

保康县桥沟矿区公路隧道改扩建工程

施工图设计

第二册 共三册

湖北中路数智科技有限公司

二〇二五年六月

保康县桥沟矿区公路隧道改扩建工程

施工图设计

第一册	第一篇	总体设计
	第二篇	路线
	第三篇	路基、路面
	第四篇	桥梁、涵洞
第二册	第五篇	隧道
第三册	第十二篇	工程预算

项 目 负 责 人	李俊文
技 术 负 责 人	丁国龙
单 位 负 责 人	刘春青
编 制 单 位	湖北中路数智科技有限公司
证 书 等 级 及 编 号	公路行业（公路）专业乙级 证书号：A142023695 工程勘察专业类岩土工程乙级 证书号：B242023622
编 制 时 间	二〇二五年六月

本 册 目 录

序号	名 称	图表编号	单位	数量	页号	备注	序号	名 称	图表编号	单位	数量	页号	备注
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
	第五篇 隧道	S5					27	5号隧道大里程端洞门设计图	S5-6-5	张	1	69	
	隧道土建						28	5号隧道洞口回填及防护设计图	S5-6-6	张	2	70~71	
一	总体设计	S5-1					七	隧道净空断面	S5-7				
1	设计说明	S5-1-1	张	20	1~20		29	隧道主洞建筑限界及内净空设计图	S5-7-1	张	1	72	
2	隧道表	S5-1-2	张	1	21		八	隧道衬砌结构图	S5-8				
二	1号隧道	S5-2					30	Sma（明洞）衬砌结构设计图	S5-8-1	张	1	73	
3	1号隧道工程数量汇总表	S5-2-1	张	3	22~24		31	Sma（明洞）衬砌配筋图	S5-8-2	张	2	74~75	
4	1号隧道工程地质平面图	S5-2-2	张	2	25~26		32	Smb（明洞）衬砌结构设计图	S5-8-3	张	1	76	
5	1号隧道工程地质纵断面图	S5-2-3	张	2	27~28		33	Smb（明洞）衬砌配筋图	S5-8-4	张	1	77	
6	1号隧道小里程端洞门设计图	S5-2-4	张	3	29~31		34	Smc（明洞）衬砌结构设计图	S5-8-5	张	1	78	
7	1号隧道大里程端洞门设计图	S5-2-5	张	2	32~33		35	Smd（明洞）衬砌结构设计图	S5-8-6	张	1	79	
三	2号隧道	S5-3					36	Smd（明洞）衬砌配筋图	S5-8-7	张	2	80~81	
8	2号隧道工程数量汇总表	S5-3-1	张	3	34~36		37	S5a衬砌结构设计图	S5-8-8	张	1	82	
9	2号隧道工程地质平面图	S5-3-2	张	2	37~38		38	S5a衬砌钢架设计图	S5-8-9	张	1	83	
10	2号隧道工程地质纵断面图	S5-3-3	张	2	39~40		39	S5a衬砌配筋图	S5-8-10	张	2	84~85	
11	2号隧道小里程端洞门设计图	S5-3-4	张	2	41~42		40	S5b衬砌结构设计图	S5-8-11	张	1	86	
12	2号隧道大里程端洞门设计图	S5-3-5	张	2	43~44		41	S5b衬砌钢架设计图	S5-8-12	张	1	87	
四	3号隧道	S5-4					42	S5b衬砌配筋图	S5-8-13	张	2	88~89	
13	3号隧道工程数量汇总表	S5-4-1	张	3	45~47		43	S4a衬砌结构设计图	S5-8-14	张	1	90	
14	3号隧道工程地质平面图	S5-4-2	张	1	48		44	S4a衬砌钢架设计图	S5-8-15	张	1	91	
15	3号隧道工程地质纵断面图	S5-4-3	张	1	49		45	S4b衬砌结构设计图	S5-8-16	张	1	92	
16	3号隧道小里程端洞门设计图	S5-4-4	张	2	50~51		46	S4b衬砌钢架设计图	S5-8-17	张	1	93	
17	3号隧道大里程端洞门设计图	S5-4-5	张	3	52~54		47	S3衬砌结构设计图	S5-8-18	张	1	94	
五	4号隧道	S5-5					九	隧道超前支护	S5-9				
18	4号隧道工程数量汇总表	S5-5-1	张	3	55~57		48	隧道洞口长管棚设计图	S5-9-1	张	2	95~96	
19	4号隧道工程地质平面图	S5-5-2	张	1	58		49	隧道洞口双层超前小导管设计图	S5-9-2	张	1	97	
20	4号隧道工程地质纵断面图	S5-5-3	张	1	59		50	隧道洞内单层超前小导管设计图	S5-9-3	张	1	98	
21	4号隧道小里程端洞门设计图	S5-5-4	张	1	60		51	隧道洞内超前锚杆设计图	S5-9-4	张	1	99	
22	4号隧道大里程端洞门设计图	S5-5-5	张	2	61~62		十	隧道防排水及管沟	S5-10	张			
六	5号隧道	S5-6					52	明洞衬砌防排水设计图	S5-10-1	张	1	100	
23	5号隧道工程数量汇总表	S5-6-1	张	3	63~65		53	隧道衬砌防排水设计图	S5-10-2	张	3	101~103	
24	5号隧道工程地质平面图	S5-6-2	张	1	66		54	隧道洞内施工缝、沉降缝防水设计图	S5-10-3	张	2	104~105	
25	5号隧道工程地质纵断面图	S5-6-3	张	1	67		55	隧道衬砌拱顶注浆设计图	S5-10-4	张	1	106	
26	5号隧道小里程端洞门设计图	S5-6-4	张	1	68		56	隧道内水沟、电缆沟布置图	S5-10-5	张	1	107	

第五篇 隧道

隧道土建设计说明

1 设计原则

隧道设计以“安全、经济、适用、美观”作为基本原则。隧道选址综合考虑洞身地质条件、洞口地形及地质条件、洞外接线工程等因素进行确定，尽量避免不良地质区域；隧道洞口设计严格控制边仰坡高度，避免大挖大刷，尽量实现低仰坡进洞；洞身结构基于新奥法原理进行设计，充分发挥、利用围岩自身的承载能力；隧道防排水设计以“防、排、堵、截相结合”为原则，达到排水通畅、防水可靠、经济合理、不留后患的目的。隧道土建设计充分体现动态反馈设计、信息化施工、动态管理的理念。

1) 充分考虑隧道区地形、地质、水文、气象条件，结合隧道规模、隧道自身的结构特征以及施工方案，将隧道轴线尽可能布置在地质条件较好的地层中，并有利于两端接线及洞外工程布置。

2) 注重环境保护与洞口景观设计，坚持环境优先，尽量减少对原始自然环境的破坏，使洞门与自然景观融为一体。

3) 隧道设计遵循“全寿命周期成本”理念，将动态跟踪设计引入隧道工程设计中，对设计方案进行综合分析论证确定，最终达到工程结构的耐久性，行驶的安全性，养护维修的可行性，防灾救援的有效性。

4) 本着“安全可靠、技术可行、经济合理、以人为本”的原则，隧道内设置与交通量、重要性相适应的运营管理设施，各系统具有可扩充性和可升级性，使人、车、路、环境和管理运营设施组成有机统一的交通系统，为隧道使用者提供安全、快捷、舒适、经济的行车环境。

5) 在确保安全的前提下，积极采用新技术、新工艺、新设备。

2 技术标准采用情况

2.1 执行规范、规定

- 《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》(JTG 3370.1-2018)；
《公路隧道设计规范》(第二册 交通工程与附属设施)(JTG D70/2-2014)；
《公路隧道设计细则》(JTG/T D70-2010)；
《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011)；
《公路工程抗震规范》(JTGB02-2013)；
《公路隧道抗震设计规范》(JTG 2232-2019)；
《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660-2020)；
《地下工程防水技术规范》(GB50108-2008)；
《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40-2011)；

- 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2015)；
《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》(JTG/T 3310-2019)；
《公路岩溶隧道设计与施工技术规范》(JTG/T 3373-2024)；
《小交通量农村公路工程技术标准》(JTG 2111-2019)；
《小交通量农村公路工程设计规范》(JTG/T 3311-2021)；
《交通运输部关于进一步加强隧道工程质量和安全监管工作的若干意见》(交质监发〔2013〕594号)；

- 《隧道施工安全九条规定》(安监总管二〔2014〕104号)；
国家其他与隧道工程相关的规范、规定以及有关会议纪要、规定等。

2.2 主要技术标准

- 1) 设计速度：20km/h
3) 隧道主洞建筑限界：
净宽：0.5+0.5+6.5+0.5+0.5=8.5m；净高：5.0m

3 隧道概况

本项目全线共设置隧道5座，总长3511m，其中1~4号隧道为既有隧道改扩建，5号隧道为新建。1~4号隧道现状为双洞布置，左右洞净距约10~15m，隧道为拱形直墙断面，单车道，两侧设排水沟；断面宽5.0m，总高4.7m，直墙高3.3m。1号隧道全段采用设置型钢拱架的锚喷衬砌，2、3、4号隧道仅洞口和洞身局部设置型钢钢架，其余大部分段落岩体表面仅采用喷混凝土封闭。具体的布设情况见下表。

隧道表

序号	隧道名称	起讫桩号	长度 m	洞门形式		备注
				进口	出口	
1	1号隧道	K0+002 ~ K1+270	1268	端墙式	端墙式	改扩建
2	2号隧道	K1+605 ~ K2+374	769	端墙式	端墙式	改扩建
3	3号隧道	K2+402 ~ K2+875	473	端墙式	端墙式	改扩建
4	4号隧道	K3+048 ~ K3+439	391	端墙式	端墙式	改扩建
5	5号隧道	1K0+000 ~ 1K0+610	610	端墙式	端墙式	新建
合计			3511			

4 隧道建设条件

4.1 隧址区自然条件

本项目位于保康县城南西 200°，直距 44 公里，行政区划属保康县马良镇西山村，工程地理位置相对偏远，其地理坐标介于东经 111° 08' 41"~111° 10' 36"，北纬 31° 28' 44"~31° 29' 26"，场地附近的交通网包括 G241、G347、G209、G59、S305、S252 以及多条乡道、县道，交通运输十分便利。

4.1.1 气象

保康县位于鄂西北山区，属于副热带大陆性季风气候，境内沟壑纵横，山峰林立，复杂的地形造就了多样化的气候，素有“高一丈，不一样。阴阳坡，差得多”之说。低山河谷四季分明，冬夏长，春秋短；半高山地区冬长夏短；1500 米以上的高山和 1400 米以上的阴坡山地是冬长无夏，春秋相连。春季由于冷暖空气往返交替出现，乍暖乍寒，降水和大风天气开始增多；夏季气候差异较为明显，雨量集中，初夏多雨，“梅雨期”易发生洪涝，盛夏天气炎热，降雨时空分布不均，有阶段性干旱和局地暴雨洪涝灾害出现，降水占全年的 30~50%左右；秋季天气具有和春季类似的特点，由于冷暖空气交汇和处在副热带高压边缘，加之地形的抬升和阻挡作用，秋雨较为明显，气温下降快，常出现较长时间的阴雨和秋寒，降水量占全年总降雨量的 20%左右；冬季主要气候特点是少雨和寒冷，雨量是全年最少的一季，从 12 月至次年 2 月的总降雨量仅占全年总降水量的 10%左右，雨日也少。

据当地气象观测资料，1993 年至 2005 年平均降水量 1107.9mm，年最大降水量(98 年)为 1678.36mm，年最少降水量(2003 年)为 905.1mm 年平均降雨日 156 天，最大日降水量(98 年 8 月 20 日) 157.88mm，降水集中，雨季(5 月—10 月)降水量占年降水量的 79.1%，旱季(11 月至翌年 2 月)降水量占年降水量的 11.7%，12 月至翌年 3 月为冰冻期。

4.1.2 水文

区域水文地质边界:西部以博道梁~黄连山~黑良山组成的东西向一级地表分水岭为界,中间以王家大坪~火场垭~朱宝山组成的南北向次级地表分水岭为界分为南、北两个水文地质单元。两个单元形态均形成正交隔水边界的水文地质模型。

区域地表水系较发育，北部有王家沟，经霸王河汇入马良坪河（为沮水河上游），南部发育三条溪沟（张家沟、桥沟、脚板沟），桥沟与脚板沟在矿区东南部汇合后与张家沟一起汇入肖家河。

4.2 地震

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)，场区在 II 类场地条件下的地震动峰值加速度为 0.05g，地震动加速度反应谱特征周期 0.35s，对应基本地震烈度值为 VI 度。

4.3 隧址区工程地质条件

4.3.1 地形地貌

项目区为构造剥蚀中山地貌，山脉走向趋于北东向，地势东北高西南低，标高一般在 730~1260m，最高点位于 1 号隧道 K0+780 附近山脊处，最低点位于 4 号隧道出口处。地形陡峭，河谷深切，切割深度约 230~450m，断裂构造控制着水系的发育方向，河床基岩裸露。地形波状起伏，山体自然坡度总体坡度 40~55° 左右，发育大量陡崖、陡坎，山体较为连续，山坡起伏不平，山脊地形稍平缓。终点处发育一条北东向大型山谷，切割深度约 450m，两侧中山切割深度达 230~450m，两侧山体坡度达 70~85°。两侧山谷地形平坦，宽约 50m，杂草重生，堆积大量碎石等，雨季有季节性流水。此外山间小型冲沟发育，断面多呈“V~U”型，沟床纵坡降 110~140%，沟两侧坡度一般 20~40°，山体植被较发育，多以灌木及经济作物为主。

1) 1 号隧道

隧道进口顺接现状矿区进场道路，洞口冲沟与山坡交接处，地形相对平缓，坡度约 15°~30°，灌木及杂草发育，出口处位于现状山脚处与现状道路顺接，坡度约 35°。隧道区间地形波状起伏，山体陡峻，坡度约 30°~45°，山体植被较发育，多以灌木、乔木及杂草为主，最高点位于 K0+780 山脊处，山脊地形相对平缓，高程约 1260m，最低点位于隧道出口处，高程约 930.0m，相对高差约 330m。

2) 2 号隧道

隧道进口顺接现状矿区道路，位于山坡与冲沟交界处，山体坡度约 35°~38°，灌木及杂草发育，隧道出口位于冲沟与山坡交接处，顺接现状矿区道路，坡度约 33°。隧道区间地形波状起伏，山体陡峻，坡度约 30°~45°，山脊地形较平缓，多处形成陡崖，坡度约 65°~75° 山体植被较发育，多以灌木、乔木及杂草为主，最高点位于 K2+900 山脊处，高程约 1070m，最低点位于隧道出口处，高程约 820.0m，相对高差约 250m。

3) 3 号隧道

隧道进口顺接现状矿区道路，位于冲沟与陡崖交接处，地形坡度约 65°，灌木及杂草发育，隧道出口位于陡崖与山谷交接处，顺接 1 号小桥，洞口地势平缓，山谷切割深度约 85m，陡崖坡度约 73°，沟谷宽度约 44m，呈宽 U 型。隧道区间地形波状起伏，山体陡峻，坡度约 30°~45°，山脊地形相对平缓，多处发育有陡崖坡度达 68°~75°，山体植被较发育，多以灌木、乔木及杂草为主，最高点位于 K2+640 山脊处，高程约 978m，最低点位于隧道出口处，高程约 780.0m，相对高差约 198m。

4) 4 号隧道

隧道进口位于山谷与山坡交接处，山坡坡度约 42°，沟谷宽度约 26m，呈宽 U 型，灌木及杂草发育，隧道出口位于陡崖与冲沟交界处，山谷切割深度约 55m，陡崖坡度约 72°。隧道区间地

形波状起伏，山体陡峻，坡度在 $45^{\circ} \sim 55^{\circ}$ 之间，山脊地形相对平缓，临近沟谷侧陡崖发育，坡度约 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，山体植被较发育，多以灌木、乔木及杂草为主，最高点位于 K3+300 山脊处，高程约 925m，最低点位于隧道出口处，高程约 730.0m，相对高差 195m。

5) 5号隧道

隧道为新建隧道，进口与现状矿区道路顺接，位于冲沟与陡崖交接过渡斜坡处，地形坡度约 40° ，洞口坡体多为陡崖剥落、崩塌、掉块堆积而成，植被不发育，该处设有高约 1.5~2.5 米挡土墙。隧道出口位于缓坡处，为现状冲沟与陡崖过渡带，坡度约 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ，植被茂密，主要由碎石混黏性土堆积而成。隧道区间地形波状起伏，山体陡峻，坡度 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ，山脊地形相对平缓，隧道区间内多处形成陡崖，坡度约 $70^{\circ} \sim 82^{\circ}$ ，山体植被较发育，多以灌木、乔木及杂草为主，最高点位于 K0+260 山脊处，高程约 985.0m，最低点位于隧道进口处，高程约 781.6m，相对高差约 203.4m。

4.3.2 地质构造

项目区域构造上位于扬子准地台北缘龙门一大巴山台缘褶皱带东端，位于黄陵背斜北翼。隧址区地质构造发育方向与区域构造基本一致，主要发育两条北东东走向断层（F1、F2），其次为小型褶皱及节理裂隙构造，区内断层均不是发震断裂。

F1 断层：大致北东东走向，倾向北北西，由西向东穿越 1 号隧道，长约 6.0km，根据露头情况推测为逆推断层，错断 $\in 3sn$ 、 $\in 2qn$ 、 $\in 1t+s1$ 地层界线。该断层在 1 号隧道所在山体山坡处出露，断层错段山体形成陡崖，上下盘被错段，破碎带宽 3~4m，破碎带及两侧岩石产状紊乱，揉皱强烈、局部见碎裂岩带。受断层影响，附近碳酸岩较破碎，基岩裂隙水较发育，长时间作用下导致岩溶裂隙较发育。根据物探资料及断层走势推测该断层与 1 号隧道在里程 K0+100 附近斜交，不利隧道围岩的稳定。

F2 断层：大致北东东走向，倾向南南东，由西向东穿越 1 号隧道，出露长约 2.0km，根据露头情况推测为逆断层。该断层在 1 号隧道两侧路堑边坡出露，钻孔揭露破碎带发育，受断裂影响，破碎带宽 4~15m，破碎带主要成分为碎石混黏性土，两侧岩石产状紊乱，伴有小型褶皱发育，岩体揉皱强烈。推测该断层与 1 号隧道在里程为 K0+300 附近相交，不利隧道围岩的稳定。

4.3.3 地层岩性

项目区出露地层主要有寒武系中统覃家庙组（ $\in 1q$ ）、寒武系下统石龙洞组（ $\in 1s1$ ）、天河组（ $\in 1t$ ）、石碑组（ $\in 1sp$ ）、水井沱组（ $\in 1s$ ）地层，震旦系上统灯影组（Z 2 dn）、下统陡山沱组（Z 1 d），南华系下统南沱组（Nh1），元古界神农架群（Pts）。

项目区表层为第四系（ Q^4m1 ）人工填土、第四系全新统残坡积（ Q^4m1 ）黏性土、碎石混黏性土，下伏基岩为寒武系上统三游洞组（ $\in 3sn$ ）、寒武系中统覃家庙组（ $\in 2qn$ ）、寒武系下统石龙洞

组（ $\in 1s1$ ）、天河组（ $\in 1t$ ）白云岩、白云质灰岩、泥质白云岩、泥岩等地层。各地质层情况分述如下：

1) 第四系人工填土（ Q^4m1 ）

素填土：杂色，松散-稍密，稍湿，主要成分为风化岩碎块混黏性土组成，主要为修建道路等人工堆填而成，其均匀性差，压缩性差异大，具轻微湿陷性，属中-高压压缩性土，堆填时间 5-10 年，为新近填土，自重固结尚未完成，零星分布于线路区间，厚度 1.0~3.0m。

2) 第四系全新统残坡积层（ Q^4m1 ）

粉质黏土：黄褐色，可塑，局部硬塑，以黏粒为主，混少量风化岩碎块，干强度中等，韧性差，切面较光滑，主要分布于山顶平缓区域，厚度 0.5~2.0m。

碎石混黏性土：黄褐色，稍密，主要由风化岩碎块混黏性土组成，为山体块石剥落崩塌后在水流等的冲刷下，在冲沟、山脚等低洼处堆积而成，碎石、碎块粒径变化较大，直径 0.3cm~50cm 不等，一般粒径 2mm~20mm，含量约 45-55%，由黏性土、粗砾砂等填充，厚度 1.5~20.0m。

3) 寒武系（ \in ）

寒武系上统三游洞组（ $\in 3sn$ ）主要分布 1 号隧道山体上部，隧道未穿越该层。

寒武系中统覃家庙组（ $\in 2qn$ ）主要分布 1 号隧道山体下部、2 号隧道山体、3 号隧道山体、5 号隧道山体上部，1 号隧道区间、2 号隧道区间、3 号隧道区间前半段穿越该层，据区域地质资料，该层厚度 86.4~146.5m，为与下伏地层整合接触。岩性上部为泥质条带白云岩、下部为泥质白云岩。

寒武系下统石龙洞组（ $\in 1s1$ ）：隧道区间山体下部主要地层，3 号隧道后半段、4 号隧道、5 号隧道穿越该层，与下伏地层整合接触，层厚 224~256m。上部为含燧石条带、结核状白云岩，局部夹灰黄色薄层泥岩，下部夹薄层状构造，层面多平整，局部层内斜交层理和层间褶皱发育。

4.3.4 水文地质条件

1) 地表水

场区地表沟谷众多，沿山地斜坡发育数条山间冲沟，规模大小不等，均为季节性流水，雨季沟内水量较大，旱季沟谷基本干涸，最终多汇入河流及地势低洼地带。

2) 地下水

项目区地下水主要为第四系松散岩类孔隙水、基岩裂隙水、岩溶裂隙水。

第四系松散岩类孔隙水：含水地层为第四系填土层及碎石土层。填土层中孔隙水为上层滞水，含水层空间展布不稳定，均匀性及连通性一般，无自由统一水面，水位及水量受季节变化明显，动态变化大，富水性弱。碎石土层，主要分布于沟谷及地形平缓地段，地下水类型为潜水，水位及水量受季节变化明显，动态变化大，其富水程度受地形及与地表水的水力联系等因素有关，地

下水运移途径短，富水性弱。

基岩裂隙水：含水岩组为寒武系白云岩，主要赋存于场区下伏基岩的构造裂隙和风化裂隙中，部分地段受断裂构造的影响，存在破碎带裂隙水。由于受含水层的结构、构造以及裂隙发育程度等影响，地下水的赋存条件及富水性存在较大差别。该类地下水分布不均，没有明显的规律性，呈脉状、带状分布，一般在地质构造带和裂隙发育区地下水丰富，为富水区，而在岩体较完整、地质构造对其影响不大、节理裂隙不发育的区域，则为贫水区。总体来说，基岩裂隙水的富水性总体为中等至贫乏。

岩溶裂隙水：岩溶水赋存于寒武系可溶岩溶蚀裂隙和溶洞中，地下水水量较小，受溶洞类型、溶洞填充物的影响，地下水的赋存条件及富水性存在较大差别。该类地下水分布不均，没有明显的规律性，岩溶水一般在竖向呈脉状、带状分布，局部具呈压性，在深部受隔水层影响发展为水平向地下暗河。或以泉水形式流向低洼水体，泉水流量一般在流 0.01~0.6L/s。总体来说，岩溶裂隙水分布不均，水量受季节影响大。

根据腐蚀性分析实验，按《公路工程地质勘察规范》（JTG C20-2011）附录 K，环境类型为 II 类，地下水和地表水对混凝土结构具微腐蚀，对钢筋混凝土结构中钢筋具微腐蚀。

4.3.5 不良地质现象

项目区无大型的滑坡、泥石流、地面塌陷等不良地质作用发育，主要发育的不良地质作用为危岩、崩塌及岩溶，其发育规模一般不大。

1) 危岩及崩塌

有影响的崩塌主要有 3 处即 BT1、BT2、BT3。

BT1 在线路 4 号隧道出口，存在一处位于拟建隧道出口正上方的危岩体，距离隧道顶部高度约为 8-10 米。该处山体坡度陡峭，约为 73 度。危岩体整体规模为：高度约 30 米，宽度约 10 米，厚度 3-10 米。危岩体发育有贯通性的竖向拉裂缝，宽度 0.3-0.6 米。目前，危岩体仅在底部有支撑，已被拉裂缝切割分离。

BT2 在线路 4 号隧道出口前方约 8 米处，道路右侧发育一处有崩塌风险的危岩体。危岩体整体呈楔形结构，尺寸：高度约 10 米，横向展布宽度约 5 米，纵向厚度约 5 米，估算总体积约 250 立方米，属小型危岩灾害体。该危岩体的形成主要受多重地质营力共同作用，当前危岩体处于极限平衡状，仅靠后缘未贯通结构面维持稳定，倾倒方向与道路走向呈约 30° 交角，潜在滑动方向直指行道路。

BT3 在线路 2 号隧道出口前方左侧 5m 冲沟处发育一处崩塌。崩塌体位于现状冲沟上游危岩体崩塌而成，宽度约 5-8m，块石直径 2-5m 不等，块石间间隙较大，崩塌体现状处于极限平衡状态，属小型危岩灾害体。

2) 岩溶

场区基岩为寒武纪白云岩、白云质灰岩、泥质白云岩等，为可溶岩。岩溶整体以竖向发育为主，呈现落水洞和竖向狭长裂隙带的形式，水平发育较弱，溶蚀裂隙间联系不强。

3) 特殊性岩土

沿线发育的特殊性岩土主要为素填土及可溶岩。

4.3.6 岩土层物理力学性质指标

1) 各岩土层主要设计参数

岩土设计参数建议值

岩土名称	重度 (kN/m ³)	E _s (MPa) / E _s (GPa)	快剪		基底摩擦系数	饱和抗压强度 f _{sk} (MPa)	地基承载力特征值 f _{sd} (kPa)	桩侧土摩阻力标准值 q _{sk} (kPa)	土石工程分级
			黏聚力 (kPa)	内摩擦角 (°)					
1 填土	19.0	/	5	20	0.35	/	/	/	I
2 碎石混黏性土	19.0	E _s =0.02	5	25	0.40	/	220	80	II
3 中-微风化白云岩	24.5	E0=3.5	80	26	0.50		3000	300	V
4 中-微风化泥质白云岩	24.0	E0=2.5	40 (结构面)	16 (结构面)	0.50	21.6	2500	280	V
4-1 中风化泥质白云岩 (破碎)	23.0	E0=1.5	25 (结构面)	14 (结构面)	0.45	/	1000	160	IV--V
4-2 碎石混黏性土	19.0	E _s =0.02	4	20	0.40	/	180	60	II
5 中-微风化白云岩夹泥岩	19.0	E _s =3.0	45 (结构面)	18 (结构面)	0.50	30.6	2800	290	V
5-1 中-微风化白云岩夹泥岩 (破碎)	24.0	E0=1.6	30 (结构面)	15 (结构面)	0.45	/	1200	170	IV--V

备注：1、岩石抗剪强度为结构面抗剪强度。

隧道设计参数建议值

名称	弹性抗力系数 (MPa/m)	变形模量 (GPa)	泊松比	黏聚力 (kPa)	内摩擦角 (°)
1 填土	50	0.014	0.43	5	20
2 碎石混黏性土	65	0.02	0.36	5	25
3 中-微风化白云岩	300	3.5	0.28	360	32
4 中-微风化泥质白云岩	250	2.5/	0.34	200	28
				40 (结构面)	16 (结构面)
4-1 中风化泥质白云岩 (破碎)	120	1.5	0.36	60	22
				25 (结构面)	14 (结构面)
4-2 碎石混黏性土	60	0.02	0.36	4	20
5 中-微风化白云岩夹泥岩	280	3.0	0.32	300	30
				45 (结构面)	18 (结构面)

名称	弹性抗力系数 (MPa/m)	变形模量 (GPa)	泊松比	黏聚力 (kPa)	内摩擦角 (°)
1 填土	50	0.014	0.43	5	20
2 碎石混黏性土	65	0.02	0.36	5	25
5-1 中-微风化白云岩夹泥岩 (破碎)	130	1.6	0.35	60	24
				30 (结构面)	15 (结构面)

备注：1、表中力学参数为《公路隧道设计规范》(JTG3370.1-2018)附录A经验值。2、地基承载力参考《公路桥涵地基及基础设计规范》(JTG 3363-2019)提出。3、土石工程分级参考《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011)提出。

2) 工程地质层特征

1-1 素填土：分布于表层，松散~稍密，强度较低，易开挖，稳定性差。

2 碎石混黏性土：分布于表层，稍密，整体强度较低，易开挖，稳定性差。

4 中-微风化泥质白云岩：分布连续，岩体较破碎，夹有软弱夹层，强度较高，稳定性较好。

4-1 中风化泥质白云岩 (破碎)：分布不连续，节理裂隙极发育，岩体破碎，夹有断层破碎带等，强度一般，稳定性较差。

4-2 碎石混黏性土：分布不连续，为节理裂隙及溶蚀裂隙填充物，强度低，易开挖，稳定性差。

5 中-微风化白云岩夹泥岩：分布连续，节理裂隙较发育，岩体较破碎，强度较高，稳定性好。

5-1 中风化钙质砂岩 (破碎)：分布不连续，节理裂隙发育，岩体破碎，强度一般，稳定性较差。

4.3.7 场地稳定性评价

隧址区无活动断裂通过，区域构造稳定，地形起伏较大，不良地质作用和特殊性岩土一般发育，地下水对隧道建设存在较大影响。综上，场区稳定性较差。

5 各隧道工程地质评价

本工程地质构造条件总体基本相同，隧道穿越地层多为神农架群乱石沟组，区内山体较陡，覆盖层一般较薄，进洞和出洞条件一般。隧洞所经线路无区域性大断裂通过，区内所见构造均以节理小断层和层面裂隙为主，在破碎及裂隙发育地段可能会产生渗漏。隧址区岩溶不发育，遇到较大溶洞或岩溶管道水的可能性较小。

5.1 第1号隧道工程地质评价

1、隧道洞身围岩分段评价

K0+002~K0+125 围岩级别为V级，隧道进口明洞及浅埋段，埋深约0~69.5m，围岩以碎石混黏性土、中风化泥质白云岩 (破碎)、中风化泥质白云岩为主，裂隙发育，局部极破碎，稳定性差，施工开挖易坍塌；雨季易滴水或淋雨状出水。

K0+125~K0+280 围岩级别为V级，埋深约69.5~130.2m，洞身围岩为中风化泥质白云岩 (破

碎)、中风化泥质白云岩为主，岩体破碎，稳定性较差，无支护时可产生小坍塌；雨季易滴水或渗水，存在淋雨出水可能。

K0+280~K0+419 围岩级别为V级，埋深约130.2~207.3m，洞身围岩为中风化泥质白云岩 (破碎)、碎石混黏性土为主，岩体破碎，稳定性差，施工易坍塌；该段受F1断层影响，岩溶裂隙发育，透水性强，雨季涌水量较大。

K0+419~K0+715 围岩级别为IV级，埋深约207.3~262.4m，洞身围岩为中风化泥质白云岩 (破碎)、中风化泥质白云岩为主，岩体较破碎，稳定性较差，拱部无支护时可产生小坍塌，侧壁基本稳定；雨季易滴水或渗水，存在淋雨出水可能。

K0+715~K0+852 围岩级别为V级，埋深约224~262.4m，洞身围岩为中风化泥质白云岩 (破碎)、碎石混黏性土、中风化泥质白云岩为主，岩体破碎，稳定性差，施工易坍塌；该段岩溶裂隙发育，透水性强，雨季水量较大。

K0+852~K1+120 围岩级别为V级，埋深约117~225m，洞身围岩为中风化泥质白云岩 (破碎)、中风化泥质白云岩为主，岩体极破碎，稳定性差，施工开挖易坍塌；受F2断层的影响，岩体裂隙发育、岩溶发育，雨季涌水量较大。

K1+120~K1+270 围岩级别为V级，埋深约0~117m，隧道出口明洞及浅埋段围岩以碎石混黏性土、中风化泥质白云岩 (破碎)、中风化泥质白云岩为主，裂隙发育，岩体破碎，稳定性差，施工开挖易坍塌；雨季易滴水或淋雨状出水。

2、隧道进口边坡稳定性评价

隧道进口连接现状矿区进场道路，位于冲沟与山坡交接处，地形相对平缓，坡度约15°~30°，冲沟走向约80°，灌木及杂草发育，坡向约128°。覆盖层为第四系坡积碎石土，厚度约3~5米，土质不均，粗颗粒含量变化较大，基岩为寒武系中统覃家庙组中风化泥质白云岩 (破碎)，岩体破碎，围岩等级为V级。受构造影响，产状紊乱，大致岩层产状66°∠15°，岩层倾向与边坡倾向大致相同。洞口位置的自然斜坡原始地形保持良好，未见明显的地表开裂等迹象，目前自然斜坡现状整体稳定。附近区域岩溶现象微发育，地下水较小，现状隧道洞壁有少量渗水。需采取有效截、排水措施，以减少地下水对工程施工的影响。

洞口表层为碎石混黏性土，其下为中风化泥质白云岩 (破碎)。覆盖层结构较为松散，易发生滑塌。基岩层面产状为66°∠15°，节理产状1为231°∠82° (L1)及188°∠79° (L2)。

从赤平投影图5-1可以看出：

对于左侧开挖边坡，层面与开挖坡面小角度斜交，为顺切向面结构面，角度小于坡角，易发生滑塌。L2与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

对于右侧边坡，L2与层面的组合面为顺切向面，易发生楔形体破坏。

对于仰坡，层面与开挖坡面小角度斜交，为顺切向结构面，角度小于坡角，易发生滑塌。

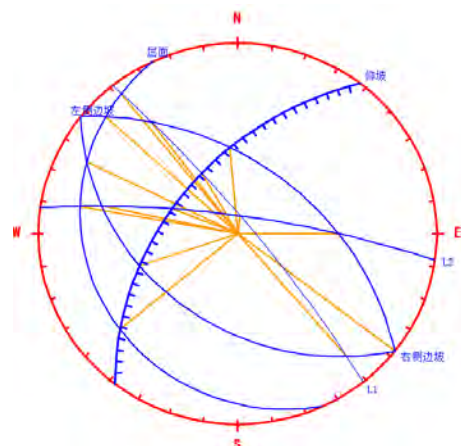


图 5-1 1号隧道起点洞口结构面赤平投影图

3、隧道出口边坡稳定性评价

隧道出口位于现状山脚与现状道路顺接，坡度约 35°。灌木及杂草发育，坡向约 309°。覆盖层第四系坡积碎石土，厚度约 3~4 米，土质不均，粗颗粒含量变化较大，基岩为寒武系中统覃家庙组中风化泥质白云岩，岩体破碎，围岩等级为 V 级。受构造影响产状紊乱，大致岩层产状 10°∠15°。洞口位置的自然斜坡原始地形保持良好，未见明显的地表开裂等迹象，目前自然斜坡现状整体稳定。附近区域岩溶现象微发育，现状隧道洞壁有少量渗水。需采取有效截、排水措施，以减少地下水对工程施工的影响。

洞口表层为碎石混黏性土，厚度约 3~4 米，其下为中风化泥质白云岩。覆盖层结构较为松散，易发生滑塌。基岩层面产状为 10°∠15°，节理产状 1 为 272°∠81° (L1) 及 198°∠66° (L2)。

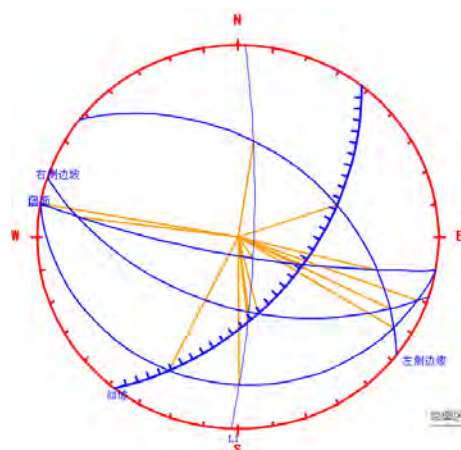


图 5-2 1号隧道终点洞口结构面赤平投影图

从赤平投影图 5-2 可以看出：

对于左侧开挖边坡，无不利边坡稳定结构面。

对于右侧开挖边坡，层面与开挖坡面小角度斜交，为顺切向结构面，角度小于坡角，易发生滑塌。L1 与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

对于仰坡，层面与开挖坡面斜交，角度小于坡角，可能发生滑塌。L1 与层面的组合面为顺向

组合面，易发生楔形体破坏。

4、隧道涌水量预测

根据《铁路工程水文地质勘察规程》附录 B 中降水入渗法估算涌水量。汇水面积 (A) 估算为 1.36km²，保康县年平均降雨量 (F) 为 1108mm，根据区域水文地质资料，结合该区地形特征，植被覆盖情况，全隧道正常涌水量渗入系数 (α) 选用 0.2。

全隧道正常涌水量：Q=2.74 × α × W × A=2.74×0.2×1108×1.36=825.8m³/d；

式中：Q—涌水量，m³/d；A—汇水面积，根据隧道区地形测算，1.36km²；

α—入渗系数；W—年降水量，mm。

5.2 第 2 号隧道工程地质评价

1、隧道洞身围岩分段评价

K1+605~K1+635 围岩级别为 V 级，隧道埋深 0~41.2m，K1+605-K1+635 隧道进口明洞、浅埋段以碎石混黏性土、中风化泥质白云岩（破碎）为主，裂隙发育，破碎，稳定性差，施工开挖易坍塌；该处为小型冲沟，雨季易滴水或淋雨状出水。

K1+635-K2+100 围岩级别为 IV 级，埋深约 41.2~200.2m，洞身围岩为中风化泥质白云岩为主，岩体较破碎，稳定性较差，局部发育裂隙带及岩溶发育带，拱部无支护时可产生小坍塌，侧壁基本稳定；雨季易滴水或渗水，存在淋雨出水可能。

K2+100~K2+354 围岩级别为 IV 级，埋深约 17.8~117.8m，洞身围岩为中风化泥质白云岩为主，岩体较破碎，岩体相对完整，稳定性较差，拱部无支护时可产生小坍塌，侧壁基本稳定；雨季易滴水或渗水，存在淋雨出水可能。

K2+354~K2+374 围岩级别为 V 级，埋深约 0~17.8m，隧道出口明洞、浅埋段以碎石混黏性土、中风化泥质白云岩（破碎）、中风化泥质白云岩为主，裂隙发育，岩体破碎，稳定性差，左侧为冲沟小型褶皱发育，有岩体崩塌掉块，施工开挖易坍塌；雨季易滴水或淋雨状出水。

2、隧道进口边坡稳定性评价

隧道进口顺接现状矿区道路，位于山坡与冲沟交界处，山体坡度约 35°~38°，灌木及杂草发育，坡向约 41°，冲沟上部覆盖有碎石土堆积物。覆盖层为第四系坡积碎石土，厚度约 2~3 米，土质不均，粗颗粒含量变化较大，基岩为寒武系中统覃家庙组中风化泥质白云岩（破碎），岩体破碎，围岩等级为 V 级。往小桩号约 30m，线路左侧发育有危岩体，宽度 5m，高度 10m，劈理发育，有崩塌风险，大致岩层产状 85°∠5°，岩层倾向与边坡倾向小角度斜交。进口位置目前自然斜坡现状整体稳定，开挖后易形成崩塌。附近区域岩溶现象微发育，地下水较小，现状隧道洞壁有少量渗水。需采取有效截、排水措施，以减少地下水对工程施工的影响。

洞口表层为碎石混黏性土，厚约 2-3m，其下为中风化泥质白云岩（破碎）。覆盖层结构较为松

散，易发生滑塌。基岩层面产状为 $85^{\circ} \angle 5^{\circ}$ ，节理产状 1 为 $150^{\circ} \angle 80^{\circ}$ (L1) 及 $180^{\circ} \angle 75^{\circ}$ (L2)。

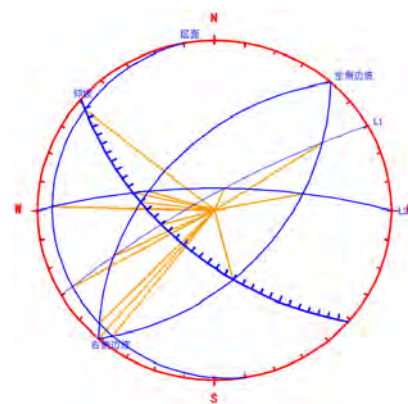


图 5-3 2 号隧道进口结构面赤平投影图

从赤平投影图 5-3 可以看出：

对于左侧开挖边坡，层面与开挖坡面斜交，为顺切向结构面，角度小于坡角，易发生滑塌。

L1、L2 与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

对于右侧边坡，无不利边坡稳定结构面。

对于仰坡，层面与开挖坡面小角度斜交，为顺切向结构面，角度小于坡角，易发生滑塌。L1、L2 与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

3、隧道出口边坡稳定性评价

隧道出口，位于冲沟与山坡交接处，顺接现状矿区道路，坡度约 33° ，灌木及杂草发育，坡向约 220° 。第四系坡积碎石土，厚度约 1~3m，土质不均，粗颗粒含量变化较大，基岩为寒武系中统覃家庙组中风化泥质白云岩，岩体破碎，围岩等级为 V 级。受构造影响，褶皱发育，大致产状 $35^{\circ} \angle 12^{\circ}$ 。隧道出口前方左侧 5m 冲沟处发育一处崩塌。崩塌体位于现状冲沟，由上游剥落岩块堆积而成，宽度约 5~8m，块石直径 2~5m 不等，块石间间隙较大，崩塌体现状处于极限平衡状态，属小型危岩灾害体。附近区域岩溶现象微发育，现状隧道洞壁有少量渗水。需采取有效截、排水措施，以减少地下水对工程施工的影响。

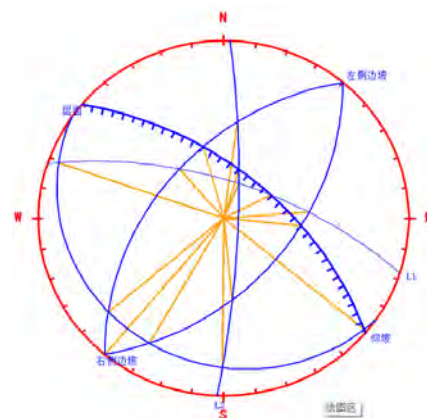


图 5-4 2 号隧道终点洞口结构面赤平投影图

洞口表层为碎石混黏性土厚度约 1~3m，其下为中风化泥质白云岩。覆盖层结构较为松散，易发生滑塌。基岩层面产状为 $35^{\circ} \angle 12^{\circ}$ ，节理产状 1 为 $198^{\circ} \angle 66^{\circ}$ (L1) 及 $272^{\circ} \angle 81^{\circ}$ (L2)。

从赤平投影图 5-4 可以看出：

对于左侧开挖边坡，L1 与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

对于右侧开挖边坡，L2 与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

对于仰坡，无不利边坡稳定结构面。

4、隧道涌水量预测

根据《铁路工程水文地质勘察规程》附录 B 中降水入渗法估算涌水量。汇水面积 (A) 估算为 0.85km^2 ，保康县年平均降雨量 (F) 为 1108mm，根据区域水文地质资料，结合该区地形特征，植被覆盖情况，全隧道正常涌水量渗入系数 (α) 选用 0.2。

全隧道正常涌水量： $Q=2.74 \times \alpha \times W \times A=2.74 \times 0.2 \times 1108 \times 0.85=516.1\text{m}^3/\text{d}$ ；

式中：Q—涌水量， m^3/d ；A—汇水面积，根据隧道区地形测算， 0.85km^2 ；

α —入渗系数；W—年降水量，mm。

5.3 第 3 号隧道工程地质评价

1、隧道洞身围岩分段评价

K2+402~K2+422 围岩级别为 V 级，隧道埋深 8~60.3m，隧道进口明洞、浅埋段以中风化泥质白云岩（破碎）、中风化泥质白云岩为主，裂隙发育，岩体破碎，稳定性较差，左侧为冲沟，碎、块石堆积，隧道开挖有滑塌风险；雨季易滴水或淋雨状出水。

K2+422~K2+565 围岩级别为 IV 级，埋深约 60.3~140.2m，洞身围岩为中风化泥质白云岩为主，岩体较破碎，岩体相对完整，稳定性较差，拱部无支护时可产生小坍塌，侧壁基本稳定；雨季易滴水或渗水，存在淋雨出水可能。

K2+565~K2+660 围岩级别为 IV 级，埋深约 140.2~158.4m，洞身围岩为中风化白云岩夹泥岩为主，岩体较破碎，局部裂隙带、岩溶发育，稳定性较差，拱部无支护时可产生小坍塌，侧壁基本稳定；雨季易滴水或渗水，存在淋雨出水可能。

K2+660~K2+875 围岩级别为 III 级，埋深约 0~158.4m，洞身围岩为中风化白云岩夹泥岩为主，岩体较完整，稳定性较好，拱部无支护时可产生小坍塌，侧壁基本稳定；雨季易滴水或渗水

2、隧道进口边坡稳定性评价

隧道进口顺接现状矿区道路，位于冲沟与陡崖交接处，地形坡度约 65° ，灌木及杂草发育。冲沟坡向 320° ，宽度约 25m，覆盖层为第四系坡积碎石土，厚度约 1~2 米，土质不均，粗颗粒含量变化较大，基岩为寒武系中统覃家庙组中风化泥质白云岩，岩体破碎，围岩等级为 V 级。大致岩层产状 $45^{\circ} \angle 12^{\circ}$ ，岩层倾向与边坡倾向小角度斜交。老隧道右洞口上方，岩体劈理发育，

有崩塌风险，左侧冲沟堆积体易崩塌，在洞口开挖后易形成崩塌。附近区域岩溶发育，发育有岩溶崩塌等，地下水较小，现状隧道洞壁有少量渗水。需采取有效截、排水措施，以减少地下水对工程施工的影响。

洞口表层为碎石混黏性土，厚约 1-2m，其下为中风化泥质白云岩。覆盖层结构较为松散，易发生滑塌。基岩层面产状为 $42^\circ \angle 12^\circ$ ，节理产状 1 为 $36^\circ \angle 73^\circ$ (L1) 及 $314^\circ \angle 75^\circ$ (L2)。

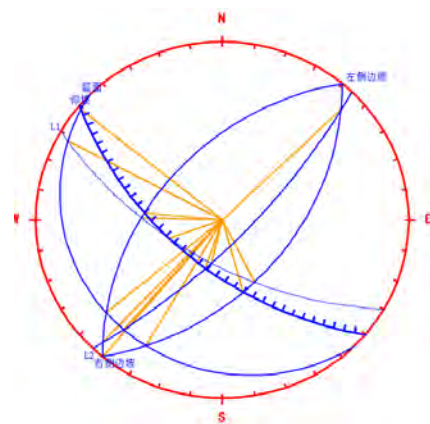


图 5-5 3 号隧道进口结构面赤平投影图

从赤平投影图 5-5 可以看出：

对于左侧开挖边坡，层面与开挖坡面斜交，为顺切向面结构面，角度小于坡角，易发生滑塌。

L1 与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

对于右侧边坡，无不利边坡稳定结构面。

对于仰坡，层面为顺切向结构面，角度小于坡角，易发生滑塌。L1、L2 与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

3、隧道出口边坡稳定性评价

隧道出口位于陡崖与山谷交接处，顺接 1 号小桥，洞口地势平缓，山谷切割深度约 85m，陡崖坡度约 73° ，沟谷宽度约 44m，呈宽 U 型。边坡基岩为寒武系下统石龙洞组中风化白云岩夹泥岩，围岩等级为 III 级。产状 $45^\circ \angle 10^\circ$ 。进口自然斜坡现状整体稳定，附近区域岩溶现象微发育，现状隧道洞壁有少量渗水。需采取有效截、排水措施，以减少地下水对工程施工的影响。

洞口边坡由中风化白云岩夹泥岩组成。基岩层面产状为 $45^\circ \angle 10^\circ$ ，节理产状 1 为 $355^\circ \angle 78^\circ$ (L1) 及 $251^\circ \angle 53^\circ$ (L2)。

从赤平投影图 5-6 可以看出：

对于左侧开挖边坡，L1 与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

对于右侧开挖边坡，L2 与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

对于仰坡，无不利边坡稳定结构面。

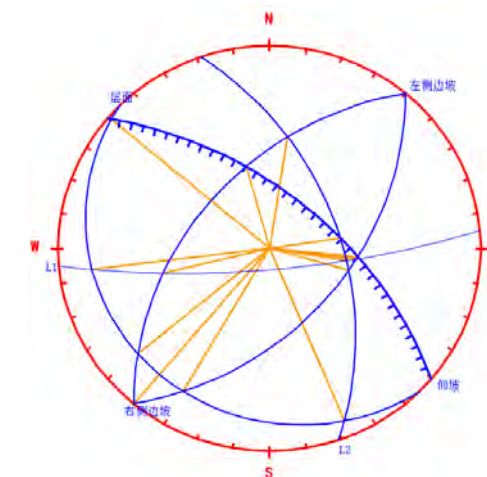


图 5-6 3 号隧道终点洞口结构面赤平投影图

4、隧道涌水量预测

根据《铁路工程水文地质勘察规程》附录 B 中降水入渗法估算涌水量。汇水面积 (A) 估算为 1.0km^2 ，保康县年平均降雨量 (F) 为 1108mm，根据区域水文地质资料，结合该区地形特征，植被覆盖情况，全隧道正常涌水量渗入系数 (α) 选用 0.2。

全隧道正常涌水量： $Q=2.74 \times \alpha \times W \times A=2.74 \times 0.2 \times 1108 \times 1.0=607.2\text{m}^3/\text{d}$ ；

式中：Q—涌水量， m^3/d ；A—汇水面积，根据隧道区地形测算， 1.0km^2 ；

α —入渗系数；W—年降水量，mm。

5.4 第 4 号隧道工程地质评价

1、隧道洞身围岩分段评价

K3+048~K3+068 围岩级别为 V 级，隧道埋深 0~24.0m，隧道进口明洞以中风化白云岩夹泥岩为主，裂隙发育，破碎，稳定性较差，右侧为冲沟，隧道开挖有滑塌风险；雨季易滴水或淋雨状出水。

K3+068~K3+145 围岩级别为 IV 级，埋深约 24.0~127.8m，洞身围岩为中风化白云岩夹泥岩为主，岩体较破碎，稳定性一般，拱部无支护时可产生小坍塌，侧壁基本稳定；雨季易滴水或渗水，存在淋雨出水可能。

K3+145~K3+230 围岩级别为 IV 级，埋深约 127.8~173.4m，洞身围岩为中风化白云岩夹泥岩为主，岩体较破碎，稳定性一般，拱部无支护时可产生小坍塌，侧壁基本稳定；雨季易滴水或渗水，存在淋雨出水可能。

K3+230~K3+414 围岩级别为 III 级，埋深约 26.2~173.4m，洞身围岩为中风化白云岩夹泥岩为主，岩体较破碎，局部裂隙带、岩溶发育，稳定性较差，拱部无支护时可产生小坍塌，侧壁基本稳定；雨季易滴水或渗水，存在淋雨出水可能。

K3+414~K3+439 围岩级别为 V 级，埋深约 0~26.2m，隧道进口明洞以中风化白云岩夹泥岩为

主，裂隙发育，破碎，稳定性较差，左侧为冲沟，洞顶及动侧发育有危岩体，隧道开挖有危岩体崩塌风险；雨季易滴水或淋雨状出水。

2、隧道进口边坡稳定性评价

隧道进口位于山谷与山坡交接处，山坡坡度约 42° ，灌木及杂草发育，呈宽 U 型，冲沟坡向 320° ，宽度约 32m，覆盖层为第四系坡积碎石土，厚度约 0.5 米，土质不均，粗颗粒含量变化较大，基岩为寒武系下统石龙洞组中风化白云岩夹泥岩，岩体破碎，围岩等级为 V 级。大致岩层产状 $22^\circ \angle 6^\circ$ 。洞口附近冲沟局部发育小型崩塌，在洞口开挖后易形成崩塌。附近区域岩溶发育，发育有岩溶崩塌、落水洞等，地下水较小，现状隧道洞壁有少量渗水。需采取有效截、排水措施，以减少地下水对工程施工的影响。

洞口基岩为中风化白云岩夹泥岩，层面产状为 $22^\circ \angle 6^\circ$ ，节理产状 1 为 $24^\circ \angle 68^\circ$ (L1) 及 $271^\circ \angle 66^\circ$ (L2)。

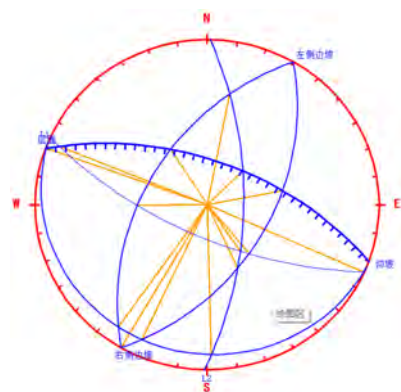


图 5-7 4 号隧道进口结构面赤平投影图

从赤平投影图 5-7 可以看出：

对于左侧开挖边坡，L1 与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

对于右侧边坡，L2 与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

对于仰坡，L1 与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

3、隧道出口边坡稳定性评价

隧道出口位于陡崖与冲沟交界处，山谷切割深度约 55m，陡崖坡度约 72° 。边坡基岩为寒武系下统石龙洞组中风化白云岩夹泥岩，岩体破碎，劈理、裂隙发育，围岩等级为 V 级。产状 $340^\circ \angle 10^\circ$ 。存在一处位于出口正上方的危岩体，危岩体高度约 30 米，宽度约 10 米，厚度 3-10 米。发育有贯通性的竖向拉裂缝，危岩体存在与母岩分离并发生崩塌的风险。

出口前方道路右侧发育一处危岩体，整体呈楔形结构，估算总体积约 250 立方米，仅靠后缘未贯通结构面维持稳定，存在崩塌的风险。该危岩体方量较小，建议对该危岩体进行清除处理，保证道路的安全性。

洞口边坡由中风化白云岩夹泥岩组成。基岩层面产状为 $340^\circ \angle 10^\circ$ ，节理产状 1 为 $351^\circ \angle$

74° (L1) 及 $121^\circ \angle 61^\circ$ (L2)。

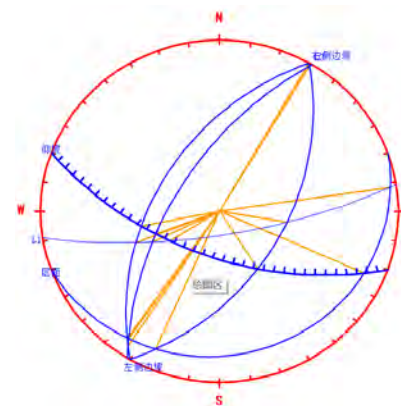


图 5-8 4 号隧道终点洞口结构面赤平投影图

从赤平投影图 5-8 可以看出：

对于左侧开挖边坡，层面与坡面小角度相交，角度小于坡角，易发生滑塌。L1 与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

对于右侧开挖边坡，L2 为顺切向结构面，角度小于坡角，易发生滑塌。L1 与 L2 的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

对于仰坡，层面为顺切向结构面，角度小于坡角，易发生滑塌。L2 与层面的组合面为顺向组合面，易发生楔形体破坏。

4、隧道涌水量预测

根据《铁路工程水文地质勘察规程》附录 B 中降水入渗法估算涌水量。汇水面积 (A) 估算为 1.2km^2 ，保康县年平均降雨量 (F) 为 1108mm，根据区域水文地质资料，结合该区地形特征，植被覆盖情况，全隧道正常涌水量渗入系数 (α) 选用 0.2。

全隧道正常涌水量： $Q=2.74 \times \alpha \times W \times A=2.74 \times 0.2 \times 1108 \times 1.2=728.6\text{m}^3/\text{d}$ ；

式中：Q—涌水量， m^3/d ；A—汇水面积，根据隧道区地形测算， 1.2km^2 ；

α —入渗系数；W—年降水量，mm。

5.5 第 5 号隧道工程地质评价

1、隧道洞身围岩分段评价

1K0+000~1K0+020 围岩级别为 V 级，隧道埋深 0~60.1m，隧道进口明洞以崩塌堆积的碎、块石土和破碎岩为主，松散-稍密，稳定性差，雨季涌水量大，边坡易失稳破坏。

1K0+020~1K0+100 围岩级别为 IV 级，埋深约 60.1~163.2m，洞身围岩为中风化白云岩夹泥岩为主，岩体破碎，节理裂隙及溶蚀裂隙发育，稳定性较差，拱部无支护时可产生小坍塌，侧壁基本稳定；雨季易滴水或渗水，暴雨时，岩溶、裂隙通道存在突涌水可能。

1K0+100~1K0+220 围岩级别为 III 级，埋深约 163.2~220.2m，洞身围岩为中风化白云岩夹泥岩为主，岩体较完整，稳定性较好，拱部无支护时可产生小坍塌，侧壁基本稳定；雨季易滴水或

渗水,暴雨时,岩溶、裂隙通道存在突涌水可能。

1K0+220~1K0+330 围岩级别为IV级,埋深约 215.5~225.6m,洞身围岩为中风化白云岩夹泥岩为主,岩体破碎,节理裂隙及溶蚀裂隙发育,稳定性较差,拱部无支护时可产生小坍塌,侧壁基本稳定;雨季易滴水或渗水,暴雨时,岩溶、裂隙通道存在突涌水可能。

1K0+330~1K0+570 围岩级别为III级,埋深约 64.7~215.5m,洞身围岩为中风化白云岩夹泥岩为主,岩体较完整,稳定性较好,拱部无支护时可产生小坍塌,侧壁基本稳定;雨季易滴水或渗水,暴雨时,岩溶、裂隙通道存在突涌水可能。

1K0+570~1K0+610 围岩级别为V级,埋深约 13.2~64.7m,隧道出口明洞地层以坡积的碎、块石土、破碎岩为主,松散-稍密,位于冲沟及陡崖交界缓坡处,稳定性差,施工时边坡垮塌破坏;雨季涌水量大,边坡易失稳破坏。

2、隧道进口边坡稳定性评价

隧道进口与现状矿区道路顺接,位于冲沟与陡崖交接过渡斜坡处,地形坡度约 40° ,洞口坡体多为陡崖剥落、崩塌、掉块堆积而成,植被不发育,该处设有高约 1.5~2.5 米挡土墙,冲沟走向 320° ,宽度约 40m。覆盖层为第四系坡积碎石土,厚度约 6~15 米,土质不均,粗颗粒含量变化较大,基岩为寒武系下统石龙洞组中风化白云岩夹泥岩,岩体破碎,覆盖层深厚,围岩等级为V级。大致岩层产状 $65^\circ \angle 10^\circ$ 。隧道进口穿越松散崩塌堆积体,开挖边坡后易产生滑塌。雨季涌水量大,开挖后隧道洞壁可能渗水,塌陷及突涌水。需采取有效截、排水措施,以减少地下水对工程施工的影响。

洞口上部为碎石混黏性土,厚约 6~15m,其下为中风化白云岩夹泥岩。覆盖层结构较为松散,易发生滑塌。基岩层面产状为 $65^\circ \angle 10^\circ$,节理产状 1 为 $118^\circ \angle 25^\circ$ (L1)及 $200^\circ \angle 83^\circ$ (L2)。

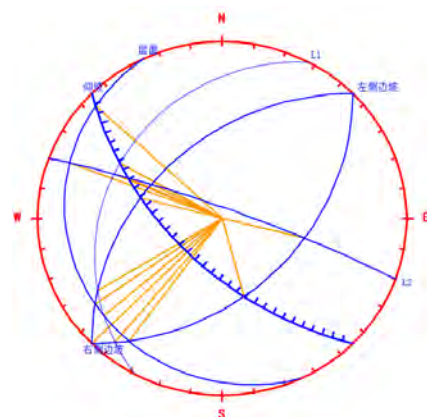


图 5-9 5 号隧道进口结构面赤平投影图

从赤平投影图 5-9 可以看出:

对于左侧开挖边坡,无不利边坡稳定结构面。

对于右侧开挖边坡,L1 为顺切向结构面,角度小于坡角,易发生滑塌。L1 与 L2、L2 与层面

的组合面为顺向组合面,易发生楔形体破坏。

对于仰坡,层面为顺切向结构面,角度小于坡角,易发生滑塌。L1 与 L2、L2 与层面的组合面为顺向组合面,易发生楔形体破坏。

3、隧道出口边坡稳定性评价

隧道出口位于缓坡,为现状冲沟与陡崖过渡带,坡度约 $18^\circ \sim 27^\circ$,植被茂密,冲沟走向 220° ,宽度约 70m,冲沟处地形平坦开阔。覆盖层为第四系坡积碎石土,厚度约 5~10 米,土质不均,粗颗粒含量变化较大,洞身大部由碎石土组成,基岩为寒武系下统石龙洞组中风化白云岩夹泥岩,岩体破碎,覆盖层深厚,围岩等级为V级。产状 $60^\circ \angle 12^\circ$ 。出口自然斜坡主要由碎、块石混黏性土堆积而成,现状较稳定,碎石土粒径变化大,分选差,抗剪强度低,在开挖洞口边坡后,易产生滑塌。地层渗透性大,雨季涌水量大,需采取有效截、排水措施,以减少地下水对工程施工的影响。

洞口边坡主要由碎石土组成。下部基岩层面产状为 $60^\circ \angle 12^\circ$,节理产状 1 为 $180^\circ \angle 80^\circ$ (L1)及 $121^\circ \angle 86^\circ$ (L2)。

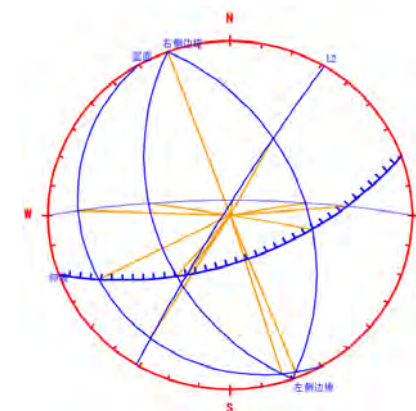


图 5-10 5 号隧道终点洞口结构面赤平投影图

从赤平投影图 5-10 可以看出:

对于左侧开挖边坡,无不利边坡稳定的结构面。

对于右侧开挖边坡,层面顺倾,易产生层面滑动,L1、L2 与层面的组合面为顺向组合面,易发生楔形体破坏。

对于仰坡,L2 与层面的组合面为顺向组合面,易发生楔形体破坏。

此外,边坡主要由碎石土组成,可能产生圆弧滑动,建议按表 4-3-2 的抗剪强度取值,对开挖边坡进行各工况的稳定性验算。

4、隧道涌水量预测

根据《铁路工程水文地质勘察规程》附录 B 中降水入渗法估算涌水量。汇水面积 (A) 估算为 1.5km^2 ,保康县年平均降雨量 (F) 为 1108mm,根据区域水文地质资料,结合该区地形特征,植被覆盖情况,全隧道正常涌水量渗入系数 (α) 选用 0.2。

全隧道正常涌水量： $Q=2.74 \times \alpha \times W \times A=2.74 \times 0.2 \times 1108 \times 1.5=910.8\text{m}^3/\text{d}$ ；

式中： Q —涌水量， m^3/d ； A —汇水面积，根据隧道区地形测算， 1.5km^2 ；

α —入渗系数； W —年降水量， mm 。

6 隧道主体工程设计

6.1 净空断面设计

本项目为改扩建，隧道现状为单车道拱形直墙断面，为避免施工时间，左右洞相互之间的影响，隧道采用单侧扩挖方案，扩建靠山体内侧隧道，外侧隧道保障矿区日常车辆正常通行。经综合比选，为充分利用现状断面，减少扩挖范围，降低施工风险，本项目采用承载能力较好的直墙拱形衬砌断面，满足矿区大件宽 6.5m, 高 5.0m 的运输尺寸要求。扩建后，隧道成洞断面宽 8.5m, 高 6.6m, 两侧设 30×30 边水沟和 30×40 电缆沟。

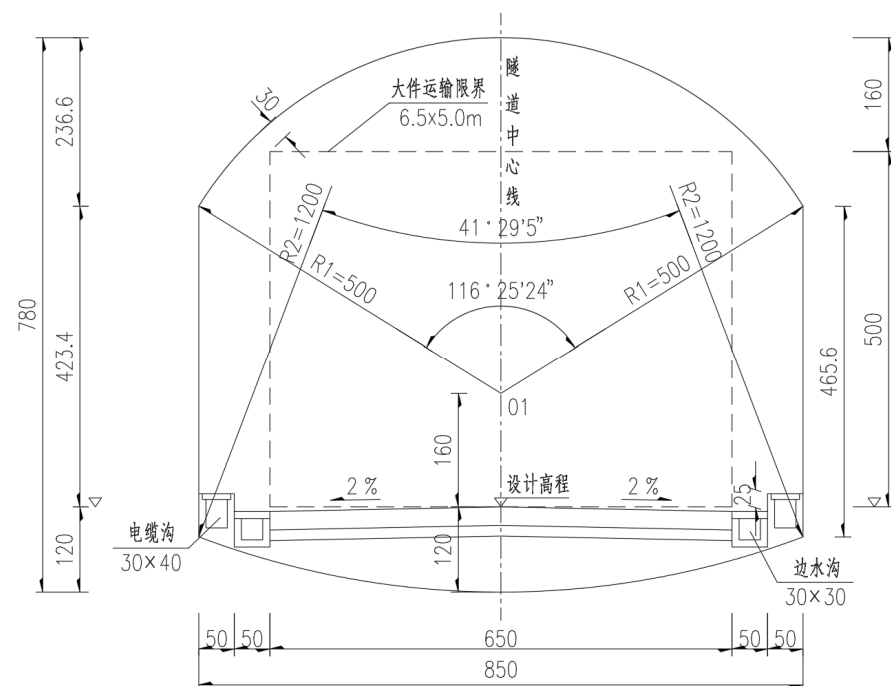


图 1 主洞净空断面

6.2 洞口位置的确定以及洞门设计

隧道洞门设计以“早进晚出”为原则，最大限度地降低洞口边、仰坡的开挖高度，洞口段侧坡及仰坡均应避免大挖大刷，以保证山体的稳定，同时减小对洞口自然景观的破坏。

根据隧道现状和实际地形条件，经综合考虑比选，隧道洞口均采用端墙式洞门。

6.3 明洞设计及边仰坡防护

明洞结构分为标准衬砌、偏压衬砌两种，标准衬砌采用整体式钢筋混凝土结构，适用于与洞口地形接近正交。偏压明洞衬砌采用设置独立挡墙与标准明洞衬砌的组合，适用于与洞口地形斜交 30° 以上位置。明洞结构采用带仰拱的钢筋防水混凝土结构(防水等级不小于 P8)，衬砌厚度为 60cm，设计荷载考虑回填土荷载、结构自重及施工荷载，仰拱及采用浆砌片石回填的边墙部分考

虑地基弹性抗力。

明洞衬砌在洞口开挖完成后应尽快施作，在达到设计强度后应及时回填，明洞拱顶依次密实回填碎石土和隔水粘土层。明洞防水采用两布一板的形式。

明洞一般规定：

- 1) 拱顶填土高度不大于 5m，不宜小于 1.5m；
- 2) 明洞基础应置于稳固的地基上，当基底地基容许承载力小于 0.25MPa 时，应采取处理措施，如：基础换填、扩大基础、地基加固等；
- 3) 地质条件变化较大地段应设置沉降缝，明洞与暗洞相接处应设置沉降缝；
- 4) 浇筑拱圈混凝土达到设计强度 70% 以上时，可撤除内外拱架；
- 5) 明洞拱背回填应对称分层夯实，每层厚度不大于 0.3m，其两侧回填的土面高差不大于 0.5m，填至拱顶齐平后应立即分层满铺填筑至设计高度。碎石土的碎石：土为 1：3。
- 6) 偏压明洞靠山侧设计回填坡度 1：5，实际回填坡度 1：10，两者之差作为发生零星崩塌时的安全储备。

洞口段临时开挖边、仰坡采用锚喷网防护，回填坡面尽量与原地形顺接；洞顶采用植草防护，高边坡位置采用骨架防护+主洞防护网(或被动网)进行永久性防护。隧道洞顶、回填面以上永久边坡及仰坡，根据周围地形地貌特点及隧址区气候及植被生长特点有针对性的种植相应树木和植草，以使建成后的隧道与自然山体融为一体。

6.4 衬砌结构设计

隧道衬砌按新奥法原理设计，采用复合式衬砌。

复合式衬砌由喷射混凝土初期支护及模筑混凝土二次衬砌组成，在初期支护与二次衬砌之间设置防水层。设计中采用柔性支护体系的初期支护结构，充分发挥围岩自身承载能力。IV~V 级围岩由工字钢架、径向锚杆、钢筋网及喷射混凝土组成初期支护，III、II 级围岩则由径向锚杆、钢筋网及喷射混凝土组成初期支护。型钢拱架具有刚度大，发挥作用快的特点，这一点对于岩体自稳能力差，跨度大的隧道特别重要。钢拱架之间用纵向钢筋连接，并与径向锚杆及钢筋网焊为一体，与围岩密贴，一起形成承载结构。

二次衬砌一般采用素混凝土，当设计荷载较大，特别是在浅埋软弱围岩地段后期荷载较大时则采用钢筋混凝土，以确保隧道支护结构的安全。二次衬砌施作的合理时间应根据施工监测数据确定，尽可能发挥初期支护的承载能力，但又不能超过其承载能力。

复合式衬砌参数是首先根据围岩级别、工程地质、水文地质、地形、埋置深度、结构跨度及施工方法等以工程类比拟定，然后应用有限元综合程序对施工过程进行模拟分析，在进行结构计算时，设计荷载考虑回填土荷载、结构自重及施工荷载，仰拱及采用浆砌片石回填的边墙部分考

考虑地基弹性抗力。定性的掌握围岩及结构的应力发展与变形破坏过程后，进一步调整支护参数，最后采用荷载—结构计算模式，应用隧道结构计算程序进行结构内力分析计算及强度校核，同时应根据现场围岩监控量测信息对设计支护参数进行必要的调整，实现动态设计，信息化施工。

隧道主洞衬砌支护设计参数表

支护类型	适用条件	初期支护							二次衬砌		预留变形量 (mm)
		C25 喷射砼 (cm)		系统锚杆 (m)			钢筋网	钢架间距	C35 砼拱墙 (cm)	C35 砼仰拱 (cm)	
		拱墙	仰拱	型号	长度	间距	网格 (cm)	(cm)			
S5a	V级洞口及一般段	24	—	Φ25 中空锚杆	3.5	0.9×0.75	Φ6.0 @10×10	75 拱墙 I18	45 钢筋砼		100
S5b	V级断层等加强	24	—	Φ25 中空锚杆	3.5	0.9×0.50	Φ6.0 @10×10	50 拱墙 I18	50 钢筋砼		100
S4a	IV2级	22	-	Φ22 药卷锚杆	3.0	0.85×1.0	Φ6.0 @10×10	100 拱墙 I16	40 砼	-	70
S4a	IV1级	22	-	Φ22 药卷锚杆	3.0	0.85×1.2	Φ6.0 @10×10	120 拱墙 I16	40 砼	-	70
S3	III级	12	—	Φ22 药卷锚杆	2.5	0.95×1.2	Φ6.0 @10×10	-	35 砼 (预留)	-	50

6.5 辅助施工

本项目隧道采用的辅助施工措施有管棚、超前注浆小导管、超前砂浆锚杆和加固注浆。

超前长管棚：设于洞口，通过注浆提高围岩自身承载能力，提高岩体对结构的弹性抗力，改善结构受力条件。长管棚采用热轧无缝钢管Φ108mm，壁厚6mm，节长3.0~6.0m，接头采用Φ114×6.0 mm 无缝钢管，用长15cm的丝扣直接对口连接。环向间距中对中为40cm，钢管轴线外插角1°~3°（不包括路线纵坡），插入方向与路线中线平行。钢管施工误差径向不大于15cm，沿相邻钢管方向不大于10cm。配备电动油压钻机2台，用以钻孔及推进钢管。在施作管棚前，先施作2m长套拱以确保施工安全，套拱厚60cm，采用C30砼，内埋设I18工字钢、固定钢筋及Φ140孔口管，孔口管与固定钢筋采用双面焊接，焊缝长度不小于7mm。套拱兼作长管棚导向墙需在复合式衬砌外轮廓线以外施作，管棚施工时钻机立轴方向必须准确控制，每钻完一孔便顶进一根长钢管。管棚施工分两步：第一步施工起拱线以下的长管棚，第二步施工拱部长管棚，拱部管棚施工前必须架设拱部管棚施工平台。为保证钻孔方向准确，应运用光靶测斜仪，量测钢管钻进的偏斜度。为使钢管接头错开，编号为奇数的第一节钢管采用3m长钢管，编号为偶数的第一节钢管采用6m长钢管。各钻孔均应做好施工记录。

管棚注浆采用水泥浆液，水泥浆水灰比为1:1，注浆前应进行现场注浆试验，根据实际情况调整注浆参数，取得管棚注浆施工经验。注浆结束后及时清除管内浆液并用M30水泥砂浆紧密填充钢管，以增强管棚的刚度和强度。完成长管棚及注浆施工后，在管棚支护的保护下，按设计的方法开挖各部，开挖后立即喷射砼、打设锚杆、挂网、立钢架、再喷砼至设计厚度。

超前注浆小导管：适用于隧道V级段、地下水发育地段。

洞口加强段采用双层设置，小导管采用外径42mm、厚4.0mm的热轧无缝钢管，钢管长度为6.0m。外层超前小导管与衬砌中线平行以20~25°仰角打入拱部围岩，内层超前小导管与衬砌中线平行以5~10°仰角打入拱部围岩，钢管环向间距40cm，内外侧层间距不小于25cm。

洞身段采用单层设置，小导管环向间距40cm，钢管长度为4.0m，外插角5~12°，尾部支撑于钢架上，也可焊接于系统锚杆的尾部，每排小导管纵向搭接长度不小于1.0m。为便于超前小导管插入围岩内，钢管前端宜做成尖锥状，尾部焊上箍筋，小导管的安设采用钻孔打入法，即先按设计要求钻孔，钻孔直径比钢管直径大3~5mm，用锤击或钻机顶入，顶入长度不小于钢管长度的90%，并用高压风将钢管的砂石吹出，小导管安设后，用塑胶泥封堵孔口及周围裂隙，必要时在小导管附近及工作面喷射混凝土，以防止工作面坍塌。

隧道的开挖长度应小于小导管的注浆长度，预留部分作为下一次循环的止浆墙。注浆液采用水泥浆液，水灰比1:1，注浆前应进行压水试验，检查机械设备是否正常，管路连接是否正确，为加快注浆速度和发挥设备效率，可采用群管注浆（每次3~5根），注浆压力控制在0.5~1.0MPa。注浆前应进行注浆试验，以确定合适的注浆参数值，注浆达到设计注浆量或注浆压力达到设计终压时可结束注浆，注浆过程中要随时观察注浆压力及注浆泵排浆量的变化，分析注浆情况，防止堵管、跑浆、漏浆，并做好注浆记录，以便分析注浆效果。

超前锚杆：设置在隧道中间的IV级围岩较差地段或洞口加强段，锚杆采用直径为22mm，长3.5m的HRB400钢筋，环向间距40cm，外插角5~15°。实际施作时锚杆方向应根据岩体结构面产状确定，以尽量使锚杆穿透更多的结构面为原则，采用药卷砂浆作为粘接材料，每排锚杆的纵向搭接长度要求不小于1.0m。

6.6 隧道防、排水设计

隧道防排水设计遵循“防、排、截、堵”相结合，因地制宜，综合治理的原则，达到排水通畅、防水可靠、经济合理、不留后患的目的。对导水断层破碎带等可能发生地下水大量流失的地段“以堵为主、限量排放”，避免地下水的大量流失，尽量减少隧道建设对隧址区环境的影响。

6.6.1 洞外及洞口段防排水

一般地形平缓段隧道洞口边仰坡开挖线外不小于5m处设置截水沟、急流槽疏导地表水；隧道洞口段地形陡峻时，出口边仰坡开挖线外不设置截水沟，于洞门墙顶设置截水沟收集仰坡及端墙后的雨水，通过边坡平台截水沟排入路基边沟。

6.6.2 洞内防水系统

1) 围岩注浆止水

当地层松散或围岩节理裂隙发育、裂隙水较大时，对围岩进行注浆止水，注浆方式可采用开

挖前预注浆或开挖后注浆。

2) 结构自防水

要求二次衬砌采用防水混凝土浇筑，可在混凝土中添加复合防水剂，以达到衬砌密实、防裂及防水目的，防水混凝土抗渗等级应不小于 P8。

3) 施工缝、变形缝防水

变形缝、沉降缝采用背贴式止水带+中埋式橡胶膨胀止水带止水。

4) 二次衬砌混凝土外防水

在初期支护与二次衬砌混凝土之间设置 1.2mm 厚 EVA 防水板，为保护防水板并形成渗水通道，防水板外侧设无纺布(350g/m²)，无纺布与防水板间不得采用全复合。防水层敷设范围为隧道拱顶至边墙脚下纵向排水管处。

6.6.3 洞内排水系统

隧道排水系统分地下水排水系统、路面水(清洗水)排水系统和洞外截、排水系统，使洞内外形成一个完整的排水系统。施工时要切实处理好排水构造物的衔接，确保隧道安全。

1) 路缘带边水沟：洞内行车道两侧路缘带设 30×30cm 的矩形排水边沟，边水沟纵向每隔 50m 设沉砂井兼检查井一处，以便清除沉砂。隧道洞内路面水从沉砂井排入两侧边沟，衬砌后围岩渗水通过纵、环、横向盲沟引入两侧排水边沟。

2) 环向盲管排水：紧贴初期支护表面，在初期支护与防水板之间环向均匀铺设 FH50 软式透水管，环向排水管两端与纵向排水管相连，将围岩渗漏水引排至纵向排水管内；当岩层渗水量较大时，环向排水管可 2~3 根并列一环。对于大面积淋水地段，可在围岩表面采用大幅防水板或密排 FH50 软式排水管，将水流直接导入纵向排水管或边水沟，在引水面上配合使用铁丝网，喷混凝土覆盖。环向排水管纵向间距一般段按 8m 一道设计，在断层、破碎带、不同岩性交界面处的间距按 4.0m 一道设计，并根据开挖后地下水出露情况适当调整其间距。

3) 纵向盲管排水：两侧二次衬砌边墙背后各设置一道 ϕ 100mm HDPE 双壁单侧打孔波纹管，其纵坡与路线纵坡一致。

4) 横向引水管排水：两侧边墙底纵向排水暗管汇集的地下水通过横向 ϕ 100HDPE 双壁无孔波纹管流入隧道排水边沟，横向引水管的纵向设置间距与环向盲沟一致。

5) 无仰拱段在垫层上，距离衬砌面板横缝 1.0m 位置设置 10cm 宽的横向盲沟，盲沟深度与垫层厚度一致；盲沟内埋设 MF7 横向塑料盲沟，用 350g/m² 无纺布包裹，并将其用级配碎石(粒径为 2~4cm) 填充，盲沟上面铺宽 50cm 的 EVA 防水板；盲沟与边水沟的交角为 90°，盲沟设置间距与横向排水管一致，在有集中出水点或水量大的路段可加密设置。

6) 环向、纵向、横向水管用三通管或四通连接。

6.7 耐久性设计

公路隧道结构设计应充分考虑周边环境对结构耐久性的影响，使结构在设计使用年限内处于正常使用状态，应保证结构在其设计基准期内的适用性、可修复性与安全性，隧道结构耐久性设计应根据隧道结构的耐久性设计标准、结合环境条件分段确定。

参考《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》(JTG/T3310-2019)及《公路隧道设计细则》(JTG/TD70-2010)的规定，本次设计中，隧道洞身衬砌按照新奥法原理采用复合式衬砌，由初期支护和二次支护共同组成永久性承载结构，需分别对初期支护及二次衬砌进行耐久性设计。

1) 对初期支护，其耐久型设计满足以下要求：

①喷射混凝土标号为 C25，其强度满足长期强度(28d)的要求，且 1d 抗压强度不小于 10MPa；

②采用全长灌浆式锚杆，并设置垫板；

③对于喷混凝土内设置的型钢钢架或格栅钢架，靠围岩侧的保护层厚度为 4cm，靠另一侧的保护层厚度为 2cm。

2) 对二次衬砌，其耐久型设计满足以下要求：

①衬砌混凝土强度等级采用 C35，抗渗等级不小于 P8；

②裂缝宽度不大于 0.2mm。

③混凝土的材料要求：

a. 严格控制胶凝材料及水胶比用量：C30 混凝土，最大水胶比 0.50。

b. 各种外加剂中的氯离子总含量不宜大于混凝土中胶凝材料总质量的 0.02%。

c. 应选用质量稳定、低水化热和碱含量偏低的水泥。水泥的碱含量(按 Na₂O 量计)不宜超过 0.6%。

d. 减水剂宜采用聚羧酸系减水剂。

e. 使用阶段应定期对主体结构进行检查及维护，发现裂缝或渗漏，及时进行修补。

6.8 隧道抗震措施

1) 端墙式洞门墙体设置一定的斜度，洞门墙与衬砌之间用环向连接钢筋连成整体，增加其抗震稳定性。

2) 隧道洞口、浅埋和偏压地段、断层破碎带等不良地质段，采用曲墙带仰拱的复合式衬砌结构断面，加强辅助施工措施，结构经计算满足抗震要求。

3) 浅埋段衬砌采用钢筋混凝土结构，并适当加大衬砌厚度及配筋率。

4) 对洞口上方山体及洞外路基边坡进行适当防护，对一切可能发生坍塌、滚石等的安全隐患应在施工阶段坚决予以清除或处理。

5) 严禁衬砌背后存在空洞，当存在以上问题时，衬砌背后应压注水泥砂浆。

6) 浅埋、断层破碎带等不良地质段，部分施工缝调整为沉降缝。

6.9 路面结构及洞内装饰方案

隧道采用 26cm 厚水泥混凝土路面，其中水泥混凝土面板设计抗弯强度 $\geq 5.0\text{MPa}$ ，下设 15cm 厚 C20 素混凝土垫层兼整平层。

隧道洞内拱部采用喷涂 $\geq 12\text{mm}$ 厚防火涂料+蓝色面漆进行装饰，检修道以上 300cm 范围边墙采用喷涂 $\geq 12\text{mm}$ 防火涂料+白色面漆进行装饰；隧道喷涂专用防火涂料厚度宜要求 $\geq 12\text{mm}$ ，且喷涂均匀，耐火时间不得低于 2 小时；隧道内装饰涂层需具备附着力强、耐碱、防毒及可冲洗等性能。隧道侧壁 1.2 米高位置刷两条橘红飘带(宽 15cm)，间距 40cm，贯通全隧道。

6.10 特殊地质段隧道设计方案及突发事件预案

特殊地质段结构与施工方案的总体设计原则是：动态设计、动态施工，以防为主，防治并重，杜绝安全事故出现。根据地质资料制定不良地质处治预案设计，加强施工过程的地质观测、预报工作，采用 TSP 地质预报系统、超前钻探、地质雷达等超前地质预报预测手段进一步探明掌子面前方的工程地质、水文地质的活动态势等情况，主要探测不良地质段地下水赋存、岩石的强度、岩性、岩层的破碎程度等情况，从而正确选择处治方案。

根据地勘成果，本隧道不良地质及不利影响主要有构造带、洞口浅埋偏压及岩溶等。

6.10.1 构造带(断层破碎带、褶皱带)

由于构造带岩体挤压严重，节理、裂隙极为发育，岩石破碎、完整性差，往往在构造与冲沟双重作用下，隧道施工可能会成为地下水汇集的通道，隧道爆破施工可能引起围岩塌坍、冒顶、突涌水风险。隧道穿越构造带、断层前需做好超前地质预报、掘进实施性方案及应急预案。

断层破碎带一般应采用较强的支护形式并结合完善的辅助施工措施、以保证施工阶段及衬砌结构的安全。隧道施工开挖之前，施作超前短管棚或超前注浆小导管，对掌子面前方岩体进行预支护，然后可采用短台阶、CD 法等分部开挖法施工，以防止坍塌；对于水量丰富地段，还应事先采用超前预注浆加固地层，将大部分涌水堵在注浆圈外，通过加固岩体提高其自身承载力，同时围岩强度的提高和自承能力的增强有利于改善隧道结构的抗震性能。在隧道设计方面，由于断层破碎带支护结构松散荷载较大，二次衬砌均设计采用钢筋混凝土结构，以保证结构安全。

6.10.2 隧道洞口浅埋偏压处理

隧道平面设计难免存在轴线与地形等高线斜交的情况，隧道洞口段局部偏压较大，若采用明挖、大开大挖方案必然造成洞口边仰坡过高，防护工程量过大等问题，对后期运营存在安全隐患，同时也破坏了洞口的自然环境。因此，设计阶段对个别洞口采取加长明洞，并设置超前支护等辅助措施加固地层，做到确保结构安全的前提下最大限度的控制洞口边坡，减少开挖量，改善洞口视觉效果为原则。

6.10.3 塌方处治预案

根据实践统计分析，洞内岩石类塌方规模一般为中、小型，个别为大型塌方，一般塌方数量不超过 500 方。

1) 中、小型塌方

对于中小型塌方，从塌腔口可观察倒坍壁的稳定性的稳定性，确定是否采用清渣方案，同时根据塌腔的矢跨比(H/B)采取不同的处治措施。

当塌腔矢跨比 $H/B < 0.7$ 时，采用 WNF 法处治，利用围岩暂时稳定状态，边清渣边处理，尽快采用喷锚支护加固未塌地层，即“外层初期支护(简称 W)”，然后沿二次衬砌外轮廓施作钢筋混凝土壳体，即“内层初期支护(简称 N)”，同时在壳体和喷锚支护之间采用钢架连成整体，沿内层初期支护外轮廓外依次设防水层、1.0m 厚护拱及 1.0m 以上的缓冲层，即“防护层(简称 F)”。

当塌腔矢跨比 $H/B \geq 0.7$ 时，采用 WF 法处治，利用围岩暂时稳定状态，边清渣边处理，尽快采用喷锚支护加固未塌地层，即“外层初期支护(简称 W)”，然后沿二次衬砌外轮廓施作防水层、1.0m 厚护拱及 1.0m 以上的缓冲层，即“防护层(简称 F)”。

2) 大型塌方

对于大型塌方，一般不能采用清渣方案，而是采取“注浆+管棚”整体加固方案。设置止浆墙，然后充填注浆，充填后施作管棚，在管棚支护下采用短进尺、分步开始施工。

3) “冒顶”塌方

先处理地表塌方洞口，四周设置截、排水沟，并采用喷锚支护，根据地表稳定性情况决定是否采用地表注浆加固，洞内塌方处治方案可参考大型塌方处理，待洞内处治完毕后对地表塌方口回填加固，一般采用粘性土回填，回填后高出地表 0.5~1.0m。

6.10.4 隧道岩溶处置预案

本隧道穿越灰岩等岩溶地层，隧道遇岩溶的可能性较高。当隧道施工遇到岩溶危害时，可按岩溶对隧道不同的影响情况及施工条件，采取跨越、加固溶洞，引排、截流岩溶水，清除充填物或注浆对软弱地基加固，回填夯实、封闭地表塌陷、疏排地表水等工程综合治理措施。

(1) 岩溶水的处理：对岩溶水的处理原则是宜疏不宜堵。为防岩溶水的突然袭击，施工中可采用超前钻孔探测，预备足够的抽水设备，以确保施工安全，排水设施应结合具体情况可选用排水沟，涵洞、泄水洞等建筑物。对岩溶水的整治应采取截、堵、排、防综合措施，并对本地生产、生活用水采取适当的保护措施。

(2) 岩溶洞穴的处理：根据岩溶洞穴大小及洞穴与隧道不同部位的关系，采用跨越、堵塞、加固等处理措施。

(3) 洞穴填充物的处理：洞穴填充物松软，下沉量大，强度低，稳定性差，当隧道必须穿越洞穴填充物时，可设计支撑桩、换填、注浆等工程措施来治理。

6.10.5 涌水突泥处治

隧道穿越断层破碎带，若导水断层与地表水联通发生突水，可能有丰富的地下水，发生突水、突泥的可能性大。

1) 探水及防突水突泥措施

采用 TSP/TGP 或雷达超前探测预报，异常段采用钻孔超前探测、超深炮孔探测进行验证。钻孔验证采用专用探水钻机施工探水孔，探水孔孔径(终孔)为 55mm，钻孔外偏角为 5°，每次探水段长 35m，开挖 30m，保留 5m 开始下一次探水。探水孔要详细记录出水点位置、水量、水压等。通过超前地质预报和超前钻探探水，可有效防止断层破碎带等富水地段突水突泥突发事件的产生，除此之外，施工单位应该做好防突水突泥突发事件的预案及演练。

2) 注浆堵水

根据超前钻孔探水的结果，分别采取不同的措施进行下一循环工作，当探水孔有 2/3 孔满水且总水量大于 15m³/h 时，采用全断面面堵水注浆；当总水量小于 15m³/h 但个别孔出水量大于 3m³/h 时，采用局部堵水注浆；当 6 孔出水量均小于 3m³/h 且总出水量小于 15m³/h 时，进入下一循环。当隧道开挖后地层裂隙水较大，周边存在大面积淋水或严重渗漏水，对地表生态环境影响较严重，但围岩稳定性较好，不影响掘进时，采用径向注浆堵水(后注浆)。预注浆的目的是防止突水突泥，确保施工安全，后注浆的目的是确保隧道建设不对生态产生大的影响。

①全断面预注浆：设计为 30m 一环全断面注浆，根据探水钻孔探明的出水点位置，可调整注浆长度，保留注浆止水岩盘 5m；注浆孔孔径 r=108mm，开孔孔径 115mm；全断面深孔预注浆分两次进行，第一次钻孔数 22 个，第二次钻孔数 24 个，第一次注浆孔位离开挖边界 0.5m，第二次注浆孔位离开挖边界 1.0m，第一次注浆孔的外岔角为 9.3 度，第二次注浆孔的外岔角 9.7 度；当注浆压力达到 3MPa，进浆量小于 100L/min，而且压力升高较快则可停止注浆，最大注浆压力不能超过 5MPa；为防止串浆，第一次注浆与第二次注浆之间宜隔开 2~3 小时；注浆后，总出水量小于 2m³/h 且一处出水量小于 0.6m³/h，即可结束注浆；注浆材料主要采用单液浆，困难时采用水泥-水玻璃双液浆，水泥为 425 普通硅酸盐水泥，水灰比 W/C=0.6~1.0，水泥浆与水玻璃体积比 1:0.5，凝胶时间根据现场情况确定。

②局部预注浆：根据探水钻孔探明的出水点位置、水量和预注浆段岩层节理、裂隙发育情况，布置注浆孔个数和位置，注浆孔孔径为 108mm，开孔孔径 115mm；注浆范围为：在出水通道范围内，隧道开挖外轮廓线以外 5~6m，单孔注浆有效扩散半径 R=3.6m，注浆结束最终压力为净水压力的 2-3 倍；注浆后，总出水量小于 2m³/h 且一处出水量小于 0.6m³/h，即可结束注浆；注浆材料主要采用单液浆，困难时采用水泥-水玻璃双液浆，水泥为 425 普通硅酸盐水泥，水灰比 W/C=0.6~1.0，水泥浆与水玻璃体积比 1:0.5，凝胶时间根据现场情况确定。

③后注浆：设计注浆范围为隧道开挖外轮廓线外 4-6m，注浆采用 Φ42 小导管，孔口环向间距 1.5m，纵向间距 1.5m，梅花形布置，在集中出水点注浆孔加密，注浆小导管布置范围根据开挖后渗漏水位置合理确定，不一定要全断面布置，局部点出水可采用局部预注浆堵水方法处理；注浆材料暂定采用水泥-水玻璃双液浆液，水泥为 P.042.5 普通硅酸盐水泥，水灰比 W/C=0.6-1.0，水玻璃模数 30-40Be，双液体积比 C/S=1:0.5，凝胶时间根据现场情况确定。注浆压力初拟为 0.5~1.0MPa。

6.10.6 富水软弱破碎段围岩地质灾害预防

富水软弱破碎围岩段施工时采用超前地质预测预报手段，提前了解开挖工作面前方地质、地下水情况，根据实际情况采取预防措施。当地下水与地表水连通时，经技术、经济比选，一般宜采用注浆堵水结合超前钻孔限量排水措施。当隧道埋深在 20m 以内时，可采用地表注浆；当隧道埋深超过 20m 时，则应采用开挖工作面预注浆。施工方法结合实际采用正台阶预留核心土环形开挖法、中隔壁法、交叉中隔壁法、双侧壁导坑法，且掘进循环进尺宜为 0.5~1.0m。采取超前小导管、钢架、喷锚等多种支护手段，加强初期支护体系，及时施作二次衬砌、仰拱，尽早封闭呈环。

6.11 隧道监控量测设计

6.11.1 总体方案

隧道支护结构应用新奥法原理采用复合衬砌，要求施工单位在施工过程中必须进行现场监控量测，及时掌握开挖过程中围岩和支护结构力学形态的变化和规律，评估围岩和支护结构的稳定状态，提供有关隧道施工的全面、系统信息资料，以便及时调整支护参数，通过对量测数据的分析和判断，对围岩-支护体系的稳定状态进行监控和预测，并据此制定相应的施工措施，以确保洞室周边岩体的稳定以及支护结构的安全。

根据本隧道的实际情况，监控量测可分为洞内监控量测和地面监控量测两大类，每类监控量测项目可分为必测项目与选测项目两大类。

洞内监控量测的对象主要是围岩、衬砌、锚杆、拱架及其他支护结构，检测部位包括围岩与围岩净空、衬砌与衬砌净空、衬砌等。其必测项目主要有以下 5 项：

1) 洞内观测：对岩层、岩层产状、结构面进行描述，对地下水类型、是否涌水及水量大小、涌水位置及压力等进行观察和说明，对溶洞、断层等不良地质情况进行重点说明，对支护结构进行不间断地观测；

2) 水平收敛及拱顶下沉：对隧道拱顶下沉情况进行监视，了解断面的变形状态，判断隧道拱顶的稳定性；

3) 仰拱隆起：对隧道仰拱隆起情况进行观测，判断隧道底部的稳定性；

4) 周边位移：根据位移、收敛状况、断面变形状态等量测，对周边围岩体的稳定性、初期支护的设计与施工方法是否妥当、二次衬砌的浇筑时机等进行判断。

5) 拱脚下沉：在富水软弱破碎围岩、软岩大变形、膨胀岩土等不良地质和特殊性岩土段，进行拱脚下沉的监测工作，及时掌握支护结构整体变形情况。

地面监控量测的主要对象是洞口段及洞口浅埋断的地表情况，其必测项目有以下 2 项：

1) 地表观察：对地表地质、水文进行日常观察对地表异常进行观察；

2) 地表下沉：从地表设点观测，根据地表下沉量判断开挖对地表下沉的影响，确定隧道支护结构。

除上述必测项目外，在隧道施工过程中，可根据隧道地质特点和结构形式，结合现场管理需要，针对一些有特殊意义和具有代表性意义的区段，选择特殊监控量测项目进行补充测试，如围岩内部位移量测、锚杆内力量测、钢支撑内力量测、喷射混凝土应力量测、二次衬砌应力量测、围岩压力量测及两次衬砌间接触压力量测等。由于这些监控量测项目技术含量高、初始投入大、进行时间长，其目的是更深入地掌握和了解围岩的稳定状态和喷锚支护的效果，为后续工程设计与施工的进一步优化提供参考意见，且一般要求多方面合作才行。因此，尽管设计上提供了比较完善的内容和方法，但是对其实施与否不作强制性要求，但建议建设方选择有代表性的地质地段和衬砌类型设立选测项目，进行隧道设计施工方面的技术研究。

6.11.2 基本要求

1) 监测单位应根据设计要求，并结合隧道规模、地形地质条件、施工方法、支护类型和参数、工期安排以及所确定的量测目的等编制监控量测实施方案。

2) 监控量测实施方案应报监理、业主批准后实施，并作为现场作业、检查的依据，实施方案应包括：监控量测项目、量测仪器选择、监控量测断面及测点布置、监控频率、量测基准值、数据处理及预测方法、反馈方法以及组织机构、管理体系等。

3) 量测计划应与施工进度计划相适应，监控量测工作应结合开挖、支护作业的进程，按要求的布点和监测，并根据现场实际情况及时调整补充，量测数据应及时分析、处理和反馈。

4) 对隧道工程，施工过程中须进行洞内观察；同时隧道内已支护结构随着围岩压力的进一步释放可能产生后续损伤或破坏，亦应进行已支护结构健康状态观察。

① 洞内观察应在每次隧道爆破清渣后及时进行，主要应了解开挖工作面的工程地质和水文地质条件，其包括如下一些内容：岩质种类和分布状态，地质界面位置的状态；岩性特征包括岩石的颜色、成分、结构、构造；地层时代归属及产状；节理性质、组数、间距、规模，节理裂隙的发育程度和方向性，断面状态特征，充填物的类型和产状等；断层的性质、产状、破碎带宽度、特征；地下水类型，涌水量大小，涌水位置、涌水压力，湿度等；开挖工作面的稳定状态，顶板

及侧壁有无剥落现象；

② 已支护结构观察应每天不间断的进行，如发现异常，要详细记录发现时间、距开挖工作面的距离、附近测点的各项量测数据，同时应增加观察频率。主要包括如下内容：初期支护完成后对喷层表面裂缝状况、有无锚杆被拉脱或垫板陷入围岩内部的现象；喷射混凝土是否产生裂隙或剥离，尤应注意喷射混凝土是否发生剪切破坏；钢拱架有无压屈现象，拱架落底是否及时，拱架脚部基础是否稳定、坚实；拱架搭接是否紧密、及时；隧道下部路基或路面是否有底鼓现象、喷射混凝土表面有无渗漏水现象以及隧道路面有无开裂现象；二次衬砌是否及时跟进，软弱围岩段仰拱是否及时设置、二次衬砌表面有无裂纹产生，需特别注意有无纵向裂缝或斜裂缝的产生；二次衬砌表面有无渗漏水现象。

5) 拱顶下沉及周边位移变形的监测断面应按以下原则设置：V级围岩每 5~10 米一个，IV级围岩每 10~30 米一个，III级、II级围岩 20~50 米一个。

6) 隧道拱顶下沉及周边位移监测断面须尽量靠近开挖面，一般测点距开挖面 2~5m 的范围内应尽快安设，并应保证爆破后 24 小时内或下一次爆破前测读初次读数，同时量测过程中应保证测点布设牢固、稳定；测试数据应准确可靠。

7) 地表观察重点应在洞口段和洞浅埋段，其观察内容应包括：地表开裂、地表沉陷，应特别关注地表贯通性裂缝的排查；边坡及仰坡稳定状态；地表积水、渗透以及排水情况。

8) 浅埋隧道地表沉降测点应在隧道开挖前布置，地表下沉断面应布置在洞内净空收敛量测测点所在横断面上，每个隧道口至少应布置 1 个纵向断面；测点横向间距为 2~5m，纵向间距根据围岩级别及隧道埋深确定，可按下述原则选取：

① $h < 1.0B$ (h 为隧道埋深， B 为隧道开挖宽度，下同)，小于 1.0 倍的开挖宽度，对 II~IV 级围岩取为 10m，对 V 级围岩取为 5m；

② $1.0B \leq h < 2.5B$ ，对 II~IV 级围岩取为 20m，对 V 级围岩取为 10m；

③ $h > 2.5B$ ，对 V 级围岩可取 10m，II~IV 级围岩或坚硬陡峭段可不设置，但应加强洞内拱顶下沉与收敛位移量测。

9) 隧道监控量测与信息反馈是新奥法施工的一个重要环节，因此应采用合理准确的方法及时对实测数据进行现场分析、处理，并及时向参建各方提供分析资料，直接服务于隧道施工；在实施过程中监测、施工、监理、设计、业主等单位必须紧密配合，共同研究、分析各项量测信息或修正设计参数与施工方法。

6.11.3 注意事项

1) 隧道施工中掌子面开挖成形后，必须立即喷射不小于 5cm 厚的混凝土及时封闭围岩，紧跟监控量测，监控量测应在开挖后 2~4 小时内进行。否则，工作人员不得进入掌子面作业。

2) 施工单位应配备专业地质工程师针对掌子面开挖地质情况观察、记录和描述，并绘制工程地质纵断面图，与设计地质类型进行对比，以正确判断围岩类别。

3) 施工单位应配备专业安全员对施工以开挖洞室进行安全检查，观察初期支护、二次衬砌有无发生裂缝、掉皮、钢拱变形、渗漏水等现象，确保初期支护工程质量。

6.12 超前地质预报方案设计

设计勘察阶段局部钻孔及物探等勘探手段难以有效准确的反映全隧道工程地质和水文地质情况及不良地质现象。为保证施工安全，施工阶段应全程采取超前地质预报手段，坚持动态设计与施工。隧道超前地质预报应体现以隧道地质为基础，选择适宜的地质超前预报方法，运用地球物理探测与超前地质钻探相结合、长距离与中短距离相结合、地表与地下相结合、超前导洞与主洞探测相结合、设计文件与实际相结合等综合方法。

本设计中所考虑的超前地质预报方案应包括下列主要内容：

1) 地层岩性预测预报，特别是对软弱夹层、破碎地层、煤层及特殊岩土层的预测预报；

2) 地质构造预测预报，特别是对断层、节理密集带、褶皱轴等影响岩体完整性的构造发育情况的预测预报；

3) 不良地质预测预报，特别是对岩溶、人为坑洞、瓦斯等发育情况的预测预报；

4) 地下水预测预报，特别是对岩溶管道水及富水断层、富水褶皱轴、富水地层中的裂隙水等发育情况的预测预报。

根据上述超前地质预报内容并结合本隧道的实际情况，设计中共采用了 TSP、TEM 及超前地质探孔等三种超前地质预报手段，其中 TSP 和 TEM 宜全程全长设置，在 V 级围岩、断层破碎带、地下水丰富地段可辅助设置地质钻孔进行验证，方案简述如下：

1) 中、长距离地质预报：该方法可采用 TSP 隧道地震检测仪等设备进行远距离较宏观长距离预报，一般地段洞身每 100~150m 施作一次，地质复杂地段视情况加密进行，全隧道进行，应采用技术先进、可靠，性能良好的设备进行，并由有经验的人员操作和判断。

当推测隧道可能存在富水地段等其他不良地质时，如向斜、断层破碎带富水地段等，一般提前 20~30m 采取 TEM(瞬变电磁法)、红外探测法等其他适用性较好的预报方法进行探测地下水等不良地质情况。

2) 短距离地质预报：一般采用地质雷达法(GPR)进行短距离预报，一般地段洞身每 20 米施作一次，全隧道进行，应采用技术先进、可靠，性能良好的设备进行，并由有经验的人员操作和判断。

3) 超前地质钻探：当通过超前地质预报系统探测发现隧道地质异常，推测存在岩溶、富水软弱断层破碎带、富水岩溶发育区、煤层瓦斯等有害气体发育区，隧道施工中可能发生涌水、突泥

或瓦斯突出等地段以及其他重大物探异常区，必须采用超前探孔对预报成果加以核查与确认。超前探孔数量和长度应结合超前地质预报成果确定，应能确保准确揭示不良地质规模、范围，以便为处治设计和施工方案提供准确依据。超前地质钻孔现场应由有经验的专门地质技术人员及施钻人员负责，钻孔过程中在现场做好钻探记录，包括钻孔位置、开孔时间、终孔时间、孔深、钻进压力、钻进速度随钻孔深度变化情况、冲洗液颜色和流量变化等，钻孔直径为不小于 $\phi 76\text{mm}$ ，满足钻探取芯、取样和孔内测试等要求。连续钻探每循环孔深应能满足前后两循环钻孔重叠长度不小于 5 米，钻进施工中应对钻孔资料进行编录，并绘制每个孔的柱状图，特别是发现岩溶、富水断层破碎带、煤层瓦斯等不良地质时，应能反映出不良地质的规模、性质。

4) 加深炮孔探测是利用风钻或凿岩台车等在隧道开挖炮孔钻进施工中，全隧道进行。通过加深炮孔孔深(深度比一般爆破炮孔孔深 3m 以上或比循环进尺洞深 3m 以上)，以钻小孔径浅孔获取地质信息的一种方法，加深炮孔探测应由有经验的施钻人员负责，每循环炮孔钻进结束后及时将钻孔信息反馈给专业技术人员，若钻孔过程中发现异常情况不得装药爆破，及时将信息反馈相关单位，再次采用补充预报和超前地质钻孔确认，确定处治方案和施工方法后方可进行开挖施工。

5) 地质调查法：根据隧道具体工程地质及水文地质情况，每循环开挖爆破前后对隧道围岩进行地质素描，描述围岩岩性、坚硬程度、风化程度、产状、节理裂隙发育情况、渗水情况等，并结合超前地质预报等对隧道地质进行预报，全隧道进行，需由有经验的专业工程地质技术人员进行，若判断隧道围岩有异常情况或与原设计不符，应及时将信息反馈相关单位，再次采用补充预报和超前地质钻孔确认，确定处治方案和施工方法后方可进行开挖施工。

7 隧道安全设计

7.1 隧道安全设计总体思路

隧道设计贯穿“以人为本，安全至上，全寿命整体安全”的设计理念。综合考虑公路隧道的功能、行车安全、自然环境等因素，对隧道设计、施工和运营各阶段安全性进行综合评价，使隧道在全寿命过程处于可控状态。

7.2 隧道结构安全设计

1) 隧道按新奥法施工原理进行洞身结构设计，以系统锚杆、喷混凝土、钢筋网、钢架组成初期支护与二次衬砌模筑混凝土相结合的复合式衬砌型式；通过大量的工程类比及结构分析计算，拟定洞身衬砌支护，确保衬砌结构具有足够的强度、稳定性、耐久性。

2) 洞门采用混凝土结构，通过计算确定洞门结构强度、抗倾覆、基底承载力等要求，洞门墙与明洞之间采用短钢筋连接。

3) 采用可靠的隧道路面结构，确保路面结构安全。

4) 加强隧道洞内装饰，增加照明亮度。

7.3 隧道施工安全设计

隧道工程主要位于山体内部或地下，可能发生的安全风险事故较多，总体上应遵循“动态设计，信息化施工”的总体原则。

①施工中揭露的地质条件与设计文件不一致、发现变形破坏迹象或相关技术人员认为必要时，应暂停施工，疏散人员确保安全，并上报建设单位及设计、监理单位，采取切实措施后再组织施工。

②施工前应根据危险源辨识情况编制应急预案，配备相应的应急资源并进行演练；施工过程中应做好超前地质预报，严格按照相关规范、规程、办法等进行监控量测，并设置逃生措施。

③边仰坡应自上而下分层开挖，开挖一层防护一层，不得上下重叠作业，尽量避开雨季施工。边仰坡以上的危石应在开挖前清除；边仰坡爆破后，清除松动石块方可继续施工；做好变形监测，变形较大时应暂停施工并查明原因；洞口开挖防护完成，初期支护进入正洞后，应及时施做洞口明洞及洞门，并及时进行回填，使洞口基坑暴露时间最短；洞口开挖之前应做好洞口基坑及浅埋段的监控埋点工作，及时取得初始监测数据，施工中做好监控及分析工作。

④暗洞施工严格遵循“管超前、严注浆、弱爆破、短进尺、强支护、勤量测、早封闭”的原则，控制循环进尺量。做好超前支护，必要时进行掌子面防护；做好工序之间的衔接，喷锚紧跟掌子面；严格控制二次衬砌与掌子面之间的距离并确保支护及时，严禁支护滞后和安全步距超标，并预留逃生通道。

⑤暗洞施工严格遵循“管超前、应做好超前预报，对突泥突水的可能性进行判断。对危险地段采用注浆堵水或排水等措施确保安全后再施工；施工过程中进行观察、监测，发现险情后停止施工撤离人员设备，做好施工预案，并进行演练。

⑥临时设施应避开高边坡、陡峭山体下方、深沟、河流、池塘边缘等区域。弃渣场地应设置在不易溃塌、不产生滑坡的安全地段，不得堵塞河流、泄洪通道；隧道内供风、供水、供气管线与供电线路应分别架设，照明和动力线路应分层架设；供电线路架设应遵循“高压在上、低压在下，干线在上、支线在下，动力线在上、照明线在下”的原则，并做好安全防护；做好排水设计，避免雨季时受积水、泥石流、滑坡等的影响。

⑦必须严格按国家和地方政府有关规定及设计要求做好环保、水保工作，防止破坏环境、水土流失和空气污染。采用控制爆破，对隧道地表影响范围内的建筑物、构筑物进行监测，避免影响其安全；对高压铁塔等可能影响附近人畜安全的构筑物应重点保护；控制地下水排放量，避免影响地表水源和地下水系统。

⑧建议施工单位按国家、行业和地方相关法规、规程要求施工，配备必要的劳动防护用品，做好安全方面的岗前培训。

⑨对于涉及周边水环境、生态环境安全、施工风险高的重点部位和环节，在设计提出的处治方案基础上，施工方须依据自身的机械设备、人员素质、技术水平等做出专项施工组织方案，并经评审通过后方可实施。

8 隧道施工方法、施工场地、便道布置和弃渣方案

8.1 施工方法

1) 改扩建隧道

洞口扩挖前应先完成洞顶排水沟改造、超前支护及相邻段的临时加固。洞口扩建施工应先上后下、先两侧后中间的施工作业顺序；应先加固、后拆除。

扩挖前应对前端不开挖部分进行临时加固，临时加固可采用在既有衬砌表面设置钢拱架支撑，既有衬砌应分段拆除，每次拆除长度不宜大于1.5m，拆除时应减少对围岩的扰动、不得造成未拆除段掉块和坍塌。各分部开挖进尺不宜大于2榀钢架间距，各分部开挖掌子面应错开，错开距离不宜小于2m。

开挖后应立即施作初期支护，初期支护强度达到设计规定后，可进行同一断面位置的其他分部的开挖。应严格控制扩挖过程各施工阶段爆破炸药用量，并进行爆破振动监测和另一幅未扩挖隧道衬砌结构周边变形与位移的实时监控量测；施工过程中应加强地质跟踪调查等，做好施工记录，并应及时整理、分析和反馈，实行动态施工。

2) 新建隧道

在进行洞口段开挖施工前应施作好洞顶截水沟，防止地表水体渗入开挖面影响明洞边坡和成洞面的稳定。在进行开挖过程中，边坡防护必须与边坡开挖同步进行，开挖至成洞面附近时要求预留核心土体，待洞口辅助施工措施完成后再开挖进洞，洞口地质较差，应尽量避免雨季施工。

隧道施工开挖总体上要求拱部采用光面爆破，边墙部采用预裂爆破，以最大限度的保护周边岩体的完整性，同时减少超挖量，提高初期支护的承载能力。在V级围岩段采用短台阶法施工，台阶长度控制在5~10m，保证初期支护及时落底封闭，同时注意上半断面及基础锁脚锚杆的施工质量，确保初期支护的承载能力。由于二次衬砌是按主要的承载结构设计，因此二次衬砌应紧跟开挖面：既在初期支护落底后及时施作二次衬砌仰拱和仰拱回填。在IV级围岩段采用短台阶法施工，台阶长度控制在10~15m，应注意上半断面及基础锁脚锚杆的施工质量。由于二次衬砌是按承受少量荷载进行结构设计，因此二次衬砌的施作可滞后开挖面30~80m，但二次衬砌仰拱及仰拱回填应紧跟初期支护。III、II级围岩地段尽量采取光面爆破，全断面开挖。在施工中需采取适宜的辅助施工措施，各施工工序紧跟，不能脱节，严格控制超、欠挖，初期支护及时可靠。二次衬砌采用混凝土运输车、输送泵和衬砌模板台车的机械化配套施工方案，确保混凝土质量达到内实外光。

施工过程中应加强围岩监控量测和超前地质预报，确保施工安全，及时处理分析数据，调整支护参数，优化设计。对于软岩地段在施工中需通过预留适当变形量，短开挖，早成环，强支护，勤量测。当变形严重时需进一步调整结构支护模式与施工方法，以确保衬砌结构稳定。

8.2 施工场地、便道布置

大宗材料(如砂、石料、水泥、木材、钢材等)的存放地点(砂石料堆放场地、水泥仓库、木材仓库、钢材仓库)及木材、钢材加工场地布置，均考虑材料运进工地方便，易于卸车，靠近使用地点，注意防洪防潮或防水的要求，便于加工搬运和施工使用，并且运输与施工互不干扰等。

通风机房和空压机房一般靠近洞口，尽量缩短管道长度，以减少管道中能量损失，尤其避免出现过多的角度弯折；配电房设置一般应先征求当地电力部门的意见，设置位置尽量考虑用电线路短，并自备发电机组满足应急需要；洞顶蓄水池的设置应考虑满足施工要求及取水方便；管线路布置最好不跨运输道路，以免埋设及架空困难；搅拌机尽量靠近洞口，靠近砂石料，便于装车运输等；炸药和雷管要分别存放，其库房选择离工地 300~400m 以外的隐蔽地点，并安装避雷装置；机修房设在各种机械重心地区，避免机械长距离搬运；便道直达施工机械场所，且用水用电方便。工地项目部办公室设在出入口附近，便于有效指挥隧道施工和管理；生活用房要与洞口保持一定的距离，以保证工人和工作人员有一个较安静的休息环境，但又不宜过远以便于上下班行走方便。

施工场地的布置尽量做到“占山不占地、占地不占田、修路又造田”，且应充分考虑安全因素，如应避免开坡面坍塌、危岩落石及泥石流等的危害，还应考虑防潮、防水、防洪等。施工单位应通过对隧道施工现场的详细踏勘，对设计文件及投标文件认真分析，充分考虑各种因素，本着合理、适用、经济、和谐的原则，进行隧道施工设施及场地平面布置。

8.3 弃渣方案

弃渣场地一般设在空地的低洼处，尽量少占农田，并要求场地稳定，容量足够，运距合理，出渣方便。在堆弃过程中需先修好挡墙并作好地表水的引排疏导，堆放时尽量保护植被，作好坡脚挡墙防护，以防止洪水期冲走弃渣，形成人为泥石流。

9 建筑材料

9.1 建筑材料

1) 洞门结构采用 C30 混凝土，复合式衬砌初期支护采用 C25 喷射混凝土，二次衬砌采用 C35 防水混凝土，仰拱回填采用 C15 片石混凝土。C25 喷射混凝土采用湿喷工艺，以保证初期支护质量。C35 防水混凝土设计抗渗等级不小于 P8，衬砌混凝土拱部、边墙泵送混凝土要求添加提高混凝土性能的外加剂，提高混凝土的抗裂、防水、耐蚀性能。

2) 直径 $D < 12\text{mm}$ 的钢筋采用 HPB300 级钢筋，直径 $D \geq 12\text{mm}$ 的钢筋及锚杆采用 HRB400 级钢筋；

超前小导管采用 $\Phi 42$ 热轧无缝钢管，壁厚 4mm。型钢采用工字钢。

3) 砂浆(药卷)锚杆采用 HRB400 钢，要求设置垫板，垫板采用 Q235 钢板，水泥砂浆不低于 M20，药卷采用专用锚固剂药包，锚杆的抗拔力不低于 70KN。

4) EVA 防水板，厚度 1.2mm。

5) 无纺布，每平方米质量应大于 350g。

6) 注浆材料一般采用 425 号水泥净浆液，特殊地段浆液中可适当添加水玻璃。

7) 中埋式橡胶止水带(执行规范：GB18173.2-2014)

8) HDPE 波纹管，打孔波纹管孔眼 $10 \times 1\text{mm} \sim 30 \times 3\text{mm}$ ， 360° 范围。环刚度： $\geq 8\text{KN/m}^2$

9.2 主要新技术、新材料的应用

隧道新技术、新工艺、新材料主要有：

1) 防水卷材，采用热风双焊缝无钉铺设工艺，方便了施工，又确保施工质量。

2) 隧道部分段落围岩破碎，为保证施工安全，采用了超前物探(TSP)、探水及深孔注浆堵水技术，并力求最大程度地保护地表环境。

10 环境保护设计

隧道设计中按照“不破坏是最大的保护”的理念，坚持最大限度的保护、最小程度的破坏、最强力度地恢复，实现隧道工程和周围环境的和谐共存。

在隧道设计时考虑了环境保护因素，尽量减少对工程附近的建筑、居民生活、生产和原有自然生态环境的不良影响和破坏，并避免在施工过程中或竣工后出现因人为因素而导致新的山体病害产生。为此，在施工时应注意以下几个方面：

1) 隧道施工以“早进晚出”的原则，减少深挖路段，保护自然坡体及植被。

2) 隧道开挖石渣尽可能纵向调配，作路基填料，硬质、优质石渣在所设的石料加工厂集中堆放，用于砌体工程或混凝土粗集料，不利用的弃方，根据工点的实际情况，选好弃渣场地，集中堆放，在堆弃过程中先修好挡墙并作好地表水的引排疏导，有条件者，在弃渣顶覆盖土层，复垦还田或种树造林。

3) 隧道防排水设计对地表水、地下水、洞内清洗水分别设置各自独立的排水系统，对清洁水即可直接利用也可排入地表河流内，对污染水必需经过处理达到排放标准后才可排放。

4) 施工期的污水采取集中排放，并应经过沉淀、过滤等处理。

5) 在洞口段施工中开挖的土石方要及时清运，不能堵塞河道。

6) 洞口边仰坡开挖以光面爆破为主，严禁放大炮。

7) 对洞口路堑边坡稳定性较差地段，做永久防护工程。

8) 作好施工场地竣工后的清理、绿化及复耕还田工作，保护自然环境。

11 施工应急预案

根据《中华人民共和国安全生产法》、《建设工程安全生产管理条例》、交通部《公路水运工程安全生产监督管理办法》及《隧道施工安全九条规定》，施工单位应根据本工程特点，制订安全事故应急处理预案。

11.1 编制目的

针对本项目隧道的地质情况，对隧道可能发生的事故提前作出安排，明确应急职责，识别紧急需求，确保事故发生时，能快速反应，实施紧急救援，有效预防事故范围的扩大，最大限度地降低和减少事故带来的人员伤亡和财产损失。

11.2 应急响应机构及职责

根据各相关责任单位的职责，成立相应的事故应急响应机构，其中隧道施工的承担单位负责主要的抢险救援职责。应急响应机构中应包括抢险救援领导小组，常设现场抢险、抢险物资保障、消防、医疗救护、交通指挥、后勤保障等部门。

抢险救援领导小组负责抢险指挥及协调工作，并负责抢险信息的发布。

现场抢险部门负责实施事故现场的抢险、搜救工作。

抢险物资保障部门负责抢险物资准备、供应以及现场照明、通风工作。

消防部门负责现场消防工作，以及与当地消防部门的联系。

医疗救护部门负责现场必要的就地救护工作，以及与当地医院救护的联系。

交通指挥部门负责抢险现场的交通疏导，维持抢险现场秩序，并负责与当地公安交通管理部门联络。

后勤保障部门负责抢险救援期间的后勤物资、生活保障。

11.3 建立事故报告制度

根据发生事故的等级建立相应的事故报告制度，事故发生后应在最短的时间内报告事故应急响应机构，启动相应的应急预案。

11.4 建立抢险保障系统

1) 应急物资、设备保障

配备足够的应急救援物资和设备器材，指定专人负责，定期维护，保障正常运转。应急物资主要包括抢险物资、常备医疗药品和器材、通讯设备、照明设备、消防设备、水中逃生设备等。

抢险物资包括钢材、水泥、木材、脚手架、钢管、钢拱架、编织袋、开挖机具、运输机具、注浆机具、抽水机、抽水管道等。

常备医疗药品和器材包括消毒用品、溺水和受伤急救用品、常用小夹板、担架、止血袋、氧气袋等。

水中逃生设备包括救生圈、救生衣等水中漂浮物。

2) 人员保障

配备足够的抢险、救援人员，定期对各类抢险、救援人员进行抢险、救援知识培训，必要时应进行抢险、救援演练。

3) 通讯保障

配备必要的通讯设备，如手机、电话、对讲机等，并由专人负责，保证通讯 24 小时畅通。

4) 交通保障

事故发生时应有足够的车辆，并保证车辆运转正常，交通顺畅。

11.5 坍塌应急预案

根据以往的经验教训，当隧道内掌子面后方发生塌方等事故时容易造成施工人员被困洞内的情况；为了保证被困人员的安全，快速、有效的实施救援，最大限度的减少事故损失，在隧道施工阶段应考虑相关工程措施及准备相关救援设施、设备。相关措施如下：

1) 隧道主洞施工至人行或车行横通道时，应及时贯通横通道，以供紧急救援时使用；

2) 靠近掌子面处设置逃生管，采用钢管，长度应不小于 80m；

3) 洞内设置无线电话，施工照明采用 UPS 供电照明；

4) 掌子面附近准备食品、紧急医用药物及相关设备；

5) 洞外准备临时钢架、木材、钻机等设施；

6) 平时进行人员安全培训救援知识，演练等，对员工进行安全知识教育。

隧 道 表

保康县桥沟矿区隧道改扩建工程

第1页 共1页 图号: S5-1-2

序号	隧道名称	起 迄 桩 号	隧道长度 (m)	净空 (宽×高) (m)	洞内路线线形		工程地质概况	衬砌级别长度(m)					洞门形式		通风方式	消防设施	备注	
					坡度(%) / 坡长(m)	平曲线		明洞	S5a	S5b	S4a	S4b	S3	小里程端				大里程端
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1号隧道	K0+002 ~ K1+270	1268	8.5×5.0	-7.8/1268(1340)	R-∞ R-600(Z) R-∞	薄~中层状白云岩、泥质白云岩，中-微风化。	5	828	159	276	-	-	端墙式	端墙式	自然通风	简易消防	改建
2	2号隧道	K1+605 ~ K2+374	769	8.5×5.0	-9.2/769(940)	R-∞	薄~中层状白云岩、泥质白云岩，白云岩夹泥岩，中-微风化。	-	70	-	465	234	-	端墙式	端墙式	自然通风	简易消防	改建
3	3号隧道	K2+402 ~ K2+875	473	8.5×5.0	-9.2/68(940) -7.5/405(420)	R-∞	薄~中层状白云岩夹泥岩，中-微风化。	7	47	-	115	123	181	端墙式	端墙式	自然通风	简易消防	改建
4	4号隧道	K3+048 ~ K3+439	391	8.5×5.0	-10.5/7(120) -9.35/365(365) -3.08/19(20)	R-∞	薄~中层状白云岩夹泥岩，中-微风化。	10	55	-	65	77	184	端墙式	端墙式	自然通风	简易消防	改建
5	5号隧道	1K0+000 ~ 1K0+610	610	8.5×5.0	2.30/610	R-∞ R-230(Y) R-∞	薄~中层状白云岩夹泥岩，中-微风化。	10	70	-	210	-	320	端墙式	端墙式	自然通风	简易消防	新建
	合计		3511		其中：长隧道1268m/1座, 中隧道1379m/2座, 短隧道864m/2座													

编制: 张园航

复核: 李天

审核: 丁国成

1号隧道工程数量汇总表

保康县桥沟矿区隧道改扩建工程

第1页 共3页 图号: S5-2-1

工程名称		单位	左洞工程数量	右洞工程数量	备注	工程名称		单位	左洞工程数量	右洞工程数量	备注							
隧道长度		m	1268	15		隧道长度		m	1268	15								
1、洞口工程						3、洞身工程												
开挖	硬土	m ³	900		统一计入左线	排水管	纵向Φ100HDPE双壁波纹管	m	10.0		开挖	V级围岩	m ³	57500	870			
	软石	m ³	1133				横向Φ100HDPE双壁波纹管	m	2.6			IV级围岩	m ³	13027				
洞门	C30混凝土洞门	m ³	868.7			管棚	三通接头	塑料三通	个	2.0		III级围岩	m ³					
	HPB300钢筋	kg						Φ108×6mm有孔钢花管	m	960.0	240.0	II级围岩	m ³					
	HRB400钢筋	kg	708.3					Φ108×6mm无孔钢花管	m	900.0	225.0	超前支护	管棚套拱	丝扣Φ114×6mm钢管	m	93.0	23.3	
	C20混凝土水沟	m ³	153.3					M30水泥砂浆填充	m ³	13.5	3.4			C30砼	m ³	58.9	29.5	
	真石漆喷涂	m ²	454.5					水泥浆	m ³	91.6	22.9			Φ140×4孔口管	m	124.0	62.0	左洞6榀 右洞3榀
	铭牌	m ²	36.0					钻孔	m	1860.0	465.0			I18工字钢	kg	3416.0	1708.0	
拆除	C25混凝土	m ³	362.0			扫孔	m	3720.0	930.0	HRB400固定钢筋	kg			148.7	74.3			
	HPB300钢筋	kg				超前小导管	Φ42×4mm钢花管	m	49300.0		螺栓、螺母(含膨胀螺栓)			套	96.0	48.0		
铺砌及换填	M10浆砌片石	m ³						水泥浆	m ³	1819.0		钢板	kg	290.4	145.2			
	洞口防护及回填	临时防护	C25喷混凝土	m ³			38.4	超前锚杆	Φ22超前锚杆	kg	35983.5		初期支护	型钢拱架	C25喷砼	m ³	6809.0	83.3
Φ22药卷锚杆			kg	2805.7			Φ25×5中空注浆锚杆			m	52972.3	805.1						
钢筋网(HPB300)			kg	1705.0			Φ22药卷锚杆		kg	25908.1								
回填		M10浆砌片石回填	m ³	78.2			钢垫板(含螺母)		kg	4600.9								
		碎石土回填	m ³	240.0		钢筋网(HPB300钢筋)	kg		124335.5	1491.9								
		隔水粘土层	m ³	50.0		I18工字钢	kg		773981.3	11404.1	左洞1423榀 右洞21榀							
		耕植土	m ³	30.0			I16工字钢		kg	120846.6		左洞276榀						
		碎石滤水层	m ³	1.0			I14工字钢		kg									
		C15混凝土回填及基座	m ³	19.0			Φ22纵向连接钢筋		kg	104140.0	1307.9							
		洞顶植草绿化	m ²	110.0	钢板		kg		112568.5	1423.0								
柔性防护	主动防护网	m ²		螺栓、螺母	套		40776.0	504.0										
	被动防护网	m ²		Φ22锁脚锚杆	kg	23029.4												
2、明洞工程																		
C35 砼衬砌	拱墙	m ³	66.7															
	仰拱	m ³	24.7															
C30 砼	耳墙及基础	m ³																
衬砌钢筋	HPB300	kg	373.9															
	HRB400	kg	5871.3															
仰拱回填	C15片石砼	m ³	20.4															
垫层	C20 砼	m ³																
防水板	350g/m ² 土工布	m ²	224.0															
	1.2mmEVA防水板	m ²	112.0															
抹面	M10水泥砂浆	m ³	3.4															
排水管	Φ100HDPE泄水管	m																

编制: 张国防

复核: 李国

审核: 丁国宏

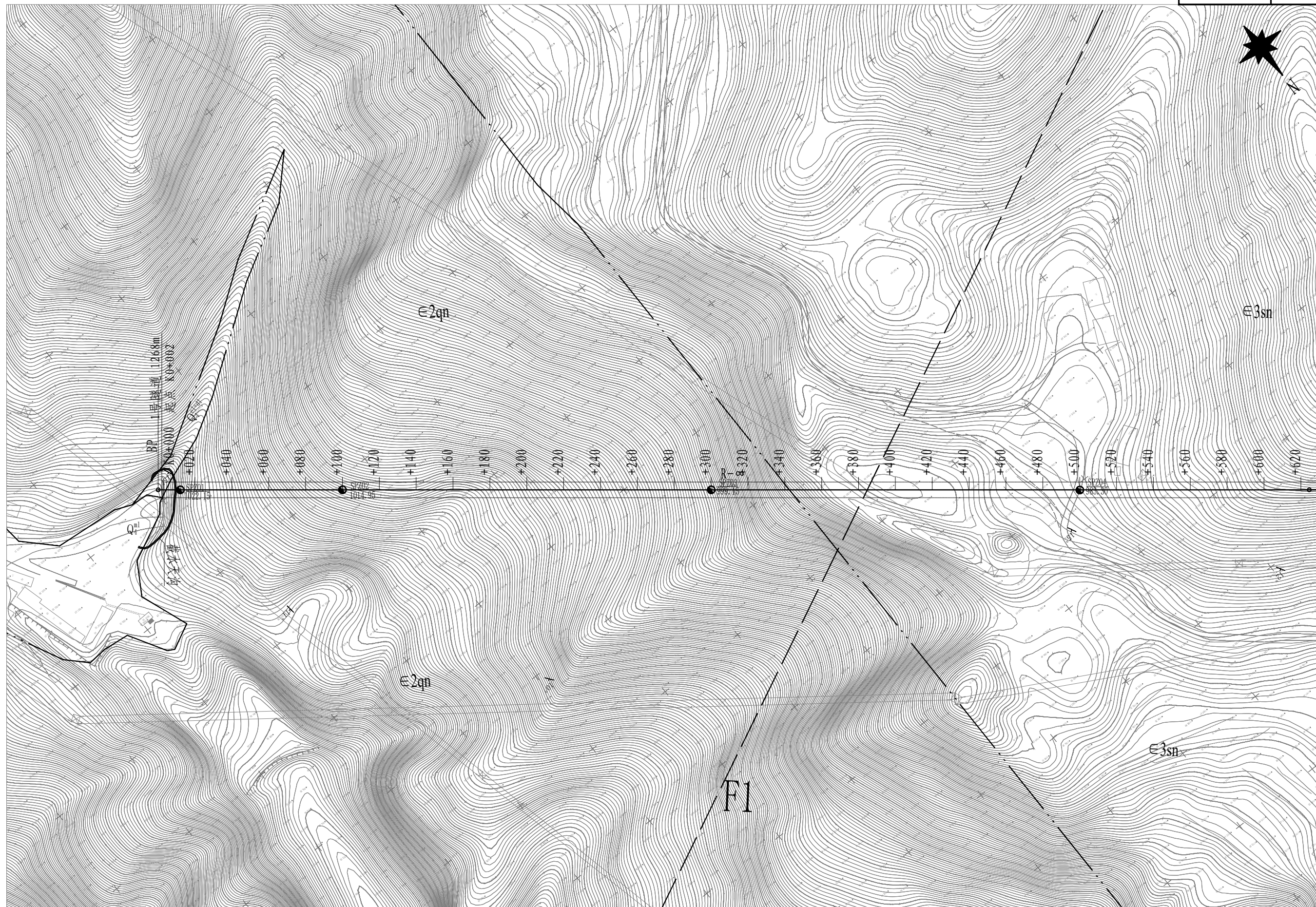
1号隧道工程数量汇总表

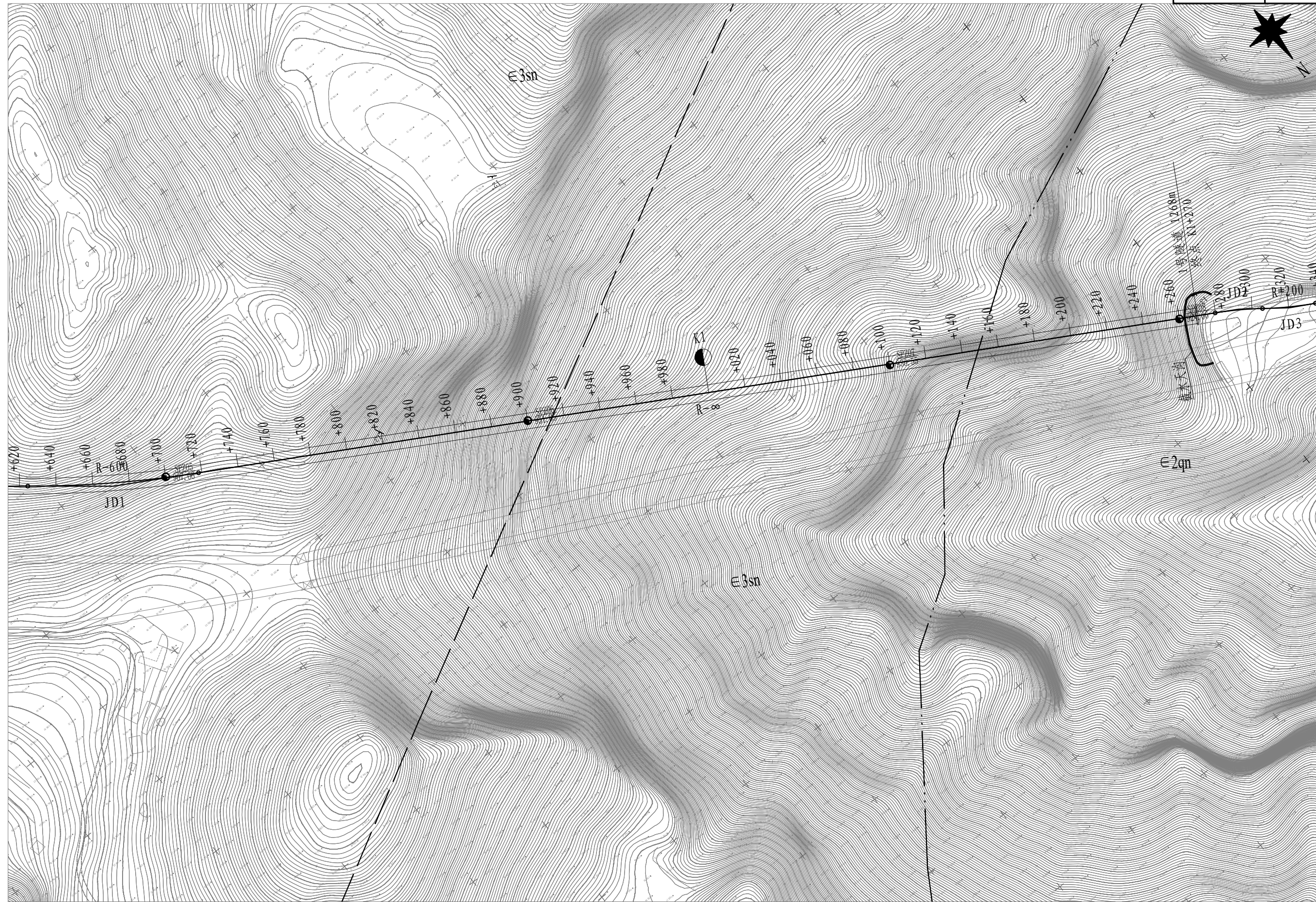
工程名称		单位	左洞工程数量	右洞工程数量	备注	
隧道长度		m	1268	15		
初期支护	型钢拱架	Φ42×4锁脚锚管	m	39844.0	588.0	
		锁脚锚管水泥浆	m ³	1992.2	29.4	
	临时支撑	I18工字钢	kg	518483.8	6408.6	左洞1699榀 右洞21榀
		连接钢板	kg	262529.5	3244.9	
		螺栓螺母	套	13592.0	168.0	
		Φ22纵向连接钢筋	kg	56202.7	713.4	
二次衬砌	C35 砼衬砌	拱墙	m ³	12394.0	151.2	
		仰拱	m ³	3611.0	53.6	
	衬砌钢筋	HPB300	kg	56599.5	846.5	
		HRB400	kg	1130558.6	17158.4	
	仰拱回填	C15片石砼	m ³	4017.1	61.1	
	垫层	C20砼	m ³			
	拱顶注浆	Φ42×4mm钢花管	kg	290.5	3.5	
		水泥浆	m ³	315.8	3.8	
	混凝土拆除土	C25砼	m ³	6062.4	72.0	
	4、防排水工程					
防排水	350g/m ² 土工布		m ²	28003.5	336.0	
	1.2mmEVA防水板		m ²	28003.5	336.0	
	环向Φ100半圆排水管		m	7141.5	85.7	
	环向Φ50HDPE单壁无孔波纹管		m	1753.2	21.0	
	纵向Φ100HDPE双壁波纹管		m	2526.0	30.0	
	横向排水管Φ100HDPE波纹管		m	377.4	4.5	
	三通接管		个	632	8	
	横向盲沟 (无仰拱段)	MF7塑料盲沟		m		
		2~4cm级配碎石		m ³		
		土工布(350g/m ²)		m ²		
		EVA防水板1.2mm厚		m ²		
施工缝	中埋式止水带		m	3500.8	61.2	
	背贴式止水带		m	2672.2	44.2	
	HPB300钢筋		kg	1620.6	28.4	
变形缝	中埋式止水带		m	153.7	30.6	
	背贴式止水带		m	111.3	22.1	
	HPB300钢筋		kg	71.3	14.2	
	浸沥青木丝板		m ²	75.4	13.8	
排水暗沟	盖板	C30砼(预制)	m ³	99.6	1.2	
		HPB300钢筋	kg	4430.4	53.4	
		HRB400钢筋	kg	13241.5	159.6	
5、电缆沟及手孔井						
电缆沟	沟身	C25砼(现浇)	m ³	363.3	4.2	
		HPB300钢筋	kg	7354.4	87.0	
	盖板	RPC砼(预制)	m ³	25.4	0.3	左洞2536块 右洞30块
手孔井	沟身	C25砼(现浇)	m ³	8.8	4.4	
		C30砼(预制)	m ³	0.7	0.3	
	盖板	HPB300钢筋	kg	29.9	14.9	
		HRB400钢筋	kg	146.9	73.5	
	预埋管	Φ76×4钢管	m			
		Φ80预埋普利卡管	m	391.2	195.6	
6、装饰、路面						
装饰	防火涂料		m ²	23204.4	274.5	
	防火涂料面漆		m ²	23204.4	274.5	
	橘红色飘带		m ²	760.8	9.0	
路面	4cm细粒式改性沥青混凝土(AC-13C)		m ²			
	6cm中粒式沥青混凝土(AC-20C)		m ²			
	水泥混凝土面层(26cm)		m ²	8242.0	97.5	
	接缝HPB300钢筋		kg	3608.7	1804.3	
	接缝HRB400钢筋		kg	18061.5	9030.8	
	C30混凝土过渡板(均厚28cm)		m ²			
7、超前地质预报及监控量测						
预报及量测	地质调查		m	1268.0	15.0	
	TSP202/203		m	634.0		
	红外线探水		m	253.6		
	监控量测断面		个	85.0	3.0	

编制: 张同航

复核: 李国

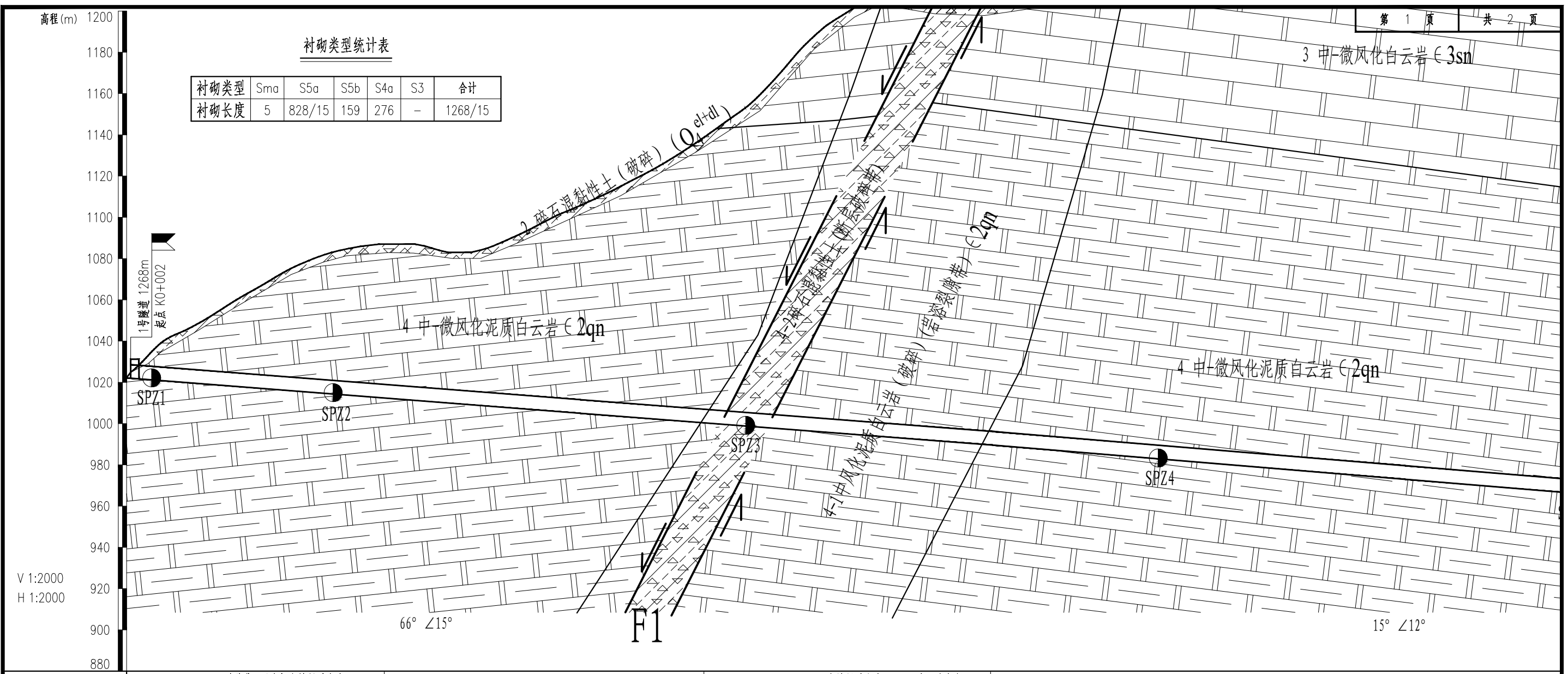
审核: 丁国龙



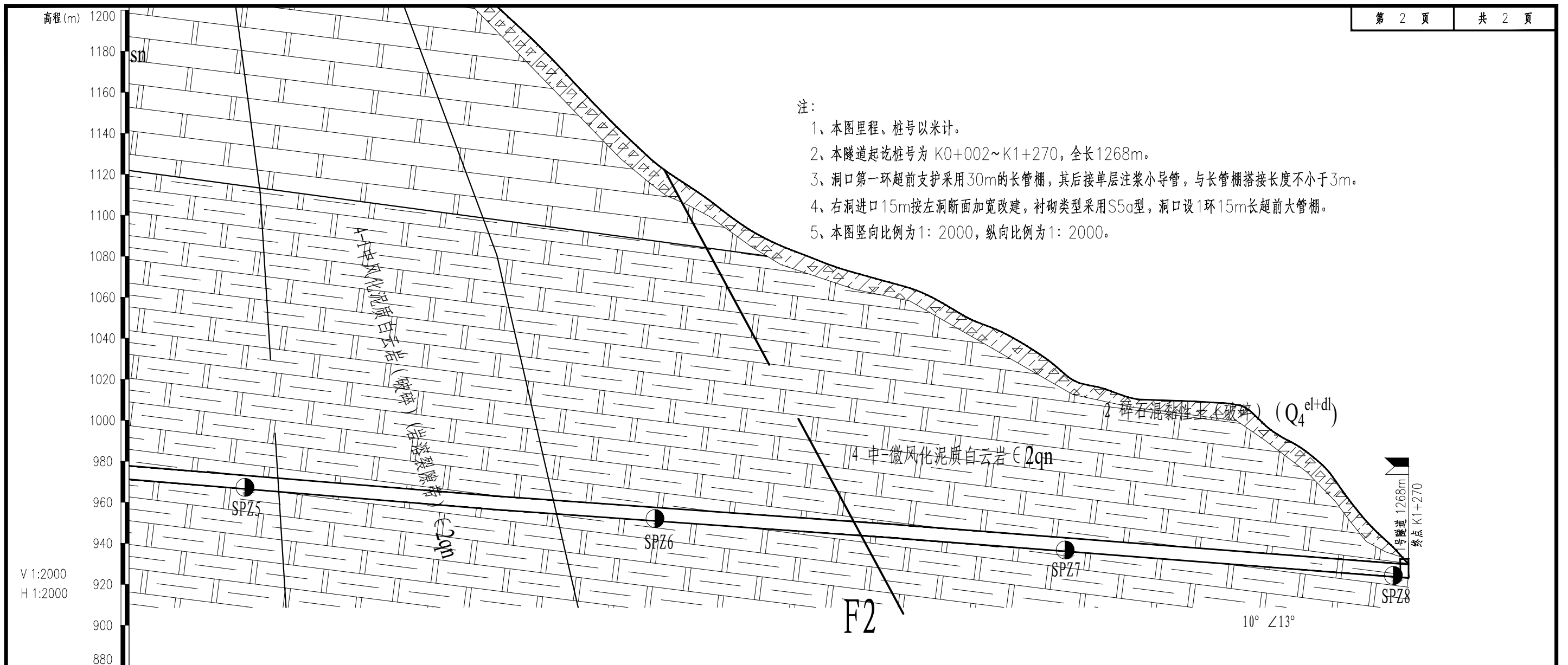


衬砌类型统计表

衬砌类型	Sma	S5a	S5b	S4a	S3	合计
衬砌长度	5	828/15	159	276	-	1268/15

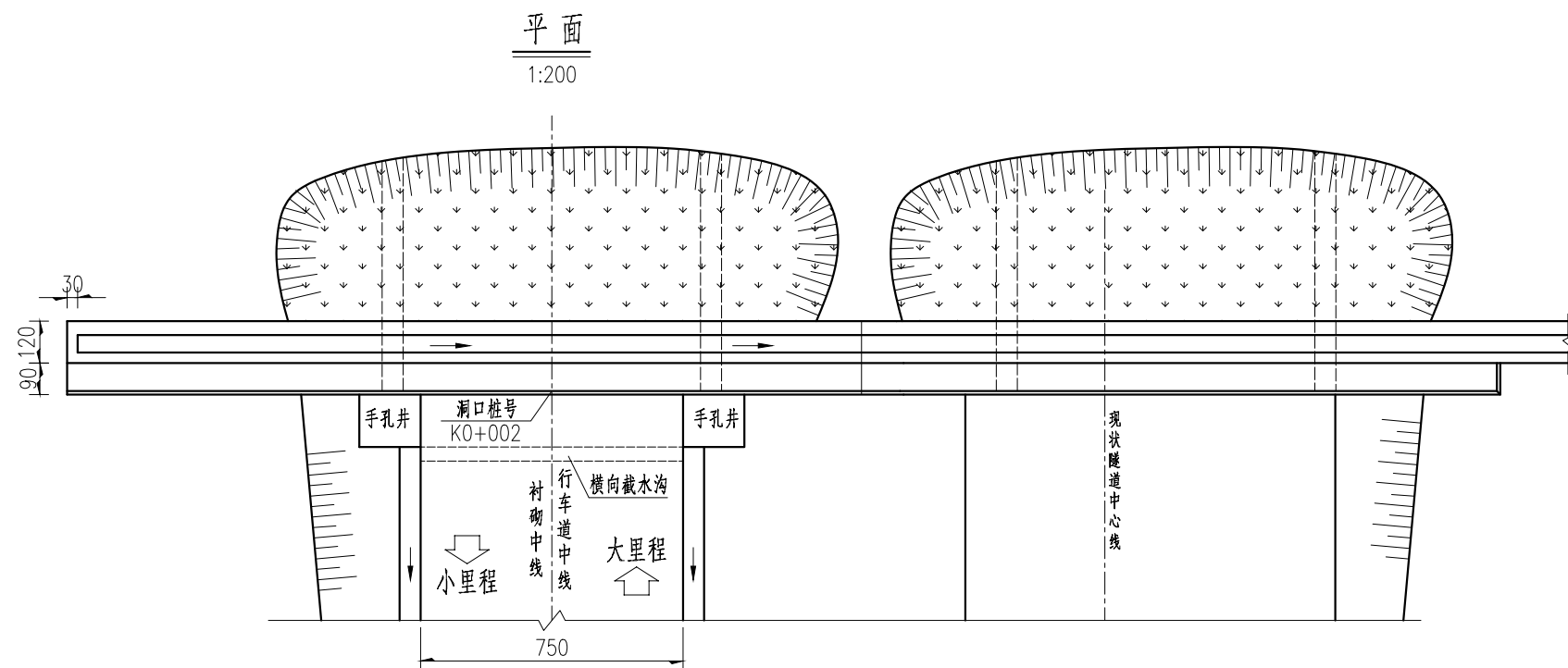
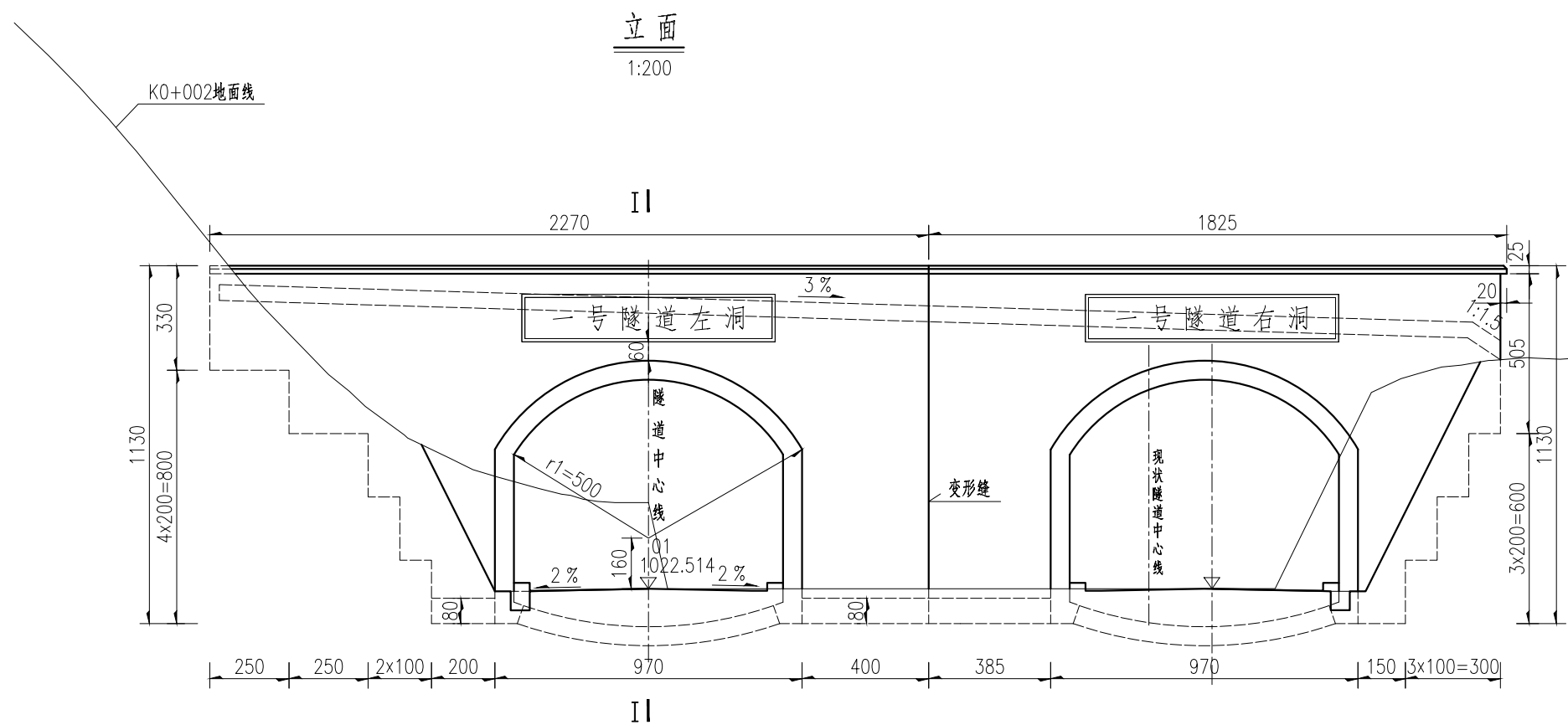


水文地质 工程地质 概况	K0+000-K0+125隧道进口及浅埋段地层时代为 ϵ_{2qn} , 电阻率较低, 围岩以碎石混黏性土、中风化泥质白云岩(破碎)、中风化泥质白云岩为主, 裂隙发育, 局部破碎, 稳定性差, 施工开挖易坍塌; 雨季易滴水或淋雨状出水。围岩为可溶岩, 可能发生地面塌陷等, [BQ]=226.39。	K0+125-K0+280洞身地层时代为 ϵ_{2qn} , 电阻率相对较高, 围岩为中风化泥质白云岩(破碎)、中风化泥质白云岩为主, 岩体破碎, 稳定性较差, 无支护时可产生小坍塌; 雨季易滴水或渗水, 存在淋雨出水可能。[BQ]=247.39。	K0+280-K0+419洞身地层时代为 ϵ_{2qn} , 电阻率较低, 围岩为中风化泥质白云岩(破碎)、碎石混黏性土为主, 岩体破碎, 稳定性差, 施工易坍塌; 该段受F1断层影响, 岩溶裂隙发育, 透水性强, 雨季涌水量较大。围岩为可溶岩, 可能发生地面塌陷等, [BQ]=151.39。	K0+419-K0+715洞身地层时代为 ϵ_{2qn} , 电阻率相对较高, 围岩为中风化泥质白云岩(破碎)、中风化泥质白云岩为主, 岩体较破碎, 稳定性较差, 拱部无支护时可产生小坍塌, 侧壁基本稳定; 雨季易滴水或渗水, 存在淋雨出水可能。[BQ]=263.89。
围岩级别	V 123m	V 155m	V 139m	IV 296m
衬砌类型	Sma 5m	S5a 263m	S5b 159m	S4a 276m
辅助施工	长管棚 30m	超前小导管 238m	超前小导管 159m	超前锚杆 276m
施工方案	台阶法			
坡度(%)	-7.80			
坡长(m)	1340.00			
设计高程(m)	1023.84	1022.67	1022.67	1022.67
地面高程(m)	1041.42	1021.11	1019.55	1017.99
里程桩号	K0+000	+020	+040	+060
直线及平曲线	JD1 1-8*56' 11.3" (Z)			

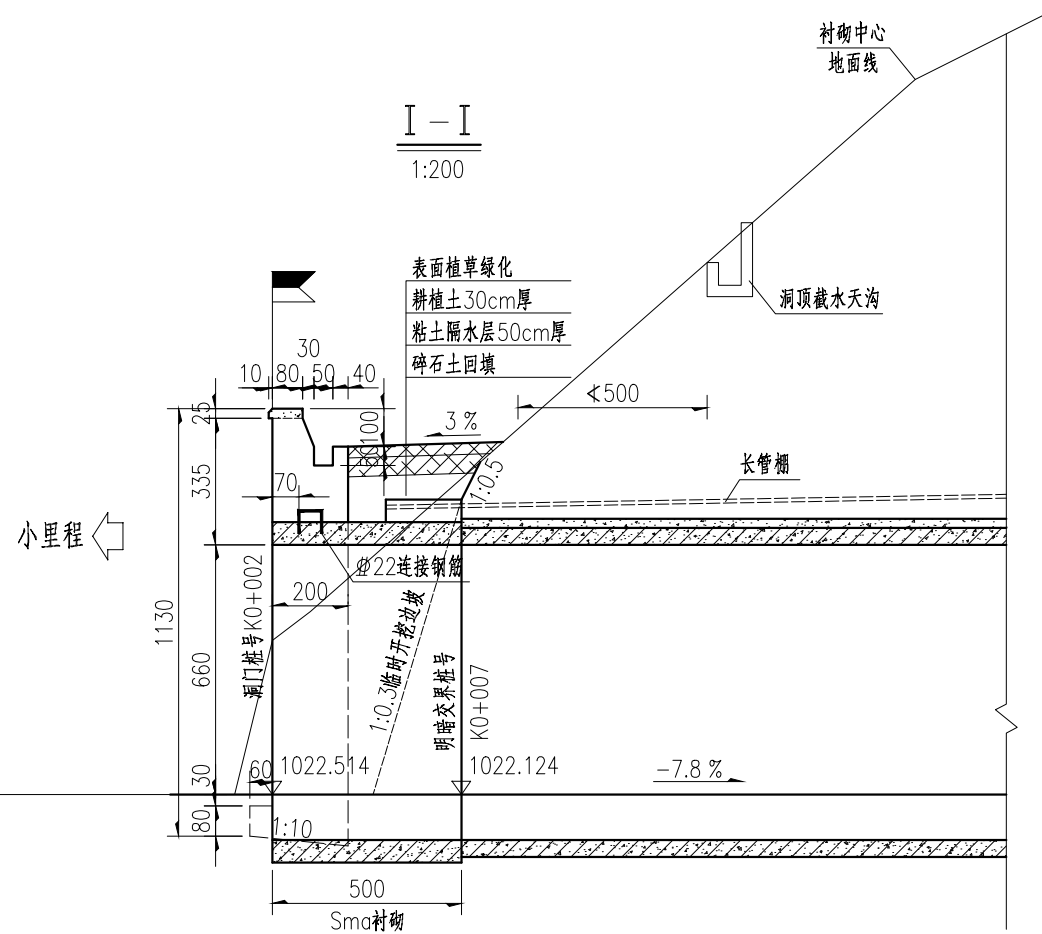


- 注：
- 1、本图里程、桩号以米计。
 - 2、本隧道起讫桩号为 K0+002~K1+270，全长1268m。
 - 3、洞口第一环超前支护采用30m的长管棚，其后接单层注浆小导管，与长管棚搭接长度不小于3m。
 - 4、右洞进口15m按左洞断面加宽改建，衬砌类型采用S5a型，洞口设1环15m长超前大管棚。
 - 5、本图竖向比例为1：2000，纵向比例为1：2000。

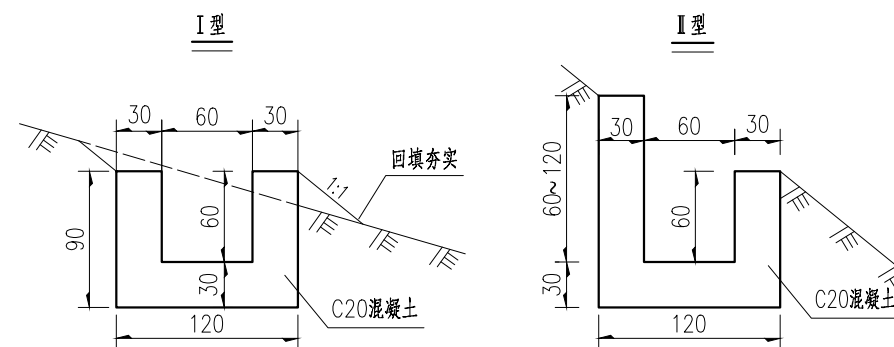
水文地质 工程地质 概况	K0+715-K0+852洞身地层时代为 ϵ_{2qn} ，电阻率较低，围岩为中风化泥质白云岩（破碎）、碎石混黏性土、中风化泥质白云岩为主，岩体破碎，稳定性差，施工易坍塌；该段岩溶裂隙发育，透水性强，雨季涌水量较大。[BQ]=213.89。		K0+852-K1+120洞身地层时代为 ϵ_{2qn} ，电阻率较低，围岩为中风化泥质白云岩（破碎）、中风化泥质白云岩为主，岩体破碎，稳定性差，施工开挖易坍塌；受F2断层的影响，岩体裂隙发育、岩溶发育，雨季涌水量较大。[BQ]=226.39。		K1+120-K1+270隧道出口及浅埋段地层时代为 ϵ_{2qn} ，电阻率相对较高，围岩以碎石混黏性土、中风化泥质白云岩（破碎）、中风化泥质白云岩为主，裂隙发育，岩体破碎，稳定性差，施工开挖易坍塌，雨季易滴水或淋雨状出水。[BQ]=221.39。	
围岩级别	V 137m		V 268m		V 150m	
衬砌类型	S5a 405m		S5a 160m		S5a 160m	
辅助施工	超前小导管 405m		超前小导管 133m		超前小导管 133m	
施工方案	台阶法					
坡度(%)	-7.80					
坡长(m)	1340.00					
设计高程(m)	971.19	969.63	968.07	966.51	964.95	963.39
地面高程(m)	1244.20	1237.77	1231.63	1228.40	1228.70	1232.25
里程桩号	+660	+680	+700	+720	+740	+760
直线及平曲线	-8°56'11.3" (Z) R-600					



注：
1、本图尺寸除桩号、标高以米计外，其余均以厘米计。

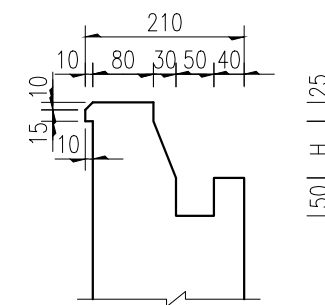
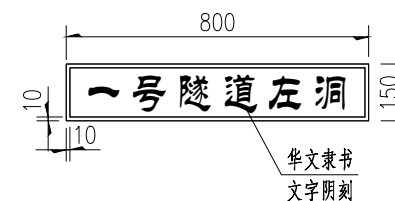


洞顶截水天沟设计图



墙顶大样图

洞门铭牌示意图



主要工程数量表

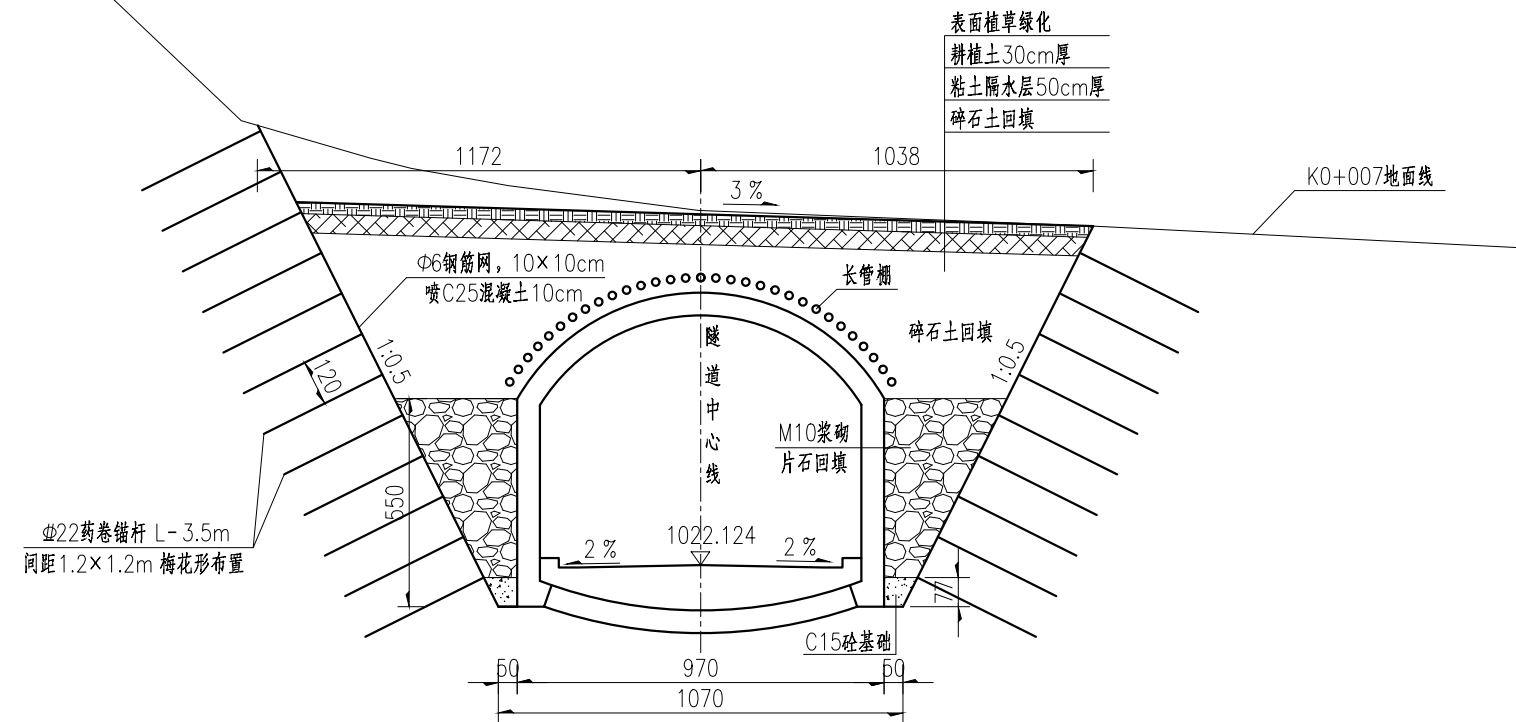
项 目	单 位	左洞数量	右洞数量	备 注
开挖	土	160	140	
	软石	160	140	
洞 门	C30砼	309.6	278.9	
	HRB400 U型钢筋	236.1	236.1	
	C20砼水沟	56.2	53.9	
	C15混凝土回填	-	-	
	真石漆喷涂	162.0	146.0	
	铭 牌	12	12	
	拆除混凝土	125	125	

注:

- 1、本图尺寸除桩号、标高以米计外，其余均以厘米计。
- 2、洞门采用C30砼浇筑，表面采用真石漆进行涂装，涂装图案根据洞口环境选择。
- 3、洞门墙与明洞衬砌之间用U型 $\Phi 22$ 钢筋连接，拱部180°范围设置，钢筋长度180cm，环向间距25cm，深入衬砌内30cm。
- 4、洞口地基承载力 $[\sigma] \geq 300\text{kPa}$ ，如达不到要求，应增加基础换填。
- 5、明洞及洞门施工应避开雨季，开挖后应尽早施作明洞及洞门。
- 6、洞门回填与地形结合，保持一致，坡面植草防护；洞顶以上回填土必须夯实，夯实度不小于93%。
- 7、洞口截水天沟根据地形条件合理布置，距开挖边线不小于5m，洞口截水天沟在地形平坦时采用I型，在地形陡峭时采用II型。

小里程端明洞回填、防护立面图

1:200



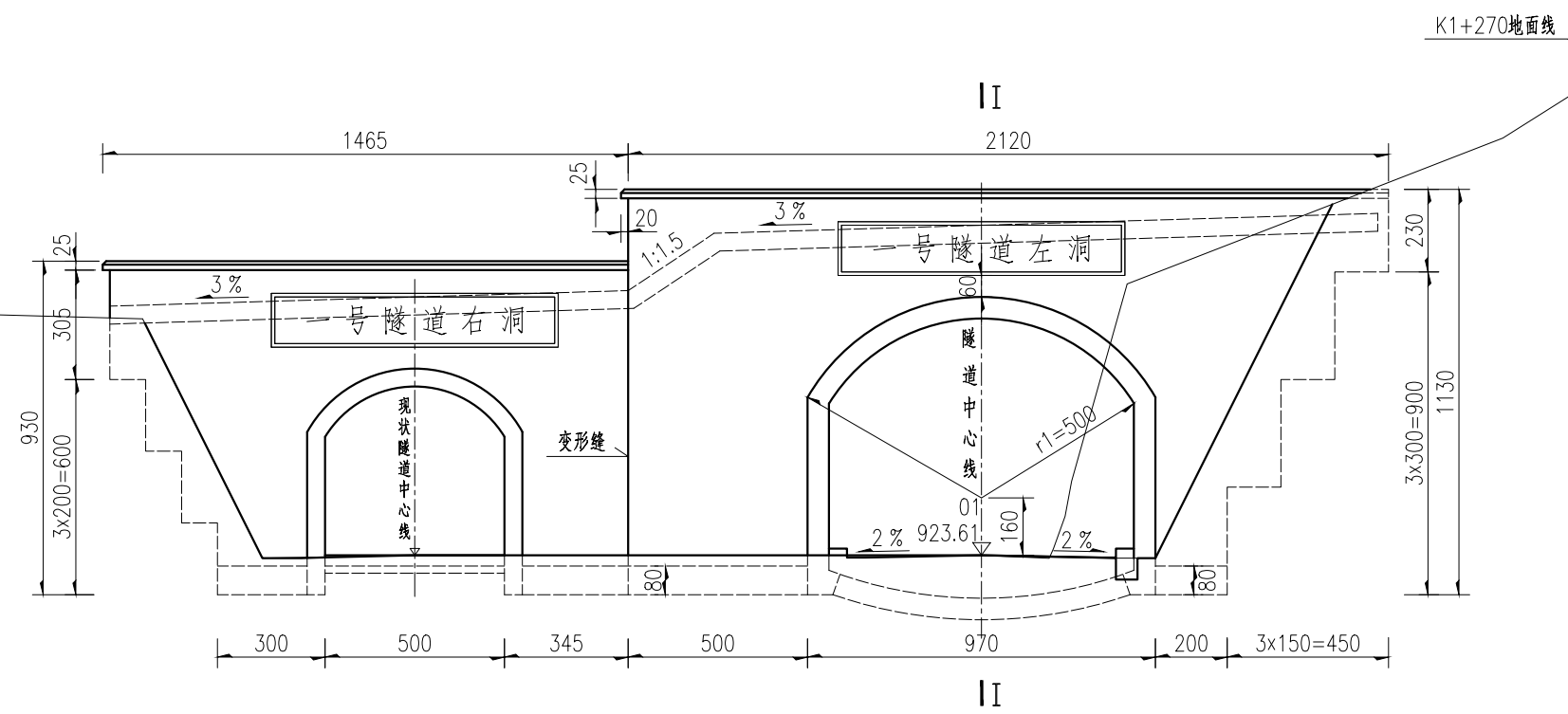
洞口回填及防护工程数量表

项目	单位	数量	项目	单位	数量
开挖土/石	m ³	425/425	隔水粘土层	m ³	50
C25喷混凝土	m ³	26.4	耕植土	m ³	30
Φ22药卷锚杆	kg	1929.6	碎石滤水层	m ³	0.96
Φ6钢筋网	kg	1172.2	C15砼基座	m ³	4.24
M10浆砌片石回填	m ³	78.2	绿化	m ²	110
回填碎石土	m ³	240	被动防护网	m ²	-

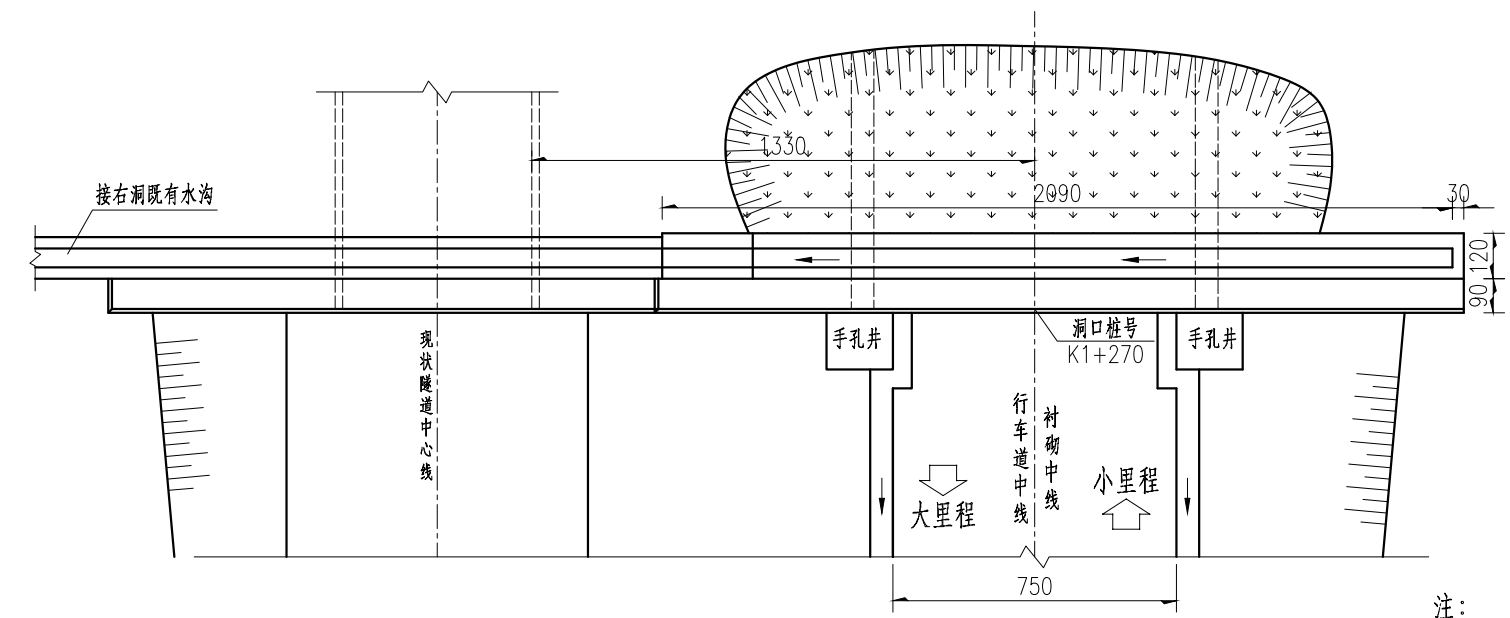
注:

- 1、本图尺寸除桩号、标高以米计外，其余均以厘米计。
- 2、洞口边、仰坡临时防护采用喷锚网防护，设350cm长Φ22药卷锚杆，采用120×120cm梅花型布置，挂Φ6钢筋网，网格10×10cm，表面喷C25混凝土厚10cm。
- 3、边、仰防护要求从上到下边开挖边施作，防护工程未施作完成不能进洞开挖。
- 4、洞顶回填碎石土必须夯实，压实度≥93%。压实后的地面线力求与原地面衔接平顺，回填顶面用粘土隔水层覆盖，并在其上植草，以美化洞口环境。

立面
1:200



平面
1:200



注：
1、本图尺寸除桩号、标高以米计外，其余均以厘米计。

