陕西省镇坪县竹溪河街滑坡勘察与稳定性分析

杨鲁飞　张晓明　祝岁吾
(西北有色勘测工程公司)

摘　要　介绍了滑坡勘察的方法与手段、滑坡区的工程地质特征,对滑坡体的特征以及成因进行了分析,通过计算对该滑坡的稳定性进行了定性评价。

关键词　滑坡　勘察　稳定性分析

竹溪河街滑坡位于镇坪县城西部竹溪河与南江河交汇处的竹溪河街后山斜坡上,地貌单元属中山区斜坡段,坡下间断分布有南江河Ⅰ、Ⅱ阶地。坡脚因修筑楼房形成人工护坡陡坎(二级人工挡墙,高8～12m),自然坡面倾向95°～150°,坡度为28°～42°,坡面现为退耕地,植被稀疏。斜坡后缘树林茂密,自然坡度陡峻,坡度约60°左右,偶见岩质陡坎。坡脚(街道)地面标高897m,山脊标高1164 m,高差267m。2003年8月30日至9月8日连降大雨,竹溪河街后山斜坡出现滑坡险情,坡脚下7户居民的楼房遭到严重破坏。该滑坡平面图见图1。

1　勘察方法与手段

(1) 工程地质测绘:现场利用1∶1000地形图作为底图,采用追索法,测绘范围包括踏勘圈定的滑坡体及周边地区,测绘面积约0.2km^2。测绘内容包括:第四系地层的地貌单元、成因类型、基岩的地层岩性、产状;地下水体特别是滑坡体泉点、渗水点及民井;滑坡范围、规模、性质;坡脚建筑物的变形破坏特征。

(2) 勘探工程:在滑坡体上顺滑向布置3条勘探线,共20个勘探点,其中钻孔12个,探井2个,探

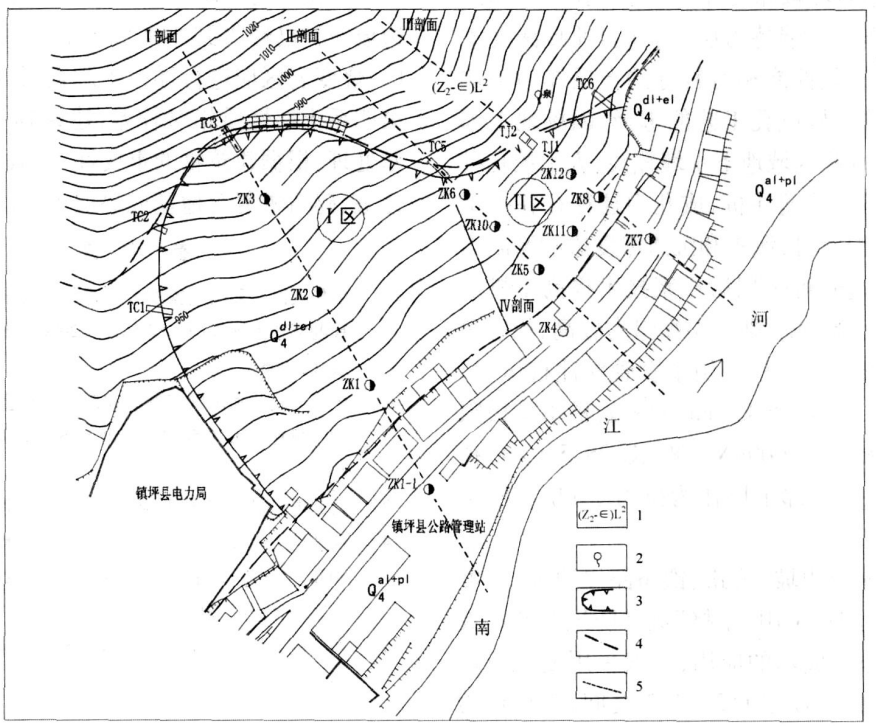


图1　滑坡区平面图

1—震旦—寒武系炭质板岩　2—泉点　3—滑坡边界　4—地质界线　5—滑坡分区界线

收稿日期〕 2007-6-06

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

槽 6个,通过工程手段查明滑坡体的地层结构以及岩土体的性质,重点查实滑动面的埋藏深度和滑面、滑床的性质、特点。查明地下水水位以及地下水的性质。

(3) 简易提水试验:为查明滑坡体中含水层的富水性及渗透性,在坡体前缘 2个钻孔中进行了简易提水试验,提水试验孔均埋设 PVC过滤管,提水试验结束后可作为水文观测孔使用。

(4) 现场实测滑坡土体天然容重:为了取得准确的滑坡计算容重参数,现场实测了 3处滑坡土体的天然容重。

(5) 现场及室内岩、土、水试验:为了获取滑坡岩土体的物理力学性质指标,在钻孔中采用厚壁取土器重锤少击法采取不扰动土样,取样间距一般为 1.00～2.00m,局部连续取样。不扰动土样主要进行了常规项目试验、天然状态及饱和状态的快剪。无法采取原状土试样的地层,在钻孔中均取扰动土样,主要进行天然状态和饱和状态的残余抗剪强度等试验。在地表及探槽、探井、钻孔中均采取了岩样,进行了常规及抗压强度试验。对碎石土进行颗粒分析试验。为评价坡体地下水对混凝土结构及钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性,采取水样进行了水质简分析。

(6) 坡体变形监测:勘察时利用坡体前缘 ZK10号孔埋设特制 PVC测斜管并设孔口保护钢管,作为今后长期变形监测孔。

2 滑坡区工程地质特征

2.1 地层岩性

据工程地质测绘及勘探钻孔揭露,坡体地层主要有第四系 (Q_4)冲洪积及坡残积堆积物、震旦—寒武系鲁家坪组 (Z_2 - $\in_1$)L_2以炭质板岩、泥钙质板岩为主。

(1) 第四系松散粘性土类:主要为耕植土 (Q_4^{ml})、第四系冲洪积粉质粘土 (Q_4^{al+pl})、第四系坡残积粉质粘土 (Q_4^{dl+el})等。①$_1$层耕植土 (Q_4^{ml}),厚度 0.5～2.0m,主要出现在竹溪河街道一带;①$_2$层粉质粘土 (Q_4^{dl+el}),主要分布在滑坡体中上部,是构成滑坡体的主要地层。厚度 1.20m～27.80m,层底标高 897.60m～950.90m;①$_3$层粉质粘土 (Q_4^{al+pl})厚度 0.90～5.50m,层底标高 892.50m～999.20m;①$_4$粉质粘土 (含砾)主要分布在滑坡体前缘坡脚地带,揭露厚度 2.50～4.50m,层底标高 888.40m～895.20m。

(2) 较硬的碎屑浅变质岩类:工作区基岩以浅变质板岩 (地层编号 ②)为主,倾向一般为 20°～55°,倾角 36°～61°。中～弱风化。干燥抗压强度 46～149MPa,饱和抗压强度 21～54MPa,平均为 37.9MPa,按强度分为较硬岩石。软化系数 0.44～0.63,属易软化岩石。

2.2 地下水特征

勘察期间坡体前缘及中部的钻孔均见到地下水,钻探揭露,地下水含水层为基岩面附近碎石含量比较高的粉质粘土及强风化的基岩。上部坡残积粉质粘土为透水性较弱的相对隔水层,下部板岩为隔水层,地下水具有一定的承压性质,属第四系松散层承压水。由于含水层坡度陡,钻探揭露到含水层时,水位会上升到一定的水头高度。勘察时钻孔水位上升 2.60～6.90m。地下水主要靠大气降水补给,水位、水量受季节影响比较大,雨季补给充沛,上覆地层饱水后重量增大,地下水水头压力变大。地下水通过基岩面顺层面侧向径流,以大气蒸发和渗流入南江河为主要排泄方式。通过钻孔简易提水试验获得 ZK11钻孔涌水量 4.2m^3·d^{-1},渗透系数 K = 0.11m·d^{-1}, ZK12钻孔涌水量 4.2m^3·d^{-1},渗透系数 K = 1.79m·d^{-1}。

3 滑坡体特征及成因分析

3.1 滑坡体特征

经过勘察确定,滑坡的主轴方向为 125°～145°,宽度范围:西起镇坪县电力局,东至竹溪河街 14号,宽 200m,长 300m左右 (见图 1),前缘为竹溪河河谷阶地,据地形地貌特征,及活动性特点看,可将该滑坡分为 Ⅰ、Ⅱ两个亚区。

Ⅰ区位于西南侧,范围较大,滑坡主轴方位 145°,长 120m,宽 130m,坡度 22°～38°。坡面为退耕地,植被稀疏。据钻孔揭露,堆积层厚度 0～27.8m,三个钻孔均未见地下水,堆积层与基岩接触部位未见明显含水量增加现象。前缘未见基岩出露,街道上内侧房屋未见裂缝报告。未发现堆积层中的相对软弱层面,坡面上未发现裂缝及错坎,2003年汛期至今没有发现滑动迹象。

Ⅱ区位于东北侧,滑坡主轴方位 125°,长 50m,宽 70m,坡度 36°～45°。坡面植被相对较密,坡面未发现裂缝及错坎。坡脚临街建筑后均有二级人工挡墙,高 8～12m。中部挡墙上见明显的渗水现象。7户居民房屋发现有斜裂缝,其中有两户后院隔墙亦见有裂缝。位于坡面的钻孔 ZK5、ZK6、ZK8、ZK10、ZK11及 ZK12均见到地下水,初见水位较低,稳定水位均有大幅度上升现象,上升幅度 2.6m～8.8m;

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

探槽 TC5、TC6揭露,堆积层与基岩接触部位可见明显含水量增加现象,在 II区外围北东方向见有泉水渗出。

由以上特征圈定滑坡要素、类型及规模如下:

(1) 滑坡范围:滑坡后壁为板岩岩面,岩面走向 45°,倾角近直立,岩面上见有揉皱、硅化迹象。探槽揭露滑坡后缘土层厚度逐渐变薄,直至基岩出露。滑坡体两侧也有明显的坎状岩质边界,坎高 1～2m,坎上为基岩基本出露,故以此为推测滑坡边界。

(2) 推测滑动面:钻探揭露尚未发现明显的滑动面特征,最有可能发生的滑动面有两种:一种是基岩与第四系的接触面,该面土层结构杂乱,土层色谱变化异常,含水饱和,具有滑动的潜在条件;另一种是 ①$_2$ 层粉质粘土中碎石含量比较高的土层与碎石含量比较低的土层接触带软弱夹层,该层土碎石含量高,土质粘性好,土的状态以可塑、软塑为主,容易产生滑动,为推测的滑动面。则滑床也由两部分构成:滑体上部、中部第 ②层板岩为滑床,滑坡前缘地带滑体沿 ①$_4$ 层粉质粘土 (含砾)为滑床。

(3) 剪出口:根据房屋被推剪破坏的位置及特征,可以确定剪出口位置在滑坡前缘人工护坡脚底。

(4) 滑坡类型及规模:勘察结果表明该坡体上方 (后缘)尚未发现整体移动变形的证据,但前缘发生了蠕动变形,坡体中存在可能发生滑动的软弱面,构成滑体的物质成分以第四系坡残积、冲洪积粉质粘、卵 (碎)石为主,厚度 0～27m, I区 370000m^3、II区 60000m^3,因此该滑坡类型属潜在堆积层滑坡,其规模属中型中层滑坡。

3.2 滑坡成因分析

该滑坡体坡面植被稀少,坡面倾向 95°～145°,自然坡度 28°～42°。滑坡后缘普遍存在高 1～2m 的自然坎,后壁陡立,滑坡两侧边界有冲沟分布;前缘坡脚临街段存在建筑时开挖形成 8～12m 的直立陡坡,形成高临空面;坡体第四系松散层厚 (6.30～24.60m);坡体地下水基本沿岩面分布、渗流排泄,居民自建挡墙无排水、泻水系统,降雨季节,连续性降水使挡墙后及上部坡体第四系土体饱水后容重增大,下滑力增加,同时滑动带粉质粘土凝聚力减小,抗剪强度降低。以上原因,使斜坡体重力失去平衡,重力失稳造成坡体蠕动变形。

4 滑坡稳定性评价

4.1 坡体整体稳定性定性评价

根据前节对该滑坡的整体特征定性分析认为,整个滑坡体地形坡度大,坡面植被稀少,坡脚地带沿街均存在人工开挖形成高边坡临空面,整体稳定性差。 I区坡体中上部未见地下水,相对于 II区其稳定性稍好,暂时处于相对稳定状态, II区滑坡处于不稳定状态,遇连续强降雨或其他动力作用将会继续蠕动变形,直至滑塌或整体滑移。

4.2 斜坡稳定性验算与评价

(1) 计算断面及计算模式的选取:计算断面选择三个勘察剖面,计算模式采用折线法。由此概化出稳定系数计算简图。

(2) 计算参数及条件:根据岩土物理力学参数试验统计结果,抗剪强度指标采用推测潜在滑动面上的残余抗剪强度指标,并结合前人经验值综合确定。天然容重采用现场实测数据,饱和容重根据理论计算而得。

I剖面 (I区):

天然状态: ①$_2$ 层滑动面粘聚力 c = 36kPa,内摩擦角 φ = 29°,滑体土 r = 20.1kN·m^{-3}。

饱和状态: ①$_2$ 层滑动面粘聚力 c = 32kPa,内摩擦角 φ = 27°,滑体土 r = 20.6kN·m^{-3}。

II、III剖面 (II区):

天然状态: ①$_2$ 层滑动面粘聚力 c = 25kPa,内摩擦角 φ = 25°,滑体土 r = 20.1kN·m^{-3}。

饱和状态: ①$_2$ 层滑动面粘聚力 c = 20kPa,内摩擦角 φ = 23°,滑体土 r = 20.6～20.7kN·m^{-3}。

计算不考虑地震影响,地下水在及岩面附近才见到,因此也未考虑地下水影响。

(3) 计算结果及评价:计算公式采用《岩土工程勘察规范》中的公式,计算结果见表 1。

表 1 斜坡稳定性验算结果

计算剖面编号		I—I′剖面	II—II′剖面	III—III′剖面
稳定系数 K_s	天然状态	1.21	1.15	1.25
	饱和状态	1.09	0.99	1.07

综合考虑《岩土工程勘察规范》和《建筑边坡工程技术规范》的规定,取 1.20作为坡体稳定性判别依据。则: I—I 剖面天然状态下的稳定系数等于 1.21,斜坡是稳定的,饱和状态下稳定系数 1.09,斜坡处于极限稳定状态; II—II 剖面天然状态下的稳定系数为 1.15,斜坡处于极限稳定状态,饱和状态下稳定系数为 0.99,斜坡不稳定; III—III′剖面天然状态下的稳定系数为 1.25,斜坡处于稳定状态,饱和状态下稳定系数为 1.07,斜坡处于极限稳定状态。结合 2003年汛期暴雨情况以及勘察综合分析,计算结果与实际情况基本相符合。

(下转第 76页)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

钻具简称套管)其长度分别为: 1m、2m、3m若干根。钻机就位方法:测量定点、铁桩固定、水准仪定钻入起始坡度。

钻孔之前做好准备工作根据钻孔设计长度将套管整齐摆放在钻机左侧,总长度要大于设计长度。开钻前要量出钻机至入土点的距离以便调整套管连接次序,实钻利用钻机的性能将套管钻(顶)入设计位置。钻孔到达设计位置后要用清水将套管内的尾矿粉和杂土冲洗干净后马上进行送过滤器工作。

(2) 过滤器制作:过滤器制作分为下料、钻眼、车扣、垫筋、缠丝、包土工布几个步骤。过滤器的孔隙率可按下式计算:

$$p = \frac{d^2 \times n}{40D} \times 100\%$$

式中: p:过滤器的孔隙率; d:滤孔直径/mm; n:单位米长度过滤器的滤孔数量/个; D:过滤器外径/mm。

根据外套管直径决定其过滤器的直径是ϕ89mm钢管,孔隙率宜选择19%以上,长度不能少于4m(考虑渗水效果)。过滤器连接在同直径同材质的钢管排水管上,其长度根据设计长度预先确定。

(3) 过滤器的安装:将加工好的过滤器及排水管摆放在钻机的右侧,待冲孔结束马上进入安装工作。首先将过滤器和排水钢管在套管口连接好,另将ϕ50mm内接手钻杆连接在过滤器的顶部冲水接头上,用钻机的内套装置逐根缓慢送入。当孔内阻力达到0.2MPa时要送水冲洗以减轻管内阻力。过滤器出ϕ159mm套管时要始终送水保证一次将过滤器送到设计位置。然后缓慢拔出ϕ159mm套管。

(4) 排水管连接:多个水平自流排渗井(孔)形成后进行连接。连接用钢管的直径要根据排渗井的数量选择,一般10眼井选择ϕ219mm钢管即可。排水管连接要根据设计要求决定是否再利用。

3.3 尾矿坝坝面维护

在保护尾矿坝安全工作中,尾矿坝坝面维护是十分重要的。水平自流排渗工程在施工过程中将坝面进行局部改动给坝体安全带来隐患,要求工程结束前必须迅速恢复以保证整体安全。

4 结语

通过尾矿坝水平自流排渗工程的实践得到的结果证明运用水平自流排渗方法降低尾矿坝浸润线施工技术是经济适用排渗效果明显的好方法。

作者通讯地址:辽宁省鞍山市铁东区五一路六十号东北岩土工程勘察总公司　邮编: 114002

(上接第74页)

天然状态下Ⅰ—Ⅰ′~Ⅲ—Ⅲ剖面处于稳定或极限稳定状态,但饱和状态下都具备蠕动变形的潜在危险。

5 结束语

(1) 镇坪县竹溪河街滑坡,是自然因素和人类工程活动共同造成的。较陡的坡度及斜坡上较厚的堆积层是内在条件,强降水是主要诱发因素,削坡建房是造成斜坡不稳定的人为因素。第四系冲洪积粉质粘土层遇强降雨饱和,土体容重增大,抗剪能力减弱,层间有相对软弱面;挡墙无泄水孔造成静水压力增大等诸因素共同影响形成该滑坡。

(2) 该滑坡为潜在中型堆积层滑坡。根据其地貌特征、危险程度将该滑坡分为西南侧的Ⅰ区和东北侧的Ⅱ区。经过稳定性计算,滑坡Ⅰ区天然状态下暂处于相对稳定状态,饱和状态下不稳定;滑坡Ⅱ区处于不稳定状态。

(3) 主要建议:对于该滑坡应采取坡面保护措施,退耕还林,停止在滑坡区坡面及下缘进行新的建房活动;继续作好监测工作,制订防灾预案。滑坡Ⅰ区修筑地表排水设施,防止地表水下渗和水土流失,尽可能使滑坡体土处于天然状态。滑坡Ⅱ区治理应以支挡为主,建议采用抗滑桩方案并在坡体后缘和前缘分别设截、排水沟。

(4) 堆积层滑坡滑带(滑面)土的抗剪强度很难通过室内实验准确获得,这类滑坡应进行野外大面积剪切试验。

参 考 文 献

[1] 常士骠,等. 工程地质手册(第三版). 北京:中国建筑工业出版社, 1992.

[2] 中华人民共和国建设部. 岩土工程勘察规范(GB50021-2001). 北京:中国建筑工业出版社, 2002.

[3] 中华人民共和国建设部. 建筑边坡工程技术规范(GB50330-2002). 北京:中国建筑工业出版社, 2002.

第一作者通讯地址:西安市雁塔路中段24号西北有色勘测工程公司　邮编: 710054

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net