紧急情况有章可循。施工现场始终保证有专门的应急物资储备，根据各隧道不同地质情况储备高

压力注浆设备、大马力抽水机、喷射机、大直径通风软管、中 200-300mm 钢管、方木、钢材、堵水材料、编织袋等，在任何情况下不得随意挪作它用。

1、坍塌冒顶施工应急预案

①隧道内其他掌子面立即停止作业，所有人员立即撤离，等待命令；

②立即对掌子面挂网、喷射砼，当出水较大时应集中引排水，及时架设钢架，对坍体进行封堵和反压；

③从封堵墙位置打设中 108×6mm 超前长管棚，并压注水泥—水玻璃双液浆加固周围土体；

④如果隧道冒顶到地面，则采用 C15 片石混凝土、或碎石土分层夯实，从地面将塌陷处进行回填，回填至地面处平整顺畅，在其上铺设一层彩条布，并做好地面排水；

⑤回破除封堵墙上台阶，开挖掘进隧道上台阶部分，架设钢架，形成初期支护，如果仍有坍方、涌水、涌泥现象，紧跟打设超前注浆小导管，开挖后支护紧跟。

2、隧道发生塌方、岩溶突泥等，应及时与相关单位联系，严禁擅自进行清方。

6.1.6 隧道施工逃生、救援通道方案

为加强隧道施工安全管理，确保隧道掘进过程中施工人员的人身安全，施工单位应制定隧道施工逃生、救生通道及应急物资实施方案。

1、设置要求

①隧道施工时，在 IV、V 级围岩地段必须预先设置逃生通道及应急物资，以保证隧道掘进过程中施工人员的人身安全。

②在隧道的掌子面开挖、喷锚、支护及仰拱部位的开挖、浇筑混凝土过程中，均必须确保逃生通道的完好，应急物资设置到位，并随着掌子面的不断掘进而向前移动。

2、逃生管道材质及设置要求

①逃生通道所用管材直径不小于 800mm，壁厚不小于 10mm，管节长度为 5-6m，以保证足够的强度和通行空间，同时便于安装和动态跟进。为保证管道承受坍塌体的压力，对采用的材质管材，必须确保其承压能力和连接头的牢固，并经试验室具体试验后，方可用于隧道中。

②施工现场应根据隧道围岩、掘进开挖方式等情况备足管道和连接材料，除整节管道外，应同时备足 1m、2m、3m 短节管道、转接接头（135°）等。

③管道须经加工后方可使用，隧道工区可结合材质及现场情况分别进行加工，要求连接简单、牢固、紧密可靠，且在地面做好临时固定措施，施工时关口可加临时封盖，并易于打开和封闭。

④逃生通道设置起点为最新施作好的二衬端头处，伸入二衬内，从衬砌工作面布置至距离开挖面 20m 以内的适当位置，管道沿着初期支护的一侧向掌子面铺设，管内预留工作绳，方便逃生、抢险、联络和传输各种物品。承插钢管纵向连接可采用链条等措施，防止坍塌时将钢管冲脱。

⑤逃生管道在二衬台车移动就位过程中，临时拆移时应逐节拆除，严禁一次拆卸到位，以随时确保逃生管道的效用。

⑥逃生管道在经过掘进台阶时，应按顺延台阶布置，可安装 135° 转接接头顺延，其管道架空高度和长度以不影响施工并便于开启逃生窗口为宜。

⑦设置的逃生管道应平整、干燥、顺畅，不得作为应急逃生以外用途。

3、应急器材及设置要求

①应急器材包括：应急照明灯、应急食物箱、救护箱和钢管支撑、方木等；

②应急照明等距掌子面距离不得大于 5m，非衬砌地段间距控制在 20m 以内，衬砌地段控制在 100m-200m 以内，且在掌子面应急灯附近配备醒目的应急食物箱和救护箱，应急食物箱内须存放 10 人左右一天所需的方便面、饼干、矿泉水等食物；救护箱内备包扎纱布、消毒药水、常见外伤用药及对讲机等。

③根据施工现场开挖工法，在已完成二衬衬砌地段准备一定数量的临时钢管支撑和方木，当围岩异常变形迅速进行支撑加固，控制围岩变形速率。

6.2 施工方案已提出的安全措施

6.2.1 凿岩安全技术措施

1、凿岩工必须了解作业地点的具体情况，认真遵守《入井须知》、《安全管理制度》所规定的各项条款，在岗操作时，必须按照《本岗位操作规程》进行操作，按设计进行施工。

2、作业前，首先要处理好工作面的顶帮浮石，检查好凿岩机各部件的设备完好情况，高空作业时，要检查好梯子、工作板和撑子木是否牢固（如有倾斜、断裂、松动等现象），应向当班安全员或值班人员汇报，修复后确认安全方可进行凿岩作业。

3、发现工作面有盲炮或残药，要用水冲洗或离盲炮、残药 30cm 以外的位置打平行孔进行放炮处理，无关人员撤到安全地点。

4、开钻时要拧紧蝶形螺母以防伤人，打钻时要先给水后给风，停钻时要先停风后停水。

5、使用凿岩机凿岩时，气腿要缓慢升起，打眼开孔时要用小风，换钎杆时要抓住凿岩机的手柄，以免伤人。

6、凿岩前检查好机器的安全状态，拧紧风水管路，以防脱落伤人，开机时先水后风，停机时先风后水，5-7m² 以内巷道不准同时使用机器，8m 以内贯通巷不准对打。溶洞贯通相距 8m 内，任何一边爆破时，两边要同时做好爆破警戒，否则不准起爆。

7、开眼前，操作凿岩机人员要抓好手柄，抓扶钎杆人员要站在侧面，打眼时不允许人员从凿岩机下面钻过，严禁将身体靠在机器上或骑在气腿上。

8、凿岩时，手不得离开机器，扶钎杆的人要站在侧面；气腿升起后，手不要放在机器顶部，防止气腿突然升起挤手；凿岩过程中，不允许人员从钎

子底部通过。

9、向上凿岩时，支护必须牢固，使用双层平台；高层作业时，利用好安全带及安全绳等防坠落措施，注意处理顶板浮石；操作时，站在机器侧面以防断钎伤人。

10、进行装药和爆破作业时，要严格执行《爆破员安全操作规程》。

11、严禁打干眼和残眼，做到湿式凿岩。

12、打完钻冲洗孔内泥浆时，不准正视孔口，防止被泥浆打伤脸部。

6.2.2 爆破安全技术措施

1、爆破作业人员

爆破工作人员（包括爆破、送药、装药人员）都必须熟悉爆破材料的性能和有关爆破材料运送、贮存、爆破的规定。

井下爆破工作必须由专职爆破员担任。爆破工必须经专门培训获得爆破操作合格证后方可担任此工作，并持有效证件上岗。

2、装配引药

装配引药必须在顶板完好、支护完整、避开电气设备和导电体的爆破工作地点附近进行，以免爆破材料受到意外冲击及导通杂散电流，发生早爆等意外事故。爆破工严禁坐在药箱上装配引药。引药的数量以一次爆破的炮眼数为准，严禁多装。雷管只许从没有聚能穴一端全部装入。

3、装药

装药前，首先安全检查员必须检查工作面爆破地点附近的安全情况下，在爆破地点 20m 以内，必须清除巷道杂物，当巷道断面的 1/3 被阻塞时，不得装药爆破。掘进工作面的支护未按作业规程的规定进行支护或支护损时，严禁装药爆破，以免发生冒顶事故。未清除炮眼内的岩粉时，严禁装药爆破，以免发生拒爆。装药以后，一定要把雷管脚线悬空，禁止脚线与各种金属导体接触导通杂散电流发生早爆。

4、炮泥及封泥量

炮泥采用不可燃，粘性较好的黄泥制成，严禁用其它可燃性材料充当炮泥。炮眼封泥长度不得小于 0.5m。

5、连线

连线应该从一端向另一端进行,不能从中间向两端连接,以免出现接错。脚线的连接工作可由经过专门培训的班组长协助爆破工进行，但爆破母线连接脚线、检查线路和通电工作必须由爆破工一人操作。爆破母线和连接线、电雷管脚线和连接线、脚线与脚线之间的接头必须相互扭紧并悬空，不得与轨道、金属管、金属网、水体等导电体接触。爆破母线与电缆、电话线、信号线应分别挂在溶洞的两侧。如果不能分开悬挂，爆破母线必须挂在电缆的下方，并保持 0.3m 以上的距离。只准采用绝缘母线单回路爆破，严禁用轨道、金属网、金属管、水或大地等当作回路。爆破前后，爆破母线必须扭结成短路。

6、爆破

爆破前，安全检查员应对工作面附近安全情况进行全面检查，确保排除一切不安全因素后方可爆破。

由班组长布置专人在警戒线和所有可能进入爆破地点的通道上担任警戒工作，警戒人员必须在有掩护的安全地点进行警戒。

爆破前，班组长必须清点人数，确保无误后才能下达爆破命令。爆破工必须最后离开爆破地点。

爆破工必须持证上岗，爆破时必须坚持“一炮三检”和“三人连锁”爆破制。

爆破器的把手、钥匙必须由爆破工随身携带，不得转交他人。启爆后，必须立即取下钥匙，摘掉母线并扭结成短路。通电后不爆时，爆破工必须取下钥匙，摘掉母线并扭结成短路，再等一定时间（使用秒级段发雷管至少等 15min），才能沿线检查，找出原因。

爆破后，待炮烟散尽，安全检查员首先检查爆破地点的通风、顶板、支

护、瞎炮、残爆等情况，如有危险必须立即处理。经检查无隐患后，才通知其他人员进入爆破地点进行下一工序的工作。

7、瞎炮的处理

处理拒爆必须在班组长指导下进行，并应在当班处理完毕。如果当班未处理完毕，当班爆破工必须到现场向下一班爆破工交接清楚。

处理拒爆时，必须遵守下列规定：

- 1) 由于连线不良造成的拒爆，可重新连线启爆。
- 2) 在拒爆炮眼 0.3m 以外另打一个与拒爆炮眼平行的新炮眼，重新装药启爆。
- 3) 爆破严禁用镐刨或从炮眼中取出启爆药卷或从启爆药卷中拉出电雷管。不论有无残余炸药严禁将炮眼残底继续加深；严禁用打眼的方法往外掏药；严禁用压风吹拒爆（残爆）炮眼。
- 4) 处理拒爆的炮眼爆炸后，爆破工必须详细检查炸落的矿矸，收集未爆的电雷管和炸药。
- 5) 在拒爆未处理完毕以前，严禁在该地点进行处理与拒爆无关的工作。

8、其他现场细则

- 1) 溶洞检修放炮必须由专职放炮员担任并持证上岗。
- 2) 装配引药前，放炮员必须到迎头了解炮眼个数。装配引药的数量，以当时当地需要的数量为限。
- 3) 装药时，首先必须用气管压缩空气清除炮眼内的岩粉，再用木质炮棍将药卷轻轻推入，不得用劲冲撞或捣实。炮眼内各药卷必须彼此密接。
- 4) 装药后必须把电雷管脚线悬空，并扭结短路，严禁电雷管脚线、放炮线同电气设备、运输设备等导电体相接触。
- 5) 对无封泥、封泥不足、不实；无水炮泥的炮眼，严禁放炮。
- 6) 严禁打眼与装药平行作业。
- 7) 放炮必须使用防爆性能的放炮器。严禁用明火、供电电源等放炮。严

禁放明炮和放糊炮。

8) 放炮前, 班组长必须亲自布置人员在警戒线处设警和可能进入放炮地点的所有通道上布置人员担任警戒工作。警戒处应设置警戒牌、拉绳等标志, 并坚持送、撤岗制度。警戒距离直巷道不少于 100m, 弯巷不少于 75m。

9) 放炮前后必须对放炮点附近 20 范围内巷道洒水冲尘。

10) 放炮前脚线的连接可由经过专门训练的班组长协助放炮员进行。放炮母线连接脚线、检查线路和通电工作, 只由放炮员一人操作。

11) 放炮员必须最后一个离开放炮地点, 并在警戒线以外的安全地点准备放炮。

12) 放炮员接到放炮命令后必须先发出放炮警号 3 次, 至少再等 20 秒钟后方可放炮。

13) 放炮器的钥匙必须由放炮员随身携带, 不得转交他人。放炮后必须立即将钥匙拔出, 摘掉母线并扭结短路。不到通电放炮时, 不得将钥匙插进放炮器插孔内。

14) 通电后装药炮眼不响时, 放炮员必须先将把手或钥匙从放炮器上取下, 然后摘掉放炮母线并扭结成短路, 至少再等 15 分钟后方可沿线路检查, 找出不响的原因。

15) 在每次放炮后, 必须待工作面炮烟吹尽后, 放炮员和班组长必须巡视放炮地点, 检查通风、顶板等情况, 发现问题要及时处理。坚持敲帮问顶工作, 确保安全后方可进行下一次联线放炮工作。严禁一人操作, 严禁不检查慌忙作业, 防止发生片帮、出水等不安全事故。严禁炮烟未吹尽人员就进入作业。

16) 严禁在残眼内继续打眼, 发现瞎炮及时处理, 处理方法: A、因联线不良可重新联线放炮; B、在距瞎炮 0.3m 处平行打一炮眼放炮, 严禁手拉、镐刨、压风吹, 禁止边打眼边装药或做与之无关的工作。

17) 放炮后班组长、安全员、放炮员必须检查施工地点顶板、残、瞎炮等

情况，发现问题立即处理。

18) 放炮后等 30 分钟，待炮烟吹净后方可进入工作面。

6.2.3 顶板管理安全技术措施

1、掘进工作面严禁空顶作业。靠近掘进工作面 10m 内的支护，在爆破前必须加固。爆破崩倒、崩坏的支架必须先行修复，之后方可进入工作面作业。修复支架时必须先检查顶、帮，并由外向里逐架（排）进行。必须采取前探支护或其他措施。

2、架棚支护和巷道锚梁网索支护时，迎头至永久支护间，必须使用金属前探梁，前探梁要及时紧跟迎头。

3、严格执行敲帮问顶制度。开工前，班组长必须对工作面安全情况进行全面检查，确认无危险后，方准人员进入工作面。每次开工前或放炮后，均应及时进行找顶，找净顶部及两帮的活矸及危矸，对于找不掉的可采用点柱支护等行之有效的方法加以处理。

4、找顶人员应站在支护完好的安全地点，并保证后路安全畅通。

5、找顶工作应从支护完好的地方开始，由外向里，上坡地段应站在一侧进行，先顶部后两帮依次进行，找顶地点不准同时进行其它工作。

6、找顶工作应由两名有经验的工人担任，其中一人找顶，另一人辅助照明，观察顶板。观察人员应站在找顶人员侧面。

7、敲帮问顶时，敲击若发出“咚咚”的声音，应立即找下去，要顺着裂隙慢慢进行，不得硬刨。

8、巷道过断层或顶板破碎时，超前临时支护除正常使用前探梁外，应采用带帽点柱或撞楔等加强超前支护。

9、班队长应亲自巡视后路，发现问题及时处理，搞好顶板管理工作。

10、需改变支护形式及参数，需及时补充措施，并经审批后执行。

6.2.4 运碴安全技术措施

- 1、司机应经过专业技术培训，经考试合格，持证后方可单独操作。
- 2、拖拉机的使用宜定人定机，严禁将设备交给不熟悉本机性能的他人操作。
- 3、设备运转时，严禁进行润滑、调整和维修作业，严禁用手触及各回转、转动等部位。
- 4、严禁酒后作业，加油时严禁吸烟。
- 5、当拖拉机通过狭路、陡坡、急弯岔道、崎岖路面、盘山道路、傍山险路、危险路段、公路平交道时，应一人操作运行，一人进行引路和指挥。
- 6、拖拉机作牵引时，应使用销子连接，起动与后退均应缓慢。上坡时应事先换档变速，不应高速冲坡。下坡时严禁放空档溜放，而应用低速档控制行驶。
- 7、不应在超过 30%的斜坡路面上行驶，在高低不平的坚硬地面或有石渣的路面作业时，不应高速急转弯和拐死弯。
- 8、通过有水地段或水中作业时，水面应低于油底壳。当班作业完毕应及时对设备进行检查、维护和清洁、润滑、调整、紧固、防腐等保养工作。
- 9、工作完毕应怠速停车，不应用减压杆停车。在寒冷季节停车，应将车停在干燥和较硬的地面上，放净未加防冻液的冷却水，排放燃油系统的积水并及时添加燃油。液压操纵的设备，应擦净液压缸活塞杆表面的水滴。

6.2.5 衬砌安全技术措施

1、衬砌施工可能存在的安全隐患

- 1) 台架倾覆，人员坠落
- 2) 火灾伤害
- 3) 机械伤害

- 4) 模板变形坍塌伤人
- 5) 钢筋加工中机械伤害，焊接中强光伤眼
- 6) 钢筋绑扎伤害
- 7) 振捣机械用电不当引起触电
- 8) 高空坠落伤害
- 9) 操作平台作业伤害
- 10) 吊装作业坠落伤害

2、预防措施

1) 台架倾覆，人员坠落

使用轮式台架，禁用机械抬举台架。检查防护栏杆安装是否规范、踏板固定是否牢靠。作业人员拴系安全带。

2) 火灾伤害

施工现场应制订火灾应急预案，并进行预案演练。各类灭火器材，消火栓及水带应经常检查和维护保养，施工现场应明确划分禁火区，并设置明显警示标志。在仓库、油库、配电室、木工作业场所、防水板、土工布作业台架等存放易燃易爆物品场所等地点严禁动用明火，并设置明显的“禁止烟火”标志。上述场所及重要的机械设备处应配备相应的消防灭火器材。

3) 机械伤害

操作人员应熟悉作业环境和施工条件，听从指挥，遵守现场安全规定。操作人员在操作过程中应注意机械工况，不得擅自离开工作岗位，严禁无关人员进入工作区域或操作室内。装载机不得在倾斜度超过产品说明书规定的场地作业，不得搭载其他人员，严禁铲斗载人。

4) 模板变形坍塌伤人

模板支架的地基承载力必须符合承载力和沉降要求。

5) 钢筋加工中机械伤害，焊接中强光伤眼

钢筋冷拉调直机必须采用地锚固定，调直机场地两侧应设置防护遮拦，

卷扬机前后应设防止钢筋回弹的防护挡板。调至末端时，应采取防止钢筋甩动和弹起伤人的措施。人工弯曲钢筋时，应检查扳口方正，操作时板子应放平、压牢，防止脱落。电焊工必须持证上岗，作业时按规定佩戴护目镜、面罩，绝缘手套、绝缘鞋、鞋盖等防护用品，密闭空间进行电弧焊时，必须设置有效的通风除尘设施。

6) 钢筋绑扎伤害

绑扎钢筋骨架前，应检查模板、支架、脚手架确认稳固后方可进行绑扎施工。在 2m 以上的高处绑扎钢筋时，不得在模板上集中堆料，严禁直接攀爬钢筋骨架上下。钢筋骨架应支撑牢固，保证稳定。

7) 振捣机械用电不当引起触电

振捣器或振动器应安装漏电保护器，电源线规格应符合设备要求，确保绝缘无破损，接头连接牢固，保护零线符合要求。

8) 高空坠落伤害

高处作业人员必须定期体检。高处作业所需的安全防护用品及防护设施、标志，工具、仪表、电气设施，必须在施工前应进行检查或试验合格，方可投入使用，作业人员必须正确佩戴和使用防护用品。高处作业必须系安全带，安全带应挂在牢固的物件上，严禁在一个物体上栓挂多根安全带或一根安全带上栓多个人。作业人员必须从专用的通道或爬梯上下，严禁攀登脚手架。攀登的用具、结构构造必须牢固可靠。高处作业所用的物料、机具、工具等，必须堆平放稳，不得妨碍通行和装卸。

9) 操作平台作业伤害

操作平台应具有足够的强度、刚度和稳定性，并应标明容许荷载值，使用过程中严禁超过容许荷载。操作平台四周必须按要求设置防护栏杆，并应设置登高扶梯。作业人员在平台顶面操作时，不得跨到防护栏外侧，移动操作平台时，必须待作业人员离开平台后进行。

10) 吊装作业坠落伤害

应检查吊钩，钢丝绳和安全装置进行检查，发现性能不正常时，应在操作前排除。钢筋、型钢、管材等细长和多根物体吊装时，必须捆扎牢固，多点起吊。

3、应急措施

如在施工中发生重大事故时，第一时间由现场安全员组织施工人员撤离并及时通知项目部做事故处理及救援工作。

施工中如有人员受伤应第一时间通知值班安全员，并及时通知相关领导。由值班安全员组织伤者赴院急救。

6.2.6 锚喷安全技术措施

6.2.6.1 锚网支护安全技术措施

1、施工程序：敲帮问顶→临时支护→打网→出货收尾。

施工中，需敲帮问顶，即：由一名有经验的工人使用长度不少于 2m 的长柄工具站在护身点柱下，找到顶帮松石，一人找顶、一人监护，找顶时，被找地点下方严禁站人，严禁空顶作业。

2、临时支护。采用带帽点柱将顶板护好，只有在护好顶板情况下，才能施工。施工过程中，人员站在护身点柱下进行操作。点柱用 $\Phi 18\text{cm}$ 以上圆木、用 70mm 厚大板带帽。

3、打锚杆。锚杆眼必须垂直巷道周边布置，与之夹角不少于 75° ，外露不大于 50mm。

4、安装锚杆、挂网。锚杆为 $\Phi 18 \times 1800\text{mm}$ 等强度应力锚杆，眼内装锚固剂 Z2355 二卷。在安装锚杆前用高压风净孔，净孔时孔前方严禁站人，以防孔内研石伤人。锚固剂搅拌时间不少于 30s，待 8min 后上好托板，托板必须上紧，紧贴岩面。金属网规格为 $2000\text{mm} \times 1000\text{mm}$ ，锚网压茬 200mm，做到平、直、齐，锚网紧贴岩面，螺母必须上紧，并对杆尾施加一定预紧力，减压垫圈必须挤烂。锚固力达不到要求必须重新补打，锚杆打齐后及时挂网，挂网要从顶板中部向两边铺，两边顶部过肩窝，在巷道帮部加网至底角；严

禁空顶作业。锚杆采用 $\Phi 18\text{mm}$ 、长 1800mm 三级螺纹钢。

5、如锚网段需要加补锚索；锚索用 MQT-100Q 气动锚索机打，锚索眼打好后，眼内装三卷中速药卷，然后将锚索推至眼底开始搅拌，搅拌 40s 后，固定不动，待 30min 后上托板及锚索，最后用锚索涨拉仪预紧。

6、打锚索眼时，孔直度要高，既接换转杆时，应确保转机位置不动，保持一条中线。

7、孔壁要清洁，钻孔完成后，应反复冲刷，直至孔内出清水。不留岩粉。

8、施工完毕后，将现场清理干净。

6.2.6.2 喷浆安全技术措施

1、喷浆前准备

1) 施工前提前接好风水管路，喷浆机电源等。

2) 施工前准备好喷浆材料，并归类放置整齐。

3) 施工前应把该处落下的电线、电缆及照明设备等保护好，不能落下的设备，应进行包扎。

4) 巷道内的风水管路应进行包扎，防止喷浆时喷浆体污损管路；巷道内的牌板、测点等应保护好，防止喷浆体掩盖。

5) 喷浆前必须挂设标准线，挂线数量除要去外，有特殊情况根据现场情况确定。

6) 清理施工场地，将风、水管线接好，打开供风、供水阀门，检查风压、水压，并检查风水管路是否漏风、漏水、畅通，如有问题及时处理。

7) 喷浆机安设在支护完好的巷道段。

2、质量标准及要求

1) 净宽：宽度不超过设计的 $0-150\text{mm}$ 。

2) 净高：腰线至顶、底板的距离不超过设计的 $0-150\text{mm}$ 。

3) 喷层厚度不小于设计的 90%。

4) 表面平整度允许偏差为 $+50\text{mm}$ 。

5) 喷射混凝土时必须用标号不低于 42.5 的普硅水泥, 沙为纯净的河沙, 石子粒直径小于 10mm, 将粒径大于 15mm 的石子控制在 20% 以下。

6) 要求每班洒水 2 次, 洒水的养护时间不少于 28 天。

7) 要求水泥: 砂: 石子配比为 1:2:2, 水泥标号不低于 42.5, 混凝土标号为 C20, 速凝剂掺量为水泥重量的 4%。

8) 要求回弹率, 顶部不大于 25%; 两帮不大于 15%。

9) 要求喷浆时通过调节阀门控制合适的水、灰比 (0.4~0.5)。

3、操作注意事项

1) 全锚网巷道喷浆前, 首先处理网兜、锚杆松动、锚盘不贴岩面处, 将网兜剪开放落碎矸后, 重新将网联结好。将松动的螺母拧紧, 使边网贴帮(顶), 锚杆不起作用的要重新补打, 缺网片的地点要补齐网片。

2) 喷浆前要用高压风水冲洗受喷面, 保证喷体与受喷面结合严密。喷射手控制好水灰比, 以喷出料不发白、不流淌、表面有光泽为宜。喷浆前, 要用高压风水冲洗受喷面, 保证喷体与受喷面结合严密。

3) 喷浆操作一般由 2 人进行, 施工过程中两人要密切配合, 发现问题及时处理, 喷射手要控制好水灰比, 以喷出料不发白、流淌、表面有光泽为宜。喷浆时, 要掌握好喷射角度和喷射距离, 喷嘴力求垂直岩面。喷射顺序一般自下而上、由后向前, 先填凹补坑找平后再按正规操作, 做一次性喷射到底。

4) 喷浆工作要严格按“三到底、一拉线、四无”的要求执行。即: 喷射清理到底、喷射时喷到硬底、喷后两帮回弹料清理到底; 按优良尺寸标准拉线喷浆; 无积水、无失脚、无穿裙、无筋。

5) 喷浆机启动前, 要将机内大块矸石、杂物取出, 以防堵管。喂料停止后, 要待料腔、料管内余料全部吹净后再停机, 并将机器内外清扫干净。喷浆机的操作顺序: 开机: 开水—开风—送电—喂料—喷射; 停机: 停止喂料—停电—停风—停水。如遇特殊情况时要先停电。

6) 喷浆机送风时, 一定要固定好喷头, 防止喷头摆动伤人。处理堵管时,

不准带风或加大风压处理，要停电、停风打开放风阀敲打堵管处，然后关闭放风阀送风、送电处理。采用敲击法不通时，要拆开管进行处理。喷头任何情况下都不能对着人。

7) 喷浆前，各种高压风水管路必须连接牢固，并外加 10#铁丝连在一起的保护连接，防止断开伤人。

8) 喷浆时必须使用水幕，拌料地点下风口、喷浆地点回风处各安设一道水幕。

9) 实行潮料喷浆：喷浆拌料要加入适量的水，使拌出的料手握成团，松开即散，嘴吹无灰。

10) 加强个体防护，喷浆时必须佩戴防尘口罩，无防尘设施不得开工，工作面的各种防尘设施要灵敏可靠。坚持正常使用。施工人员要保护好各种防尘设施，如有损坏必须及时进行维修，确保正常使用。

11) 喷浆施工时必须要有专人进行安全监护。

12) 喷浆前必须将巷道找够喷前尺寸，进行拉线喷浆，喷后保证巷道净尺寸，密实无漏网、漏筋现象，平整度符合要求，巷道净尺寸设计符合要求。

13) 处理巷道尺寸不够的地方时必须在有可靠支护地点进行一次处理范围不得超过 1m²。

14) 严禁人员将身体的任何部位探入喷浆机喂料口内处理堵塞。

15) 处理喷浆管堵塞时，必须缓慢加大风压，并严禁喷头对准人员。

16) 施工时必须做好个体防护。

17) 喷浆工作结束后，要将回弹料清理干净，用手镐切齐墙脚，把凸出部位铲平，清除管线设备上的回弹料。

18) 喷浆支护后严格按照规定时间洒水养护。

19) 高度大于 3m 的巷道应搭工作台，保持喷枪口距受喷面为 0.8-1.0m。

20) 为了保证喷射质量和巷道规格，喷射前挂好三条线。顶部一条，两帮各挂一条线，线里是喷层厚度，线外是巷道的设计尺寸。锚喷手照线喷浆，以

确保喷浆厚度，使巷道喷平、喷直、喷齐，达到巷道表面平整、美观、造型好。

21) 除必须做到围岩面用风、水吹洗干净外，还应做到“五不喷”。两帮的基础挖不到底、矸石不清理干净不喷；巷道尺寸不合格不喷；锚杆数量、质量不合格不喷；中线、腰线不清不准不喷；混凝土配料不准、搅拌不均不喷。

22) 喷浆前工作面矸石清到底；两帮的基础挖到底；巷道的浮石、活石找到底；喷浆后回弹物清理到底。

23) 喷射前两帮墙根附近的浮石及杂物未清除干净；两帮基础未挖到底；当巷道喷完后，发现底板标高不符合设计要求，拉底后墙根围岩外露，补喷。严禁混凝土出现“赤脚”与“穿裙子”现象。

24) 喷射混凝土的表面平整度允许偏差 $\leq 50\text{mm}$ ，检查方法是用 1m 靠尺和塞尺量检查点上 1m^2 内的最大值；基础深度的允许偏差是 $\leq 10\%$ ，检查方法是尺量检查点两墙基础深度。

25) 喷浆的回弹料，可加收后掺入新料中，但掺量不得超过 30%。

4、喷浆作业时安全技术措施

1) 首先检查处理工作地点的不安全因素，敲帮问顶，用长柄工具排除浮矸危石，确认安全后方可开始工作。

2) 全面检查巷道断面，如果因巷道变形，有影响巷道断面的，要先进行整修后再喷浆，以保证喷浆后的巷道规格。

3) 喷浆前要对喷浆机具和供风、水、电管线进行全面检查，并重点检查喷浆机罐体内有无混凝土结块、大石块和其它杂物；拨料轮盘上的胶结物是否太多，喷浆机的出料口是否有水泥结料，是否与密封胶垫吻合良好，出料口是否有粘结物或堵塞现象，进风、排风阀门是否畅通，压力表、电动机及各传动部件是否正常，操作手把、开关按钮是否灵敏，各密封部位是否密封，减速箱和各轴承是否有油，通过动力风压空转检查传动部位是否转动灵活可靠，是否漏风，并调整好压风管路。

4) 检查混合料搅拌是否均匀，配比是否正确，是否有杂物或直径大于15mm 的石子。

5) 喷浆前要找出需喷部位的凸凹量，要确保喷浆巷道的规格，喷浆层厚度和平整度。喷浆前先用压力水冲洗巷帮，应做到冲洗一段喷一段。

6) 喷浆开始时，上料要连续均匀，做到料满而不外溢，同时将速凝剂按比例均匀掺入料斗；加料人员要扣锹倒入，并且必须使用潮料，以减少粉尘飞扬，作业人员还必须佩戴劳动保护用品；双人加料时要相互注意对方锹起锹落，不要碰伤对方；加料时要听从喷浆手指挥，叫加就加，叫停就停，加料工要密切注意喷浆机运转情况，如发现漏风、跑风或电动机有异常声响，要立即停机检查，进行处理。

7) 喷浆手要一手托喷头，一手调节水阀，并指挥加料，开喷时应先将所有受喷面喷一薄层混凝土，覆盖住预喷面。喷浆方法可采用划圆喷浆或走线喷浆均可，划圆喷浆时，以螺旋状一圈压半圈沿横向作缓慢的划圈运动，圆圈的直径以 200mm—250mm 为宜；走线喷浆时沿水平方向作反复运动。

8) 喷浆手要根据井巷的喷浆部位和岩石特征掌握好喷浆角度、喷浆距离、一次喷浆厚度、水灰比、回弹率的大小及巷道的规格要求和喷浆程序。喷浆角度接近垂直于岩面，喷墙时喷射角度以 10° — 15° 下俯为宜，喷顶时其最小夹角小于 15 度，喷浆距离以 0.6m—1.2m。喷浆程序是先墙后拱，自下而上，先喷成半边巷道，再调转喷头喷另半边巷道，最后合拢收顶。一般情况先喷裂缝处与超挖部位，即先填凹补充，找平台再按上述操作喷射。

9) 在喷浆过程中，喷浆手和副手要密切配合，副手观察浆情况，及时用信号指示喷浆位置和方向，使喷浆工作顺利完成。

10) 开机和喷浆时，严禁将喷枪口对着人；喷口附近不许站人，防止喷出物料伤人，严禁将手、头或其它物体伸入喷浆机内。

11) 喷浆手必须严格按顺序操作，作业开始时，先给风、给水，后送电给料；作业结束时，先停止加料，待罐内喷料用完后，再停电，最后断水、停

风，并将喷浆机料口加盖保护好。

12) 操作过程中，若发现堵管现象应及时处理。处理堵管时，要先将软管拉直，用手锤沿管敲击寻找堵塞部位；找到堵塞处后，可将风压增至 3—4 公斤/平方厘米，并用锤沿管敲击使其畅通。处理喷管堵塞时，在喷枪口的前方及附近严禁有其他人员，以防突然喷出或管路跳动伤人。施工中若突然停风、停电、停水不能继续作业时，对喷浆机和输料管中的混合料应及时清理干净。

6.3 建议补充的安全对策措施

1、施工单位应当向作业人员提供安全防护用具和安全防护服装，并书面告知危险岗位的操作规程和违章操作的危害。（《建设工程安全生产管理条例》国务院令第 393 号，第三十二条）

2、设计单位应当就审查合格的施工图设计文件向施工单位作出详细说明。（《建设工程质量管理条例》根据国务院令[2019]第 714 号第二次修改，第二十三条）

3、设计单位应当考虑施工安全操作和防护的需要，对涉及施工安全的重点部位和环节在设计文件中注明，并对防范生产安全事故提出指导意见。（《建设工程安全生产管理条例》国务院令第 393 号，第十三条）

4、施工单位必须按照工程设计图纸和施工技术标准施工，不得擅自修改工程设计，不得偷工减料。施工单位在施工过程中发现设计文件和图纸有差错的，应当及时提出意见和建议。（《建设工程质量管理条例》国务院令第 279 号，第二十八条）

5、施工单位必须建立、健全施工质量的检验制度，严格工序管理，作好隐蔽工程的质量检查和记录。隐蔽工程在隐蔽前，施工单位应当通知建设单位和建设工程质量监督机构。（《建设工程质量管理条例》国务院令第 279 号，第三十条）

6、施工单位主要负责人依法对本单位的安全生产工作全面负责。施工单

位应当建立健全安全生产责任制度和安全生产教育培训制度，制定安全生产规章制度和操作规程，保证本单位安全生产条件所需资金的投入，对所承担的建设工程进行定期和专项安全检查，并做好安全检查记录。（《建设工程安全生产管理条例》国务院令第 393 号，第二十一条）

7、建设工程施工前，施工单位负责项目管理的技术人员应当对有关安全施工的技术要求向施工作业班组、作业人员作出详细说明，并由双方签字确认。（《建设工程安全生产管理条例》国务院令第 393 号，第二十七条）

8、对施工人员进行隧道施工安全知识的教育，普及《中华人民共和国安全生产法》，特别加强培训隧道施工的安全注意事项，危险辨识等知识。

9、内、外部应急预案

（1）应急预案中对于危险性较大的场所、装置或者设施，施工单位应当编制现场处置方案。现场处置方案应当规定应急工作职责、应急处置措施和注意事项等内容。事故风险单一、危险性小的施工单位，可以只编制现场处置方案。（《生产安全事故应急预案管理办法》（国家安监总局令第 88 号公布，根据 2019 年 7 月 11 日国家应急管理部令第 2 号修改），第十五条）

（2）施工单位的应急预案经评审或者论证后，由本单位主要负责人签署，向本单位从业人员公布，并及时发放到本单位有关部门、岗位和相关应急救援队伍。

事故风险可能影响周边其他单位、人员的，施工单位应当将有关事故风险的性质、影响范围和应急防范措施告知周边的其他单位和人员。（《生产安全事故应急预案管理办法》（国家安监总局令第 88 号公布，根据 2019 年 7 月 11 日国家应急管理部令第 2 号修改），第二十四条）

10、根据本工程存在的主要存在的危险、有害因素，施工单位应编制但不限于以下应急预案：

（1）炸药爆炸事故应急预案；

（2）放炮事故应急预案；

- (3) 冒顶片帮事故应急预案；
- (4) 中毒和窒息事故应急预案；
- (5) 坍塌事故应急预案；
- (6) 透水事故应急预案；
- (7) 车辆伤害事故应急预案；
- (8) 高处坠落事故应急预案；
- (9) 起重伤害事故应急预案；
- (10) 触电事故应急预案。

11、积极与相关方沟通，建立联动机制，制定应急事故预案，应包括综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案；明确应急救援组织机构的领导小组和人员的职责，积极与相关方沟通，建立紧急事项联动机制。应急预案中应细化反应方式和应急预流程。安排好抢修队伍和抢修设备工具，随时应对突发性事件。并定期对施工人员进行应急救援培训，组织应急演练。（《建设工程安全生产管理条例》国务院令第 393 号，第四十八条）

12、施工单位应当根据建设工程施工的特点、范围，对施工现场易发生重大事故的部位、环节进行监控，制定施工现场生产安全事故应急救援预案。实行施工总承包的，由总承包单位统一组织编制建设工程生产安全事故应急救援预案，工程总承包单位和分包单位按照应急救援预案，各自建立应急救援组织或者配备应急救援人员，配备救援器材、设备，并定期组织演练。（《建设工程安全生产管理条例》国务院令第 393 号，第四十九条）

13、严格执行动火管理制度、安全操作规程，严禁违章动火；进行动火作业施工前，施工作业人员应填写动火作业票，经施工审批合格后方可进行动火作业。

14、施工单位必须强化施工工序和现场管理，确保支（防）护到位，严禁支护滞后和安全步距超标。（《国家安全监管总局 交通运输部国务院国资委国家铁路局关于印发<隧道施工安全九条规定>的通知》（安监总管二〔2014〕

104 号），第三条）

15、施工单位必须落实超前水文地质探测预报各项规定，监控量（探测数据超标立即停工撤人，严禁冒险施工作业。（《国家安全监管总局 交通运输部国务院国资委 国家铁路局关于印发<隧道施工安全九条规定>的通知》（安监总管二〔2014〕104 号），第四条）

16、施工单位必须对有毒有害气体进行监测监控，加强通风管理，严禁浓度超标施工作业。（《国家安全监管总局 交通运输部国务院国资委 国家铁路局关于印发<隧道施工安全九条规定>的通知》（安监总管二〔2014〕104 号），第五条）

17、施工单位必须严格控制现场作业人数，掘进作业面应实施机械化作业，严禁超员组织施工作业。（《国家安全监管总局 交通运输部国务院国资委 国家铁路局关于印发<隧道施工安全九条规定>的通知》（安监总管二〔2014〕104 号），第六条）

18、施工单位必须按照规定设置逃生通道，严禁在安全设施不到位的情况下施工作业。（《国家安全监管总局 交通运输部国务院国资委 国家铁路局关于印发<隧道施工安全九条规定>的通知》（安监总管二〔2014〕104 号），第七条）

19、施工单位必须按照规定严格民用爆炸物品管理，严禁在施工现场违规运输、存放和使用民用爆炸物品。（《国家安全监管总局 交通运输部国务院国资委 国家铁路局关于印发<隧道施工安全九条规定>的通知》（安监总管二〔2014〕104 号），第八条）

20、施工单位必须按照规定制定应急预案、配备救援装备，严禁事故发生后违章指挥、冒险施救。（《国家安全监管总局 交通运输部国务院国资委 国家铁路局关于印发<隧道施工安全九条规定>的通知》（安监总管二〔2014〕104 号），第九条）

21、建设单位应加强事前预防管控，牵头组织各参建单位建立全过程风

险管控制度，健全参建单位考核检查管理制度，强化对勘察、设计、施工、监理、监测、检测单位的安全生产履约管理。建设单位不具备项目管理条件的，应当委托专业机构和人员进行管理和服务。

22、施工总承包单位依法对施工现场安全生产负总责，建立健全项目管理机构和现场安全生产管理体系，落实全员安全生产责任制，完善安全生产条件，组织开展施工现场风险管控和隐患排查治理。隧道项目负责人必须在岗履职，按要求带班作业，危大工程等关键节点施工时必须指派专职安全生产管理人员到场指挥监督。总承包单位要与分包单位签订安全生产管理协议，强化管理措施并承担连带责任，不得转包或违法分包。鼓励施工企业和项目配备安全总监，并赋予相应职权。

23、严格落实勘察设计单位安全责任，依据相关标准规范，在设计阶段采取合理措施降低隧道安全风险，在施工图中提出应对风险的工程措施和施工安全注意事项，在施工过程中做好设计安全交底、施工配合和设计巡查等工作。

24、严格落实监理单位安全责任，认真审查专项施工方案，督促施工单位落实法律法规、规范标准和设计有关要求，加强日常安全检查。

25、施工过程中严格执行建设工期，不得随意压缩合理工期。确需调整工期的，必须经过充分论证，并采取相应措施，优化施工组织，确保工程安全质量。

26、施工现场应建立隧道关键工序或工序调整施工前核查验收制度，落实关键工序施工前的参建各方审查责任。建立健全施工方案落实监督和纠正机制，强化施工单位项目管理班子对作业班组的穿透式管理，严格施工现场监理监督检查，防止施工方案和现场施工“两张皮”。

27、依法制定风险分级管控和隐患排查治理、项目安全风险管控、重大生产安全事故隐患报告以及安全教育培训等制度，规范管控行为。严格控制进洞人员数量和洞内高危点位人员数量，严防人员聚集增大事故风险。

28、施工过程中做好超前地质预报，突水突泥等风险区段应严格落实有疑必探、先探后挖、不探不挖。

29、加强施工现场勘察、设计单位配合，强化动态设计，关键节点施工前参与检查和验收，并做好工程施工过程的后评估，对揭示地质条件与勘察设计不符的，动态调整开挖方案、支护参数、辅助设施、施工资源等综合风险应对措施。

30、严格安全风险评估制度，建立风险工点管理清单。组织制定专项施工方案，落实方案审批及专家论证流程，规范施工工序管理，按照方案开展交底、施工和验收工作，落实锚喷支护施作的质量和及时性、控制施工步距和开挖循环进尺、强化监控量测反馈预警等措施规定。严格落实方案变更论证审查程序，严防通过“设计优化”“工艺变更”“材料替代”等形式降低标准，增大安全风险。

31、强化进洞施工人员管控和安全技术交底，加强对作业人员岗位安全生产和应急避险知识的培训教育，以及典型事故案例警示教育，对超前处理、钻孔、爆破、找顶、支护、衬砌、动火、铺轨等关键作业工序，监理人员应加强监督，项目部管理人员必须进行旁站监督。

32、对于按照规定需要进行第三方监测的危大工程，建设单位应当委托独立的第三方单位进行监测。

33、施工过程中，按照隐患动态“清零”的原则，督促加强施工现场“日检、周检、月检”等常态化排查治理，开展季节性、节假日、重大活动等专项排查，及时制止和纠正违章指挥、强令冒险作业、违反操作规程的行为。充分运用信息化手段，实施问题隐患清单化管理和闭环管理。

34、针对地区环境、隧道类型、地质水文条件和风险类别等特点，各参建单位应制定综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案。加强应急演练，制定演练计划，每半年至少组织一次应急预案演练，使所有参建人员熟悉应急处置和逃生方式。

35、建议与临近救援力量签订救助协议，按规定配备应急物资、装备，定期进行检测维护，使其处于适用状态。与当地气象、水利、自然资源、地震等部门建立联动工作机制，开展项目营地、场站、临时作业场所环境风险评估，遇重大事故或自然灾害前兆，及时发布预警，采取停止作业、撤离人员等方式，严禁冒险作业。

36、隧洞施工临时用电需构建可靠的供电系统，严格落实“三级配电、两级保护”，选用防水防尘设备与电缆（若隧洞为高瓦斯隧洞，需选用防爆设备），规范线路悬挂或穿管保护，采用 TN-S 接零保护系统并确保接地、防雷措施到位。潮湿环境使用安全电压，爆破前切断作业面电源并做好设备防护。需强化安全管理，电工持证上岗并每日巡检，重点检查漏电保护、线路绝缘及设备运行状态，做好人员培训与技术交底。配备备用电源与应急照明，制定触电、电气火灾等应急预案，定期开展联合检查与隐患闭环整改，特殊工况下（如突水、高粉尘）需针对性加强防护，确保用电安全。

37、严禁在隧洞内储存、分装柴油。隧洞施工操作层面需规范设备管理，柴油动力机械（如爬碴机、拖拉机）需保持良好通风，排气管安装防火帽，定期清理发动机积碳与油污，避免高温引燃可燃物。作业人员严禁携带火种进入施工区域，维修保养时切断电源，使用防爆工具，制定柴油泄漏应急预案，一旦发生泄漏立即停止作业、疏散人员，用沙土覆盖泄漏物并清除火源，确保施工安全。

38、隧洞施工应急物资管理需遵循“超前储备、分类管理、快速响应”原则。建议在洞口及洞内设置应急物资箱，配备安全帽、防尘口罩、应急照明（电池续航 ≥ 4 小时）、急救包（含止血带、碘伏等）、逃生绳（承重 $\geq 200\text{kg}$ ）及手持对讲机等。建议洞外设置专用储备仓库，存放足量担架、消防水带、干粉灭火器、抽水机、通风机等设备，物资清单上墙公示，定期检查维护，确保性能完好。同时，需建立应急物资动态管理制度，明确专人负责应急物资收发与台账更新，严禁挪用或随意变动位置。针对突水、坍塌等风险，制定专项

应急预案并定期演练，确保作业人员熟悉物资存放位置及使用方法。此外，在物资存放点设置明显标识牌（如“应急物资，严禁占用”），与外部救援机构建立联动机制，确保突发情况下应急物资能迅速调配，为抢险救援争取时间。

39、突泥、突水预防措施建议：隧洞施工应强化超前地质预报，采用地质雷达、超前钻探、手段探明前方地质情况，对富水断层、岩溶发育带等风险区域严格执行“先支护、后开挖”原则，提前制定超前支护方案（如：注浆加固（例如水泥-水玻璃双液注浆），设置超前排水孔释放水压，控制单孔出水量）。施工中优化支护参数，采用合适的施工方法，缩短开挖进尺，及时施作初期支护，严禁超挖、欠挖。

40、施工现场需配备充足排水设备，在洞内设置多级排水系统，并预留应急抽水管道接口。制定突泥、突水专项应急预案，突泥、突水发生时立即停止作业、撤离人员，第一时间封堵掌子面（利用沙袋、型钢骨架等）并启动排水，同时监测周边地表沉降与洞内水位变化，待险情稳定后采用地质雷达等技术手段复查后方土体密实度，确认安全再逐步恢复施工。

7 安全评估结论

7.1 危险有害因素辨识与分析结果

1) 本工程存在的主要危险有害物质为设备设施使用的柴油，主要存在着火灾、爆炸的危险特性。

2) 根据对本工程区域自然条件的分析，在采取必要的工程措施和管理措施以后，自然条件对施工的影响达到可接受范围。

3) 本工程施工过程中危险有害因素有炸药爆炸、放炮、冒顶片帮、中毒和窒息、坍塌、透水、高处坠落、火灾、触电、车辆伤害、机械伤害、容器爆炸、物体打击、淹溺等。运用预先危险性分析进行评价，炸药爆炸、放炮、冒顶片帮、中毒和窒息、坍塌、透水，其危险等级为Ⅲ级；高处坠落、火灾、触电、车辆伤害、机械伤害、容器爆炸、物体打击、淹溺、粉尘、噪声与振动、高温及辐射、有毒有害物质，其危险等级为Ⅱ级。达到Ⅲ级的危险、有害因素导致的事故，会造成人员伤亡和系统损坏，需采取防范对策重点加以控制。

4) 本工程所使用的危险化学品不构成重大危险源。

7.2 应重点防范的危险有害因素

项目进行施工后应重点防范的危险有害因素有：

- (1) 炸药爆炸
- (2) 放炮
- (3) 冒顶片帮
- (4) 中毒和窒息
- (5) 坍塌
- (6) 透水

7.3 应重视的安全对策措施

本报告“6.3 建议补充的安全对策措施”中的安全对策措施均应重视。

7.4 危险、有害因素的受控程度

本工程进行施工存在一定的危险、有害因素，但在认真落实设计方案、施工方专项方案和本评估报告提出的各项安全对策措施，严格执行国家有关法律法规、标准规范的有关规定，可使得危险、有害程度降至可控范围内，安全生产的风险程度可以接受。

7.5 总体评估结论

本工程项目不存在危险化学品重大危险源，在落实设计方案、施工方案及本报告提出的安全措施后，安全生产的风险程度可以接受。

本工程设计、施工、监理单位具备相应的资质条件。

本工程项目的设计方案和施工专项方案合理、可行，基本符合有关规范要求。

综上所述，本报告得出如下结论：

云南粤商轩翌环境科技有限公司麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工在落实《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目设计方案》和《麻栗坡电解金属锰厂雨污分流建设项目施工专项方案》和本报告提出的安全对策措施后，其生产安全的风度程度在可控范围内。

附录

附件：

附件1：委托书

附件2：投资项目备案证

附件3：建设单位营业执照

附件4：设计营业执照、资质证书

附件5：勘查（物探）单位说明及资质证书

附件6：施工单位营业执照、资质证书

附件7：监理单位营业执照、资质证书

附图：

附图1：洞门设计图（一）

附图2：洞门设计图（二）

附图3：隧洞内轮廓设计图

附图4：S-Ma 明洞衬砌结构设计图

附图5：S-Va 衬砌结构设计图

附图6：S-Va 衬砌钢架设计图

附图7：S-Va（Ma）衬砌钢筋设计图

附图8：S-Va 衬砌超前支护设计图

附图9：S-IVa 衬砌结构设计图

附图10：S-IVa 二次衬砌钢筋设计图

附图11：隧洞衬砌预留注浆孔设计图

附图12：逃生通道布置示意图

附图13：隧洞施工方案设计图

附图14：溶洞处理方案设计图

附图15：隧洞沉降缝防水设计图

附图16：隧洞施工缝防水设计图