不稳定斜坡治理工程工程
可行性争论报告

1　前言

1.1　任务由来

湘龙路四周存在不稳定斜坡，对于将来人类生产生活造成肯定影响，故对其进展勘察，并提出治理措施。

1.2　目的

初步查明不稳定斜坡的发育特征及成因机理，评估不稳定斜坡的稳定性及其进展趋势，提出治理工程方案，并对方案进展技术经济论证，为政府部门立项审批供给依据，为下步实施治理供给指导性意见。

1.3　任务

（1）初步查明不稳定斜坡的发育特征，造成的危害，分析不稳定斜坡的成因机理，评估不稳定斜坡稳定性，推测其进展趋势和潜在危害，充分论证不稳定斜坡的危害性和实施防治工程的必要性和迫切性；

（2）计算滑坡设计推力；

（3）提出二个滑坡治理方案，并分别进展可行性论证；

（4）对每一个治理方案进展具体设计计算和治理工程经费预算；

（5）进展治理工程效益评估。

（6）进展方案比选，并推选出最正确防治方案。

1.4　前人工作概况

1976 年，湖南省革命委员会地质局编制了《区域水文地质调查报告〔浏阳幅》，该报告为本次工作供给了气象水文参数和水文地质概况，1990 年，湖南省地质矿产局水文一队绘制了《长株潭地区水文地质图〔1:50000〕》，本区位于该图的北西角，初步查明白区内的地形地貌，2023 年，湖南工程职业技术学院编制了《湖南工程职业技术学院区环境地质及水文地质调查报告》，工作区位于该图南西角，该报告为本次工作供给了工

程地质和环境地质概况。

1.5　本次工作概况及质量评述

工作方法：首先进展野外调查，查明不稳定斜坡形成的地质环境条件，分析成因机理，然后计算滑坡推力，设计两套治理方案，最终编写可研报告，估量工作时间为两周，总人数为六人。

完成工作量：〔1〕收集前人资料：3 份〔2〕地质环境条件勘查：0.28 km2〔3〕倒塌调查：16 个〔4〕滑坡调查：3 个〔5〕断层调查：1 处〔6〕典型现象拍照：14 张〔7〕工作区地质环境条件图〔附治理工程平面布置〕〔1：5000〕：2 张〔8〕滑坡地质剖面图〔附治理工程平面布置〕〔1：200〕：2 张〔9〕治理方案大样图：2 份〔10〕设计治理工程的工程量计算书：2 份〔11〕工程预算表〔包括勘察工程、治理工程和监测预警工程〕：2 份

预期成果：湖南省长沙市湘龙路不稳定斜坡治理工程可行性争论报告

质量评述：工作区内不稳定斜坡数目较多，进展设计时，由于缺乏局部参数，故实行反演法计算岩土体参数，由于使用计算机准确计算滑块面积，所以精度较高，反演结果贴近实际状况，同时，该滑坡为楔形滑坡，承受赤平投影图分析其滑带，结果牢靠，另外，治理工程的设计严格遵守标准依据，因此，本此工作可以满足实际要求。

2　自然环境概况

2.1　工作区地理位置、交通及区域社会经济状况

2.1.1　工作区位置

工作区位于湖南省长沙市长沙县，距北东的湖南安全职业技术学院约 1300m，距南东向的山水湾约 1200m。东面接近万家丽北路，南面靠近湘龙路，万家丽北路与湘龙路交汇于山水湾处，故交通较便利〔见插图 1-1〕。

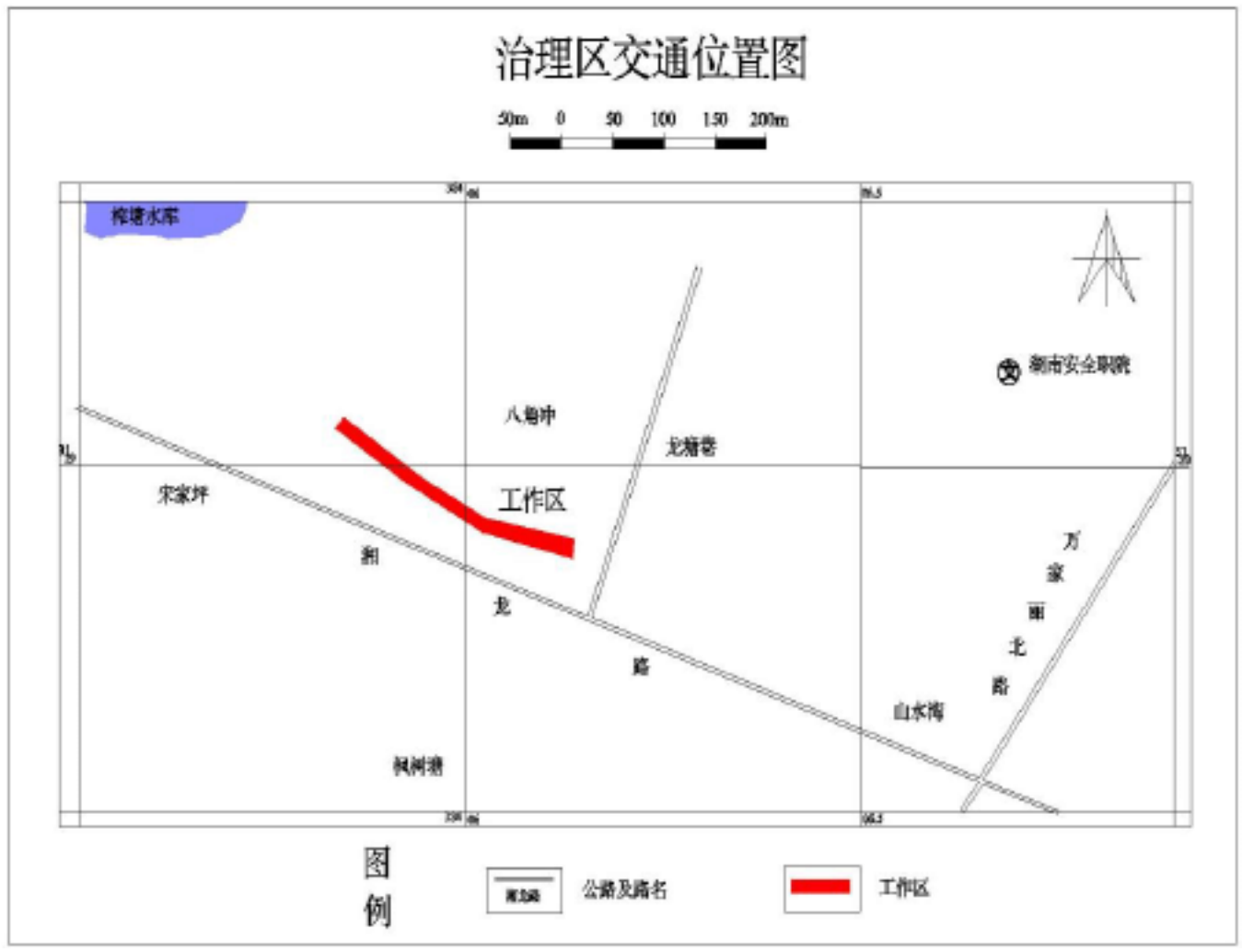


插图 1-1：治理区交通位置图

2.1.2 区域社会经济状况

该治理区位于长沙县北西部，区内居民为农民和城镇居民，四周有山水湾住宅区，交通便捷，城市化程度较大，四周农民主要种植水稻，同时还种植玉米、黄瓜等经济作物。

2.2 气象水文

2.2.1 气象

该治理区属亚热带季风潮湿气候区，夏天酷暑，冬少严寒，四季清楚。春末夏初多雨，夏末秋季多旱；春湿多变，夏秋多晴，严冬期短，暑热期长，年平均气温 16.8～17.2℃，极端最高气温为 40.6℃，极端最低气温为－12℃。年平均总降水量 1422.4 毫米，最大日降雨量 265mm〔1997.7.6~7〕，年降雨日142~164 天，雨量多集中于3~7 月。年均日照时数 1610~1700 小时，无霜期 280~300 天。夏季多东南风、冬季为西北风。

2.2.2 水文

该治理区属于捞刀河流域，捞刀河东距该滑坡约1200 m，据螺岭桥水文站和罗汉庄水文站的观测资料，捞刀河多年平均水位 23.45m，年最高水位 28.11m〔1959.6.3〕，最低水位 22.96m〔1959.6.3〕，捞刀河河床宽 100-150m，平均坡降 0.78%。捞刀河离工作区较远，因此对工作区影响不大。

2.3 地形地貌

工作区为基座阶地，微向河流倾斜，后期侵蚀作用猛烈，冲沟发育，深度一般为 12-16m，多呈 U 形，残丘标高一般为 40-85 m，坡度一般为 15-30°，后经过人工开挖，坡度达 76°，坡体植被较为发育，上覆更统的砾卵石土或粉质粘土，厚度一般为 4-5 米，下伏冷家溪群的板岩。

2.4 地质概况

2.4.1 地层岩性

区内出露的地层由到老，自上而下依次为不崩滑体积存层〔 Qgl〕、上更统层〔Q3〕、元古界冷家溪群板岩〔Ptl〕。各地层特征分述如下：

（1）崩滑体积存层〔Qgl〕：主要分布于不稳定斜坡体内，厚度为 5—22m，主要为强-中风化板岩，多呈松散块状，平均块径 25-27cm。

（2）上更统〔Q3〕：广泛分布于斜坡坡顶，具有明显的二元构造，上部为砖红色粉砂质粘土，厚度为 1-3.5 m，下部为砾卵石土，厚度为 0.8-4.1 m，砾石含量约 75%，磨圆度较好，多为土红色，局部风化，无定向排列，分选性一般，砾径大小均一，平均 0.7 厘米，成分主要为石英质。

（3）元古界冷家溪群〔Ptl〕：区内基底多为中风化板岩，多呈黄绿色，板状构造，变余砂泥质构造，局部板岩中含有铁锰质，断层以西产状为 240°<54°，断层以东产状为 195°<48°。

2.4.2 地质构造

工作区主要为单斜构造，总体走向为 285 °，断层以西产状为 240°<54°，断层以东产状为 195°<48°，在一号滑坡以东 19.2m 处发育有一条断层，走向为 183°，由于该露头出露状况较差，所以未进一步了解其性质。

2.4.3 水文地质

区内最上部为第四系上更统粉质粘土，多分布在残丘的顶部，厚度为 1-3.5 m，构成隔水层.

第四系上更统粉质粘土之下为第四系上更统砾卵石土，透水而不含水，属于透水层。

第四系上更统砾卵石土之下为中风化板岩，板岩节理裂隙发育，构成含水层，该含水层为承压水，埋深约 4-5m,平均水头高度约 15m。

中风化板岩之下为完整板岩，构成隔水层。

板岩风化裂隙水的主要补给来源是大气降水，次为浇灌水及鱼塘水的入渗补给，补给量随季节变化明显，，6-7 月份常消灭暴雨，水量易流失不易渗透，对地下水补给不利，而在低强度降雨的 3-5 月份，阴雨绵绵及梅雨季节雨量集中，易补给地下水，径流方向为由坡顶向坡脚流，其主要排泄方式为井泉，地下水动态明显，雨季时地下水位较高，旱季时地下水位较低，其水位差可达 2 m。

依据井泉观测资料，工作区平均单井水量为 1-2 吨/天，所以地下水富水程度极贫乏。

板岩风化裂隙水水化学类型简洁， ph 为 6-7，以重碳酸-钠镁型水为主，矿化度 0.01-0.2 克/升〔据《区域水文地质调查报告 浏阳幅》1976 年 湖南省革命委员会地质局〕。

2.4.4　工程地质

(1)岩土体特征

土体：区内主要土体为上更统砾卵石土，双层构造，上部为砖红色粉砂质粘土，厚度为 1-3.5 m，下部为砾卵石土，厚度为 0.8-4.1m，砾石含量约 75%，磨圆度较好， 多为土红色，局部风化，无定向排列，分选性一般，砾径大小均一，平均0.7 厘米，成分主要为石英质，由它们形成的边坡很稳定，地质灾难很少。

较软的砂质板岩岩性综合体：中风化，岩体呈较完整—较裂开，局部板岩含有铁锰质，节理裂隙较发育，构造面裂开，构成边坡主体，工作区内多处形成中小型倒塌、滑坡，且多数不稳定。

(2) 构造面特征

工作区内一、二级构造面不发育，主要发育三、四级构造面，现分述如下

三级构造面——层面：该构造面在板岩中较为发育，层面光滑平直，平均厚度约0.7m，厚层，局部层面有铁锰质充填，断层以西产状为 240°<54°，断层以东产状为195°<48°。

四级构造面——节理面，该构造面在板岩中较为发育，主要为三组：①283°<55°，节理面光滑平直且通常闭合，延长较远，多成群消灭，构成平行排列，局部节理面有铁锰质充填。②175°<45°，节理面光滑平直且通常闭合，延长较远，多成群消灭，构成平行排列或雁行排列，局部与第三组节理形成共轭的“x”型节理，局部节理面有铁锰质充填。③230°<78°，节理面光滑平直且通常闭合，延长较远，多成群消灭，构成平行排列或雁行排列，局部与第三组节理形成共轭的“x”型节理，局部节理面有铁锰质充填。

2.5 地震

依据《中国地震惊参数区划图》〔GB18306-2023〕，本区地震惊峰值加速度 0.05g，地震惊反响谱特征周期为 0.35S，地震根本烈度为 6 度区。

3 不稳定斜坡的发育特征、成因及稳定性分析

3.1 不稳定斜坡的发育特征

区内边坡总长 390m,其中，西壁长 50m, 平均高度 14m，平均坡度 85°，北壁长440m,平均高度 17m，平均坡度 75-85°发育有 19 个不稳定斜坡(可见照片 1)，主要为倒塌和滑坡〔可见表 2-1〕，滑坡主要发育在断层以西 19.2m、16.2m 和断层以东 42m,其余的地段为倒塌高发地段,现分述如下：

3.1.1 倒塌

区内倒塌现象发育，主崩方向 190°-205°，平均高 13.5m, 平均宽 19.3m, 平均厚10.9m, 平均体积为 2114.97m3,主要为三组节理所掌握①283°<55°，节理面光滑平直且通常闭合，延长较远，多成群消灭，构成平行排列，局部节理面有铁锰质充填。②175°<45°，节理面光滑平直且通常闭合，延长较远，多成群消灭，构成平行排列或雁行排

列，局部与第三组节理形成共轭的“x”型节理，局部节理面有铁锰质充填。③ 230°<78°，节理面光滑平直且通常闭合，延长较远，多成群消灭，构成平行排列或雁行排列，局部与其次组节理形成共轭的“x”型节理，局部节理面有铁锰质充填。区内倒塌的危岩体多为中风化板岩，平均标高 13.8 m，积存体呈倒锥形,坡度一般为 45-50°,个别 35-40°,积存体主要为中风化-强风化板岩，构造松散而杂乱、整体无层理、多孔隙，个别形成架空现象,大小混杂，大的约 20cm,个别可达 35 cm 以上,小的不超过 7cm.

3.1.2 倒塌

区内主要发育三个滑坡,且相隔不远，分述如下：

（1）滑坡 1

该滑坡呈圈椅状〔见照片 2〕，外表呈波状起伏，总体坡度约 45°，滑坡宽约 37m，斜长约 22.7m，滑体厚约 26m，体积 5910.66m3, 为小型岩质滑坡，主滑方向 200°，后壁高约 4.15m，近直立，为强风化板岩，不时有块石崩落，滑坡后缘发育有四组拉张裂隙，沿后壁呈环状分布，两盘有错落，错落高度平均为1 m，分述如后：①宽33cm,长 3 m，深 1.35 m ，未填充②宽 140cm,长 3.6 m，深 50cm ，未填充③宽 29cm,长 6m，深 1.25 m ，未填充④宽 6cm,长 2.4m，深 1.1m ，未填充。滑坡后缘还形成了滑坡凹地,凹地呈凹形，宽约 3.7 m,深约 1 m,无积水，凹地前发育有一级台阶〔见照片 3〕，阶地向内倾，倾角为 16°，平均长约 12.6m,平均宽约 4m，平均高 3.15m,近直立，滑床为中风化板岩，滑带为板岩板理与节理构成的构造面带，其倾向为 193°，倾角为 44°。滑体外表有一层从顶部滚落下来的上更统砾卵石，厚度约 5-6cm,磨圆度较好，局部风化，分选性一般，砾径大小均一，平均 0.6 厘米，成分主要为石英质,砾卵石下为板岩风化残坡积含块石土，产状紊乱，构造较松散，不稳定，偶有滑落，块石平均块径达 25-27cm，多呈黄绿色，普遍为强风化，坡体上无植被，细沟发育，贯穿整个滑坡体，平均宽约 0.7m,平均深约 0.5m，滑坡前缘压没了土地，压没面积约142m2，在雨季时，滑坡前缘多处有清水渗出。

（2）滑坡 2

该滑坡呈圈椅状〔见照片 3〕，主滑方向 187 °，外表呈波状起伏，总体坡度约 32 °，宽约 14.7m，斜长约 19m，滑体厚约 3m，体积 344.75m3, 为小型岩质滑坡，后壁高约 6m,近直立，滑体后缘长有灌木，滑床和滑体均为紫红色的强风化板岩和中风化的黄白色板

岩，滑带为板岩板理与节理构成的构造面带，其倾向为193°，倾角为 44°。滑坡体上无植被，积存物较松散，不稳定，偶有块石滑落，块石大小均一，平均约 17-18cm，构造松散，不稳定。

（1）滑坡 3

滑坡呈舌形〔见照片 4〕，主滑方向 203°，宽约 6.1m，斜长约 14.7m，滑体厚约 3.6m，体积 89.75m3，为小型岩质滑坡，总体坡度约 39 °，为顺层滑坡，后壁光滑，基岩暴露且向内倾，倾角为 78 °，滑体和滑床均为紫红色的强风化板岩，滑带为板理面，滑体上块石大小均一，平均约 1.3cm，构造松散，不稳定。

3.2 不稳定斜坡的成因分析

区内共发育有 16 个倒塌和 3 个滑坡，倒塌的成因机理根本全都，故放在一起分析，滑坡 1 和滑坡 2 均为楔形滑坡，而滑坡 3 为顺层滑坡，分述如下：

3.2.1 倒塌

地质因素〔内因〕：滑坡原始地貌类型为低矮残丘，坡度 27—30°。坡面为上更统砾卵石土，较疏松，透水性强，下伏基岩为板岩，板岩主要发育三组节理①283°<55°，节理面光滑平直且通常闭合，延长较远，多成群消灭，构成平行排列，局部节理面有铁锰质充填。②175°<45°，节理面光滑平直且通常闭合，延长较远，多成群消灭，构成平行排列或雁行排列，局部与第三组节理形成共轭的“x”型节理，局部节理面有铁锰质充填。③230°<78°，节理面光滑平直且通常闭合，延长较远，多成群消灭，构成平行排列或雁行排列，局部与其次组节理形成共轭的“x”型节理，其中，第一组节理与坡面平行，其次组节理和第三组节理常形成共轭的“x”型节理，这三组节理破坏了坡体的连续性，致使构造面更加裂开，大大增加了降水的入渗力量，加剧风化作用，使板岩强度降低，为崩落供给了有利条件

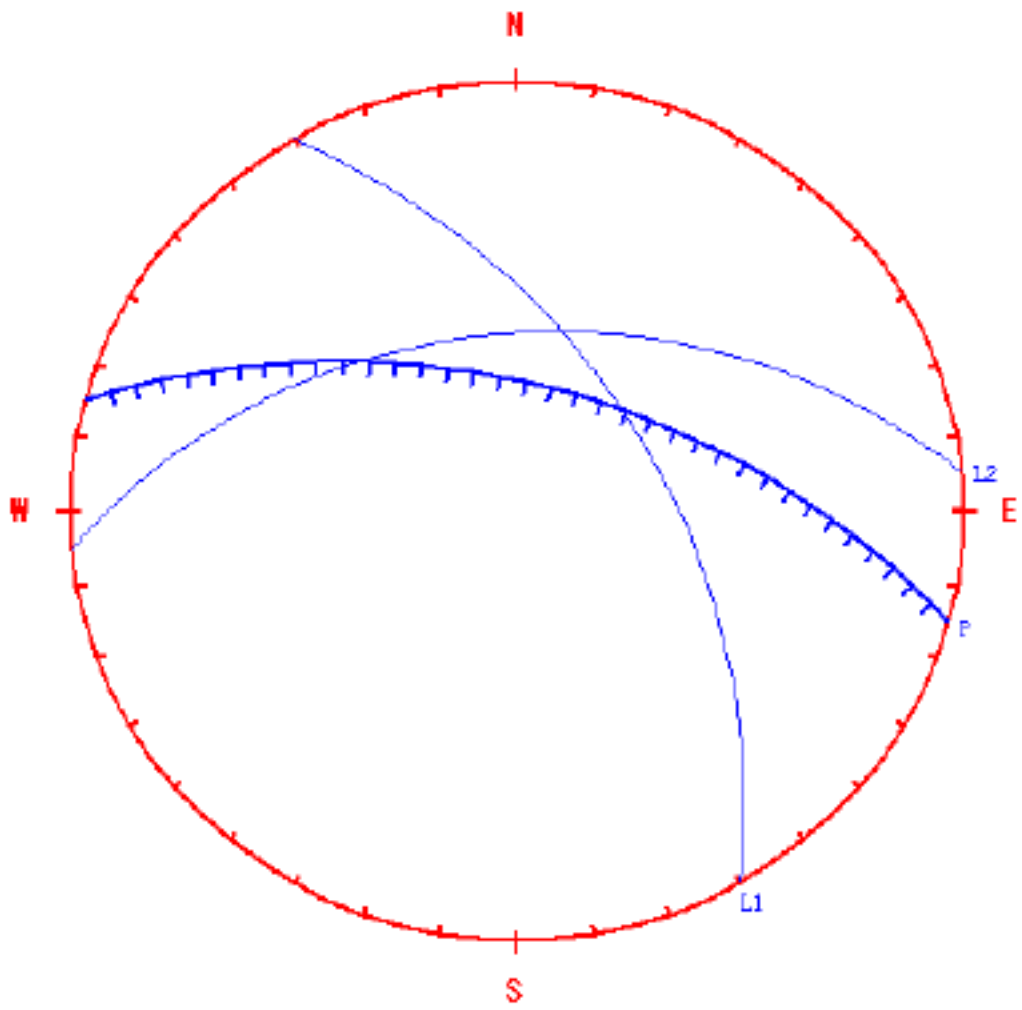
人类工程活动〔外因〕：人类工程活动转变了原始边坡形态，挖破坏了原始边坡的连续性，致使坡面坡度变大变陡，人工切坡高约 17m,坡度达 76°，这显著增加了岩体的临空面，转变了坡体的原始平衡状态。

降水〔诱发因素〕：持续降雨或暴雨导致雨水入渗，既降低了岩土体强度，软化岩体，又增加岩土体自重，减弱了岩体间的联系，影响岩体的稳定性。降水是滑坡发生的主要诱发因素。

3.1.3　滑坡

（1）滑坡 1 和滑坡 2

地质因素〔内因〕：滑坡原始地貌类型为基座阶地，原始坡角15-30°。坡体上部为砖红色上更统砾卵石土，较疏松，透水性强，下伏基岩为板岩，易风化，遇水软化崩解，节理裂隙发育，节理产状为175°<45°，与板岩层理〔240°<54°〕倾向相反，利用赤平投影图〔插图 3-1〕分析可知，其组合交线的倾向为 193°，与坡面倾向〔200°〕根本全都，倾角为 44°，小于原始坡面的坡角 44°，大于由反演法算出来的板岩摩擦角 30°〔自然状态下〕，这组节理和板理构成了脆弱构造面，楔形块体沿二者的交线方向滑出坡面，因此，这是一个楔形滑坡。



编号	结构面名称	倾向	倾角
P	坡面	195	57
L1	层理	240	54
L2	节理	175	45

组合交棱线	倾向	倾角
P—L1	225	53
P—L2	135	37
L1—L2	194	43

插图 3-1　　滑坡节理赤平投影图

人类工程活动〔外因〕：人类工程活动转变了原始边坡形态，挖破坏了原始边坡的连续性，致使坡面坡度变大变陡，转变了坡体的原始平衡状态，人工切坡高约 17m,坡度达 76°，这显著增加了节理和板理构成的脆弱构造面的临空状况。

降水〔诱发因素〕：持续降雨或暴雨导致雨水入渗，既降低了岩土体强度，又增加土体自重，还起到了润滑滑动面的作用，减弱了岩体间的联系，影响岩体的稳定性，该滑坡体雨季时在坡脚有多股清水渗出。降水是滑坡发生的主要诱发因素。

（2）滑坡 3

地质因素〔内因〕：滑坡原始地貌类型为基座阶地，原始坡角15-30°。坡体上部为

砖红色上更统砾卵石土，较疏松，透水性强，下伏基岩为中风化的板岩，节理裂隙发育且与板理构成滑动带 。

人类工程活动〔外因〕：人类工程活动转变了原始边坡形态，挖破坏了原始边坡的连续性，致使坡面坡度变大变陡，人工切坡高约 17m,坡度达 76°，这显著增加了岩体的临空面，转变了坡体的原始平衡状态。

降水〔诱发因素〕：持续降雨或暴雨导致雨水入渗，既降低了岩土体强度，又增加土体自重，还起到了润滑滑动面的作用，减弱了岩体间的联系，影响岩体的稳定性。降水是滑坡发生的主要诱发因素。

3.2 不稳定斜坡的稳定性评价

3.2.1 定性评价

（1）倒塌

区内倒塌已发生一段时间，但后壁照旧陡峭，危岩体及不稳定因素照旧存在，且后壁不时有块石崩落，在各种诱发因素的作用下，区内倒塌随时有可能复活，倒塌积存体平均高度约 12m,平均坡度约 40-44°，平均体积约 269.0925m3，较稳定，不会发生滑坡或泥石流。

（2）滑坡

区内滑坡后壁直立、陡峭，岩石暴露，且不时有块石下落，不稳定因素照旧存在而且，依据前人资料，滑坡1 在雨季时在坡脚有多股清水渗出，因此，初步推断区内滑坡不稳定，处于临界稳定状态，在各种不利因素的诱发下，如坡脚开挖，长时间降雨，可能会沿着滑动面再次失稳滑动，体积可达 5910.66m3。

3.2.2 定量计算

对于区内的倒塌体和滑坡 2、滑坡 3，由于规模较小，所以实行直接清理的方式，因此，后续的稳定性计算和两套治理方案主要是针对滑坡 1 来开放的。

1、计算剖面确定

计算滑坡主滑轴剖面稳定系数，计算简图见附图 9。

2、计算方式及计算

承受传递系数法计算滑坡稳定性系数 K 和剩余下滑力，计算公式如下：

（1）滑坡稳定性系数计算式

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{n-1}\left(R_i \prod_{j=i}^{n-1}\psi_j\right) + R_n}{\sum_{i=1}^{n-1}} \qquad 10$$

$$i \qquad 1$$

$$=$$

$$(T\prod_{j=i}^{n}\psi_i)+T_j^n$$

$$\psi_j = \cos(\alpha_i - \alpha_{i+1}) - \sin(\alpha_i - \alpha_{i+1})\tan\phi_i$$

$$\prod_{j=1}^{n-1}\psi_j = \psi_i \cdot \psi_{i+1} \cdot \psi_{i+2} \cdots\cdots \psi_{n-1}$$

$$T_j = W_i \sin\alpha_i$$

$$R_j = W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i + C_i L_i$$

式中：

K——稳定性系数；

α_i ——第 i 条块滑动面与水平面的夹角〔°〕

R_i ——作用于第 i 条块的抗滑力〔kN/m〕；

T_i ——作用于第 i 条块的滑动分力〔kN/m〕；

W_i ——第 i 条块重力〔kN〕；

L_i ——第 i 条块所在折线段滑面长度〔m〕；

C_i —第 i 条块滑带单位粘聚力〔kPa〕。

ψ_j ——第 i 条块向第 i+1 条块力的传递系数

$\prod_{j=1}^{n-1}\psi_j$ ——累进传递系数

（2）剩余下滑力计算式

$$P_n = P_{n-1}\psi_j + K_t W_n \sin\alpha_n - W_n \cos\alpha_n \tan\phi_n - C_n L_n$$

P_n ——第n 块剩余下滑力

P_{n-1} ——第n-1 块剩余下滑力

K_t ——滑坡推力安全系数

其他符号同上。

3、计算参数选取

（1）计算参数选取

①最大日降雨量 265mm〔1997.7.6~7〕；

②地震作用：依据《建筑抗震设计标准》〔GB50021-2023〕〔2023 版〕和《中国地震惊参数区划图〔GB18306～2023〕》，长沙县处于建筑抗震设防烈度 6 度区，地震惊峰值加速度为 0.05g，地震惊反响谱特征周期为 0.35s，可不考虑地震作用。

③计算数据：自然状态取 19.0kN/m3，饱和状态取 20.0kN/m3；依据反演结果，滑

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
https://d.book118.com/488003046007006101