

绵阳—重庆公路绵阳至遂宁段 建设用地地质灾害危险性评估报告

二 0 0 五 年 六 月

1 前言

1.1 评估任务由来

绵阳—重庆公路绵阳至遂宁段是成渝高速环线规划的重要组成部分，是四川省和重庆市高速公路网中的重要联网公路，连接国道主干线 GZ40、GZ55—1、GZ55 等几条已建成通车的高速公路。它既是绵阳、遂宁、重庆等市的直捷通道，也是陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆等省、市、自治区至重庆的快速通道。该项目起点位于绵阳西绵广高速公路张家坪，终点位于遂宁市复桥镇，与在建遂渝高速对接。该项目的实施对完善成渝高速环线规划和四川公路网的建设，改善两市投资环境，促进沿线社会经济发展，提高当地人民群众生活水平具有重大的社会效益和经济效益。

川发改交[2005]169 号“四川省发展和改革委员会关于印发《绵阳—重庆公路绵阳至遂宁段预可行性研究报告》评估意见的报告》的通知”原则同意绵阳至遂宁高速公路预可行性研究报告评估意见，建议开展下阶段设计工作，落实土地预审，环评等有关手续。受绵阳市交通局、遂宁市交通局的委托，四川省地质工程勘察院于 2005 年 5 月承担绵阳重庆公路绵阳至遂宁段建设用地地质灾害危险性评估工作。

1.2 评估工作的依据

- 1.2.1 项目委托书；
- 1.2.2 《地质灾害防治条例》（中华人民共和国国务院令第 394 号）；
- 1.2.3 《国土资源部关于加强地质灾害危险性评估工作的通知》（国土资发[2004]69 号）；

1.2.4 《关于转发国土资源部关于加强地质灾害危险性评估工作的通知的通知》（川国土资发[2004]240 号）；

1.2.5 《地质灾害危险性评估技术要求》（试行）；

1.2.6 《绵阳—重庆公路绵阳至遂宁段路线平面图》（1：1 万）。

1.3 主要任务和要求

在充分收集分析已有资料的基础上，通过现场工程地质调查测绘，编制地质灾害危险性评估报告。阐明工程建设区的地质环境条件基本特征，包括地层岩性、地质构造、地形地貌、水文地质条件、特殊岩土的种类及其分布；查明主要地质灾害类型及特征，包括地质灾害类型、分布、规模、影响因素、活动性、危害程度等内容，进行现状评估；结合工程布置的实际情况（挖、填方及切坡高度等）对工程建设引发或加剧地质灾害的危险性及工程建设可能遭受地质灾害的危险性进行预测评估；在现状评估、预测评估的基础上，采用定性、半定量方法分段进行综合评估；对建设场地适宜性进行分段评估，并提出相应的地质灾害防治对策、措施及建议。

2 评估工作概述

2.1 工程和规划概况与征地范围

绵阳—重庆公路绵阳至遂宁段拟采用 C 线方案，即张家坪至复兴段（CK0+000~CK176+137）。该方案线路起于绵阳市北东的张家坪（CK0+000），经绵阳的新桥、游仙镇、松垭乡，三台县的花园镇、老马、里程乡、新德乡、三台县城东、白坝乡、三台与射洪交界（CK80+139），射洪县的香山镇、武南场、射洪县城东、大榆镇、

洋溪镇、蓬溪县的天福镇、红江镇、至吉祥镇与成南高速 K149+400 处设枢纽互通相接后，经永兴、仁里以东 2~3 公里至过军坝跨涪江、傍龙凤和复兴南侧，止于在建遂渝高速公路（K17+530），路线全长 176.137 公里（图 1—1）。主要技术指标见表 2—1，主要工程数量见表 2—2。永久占地 17480 亩，其中绵阳境 7772 亩（水田 2512 亩、旱地 3687 亩，非耕地 1573 亩），遂宁境 9708 亩（水田 2735 亩、旱地 4196 亩，非耕地 2777 亩），临时占地 929 亩（表 2—3）。

表 2—1		主要技术指标表	
项目名称	单位	主要技术指标	备注
公路等级		高速公路	
设计速度	Km/h	80	
圆曲线最小半径极限值	m	250	
圆曲线最小半径一般值	m	400	
最大纵坡	%	5	
路基宽度	m	24.5	
车道宽度	m	2×7.5	
汽车荷载等级		公路—级	
路面类型		沥青砼	隧道内水泥砼
桥梁宽度	m	与路基同宽	
特大桥设计洪水频率		1/300	
大、中、小桥、涵洞及路基设计洪水频率		1/100	

2.2 以往工作程度

建设工程区以往的基础地质资料主要有：绵阳幅、三台幅、遂宁幅 1:20 万区域地质、水文地质普查成果，2004 年 6 月西安煤航遥感信息有限责任公司编制完成的绵阳—重庆公路绵阳至遂宁段遥感工程地质调查报告，由华杰工程咨询有限公司、四川省交通厅公路规划勘察设计研究院于 2005 年 3 月编制完成的绵阳—重庆公路绵阳至遂宁段预可行性研究报告以及于 2005 年 6 月完成的可行性研究报告。上述资料都是本次评估工作的基础资料。

表 2—2		主要工程数量表			
项目名称	单位	绵阳境	遂宁境	全线合计	备注
路线长度	公里	80.139	95.998	176.137	
路基土方	千立方米	3822	4872	8694	含隧道出渣
路基石方	千立方米	9551.9	12263.5	21815.4	
路基排水与防护	千立方米	556.41	711.97	1268.38	
软基处理	排水板	千米	139.8	40.6	180.4
	砂砾垫层	千立方米	26.21	7.61	33.82
	块碎石	千立方米	295.05	456.41	751.46
高边坡防护	锚索	千米/根	18.975/1265	40.29/2686	59.265/3951
	钢筋	吨	287.7	609.9	897.6
	砼	千立方米	4.24	8.46	12.7
路面	千平方米	1410	1590	3000	
特大桥	米/座		1228/1	1228/1	
大桥	米/座	9338/28	11594/39	20932/67	
中桥	米/座	1320/16	1650/21	2970/37	
小桥	米/座	160/5	64/2	224/7	
涵洞	米/道	12467/322	14059/365	26526/687	
隧道	米/座	715/2	4075/13	4790/15	路线长
互通式立交	座	6	9	15	预留 3 座
分离式立交	处	24	25	49	
通道、天桥	处	75	82	157	含渡槽
征用土地	亩	7772	9708	17480	临时占地 929 亩
连接线	公里	1.35	2.7	4.05	

2.3 工作方法及完成的工作量

按照《建设用地地质灾害危险性评估技术要求（试行）》的相关规定，本次评估工作是在充分收集利用相关的区域地质、水文地质、工程地质、环境地质和气象水文等资料基础上，进行线路地面调查。为了提高工作精度，在野外调查过程中采用手持 GPS 进行定位，重点对设计高填方、高切坡段及软土路基段进行定点描述，并逐点进行摄像编录。

本次评估工作从接受委托到完成评估报告，完成的工作量见表 2—3。

表 2—3 绵阳~重庆公路绵阳至遂宁段占用土地数量估算表

项目名称	单位	路基 CK0+000~CK176+534		互通立交		弃土场		线外工程		分段合计		全线合计	备注
		绵阳境	遂宁境	绵阳境 (5 座)	遂宁境 (7 座)	绵阳境	遂宁境	绵阳境	遂宁境	绵阳境	遂宁境		
一、永久占地													
水田	亩	2283	2362	220	325			9	48	2512	2735	5247	
旱地	亩	3492	3883	180	235			15	78	3687	4196	7883	
非耕地	亩	1505	2640	50	60			18	77	1573	2777	4350	
小计	亩	7280	8885	450	620			42	203	7772	9708	17480	
二、临时占地													
水田	亩					18	35	17	42	35	77	112	
旱地	亩					23	54	48	232	71	286	357	
非耕地	亩					92	153	46	169	138	322	460	
小计	亩					133	242	111	443	272	1120	929	

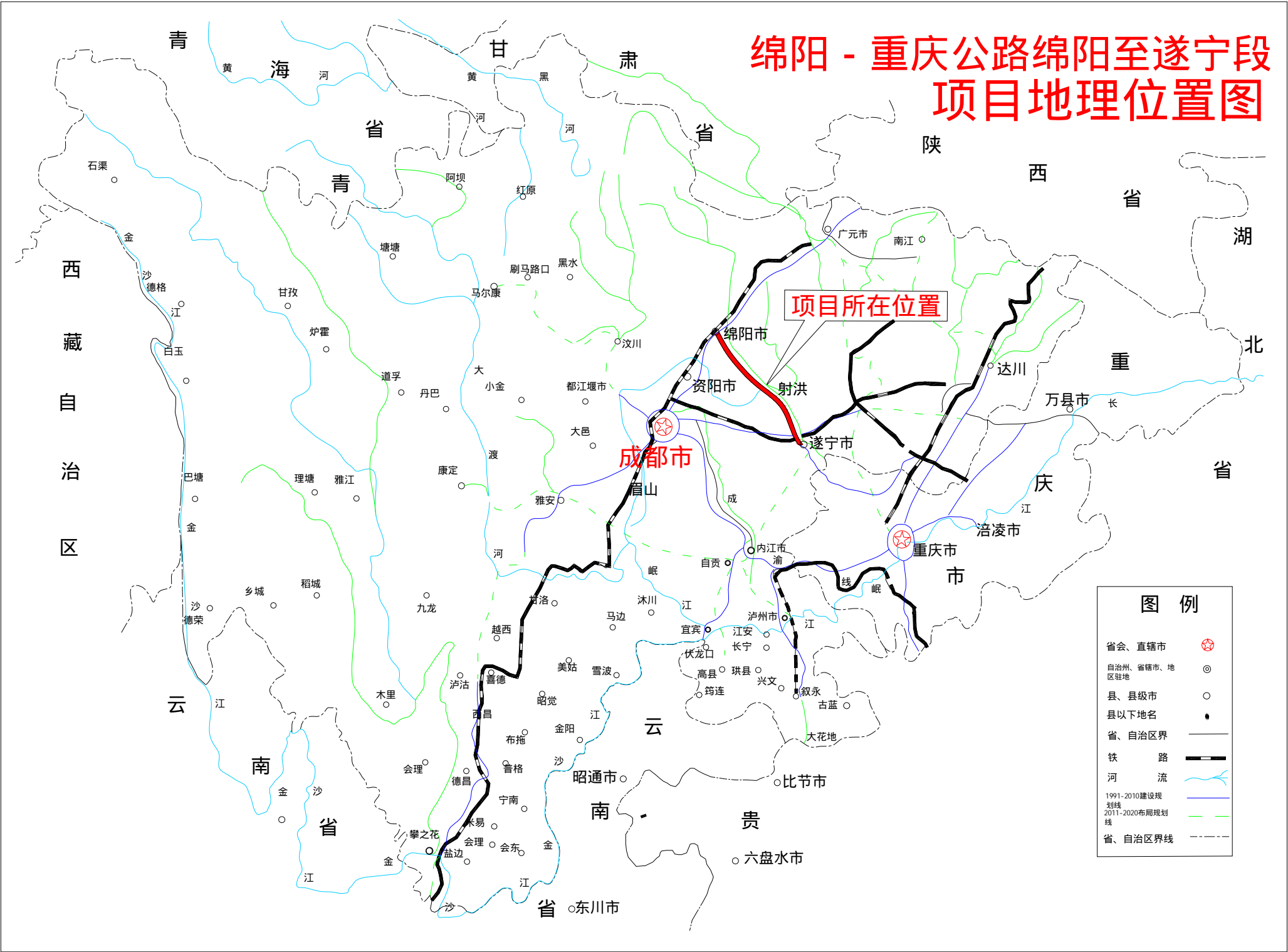


图 1—1 交通位置图

表 2-3 评估工作完成的工作量表

序号	项 目	单 位	工作量	主要内容
1	资料收集	份	20	工程建设的可行性研究报告、地质、水文地质、气象、水文等资料
2	野外调查	天	12	重点部位调查、摄影
		km ²	176	重点调查 50km ² ，概查 126 km ²
		km	528	路线穿越
		点	152	工程地质、水文地质、环境地质和灾害点的调查
3	资料整理	天	8	照片、收集资料、图件编制
4	报告编制	天	15	评估报告编写和平剖面图绘制

2.4 评估范围与级别的确定

按照《建设用地地质灾害危险性评估技术要求（试行）》，线状工程位于丘陵区，评估范围应以第一斜坡带为限。因此本次评估范围在线路展布的范围和拟征地范围的基础上进行了扩大，按线路两侧各 500m 计，合计评估面积约为 176km²。

按照《建设用地地质灾害危险性评估技术要求（试行）》中相应的对评估级别的确定原则，评估级别的确定是在经过调查确定地质环境条件复杂程度和建设项目重要性的基础上进行划分（表 2-4、表 2-5）。

表 2-4 地质环境条件复杂程度分类表

复杂	中等	简单
1、地质灾害发育强烈	1、地质灾害发育中等	1、地质灾害一般不发育
2、地形与地貌类型复杂	2、地形较简单，地貌类型较复杂。	2、地形简单，地貌类型单一。
3、地质构造复杂，岩性岩相变化大，岩土体工程地质性质差。	3、地质构造较复杂，岩性岩相不稳定，岩土体工程地质性质较差。	3、地质构造简单，岩性单一，岩土体工程地质性质良好。
4、工程水文地质条件对灾害形成作用很大。	4、工程水文地质条件对灾害形成作用大。	4、工程水文地质条件对灾害形成作用较小。
5、人类工程活动强烈，极易诱发地质灾害。	5、人类工程活动强烈，易诱发地质灾害。	5、人类工程活动一般，不易诱发地质灾害。

表 2-5 建设项目重要性分类表

项目类型	项目类别
重要建设项目	开发区建设、城镇新区建设、放射性设施、军事设施、核电、二级（含）以上公路、铁路、机场，大型水利工程、电力工程、港口码头、矿山、集中供水水源地、工业建筑、民用建筑、垃圾处理场、水处理厂等。
较重要建设项目	新建村庄、三级（含）以下公路，中型水利工程、电力工程、港口码头、矿山、集中供水水源地、工业建筑、民用建筑、垃圾处理场、水处理厂等。
一般建设项目	小型水利工程、电力工程、港口码头、矿山、集中供水水源地、工业建筑、民用建筑、垃圾处理场、水处理厂等。

相应划分评估级别的标准如下表 2-6。

表 2-6 建设用地地质灾害危险性评估分级表

评估级别 地质环境条件 复杂程度	复杂	中等	简单
	复杂	中等	简单
项目重要性			
重要建设项目	一级	一级	一级
较重要建设项目	一级	二级	三级
一般建设项目	二级	三级	三级

通过综合分析确定该建设项目的建设用地地质灾害危险性评估等级为一级评估。

3 地质环境条件

3.1 气象、水文

3.1.1 气象

工作区属中亚热带湿润气候区，季风气候显著，四季分明，冬暖夏热，日照少，风速小，湿度大，降雨量较多，蒸发量较大，气候日变较小。降雨量一般在 800—900mm，多年平均气温在 16.4—17.8 。

绵阳市年均气温在 16.4℃ 之间。日平均气温稳定在 10℃ 以上持续 235 至 251 天；最冷月平均气温 3.9℃ 至 5.7℃，最热月平均气温在 24.2℃ 至 26℃，极端最低气温—4.8℃ ~7.3℃，极端最高气温 36.1℃ 至 37℃；无霜期 252 至 300 天；太阳总辐射 76.7 至 92.8 千卡/平方厘米·年，年日照时数在 927.7 至 1376.7 小时之间，相对湿度全年平均为 70%至 80% 之间，风向以偏北风和东北风为主，年平均风速在 0.8 至 1.6 米/秒之间，静风频率较高。绵阳市多年平均降水量在 825.8 毫米至 1417 毫米之间，有年、季、月降水量分配不均和变化率大的特点。

三台县年平均气温 16.6℃，相对湿度 80.1%，平均降水量 882.2mm。

射洪县年平均气温 17.2℃，相对湿度 79.2%，平均降水量 867mm。

遂宁市年平均气温 17.2℃，七月最高，一月最低，相对湿度 82%，年降雨量 908-993 毫米，平均降水量 914.9 毫米，年平均日照 1376.6 小时，年平均辐射总量为 90.673 千卡/平方厘米无霜期 238-300 天。

3.1.2 水文

工作区河流呈树枝状展布，主要河流有涪江及其支流安昌河，梓江，凯江等。

涪江发源于松潘县黄龙乡雪山梁子，进入评估区后经绵阳、三台、射洪、遂宁，出评估区至合川汇入嘉陵江，至长江。本次设计线路基本上沿涪江绵阳至遂宁段河谷东侧山地展线。涪江在绵阳段涪江桥年平均流量 246 立方米/秒，年迳流量 77.84 亿立方米。三台、射洪段涪江最大流量可达 170 亿立方米，最小不低于 100 亿立方米，河面宽约 150-250 米，坡降 1.2‰。遂宁段涪江平均坡降 0.642‰，河流较为宽阔，一般 500 米左右，遂宁一带散流于平坝之中，或分或合，间或数支，流速缓慢 1.5m/s，据下游区合川小河坝水文站资料，多年平均流量 463.9 立方米/秒，平均最高水位 217.61 米（七月），最低

水位 215.93 米（三月），水位差仅 2 米。

凯江发源于茂县磨天岭，河面宽度约 50-100 米，坡降 1.11‰，在三台县汇入涪江。

梓江发源于平武县大业山，在射洪县的龙宝山汇入涪江，河面宽度 50-100 米，坡降 0.89‰。

3.2 地形地貌

工作区位于四川盆地中部丘陵地区。地貌形态以构造剥蚀丘陵为主，在此条件下工作区地貌分为丘陵地貌和河谷堆积地貌两大类。

3.2.1 河谷堆积地貌

河谷堆积地貌主要沿涪江及其支流的两岸呈断续分布。主要由冲洪积的河漫滩、一级阶地，冰水堆积二至五级的高阶地等组成。

（1）河漫滩及一级阶地

河漫滩沿涪江河谷较为发育，分布面积较大。呈河心滩、边滩等形式。高出河水位 5—10 米，支流 3—8 米。一般向河床及下游倾斜。洪水期常被淹没。组成物质为砂砾石层。

一级阶地主要分布于涪江沿岸的绵阳、三台、射洪、柳树沱、遂宁等地。阶面宽阔平坦，微倾下游。分布面积大者 3—10km²。前缘一般为 3—10 米陡坎，高出河水位 10—20 米。组成物质上部为粉质粘土，下部为砂砾卵石层，一般厚 8—12 米。

（2）高阶地

为河流发育后期所形成的一种特殊地貌形态。沿涪江零星分布。高出河水位 50—100 米。一旁紧靠现代河流，其余三面为古河道环绕。离堆山为高阶地特殊堆积物。古河道

分别为一、二、三级阶地组成，此类古河道常是较好的富水地段，如射洪大榆。

3.2.2 丘陵地貌

工作区各类丘陵地貌形态较为发育。按切割深度分为浅、中、深三类。切割深度小于 50 米，标高 300—450 米为浅丘；切割深度 50—100 米，标高 350—500 米为中丘；切割深度 100—200 米，标高 400—550 米为深丘。

(1) 浅切丘陵

分布于绵阳周边及绵阳至芦溪一带涪江河谷两侧山地，为宽谷圆缓浅丘，相对高差 10—30 米间。主要由泥岩为主的岩层组成。丘陵形态多为馒头状、塔状，较为圆缓，很少成岭。沟谷开阔、平坦、纵横交织。河溪迂回曲折，水流极缓。侵蚀作用微弱。丘间洼地多第四系坡洪积、残坡积层。

(2) 中切丘陵

分布于芦溪至三台段及遂宁段涪江河谷两侧的山地。切割深度 50-100 米，标高 350-500 米。为浅切丘陵或丘陵与低山间的过渡类型。一般为泥岩地层。具有圆丘、塔状丘、脊状丘等多种形态。沟谷一般较为宽缓。表现为树枝状水系，带状宽缓冲沟发育。一般稍大的冲沟和溪沟宽约 30 米。在山脊平坦处和沟谷中有农田分布。

(3) 深切丘陵

分布于三台至吉祥一带涪江河谷两侧山地。切割深度 100-200 米，标高 400-550 米。主要由蓬莱镇组下段 (J_3p^1) 砂、泥岩组成。主要沟谷呈近南北向发育，次级沟谷其两旁向北西、北东方向发育，组成众多的羽状沟谷水系。沟谷开阔、平缓，第四系覆盖层发育，农耕发达。主要山岭呈脊状、马鞍状，绵延常达数公里至十余公里，长者达二十余公里。山体起伏较大，沟谷宽度不等，一般沟谷下游可达 50-100 米，上游较为窄小，现

多被开垦为水田。

3.3 地层岩性

工作区出露地层为侏罗系中统上沙溪庙组、上统遂宁组、蓬莱镇组，白垩系下统苍溪组、白龙组、七曲寺组及第四系。其岩性特征简述如下：

3.3.1 侏罗系

分布于遂宁市至射洪县县城北一带，主要为侏罗系中统上沙溪庙组、侏罗系上统遂宁组、蓬莱镇组地层。

(1) 上沙溪庙组 (J_2s)

分布于遂宁以南的过军坝一带的山地。岩性为紫灰色块状细粒长石石英砂岩与紫红色泥岩、砂质泥岩略等厚互层，泥岩色暗夹钙质结核及灰绿色条带，零星有石膏薄层（厚 0.1-4 厘米）极易风化呈碎块剥落。厚度 100 米左右。

(2) 遂宁组 (J_3s):

以鲜红、紫红色泥岩、钙质泥岩为主，夹薄层或脉状石膏。上部夹多层薄层泥、钙质粉细粒长石石英砂岩；底部为砖红、灰紫色厚层状长石石英细砂岩。泥岩、粉砂岩含 CaO、MgO 较高。厚度变化不大，360-441 米。

(3) 蓬莱镇组 (J_3p):

以中部灰黄色厚层状砂岩（太和镇砂岩）底为界分为上、下两段。

下段 (J_3p^1): 底部为灰白色厚层块状细至中粒长石砂岩，厚 30 余米，较为稳定，称蓬莱镇砂岩。其上为灰白、紫红色泥、钙质长石细粉砂岩与紫红色泥岩不等厚互层。由下而上分四个岩性段。第一、三段以中至厚层状细砂岩为主夹钙质、砂质泥岩；第二、

第四段以钙质、砂质泥岩为主夹中至薄层粉细砂岩。第三段厚度较薄，其余略厚。砂岩横向变化较大，常尖灭，泥岩普遍含钙质及粉砂质，向上增厚。厚度变化大，298-604米。

上段 (J_3p^2): 为灰白、灰黄色厚层块状中至细粒长石砂岩与紫红色泥岩不等厚互层。以砂岩为主，组成四个沉积旋回。向上泥岩增厚，并夹三至四层中薄层细砾岩和一层黄绿色页岩。底部以一层灰黄色厚层块状细至中粒长石砂岩与下段整合接触，局部具透镜状底砾岩。厚 266-422 米。

该组地层横向变化大。上段地层由南西向北东厚度减薄，泥岩增多，砂岩减少；下段以南充最厚，向东向西厚度减薄，泥岩增加。

3.3.2 白垩系

分布于射洪县县城北至绵阳市段，主要由白垩系下统苍溪组 (K_{1c})，白龙组 (K_{1b})，七曲寺组 (K_{1q}) 地层。

(1) 苍溪组 (K_{1c}):

为灰白、灰色块状中至细粒岩屑砂岩、长石砂岩夹紫红色泥岩、钙质泥岩。砂岩单层厚 0.8-2.00 米，斜层理及交错层发育，层面起伏不平。下部砂岩层底常有透镜状砾岩。与下伏地层为假整合接触。厚 167 米。

(2) 白龙组 (K_{1b}):

以灰色、灰白色厚层块状中至细粒岩屑砂岩、岩屑长石砂岩与紫红、砖红色含钙质泥岩不等厚互层，砂岩较疏松。底为灰白色细砾岩。厚 170 米。

(3) 七曲寺组 (K_{1q}):

岩性为浅黄色块状细粒长石砂岩与砖红色泥岩、粉砂岩组成韵律层，底部一层砂岩较厚，

约 49 米，水平微细层理发育。厚度 169-250 米。

3.3.3 第四系 (Q)

分布于涪江等主要河流两岸，组成河漫滩及阶地。

(1) 更新统 (Q_{2-3}^{fgl}):

分布在涪江河谷二至五级阶地，其成因类型属冰水堆积层。

五级阶地：上部为棕黄、橙黄色粉质粘土，夹有钙质结核及砂姜，直径大者达 10 厘米。厚 2-13 米；下部为砾石层，砾石成份以石英岩、石英砂岩为主，次为变质岩类。砾径 2-6 厘米，大者达 20 厘米。局部呈泥质半胶结。

四级阶地：上部为棕黄色粉质粘土，含砂姜及钙质结核，直径 3-5 厘米。厚 1-6 米；下部为砾石层，砾石成份以石英岩为主，有粘土及砂土充填。厚 2-12 米。

三级阶地：上部淡黄色含粉质粘土，含铁、锰质及钙质结核。厚 4-14 米；下部为砾石层，成份以石英岩为主，次为变质岩类，砾径 2-6 厘米，大者达 20 厘米，分选差。厚 4-6 米。

(2) 全新统

二级阶地 (Q_4^{1-2al}): 上部为灰黄色粉质粘土，粘性较大，厚 8-12 米；下部为砾石层，厚 4-10 米。

一级阶地和河漫滩 (Q_4^{3al}):

为近代河流冲积层。一级阶地：上部为灰褐色粉质粘土及粉土，厚 3-8 米；下部为青灰色砂卵石层，孔隙度 30-50%，泥质含量 1-2%，砾卵石占 60-75%，含水极丰富。砾石成份以石英岩、石英砂岩为主，次为灰岩及变质岩类。局部呈半胶结。厚 6-10 米。
河漫滩：为松散砾卵石层，卵石成份以石英岩、石英砂岩为主，次为灰岩、砂岩等，砾

径 2-20 厘米，厚 0-10 米。

3.4 地质构造与地震

3.4.1 地质构造

按照构造形迹在区域上展布方位及成生联系和《四川省构造体系图》说明书的划分意见，将区内构造划分为新华体系、旋扭构造系及区域东西向构造三个构造体系（图 3—1）。

（1）新华夏系

分布于工作区的梓潼向斜属于新华体系龙门山褶皱带边缘地带构造内。

梓潼向斜：总体走向北 50° 东，向斜平缓开阔，两翼基本对称，倾角 1° - 3°，在区内也称云风场向斜。

（2）旋扭构造体系

主要分布于川中褶皱带内，分绵阳环状构造，天仙寺涡轮状构造等。

1) 绵阳环状构造：由一系列褶皱排列成似环状，褶皱均十分平缓，一般倾角 1° - 3°，最大也不超过 5°，包括以下褶皱：老关庙背斜，玉河场向斜，富顺场背斜，吴家坝向斜，拦河堰鼻状背斜，葫芦溪向斜，老君庵鼻状背斜，观音场—金华镇背斜，牛场—金家场向斜。

老关庙背斜：位于梓潼老关庙，路线起点有所涉及。轴向北 45° 西，顶部宽平，两翼不对称，倾角极缓，北东翼倾角 30° - 1°，南西翼 2° - 2° 30'，地层为 K_{1b} ， K_{1c} 。与 C 方案线在新桥镇斜交，对路线影响小。

玉河场向斜：位于三台玉河场，轴向北 40° 西，两翼倾角为 1-2°，岩层走向与向斜轴

线斜交，地层为 K_{1b} 、 K_{1c} 。与 C 方案线在游仙镇段斜交，对路线影响小。

富顺场背斜：位于三台富顺场至柳池井一带，轴向北 40° 西，两翼倾角 1° - 2°，地层为 K_{1b} 。与 C 方案线在松坪段正交，对路线影响小。

吴家坝向斜：位于绵阳市吴家坝附近，轴向呈一略向北弯曲的弧形，北翼倾角 2° - 3°，卷入地层为 K_{1b} 、 K_{1q} 。与 C 方案线在塘汛段斜交，对设计线路影响小。

拦河堰鼻状背斜：位于三台拦河堰。东段轴线弯曲较大，先突向北后又突向南；西段走向渐转为北 60° 东，为一近对称的平缓背斜，南翼倾角 1° - 3°，北翼倾角 2° - 4°。核部为 K_{1b} ，外围为 K_{1q} 。与 C 线在芦溪段斜交，对设计路线影响小。

葫芦溪向斜：位于三台葫芦溪南 1.5 公里，东段轴向近东西向，西段转为北 60° 东，向斜轴部宽平，为一近对称的向斜，南翼倾角 2° - 4°，北翼倾角 3° - 5°，核部与两翼均为 K_{1q} 。

老君庵鼻状背斜：位于三台老君庵，呈一向北北西略微突出的弧形，总体轴向近东西。两翼倾角近相等，大都在 3° 左右，地层为 K_{1q} 。

观音场—金华镇背斜：位于三台观音场，射洪金华镇。轴向在观音场以西为北 70° 西，观音场至古牛坝间近东西向，古牛坝至金华镇轴向北 60° 西，金华镇以东转成北 50° 东，褶曲平缓对称，东段两翼倾角 1° 左右，西段两翼倾角稍陡，北翼 3° - 6°，南翼 3° - 5°，地层为 J_3p^2 ， K_{1c} ， K_{1b} 。与 C 方案线在金华镇斜交，对设计路线影响小。

牛场—金家场向斜：位于中江牛场和射洪金家场以北。西段轴向近东西向，东段在景福院附近形成一个向南突出的弧形，两翼平缓对称。西段南翼 1° - 2°，北翼倾角 1° - 3°：东段两翼倾角为 1° 左右，地层为 J_3p^2 ， K_{1c} ， K_{1b} 。与 C 方案线在金华镇斜交，对设计路线影响小。

图 3—1 构造图



2) 天仙寺涡轮状构造：位于射洪县城天仙寺周围，为一小型涡轮状构造，包括东岳庙背斜，梅家沟向斜等。

东岳庙背斜：位于射洪东岳庙，轴向近南北，为一略向西弯突之弧形，两翼倾角 2° ，地层为 J_3p^2 。与 C 方案线在龙宝乡斜交，对设计路线影响小。

梅家沟向斜：位于射洪县金华镇北东梅家沟。轴向近东西，向北北西突出的弧形，两翼倾角 1° ，地层为 J_3p^2 。

3) 区域东西向构造：

大体走向东西，影响地壳深度比较小而不受某一固定纬度控制的東西向构造，包括南充背斜，西山向斜，蓬萊鎮背斜等。

南充背斜：从西向东轴向由北 70° 东渐变为东西向，背斜狭长，隆起平缓，两翼略对称，倾角 $1^{\circ}-3^{\circ}$ 。与 C 线方案线在大榆乡正交，对设计路线影响小。

西山向斜：位于蓬溪县城以北，轴线平行于南充背斜，北翼倾角 $1^{\circ}-3^{\circ}$ ，南翼倾角 $1^{\circ}-20^{\circ}$ ，由 J_3p^1 组成。与 C 方案线在洋溪镇段斜交，对设计路线影响小。

蓬萊鎮背斜：位于蓬溪县蓬萊鎮，东段近东西，西段于蓬萊鎮一带转为北东。两翼略不对称，北翼倾角 $0^{\circ}20'-3^{\circ}$ ，南翼倾角 $0^{\circ}45'-2^{\circ}$ ，由 J_3s ， J_3p^1 组成。与 C 方案线在群力乡段斜交，对设计路线影响小（表 3—1）。

3.4.1.3 裂隙

由于地质构造简单，地层平缓，受力不强。因而构造裂隙不大发育，并且受岩性所控制，地层为砂泥岩互层，砂岩构造裂隙较发育。一般有两组，一组走向北 $30-60$ 度东，另一组走向北 $30-60$ 度西，裂隙面平直或稍有弯曲，裂隙倾角 $70-85^{\circ}$ 。由于工作区泥岩、砂质泥岩及薄层细、粉砂岩发育，因此风化裂隙发育，呈网状，裂隙细小，穿透性

差。张开性不明显。

工作区砂泥岩受风化作用影响，在局部地段有当地老乡依山而挖的一些小的储藏红薯窖等。

3.4.2 新构造运动与地震

工作区挽近构造活动较为明显，表现为地壳震荡升降，地震活动较弱。

(1) 地壳震荡升降

地壳震荡升降导致区内河谷阶地发育。区内涪江有稳定的 3-5 级阶地。除 级阶地外均为基座阶地，其上均有厚度不等的砂、砾石堆积。从阶地的级数、堆积物的厚度及距现代河床水面的高度分析，从中更新统到全新世，至少经历了 5 次上升和 5 次间歇停顿，上升幅度达 100 米。尤以中更新世上升幅度最大，达 60-80 米，从堆积物厚度看，各个时期间歇停顿的时间长短不一，以全新世间歇时间最长，堆积厚度 20 米。涪江河谷河漫滩、河心滩较为发育，表明全新世以来地壳仍在不断的缓慢上升。

(2) 地震活动

工作区无破坏性地震，主要是工作区外围的龙门山等地段地震较为频繁。地震烈度小于 度。绵阳至回马镇段地震动加速度 $0.05g$ ，回马镇至遂宁复兴段地震动加速度小于 $0.05g$ 。

3.5 路线工程地质条件评价

3.5.1 工程地质岩组划分

根据公路沿线地层出露情况及其岩性特征、成因类型、力学性质等，将区内划分成五个工程地质岩组见表 3—2。区内沿主要河流两岸分布第四系松散岩组，其余丘陵地区

为侏罗、白垩系陆相碎屑岩半坚硬岩组，为砂、泥岩不等厚互层，其中泥岩性软，极易风化，遇水崩解，抗压强度低；砂岩差异性较大，抗压强度随砂岩颗粒成份、结构、构造、胶结成份及胶结类型而变化，变化范围在 400-800 公斤/平方厘米间。

表 3—1 工作区褶皱构造与设计路线关系

构造体系	构造名称	构造特征	与设计路线关系
绵阳环状构造	老关庙背斜	轴向北 45°西，两翼不对称，倾角极缓，地层为 K _{1b} ，K _{1c}	与 C 方案线在新桥区（CK5，IK4+600）斜交，对路线影响小
	玉河场向斜	轴线 N45°W 左右，地层为 K _{1c} ，倾角 1-2°	与 C 方案线在仙游乡段（CK12+850，IK12+650）斜交，对路线影响小。
	富顺场背斜	为一鼻状构造，轴线 NW 向，地层为 K _{1c} ，两翼倾角 1-2°	与 C 方案线在通讯段（CK21+200）正交，对路线影响小
	吴家坝向斜	轴向呈一略向北弯曲的弧形，北翼倾角 2°-3°，卷入地层为 K _{1b} 、K _{1q}	与 C 方案线在塘汛段（CK24+900）斜交，对设计线路影响小
	拦河堰背斜	为一近对称的平缓背斜，南翼倾角 1°-3°，北翼倾角 2°-4°。核部为 K _{1b}	与 C 线在芦溪段（CK36+100）斜交，对设计路线影响小
	葫芦溪向斜	呈 NW 延伸，出露地层 K _{1c} 、J _{3p2} ，倾角 2-5°	对路线影响小
	观音场 - 金华镇背斜	轴向 NWW，出露地层 K _{1c} 、J _{3p2} ，北翼 3°-6°，南翼 3°-5°	与 C 方案线在金华镇（CK93+500）斜交，对设计路线影响小
	牛场 - 金家场向斜	轴线近东西，出露地层 K _{1c} 、J _{3p2} ，倾角 1-2°	与 C 方案线在金华镇（CK96）斜交，对设计路线影响小
天仙寺涡轮状构造	东岳庙背斜	轴向近南北，为一略向西弯突之弧形，两翼倾角 2°，地层为 J _{3p2}	与 C 方案线在龙宝乡（CK103+400）斜交，对设计路线影响小
区域东西向构造	南充背斜	从西向东轴向由北 70°东渐变为东西向，背斜狭长，隆起平缓，两翼略对称，倾角 1°-3°	与 C 线方案线在大榆乡（CK117）正交，对设计路线影响很小
	西山向斜	轴线平行于南充背斜，北翼倾角 1°-3°，南翼倾角 1°-20°，由 J _{3p1} 组成	与 C 方案线在洋溪镇段（CK126+500）斜交，对设计路线影响小
	蓬莱镇背斜	两翼略不对称，北翼倾角 0°20'-3°，南翼倾角 0°45'-2°，由 J _{3s} ，J _{3p1} 组成	与 C 方案线在群力乡段（CK141+350）斜交，对设计路线影响小

表 3—2 工程地质岩组划分表

代号	岩组名称	对应时代
	半坚硬砂岩夹泥岩工程地质岩组	K _{1c} 、K _{1b} 、K _{1q}
	半坚硬砂泥岩不等厚互层工程地质岩组	J _{3p}
	半坚硬泥岩夹砂岩、砂质页岩工程地质岩组	J _{3s} 、J _{2s}
	冰水堆积工程地质岩组	Q ₂₋₃ ^{fgl}
	粘质砂土、砂卵砾石工程地质岩组	Q ₄ ^{al}

（1）半坚硬砂岩夹泥岩工程地质岩组（ ）

分布于绵阳至三台的涪江河谷两侧山地。为白垩系下统苍溪组，白龙组，七曲寺组地层，以厚层至块状砂岩为主夹泥岩，砂岩占 65-86%，底部常见透镜状砂岩。砂岩一般为细粒砂状结构，孔隙式胶结，石英占 50-60%，长石 20-30%，岩屑 15-20%。胶结物一般以钙质为主，个别为水云母，易风化。其中苍溪组的干抗压强度 380 公斤/平方厘米，湿抗压强度 220 公斤/平方厘米，软化系数 0.62，干抗剪强度 13 公斤/平方厘米，湿抗剪强度 12 公斤/平方厘米，变形模量 4.0-7.2 × 10⁴ 公斤/平方厘米。

（2）半坚硬砂泥岩不等厚互层工程地质岩组（ ）

分布三台至回马镇段涪江河谷两侧山地。岩性为厚层的砂岩与泥岩不等厚互层。砂岩成份石英 40-45%，个别达 50%，长石 30%左右，岩屑 15-25%。孔隙式胶结，个别为接触式胶结。胶结物以钙质为主，含量 7-15%，最大达 19%，比较坚硬，持力性较好，但裂隙往往较发育，少部分为泥质胶结。蓬莱镇组下段（J_{3p1}）泥岩钻孔中见有星散状、纤维脉状石膏，偶尔有针孔状溶孔、溶隙。砂岩干抗压强度 859 公斤/平方厘米，湿抗压

强度 637 公斤/平方厘米，软化系数 0.76，干抗剪强度 58 公斤/平方厘米，湿抗剪强度 44.5 公斤/平方厘米，变形模量 $3.25-9.30 \times 10^4$ 公斤/平方厘米。

(3) 半坚硬泥岩夹砂岩、砂质页岩工程地质岩组 ()

分布于回马至遂宁龙凤场一带涪江河谷两侧山地。岩性为紫红、紫色泥岩与砂岩互层。砂岩中一细粒，厚层状。以长石为主，次为石英。泥岩普遍含灰绿色粉砂质条带。砂岩多为泥钙质胶结，结构较疏松，风化带深度 5-14 米。遂宁组砂岩干抗压强度 289 公斤/平方厘米，湿抗压强度公斤/平方厘米，软化系数 0.57-0.75。

(4) 冰水堆积泥砾工程地质岩组 ()

二级阶地为内叠阶地，三至六级阶地为基座阶地。多遭后期侵蚀，分布零星。堆积物一般残留于丘顶，为粘土夹砾石层。厚度 5-15 米，局部达 20 米。

(5) 河流冲积粉质粘土、砂卵砾石工程地质岩组 ()

沿涪江及主要支流呈条带状展布，一般倾向河心及下游。一级阶地为堆积阶地，一般具二元结构。上部为粉质粘土及粘质砂土；下部砂砾石层厚度 10-20 米，最大厚度 32 米。在射洪大榆坝等地粉质粘土与砂砾石层间夹 1-3 米流砂层。直接影响地基的稳定性，造成不均匀沉陷，必须引起足够的重视。河漫滩砂砾石层允许承载力 3-4 公斤/平方厘米，一级阶地下部砾石层允许承载力 5-6 公斤/平方厘米。

3.5.2 工程地质分区

工作区地貌以河谷地貌和丘陵地貌为主，不同地貌类型的工程地质条件不同，因此地形地貌条件是评价线路工程地质条件首先考虑的因素。岩土体是公路的地基，岩土体的工程性质取决于其组成的岩土体性质及结构特征，而岩土体结构的特征，取决于岩体中结构面的特性及其相互组合特征，它控制着岩土体的强度和稳定性，是评价公路工程

地质的重要因素。因此，依据地貌单元、岩土体类型、岩体力学强度、地质构造条件，水文地质条件及不良地质的发育程度等因素进行工程地质分区，将工作区划分为 5 个工程地质区（表 3—3）。

表 3—3 工程地质分区简表

工程地质分区	代号
河谷区粉质粘土、砂卵砾石工程地质区	
高阶地粘土、砂砾石工程地质区	
浅切丘陵砂岩夹泥岩工程地质区	
中切丘陵砂泥岩不等厚互层工程地质区	
深切丘陵泥岩夹砂岩、砂质泥岩工程地质区	

3.5.3 工程地质区段特征

(1) 河谷区粉质粘土、砂卵砾石工程地质区 ()

设计线路主要沿涪江河谷一、二级阶地展线，地形平坦，为粉质粘土、砂卵砾石工程地质岩组。呈散体结构。地下水位埋深 2-8 米，水位年变幅 1-3 米，单井出水量 100-1000 吨/日，大者 1000-3000 吨/日，水质类型为重碳酸钙型水，PH 值 7-8，无侵蚀性。工程地质问题为河流岸边冲刷，地基承载力以及不均匀沉陷等。公路路线设计应考虑布于最高洪水位以上。河漫滩砂砾石层允许承载力 3-4 公斤/平方厘米，一级阶地下部砾石层允许承载力 5-6 公斤/平方厘米。基本无不良地质现象，基础稳定。工程地质条件好。

分布路段：

绵阳境：

C 方案线：CK6+900—CK9+700、CK11+600—CK11+900、CK26+950—CK27+300、CK39+850—CK44+500、CK61+000—CK70+000、CK78+700—CK78+850、CK79+500—CK80+139。

遂宁境：

C 方案线：CK81+600-CK82+700、CK83+800-CK85+300、CK100-CK101+500、CK144+600-CK144+986。

（2）高阶地粘土、砂砾石工程地质区（ ）

主要位于河谷二级以上的高阶地，地形略有起伏，为冰水堆积工程地质岩组，呈散体结构。地下水较为贫乏，为无水含水层。基本无不良地质现象，基础稳定。工程地质条件好。

分布路段：

绵阳境

C 方案线：CK0+000—CK5+100、CK6+150—CK6+900、CK9+700—CK11+600、CK47+900—CK56+500、CK70+000—CK75+500、CK76+750—CK78+700、CK78+850—CK79+500。

遂宁境：

C 方案线：CK80+500 - CK81+600、CK113+400-CK119+000；

（3）浅切丘陵砂岩夹泥岩工程地质区（ ）

地貌为浅切丘陵，切割深度小于 50 米，山脊圆浑，部分地区沟谷较开阔。该区水文地质条件简单，浅部为基岩风化裂隙水，单孔水量小于 50 吨/日，属重碳酸钙型水，PH 值 7-8，对混凝土无侵蚀性。物理地质现象主要零星的风化剥落、小型滑坡和崩塌体，对设计公路影响不大。主要工程地质问题是应注意查明风化层的厚度，软弱夹层或泥化

夹层的性质和分布。由于地势较高，受水的影响相对较小，地基较稳定。但要注意跨沟边坡的稳定性。

分布路段：

绵阳境：

C 方案线 CK5+100—CK6+150、CK11+900—CK26+950、CK27+300—CK32+000、CK34+200—CK39+850、CK44+500—CK46+300。

遂宁境：

设计线路未有该工程地质区分布，但其外围有所分布。

（4）中切丘陵砂泥岩不等厚互层工程地质区（ ）

地貌为中切丘陵山地，切割深度 50—100m，地形起伏不平，局部地段地形稍开阔，地形浅缓。岩性为蓬莱镇组（ J_3p^1 ）厚层状砂岩夹泥岩。本区以平缓褶皱为主，岩层倾角 1-5 度，但在部分地段，如射洪县境等地，构造裂隙发育，尤以张性、张扭性陡倾角裂隙为主，裂隙宽度 1 - 10 厘米，最大达 30 厘米。地下水以基岩裂隙水为主，水化学类型为重碳酸钙型水，PH 值 7-8，对混凝土无侵蚀性。

分布路段：

绵阳境

C 方案线：CK32+000—CK34+200、CK46+300—CK47+250。

遂宁境：

CK154+518—CK159+868、CK171+268—CK176+502。

（5）深切丘陵泥岩夹泥岩、砂质泥岩工程地质区（ ）

该段地貌为深切丘陵地貌，切割深度大于 100m。岩性以泥岩、砂质泥岩为主，砂岩

陡倾构造裂隙发育。发育胶结物以钙质为主，孔隙 - 接触式胶结。泥岩一般中至薄层状，波纹、页理发育，鳞片状、粉状风化，含砂质重，钙质高。泥岩抗压强度小于 150 公斤/平方厘米，遇水易崩解。该区构造简单，为宽缓褶皱；本区以风化裂隙水为主，地下水埋藏浅，低洼宽谷地区局部承压自流，但水头不高。浅部为重碳酸钙型水，矿化度小于 0.5 克/升，无侵蚀性。但 20-30 米以下，常出现具有侵蚀性的硫酸盐水。

分布路段：

绵阳境：

C 方案线：CK47+250—CK47+900、CK56+500—CK61+000、CK75+500—CK76+750。

遂宁境：

C 方案线：CK80+139 - CK80+500、CK82+700 - CK83+800、CK85+300-CK100+000、CK101+500-CK113+400、CK119+000-CK144+600。

3.6 水文地质条件

地下水的赋存与分布，主要受地质构造、地貌、岩性、气候等条件的控制，根据赋存条件和水理特征，工作区主要分布松散岩类孔隙水和基岩裂隙水。

3.6.1 松散岩类孔隙水

根据含水层岩性，包括河流堆积漫滩、一级阶地砂砾石层（ Q_4^{al} ）孔隙水和高阶地粘土砂砾石层（ Q_{2+3}^{fgl} ）孔隙水。以前者分布较广，富水性较好，且较均一，后者富水性较差。

（1）河流堆积砂砾石层（ Q_4^{al} ）孔隙水

河流堆积漫滩（ Q_4^{3al} ）一级阶地（ Q_4^{1-2al} ）主要沿涪江河谷分布。

涪江阶地规模较大，如绵阳坝子、三台、射洪、大榆坝、柳树沱、遂宁坝子等，单个面积都在 7 平方公里以上，其中大榆（古河道）柳树沱达 17 平方公里左右。属上叠～内叠阶地类型。阶地的物质组成一般具有比较完整的二元结构。即上部为透水性较差的粉砂土和粘质砂土，下部为透水性良好的砂砾石层。据钻孔揭露：涪江阶地堆积物较薄，三台县城 7 号钻孔揭露总厚度只 11.00 米。砂砾石层厚 3.53 米。射洪钻孔揭露总厚 10-10.76 米，砂砾石层厚 6.16-7.26 米。青堤乡机井揭露总厚 13-15 米，砂砾石层厚 7.7-10.2 米，但未至基岩。古河道中变化较大，如大榆等地，薄者只 10.5 米，厚度 18-19 米尚未见到基岩，据物探资料，最厚约 25 米左右，砂砾石层厚 7-15 米不等。

分布于凯江、梓江等支流的一级阶地，一般都比较狭小，面积多在 1 平方公里以下。堆积物以粉质粘土、粉土为主，砂砾石层多呈透镜体，且含泥质甚多。堆积物厚度一般 3-5 米，厚 10 米，赋存地下水的条件甚差。

地下水水位变化在同一阶地中，一般上游深，下游浅；前部深，后部浅。射洪坝子地下水位：丰水期，上游和前部 5-8 米，下游和后部 1-4 米；枯水期，上游和前部 6-9 米，下游和后部 2-5 米。丰、枯水期水位变幅 1-2.5 米。大榆古河道地下水位：枯水期 1-4 米，最深 5-8 米；丰水期 0-2 米，最深 3-5 米。丰、枯水期变幅 2-3 米。地下水一般在阶地后部、中部微具承压，前部则排泄较畅变为潜水。承压水头高度 1-5.75 米。

其中绵阳松垭坝子、永明、射洪、柳树沱、遂宁坝子富水性好，单井涌水量 1000-5000 吨/日，三台等一些小型阶地的富水性中等为 100-1000 吨/日，凯江、梓江等河谷阶地富水性小，一般小于 100 吨/日。地下水水质良好，矿化度 0.3-0.5 克/升，为重碳酸钙型水。对混凝土无腐蚀作用。

地下水迳流总的是由阶地后缘向河床运动，补给河水。水力坡度后缓前陡，由 2.8

‰至 5.7‰。

(2) 冰水堆积泥砾 (Q_{2+3}^{fgl}) 隔水层

位于涪江两岸高阶地之上，岩性为泥砾层，堆积物分散覆盖于丘陵山包之上，一般残留不多。堆积物组成，一般上部是粘土、粉质粘土，不利于接受大气降水补给；下部为砾卵石夹少量砂和粘质土。残留厚度薄者 3-5 米，一般 10-15 米，厚者达 20-30 米。另外该含水层分布地势较高，切割较剧，汇水储水条件差，因此地下水富水性较差，基本上为无水含水层。

3.6.2 基岩裂隙水

基岩裂隙水广泛分布于丘陵山区，主要埋藏于侏罗、白垩系砂、泥岩浅层风化带中的裂隙潜水，风化裂隙水分布与地形关系密切，一般存在于丘间山地，分布分散，相互缺乏密切联系，仅于沟谷间以脉络相连通，一些地形较为开阔的浅丘、中丘区，往往具有良好的赋存条件，风化裂隙水导水裂隙因岩性而异。

基岩裂隙水一般较贫乏，且富水性极不均匀，泉水流量一般在 0.05 升/秒以下，单孔涌水量在 100 吨/日，地下水水位一般 0-5 米间，尤以 0-3 米最多。

基岩裂隙水主要由大气降水补给，同时由于广大丘陵区水文网发育，水库塘堰较多，稻田广布，因而也受地表水入渗补给。迳流条件受地形条件限制，一般在一定沟谷洼地中就地补给，由高向低运动，于砂岩坎下、山脚坡麓以泉的形式排泄。一般地表分水岭为地下水的分水岭。

基岩裂隙水水化学类型为重碳酸钙型、重碳酸钙钠型水，矿化度 0.3-0.5 克/升。基岩裂隙水对公路建设影响很小。但对于遂宁组和蓬莱镇组的深层卤水，主要分布于金华镇至回马镇段河谷及两侧山地，其埋深大于 60 米，水质对混凝土具有腐蚀作用，施工过程中

中尽量减少对其绕动。

3.7 人类工程活动对地质环境的影响

沿线人类工程活动以筑路、采石、采矿及民众建房为主。人类工程活动过程中，不同种类的活动对地质环境的影响程度差异很大，从沿线调查的情况来看，对区内地质环境影响最大的人类工程活动是筑路。由于线路途经四川盆地红层丘陵区，部份段为河谷阶地，地形起伏，有大量的挖、填方工程。开挖形成的高切坡受裂隙结构面的控制，易产生崩塌、危岩，线路附近因筑路开挖产生的危害较大的崩塌有 S205 线灵兴大桥桥南崩塌、S205 线射洪县玉皇庙崩塌等。填方形成的边坡由于护坡碾压、排水等工程措施不当易产生滑坡，线路附近因筑路填方形成的路堤填土边坡滑坡有绵（阳）盐（亭）公路 K14 滑坡、绵（阳）三（台）公路 K18 滑坡等。此外，区内广泛分布的水田普遍有 3—8m 的淤泥层，若处理不当易产生不均匀沉降。总而言之，筑路对地质环境影响很大，区内很多地质灾害的形成及发生均与此息息相关。

4、地质灾害危险性现状评估

4.1 地质灾害类型及特征

据本次野外调查，评估区的主要地质灾害类型为崩塌（危岩）、滑坡等。

4.1.1 崩塌（危岩）

(1) 崩塌、危岩的分布

本次评估共调查发现崩塌、危岩 12 处，其中崩塌 8 处，危岩 4 处。12 处崩塌、危岩有 6 处距拟建公路距离较远，主要分布于已建公路边坡；另外 6 处分布于拟建公路线

上，主要分布于河谷岸坡卸荷带附近的乡村公路边坡。

（2）崩塌、危岩的形成机制

崩塌、危岩的形成条件和影响因素很多，地形地貌、地层岩性及结构面发育程度是崩塌、危岩形成的先决条件，降水、地下水、风化卸荷作用及人类工程活动是影响崩塌、危岩形成和发展的重要因素。

地形地貌

陡峻的地形是产生崩塌、危岩的基本条件。据调查，评估区内的崩塌、危岩多产生于陡峻的河谷岸坡及公路边坡段，坡度多在 50° 以上，陡峻的河谷岸坡常有与河流走向平行的深大张开性卸荷裂隙发育，这种特殊的地形地貌给崩塌、危岩的形成创造了条件。

地层岩性

地层岩性是崩塌、危岩的物质来源，评估区内崩塌、危岩主要形成于侏罗系蓬莱镇组地层中，为厚层—巨厚层块状砂岩夹泥岩或厚层块状中至细粒长石砂岩与紫红色泥岩不等厚层。由于岩石较硬相间，差异风化使斜坡下部形成凹入的崖腔，使上部硬岩在重力卸荷作用下失去平衡而形成崩塌、危岩。

地质构造

由于区内地层产状近于水平，因此对区内崩塌、危岩形成起控制性决定作用的主要是节理裂隙的发育程度及空间展布。据野外调查，区内构造裂隙发育，尤以张性、张扭性陡倾角裂隙为主，裂隙宽度 1—10cm，最大达 30cm。构造裂隙将砂岩切割成块状，加之下部为较软弱泥岩，造成边坡上部岩石倾倒或拉裂破坏，产生崩塌或形成危岩。

降雨和地下水的影响

在长期降雨或暴雨之后，水流沿着节理裂隙渗入岩体，降低了岩石节理裂隙结构面

的抗剪强度，且增加了岩体重量，有利于崩塌的发生。地下水主要赋存于砂岩中，泥岩为相对隔水层，地下水运移至边坡临空面沿砂泥岩界面出露，软化泥化泥岩，造成上部岩体失重拉裂变形，如射洪县大榆渡附近射（洪）蓬（溪）公路边坡危岩体（W4），长期的地下水渗出浸润加剧了危岩体的变形。

风化作用

评估区内广泛分布砂泥岩互层地层，砂泥岩物理力学性质差异大，长期的风化作用使泥岩凹入形成崖腔，加剧了崩塌、危岩的变形破坏。

人类工程活动

通过本次调查，查明区内崩塌、危岩基本形成于公路边坡，与人类工程活动关系密切，边坡设计、开挖不合理，边坡过陡过高，都有可能造成边坡失稳产生崩塌、危岩。区内比较大的崩塌、危岩，如 S205 线灵兴大桥桥南崩塌。射（洪）蓬（溪）公路大榆渡危岩体（W4）等，均是由于人类工程活动不合理开挖、削坡引起的。

（3）崩塌、危岩的破坏模式

评估区内的崩塌、危岩均分布于已形成的公路高切坡段，地形陡峻，在陡崖形成过程中，临空面附近岩体发生卸荷回弹，导致应力重分布，临空面顶部附近产生拉应力集中带，坡脚形成剪应力增高带，在降水、地下水、风化等因素的综合作用下，沿结构面产生变形破坏。区内崩塌、危岩按形成机理分为倾倒式及拉裂式两种破坏模式。

倾倒式

主要形成于砂岩地层中，岩体中陡倾直立裂隙发育，在自重弯矩作用下，向临空方向做悬臂梁弯曲拉裂，当倾倒地矩大于抗倾力矩时岩体便出现转动倾倒破坏。

拉裂式

多见于砂泥岩软硬相间地层中，是区内崩塌、危岩变形破坏的主要模式。从地貌上表现为上部突出，下部凹入的悬臂梁式岩体，风化裂隙及构造裂隙发育，岩体顶部受拉，底部受压，受力状态为拉张，起始运动形式为拉裂。如 W3、W4（图 4—1）。

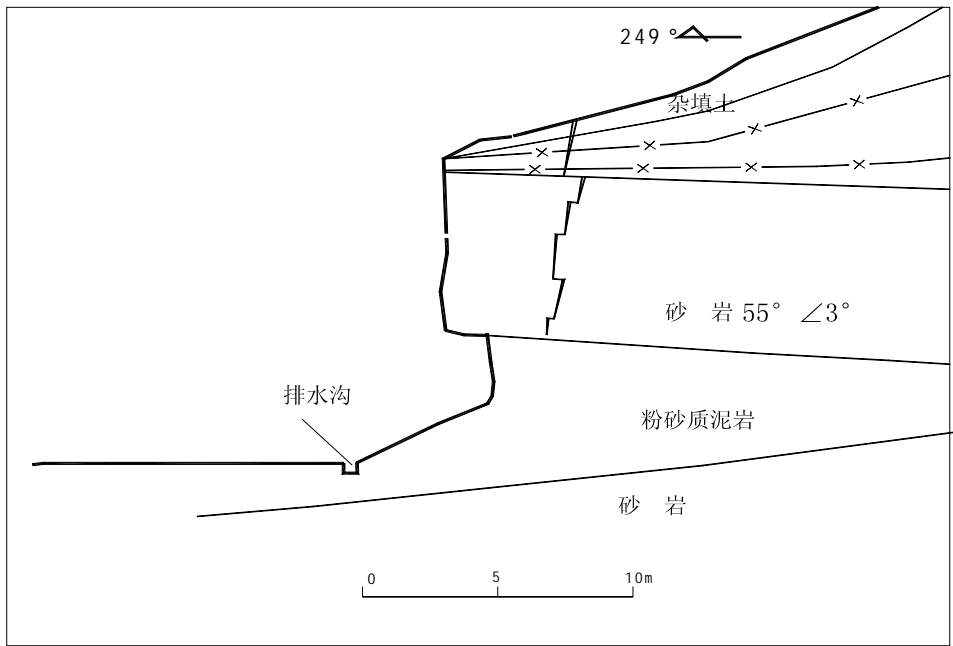


图 4—1 W4 危岩体地质剖面图

（4）崩塌、危岩的特征

评估区内现有的崩塌、危岩均规模较小，以Ⅱ类崩塌、危岩为主，地形地貌、地层岩性、结构面发育程度及空间组合形态是崩塌、危岩形成的先决条件。此外，评估区内的崩塌、危岩均与人类工程活动息息相关。

4.1.2 滑坡

（1）滑坡的分布

本次评估共调查滑坡 2 处，距拟建公路较远，分别分布于绵盐公路（H1）及蓬射公路（H2），H1 为路堤填方边坡滑坡，H2 为公路弃渣填土滑坡。

（2）滑坡的形成机制

滑坡的发生和发展是各种内外地质作用综合的结果，其中包括坡体物质组成、岩性结构、物理力学特性、地表水和人类工程活动等。评估区内的滑坡以土质残坡积层滑坡为主，按力学性质划分为推移式滑坡，其形成过程是：降雨后地表水体大量下渗使土体趋于饱和，土体重量增加，岩土界面抗剪强度降低，进而下滑力大于阻滑力，使坡体产生滑动变形。

坡体物质的物理力学特征是滑坡形成的先决条件

滑坡地段斜坡物质结构分上、下两段，上段为残坡积粉质粘土夹碎块石或填土，遇水软化，压缩量大，易变形解体，下段为强风化泥岩或砂质泥岩，相对隔水，具多水性，遇水软化、泥化，易崩解变形。从土体结构特征来看，在天然状态下，土体力学强度较高，而饱水后，C、 ϕ 值大大降低，特别是含水量达到 30% 以后，其抗剪强度指标呈直线下降。

降雨是滑坡变形的主要诱发因素

暴雨，特别是大暴雨是滑坡活动的主要诱发因素。大量水体进入斜坡，造成土体物理力学性质的变化，力学强度大大降低，同时土体饱水、自重增加，下滑力增大，地下水位升高，对坡体产生孔隙水压力，使滑坡活动性增强。调查表明，评估区内的滑坡多发生于特大暴雨之后，如绵盐路 K14 滑坡形成于 2001 年“9.19”特大暴雨之后（日降雨量达 300 余 mm），遂宁市西山滑坡群、射蓬路大榆渡滑坡均变形活动于 2002 年 6 月 7 日—8 日特大暴雨后（日降雨量达 100mm 以上），三台县中新中学滑坡於 1981 年特大洪涝灾害期间产生滑动变形（降雨沿斜坡后缘裂隙入渗使近水平反倾坡向岩层产生平推式滑动）。

人类活动促使滑坡滑动

据访问调查，区内滑坡的形成与人类活动关系密切，比如遂宁市西山滑坡群自 1990 年以来，当地采药者在滑坡范围滥采黄姜（中药材），破坏了斜坡坡面生态环境，造成坡面水土流失，坡面迳流不畅，促使滑坡 2002 年暴雨后滑动；蓬射公路大榆渡滑坡系开挖公路边坡弃土堆放产生滑坡，绵盐公路 K14 滑坡则是路基高填方形形成高陡路堤边坡，加之回填土夯填度未达到设计要求，导致特大暴雨后产生路基滑坡。

综上所述，土体物理力学特征及斜坡结构形态是滑坡形成的物质基础和先决条件，降雨是滑坡形成的诱发因素，而人类活动则加剧了滑坡的变形破坏。

（3）滑坡的特征

评估区内本次调查的 2 处滑坡均是工程滑坡，其规模均为小型。其具体特征见现状评估。

4.2 地质灾害危险性现状评估

4.2.1 崩塌、危岩

本次评估共调查危岩 4 处，崩塌 8 处。区内崩塌、危岩现状条件下弱发育，从现场调查的情况来看，该地区内崩塌、危岩的形成主要是因为人工修路开挖边坡及河流侧蚀作用。12 处崩塌，危岩体中有 6 处距拟建线路平距在 1.0km 以上，对线路无威胁及危害，其余 6 处分布于线路附近，但规模小。评估区内崩塌、危岩地质灾害危险性现状评估见表 4-1。

4.2.2 滑坡

本次评估现场调查表明区内滑坡少见，仅发现 2 处并调查，均为公路填土滑坡，此

2 处滑坡距离拟建线路 1km 以外，地质灾害危险性小。

（1）绵（阳）盐（亭）公路 K14 滑坡（H₁）

H₁ 滑坡位于绵（阳）盐（亭）二级公路 K13+910 - K14+040 段，该段为高填方路基，填方中心高度 13m，滑坡后缘为公路路面中心，高程 498.1m，前缘位于一引水沟，高程 478.6m，总体地形表现为后缘较陡，坡度 30°，高差 12.8m，中部及前部平缓，具明显的圈椅状地形。该滑坡滑床岩性为强风化砂质泥岩。滑体上段为素填土，以砂质泥岩碎块石为主，处于全风化 - 强风化状态，强度低，遇水软化，高压缩性，易变形解体；下段为全风化砂质泥岩夹泥质砂岩，软塑，遇水崩解，回填土稍密 - 中密，透水性较好。滑坡体轴长 85.3m，宽 177.2m，剖面形态呈折线状，后缘高程 497.1m，前缘高 476.8m，高差 20.3m，平均坡度 21°，最大坡度 45°，平均厚 6.8m，面积 5732.2 m²，滑坡方量 38978.6m³，滑坡水平向南位移 38cm，后缘裂缝宽 40cm（图 4-2）。其变形迹象反映为：

路面路基沉陷、开裂，开裂长度 105m，有 7 条裂缝，最长延伸长度 82.5m，最短有 12.0m，最大开裂 50cm，一般 1 - 5cm，最大沉降量 50 - 60cm，一般 17 - 25cm，发育方向以横向为主，两侧为斜向。涵洞塌陷，从南西方向洞口 12m - 24.8m 为涵洞塌陷区洞顶，洞顶及洞底 65 - 80cm 厚的砟板错断。后缘下沉，前缘隆起。该滑坡于 2001 年 9 月 19 日特大暴雨（日降雨量达 300 余 mm）期间产生推移式滑动。该滑坡距拟建公路约 2.0km，危险性小。

（2）蓬射公路大榆渡滑坡（H₂）

该滑坡位于蓬射公路外侧斜坡，因斜坡表层覆盖公路弃渣填土及坡积粉质粘土夹碎

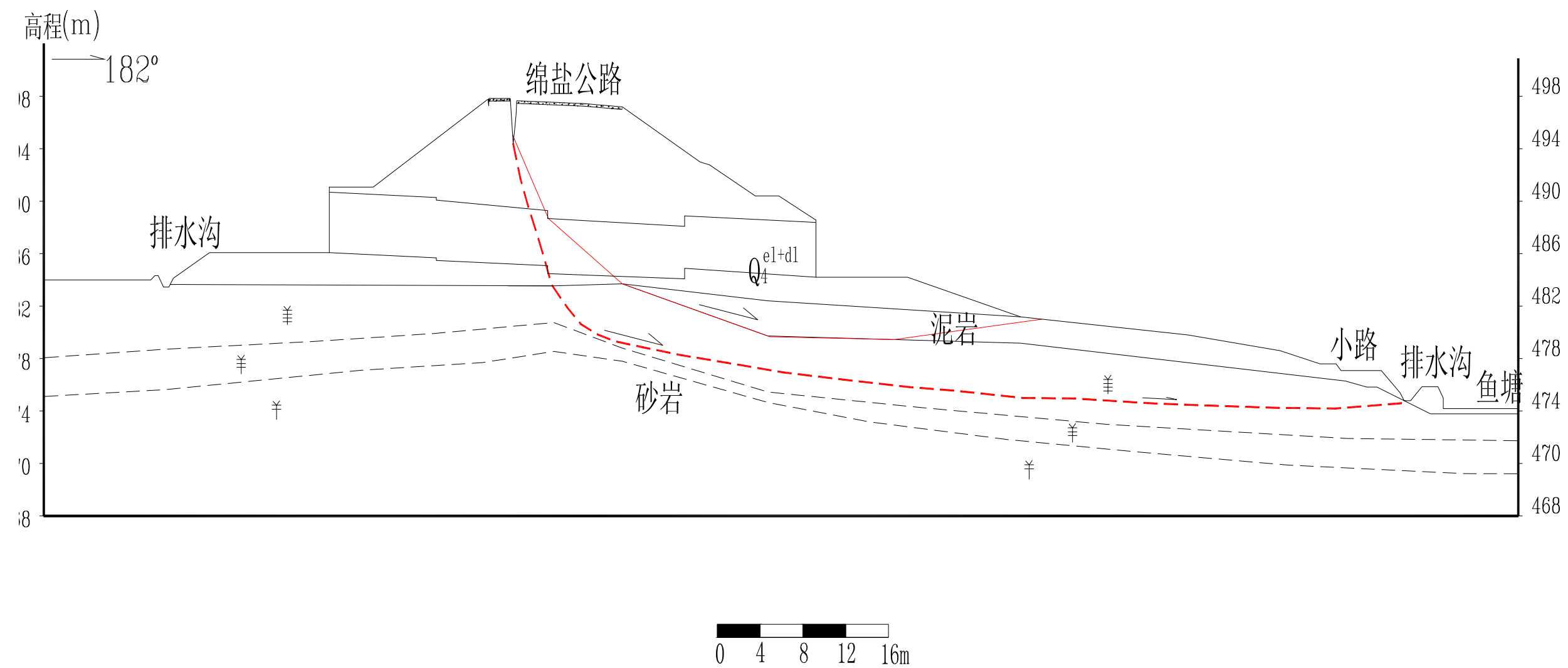


图 4 - 2 绵盐公路 K14 滑坡地质剖面图

表 4 - 1

崩塌、危岩地质灾害危险性现状评估表

地质灾害的类型及编号	位置	规模 (m ³)	地质特征及稳定性评价	地质灾害危险性现状 评估	地质灾害危 险性分级
崩塌 B1	绵（阳）盐（亭）公路白云洞寺	小型	坡长约 270m，高 20m，坡度 60°左右，系人工修路爆破开挖形成，分布白垩系七曲寺组泥岩、泥质砂岩与砂岩互层。发育 2 组陡倾构造裂隙，岩层近水平，反向坡，砂泥岩差异风化形成凹腔。每年雨季均有小规模零星崩塌、坠落现象，一次崩塌量小于 100m ³ 。	距新建公路约 4km，无危害及威胁。	危险性小
危岩 W1	CK91+800	小型	坡高约 12m，长约 15m，坡角 80°，系人工修路爆破开挖形成，分布侏罗系蓬莱镇组上段砂岩、泥质砂岩、泥岩互层，发育两组陡倾裂隙，岩层近水平，切向坡，坡顶有破裂厚度 3m、高 6m 的松动危石，方量约 270m ³ ，不稳定。	外于拟建公路线上，属开挖范围。	危险性小
崩塌 B2	CK92+110	小型	坡高约 10m，系人工修路开挖形成，分布侏罗系蓬莱镇组上段砂岩、泥质砂岩、泥岩互层，差异风化形成凹入的崖腔，加之发育两组陡倾裂隙，在卸荷作用下产生崩塌，坡脚有 30m ³ 崩积物，坡顶尚有破裂厚度 3m，高 4m，长 10m 的松动危石，方量约 120m ³ ，不稳定。	处于拟建公路线上，属开挖范围。	危险性小
崩塌 B3	CK92+500	小型	坡高 30 - 40m 坡角 70 - 80°，边坡由上至下分布：泥质砂岩、砾岩、泥岩、巨厚层状砂岩，砾岩及泥岩厚度分别为 1.5m，坡面呈折线状，发育两组陡倾裂隙，危岩体高约 10m，破裂厚度 3m，前缘宽 15m，方量 450m ³ 。不稳定。	处于拟建公路线上，属开挖范围。	危险性
崩塌 B4	CK93+500	小型	坡高约 8 - 10m，系人工修路开挖形成，分布侏罗系蓬莱镇组上段砂岩、泥质砂岩、泥岩互层，崩积物厚 1.5m，长 5m，前沿宽 27m。岩体中发育两组陡倾裂隙，附近公路段约 60m 长受裂隙切割及卸荷的影响，有潜在崩塌的可能。	处于拟建公路线上，属开挖范围。	危险性小
崩塌 B5	CK94+000	小型	坡高约 10m，系人工修路开挖形成，分布侏罗系蓬莱镇组上段砂岩、泥岩互层，崩积物厚 1.5m，长 3.5m，前缘宽 18m，受裂隙切割，差异风化及卸荷裂隙控制，附近公路沿线 30m 以内坡面仍有破裂厚度约 2.5m 的松动危石，不稳定。	处于拟建公路线上，属开挖范围。	危险性小
危岩 W2	射洪县东岳庙，CK97+000 附近	小型	系人工修路开挖形成，分布蓬莱镇组砂岩、泥岩互层，边坡高约 8 - 10m，危岩体高 4m，破裂厚度 3m，前沿宽 15m，方量 180m ³ ；差异风化下部泥岩形成崖腔，危岩体后缘受陡倾裂隙控制，岩体中发育 300° 80°、30° 75° 两组构造裂隙。	距拟建公路约 1.0km，无危害及威胁。	危险性小
危岩 W3	CK108+000	小型	系河谷岸坡自然卸荷形成，分布蓬莱镇组上段砂岩夹泥岩，卸荷拉张裂缝宽达 15cm，破裂厚度 5m，危岩体垂直高度 6m 左右，前沿宽约 20m，方量 600m ³ ，发育两组陡倾裂隙：220° 88°、300° 85°。其坡脚有厚约 3 - 6m，长约 20m，前缘宽约 20m 的崩积物。	位于拟建公路线上。属开挖范围。	危险性小
崩塌 B6	射洪县东岳庙，CK97+000 附近	小型	处于河谷岸坡及乡村公路卸荷带，边坡陡立，高约 20m，岩体发育顺坡向陡倾裂隙，边坡至上而下：泥质砂岩、泥岩（夹层）砂岩。砂泥岩差异风化形成崖腔，沿裂隙切割而产生崩塌危岩，崩积物已清除，崩塌壁上尚有高 4m，破裂厚度 3m，前缘宽 15m 的危岩体，方量 180m ³ 。	距拟建公路约 1.0km，无危害及威胁。	危险性小
崩塌 B7	射洪县以北 3km 玉皇庙省道 205 线	小型	系人工修路开挖诱发，分布侏罗系蓬莱镇组上段砂、泥岩互层，崩积体长 5m，厚 3—5m，前缘宽 50m，其附近边坡高约 30m，岩质坡，坡顶尚有不连续分布长度约 200m 的危石，最近发生时间 2004 年 5 月 23 日。	距拟建公路隔江相望，无危害及威胁。	危险性小
危岩 W4	射洪县城以东涪江对岸大榆渡蓬射公路	小型	边坡高约 13 - 15m，近于直立，分布侏罗系蓬莱镇组巨厚层砂岩夹泥岩，边坡中上部为砂岩，下部为泥岩，差异风化形成崖腔，最大深度 1.4m，危岩体高 8 - 9m，破裂厚度 2.5 - 4.5m，前缘宽约 80m，方量约 1600m ³ 。危岩体发育两组陡倾裂隙，坡顶卸荷拉张宽达 20 余 cm，卸荷裂隙切割深达 8m，不稳定。	距拟建公路约 1km，无危害及威胁。	危险性小
崩塌 B8	CK128+000 附近乡村公路边坡	小型	边坡高约 10m 左右，系人工修路开挖形成，分布侏罗系蓬头垢面莱镇组下段泥岩与钙质长砂岩互层，表层岩石风化破碎，裂隙发育，崩积物体积 3.0×2.0×6.0m ³ ，基本稳定。	距拟建公路约 0.6km，无危害及威胁。	危险性小

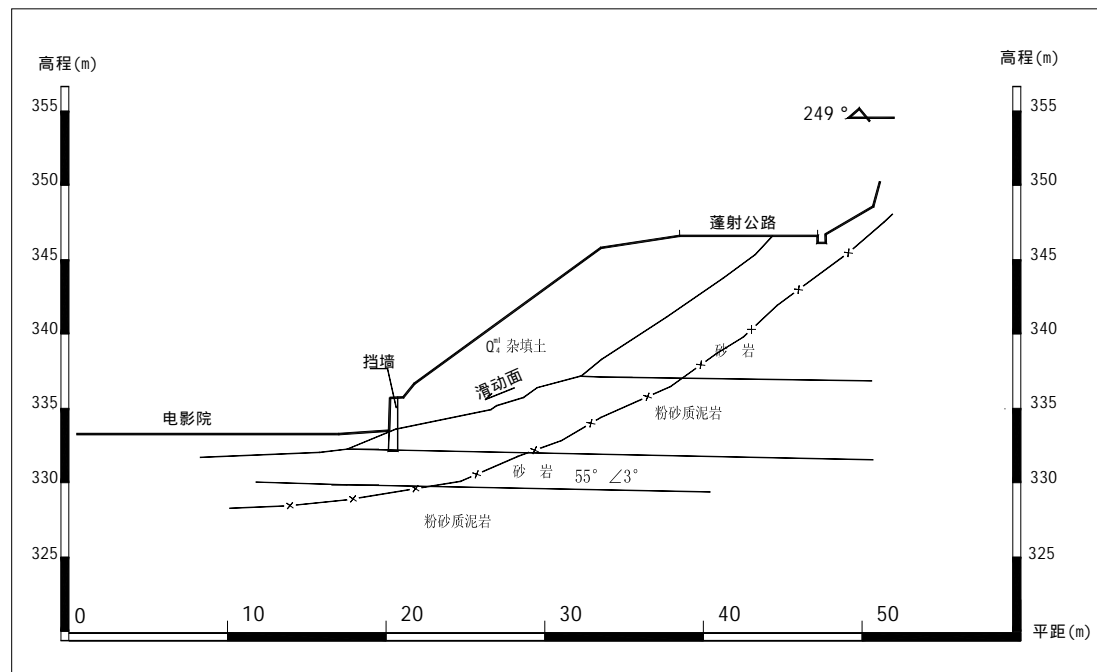


图 4 - 3 蓬射公路大榆渡滑坡地质剖面图

块石,填土为 1986 年修筑蓬射公路时开挖砂、泥岩边坡产生的碎块石,而下伏砂质泥岩,岩面坡度较大,所以在 2002 年 6 月 7 - 8 日暴雨激发下产生滑动,滑坡后缘位于蓬射公路中部,导致路面沉降拉裂达 0.5m。滑坡轴长 27.5m,前缘宽度 29m,平均厚度 3.8m,方量 2829m³ (图 4 - 3)。该滑坡距新建公路约 1km,对新建公路无影响,危险性小。

5、地质灾害危险性预测评估

地质灾害危险性预测评估是对工程建设场地及可能危及工程建设安全的邻近地区可能引发或加剧的和工程本身可能遭受的地质灾害的危险性进行评估。预测评估必须在对地质环境因素系统分析的基础上,判断降水或人类活动因素等激发下,某一个或一个以上的可调节的地质环境因素的变化,导致受灾体处于不稳定状态,预测评估地质灾害的范围、危险性和危害程度。

拟建公路全长 176.534km,设计了路基挖方 2898.1 万 m³(其中石方 2028.7 万 m³,土方 869.4 万 m³),填方 2941.7 万 m³(其中石方 2089.2 万 m³,土方 797.1 万 m³),借方 47.46 万 m³,弃方 109.24 万 m³。由工程建设的工程量分析,公路建设以边坡开挖和高填方路基为主,少量桥、隧道工程。工程建设过程中必将改变原有的地质环境,从而诱发和加剧地质灾害,导致工程建设遭受地质灾害的危险性增大。

5.1 工程建设引发或加剧地质灾害危险性的预测

5.1.1 公路开挖切坡可能引发或加剧斜坡失稳

拟建公路的边坡开挖量大,主要分布于公路穿越丘陵山地的地段,切坡高度一般 15—20m,最大切坡高度达 32m。公路沿线开挖切坡形成的高边坡根据岩性组合形式划分为三种边坡类型,即岩质边坡、岩土质边坡及土质边坡,区内主要的边坡形式是岩质边坡及岩土质边坡。岩质边坡主要由互层状砂泥岩或砂岩夹泥岩组成,因砂岩中陡倾裂隙较为发育,加之砂、泥岩差异风化现象明显,存在产生崩塌、危岩的地质条件。岩土质边坡一般上部为中上更新统高阶地弱膨胀粘土、泥砾或残坡积碎石土组成,在长期暴露和降雨作用下,易沿岩土界面或自然休止角破裂面剪出,产生滑坡及溜滑。本次评估将拟建公路沿线坡高大于 8m 的岩土质边坡及坡高大于 15m 的岩质边坡列表(表 5 - 1)进行地质灾害危险性预测评估。经统计:线内开挖切坡高度大于 8m 的岩土质边坡共有 7 段,总长度 2.24km,占线路总长度的 1.27%;线内开挖切坡高度大于 15m 的岩质边坡共有 70 段,总长度 8.83km,占线路总长度的 5.01%。

表 5 - 1

公路开挖形成的高切坡地质灾害危险性预测评估表

高切坡 编号	起止桩号	长度 (m)	介质 类型	切坡高 度 (m)	边坡特征	危险性预测评估	预测评估 危险性分 级	防治措施建议
X1	CK1+000~ CK1+500	500	岩土 质	8—14	高阶地，呈丘状宽谷地貌，边坡结构：上部 3—6m 为弱膨胀粘土及泥砾层，下为 k ₁ b 砂泥岩互层，切向坡。	边坡开挖后形成陡倾临空面，在降雨作用下，土层易沿破裂面剪出产生溜滑，规模小。	危险性小	应做好边坡截排水及坡面防护工程，土质边坡比 1：1
X2	CK2+400~ CK2+800	400	岩土 质	12—19	高阶地，呈丘状宽谷地貌，边坡结构：上部 3—6m 为弱膨胀粘土及泥砾层，下为 k ₁ b 砂泥岩互层，切向坡	边坡开挖后形成陡倾临空面，在降雨作用下，土层易沿破裂面剪出产生溜滑，规模小；基座砂泥岩互层受裂隙结构面控制，差异风化，易产生小规模崩塌，掉块。	危险性小	应做好边坡截排水及坡面防护工程，土质边坡坡比 1：1，岩质边坡坡比 1：0.5。
X3	CK4+250~ CK4+330	80	岩质	15—22	浅丘宽谷地貌，砂岩、泥岩、粉砂岩互层，层面缓倾，切向坡。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	危险性小	做好坡面防护，采用浆砌片石护面墙。挖方边坡坡比 1：0.5，边坡高度每隔 8—10m 设一碎落平台，平台宽度 2—4m。
X4	CK5+780~ CK5+810	30	岩质	15—18	浅丘宽谷地貌，砂岩、泥岩、粉砂岩互层，层面缓倾，切向坡。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	危险性小	做好坡面防护，采用浆砌片石护面墙。挖方边坡坡比 1：0.5，边坡高度每隔 8—10m 设一碎落平台，平台宽度 2—4m。
X5	CK6+300~ CK6+380	80	岩质	15—28	浅丘宽谷地貌，砂岩、泥岩、粉砂岩互层，层面缓倾，切向坡。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	危险性小	挖方边坡坡比 1：0.5，台阶状开挖，每 8—10m 设碎落平台，宽度 3m 左右，采用挂网喷砼防护。
X6	CK7+550~ CK7+660	110	岩质	15	浅丘宽谷地貌，砂岩、泥岩、粉砂岩互层，层面缓倾，切向坡。	边坡开挖后岩石较破碎，易产生碎落及零星崩塌、掉块。	危险性小	采用浆砌片石护面墙，坡比 1：0.5，中间设 2.5 米宽碎落平台，坡顶、坡脚排水。
X7	CK9+850~ CK10+050	200	岩质	15—27	芙蓉溪河谷岸坡地貌，厚层砂岩夹泥岩，层面缓倾，切向坡，砂岩中发育两组陡倾裂隙。	开挖形成高陡边坡，在卸荷拉张及差异风化作用下，易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩，产生崩塌。	中等	呈台阶状开挖，边坡下部设预应力锚索框架格梁加固，上部放缓边坡植草或浆砌片石防护，坡脚设 2m 矮脚墙。
X8	CK11+230~ CK11+350	120	岩质	15—28	芙蓉溪河谷岸坡地貌，厚层砂岩夹泥岩，层面缓倾，切向坡，砂岩中发育两组陡倾裂隙。	开挖形成高陡边坡，在卸荷拉张及差异风化作用下，易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩，产生崩塌。	小	呈台阶状开挖，边坡下部设预应力锚索框架格梁加固，上部放缓边坡植草或浆砌片石防护，坡脚设 2m 矮脚墙。
X9	CK12+180~ CK12+250	70	岩质	15	芙蓉溪河谷地貌，砂岩、泥岩、粉砂岩互层，层面缓倾，切向坡。	边坡开挖后岩石较破碎，易产生碎落及零星崩塌、掉块。	危险性小	设浆砌片石护面墙，开挖坡比 1：0.5，中间设 2.5m 碎落平台，坡顶坡脚排水。
X10	CK13+540~ CK13+620	80	岩质	15—25	丘顶之间鞍部地貌，砂岩、泥岩、粉砂岩互层，层面缓倾，切向坡。	边坡开挖后岩石较破碎，易产生碎落及零星崩塌、掉块。	危险性小	浆砌片石护面墙护坡，开挖坡比 1：0.5，每 8m 设一碎落平台，平台宽度 3m 左右，坡顶、坡脚排水。

续表 5 - 1

公路开挖形成的高边坡地质灾害危险性预测评估表

高切坡 编号	起止桩号	长度 (m)	介质 类型	边坡高 度 (m)	边坡特征	危险性预测评估	预测评估 危险性分级	防治措施建议
X11	CK14+900~ CK14+940	40	岩质	15—17	浅丘宽谷地貌，砂岩、泥岩、粉砂岩互层，层面缓倾，切向坡。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	危险性小	设浆砌片石护面墙，开挖坡比 1 : 0.5，中间设 2.5m 碎落平台，坡顶坡脚排水。
X12	CK16+350~ CK16+400	50	岩质	15—16	浅丘宽谷地貌，砂岩、泥岩、粉砂岩互层，层面缓倾，切向坡。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	危险性小	设浆砌片石护面墙，开挖坡比 1 : 0.5，中间设 2.5m 碎落平台，坡顶、坡脚排水。
X13	CK18+200~ CK18+400	200	岩质	15—27	丘状缓坡地貌，厚层砂岩夹泥岩，层面缓倾，切向坡，砂岩中发育两组陡倾裂隙。	开挖形成高陡边坡，在卸荷拉张及差异风化作用下，易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩，产生崩塌。	中等	呈台阶状开挖，边坡下部设预应力锚索框架格梁加固，上部放缓边坡植草或浆砌片石防护，坡脚设 2m 矮脚墙。
X14	CK19+210~ CK19+340	130	岩质	15—26	丘状缓坡地貌，厚层砂岩夹泥岩，层面缓倾，切向坡，砂岩中发育两组陡倾裂隙。	开挖形成高陡边坡，在卸荷拉张及差异风化作用下，易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩，产生崩塌。	中等	呈台阶状开挖，边坡下部设预应力锚索框架格梁加固，上部放缓边坡植草或浆砌片石防护，坡脚设 2m 矮脚墙。
X15	CK20+250~ CK20+600	350	岩质	15—27	丘状缓坡地貌，厚层砂岩夹泥岩，层面缓倾，切向坡，砂岩中发育两组陡倾裂隙。	开挖形成高陡边坡，在卸荷拉张及差异风化作用下，易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩，产生崩塌。	中等	呈台阶状开挖，边坡下部设预应力锚索框架格梁加固，上部放缓边坡植草或浆砌片石防护，坡脚设 2m 矮脚墙。
X16	CK21+970~ CK22+030	60	岩质	15—18	浅丘塔状丘顶，砂岩、泥岩、粉砂岩互层，层面缓倾，切向坡。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	危险性小	设浆砌片石护面墙，开挖坡比 1 : 0.5，中间设 2.5m 碎落平台，坡顶、坡脚排水。
X17	CK26+660~ CK26+860	200	岩质	15—20	台状浅丘丘顶，砂岩、泥岩、粉砂岩互层，层面微倾，切向坡。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	危险性小	设浆砌片石护面墙，开挖坡比 1 : 0.5，中间设 2.5m 碎落平台，坡顶、坡脚排水。
X18	CK27+490~ CK27+680	190	岩质	15—25	台状浅丘地貌，砂岩、泥岩、粉砂岩互层，层面微倾，切向坡。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	危险性小	做好坡面防护，采用浆砌片石护面墙。挖方边坡坡比 1 : 0.5，边坡高度每隔 8—10m 设一碎落平台，平台宽度 2—4m。
X19	CK33+500~ CK33+650	150	岩质	15—25	塔状中丘缓坡，泥岩、粉砂岩不等厚互层，层面微倾，切向坡。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	危险性小	做好坡面防护，采用浆砌片石护面墙。挖方边坡坡比 1 : 0.5，边坡高度每隔 8—10m 设一碎落平台，平台宽度 2—4m。
X20	CK45+280~ CK45+610	330	岩质	15—23	塔状中丘鞍部，砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层，岩层产状近水平。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	危险性小	做好坡面防护，采用浆砌片石护面墙。挖方边坡坡比 1 : 0.5，边坡高度每隔 8—10m 设一碎落平台，平台宽度 2—4m。
X21	CK46+150~ CK46+270	120	岩质	15—20	河谷岸坡，50 - 60°，砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层，岩层产状近水平。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	危险性小	做好坡面防护，采用浆砌片石护面墙。挖方边坡坡比 1 : 0.5，边坡高度每隔 8—10m 设一碎落平台，平台宽度 2—4m。

续表 5 - 1

公路开挖形成的高边坡地质灾害危险性预测评估表

高切坡编号	起止桩号	长度 (m)	介质类型	边坡高度 (m)	边坡特征	危险性预测评估	预测评估危险性分级	防治措施建议
X22	CK47+000~CK47+150	150	岩质	15—20	河谷岸坡, 50 - 60°, 砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层, 岩层产状近水平。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	危险性小	做好坡面防护, 采用浆砌片石护面墙。挖方边坡坡比 1:0.5, 边坡高度每隔 8—10m 设一碎落平台, 平台宽度 2—4m。
X23	CK48+550~CK48+650	100	岩质	15	河谷岸坡, 50°左右, 砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层, 岩层产状近水平。	边坡开挖后岩石较破碎, 易产生碎落及零星崩塌、掉块。	危险性小	设浆砌片石护面墙, 开挖坡比 1:0.5, 中间设 2.5m 碎落平台, 坡顶坡脚排水。
X24	CK49+820~CK50+290	470	岩土质	10—25	高阶地, 呈丘状宽谷地貌, 边坡结构上部 3—5m 为中上更新统粘土及泥砾层, 基座为砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层, 层面近水平, 切向坡。	边坡开挖后形成陡倾临空面, 在降雨作用下, 土层易沿破裂面剪出产生溜滑, 规模小; 基座砂泥岩互层受裂隙结构而控制, 差异风化, 易产生小规模崩塌, 掉块。	中等	土质边坡坡比 1:1, 浆砌片石护面墙; 岩质边坡坡比 1:0.5, 挂网喷砼防护。
X25	CK54+100~CK54+250	150	岩质	15—29	塔状中丘顶部缓坡, 厚层砂岩夹泥岩, 层面缓倾, 切向坡, 砂岩中发育两组陡倾裂隙。	开挖形成高陡边坡, 在卸荷拉张及差异风化作用下, 易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩, 产生崩塌。	中等	呈台阶状开挖, 边坡下部设预应力锚索框架格梁加固, 上部放缓边坡植草或浆砌片石防护, 坡脚设 2m 矮脚墙。
X26	CK55+800~CK56+000	200	岩质	15—25	塔状中丘顶部缓坡, 砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层, 岩层产状近水平。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	小	做好坡面防护, 采用浆砌片石护面墙。挖方边坡坡比 1:0.5, 边坡高度每隔 8—10m 设一碎落平台, 平台宽度 2—4m。
X27	CK57+710~CK57+860	150	岩质	15—25	深丘鞍部地貌, 砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层, 层面微倾, 切向坡。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	小	做好坡面防护, 采用浆砌片石护面墙。挖方边坡坡比 1:0.5, 边坡高度每隔 8—10m 设一碎落平台, 平台宽度 2—4m。
X28	CK58+230~CK58+430	200	岩质	15—23	深丘缓坡地貌, 砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层, 层面微倾, 切向坡。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	小	做好坡面防护, 采用浆砌片石护面墙。挖方边坡坡比 1:0.5, 边坡高度每隔 8—10m 设一碎落平台, 平台宽度 2—4m。
X29	CK58+900~CK58+970	70	岩质	15—20	深丘斜坡地貌, 砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层, 层面微倾, 切向坡。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	小	挖方边坡比 1:0.5, 台阶状开挖, 每 8—10m 设碎落平台, 宽度 3m 左右, 采用挂网喷砼防护。
X30	CK60+470~CK60+530	60	岩质	15—20	深丘斜坡地貌, 砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层, 层面微倾, 切向坡。	边坡开挖岩石暴露后在差异风化及降雨作用下产生小规模崩塌、危岩。	小	挖方边坡比 1:0.5, 台阶状开挖, 每 8—10m 设碎落平台, 宽度 3m 左右, 采用挂网喷砼防护。

续表 5 - 1

公路开挖形成的高边坡地质灾害危险性预测评估表

高切坡 编号	起止桩号	长度 (m)	介质 类型	边坡高 度 (m)	边坡特征	危险性预测评估	预测评 估危险 性分级	防治措施建议
X31	CK74+280 ~ CK74+560	280	岩质	15—21	高阶地，呈丘状宽谷地貌，边坡结构：上部 3—5m 为中上更新统粘土及泥砾，基座为长石砂岩夹泥岩，粉砂岩。	边坡开挖后形成陡倾临空面，在降雨作用下，土层易沿破裂面剪出产生溜滑，规模小；基座砂泥岩互层受裂隙结构而控制，差异风化，易产生小规模崩塌，掉块。	中等	土质边坡开挖坡比 1：1，浆砌片石护面墙；岩质边坡开挖坡比 1：0.35,锚喷支护。
X32	CK74+750 ~ CK74+950	200	岩土 质	15—24	高阶地，呈丘状宽谷地貌，边坡结构：上部 3—5m 为中上更新统粘土及泥砾，基座为长石砂岩夹泥岩，粉砂岩。	边坡开挖后形成陡倾临空面，在降雨作用下，土层易沿破裂面剪出产生溜滑，规模小；基座砂泥岩互层受裂隙结构而控制，差异风化，易产生小规模崩塌，掉块。	中等	土质边坡开挖坡比 1：1，浆砌片石护面墙；岩质边坡开挖坡比 1：0.35,锚喷支护。
X33	CK76+500 ~ CK76+600	100	岩土 质	15—23	高阶地，呈丘状宽谷地貌，边坡结构：上部 3—5m 为中上更新统粘土及泥砾，基座为长石砂岩夹泥岩，粉砂岩。	边坡开挖后形成陡倾临空面，在降雨作用下，土层易沿破裂面剪出产生溜滑，规模小；基座砂泥岩互层受裂隙结构而控制，差异风化，易产生小规模崩塌，掉块。	中等	土质边坡开挖坡比 1：1，浆砌片石护面墙；岩质边坡开挖坡比 1：0.35,锚喷支护。
X34	CK77+300 ~ CK77+500	200	岩质	15	深丘河谷岸坡，坡度 60 - 70 °，长石砂岩夹泥岩，粉砂岩，砂岩中发育两组陡倾裂隙。	开挖形成边坡后卸荷作用及差异风化作用易形成崩塌、危岩。	小	坡比 1：0.35，挂网喷砼防护。
X35	CK80+100 ~ CK80+230	130	岩质	15—26	深丘鞍部地貌，厚层—巨厚层砂岩夹泥岩，粉砂岩，砂岩中发育两组陡倾裂隙	开挖形成高陡边坡，在卸荷拉张及差异风化作用下，易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩，产生崩塌。	小	呈台阶状开挖，边坡下部设预应力锚索框架格梁加固，上部放缓边坡植草或浆砌片石防护，坡脚设 2m 矮脚墙。
X36	CK83+520 ~ CK83+620	100	岩质	15—27	深丘顶部缓坡地貌，厚层—巨厚层砂岩夹泥岩，粉砂岩，砂岩中发育两组陡倾裂隙	开挖形成高陡边坡，在卸荷拉张及差异风化作用下，易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩，产生崩塌。	小	呈台阶状开挖，边坡下部设预应力锚索框架格梁加固，上部放缓边坡植草或浆砌片石防护，坡脚设 2m 矮脚墙。
X37	CK85+650 ~ CK85+950	300	岩质	15—26	深丘河谷岸坡，坡度 60 - 70 °，厚层—巨厚层砂岩夹泥岩，粉砂岩，砂岩中发育两组陡倾裂隙，岩层产状平缓，处于河谷岸坡卸荷带，卸荷现象明显，多危岩。	开挖形成高陡边坡，在卸荷拉张及差异风化作用下，易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩，产生崩塌。	中等	呈台阶状开挖，边坡下部设预应力锚索框架格梁加固，上部放缓边坡植草或浆砌片石防护，坡脚设 2m 矮脚墙。
X38	CK87+500 ~ CK87+700	200	岩质	15—20	深丘河谷岸坡，坡度 60 - 70 °，厚层—巨厚层砂岩夹泥岩，粉砂岩，砂岩中发育两组陡倾裂隙，岩层产状平缓，处于河谷岸坡卸荷带，卸荷现象明显，多危岩。	开挖形成高陡边坡，在卸荷拉张及差异风化作用下，易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩，产生崩塌。	中等	坡比 1:0.35 ,对裂隙发育的砂岩岩体采用锚杆加固，部份松动危石清除、崖腔封闭支撑。

续表 5 - 1

公路开挖形成的高边坡地质灾害危险性预测评估表

高切坡 编号	起止桩号	长度 (m)	介质 类型	边坡高 度 (m)	边坡特征	危险性预测评估	预测评估 危险性分级	防治措施建议
X39	CK88+670~ CK88+780	110	岩质	15—22	深丘河谷岸坡, 70°左右, 厚层—巨厚层砂岩夹泥岩, 粉砂岩, 砂岩中发育两组陡倾裂隙, 岩层产状平缓, 处于河谷岸坡卸荷带, 卸荷现象明显, 多危岩。	开挖形成高陡边坡, 在卸荷拉张及差异风化作用下, 易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩, 产生崩塌。	中等	坡比 1:0.35, 对裂隙发育的砂岩岩体采用锚杆加固, 部份松动危石清除、崖腔封闭支撑。
X40	CK89+250~ CK89+300	50	岩质	15—25	深丘顶部平台边缘, 厚层—巨厚层砂岩夹泥岩, 粉砂岩, 砂岩中发育两组陡倾裂隙, 岩层产状平缓, 处于河谷岸坡卸荷带, 卸荷现象明显, 多危岩。	开挖形成高陡边坡, 在卸荷拉张及差异风化作用下, 易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩, 产生崩塌。	中等	坡比 1:0.35, 对裂隙发育的砂岩岩体采用锚杆加固, 部份松动危石清除、崖腔封闭支撑。
X41	CK91+200~ CK91+400	200	岩质	15—26	深丘河谷岸坡, 60-70°左右, 厚层砂岩夹泥岩, 层面缓倾, 切向坡, 砂岩中发育两组陡倾裂隙。	开挖形成高陡边坡, 在卸荷拉张及差异风化作用下, 易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩, 产生崩塌。	中等	呈台阶状开挖, 边坡下部设预应力锚索框架格梁加固, 上部放缓边坡植草或浆砌片石防护, 坡脚设 2m 矮脚墙。
X42	CK92+650~ CK92+750	100	岩质	15—26	深丘河谷岸坡, 60-70°, 厚层砂岩夹泥岩, 层面缓倾, 切向坡, 砂岩中发育两组陡倾裂隙。	开挖形成高陡边坡, 在卸荷拉张及差异风化作用下, 易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩, 产生崩塌。	中等	呈台阶状开挖, 边坡下部设预应力锚索框架格梁加固, 上部放缓边坡植草或浆砌片石防护, 坡脚设 2m 矮脚墙。
X43	CK96+230~ CK96+320	90	岩质	15—23	深丘—丘顶缓坡地貌, 厚层砂岩夹泥岩, 层面缓倾, 切向坡, 砂岩中发育两组陡倾裂隙。	开挖形成高陡边坡, 在卸荷拉张及差异风化作用下, 易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩, 产生崩塌。	中等	呈台阶状开挖, 边坡下部设预应力锚索框架格梁加固, 上部放缓边坡植草或浆砌片石防护, 坡脚设 2m 矮脚墙。
X44	CK97+530~ CK97+900	370	岩土质	15—22	高阶地, 缓坡, 边坡上部为 3—6m 粘土、泥砾层, 基座为厚—巨厚层砂岩夹泥岩, 产状平缓。	边坡开挖后形成陡倾临空面, 在降雨作用下, 土层易沿破裂面剪出产生溜滑, 规模小; 基座砂泥岩互层受裂隙结构而控制, 差异风化, 易产生小规模崩塌, 掉块。	小	土质边坡坡比 1:1, 浆砌片石护面墙, 岩质边坡坡比 1:0.35, 挂网喷砼防护。
X45	CK99+750~ CK99+830	80	岩质	15—22	深丘丘顶缓坡台地地貌, 厚层—巨厚层砂岩与泥岩不等厚互层, 产状平缓。	开挖形成高陡边坡, 在卸荷拉张及差异风化作用下, 易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩, 产生崩塌。	小	边坡坡比 1:0.35, 分两级, 台阶宽 3m, 泥岩部位封闭防护。
X46	CK108+950~ CK109+250	300	岩质	15—25	深丘, 河谷岸坡卸荷带, 70-80°厚层—巨厚层砂岩与泥岩不等厚互层, 层面缓倾, 反向坡, 砂岩中发育两组陡倾裂隙, 坡脚有崩塌堆积物。	开挖形成高陡边坡, 在卸荷拉张及差异风化作用下, 易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩, 产生崩塌。	中等	呈台阶状开挖, 边坡下部设预应力锚索框架格梁加固, 上部放缓边坡植草或浆砌片石防护, 坡脚设 2m 矮脚墙。
X47	CK120+530~ CK120+610	80	岩质	15—23	深丘丘状斜坡地貌, 厚层—巨厚层砂岩与泥岩不等厚互层, 产状平缓。	开挖形成高陡边坡, 在卸荷拉张及差异风化作用下, 易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩, 产生崩塌。	小	边坡坡比 1:0.35, 分两级, 中间设台阶, 台阶宽 3m, 泥岩部位封闭防护。

续表 5 - 1

公路开挖形成的高边坡地质灾害危险性预测评估表

高切坡 编号	起止桩号	长度 (m)	介质 类型	边坡高 度 (m)	边坡特征	危险性预测评估	预测评估 危险性分级	防治措施建议
X48	CK121+600~ CK121+700	100	岩质	15—21	深丘丘脊斜坡地貌,厚层—巨厚层砂岩与泥岩不等厚互层,产状平缓。	开挖形成高陡边坡,在卸荷拉张及差异风化作用下,易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩,产生崩塌	小	边坡坡比 1:0.35,分两级,台阶宽 3m,泥岩部位封闭防护。
X49	CK124+750~ CK124+800	50	岩质	15—24	深丘鞍部地貌,厚层—巨厚层砂岩与泥岩不等厚互层,产状平缓。	开挖形成高陡边坡,在卸荷拉张及差异风化作用下,易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩,产生崩塌	小	边坡坡比 1:0.35,分两级,台阶宽 3m,泥岩部位封闭防护。
X50	CK126+700~ CK126+800	100	岩质	15—21	深丘鞍部地貌,厚层—巨厚层砂岩与泥岩不等厚互层,产状平缓。	开挖形成高陡边坡,在卸荷拉张及差异风化作用下,易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩,产生崩塌	小	边坡坡比 1:0.35,分两级,台阶宽 3m,泥岩部位封闭防护。
X51	CK127+650~ CK127+800	150	岩质	15—30	深丘鞍部地貌,厚层砂岩夹泥岩,层面缓倾,切向坡,砂岩中发育两组陡倾裂隙。	开挖形成高陡边坡,在卸荷拉张及差异风化作用下,易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩,产生崩塌。	中等	呈台阶状开挖,边坡下部设预应力锚索框架格梁加固,上部放缓边坡植草或浆砌片石防护,坡脚设 2m 矮脚墙。
X52	CK130+630~ CK130+700	70	岩质	15—24	深丘鞍部地貌,厚层—巨厚层砂岩与泥岩不等厚互层,产状平缓。	开挖形成高陡边坡,在卸荷拉张及差异风化作用下,易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩,产生崩塌	小	边坡坡比 1:0.35,分两级,台阶宽 3m,泥岩部位封闭防护。
X53	CK132+240~ CK132+320	80	岩质	15—24	深丘鞍部地貌,厚层—巨厚层砂岩与泥岩不等厚互层,产状平缓。	开挖形成高陡边坡,在卸荷拉张及差异风化作用下,易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩,产生崩塌	小	边坡坡比 1:0.35,分两级,台阶宽 3m,泥岩部位封闭防护。
X54	CK133+950~ CK134+050	100	岩质	15—32	深丘鞍部地貌,厚层砂岩夹泥岩,层面缓倾,切向坡,砂岩中发育两组陡倾裂隙。	开挖形成高陡边坡,在卸荷拉张及差异风化作用下,易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩,产生崩塌。	中等	呈台阶状开挖,边坡下部设预应力锚索框架格梁加固,上部放缓边坡植草或浆砌片石防护,坡脚设 2m 矮脚墙。
X55	CK135+450~ CK135+680	230	岩质	15—24	深丘斜坡地貌,30°左右,厚层—巨厚层砂岩与泥岩不等厚互层,产状平缓。	开挖形成高陡边坡,在卸荷拉张及差异风化作用下,易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩,产生崩塌	小	边坡坡比 1:0.35,分两级,台阶宽 3m,泥岩部位封闭防护。
X56	CK136+150~ CK136+280	130	岩质	15—24	深丘斜坡地貌,30°左右,厚层—巨厚层砂岩与泥岩不等厚互层,产状平缓。	开挖形成高陡边坡,在卸荷拉张及差异风化作用下,易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩,产生崩塌	小	边坡坡比 1:0.35,分两级,台阶宽 3m,泥岩部位封闭防护。
X57	CK137+660~ CK137+700	40	岩质	15—20	深丘丘脊斜坡地貌,厚层—巨厚层砂岩与泥岩不等厚互层,产状平缓。	开挖形成高陡边坡,在卸荷拉张及差异风化作用下,易沿陡倾裂隙及下卧软岩形成危岩,产生崩塌	小	边坡坡比 1:0.35,分两级,台阶宽 3m,泥岩部位封闭防护。

续表 5 - 1

公路开挖形成的高边坡地质灾害危险性预测评估表

序号	起止桩号	长度 (m)	介质 类型	边坡高 度 (m)	边坡特征	危险性预测评估	预测评估 危险性分 级	防治措施建议
X58	CK140+190~ CK140+250	60	岩质	15—19	深丘丘脊斜坡地貌, 30°—40°, 泥岩夹砂岩, 产状平缓, 表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎, 开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1:0.5, 中间设碎落平台, 平台宽 3m 左右, 坡面植草。
X59	CK140+900~ CK140+980	80	岩质	15	深丘斜坡地貌, 20°—30° 泥岩夹砂岩, 产状平缓, 表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎, 开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1:0.5, 中间设碎落平台, 平台宽 3m 左右, 坡面植草。
X60	Ck141+700~ Ck141+740	40	岩质	15—19	深丘鞍部缓坡地貌, 泥岩夹砂岩, 产状平缓, 表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎, 开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1:0.5, 中间设碎落平台, 平台宽 3m 左右, 坡面植草。
X61	Ck142+000~ Ck142+100	100	岩质	15—20	深丘丘脊斜坡地貌, 泥岩夹砂岩, 产状平缓, 表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎, 开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1:0.5, 中间设碎落平台, 平台宽 3m 左右, 坡面植草。
X62	Ck142+690~ Ck142+760	70	岩质	15—19	深丘丘脊斜坡地貌, 泥岩夹砂岩, 产状平缓, 表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎, 开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1:0.5, 中间设碎落平台, 平台宽 3m 左右, 坡面植草。
X63	Ck143+330~ Ck143+380	50	岩质	15—20	深丘丘脊斜坡地貌, 泥岩夹砂岩, 产状平缓, 表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎, 开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1:0.5, 中间设碎落平台, 平台宽 3m 左右, 坡面植草。
X64	Ck145+460~ Ck145+510	50	岩质	15—20	圆状中丘斜坡, 30° 左右泥岩夹砂岩, 产状平缓, 表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎, 开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1:0.5, 中间设碎落平台, 平台宽 3m 左右, 坡面植草。
X65	Ck146+150~ Ck146+250	100	岩质	15—25	圆状中丘鞍部缓坡, 泥岩夹砂岩, 产状平缓, 表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎, 开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1:0.5—1:0.75, 台阶状开挖, 每 8—10m 设碎落平台, 宽 3m 左右, 坡面锚杆格构防护、植草。
X66	Ck149+400~ Ck149+660	260	岩质	15—25	圆状中丘鞍部缓坡, 泥岩夹砂岩, 产状平缓, 表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎, 开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1:0.5—1:0.75, 台阶状开挖, 每 8—10m 设碎落平台, 宽 3m 左右, 坡面锚杆格构防护、植草。
X67	Ck152+100~ Ck152+250	150	岩质	15—29	圆状中丘鞍部缓坡, 泥岩夹砂岩, 产状平缓, 表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎, 开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1:0.5—1:0.75, 台阶状开挖, 每 8—10m 设碎落平台, 宽 3m 左右, 坡面锚杆格构防护、植草。
X68	Ck156+760~ Ck156+830	70	岩质	15—23	圆状中丘鞍部地貌, 泥岩夹砂岩, 产状近水平, 表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎, 开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1:0.5—1:0.75, 台阶状开挖, 每 8—10m 设碎落平台, 宽 3m 左右, 坡面锚杆格构防护、植草。
X69	Ck157+730~ Ck157+820	90	岩质	15—29	圆状中丘丘顶缓坡, 泥岩夹砂岩, 产状平缓, 表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎, 开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1:0.5—1:0.75, 台阶状开挖, 每 8—10m 设碎落平台, 宽 3m 左右, 坡面锚杆格构防护、植草。
X70	Ck158+170~ Ck157+820	90	岩质	15—29	圆状中丘鞍部地貌, 泥岩夹砂岩, 产状平缓, 表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎, 开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1:0.5—1:0.75, 台阶状开挖, 每 8—10m 设碎落平台, 宽 3m 左右, 坡面锚杆格构防护、植草。

续表 5 - 1

公路开挖形成的高边坡地质灾害危险性预测评估表

序号	起止桩号	长度（m）	介质类型	边坡高度（m）	边坡特征	危险性预测评估	预测评估危险性分级	防治措施建议
X71	Ck160+570~ Ck160+630	60	岩质	15—26	圆状中丘丘顶缓坡地貌，泥岩夹砂岩，产状平缓，表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎，开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1：0.5—1：0.75，台阶状开挖，每 8—10m 设碎落平台，宽 3m 左右，坡面锚杆格构防护、植草。
X72	Ck164+130~ Ck164+180	50	岩质	15—18	圆状中丘鞍部地貌，泥岩夹砂岩，产状平缓，表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎，开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1：0.5—1：0.75，台阶状开挖，每 8—10m 设碎落平台，宽 3m 左右，坡面锚杆格构防护、植草。
X73	Ck164+250~ Ck164+340	90	岩质	15—28	圆状中丘丘顶缓坡地貌，泥岩夹砂岩，产状平缓，表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎，开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1：0.5—1：0.75，台阶状开挖，每 8—10m 设碎落平台，宽 3m 左右，坡面锚杆格构防护、植草。
X74	Ck164+850~ Ck164+920	70	岩质	15—23	圆状中丘丘顶缓坡，泥岩夹砂岩，产状平缓，表层岩体风化强烈。	表层岩体风化破碎，开挖后呈碎屑状剥落。	小	坡比 1：0.5—1：0.75，台阶状开挖，每 8—10m 设碎落平台，宽 3m 左右，坡面锚杆格构防护、植草。
X75	Ck166+550~ Ck166+750	200	岩土质	15—24	高阶地，丘状起伏，边坡上部为 4—7m 弱膨胀粘土、泥砾，基座为泥岩夹砂岩，层面微倾，表层岩石风化破碎。	边坡开挖形成陡倾临空面，在降雨作用下易形成溜滑。岩土暴露易风化剥落。	中等	土质边坡坡比 1：1，岩质边坡坡比 1：0.5，台阶状开挖，中间设 3m 碎落平台，锚杆格构支护。
X76	Ck171+400~ Ck71+660	260	岩质	15—18	圆状中丘鞍部，泥岩夹砂岩，岩层产状近水平，表层岩石风化强烈破碎。	岩石暴露，易风化剥落，零星崩塌、掉块。	小	坡比 1：0.5—1：0.75，台阶状开挖，每 8—10m 设碎落平台，宽 3m 左右，坡面锚杆格构防护、植草。
X77	Ck172+950~ Ck73+100	150	岩质	15—25	圆状中丘鞍部地貌，泥岩夹砂岩，岩层产状近水平，表层岩石风化强烈破碎。	岩石暴露，易风化剥落，零星崩塌、掉块。	小	坡比 1：0.5—1：0.75，台阶状开挖，每 8—10m 设碎落平台，宽 3m 左右，坡面锚杆格构防护、植草。

5.1.2 公路填方可能引发边坡失稳及路基不均匀沉降

拟建公路沿线穿越众多丘间宽谷，高阶地、坳沟，这些路段大多分布水田、坳沟、洼地、堰塘，存在 3~8m 厚的高含水、高压缩性淤泥质粘土，放坡坡比、支挡及防护措施不当，在降雨激发下，易引发填方路堤边坡失稳，如绵（阳）盐（亭）公路 K14 滑坡即是公路填方过程中由于填方压实度不够，加之路堤坡脚未采取支挡措施，在 2001 年“9.19”特大暴雨后产生公路路基滑坡，造成路面沉降，交通中断。软土地基处理不当易引发高填方路基段不均匀沉降。本次评估将沿线软土地基分布路段及填方高度大于 15m 的路堤段列表进行地质灾害危险性预测评估（表 5—2）。经统计：线内软基及高填方路堤共有 48 段，合计长度 9.9km，占公路全线总长度的 5.62%。

5.1.3 隧洞开挖可能引发洞口边坡失稳

拟建公路全线拟设计隧道 15 座，长度 180~585m，合计长度 4.79km，占公路全线总长度的 2.71%。隧址区出露地层为侏罗系中统上沙溪庙组，上统遂宁组、蓬莱镇组，白垩系下统苍溪组、白龙组、七曲寺组及第四系坡残积覆盖土层，岩性主要为泥岩、钙质泥岩，中至细粒岩屑砂岩、长石砂岩及粉岩不等厚互层。隧道段多分布半坚硬工程地质岩组，围岩多为 II 级，洞口段受构造作用及风化作用影响，岩体破碎，开挖临空后产生崩塌及溜滑（表 5—3）。

5.1.4 开挖取土及弃渣堆放可能引发边坡失稳

全线共设计取土借方 47.46 万 m^3 ，弃方 109.24 万 m^3 。弃土堆放如不选择适宜的场地及堆放边坡坡比，必将产生弃土堆放场的边坡稳定问题。禁止将弃土堆放于

江河岸边及冲沟陡坡地带，以免为泥石流提供物源。为防止水土流失，保持排水畅通，弃土场下侧设 2~4m 高的干砌片石垛，迎水面设浆砌片石排水沟。采石、取土过程中，同样要采取科学合理的开采方式及削坡坡比，以免引发崩塌、滑坡等地质灾害。总体而言，公路线附近适宜取土及弃土的场所很多，只要杜绝乱堆乱放，肆意滥采等野蛮施工方式，那么开挖弃土及弃渣堆放引发边坡失稳的可能性就非常微小。

5.2 工程建设可能遭受地质灾害的危险性预测

评估区内现有的滑坡、崩塌、危岩规模小，且部份离拟建公路较远，因此工程建设遭受现状地质灾害的危险性小，但在公路建设过程中和公路建成后，局部高切坡，高填方段可能遭受斜坡失稳、崩塌、危岩、滑坡的威胁及危害。

5.2.1 工程建设可能遭受斜（边）坡失稳的预测评估

拟建公路沿线穿越丘陵山地，高切坡高填方路段众多，在对区内地质环境因素系统分析的基础上，类比区内已有公路切坡、填方后地质灾害的发展趋势，预测高切坡路段易产生崩塌、危岩，省道 205 线三台灵兴大桥南端崩塌（危岩）即是最好的例证，该崩塌形成于 1997 年修路切坡过程中，施工过程就数次发生规模不等的崩塌，中断施工，公路竣工通车后，于 2001 年雨季发生大规模的崩塌，崩积物倾倒滚落到公路路面，中断交通。该崩塌分布白垩系苍溪组厚—巨厚层块状中至细粒岩屑砂岩、长石砂岩夹泥岩、钙质泥岩，砂岩单层厚度 0.8~2.0m，崩塌壁高 15~20m，坡角 70~80°，崩积物纵长 50m 左右，横宽约 150m，厚度 5~8m。此外，蓬射公路大榆渡段切坡后，边坡上部为蓬莱镇巨厚层砂岩，发育两组陡倾裂隙，上部岩体

在重力卸荷作用下沿顺坡向裂隙贯通，形成危岩体。从评估区内现有崩塌、危岩的分布特征及发育规律分析，预测公路沿线斜坡开挖失稳主要分布在以下路段：CK9+850 - CK10+050、CK11+230 - CK11+350、CK18+200 - CK18+400、CK19+210 - CK19+340、CK20+250 - CK20+600、CK49+820 - CK50+290、CK54+100 - CK54+250、CK74+280 - CK74+560、CK74+750 - CK74+950、CK76+500 - CK76+600、CK85+650 - CK85+950、CK87+500 - CK87+700、CK88+670 - CK88+780、CK89+250 - CK89+300、CK91+200 - CK91+400、CK92+650 - CK92+250、CK96+230 - CK96+320、CK108+950 - CK109+250、CK127+650 - CK127+800、CK133+950 - CK134+050，以上共 20 段。总长度约 3.8km。斜坡失稳的主要表现形式为崩塌、危岩及风化剥落，其中 CK0+000 - CK60+000 之间主要分布白垩系白龙组砂泥岩不等厚互层，单层砂岩厚度小，变形破坏以Ⅲ类崩塌、落石（方量小于 500m³，破坏力小，易于处理）为主，部份泥岩边坡段风化碎落。CK60+000 - CK135+000 之间主要分布白垩系苍溪组及蓬莱镇组上段的厚层巨厚层砂岩夹泥岩或与泥岩互层，砂岩中普遍发育两组陡倾构造裂隙，易产生崩塌、危岩，多为倾倒拉裂式，以Ⅲ类崩塌为主，部份段可能发生Ⅱ类崩塌（方量介于 500 - 5000m³ 之间，破坏力中等、处理难度较大）。CK135+000 至公路止点，主要分布侏罗系遂宁组、上砂溪庙组及蓬莱镇组下段的泥岩为主或泥岩、砂岩互层，但砂岩单层厚度小，该段部份路段可能产生Ⅲ类崩塌、滑塌，但以泥岩边坡风化掉落为主，如国道 318 线大面沟收费站边坡。

此外，公路沿线软土地基高填方路堤段较多，分布路段见表 5 - 2，高填方路堤放坡、填筑、支护不当，易引起路基边坡失稳，破坏模式以滑坡、路基沉陷为主，

如邻近的绵盐路 K14 滑坡。

5.2.2 工程建设可能遭受崩塌、危岩地质灾害的危险性预测

评估区内现有的崩塌、危岩，规模较大的均布在拟建公路以外，距离较远，对拟建公路无影响，线路上目前分布的崩塌、危岩规模小，均为Ⅲ类崩塌、危岩，危险性小。工程建设可能遭受崩塌、危岩地质灾害的危险性主要是上述高切坡潜在不稳定段产生的崩塌、危岩，其分段评估见表 5 - 2。

5.2.3 工程建设可能遭受滑坡地质灾害的危险性预测

拟建公路多穿越河谷平坝、高阶地及丘陵区，河谷平坝区地形平缓，倾角多小于 5°，不具备产生滑坡的地形条件，区内高阶地切坡段岩土界面较平缓，高阶地物质以较密实泥砾层为主，不具产生滑坡的物质及结构面空间组合条件；丘陵区岩层产状平缓，倾角多小于 5°，不具备产生岩质滑坡的岩层空间组合形态，且区内现状滑坡仅发育 2 处，均远离拟建公路，对拟建公路无影响。工程建设可能遭受滑坡地质灾害的危险性主要是公路沿线填方路堤段路基填土边坡滑坡，此类路段主要分布于 CK6+500 - CK6+600、CK51+150 - CK51+250、CK79+600 - CK80+000、CK98+100 - CK98+300、CK99+400 - CK99+550、CK124+500 - CK124+650、CK127+100 - CK127+200 等路段，填方路堤高度 15m，且路基为淤泥质软土。上述路段易沿填土与老土接触面或填土边坡破裂角产生滑坡，使路基沉陷、路面开裂，其分段评估见表 5 - 3。

表 5—2

公路填土路堤边坡及软基地质灾害危险性预测评估表

序号	起止桩号	长度 (米)	最大填方 高度 (m)	地基 类型	地 质 概 况	危险性预测评估	预测评估 危险性分级	防治措施建议
R1	CK4+000~CK4+150	150	11	软基	沟旁水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R2	CK5+050~CK5+550	500	10	软基	沟旁水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R3	CK6+500~CK6+600	100	17	软基	坳沟、堰塘，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降，路堤填土边坡滑坡	中等	盲沟排水，部分换填
R4	CK7+000~CK7+150	150	12	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R5	CK12+900~CK13+100	200	14	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 > 5m	路基不均匀沉降	中等	排水板固结
R6	CK13+950~CK14+150	200	12	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 > 5m	路基不均匀沉降	中等	排水板固结
R7	CK14+300~CK14+400	100	11	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 > 5m	路基不均匀沉降	中等	排水板固结
R8	CK19+500~CK19+700	200	20	软基	洼地、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降，路堤填土边坡滑坡	中等	盲沟排水，部分换填
R9	CK27+900~CK28+000	100	8	软基	沟旁水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R10	CK28+150~CK28+300	150	9	软基	沟旁水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R11	CK29+200~CK29+350	150	8	软基	洼地、水田，高含水粘土厚 > 5m	路基不均匀沉降	小	排水板固结
R12	CK29+800~CK30+000	200	13	软基	沟旁水田，高含水粘土厚 > 5m	路基不均匀沉降	中等	排水板固结
R13	CK31+600~CK31+750	150	14	软基	洼地、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R14	CK32+450~CK32+550	100	11	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R15	CK40+650~CK40+850	200	10	软基	沟旁水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R16	CK50+450~CK50+550	100	14	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R17	CK51+150~CK51+250	100	15	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降，路堤填土边坡滑坡	中等	盲沟排水，部分换填
R18	CK61+200~CK61+400	200	11	软基	平坝、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R19	CK61+500~CK62+500	1000	10	软基	平坝、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R20	CK63+300~CK63+500	200	10	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R21	CK79+600~CK80+000	400	20	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降，路堤填土边坡滑坡	中等	盲沟排水，部分换填
R22	CK81+800~CK82+300	500	8	软基	沟口、阶地，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R23	CK84+300~CK84+600	300	10	软基	沟口、阶地，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R24	CK94+700~CK94+900	200	11	软基	沟口、阶地，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R25	CK98+100~CK98+300	200	16	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降，路堤填土边坡滑坡	中等	盲沟排水，部分换填
R26	CK99+100~CK99+250	150	11	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R27	CK99+400~CK99+550	150	15	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降，路堤填土边坡滑坡	中等	盲沟排水，部分换填
R28	CK100+500~CK100+700	200	8	软基	沟旁洼地，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R29	CK113+600~CK113+900	300	12	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R30	CK116+000~CK116+300	300	8	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R31	CK117+500~CK117+700	200	8	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R32	CK123+600~CK123+850	150	9	软基	坳沟交汇，高含水粘土厚 > 5m	路基不均匀沉降	中等	盲沟排水，部分换填

续表 5—2 公路填土路堤边坡及软基地质灾害危险性预测评估表

序号	起止桩号	长度 (米)	最大填方 高度 (m)	地基 类型	地 质 概 况	危险性预测评估	预测评估 危险性分级	防治措施建议
R33	CK124+500~CK124+650	150	16	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降，路堤填土边坡滑坡	中等	盲沟排水，部分换填
R34	CK127+100~CK127+200	100	20	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降，路堤填土边坡滑坡	中等	盲沟排水，部分换填
R35	CK129+250~CK129+400	150	12	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R36	CK138+700~CK138+900	200	7	软基	坳沟交汇，高含水粘土厚 > 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R37	CK139+150~CK139+300	150	6	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R38	CK141+300~CK141+500	200	13	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R39	CK143+000~CK143+200	200	6	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R40	CK145+200~CK145+400	200	14	软基	洼地、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降，路堤填土边坡滑坡	小	盲沟排水，部分换填
R41	CK147+950~CK148+050	100	9	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R42	CK150+300~CK150+400	100	14	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 4—8m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R43	CK152+900~CK153+100	200	8	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 4—8m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R44	CK154+500~CK154+650	150	7	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R45	CK157+300~CK157+400	100	13	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R46	CK158+500~CK158+700	200	14	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R47	CK161+200~CK161+300	100	11	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填
R48	CK168+250~CK168+550	300	9	软基	坳沟、水田，高含水粘土厚 < 5m	路基不均匀沉降	小	盲沟排水，部分换填

表 5-3

隧道洞口边坡地质灾害危险性预测评估表

序号	隧道名称		遂道起止桩号	遂道长度 (m)	洞口地质特征	危险性预测评估	预测评估危险性 分级	防治措施建议
1	老河湾隧道	左	CK59+770~CK60+255	485	分布白垩系白龙组长石砂岩、泥岩、粉砂岩互层，洞口地形坡度 70 °，洞口砂岩中发育两组陡倾裂隙，岩石较破碎，岩层近水平。	岩石暴露临空 ,受陡倾裂隙控制，易产生洞口崩塌、危岩。	中等	对洞口上段采用锚喷或锚杆格构加固。
		右		485				
2	芙蓉山隧道	连拱	CK78+935~CK79+165	230	白垩系苍溪组长石砂岩夹泥岩、粉砂岩，洞口坡度 78 ° ,砂岩发育两组陡倾裂隙，洞口岩石完整性较差，产状近水平。	岩石暴露临空 ,受陡倾裂隙控制，易产生洞口崩塌、危岩。	中等	对洞口上段采用锚喷或削坡、锚杆格构加固。
3	松林沟隧道	左	CK82+865~CK83+275	410	白垩系组长石砂岩夹泥岩、粉砂岩，洞口坡度 60 - 70 ° ,砂岩发育两组陡倾裂隙，洞口岩石完整性较差，产状近水平。	岩石暴露临空 ,受陡倾裂隙控制，易产生洞口崩塌、危岩。	中等	对洞口上段采用锚喷或锚杆格构加固。
		右		410				
4	贾家湾隧道	左	CK102+100~CK102+555	455	分布侏罗系蓬莱镇组上段厚 - 巨厚层长石砂岩、岩屑长石砂岩夹粉砂岩、泥岩，洞口坡度 80 °，砂岩中发育两组陡倾裂隙，岩层产状近水平。	岩石暴露临空 ,受陡倾裂隙控制，易产生洞口崩塌、危岩。	中等	对洞口上段采用锚喷或削坡、锚杆格构加固。
		右		455				
5	刘家垭隧道	左	CK103+685~CK104+270	585	分布侏罗系蓬莱镇组上段厚 - 巨厚层长石砂岩、岩屑长石砂岩夹粉砂岩、泥岩，洞口坡度 40 ° - 70 °，高度小于 20m，砂岩中发育两组陡	岩石暴露临空 ,受陡倾裂隙控制，易产生洞口崩塌、危岩。	小	进洞口边坡采用锚喷支护，出洞口采用衬砌。
		右		585				
6	白果湾隧道	左	CK105+350~CK105+715	365	分布侏罗系蓬莱镇组上段厚 - 巨厚层长石砂岩、岩屑长石砂岩夹粉砂岩、泥岩。洞口坡度 70 °，砂岩中发育两组陡倾裂隙，岩层产状近水平。	岩石暴露临空 ,受陡倾裂隙控制，易产生洞口崩塌、危岩。	中等	对洞口上段采用锚喷或锚杆格构加固。
		右		365				
7	万天宫隧道	左	CK106+850~CK107+180	330	分布侏罗系蓬莱镇组上段厚 - 巨厚层长石砂岩、岩屑长石砂岩夹粉砂岩、泥岩。洞口坡度 70 ° - 80 °，砂岩中发育两组陡倾裂隙，岩层产状近水	岩石暴露临空 ,受陡倾裂隙控制，易产生洞口崩塌、危岩。	中等	对洞口上段采用锚喷或削坡、锚杆格构加固。
		右		330				
8	尖尖山隧道	连拱	CK109+700~CK109+950	250	分布侏罗系蓬莱镇组上段厚 - 巨厚层长石砂岩、岩屑长石砂岩夹粉砂岩、泥岩。洞口坡度 70 ° - 75 °，砂岩中发育两组陡倾裂隙，岩层产状	岩石暴露临空 ,受陡倾裂隙控制，易产生洞口崩塌、危岩。	中等	对洞口上段采用锚喷或削坡、锚杆格构加固。
9	钟家湾隧道	连拱	CK111+800~CK112+100	300	分布侏罗系蓬莱镇组下段长石砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层，洞口坡度 80 °，进洞口段岩体风化破碎，岩层产状近水平。	洞口岩体较破碎，临空易产生小型崩塌、危石。	小	采用削坡、锚杆格构加固或洞口衬砌。
10	苏家沟隧道	连拱	CK119+420~CK119+625	205	分布侏罗系蓬莱镇组下段长石砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层，洞口坡度 40 ° - 50 °，进洞口段岩体风化破碎，岩层产状近水平。	洞口岩体较破碎，临空易产生小型崩塌、危石。	小	采用锚杆格构加固或洞口衬砌。
11	干湾子隧道	连拱	CK124+000~CK124+225	225	分布侏罗系蓬莱镇组下段长石砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层，洞口坡度 60 ° - 70 °，进洞口段岩体风化破碎，岩层产状近水平。	洞口岩体较破碎，临空易产生小型崩塌、危石。	小	采用削坡、锚杆格构加固或洞口衬砌。
12	黄连湾隧道	连拱	CK125+300~CK125+480	180	分布侏罗系蓬莱镇组下段长石砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层，洞口坡度 80 °，进出洞口段岩体风化破碎，岩层产状近水平。	以风化剥落为主，零星崩塌、掉块。洞口岩体较破碎，临空易产生小型崩塌、危石。	小	采用锚杆格构或锚喷支护，洞口采用衬砌。
13	王家湾隧道	左	CK128+475~CK128+880	405	分布侏罗系蓬莱镇组下段长石砂岩、泥岩、粉砂岩不等厚互层，洞口坡度 80 °，进出洞口段岩体风化破碎，岩层产状近水平。	洞口岩体较破碎，临空易产生小型崩塌、危石。	小	采用锚杆格构或锚喷支护，洞口采用衬砌。
		右		405				
14	杨柳沟隧道	连拱	CK137+270~CK137+450	180	分布侏罗系遂宁组泥岩夹少许砂岩，坡度 50 ° - 60 °，岩体破碎，风化强烈，产状近水平。	以风化剥落为主，零星崩塌、掉块。	小	洞口削坡设碎落平台 ,宽 3 - 4m，或削坡后用片石砼格构护坡。
15	小沟头隧道	连拱	CK139+550~CK139+735	185	分布侏罗系遂宁组泥岩夹少许砂岩，坡度 50 ° - 60 °，岩体破碎，风化强烈，产状近水平。	以风化剥落为主，零星崩塌、掉块。	小	洞口削坡设碎落平台 ,宽 3 - 4m，或削坡到 1：1 后用石砼格构护

6、地质灾害危险性综合分区评估及防治措施

6.1 地质灾害危险性综合评估原则与量化指标的确定

评估区内各类地质灾害体的发育规模、特征及分布，受控于地形地貌、地层岩性、地质构造、降雨及人类工程活动等诸多因素的制约。地质灾害危险性综合评估的原则：依据地质灾害危险性现状评估和预测评估结果，充分考虑评估区的地质环境条件的差异和存在的地质灾害隐患点的分布、危险程度，确定判别区段危险性的量化指标，根据“区内相似、区际相异”的原则，采用定性、半定量分析法，进行工程建设区地质灾害危险性等级分段。并依据地质灾害危险性、防治难度和防治效益，对建设场地的适宜性作出评估，提出防治地质灾害的措施和建议。

本次综合评估根据现状评估和预测评估结果，采用灾种量化评分，区段综合分析的方法来确定区段的危险级别。

地质灾害危险性分级采用地质灾害的灾损率（ z_s ）的大小来表示。灾损率（ z_s ）的求取方法：对地质灾害危险性现状评估、预测评估所确定的各灾害点危险性等级赋予 0.3、0.2、0.1 的系数（相对应危险性等级大、中、小），用此系数乘以实地量测和预计灾损长度，即得灾害点的灾损长度（对拟建公路无影响的灾害点不纳入计算），以 0.1、0.01 系数乘以潜在不稳定、较稳定坡体长度，即得斜（边）坡的灾损长度。区内地质灾害点其防治措施的难易程度、工程规模差异较小，因此，在计算灾损率时未考虑防治措施等因素。沿公路以 1.0km 为间距进行分割，线路两端取整时不足 1km，并入相邻一个单元，尔后统计每个分割区间的灾损长度之和，即灾损率（ z_s ），单位为 m/km。按灾损率（ z_s ）的大小划分地质灾害危险性大、中、小三

级，划分指标如下：

- $z_s < 50\text{m/km}$ ：为地质灾害综合评估危险性小的区段；
- $50\text{m/km} \leq z_s \leq 200\text{m/km}$ ：为地质灾害综合评估危险性中等的区段；
- $z_s > 200\text{m/km}$ ：为地质灾害综合评估危险性大的区段。

按照上述原则，计算出各区段的灾损率（表 6—1），定量评价分区的原则应综合考虑地质环境条件的差异，划分的区段不跨越差异大的两种地层、地貌单元，且应与野外调查及综合分析结果一致。

表 6 - 1 各区段灾损率计算结果表

项目 区段名称	灾损率（m/km）	里程桩号(km)	分段长度(km)
a	25.0	CK0+000 - CK8+200	8.2
a	137.4	CK8+200 - CK20+900	12.7
b	19.8	CK20+900 - CK49+500	19.6
b	68.88	CK49+500 - CK62+000	12.5
c	2.0	CK62+000 - CK72+900	10.9
c	92.8	CK72+900 - CK82+700	9.8
d	175.5	CK82+700 - CK113+300	30.6
d	48.9	CK113+300 - CK138+450	25.15
e	41.6	CK138+450 - CK176+137	37.687

6.2 地质灾害危险性综合分区评估

根据定性和半定量评估的结果，将整个评估区分为地质灾害危险性中等（ ）和小（ ）两个大区，其中 区又分为 a、 b、 c、 d、 e 五个亚区， 区分为 a、 b、 c、 d 四个亚区（表 6 - 2）。

表 6 - 2

地质灾害危险性综合评估表

分段序号	里程桩号	路段长度 (km)	地质环境条件及工程特征	地质灾害类型及特征	区 段 灾 损 率 ZS (m/km)	地质灾害危 险性等级	防治措施建议	适 宜 性 评价
a	CK0+000 - CK8+200	8.2	浅切割丘陵地貌，CK0+000 - CK2+000 穿越高阶地。分布白垩系白龙组灰色、灰白色厚层状中至细粒岩屑砂岩、岩屑长石砂岩与紫红、砖红色含钙质泥岩不等厚互层，砂岩较疏松。线路穿越有 4 段水田、坳沟、堰塘，分布有 3 - 5m 厚的高含水高压缩性淤泥质粉质粘土。地下水贫乏，表层岩体风化破碎，岩层产状近水平。一般挖方高度小于 20m，最大中心填方高度 17m。	现状地质灾害不发育。挖方边坡易产生小规模崩塌、溜滑，风化碎落现象普遍。软土地基高填方路堤潜在不均匀沉降及路堤填土边坡滑坡。	25.0	小	做好边坡截排水及坡面防护工程。挖方岩质边坡坡比 1：0.5 左右，台阶状开挖，每隔 8 - 10m 设一碎落平台，宽 2 - 4m。填方边坡坡比 1:1 左右，设护脚墙及排水，坡面浆砌片石网格护坡，软土路基盲沟排水，部份换填。	适宜
a	Ck8+200 - CK20+900	12.7	中切割丘陵地貌，分布白垩系白龙组（K _{1b} ）灰色、灰白色厚层块状中至细粒岩屑砂岩、岩屑长石砂岩与紫红、砖红色含钙质泥岩不等厚互层，砂岩较疏松，岩层产状近水平，砂岩中发育两组陡倾裂隙，表层岩石风化破碎。地下水贫乏，线路有 4 段坳沟、洼地、水田分布段，分布有 3 - 8m 厚的高含水高压缩性淤泥质粉质粘土。线路有 9 段挖方高切坡段，最大中心挖方高度 28m，最大中心填方高度 14m。	现状仅发育崩塌（B1）1 处，属砂泥岩互层边坡风化掉块。软土地基高填方路堤潜在不均匀沉降及路堤填土边坡滑坡。挖方边坡普遍切坡高度较大，尤其是部份段砂岩厚度较大，且陡倾裂隙发育，易产生崩塌、危岩。	137.4	中等	边坡呈台阶状开挖，每隔 8 - 10m 设碎落平台；部份高切坡段高度大于 25m，边坡下部设预应力锚索框架格梁加固，上部放缓边坡植草或浆砌片石防护，坡脚设 2m 矮脚墙。填方边坡坡比 1:1 左右，设护脚墙及排水，坡面浆砌片石网格护坡，软土路基盲沟排水，部份换填。软土厚度大于 5m 段采取排水板固结。	基本适宜
b	CK20+900 - CK49+500	19.6	中切割丘陵地貌，分布白垩系白龙组（K _{1b} ）灰色、灰白色厚层块状中至细粒岩屑砂岩、岩屑长石砂岩与紫红、砖红色含钙质泥岩不等厚互层，砂岩较疏松，岩层产状近水平，表层岩石风化破碎。地下水贫乏，线路有 8 段挖方高切坡段，最大中心挖方高度 25m，一般均小于 20m；线路有 7 段坳沟、洼地、水田段，分布厚 3 - 8m 的高含水高压缩性淤泥质粉质粘土，最大中心填方高度 14m。	现状发育 1 处路堤边坡填土滑坡（H1）。挖方边坡易产生小规模崩塌、溜滑，风化碎落现象普遍。软土地基高填方路堤潜在不均匀沉降及路堤填土边坡滑坡。	19.8	小	做好边坡截排水及坡面防护工程。挖方岩质边坡坡比 1：0.5 左右，台阶状开挖，每隔 8 - 10m 设一碎落平台，宽 2 - 4m。填方边坡坡比 1:1 左右，设护脚墙及排水，坡面浆砌片石网格护坡，软土路基盲沟排水，部份换填。	适宜
b	CK49+500 - CK62+000	12.5	中切割丘陵地貌，分布白垩系白龙组（K _{1b} ）灰色、灰白色厚层块状中至细粒岩屑砂岩、岩屑长石砂岩与紫红、砖红色含钙质泥岩不等厚互层，砂岩较疏松，岩层产状近水平，砂岩中发育两陡倾裂隙，表层岩石风化破碎。地下水贫乏，线路有 3 段坳沟、水田分布段，分布有 3 - 5m 厚的高含水高压缩性淤泥质粉质粘土。线路有 7 段挖方高切坡段，最大中心挖方高度 29m，最大中心填方高度 15m。	现状地质灾害不发育，软土地基高填方路堤潜在不均匀沉降及路堤填土边坡滑坡。挖方边坡普遍切坡高度较大，尤其是部份段砂岩厚度较大，且陡倾裂隙发育，易产生崩塌、危岩。	68.88	中等	边坡呈台阶状开挖，每隔 8 - 10m 设碎落平台；部份高切坡段高度大于 25m，边坡下部设预应力锚索框架格梁加固，上部放缓边坡植草或浆砌片石防护，坡脚设 2m 矮脚墙。填方边坡坡比 1:1 左右，设护脚墙及排水，坡面浆砌片石网格护坡，软土路基盲沟排水，部份换填。软土大于 5m 段采取排水板固结。	基本适宜
c	CK62+000 - CK72+900	10.9	河谷平坝、浅丘地貌，分布白垩系苍溪组（K _{1c} ）灰白、灰色块状中至细粒岩屑砂岩、长石砂岩夹紫红色泥岩、钙质泥岩，砂岩单层厚度 0.8 - 2.0m，砂岩较疏松，少有所下降泉出露。该段无挖方高切坡段，仅有 1 段水田，分布 3 - 4m 厚淤泥质粉质粘土，最大中心填方高度 10m。	现状地质灾害不发育，预测评估地质灾害不发育。	2.0	小	填方边坡坡比 1：1，设护脚墙及排水，坡面浆砌片石网格护坡，软土路基盲沟排水，部份换填。	适宜

续表 6 - 2		地质灾害危险性综合评估表						
分段序号	里 程 桩 号	路段长度 (km)	地质环境条件及工程特征	地质灾害类型及特征	区段灾损率 ZS (m/km)	地 质 灾 害 危 险性等级	防治措施建议	适 宜 性 评价
c	CK72+900 - CK82+700	9. 8	穿越平坝、高阶地及中切割丘陵地貌，呈塔状。分布第四系全新统粉质粘土及砂砾卵石层，第四系中、上更新统泥砾层及白垩系苍溪组（K _{1c} ）灰白、灰色块状中至细粒岩屑砂岩、长石砂岩夹紫红色泥岩、钙质泥岩，砂岩单层厚度 0. 8 - 2. 0m，斜层理及交错层发育，层面起伏不平。砂层中发育两组陡倾构造裂隙。线路有 5 段挖方高切坡路段，最大中心挖方高度 26m；有 2 段坳沟，水田，分布 3 - 5m 厚的高含水高压缩性淤泥质软土，最大填方高度 20m。	现状地质灾害不发育。公路挖方高切坡砂岩由于顺坡向陡倾裂隙发育，有潜在产生中型崩塌，危岩的可能。填方路堤易产生不均匀沉降及路堤填土边坡滑坡。	92. 8	中等	边坡呈台阶状开挖，每隔 8 - 10m 设碎落平台；部份高切坡段高度大于 25m，边坡下部设预应力锚索框架格梁加固，上部放缓边坡植草或浆砌片石防护，坡脚设 2m 矮脚墙。填方边坡坡比 1: 1 左右，设护脚墙及排水，坡面浆砌片石网格护坡；软土路基盲沟排水、部份换填，软土厚度大于 5m 段采取排水板固结。	基本适宜
d	Ck82+700 - CK113+300	30. 6	深切割丘陵地貌，线路基本沿河谷岸坡坡脚穿行，广泛分布侏罗系蓬莱镇组上段（J _{3p} ² ）灰色、灰黄色厚层块状中至细粒长石砂岩与紫红色泥岩不等厚互层，以砂岩为主，砂泥岩差异风化现象显著，常有下降泉出露。砂岩中普遍发育两组陡倾构造裂隙，该段河谷岸坡卸荷作用强烈。线路有 10 段挖方高边坡段，最大中心挖方高度 27m；有 6 段坳沟、水田，分布 3 - 5 m 厚的高含水高压缩性淤泥质粘土，最大中心填方高度 16m。	现状发育崩塌 6 处（B2、B3、B4、B5、B6、B7）、危岩 4 处（W1、W2、W3、W4）、滑坡 1 处（H1）。公路挖方高切坡砂岩由于顺坡向陡倾裂隙发育，有潜在产生中型崩塌，危岩的可能。填方路堤易产生不均匀沉降及路堤填土边坡滑坡。隧洞洞口段为陡坡，易产生砂岩崩塌，规模小至中等。	175. 5	中等	对规模小的危岩采取清除，规模稍大的采取锚固结合底部崖腔封闭、支撑。挖方高切坡对裂隙发育的砂岩体采取预应力锚索（杆）加固，对软弱泥岩浆砌片石封闭，防治差异风化加剧崩塌、危岩。软土路基盲沟排水、换填加固，填方路堤边坡坡脚设护脚墙、排水，坡面浆砌片石网格护坡。隧洞洞口削坡、锚固。	基本适宜
d	CK113+300 - CK138+450	25. 15	中切割丘陵地貌，呈台状。广泛分布侏罗系蓬莱镇组下段（J _{3p} ¹ ）灰白、紫红色泥、钙质长石砂岩与紫红色泥岩不等厚互层，砂岩横向变化大，常尖灭，泥岩普遍含钙质及粉砂质，向上变厚。岩层产状近水平，表层岩体风化破碎。该段内有 11 段挖方高切坡，最大中心挖方高度 30m；有 7 段坳沟、水田段，分布 3 - 6m 厚的高含水高压缩性淤泥质软土，最大中心填方高度 20m。	现状发育崩塌 1 处（B8）。砂岩厚度小，以泥岩边坡风化剥落及零星崩塌、落石为主，规模小，填方路堤易产生不均匀沉降及路堤填土边坡滑坡。隧洞洞口岩体破碎，易产生小规模崩塌，溜滑。	48. 9	小	边坡台阶状开挖，每 8 - 10m 设 2 - 4m 宽碎落平台；填方路堤边坡坡脚设护脚墙、排水，坡面浆砌片石网格护坡。软土路基盲沟排水、换填加固；隧洞洞口削坡、格构锚固。	适宜
e	CK138+450 - CK176+137	37. 687	浅 - 中切割丘陵地貌，呈圆状，坡面平直，坡度较缓。广泛分布侏罗系遂宁组（J _{3s} ）鲜红、紫红色泥岩、钙质泥岩夹薄层或脉状石膏，表层岩石风化破碎，岩层产状近水平，地下水贫乏。该段内有 20 段挖方高切坡，最大中心挖方高度 32m；有 13 段坳沟、水田、洼地段，分布 4 - 8 m 厚的高含水高压缩性淤泥质粘土，最大填方高度 14m。	现状地质灾害不发育，以泥岩边坡风化剥落为主，部份段浅表层残坡积粉质粘土雨季产生流塑状溜滑，厚度小于 2. 0m，填方路堤易产生不均匀沉降及路堤填土边坡滑坡。	41. 6	小	边坡呈台阶状开挖，每隔 8 - 10m 设 2 - 4m 宽碎落平台；坡顶截水、坡脚排水；填方路堤边坡坡脚设护脚墙，排水，坡面浆砌片石网格护坡；软土路基排水板固结、盲沟排水、换填加固。	适宜

6.3 建设场地适宜性分区评估

依照建设用地适宜性分级表(表6-3),将评估区建设场地适宜性分为适宜的、基本适宜的和适宜性差三级。

表 6 - 3 建设用地适宜性分级表

级别	分级说明
适宜	地质环境复杂程度简单,工程建设遭受地质灾害危害的可能性小,引发、加剧地质灾害的可能性小,危险性小,易于处理。
基本适宜	不良地质现象较发育,地质构造、地层岩性变化较大,工程建设遭受地质灾害危害的可能性中等,引发、加剧地质灾害的可能性中等,危险性中等,但可采取措施予以处理。
适宜性差	地质灾害发育强烈,地质构造复杂,软弱结构发育区,工程建设遭受地质灾害的可能性大,引发、加剧地质灾害的可能性大,危险性大,防治难度大。

从表 6 - 2 可以看出,建设场地适宜的区段分布在 CK0+000 - CK8+200、CK20+900 - CK49+500、CK62+000 - CK72+900、CK113+300 - CK176+137,共四个段,合计总长度 101.537km。建设场地基本适宜的区段分布在 CK8+200 - CK20+900、CK49+500 - CK62+000、CK72+900 - CK113+300 共三段,合计总长度 74.6km。

6.4 防治措施

地质灾害的防治应本着“以防为主,避让与防治相结合”的原则,掌握时机,及早治理,目的是减少地质灾害的发生,把灾害的损失减少到最低水平,保证拟建公路的安全。

地质灾害的防治主要有三个方面,一是阻止地质灾害作用与受害对象相遇,即避让;二是致灾地质作用的防治;三是要减少诱发和产生新的地质灾害。评估区存在和可能引发的致灾地质作用主要有崩塌、危岩、滑坡及软弱路基的不均匀沉降等。

6.4.1 防治措施分级

本次防治措施的分级根据现状评估、预测评估和综合评估的结果,采用综合评判的方法将评估区防治措施等级划分为一般防治区和次重点防治区、重点防治区三级。防治等级的划分主要考虑地质环境条件的复杂程度,地质灾害点的发育密度、发育规模、治理的难易程度、主要防治措施等,其评判标准见表 6-4。

6.4.2 防治措施

评估区工程建设可能遭受的潜在地质灾害隐患及不良环境地质问题主要是崩塌、危岩、滑坡及不均匀沉降。对于不同的地质灾害隐患可采用不同的工程措施和生物措施加以防治。

(1) 工程措施

表 6-4 防治措施分级标准表

防治措施分级 评判因素	重点防治区	次重点防治区	一般防治区
地质环境条件	中等	中等 - 简单	简单
灾损率 (m/km)	$Z_s > 150$	$150 \geq Z_s \geq 50$	$Z_s < 50$
主要防治措施	以避让和工程措施为主。	工程措施与生物措施相结合。	生物措施为主、工程措施为辅。
防治难易程度	较难治理	中等	简单

防治崩塌、危岩的工程措施

根据评估区崩塌、危岩的特点及已有工程治理的经验,建议采用以下的工程措施:

- a. 遮挡建筑物:主要有明洞及棚洞式建筑物,适用于中小规模崩塌地段,且发

生次数频繁。有时受地形地质条件的限制，当外侧设置基础有困难时，可采用钢筋混凝土悬臂式棚洞。一般情况下，设置明洞较多，洞顶要有足够厚度的缓冲层，当落石体积为 $0.25-1.00\text{m}^3$ 时，缓冲层最小厚度不宜小于 $2.5-3.5\text{m}$ ；

b. 拦截建筑物：适用于小规模崩塌落石地段，且崩塌、危石距坡脚有一定距离，拦截建筑物有拦石墙、拦石堤、落石槽及落石平台等。落石槽的槽深及底宽可通过现场调查或试验确定，但要考虑增加 $0.5-1.0\text{m}$ 的安全值；拦石堤宽一般为 $2-3\text{m}$ ，迎石坡面宜采用坡度为 $1:0.75$ 的干砌片石铺筑；拦石墙墙背应设缓冲层，并按公路挡墙设计，墙背压力要考虑崩塌物冲击荷载的影响；

c. 支顶：在边坡上有悬空岩石，极有可能成为危岩时，但危岩下的基础条件较好、可采用钢筋混凝土立柱或浆砌片石支顶加固；

d. 嵌补：在软硬岩层相间的陡峻山坡地段，软岩易遭受风化剥蚀形成凹槽，为防止软岩进一步风化剥蚀及上部硬岩层的稳定，在凹槽内可采用浆砌片石加固处理。

e. 锚杆加固：对存在软弱结构面的陡边坡，或在陡边坡危岩之下有完整的岩体，可采用锚杆喷射混凝土护坡或是用锚杆把危岩和完整岩体串联起来进行加固；

f. 疏导地下水：水是诱发崩塌的重要因素，在崩塌体的上方修筑排水设施，截住流向潜在崩塌体的一切水流，确保潜在崩塌体的稳定。

防治滑坡的工程措施

滑坡治理应考虑滑坡类型、成因、工程地质和水文地质条件、滑坡稳定性、工程重要性和施工影响等因素，分析滑坡的有利和不利因素、发展趋势及危害性，选取支挡和排水、削坡、减载，反压等工程措施。根据评估区滑坡的特点及已有工程的治理经验，建议采用以下工程措施：

a. 采取有效的地表排水和地下排水措施，可采用在滑坡后缘外设置环形截水沟，滑坡体上设分级排水沟、裂缝封填及坡面封闭等措施排放地表水，控制暴雨对滑体和滑面的侵蚀软化。有地下水影响的滑坡应考虑地下排水措施。

b. 削方减载、反压坡脚。此措施具投资省、施工简便等特点，主要用于推移式滑坡的治理。

c. 设置抗滑工程。修建抗滑挡土墙、抗滑桩及预应力锚固等，此类措施对滑坡治理最直接，见效快，但一般投资较大，应有选择性的使用。

评估区内的滑坡主要出现在开挖路堑松散层边坡及高填方路堤边坡，建议工程建设中设计合理的边坡坡比，并采取合理的支护措施，尤其是高填方的路堤边坡一方面应严格控制边坡坡比，另一方面应保证夯填压实质量，并采取合理的坡脚支挡、坡面防护及排水措施，将滑坡防患于未然。

防治软土地基不均匀沉降的工程措施

拟建公路沿线分布大量的水田、堰塘，普遍有 $3-8\text{m}$ 的淤泥质软土分布，易引发路基的不均匀沉降。对于处于软土地基的路堤，当软土厚度 $<5\text{m}$ 时，可采取盲沟排水，部分换填的处理措施；当软土的厚度 $>5\text{m}$ 时，可采用排水板固结及反压护道等处理措施，填方材料应进行击实试验，分层碾压夯实应严格按相关技术规范进行操作和施工。

(2) 生物工程措施

生物工程是改良生态环境、地质环境，减少和防治地质灾害的重要手段，可以起到固土护坡的效果。生物防治措施主要指保护和恢复植被，合理耕植。首先是在工程建设中要最大限度地保护现有的森林植被，其次是在水土流失严重或地质灾害易发地区采取土地改良措施：一方面在林木植被稀疏的地区进行种植，促使植被迅

速恢复；另一方面是切合实际的改变种植结构，以保持水土，调节径流。从而达到预防和制止地质灾害的发生或减小灾害规模，减轻其危险程度的目的。

（3）合理规范工程活动，杜绝或减轻诱发地质灾害的人为因素

工程设计和施工中应注意加强地质环境保护，减少人为影响，避免因开挖切坡，路堤填筑、弃渣堆放等引发崩塌、滑坡等地质灾害。对于工程活动中形成的边坡采取合理的排水、支挡、护坡等措施，使工程建设与地质环境保护同步进行。为防止工程建设弃土、弃渣堆放过程中出现新的地质灾害隐患，弃渣堆放场应选择在地势较缓的地带，严禁在山体斜坡及易受地表水冲刷的沟谷、沟口地带堆放，弃渣场下侧设 2 - 4m 高的干砌片石垛，迎水面设浆砌片石排水沟。

（4）地质灾害监测预警措施

工程建设过程中，尤其是雨季施工期，要加强对高切坡、高填方段等潜在崩塌、滑坡不稳定斜坡段的监测，对施工人员做好地质灾害防治知识的普及教育，并制定应急预案，确保施工安全。

7. 结论与建议

7.1 结论

（1）该路为新建高速公路，项目起点位于绵阳西绵广高速公路张家坪（K0+000），终点位于遂宁市船山区复桥镇在建遂渝高速公路（K17+530），线路全长 176.137km。工程永久占用地约 17480 亩，其中绵阳境 7772 亩，遂宁境 9708 亩，施工临时占地 929 亩。

（2）评估区为丘陵及河谷平坝地形，分布侏罗系、白垩系的砂、泥岩及第四系

全新统河流冲积层、第四系中上更新统冰水堆积层，第四系中上更新统冰水堆积层，区内无断裂构造，以宽缓褶皱为主，地层产状平缓，抗震设防烈度 6 度，地下水对工程活动影响较小，人类工程活动较强烈，区内地质环境条件中等复杂。拟建工程重要性等级为重要建设项目，综合分析确定该项目的建设用地地质灾害危险性评估级别为一级。

（3）现状条件下区内地质灾害弱发育，本次评估调查发现崩塌 8 处、危岩 4 处、滑坡 2 处，大多远离拟建公路，处于拟建公路上的有 6 处崩塌、危岩，均为类崩塌、危岩，规模小于 500m³；2 处滑坡均远离公路，地质灾害危险性小。

（4）预测评估结果表明：拟建工程公路开挖切坡可能引起斜坡变形失稳、公路填方可能引发路堤填土边坡滑坡及路基不均匀沉降、隧洞开挖可能引发洞口边坡失稳，开挖取土及弃渣堆放可能引发边坡失稳。工程建设可能遭受斜坡失稳引发的崩塌、危岩、滑坡等地质灾害的危险，危险性小—中等。

（5）评估区的综合评估采用量化评分、区段综合分析的方法进行，综合评估将全区划分为 2 个区段 9 个亚区，综合评估危险性小的路段 5 段，总长 101.537km，占线路总长的 57.7%；综合评估危险性中等的路段 4 段，总长 74.6km，占线路总长的 42.3%。

（6）对评估区建设场地的适宜性做了分区评估，建设场地适宜的区段共 5 段，总长 101.537km，占线路全长的 57.7%，基本适宜的区段共 4 段，总长 74.6km，占线路全长的 42.3%。

（7）评估区内地质灾害的防治措施划分为三个等级：即一般防治区、次重点防治区和重点防治区，一般防治区有 5 段，分别为：CK0+000—CK8+200、CK20+900—

CK49+500、CK62+000—CK72+900、CK113+300—CK138+450、CK138+450—CK176+137；
次重点防治区 3 段，位于 CK8+200—CK20+900、CK49+500—CK62+000、CK72+900—
CK82+700；重点防治区 1 段，即 CK82+700—CK113+300。

7.2 建议

(1) 建议对影响工程安全的地质灾害隐患或不良地质问题，采取合理的工程措施和生物措施达到预防和消除危害的目的。

(2) 建议对高切坡、高填方等潜在不稳定斜坡段加强施工监测，并制定地质灾害应急预案。

(3) 按照国家相关规范要求进行下一步岩土工程勘察工作，尤其是现有地质灾害点及潜在不稳定斜坡段的勘察、设计论证工作。本报告不代替岩土工程勘察报告。

目 录

1 前言.....1

1.1 评估任务由来.....1

1.2 评估工作的依据.....1

1.3 主要任务和要求.....1

2 评估工作概述.....1

2.1 工程和规划概况与征地范围.....1

2.2 以往工作程度.....2

2.3 工作方法及完成的工作量.....2

2.4 评估范围与级别的确定.....5

3 地质环境条件.....5

3.1 气象、水文.....5

3.2 地形地貌.....6

3.3 地层岩性.....7

3.4 地质构造与地震.....9

3.5 路线工程地质条件评价.....11

3.6 水文地质条件.....15

3.7 人类工程活动对地质环境的影响.....16

4、地质灾害危险性现状评估.....16

4.1 地质灾害类型及特征.....16

4.2 地质灾害危险性现状评估.....19

5、地质灾害危险性预测评估.....22

5.1 工程建设引发或加剧地质灾害危险性的预测.....22

5.2 工程建设可能遭受地质灾害的危险性预测.....31

6、地质灾害危险性综合分区评估及防治措施.....37

6.1 地质灾害危险性综合评估原则与量化指标的确定.....37

6.2 地质灾害危险性综合分区评估.....37

6.3 建设场地适宜性分区评估.....39

6.4 防治措施.....39

7 . 结论与建议.....41

7.1 结论.....41

7.2 建议.....42

附 件：

照片集	3 张
2.地质灾害分布及危险性综合评估分区图（1：50000）	11 张

绵阳—重庆公路绵阳至遂宁段
建设用地地质灾害危险性评估报告

报告编写单位：四川省地质工程勘察院

项目负责：

技术负责：

报告编写：

审 核：

总工程师：

院 长：

提交单位：四川省地质工程勘察院

资质等级：地质灾害防治勘察甲级

证书编号：国土资[环]勘资字第（2211013）号

提交报告时间：二〇〇五年七月