

勘察实例：

贵州省关兴公路

蛇形坡隧道岩土工程勘察

中国地质大学工程学院

•基本情况：**隧道长度为635m，最大埋深106m，马蹄形断面，高5m，10.5m，为公路隧道。**

•报告：**贵州省关兴公路第11合同段蛇形坡隧道
岩土工程勘察研究报告**

•附件：1 照片
2 岩石三轴试验成果

•附图：1 蛇形坡隧道综合工程地质图（1/2000）
2 蛇形坡隧道中轴工程地质纵剖面图（1/2000）
3 蛇形坡隧道工程地质横剖面图（1/1000）

- 初接受任务，组织踏勘、编写勘察设计书
- 现场勘测、试验、内业整理、计算
- 编写勘察报告
- 成果：工程地质勘察报告1份

附图3份， 附件2份

- 工作方法：测绘、物探、钻探、实验、室内模拟计算和计算机作图等

附件：照片

隧道进口处地貌形态



隧道出口处地貌形态



F1断层露头



背斜转折端形态



附件：照片

隧道
北侧
溶蚀
洼地
地貌
形态



隧道出
口左侧
二叠系
(P₂l)地
层及地
貌形态



隧道
进口
左侧
岩层
及构
造统
计

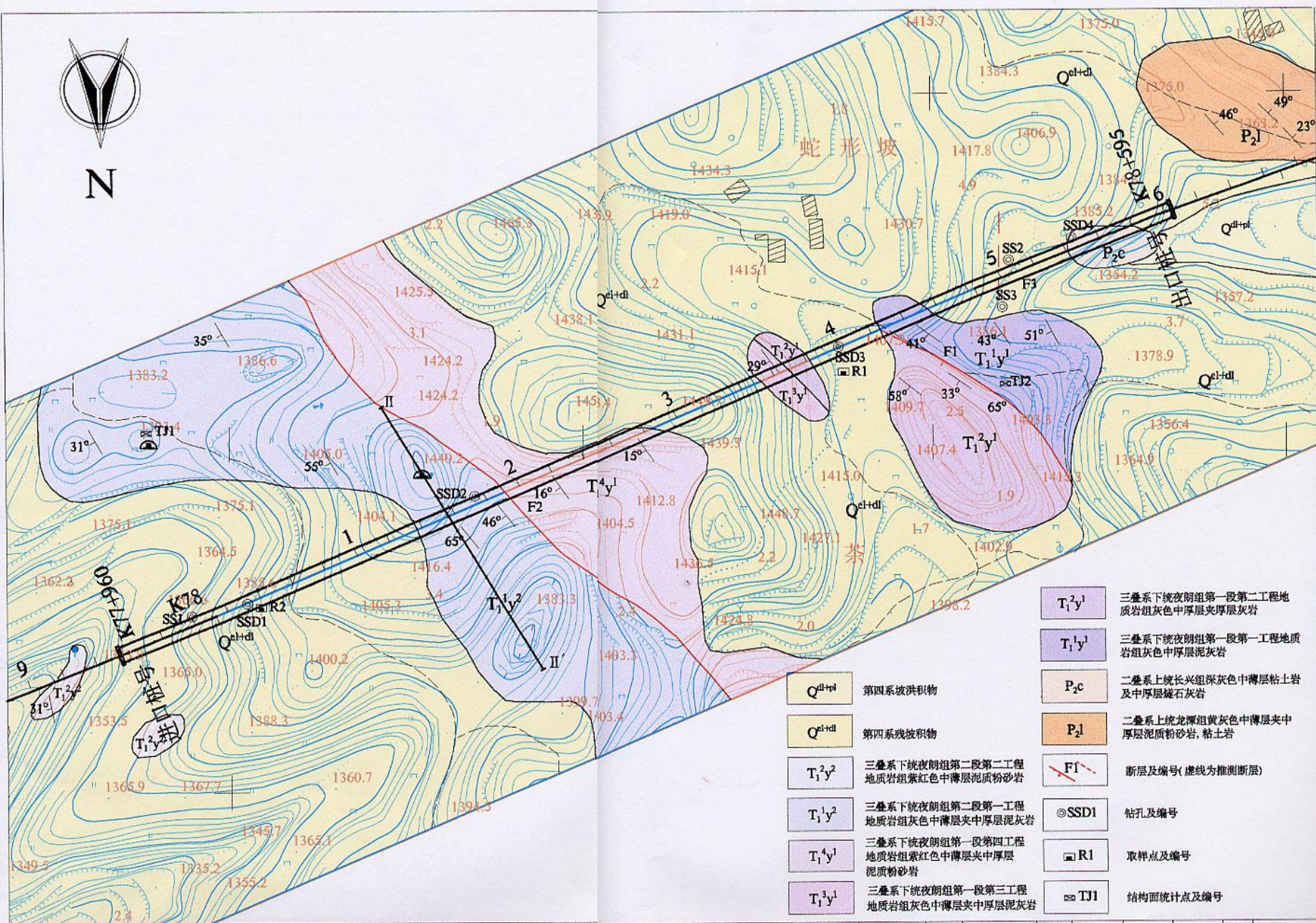


二叠
系泥
质粉
砂岩
层产
状





N



Q^{dl+dl} 第四系坡洪积物

Q^{el+dl} 第四系残坡积物

$T_1^2y^2$ 三叠系下统夜朗组第二段第二工程地质岩组紫红色中薄层泥质粉砂岩

$T_1^1y^2$ 三叠系下统夜朗组第二段第一工程地质岩组灰色中薄层夹中厚层泥灰岩

$T_1^4y^1$ 三叠系下统夜朗组第一段第四工程地质岩组紫红色中薄层夹中厚层泥质粉砂岩

$T_1^3y^1$ 三叠系下统夜朗组第一段第三工程地质岩组灰色中薄层夹中厚层泥灰岩

$T_1^2y^1$ 三叠系下统夜朗组第一段第二工程地质岩组灰色中厚层夹厚层灰岩

$T_1^1y^1$ 三叠系下统夜朗组第一段第一工程地质岩组灰色中厚层泥灰岩

P_{2c} 二叠系上统长兴组深灰色中薄层粘土岩及中厚层凝石灰岩

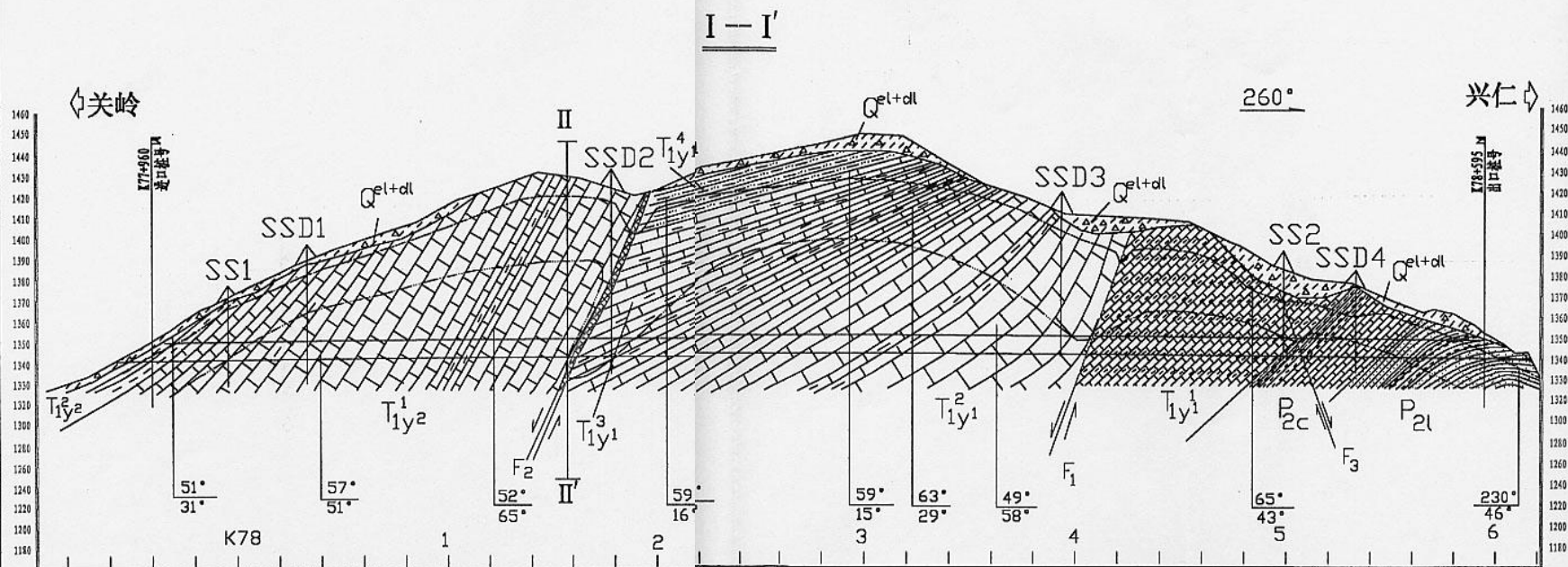
P_{2l} 二叠系上统龙潭组黄灰色中薄层夹中厚层泥质粉砂岩、粘土岩

F_1 断层及编号(虚线为推测断层)

$\odot SSD1$ 钻孔及编号

$\blacksquare R1$ 取样点及编号

$\infty TJ1$ 结构面统计点及编号

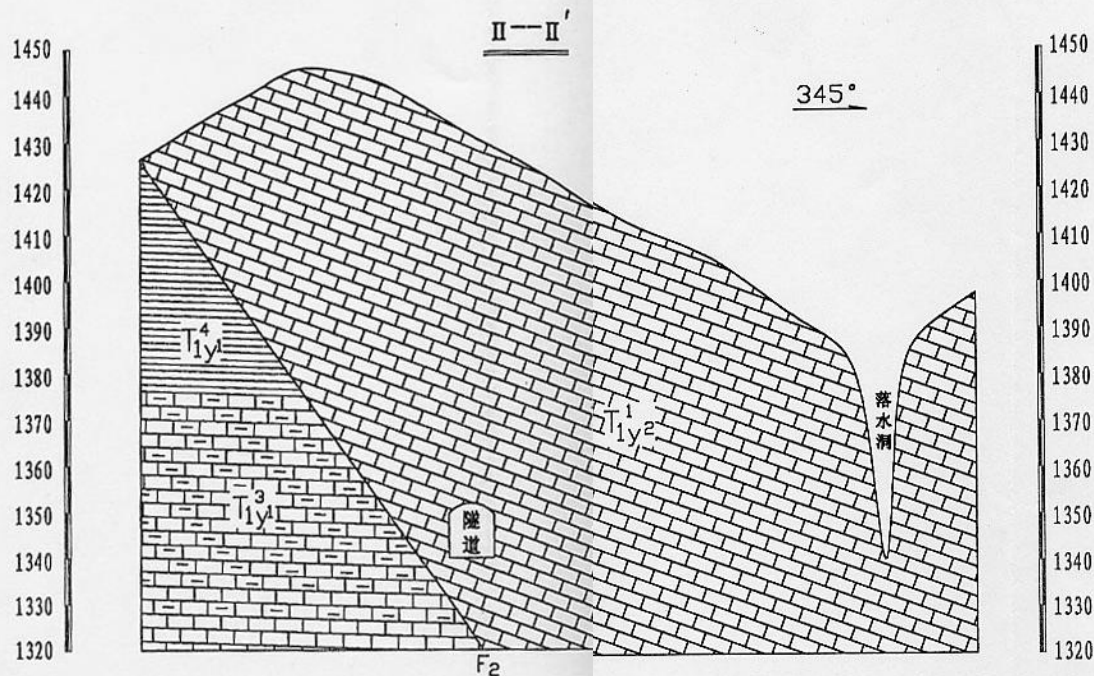


图例:

- | | | | | | | |
|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Q^{el+dl} 第四系全新统 | T_{1y2}^2 三叠系下统夜郎组第二段第二工程地质岩组 | T_{1y2}^1 三叠系下统夜郎组第二段第一工程地质岩组 | T_{1y1}^4 三叠系下统夜郎组第一段第四工程地质岩组 | T_{1y1}^3 三叠系下统夜郎组第一段第三工程地质岩组 | T_{1y1}^2 三叠系下统夜郎组第一段第二工程地质岩组 | T_{1y1}^1 三叠系下统夜郎组第一段第一工程地质岩组 |
| P_{2c} 二叠系上统长兴组 | P_{2l} 二叠系上统龙潭组 | 含碎石亚粘土 | 粉砂岩 | 灰岩 | 泥质粉砂岩 | 泥岩 |
| 泥灰岩 | 断层 | 岩层产状 | SSD1 钻孔 | 强风化与弱风化界线 | 弱风化与微风化界线 | |

剖面图

剖面图



图例:

T_{1y1}^2 三叠系下统夜郎组第二段第一工程地质岩组

T_{1y1}^4 三叠系下统夜郎组第一段第四工程地质岩组

T_{1y1}^3 三叠系下统夜郎组第一段第三工程地质岩组

灰岩

泥质粉砂岩

泥灰岩

断层

中国地质大学工程学院

关兴公路关岭至兴仁段第11合同段

蛇形坡隧道工程地质横剖面图

编绘

复核

审核

比例尺

1:1000

图号

3

日期

报告提纲

- 一、隧道区工程地质条件
- 二、岩体结构及岩体工程性质
- 三、隧道围岩分类
- 四、隧道围岩稳定性评价
- 五、进出口边坡稳定性评价
- 六、结论与建议

一 隧道区工程地质条件

- 1 水文气象条件
- 2 地形地貌
- 3 地层岩性
- 4 地质构造
- 5 物理地质现象
- 6 水文地质条件

1、水文气象条件



- 地处北盘江流域
- 亚热带季风潮湿气候区
- 温湿多雨，干湿季节分明
- 年均降雨量1320 mm
- 最大月雨期长4-5天

2 地形地貌

- 贵州高原与广西盆地过渡的斜坡地带岩溶化山原地貌区
- 低山丘陵区，山体浑圆，植被不太发育
- 表层为第四系松散堆积层覆盖
- 地面高程在1300~1450m左右
- 最高点高程1456.3m，最低点高程1271.7m
- 地面平均坡度沿轴线方向为26~33°，其它方向最大达40~45°

3 地层岩性

- 长兴组 (P_2c)
- 龙潭组 (P_2l)
- 夜郎组第一段 (T_1y^1)

按岩性可分为4个工程地质岩组

($T_1^1y^1$ 、 $T_1^2y^1$ 、 $T_1^3y^1$ 、 $T_1^4y^1$)

- 夜郎组第二段 (T_1y^2)

按岩性分为两个工程地质岩组 ($T_1^1y^2$ 、 $T_1^2y^2$)

- 第四系 (Q)
 - ①坡洪积 (Q^{dl+pl})
 - ②残坡积 (Q^{el+dl})

4 地质构造

(1) 褶皱

- 控制区内构造格架的构造为贞丰背斜
- 核部地层为二叠系龙潭组
- 南西翼出露地层：二叠系长兴组、三叠系夜郎组、永宁镇组及关岭组等
- 北东翼出露地层有二叠系长兴组及三叠系夜郎组等
- 蛇形坡隧道位于贞丰背斜的北东翼，近核部

(2) 断层

- **F1断层**

正断层，断层面产状 $44^{\circ} \angle 72^{\circ}$

破碎带宽约0.2~0.5m左右，且见挤压揉褶现象。

- **F2断层**

正断层，断层面倾向SW，倾角约70°左右

断层破碎带宽约1~3m。

- **F3断层** 据SS2、SS3钻探资料推测。

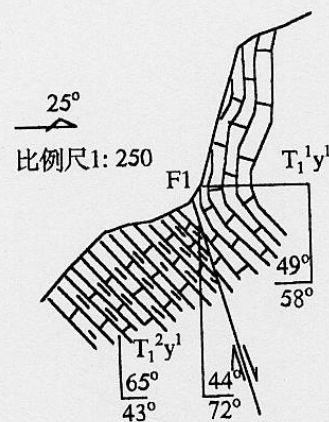


图 1-2 F1 断层剖面图

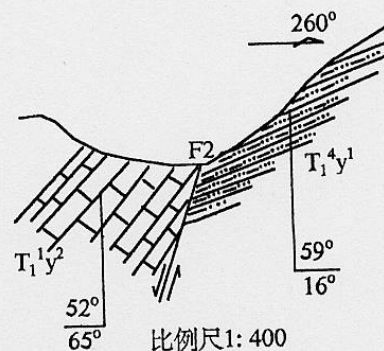
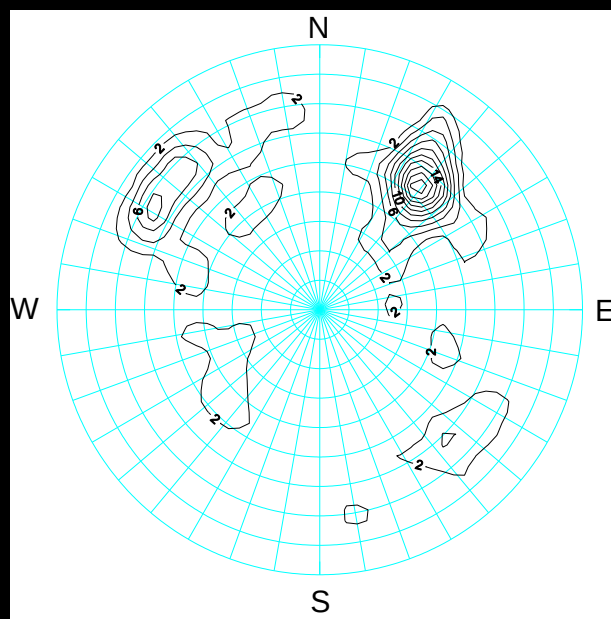
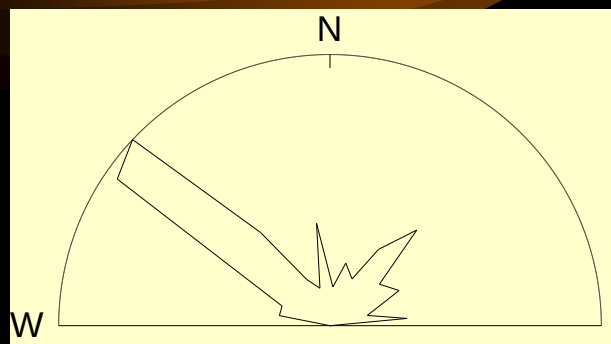


图 1-3 F2 断层剖面图

(3) 节理

- 隧道区岩体中节理十分发育，有NW向、NE向及近S-N向三组主要节理及NNW向、NEE向两组次要节理
- NW向节理为纵节理，与背斜同时形成，在背斜核部附近尤为发育。
- NE向节理为横节理，与背斜同时形成，该组节理规模及发育程度均不及NW向节理，倾向NW与NE。
- S-N向节理为剪节理，面平直，规模小，密度小。



(4) 新构造运动与地震

- 第三纪以来，本区新构造运动的基本特点主要表现为间歇性上升运动，形成了多级剥夷面及阶地
- 本区现今地壳运动以差异性不大的整体缓慢上升为主
- 测区及附近地区未发现活断层迹象，未见有破坏性地震记录，属地壳稳定区
- 隧道区及邻近地区地震基本烈度为VI度区

5 物理地质现象

- (1)风化

- 粗碎屑煤系地层岩体相对较软弱，抗风化能力差。
三叠系碳酸盐类地层相对较坚硬，不易风化。
- 沿断层破碎带及节理密集带风化较强烈。
- 强风化带厚约0.5~10m，弱风化带厚度较大。

- (2)岩溶

- 主要岩溶类型有：溶洞、溶蚀裂隙、落水洞及溶蚀洼地等
- 对隧道开挖、围岩稳定性将带来不利影响，并可能产生集中渗水等水文地质问题。

6 水文地质条件

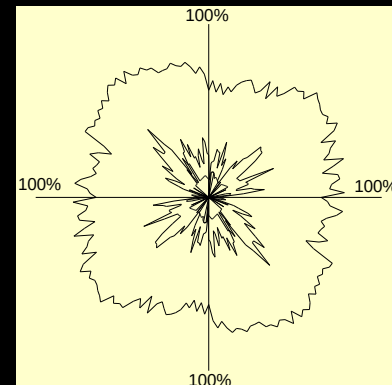
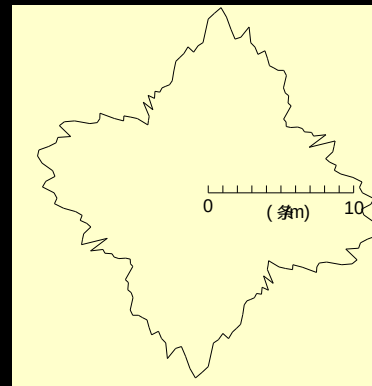
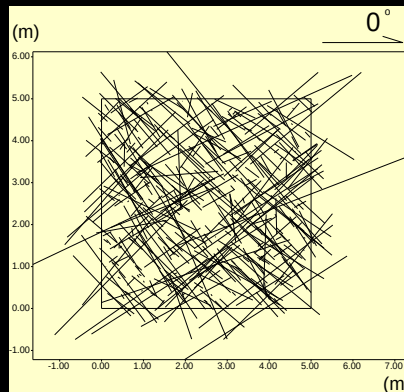
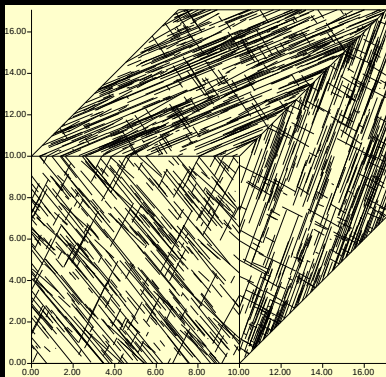
- 第四系透水性较好，常构成局部含水层。
- 二叠系为区域隔水层，有局部含水层。
- 三叠系夜郎组是本区主要的区域地下含水层。
- 上层滞水主要接受大气降水入渗补给，地下水位埋深浅，一般1~10米左右，无统一的地下水面。
- 基岩裂隙—岩溶裂隙潜水主要接受大气降水和上层滞水补给，地下水位埋深大，最大埋深在百米以上，低于隧道底板。
- 隧道区水文地质条件较简单，无重大涌水问题存在

二、岩体结构及岩体工程性质

1 岩体结构面网络模拟

岩体节理优势产状统计表

地层岩性	节理分组	优势产状
夜郎组 (T _{1y}) 灰岩、泥灰岩	J ₁	300° ∠66°
	J ₂	40° ∠55°
	J ₃	135° ∠60°



2、岩体力学参数

用试验、理论估算和经验类比等方法求：

岩体力学参数建议值

岩组 指标		A	B	C	D
密度 ρ (g/cm ³)		2.70	2.72	2.72	2.75
变形模量 E_m (GPa)		4.1	7.9	12.5	30
泊松比 μ		0.3	0.3	0.25	0.25
单轴抗压强度 σ_{mc} (MPa)		0.11	0.25	0.57	3.47
单轴抗拉强度 σ_{mt} (MPa)		0.006	0.012	0.57	0.31
剪切 强度	c_m (kPa)	160	220	260	300
	$\Phi_m(^{\circ})$	20	27	32	38

结构面力学参数建议值

结构面类型		剪切强度	
类型	壁岩岩性	c_j (kPa)	ϕ_j (°)
层面	灰岩	20	26
剪性节理	灰岩	30	28
	泥灰岩	25	25
	泥岩	16	17
张性节理	泥灰岩	28	27
	灰岩	30	30

三、隧道围岩分类

1 工程地质岩组划分

序号	岩组名称	地层时代	工程地质特征
A	泥岩夹粉砂岩	P_2c	中厚层夹薄层，结构面结合较差， $\sigma_{cw}=5\sim15\text{MPa}$
B	泥质粉砂岩夹泥岩	P_2c 、 $T_1^2y^2$ 、 $T_1^4y^1$	中薄层夹薄层，结构面结合较差， $\sigma_{cw}=10\sim25\text{MPa}$
C	泥灰岩夹灰岩	$T_1^1y^1$ 、 $T_1^3y^1$	中厚层，中层夹薄层，结构面结合较差， $\sigma_{cw}=25\sim30\text{MPa}$
D	灰岩夹泥灰岩	P_2l 、 $T_1^2y^1$ 、 $T_1^1y^2$	中厚层夹厚层及薄层，结构面结合较差， $\sigma_{cw}=30\sim55\text{MPa}$

2、RMR分类

RMR分类表

		A		B		C		D	
		特征	RMR值	特征	RMR值	特征	RMR值	特征	RMR值
σ_{cw} (MPa)		10	1.5	20	2	29	3	50	5
RQD 值 (%)		25	5	30	8	55	13	75	17
结构面间距 (m)		0.05	5	0.05	5	0.15	8	0.20	8
结构面性状		节理面光滑，含软弱夹泥	10	节理面稍粗糙，壁若软弱	20	节理面稍粗糙，壁若软弱	20	节理面稍粗糙，壁岩坚硬	25
地下水条件		干燥	15	较干燥	13	较干燥	12	较干燥	12
RMR 修正值		有利	-2	有利	-2	有利	-2	有利	-2
总 分		34.5		46		54		65	
围岩类别		IV (差岩体)		III (一般岩体)		III (一般岩体)		II (好岩体)	
岩体力学参数	C (kPa)	170		220		280		320	
	ϕ (°)	22		27		32		38	
	E(Gpa)	4.1		7.9		12.5		30	

3、岩体质量分级

(国标《工程岩体分级标准》GB50218-94)

岩体质量分级表

岩组 指标		A	B	C	D
σ_{cw} (MPa)		10	20	29	50
Kv		0.3	0.4	0.5	0.6
BQ		195	250	302	390
修正系数	K ₁	0.1	0.1	0.1	0.1
	K ₂	0.1	0.1	0.1	0.2
	K ₃	0	0	0	0
[BQ]		175	230	282	360
岩体类别		V (差岩体)	V (差岩体)	IV (一般岩体)	III (好岩体)
岩体 物理 力学 参数	密度 (g/cm ³)	2.0	2.2	2.3	2.5
	C(MPa)	0.15	0.2	0.4	0.8
	ϕ (°)	25	27	32	41
	变形模量 (GPa)	1.0	1.2	3.0	8
	泊松比	0.4	0.35	0.32	0.28

4、隧道围岩综合分类及其物理力学性质参数

蛇形坡隧道围岩分类表

岩组	泥岩夹粉砂岩 (A)	泥质粉砂岩夹 泥岩 (B)	泥灰岩夹泥岩 (C)	灰岩夹泥灰岩 (D)
综合围 岩类别	III (差岩体)	III (差岩体)	IV (一般岩体)	V (好岩体)

蛇形坡隧道围岩类别及其岩体力学参数表

分段号		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
里程桩号		K77+960	K77+980	K78+018	K78+153	K78+195	K78+396	K78+413	K78+508	K78+526	K78+554
		~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
		K77+980	K78+018	K78+153	K78+195	K78+396	K78+413	K78+508	K78+526	K78+554	K78+595
地层时代		T ₁ ² y ²	T ₁ ¹ y ²	T ₁ ¹ y ²	T ₁ ¹ y ² T ₁ ³ y ²	T ₁ ² y ¹	T ₁ ² y ¹ T ₁ ¹ y ¹	T ₁ ¹ y ¹	T ₁ ¹ y ¹ P ₂ c	P ₂ c	P ₂ l
岩性		泥岩夹粉砂岩	灰岩夹泥灰岩	灰岩夹泥灰岩	灰岩/泥灰岩	灰岩夹泥灰岩	灰岩/泥灰岩	泥灰岩夹灰岩	泥灰岩/泥岩	灰岩	泥岩夹粉砂岩
风化程度及构造部位		强风化	弱风化	微风化	F2	微风化	F1	微风化	F3	弱风化	强风化
综合围岩分类		II (极差岩体)	IV (一般岩体)	V (好岩体)	III (差岩体)	V (好岩体)	III (差岩体)	IV (一般岩体)	III (差岩体)	IV (一般岩体)	II (极差岩体)
岩体物理力学参数	密度(g/cm ³)	1.7~1.9	2.3~2.5	2.5~2.6	1.9	2.5~2.6	1.9	2.3~2.5	1.9	2.3	1.7~1.9
	C(MPa)	0.06~0.1	0.2~0.3	0.3~0.5	0.1	0.3~0.5	0.10	0.2~0.3	0.1	0.2	0.06~0.1
	φ(°)	20~22	27~32	38~40	22	38~40	22	27~32	22	27	20~22
	变形模量(GPa)	0.8~1	2~4	8~10	1	8~10	1	2~4	1	2	0.8~1
	泊松比	0.4~0.45	0.3	0.25	0.4	0.25	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4~0.45

四、隧道围岩稳定性评价

1 影响隧道围岩稳定性的因素

岩性 灰岩较坚硬，其余为较软弱、软弱岩石，强度低，遇水会软化，不利于围岩稳定性。

风化 岩体风化强烈，易产生超挖、片邦，甚至坍塌等现象，不利于围岩稳定，尤其顶板不易保持稳定。

岩体结构及结构面 一组节理可构成局部滑移的滑动面。断层通过处可能产生较大规模的坍塌。

地下水 隧道在地下水位以上，水压力问题不太严重。

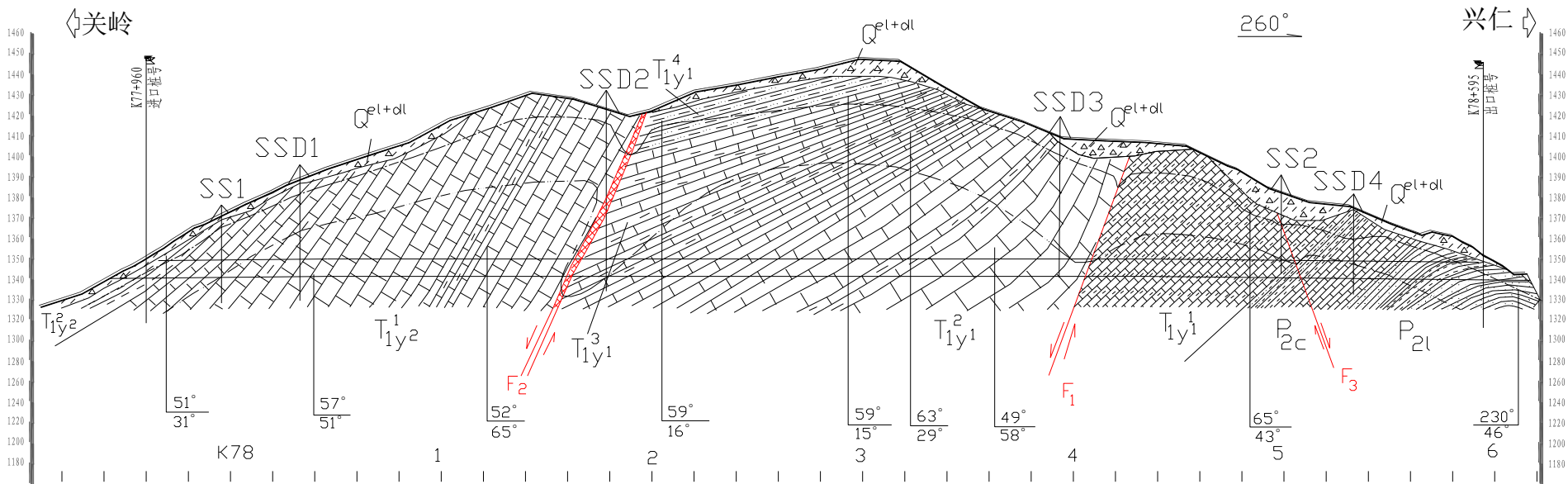
岩溶 岩溶发育，可能引起顶板变形甚至坍塌。岩溶发育段，可能遇到岩溶问题。

地应力 以自重应力为主，顶板稳定性差于侧壁。

2、涌水问题及偏压问题评价

- 可能引起局部点状或线状渗水现象，在一些节理密集带、断层及岩溶发育部位也可能引起较大的集中渗水。
- 由于该处山体厚度相对较大（大于3倍洞径），偏压问题不是很严重。

3、围岩稳定性分段评价



里程桩号	K77+960	K77+980	K78+018	K78+153	K78+195	K78+396	K78+413	K78+500	K78+518	K78+550	K78+595
围岩段	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	
围岩分类	VI	IV	III	V	III	V	IV	V	IV	VI	
综合评价	泥岩夹粉砂岩, 强风化, 岩体破碎, 隧道自稳能力差。	灰岩夹泥灰岩, 弱风化, 岩体较破碎, 隧道自稳能力一般。	灰岩夹泥灰岩, 微风化, 岩体较完整, 隧道自稳能力较好。	灰岩夹泥灰岩, 受F ₂ 断层影响较大, 隧道自稳能力较差。	灰岩夹泥灰岩, 微风化, 岩体较完整, 隧道自稳能力较好。	灰岩/泥灰岩, 受F ₁ 断层影响较大, 岩体较破碎, 隧道自稳能力较差。	泥灰岩夹灰岩, 微风化, 岩体较完整, 隧道自稳能力一般。	泥灰岩/泥岩, 受F ₃ 断层影响较大, 岩体较破碎, 隧道自稳能力较差。	灰岩, 弱风化, 岩体较完整, 隧道自稳能力一般。	泥岩夹粉砂岩, 强风化, 岩体破碎, 隧道自稳能力差。	

五、进出口边坡稳定性评价

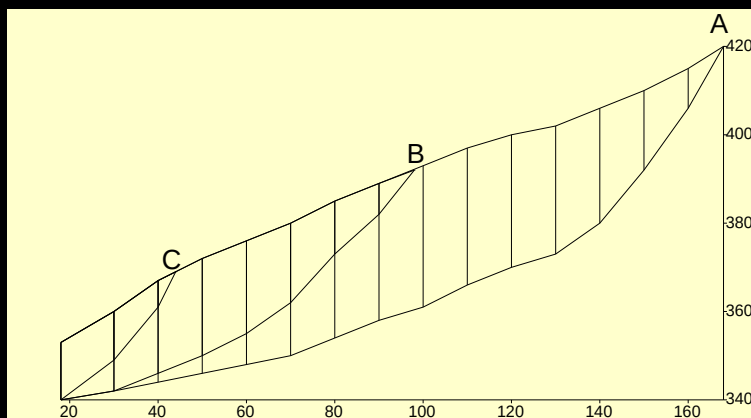
1、进出口边坡工程地质条件

工程地质条件

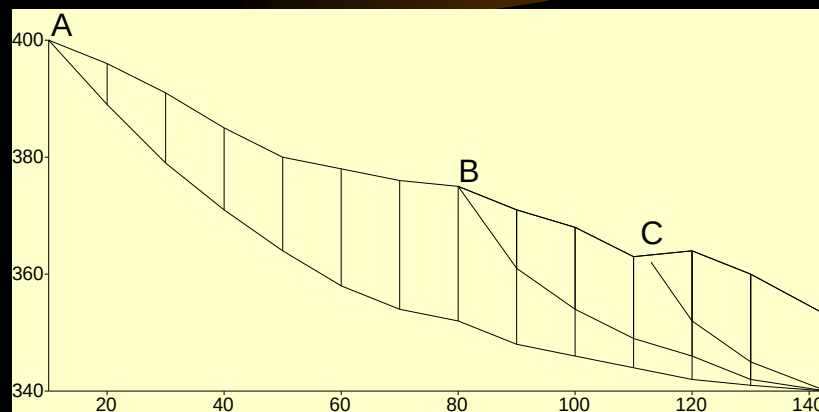
项 目	进口边坡	出口边坡
里 程 桩 号 （ m ）	K77+960	K78+605
洞顶/洞底高程（m）	1350/1340	1350/1340
边坡开挖高度（m）	11	13
地 貌 特 征	低山丘陵，位于斜坡半坡	低山丘陵，位于斜坡半坡
基 岩 岩 性	泥岩夹泥质粉砂岩	泥岩与泥质粉砂岩互层
岩 层 结 构	顺向坡	逆向坡
风 化 程 度	强风化	强风化
围 岩 分 类	II（极差岩体）	II（极差岩体）
覆盖层厚度（m）	残坡积层，较薄，厚度 1-2m	残坡积层，局部较厚，钻孔揭露厚度达 12m
构 造 影 响	构造影响较小	F1 有一定影响
地 下 水 条 件	上层滞水，少量渗水	上层滞水，少量渗水
可 能 的 破坏 方 式	顺层滑动 局部崩塌	第四系顺基岩面滑动 局部崩塌

2、边坡稳定性计算

- 计算剖面



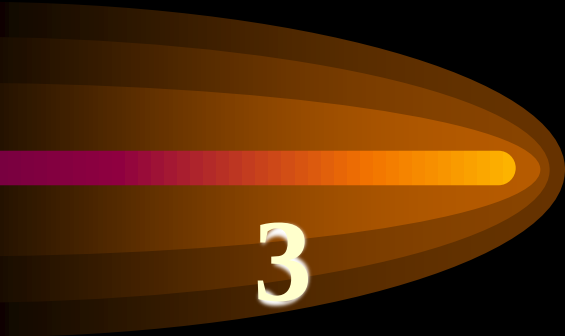
进口边坡计算剖面



出口边坡计算剖面

- 计算方法
 - 剩余推力法
 - Sarma法

边坡	计算方法	计算剖面	稳定性系数 F_s		
			无震	地震烈度6度	地震烈度7度
进口边坡	Sarma法	A	1.77	1.51	1.32
		B	1.46	1.28	1.13
		C	1.03	0.93	0.84
	推力传递法	A	1.85	1.65	1.48
		B	1.49	1.33	1.2
		C	1.03	0.93	0.85
出口边坡	Sarma法	A	2.2	1.83	1.57
		B	1.89	1.61	1.41
		C	1.4	1.23	1.1
	推力传递法	A	2.27	2.03	1.83
		B	1.96	1.77	1.59
		C	1.44	1.3	1.18



3

计算结果

4、边坡稳定性评价

- 进口边坡稳定性相对较差，有可能沿**强弱风化层界面**或 $T_1^2y^2/T_1^1y^2$ 界面产生浅层滑动，尤其在地下水与地震力综合作用下，稳定性将更差，必须进行加固整治。
- **出口边坡稳定性较好**，但由于风化作用，造成岩体破碎，可能导致局部小规模의崩塌、垮落现象，在施工过程中也应引起重视。

六、结论与建议

结论

- 1. 隧道区工程地质条件复杂。岩层岩性较软弱，且厚薄相间，软硬相间，各种构造裂隙及岩溶现象发育。
- 2. 影响隧道围岩稳定性的主要因素有：岩性、岩体结构与结构面、岩溶、风化及地下水。
- 3. 隧道位于贞丰背斜近核部，主构造线及主要结构面走向与洞轴线大角度相交，常产生小规模不稳定块体坍塌
- 4. 区内地下水可概化为双层水模型，故不会引起大的涌水问题。

结论

- 5. 隧道中部可能产生偏压问题，但偏压问题总体不甚严重。
- 6. 隧道区未见活动性断层通过，属地壳稳定区，区内地震基本烈度为VI度。
- 7. 进口边坡为顺向坡，岩体风化严重，边坡稳定性较差，有可能沿强风化与弱风化界面产生小规模的滑动。而出口边坡相对较稳定。
- 8. 隧道施工条件较好，能满足施工要求。

建议

- 1. 隧道施工及支护采用新奥法。开挖施工可采用上导洞法，开挖后先支护顶拱，再下开挖，洞室支护宜采用锚喷支护
- 2. 开展施工地质工作，对一些不良地质问题进行超前预报，及时补充修正设计。
- 3. 补充岩石和地下水试验，为设计施工及建筑材料评价提供参数。
- 4. 对溶洞封堵，堵塞降水形成的集中渗水通道