

一、前言

(一) 工程概况

受***的委托，****承担了****边坡的地质调查工作。

本次地质调查工作是在***公司测量队提供的地形图基础上进行的。边坡调查的范围为：西至**，东至**公路，北至**。南北长 350m，东西宽 100m。

我公司于 2005 年 7 月 6 日~2005 年 7 月 22 日，派技术人员前往实地对该边坡进行了地质调查，完成 1: 500 工程地质调绘 0.04KM²，地质点 38 个，探井 22.20m/7 个，实测工程地质剖面图 500m/7 条，测量控制点 6 个，1: 500 地形图修测 0.02KM²，地质点测量 25 个。

二、场地工程地质条件

(一) 场地概况及地形地貌

拟建场地位于**，***公路可直达场地，交通方便。

场地属低中山侵蚀沟谷斜坡地貌，****呈“v”字型，在该段处于南北走向，冲沟切割较深，总体地势东高西低，边坡调查段为弄弄沟左侧向西倾斜的斜坡段。该斜坡下部为 12~38m 的陡崖，坡度角 50°~72°，局部为 32°~38°，上部斜坡较缓，坡度角 28°~36°，局部 20°左右。场地高程在 1104.36m~1190.59m 之间，相对高差 86.23m。

(二) 地层岩性

根据工程地质调查，场地内出露地层主要有：第四系全新统杂填土(Q₄^{ml})、素填土(Q₄^{ml})、含碎块石粉质粘土(Q₄^{e1+dl})、崩积块石土(Q₄^{col})、基底为华力西晚期角闪正长岩(ξ₄²)，各岩土层特征分述如下：

①、第四系全新统杂填土(Q₄^{ml})：灰黑色，黑色，主要由攀钢辅料厂工业废渣组成，含少量块碎石，粒径一般 120~250mm。稍湿~湿，松散~稍密。分布于场地北侧缓坡地段。厚度约 6.00~8.00m 之间。

②、第四系全新统素填土(Q₄^{ml})：黄灰色，黄褐色，主要由强~中等风化角闪正长岩碎块石及粉质粘土组成。稍湿~湿，松散~稍密。分布于场地东侧及西侧，回填时间约 0~12 年。探井揭露厚度在 1.20~3.50m 之间。

③、含碎块石粉质粘土(Q₄^{e1+dl})：灰色、灰褐色，含 15%~45% 强~中等风化正长岩碎块石，粒径一般 100~350mm，少量 20~100mm，最大约 3800mm。稍湿~湿，可塑。结构不均，局部块石富集。分布于边坡中上部，呈南北向带状分布。探井揭露厚度在 0.00~3.00m 之间。

④、崩积块石土(Q_4^{col}): 灰绿色, 主要由强~中等风化角闪正长岩块石组成, 粒径一般 200~1800mm, 少量 20~180mm。干, 松散。厚度约 0.60~3.00m。仅见 4-4'剖面坡角处。

⑤、中~微风化角闪正长岩(ξ_4^2): 灰色, 灰绿色, 矿物成分主要为正长石、角闪石及少量辉石、石英等, 半自形粒状结构, 角闪石往往呈斑晶状产出, 块状构造。节理裂隙极发育, 主要以构造节理为主, 风化节理裂隙较少, 构造节理裂隙面平直光滑, 沿长、延深在 30~50m 左右, 节理面见有矿物变质泥化现象, 及铁锰质充填物。以剪节理为主, 顺坡节理发育, 逆坡节理较少。节理裂隙相互交错切割, 岩体被切割成大小不等的结构体。

(三) 水文地质条件

1、地表水: 经工程地质调查, 地表水主要分布于场地北段和南段。北段 7-7' 剖面附近地表水主要为炳清路西侧居民生活用水无絮, 顺坡排放, 向西流出场地, 少量入渗到岩体。该地表水水量小, 对边坡未构成冲刷破坏。南段地表水为弄弄坪居民生活污水, 经排污设施穿过炳清路后向南经陡崖顺坡排入三号高炉场地内排污沟排出场地。

2、地下水: 场地内地下水主要为南部坡脚处的F1 断层破碎带的断层水和北部陡崖基岩裂隙泉水。F1 断层破碎带涌水量约 8~12m³/d, 水质清澈透明, 无味, 水温约 18° C; 泉水水量小, 约 5m³/d, 水质清澈透明, 无味。参见照片 1。

(四) 地质构造及地震烈度

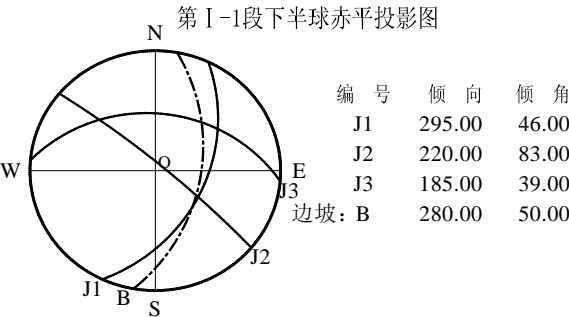
场地处于川滇南北向构造带中部相对的稳定区, 区域构造以南北向断裂为主。场地处于北北东向弄弄沟断层西侧附近, 在场地南侧发现有一逆断层(F_1), 产状为 257° ∠58°, 地表出露长 23m, 破碎带宽 0.60~0.80m, 两端被填土和含块石粉质粘土覆盖, 破碎带由强风化角闪正长岩角砾构成, 破碎带内有泉水涌出, 水量约 8~12m³/d, 断层断距不清, 上盘岩性为强风化角闪正长岩, 下盘为微风化角闪正长岩, 破碎带通过地段地表形态为狭长沟槽。

三、边坡稳定性分析评价

本次调查边坡长 350m, 宽约 100m, 边坡走向近南北向, 坡向向西, 边坡高度 70~80m。现场地分为岩质边坡陡崖区和岩土质边坡斜坡区。岩质陡坡高 12~38m, 坡度角 50° ~72°, 出露角闪正长岩, 地貌上形

成陡崖，顺坡节理发育，在崖壁上发育有多处危岩，部分危岩已崩落；岩土边坡斜坡区植被发育，坡度角一般在 $28^{\circ} \sim 36^{\circ}$ 之间，局部地段在 20° 左右，宽缓地带被用作为耕地，地层组成为素填土和含碎块石粉质粘土，下伏为角闪正长岩体。地表未发现滑塌、地裂缝等不良地质现象。自然边坡整体产生滑动的可能性极小，但部分段在气候、雨水及风化作用的影响下，发生崩塌的可能性是存在的。根据边坡的工程地质条件，分段对边坡的稳定性作分析评价。分段及节理裂隙资料统计见表 1：

第 I -1 段：该段边坡长 90m，坡向 280° ，高 26m~32m，坡度角 $50^{\circ} \sim 62^{\circ}$ ，发育有危岩两处（已清除）。根据节理赤平投影图，对边坡稳定性作如下评价：



J1倾向与坡向呈顺坡向小角度相交，倾角小于坡角，为不稳定结构；J2倾向与坡向大角度相交，倾角大于坡角，为基本稳定结构；J3倾向与坡向近直交，为基本稳定结构。边坡局部节理裂隙发育地段，容易产生掉块或局部塌落现象。该段边坡原有危岩已清除，但该边坡存在顺坡节理和倾向坡外的不利结构体，建议对该段边坡中部地段进行锚钉喷砼挂网封闭。参见照片2。

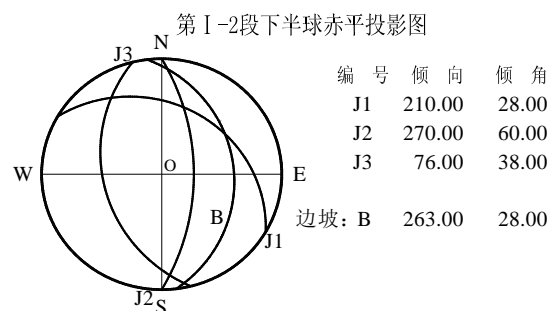
第 II -1 段：该段边坡长约 20m，坡向 302° ，坡度 $32^{\circ} \sim 35^{\circ}$ ，表层为含碎块石粉质粘土和素填土，下伏角闪正长岩。该段边坡自然坡度角较缓，无地下水和地表水，自然边坡处于稳定状态。为防止边坡覆盖层掉块建议在坡脚修建挡墙，并在墙顶修建防护栏。

第 I -2 段：该段坡脚长约 13m，坡向 263° ，为修建架空管道基础开挖时形成，开挖高度 7.90m。根据节理赤平投影图，对边坡稳定性作如下评价：

边坡分段节理裂隙统计表

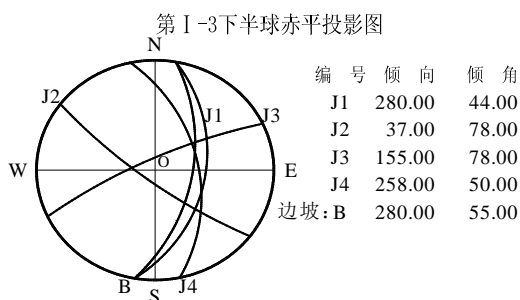
表 1

分段 编号	边坡类型	长度 (m)	高度 (m)	边坡坡向 (°)	边坡坡度 角(°)	面积 (m ²)	节理统计	备注
I-1	岩质边坡	90	26~32	280	50~62	220	295° ∠46° , 1~2 条/m, 长约 30m, 延深约 40m, 紧闭平直, 无充填物; 220° ∠83° , 2~3 条/m, 长约 20m, 延深约 15m, 紧闭平直, 无充填物; 185° ∠39° , 2~3 条/m, 长约 25m, 延深约 10m, 紧闭平直, 无充填物;	顺坡节理
II-1	岩土边坡	20	/	302	35		表层为碎石土, 厚度 0.50~2.50m, 植被发育, 下伏强风化正长岩;	
I-2 II-1	下段岩质 上段岩土	13	7.9 /	263	72 28~32		210° ∠28° , 3~4 条/m, 长约 50m, 延深约 30m, 光滑, 无充填物; 270° ∠60° , 3~3 条/m, 长约 50m, 延深约 40m, 见铁锰质膜; 76° ∠38° , 2~3 条/m, 长约 15m, 延深约 5m, 见铁锰质膜;	顺坡节理 反坡节理
I-3	岩质边坡	38	25~38	263	48~67	1020	280° ∠44° , 3~4 条/m, 长约 50m, 延深约 30m, 见铁锰质膜; 37° ∠78° , 2~3 条/m, 长约 20m, 延深约 15m, 泥质填充; 155° ∠78° , 2~3 条/m, 长约 50m, 延深约 30m, 光滑, 无充填物; 258° ∠50° , 3~4 条/m, 长约 30m, 延深约 20m, 光滑, 见有擦痕;	顺坡节理 反坡节理 顺坡节理
I-4	岩质边坡	26	28~33	280	52	790	205° ∠45° , 3~3 条/m, 长约 40m, 延深约 40m, 光滑, 泥质填充; 123° ∠80° , 1~2 条/m, 长约 30m, 延深约 30m, 光滑, 泥质填充; 253° ∠75° , 2~3 条/m, 长约 30m, 延深约 20m, 光滑, 泥质填充;	反坡节理 顺坡节理
I-5	岩质边坡	37	28~32	280	50~71	上部锚索面积 463, 中部支撑面积 280, 下部面积 180。	210° ∠28° , 3~3 条/m, 长约 50m, 延深约 30m, 见有褐黄色薄膜; 270° ∠60° , 2~3 条/m, 长约 50m, 延深约 40m, 光滑, 泥质填充; 76° ∠38° , 2~3 条/m, 长约 15m, 延深约 8m, 见有褐黄色薄膜;	顺坡节理 反坡节理
I-6	岩质边坡	23	12~20	280	39~68	490	207° ∠30° , 2~3 条/m, 长约 40m, 延深约 20m, 光滑, 无充填物; 160° ∠76° , 3~4 条/m, 长约 20m, 延深约 15m, 光滑, 无充填物; 283° ∠59° , 1~2 条/m, 长约 30m, 延深约 15m, 光滑, 无充填物; 90° ∠20° , 2~3 条/m, 长约 15m, 延深约 10m, 光滑, 无充填物;	顺坡节理 反坡节理



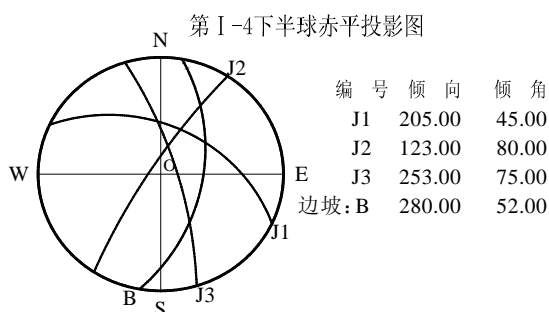
J1 倾向与坡向呈 53° 大角度相交，为基本稳定结构；J2 倾向与坡向基本一致，结构面倾角小于坡角，为不稳定结构；J3 倾向与坡向相反，为稳定结构。此三组节理相互切割，呈碎裂状结构，边坡容易产生掉块、崩落等现象。由于新开挖边坡高度较小，建议采用护坡挡墙，防止掉块冲击架空管线。

第 I-3 段：该段边坡长 38m，坡向 280° ，主要为中等~微风化角闪正长岩组成的岩质边坡，高 25~38m，坡度 $48^\circ \sim 67^\circ$ 。中部形成鹰嘴岩，内凹深度约 1.50~3.00m，在坡脚堆积有崩塌体，体积约 35m^3 。根据节理统计调查，结合边坡坡向，作出节理赤平投影图，对边坡稳定性作如下评价：



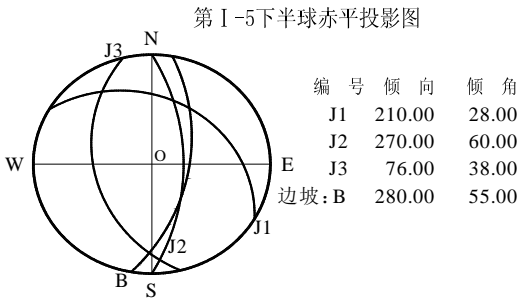
J1 倾向与坡向一致，结构面倾角小于坡角，为不稳定结构，容易发生滑塌；J2 倾向与坡向反向，为稳定结构；J3 倾向与坡向大角度相交，结构面倾角大于边坡坡角，为基本稳定结构；J4 倾向与坡向顺向呈 22° 小角度相交，结构面倾角小于坡角，为不稳定结构。凹出岩体在长期渗水和风化的作用下，凹出岩体易沿 J1 节理面产生崩塌或滑落，建议对该段边坡凹出的岩石下部采用锚钉挂网喷射混凝土支护，上部采用锚索加固岩体。

第 I-4 段：该段长 26m，坡向 280° ，高 28~33m，坡角 52° ，该段为光滑的坡面。根据节理统计调查，结合边坡倾向，作出节理赤平投影图，对边坡稳定性作如下评价：



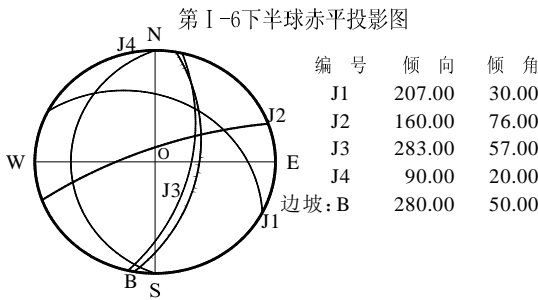
J1 倾向与坡向大角度相交，结构面倾角小于坡角，为基本稳定结构；J2 倾向与坡向反向 80° 陡倾，为基本稳定结构；J3 倾向与坡向顺向小角度相交，结构面倾角大于边坡坡角，为基本稳定结构。岩体在三组节理相互切割，形成笑块体易发生掉块，建议对该段边坡进行锚钉喷砼挂网处理。参见照片 3。

第 I-5 段：该段边坡长 37m，坡向 280° ，主要由中等~微风化角闪正长岩构成的岩质边坡，边坡高 28~32m，坡度角 $50^{\circ} \sim 71^{\circ}$ ，坡面凹凸不平，自南向北从坡脚至陡崖中部发育有一组反倾节理和一组顺坡节理，下部岩块崩塌后形成岩棚，内凹深度约 3.50~5.00m，高度约 4.30~16.30m，已形成危岩。岩棚处有裂隙水浸出，滴水面积约 100m^2 。根据节理裂隙调查，结合边坡倾向，作出节理赤平投影图，对边坡稳定性作如下评价：



J1 倾向与坡向 70° 大角度相交，结构面倾角小于边坡坡角，为基本稳定结构；J2 倾向与坡向顺向 10° 小角度相交，为不稳定结构，容易产生滑塌；J3 倾向与坡向反向，为稳定结构。岩体在三组节理相互切割下形成大块体，岩体在 J2、J3 的切割下，易沿 J2 节理面滑落，该段岩棚既由上述原因形成，必须对该段进行综合治理。建议对岩棚段进行挡墙支挡或采用钢筋砼柱进行支撑，在岩棚上部采用锚索喷射混凝土进行加固处理，防止凹出岩块掉块，锚固深度宜大于 25m。参加照片 4。

第 I-6 段：该段边坡长 23m，坡向 280° ，边坡高 8~19m，坡角 $35^{\circ} \sim 68^{\circ}$ ，坡面凹凸不平。根据节理裂隙调查，结合边坡倾向，作出节理赤平投影图，对边坡稳定性作如下评价：



J1 倾向与边坡倾向大角度相交，结构面倾角小于坡角，为基本稳定结构；J2 倾向与坡向呈反向大角度相交，结构面倾角大于坡角，为基本稳定结构；J3

倾向与坡向基本一致，为不稳定结构；J4 倾向与坡向呈反向，为稳定结构。四组节理相互切割后，岩体被节理切割成块状体，容易产生掉块。建议采用锚钉喷射混凝土封闭处理。

四、结论与建议

1、调查边坡主要地层由中等~微风化角闪正长岩组成，边坡顶部为第四系覆盖层，强风化层厚度较小，边坡整体稳定，由于角闪正长岩掩体发育有 3~4 组构造节理，节理裂隙发育段易产生掉块和局部崩塌，需对该段边坡不同地段采取不同的治理措施。

2、边坡分段治理方案见表 2：

3、F1 断层上盘为强风化角闪正长岩，节理发育，岩体呈散体镶嵌碎裂状结构，破碎带宽 0.60~0.80m，由断层角砾和少量断层泥构成，结构松散，抗剪强度低。在该断层上盘与新修建的排洪沟之间，建议修建锚索进行支挡，断层附近锚固深度应进入 F1 下盘微风化角闪正长岩一定深度，并设置泄水孔。

4、根据临近工程经验，提供各岩、土层主要物理力学参考值见表 3：

岩土主要物理力学指标参考值表

表 3

岩土 名称	指标	重度 γ (KN/m ³)	压缩模量 Es (Mpa)	内聚力 C (Kpa)	内摩擦 角 ϕ (°)	结构面抗剪强度		承载力特 征值 f_{ak} (Kpa)	基底对 砂摩擦 系数 μ	水泥砂浆与岩 土间粘结强度 f_{tb} (Kpa)
						C (Kpa)	ϕ (°)			
素填土		17.80	4.50	/16	19	/	/	130	0.20	18
含碎石粉质粘土		18.40	7.50	16	22	/	/	200	0.30	30
强风化 角闪正长岩		22.00	30	40	36	20	13	500	0.45	160
中等风化 角闪正长岩		25.50	2.8×10^4	110	50	50	28	1100	0.60	400
微风化 角闪正长岩		27.50	3.5×10^4	200	60	90	32	2000	0.70	750
说明：1、水泥砂浆为M ₃₀ ； 2、中等、微风化角闪正长岩的压缩模量指标为弹性模量指标。										

5、根据区域水文地质资料和附近建筑经验，地下水对砼无腐蚀性。

6、边坡北部（7-7'）剖面附近因民用水常年向坡下排放，地表水下渗对边坡造成不良影响，建议在该处修建排洪沟。

边坡治理方案建议表

表 2

分段编号	边坡类型	安全等级	边坡长度(m)	边坡高度(m)	边坡工程地质条件					治理措施	治理面积(m ²)
					岩性及风化程度	岩体结构类型	结构面特征	水文地质条件	危害类型		
I-1	岩质边坡(Ⅱ类)	一级	90	26~32	中~微风化角闪正长岩。	整体、块状结构	发育有三组节理,顺坡节理较发育,节理宽度小于1mm,无充填物,结构面结合好。	北部崖脚处有少量地表滴水,南侧F1涌水。	①、崩塌或掉块(参见平面图)。	①、对该段边坡中部地段进行锚钉喷砼挂网封闭。	220
II-1	岩土边坡	一级	20		表层0.5~2.50m为含块碎石粉质粘土,下伏强风化角闪正长岩,厚约2.50~4.00m。	块状结构		无地表水和地下水	①、地表覆盖层滚石。	①、建议在坡脚修建挡墙,并在墙顶修建防护栏。	挡墙长20m,高5~6.5m。
I-2	岩质边坡(Ⅲ类)	一级	13	7.9	强~中等风化角闪正长岩,其中强风化层后约3.80m。	块状、碎裂结构	发育有三组节理,顺坡节理发育,其中两组见有铁锰质充填物,节理面结合一般。	无地表水和地下水	①、掉块或局部崩落。	①、由于新开挖边坡高度较小,建议采用护坡挡墙。防止掉块冲击架空管道。	挡墙长13m,高10m。
I-3	岩质边坡(Ⅲ类)	一级	38	25~38	中~微风化角闪正长岩。	块状、碎裂结构	发育有四组节理,顺坡节理发育,其中有一组见有铁锰质充填物,节理相互切割岩体呈楔型节理,节理面结合较差。	无地表水和地下水	①、岩棚上部岩体易产生顺坡崩塌或滑落。	①、建议对该段边坡下部采用锚钉挂网喷射混凝土支护;上部采用锚索加固岩体,锚固深度宜大于25m。	1020
I-4	岩质边坡(Ⅱ类)	一级	26	28~33	中~微风化角闪正长岩。	块状结构	发育有三组节理,顺坡节理较发育,泥质充填,张开小于1mm,节理面结合较差。	无地表水和地下水	①、掉块及局部塌落。	①、锚钉挂网喷射混凝土支护。	790
I-5	岩质边坡(Ⅲ类)	一级	37	28~32	中~微风化角闪正长岩。	块状、碎裂结构	发育有三组节理,顺坡节理发育,其中有一组见有铁锰质充填物,节理相互切割岩体呈楔型节理,节理面结合较差。	岩棚顶部滴水,滴水面积约100m ² 。	①、危岩; ②、掉块或局部滑塌。	①、建议对岩棚段进行挡墙支挡或采用钢筋砼柱进行支撑,在岩棚上部采用锚索喷射混凝土进行加固处理,防止岩体掉块,锚固深度宜大于25m。	上部锚索面积463,中部支撑面积280,下部面积180。
I-6	岩质边坡(Ⅱ类)	一级	23	12~20	中~微风化角闪正长岩。	块状、碎裂结构	发育有四组节理,顺坡节理较发育,无充填物,节理张开度小于2mm,节理面结合一般。	无地表水和地下水	①、掉块或局部崩落。	①、锚钉挂网喷射混凝土支护。	490

注: I-5 钢筋混凝土柱基础建议采用桩基础或锚杆基础,锚固深度要满足相关规范要求。

五、照片



照片 1: F1 断层



照片 2: 第 I-1 段



照片三：第 I -4 段



照片四：第 I -5 段