

贵 州 地 区 地基基础处理经验调查

省建委地基基础调查组

贵州省科技局情报室

一九七一年十一月

毛主席语录

备战、备荒、为人民。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。

要打破洋框框，走中国自己工业发展的道路。

要认真总结经验。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

前 言

在毛泽东思想的光辉照耀下，二十一年来，特别是无产阶级文化大革命以来，贵州省基本建设突飞猛进的发展，取得了巨大的成就。这是毛泽东思想的胜利，是毛主席革命路线的胜利，是无产阶级文化大革命的丰硕成果。

我省基本建设战线上广大革命职工，在毛主席革命路线的指引下，在省委、省革委领导下，坚决贯彻伟大领袖毛主席“备战、备荒、为人民”“独立自主，自力更生”的方针，认真落实中发（70）34号文件。狠批叛徒、内奸、工贼刘少奇一类骗子推行的“爬行主义”、“技术第一”、“物质刺激”等反革命修正主义路线，狠批他们破坏三线建设的滔天罪行。提高了阶级斗争和路线斗争的觉悟，敢字当头，大搞基础工程技术革命，为贵州建设贡献了自己的力量，并积累了宝贵经验。

在党的九届二中全会精神鼓舞下，冶金工业部贵阳铝镁设计院倡议总结，得到了贵州省革委建委的积极支持。在省建委的组织领导下，成立贵州省地基基础调查组，由冶金工业部贵阳铝镁设计院、贵州省建筑设计院、冶金部第七冶金建设公司、水电部第九工程局勘测设计院、国家建委第四工程局、国家建委第三工程局等六个单位组成。小组遵循毛主席关于调查研究的教导，于1970年10月15日开始赴六盘水、安顺、遵义、铜仁、黔南、黔东南、贵阳等部分地区共82个单位，94个主要工程点进行调查。

调查的目的主要是：总结贵州地区基本建设战线上在马克思主义列宁主义毛泽东思想指引下，在地基基础勘察设计中取得的经验，使之更广泛推广，促进基础工程革命往纵深方面发展。

通过调查，小组分列六个专题即：（1）贵州地区常见的不良地质现象；（2）滑坡；（3）岩溶地基；（4）软土地基；（5）桩基；（6）其他地基。提出报告初稿。1971年10月省革委建委和省革委科技局共同组织，邀请基本建设系统28个单位69位代表：有革命领导干部、老工人、革命技术人员参加的“三结合”座谈会，对“报告”进行审核补充修正。会后又委托冶金部贵阳铝镁设计院、贵州省建筑设计院、冶金部第七冶金建设公司、水电部第九工程局勘测设计院等四个单位进行补充修改。

“报告”今天与同志们见面了。这是省革委的正确领导，各地区革委大力支持，各建设单位的协同配合的结果。在此对各单位的大力支持特表示感谢。

这次调查，由于我们马列的书毛主席的著作学得不好，业务水平较低，而调查时间短，课题范围大。几年来各单位又受“左”的或右的错误路线干扰，经验中定性的多，定量的不足，报告中错误及不妥之处在所难免，引用各兄弟单位资料有不确切的地方，

可能有的宝贵经验尚未收集到，希望同志们提出批评指正。

为了使资料使用时更加方便，我们将外地部分经验和有关数据收集列入附录，供同志们参考。

当前，一个伟大的社会主义革命和社会主义建设的新高潮正在兴起，贵州担负着三线建设的繁重任务，我们面前的工作是很艰巨的，我们的经验十分不足。因此，必须继续高举马克思主义、列宁主义、毛泽东思想伟大红旗，继续革命，不断前进，在完成第四个五年计划中，做出新的贡献。

伟大领袖毛主席教导我们：“我国人民应该有一个远大的规划，要在几十年内，努力改变我国在经济上和科学文化上的落后情况，迅速达到世界先进水平”。为使地基基础勘察、设计、施工提高到一个新水平，我们建议我省勘察、设计、施工、科研各部门共同分工协作，及时互通情报，统一规划，全面安排。争取在不长的时间内，努力解决目前深基落后面貌。

调 查 小 组

1971年10月于贵阳

目 录

前 言

一、贵州地区常见的不良地质现象

- (一) 边坡的坍塌与滑动..... (1)
- (二) 岩溶..... (2)
- (三) 软土..... (3)
- (四) 人工填土及废石堆..... (4)
- (五) 山洪现象..... (4)

二、滑坡

- (一) 滑坡的分布及特征..... (5)
- (二) 滑坡的分类..... (7)
- (三) 滑坡现象的预防..... (7)
- (四) 稳定性的评价..... (11)
- (五) 处理措施..... (15)
- (六) 工程实例简介..... (17)

三、岩溶地基

- (一) 岩溶形态与特征..... (29)
- (二) 工程处理实例简介..... (34)
 - (1) 工业、民用建筑方面..... (34)
 - (2) 铁路工程建筑方面..... (42)
 - (3) 水利水电工程方面..... (46)
- (三) 对工业、民用建筑工程岩溶地基处理的初步意见..... (47)
 - (1) 对岩溶地基的勘察工作意见..... (47)
 - (2) 岩溶地基的处理方法..... (48)
- (四) 附录一溶洞顶板稳定性计算..... (54)

四、软土地基

- (一) 软土的分布与特征..... (57)

(二) 软土的物理力学性质及规律性.....	(60)
(三) 软土的危害.....	(65)
(四) 软土地基的处理经验.....	(66)

五、爆扩桩基础

(一) 爆扩桩基础在我省使用情况.....	(81)
(二) 爆扩桩的承载力.....	(86)
(三) 承台与桩的共同工作以及承台计算.....	(95)
(四) 爆扩桩的选型与布置.....	(97)
(五) 施工技术及施工机械.....	(99)

六、其他地基

(一) 岩石地基.....	(111)
(二) 红粘土地基.....	(123)
(三) 人工回填土地基.....	(127)
(四) 附录一锚固桩基础计算实例.....	(130)

一、贵州地区常见的不良地质现象

贵州位于我国的西南部，处于云贵高原东斜坡，大部属高原地形，海拔标高平均在1000米左右，东西相差在2000米以上。地势自西向东、南、北三面倾斜。西部海拔高约2400米以上，中部一带为800—1200米，东部降至300米以下，除东南部及中部、西部有小而少的山间盆地外，均为河谷与山岭相间的山峦。主要山脉有苗岭，东西向横亘中部；大娄山呈北东向与四川盆地相隔；武陵山雄峙于东；乌蒙山围绕于西。河网皆属雨源型内陆外流河，河源多发源于西部和中部，向东、东北、南、东南流经四川、湖南、广西入长江、珠江水系。属长江水系的有乌江、赤水河、湄阳河、清水江、锦江等；属珠江水系的有都柳江、南盘江、北盘江等。河流具有山溪河流特点，径流系数不大，上游多深谷，比降大，河床陡，险滩、瀑布层出不穷，而中游河宽，比降较少；下游则水深，流缓。

我省气候温和，湿度大，云雾多，日照少，雨量充沛，风力较强，属于亚热带气候区。

省内地层发育完全，火成岩少见。前震旦系轻变质岩分布于东部，沉积岩遍布全省。沉积岩以碳酸盐类岩石（水溶岩，以下均同）为主，占全省内岩石分布总面积的70%。第四系河流冲积的砂砾石、卵石及亚粘土层、溶洞及泉水的各种泉华沉积，以及残积、坡积之红粘土，分布于河流两侧、山间盆地、岩溶洼地及狭谷地带，厚1—20米不等。地貌因岩性而异，表现为：以水溶岩岩石分布为主的岩溶地貌；以其他非溶岩岩石分布为主的侵蚀、剥蚀地貌，前者分布于省内广大地区，后者则主要分布于黔东之镇远一带与黔西之习水以北。在水溶岩分布地区，在地表水、地下水的溶蚀和机械作用结果，广泛而且显著的发育着各种岩溶形态。由于强烈的地质构造，复杂的地形地貌、多种类的地层岩性以及地表地下水的剧烈活动，导致了許多不良物理地质现象的发生和发展，加之人类长期与自然界斗争的结果，构成了我省复杂而又特异的工程地质条件，给工程建设造成了一定的困难。但是基本建设战线上的广大革命职工，在伟大领袖毛主席“备战、备荒、为人民”“三线建设要抓紧”的光辉思想指导下，在“一不怕苦，二不怕死”的革命精神鼓舞下，不仅战胜了一个又一个的困难，而且创造了不少奇迹。

我组通过短期调查认为，省内与建筑工程关系最为密切，影响最为严重的不良地质现象有以下几个方面的表现：

（一）边坡坍塌与滑动

贵州高原上地质构造强烈，河网密布，河流具有强烈的向源和向深侵蚀能力，加之岩溶极为发育，造成了山峦重迭，沟谷纵横，高原面显遭破坏的、岩溶化的、复杂的山地型高原地貌。这种地貌所形成的边坡异常陡峻，有的达到近于极限平衡状态，特别是在泥质和砂质岩石广布的地区，岩石软弱破碎，边坡的稳定性则较坚硬岩石更差。

据本次调查所见，有由于自然因素而引起的古滑坡；也有由于近代人为因素所造成的新滑坡。滑坡现象以六盘水和贵阳附近地区较多。滑坡现象对工程建筑的影响和危害极大。盘县某厂由于选厂时工程地质条件不明，将厂址定于一古滑坡体上，因整平场地而引起古滑坡体复活，难于整治，只好另选厂址。又如贵阳某砖厂在修建轮窑时，破坏了坡脚，引起了斜坡滑动，严重影响了建设工程的进度。

但是山高谷深，沟谷纵横的复杂地形，正是工业建设备战的良好基地。问题不在于滑坡现象的可怕，而在于工业场地的正确布局 and 选择，以及采取有效的预防和处理措施。然后具体问题具体分析，找出有可能产生滑坡的地段，尽可能避开或施以预防措施，防患于未然。若已经滑动，则找出其产生滑动的原因及规律，及时合理的处理。即使边坡极不稳定，也无碍于工业建设的大分散小集中，当然无视这一危害性的存在，却将造成巨大损失。

我省基建战线上的广大革命职工，在山区建设的实践中，总结了整治滑坡的“排、减、挡、填、护、换”六字经验，为今后三线建设提供了宝贵资料。

(二) 岩 溶

我省为可溶性碳酸盐类岩石发育地区，除黔东（江口、镇远、三都连线以东多为变质岩系）和部分火成岩外，广泛分布于其他地区，据统计占全省所有沉积岩石分布面积的70%以上。这是岩溶发育的首要条件；其次，由于强烈的地质构造作用，使岩石破碎而发育众多的节理裂隙，切割得支离破碎的地形，构成了良好的地表及地下水活动的场所及排泄畅通的途径，加强了水动力条件，兼之温暖潮湿的气候条件，从而广泛而又显著的发育了地表及地下的各种岩溶形态。

按岩石化学成分，可依次分为易溶的石灰岩、可溶的白云质灰岩、白云岩和泥质灰岩，难溶的泥灰岩。岩溶化最强烈者为石炭系黄龙统、马平统，二迭系阳新系；三迭系法郎组、关岭组，其次为泥盆系东岗岭组，余田桥组和尧梭组。由于易溶、难溶与非可溶性岩层的相间分布和出露，致使岩溶形态及地貌成带状分布的现象很普遍。现将地质部水文地质工程地质研究所对省内的岩溶初步分区概略介绍如下：

(1) 黔中地区：大型岩溶洼地甚多，呈碟状或盆状，底部有较薄的[粘土类]填充物，其边缘常有干枯溶洞。暗河、落水洞发育较差。

(2) 黔南地区：峰林洼地为主，溶洞、暗河、落水洞、岩溶沟谷等发育很多；而落水洞多发育在洼地、山间平地、岩溶沟谷底部。

(3) 黔西地区：岩溶现象沿灰岩与非溶岩层界线发育、表现最为明显，在各种有利条件下，特别集中在玄武岩与阳新统的交接带上。

(4) 黔北地区：溶洞暗河主要集中在河流沿岸、落水洞沿河的发源地数量越多。沿可溶岩及非溶岩的接触带上发育众多的落水洞，暗河和岩溶沟谷，有明显的带状分布规律。

(5) 黔东北地区：岩溶发育较差，大型溶洞较少，多为岩溶裂隙。暗河、溶洞，落水洞几乎全部集中在河流及其支流两侧，而落水洞沿河流发源地增多，深度增大。

(6) 黔西南地区：发育峰林地形，其间分布有岩溶洼地、沟谷及落水洞。

从上述发育特点及分布规律来看，我省岩溶发育独具特点：奇峰异石、峭壁峡谷构

成了我省山秀水清的天然景色；而分布于黔南、黔北的巨大天然洞室，给备战工程提供了绝好的建筑场所。但是遍及全省各地的裸露地表或复以较薄土层的溶沟、溶槽、石芽、落水洞等，以及近地表的溶洞。这些岩溶地基有可能导致地基的不均匀性，危害建筑物的稳定性。

近几年来，我省广大革命职工，以毛主席“独立自主，自力更生”的豪迈精神为武器，广泛开展了向岩溶作斗争，积累了处理岩溶地基的“排导、跨盖、挖填、浇注”八字经验。

(三) 软 土

软土系指泥炭、淤泥、淤泥类粘性土及一些软塑状态的粘性土，它们的特征是压缩性高，强度低，建筑性能极差。

前述泥炭、淤泥、淤泥类粘性土，本次调查所见，主要在六盘水地区。这是与这个地区发育的煤系地层及疏松质软的岩性有密切关系，又恰处于高原的西部高地，海拔2000米左右，气候潮湿多雨，促使岩石的风化，经地表水流的搬运至低洼的山谷洼地及冲沟中沉积而成，因其对沉积环境选择性不高，搬运距离不长，故土质不均，分布零乱，厚度变化悬殊等是其特点。

在贵阳、凯里局部低洼的地方或一些古池沼中，大量有机质的堆积、泥化，也能形成泥炭和淤泥类粘性土，不过分布面积则更为局限。

在一些河流阶地上（如中曹司、遵义、都匀等地），有时也淤积面积小，厚度均不大的泥炭，淤泥类粘土及灰白色的软塑粘土。

对于上述土层，过去，由于叛徒、内奸、工贼刘少奇及其在基本建设部门的代理人推行“洋奴哲学”“爬行主义”一直判为不宜建筑，这样，不是弃置了一些工业场地，就是大面积的开挖清除，耗费了巨大的建设投资，影响国民经济的发展。最近，三线建设突飞猛进，在无产阶级文化大革命强劲东风鼓舞下，六盘水地区及铁路战线上的广大革命职工，以毛主席“在战略上我们要藐视一切敌人，在战术上我们要重视一切敌人”的战略思想为武器，终于摸了软土这只“老虎”的屁股，对软土作了反复深入的实践和认识，提出了“浅埋，轻结构，加强上部结构刚度，打桩、换土”等措施，使在建筑性能上已被长期判处“死刑”的软土重新获得新生。如水城七十三处在软土上修筑了多栋两层民用楼房，至今使用良好；中曹司某厂铸钢车间生活间为三层建筑，则是更上一层楼；盘县某厂更在软土上修筑了工业厂房，为今后利用软土于工民用建筑方面开创了先例。而铁道部门在多年的实践中，为我们处理软土提供了“深作桥，浅作挡，两米换填石，平底打砂桩”的十六字经验。

在石灰岩分布地区，于岩石表面的低洼处（如溶沟溶槽或石芽底部），常有一层软塑状态的粘性土存在。其含水量大于液限，强度低，压缩性高，厚度变化与基岩表面高差有关，一般变化于几十厘米至几米不等。其成因与基岩表面局部的上层滞水和裂隙水的长期作用有关。这种软粘土的分布面积不大，且其上多覆盖着性质较好的土层，故处于封闭状态，在荷重作用下排水固结速度缓慢。鉴于上述特点，宜将软土作为下卧层，控制其上的附加荷重小于1—1.2公斤/平方厘米：直接利用其上的可塑硬塑状态土层作为持力层。

(四) 人工填土及废石堆(废矿堆)

人工填土尚可分为：素填土、杂填土、灰渣填土及砖瓦渣填土等，其性能也是强度较低且不均匀，因其分布限于城市附近，且面积小，厚度不大，过去也曾被认为不宜建筑而废弃不用。目前利用回填土已有先例，如石渣地基，煤渣地基，在黔北某厂已初步利用，贵州日报社和新添寨某厂采用填土作地基，今后尚需继续充实提高。

若在拟填方区修筑建筑物，在条件许可时，可以考虑先作基础后回填，或边填边分层夯实，以避免开挖基础和厚层填土的大量沉降。某厂即因场地整平时在一重型车间位置堆置了厚达3—4米的未经夯实的填土，为该车间基础施工造成了困难，只好采用了工程量耗大的桩基。

废石堆(废矿堆)亦是如此，若于开挖矿坑，隧道或排渣时，在条件许可的情况下，可以将废石(矿渣)预先分层夯实，或有计划的堆置，则将得到可资利用的建筑场地。

(五) 山 洪 现 象

山区河流及一些较大较陡、汇水面积较广的冲沟，时有山洪现象。因其发生突然，来势迅猛，有极大的破坏力，应预先注意和防范。在接近河流处，则应了解历年和多年一遇的最高洪水位。而冲沟则应测量其最大汇水面积，计算最大洪水量，以便采取相应的防洪和排洪措施。

遵义某厂，由于防洪排洪工作未做好，一次山洪暴发，造成厂区洪水横溢。此外，在山区由于山洪冲毁道路，阻碍交通等事例甚多。息烽某厂重视了这一危害性，在主厂房位置之冲沟顶端，筑以拦洪坝，配以较大之溢洪沟，防止了山洪的影响。

上述主要不良地质现象的形成，不外两个因素——自然界的演变和人类生产活动的结果。自然界的演变人们是完全可以控制的。在党和毛主席的英明领导下，以毛泽东思想武装起来的广大革命人民，在利用自然，改造自然为人类服务的种种事例，是举不胜举的。特别是毛主席的哲学思想广泛普及以后，更加促进了人的思想革命化和科学性，对于各种不良地质现象，首先是以“敢于斗争、敢于胜利”的革命精神，在战略上藐视它，然后以“一分为二”的哲学观点，科学的态度，在战术上重视它，具体问题，具体分析，既看到不利的一面，同时也应看到有利的一面，了解它的历史，也了解它的现状，充分掌握了它的规律性，因地制宜，因工程制宜的采取各种恰当的预防和措施，便能有成效的促使各项工程的顺利施工和以后的正常使用。

二、滑 坡

(一) 滑坡的分布与特征

(1) 滑坡的分布:

滑坡是贵州常见的不良物理地质现象之一。分布极为广泛,本次共调查了二十四个滑坡,这些滑坡分布在黔西南的六盘水地区;黔中的贵阳地区,黔北的仁怀、凤岗;黔东的石阡等地。详见表 2—1。

从滑坡的时间上来看,有由于河流冲刷岸边坡脚而造成的古滑坡;有由于近代工程建设的人为因素而造成的新滑坡。而这些滑坡大都发生在泥质和砂质岩石(如泥岩,泥页岩,砂质页岩,泥灰岩,泥质胶结的砂岩等)分布地段内。其地层分属:白垩系统嘉定统、中上侏罗系、下三迭系飞仙关统、上二迭系乐平统、中上志留系,下寒武系牛蹄塘统等。

(2) 滑坡的特征:

滑坡各部分的结构名称:如图 2—1 所示

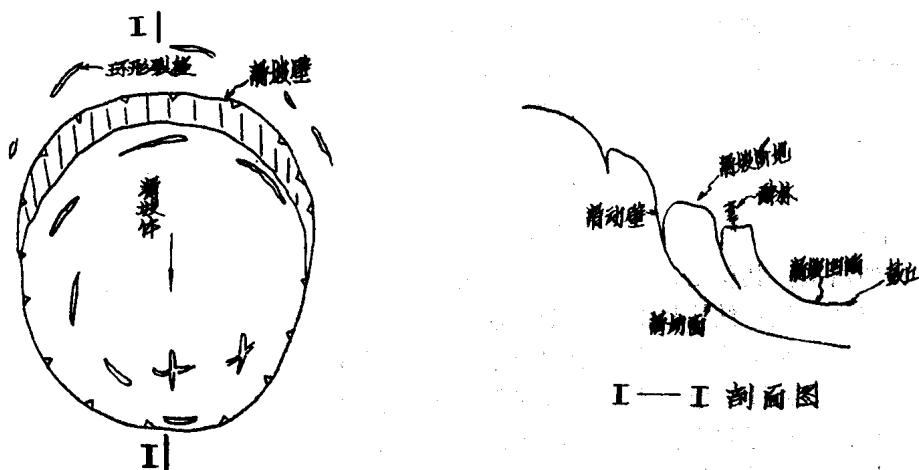


图 2—1

根据我们这次所调查到滑坡滑动面所通过的地层,可归纳为以下四种情况:

- I 残坡积土层中的滑动。
- II 残坡积土层沿基岩表面的滑动。
- III 基岩风化层中的滑动。
- IV 软土层中的塑性流动。

它们的特征:

- (1) 从滑坡的内部结构看。

除在软土层中的塑性流动而外，一般都具有一层厚的几厘米至1~2米不等的滑动带（或称扰动带）。滑动带内岩土结构遭受破坏，湿度显著增高，甚至有呈泥粉状或软塑状者。滑动面的剖面形状绝大多数呈折线形，个别呈圆弧形。

滑动面的位置：有在开挖面的中间，也有在开挖面的下面，大多数是在开挖面的下面。

滑动面是光滑的，并具明显的擦痕。

在已经滑动过的土体（或岩体），除滑坡体的前缘外，其他部位基本上保持原来的形状。但由于土体（岩体）已经滑动，内部增加了很多裂隙，尤其是在滑坡体的边缘部分，更为显著。

滑坡的后部破裂壁和侧部破裂壁，一般都很陡立，水平错开一定的距离。

（2）从滑坡的外部形态——地貌看：

（I）斜坡改观，出现醉林。

（II）阶地被掩埋，保坎椿倾斜。

（III）水系改变，河流急转弯。

（3）从水文地质方面看：贵州山区、河流较少，地下水没有经常性的补给来源，因此裂隙型潜水主要靠大气降水补给。雨后，雨水沿裂隙垂直下渗，遇到相对隔水层（如岩面、软弱夹层）即沿层面流动，使下方受到静水压力和动水压力的作用，增加了边坡的下滑力，使边坡发生动摇。

（4）从风化作用方面看：风化作用，一方面减少了岩土颗粒间的连接能力，另一方面降低了岩土的抗滑强度（ c 、 φ 值降低）。贵州残坡积粘土常具有裂隙——裂隙性粘土，在接近地表部分，裂隙主要表现为竖向开口的龟裂状态，往下逐渐闭合成网状裂隙或微裂隙，在垂直于自然或人工边坡坡面方向，由表及里逐渐减弱。那怕是在时间不长的干旱气候条件下，都可在新开挖的人工边坡上观察到上部开口竖向裂隙的加宽加深以及下部网状裂隙的加剧和新出现，所以对斜坡起很大的破坏作用。

伟大领袖毛主席教导我们：“事物发展的根本原因，不是在事物的外部而是在事物的内部，在于事物内部的矛盾性。”由泥质和砂质岩石风化层和泥、砂质岩石的残积和坡积土层所组成的斜坡，其稳定性较差易于发生滑坡，是因为这种岩石易于风化，而风化后的岩、土抗剪强度低；结构松散，易于渗水，在地下水的浸润和饱和时，状态可由硬塑变为可塑或软塑、而抗剪强度更是剧烈减小，从已有资料得知，有些滑坡之泥、砂质岩石强风化层和残坡积粘性土层饱水后的抗剪强度比自然状态下的抗剪强度降低了30—45%。特别是煤系地层和泥灰岩被风化后，经搬运沉积于原始地形低洼处，受到长期饱水软化而形成的软土所组成的斜坡，其稳定性最差，少量挖方或在斜坡上增加荷载，便可能引起大量的塑性流动。这种软土在六盘水地区分布最多。

(二) 滑坡的分类

关于滑坡的分类,目前还不够统一。从不同的分类观点和原则,可以得出很多的分类方法及结果。

如果从力学条件来分,基本上可以分为两类:即牵引式滑坡和推移式滑坡。

在24个工程实例中,属于牵引式的有16个,占70%;属于推移式的有4个,占17%;下部为推移式上部为牵引式的有2个,占8%;共95%。

所谓牵引式滑坡主要是在坡脚任意挖方引起的。因为下部开挖,斜坡失去平衡条件。为了适应新的平衡土体内部应力的调整,靠近开挖边坡的土体(或岩体),由于失去了原来土体对它的支承,开始向自由空间压出、膨胀、开裂。继之,由于水及风化作用的结果,降低了基底的抗滑强度,直至抗滑力小于下滑力时,第一块土体便产生滑动,接着第二块、第三块好象火车头牵引车厢一样,一节一节往上传造成了牵引式滑坡。

所谓推移式滑坡主要是由于在斜坡的上方不恰当的加载(如修建筑物、填方)引起的,因为上部加载,同样可使斜坡失去平衡。使下滑力增加,当下滑力增加到大于抗滑力时,斜坡便产生滑动。

两种不同类型的滑坡,其施工处理也不一样,牵引式滑坡一般采用挡的办法来增加它的抗滑力,使失去稳定的边坡重新达到平衡;而推移式滑坡一般采用卸荷(或刷方)的办法来减少它的下滑力,同样可使失去稳定的边坡重新达到平衡。因此,按力学条件来分类还具有一定的现实意义。

(三) 滑坡现象的预防

据这次调查24个滑坡实例的初步统计,由于滑坡使建筑物毁坏而不能使用的有三个,占总数的12%;由于滑坡危及建筑物或构筑物的安全使用而需处理,大量耗费人力物力的有十四个,占总数的58%;由于滑坡而迫使建筑物或构筑物搬迁,延误国家建设进度的有三个,占总数的12%。因此,在建设中如何预防滑坡现象的发生是一个值得重视的问题。

本次调查到的滑坡,绝大部分都是发生在泥质和砂质岩石分布地区。在该类地区进行厂址和线路选择时,对于滑坡地段,应尽量避免。采取措施,预防滑坡现象发生。引起滑坡发生的主要外因,是由于(1)不恰当的人工挖方或填方;(2)斜坡上的排水措施不良或不当以及破坏了天然植被等人为因素造成的。表2-2列举了由上述原因造成滑坡的部分工程实例。

在山区建设中,不可避免地要进行挖方和填方,而挖方、填方边坡的坡度和高度,却是决定斜坡稳定性的重要因素之一。因为在斜坡下部不恰当的挖方,过份地削陡坡脚,会使上部岩、土体失去支承,或在斜坡上堆放大量土石方、建筑材料等,增加了其下岩、土体的附加荷载,因而破坏了天然斜坡的原始应力平衡条件,在其他因素的配合下,便可能造成滑坡。从表2-2可见,在泥质和砂质岩石分布地区,于残坡积土层或基岩风化层组成的斜坡上进行挖方时,如果人工边坡的坡度超过 45° 且高度大于三米,则边坡将是不稳定的。

表 2—2

滑坡工点	斜坡原始地形		挖方边坡形态		滑动面与挖方	自然斜坡的排水条件与	滑坡时 的气候
	形态	坡 度	高度 (M)	坡 度	坡 关 系	不良的排水措施	
贵阳某机械研究所宿舍滑坡	凸形坡	19°	3	45°—50°	由坡脚以上几十厘米处通过	截水天沟未作防渗处理, 坡度平缓, 山水沿沟大量集中下渗。	暴雨
遵义某厂电站滑坡	"	8°—10°	3-7	45°—60°	由坡脚以下几十至二百厘米处通过		
某电站坝址左岸滑坡	"	35°—40°	10	近直立	由坡脚以上四米处通过	(1)施工破坏了坡面灌木草皮, 雨水易于下渗。 (2)横截山腰的出渣道及沟槽等拦截了山水沿槽下渗。	暴雨
贵阳某仪器厂工具车间滑坡	"	16°	10	60°	由坡脚以下几十厘米处通过	(1)施工破坏了坡面灌木草皮, 地表水易于下渗; (2)山顶有蓄水池, 每日溢水约100吨沿斜坡渗流。	雨季
贵阳某仪器厂仓库滑坡	凹形坡	20°—30°	7	近直立	由坡脚处通过	(1)凹形坡面易于汇集地表水 (2)截水天沟未作防渗处理, 坡度平缓, 山水沿沟大量集中下渗	暴雨
贵阳某砖厂窑滑坡	"	16°	3	近直立	由坡脚以下几十厘米处通过	同 上	"
水城某矿煤泥沉淀池滑坡	凸形坡		5	70°	由坡脚以上一米处通过		大雨
某电站右岸溢洪道滑坡			20	近直立	由坡脚以上不同高度处通过		
滇黔线某段路堑滑坡	单斜坡	2°—3°	18	35°	由坡脚以下通过	地表平坦, 表土松散, 路堑顶为弃土堆积, 利于地表水下渗	雨季

稳定的人工边坡坡度的选取, 最好是用工程地质比拟法, 在相同地质、地貌、水文地质条件的地区, 调查测量自然和人工稳定边坡的坡度值, 选择其中最大值作为设计参考数据是比较稳妥可靠的。

下面抄录了煤炭部煤炭科学研究院工程地质组对《盘县某公路段路堑边坡稳定性的初步调查报告》中所提出的《路堑边坡与垂高关系总表》(表 2—3), 和部分工程稳定边坡的建议值(表 2—4), 供参考。

斜坡排水措施不良或不当, 如截水天沟坡度平缓, 未作防渗处理; 以及砍伐和铲除了斜坡表面的灌木草皮; 勘探和施工中的坑、槽未予妥善处理等, 是造成雨水、生产与生活用水、供水设施的漏水或溢水等大量渗入地下, 软化和泥化了土石, 并对斜坡增加了水压力, 以致造成滑坡的另一重要因素。如贵阳某仪器厂仓库滑坡及贵阳某机械研究所滑坡, 都是由于自然斜坡上的截水天沟坡度平缓, 未作防渗处理, 暴雨时排水不畅, 不但未起到良好的排水作用, 反而造成了拦截山水、沿沟产生大量集中下渗的恶果, 引起斜坡滑动, 沿沟内出现的滑坡断裂壁高达几十至一百多厘米。又如贵阳某机械研究所拟建样机库, 在斜坡上挖方整平场地时, 地面向山内倾斜, 因而不能排除地表水, 后于靠近场地前缘斜坡的地面挖一临时排水沟, 以排除地表水, 但此排水沟位置设置不当, 且坡度平缓, 排水不畅, 造成地表水沿沟大量集中渗漏, 引起场地前缘斜坡沿沟下滑。

表 2—13

岩 性 特 征	主要节理产状与公路方向的关系	岩层产状与公路方向的关系	地表及地下水的作用	岩层风化特征	变形边坡外侧未变形坡度	建议选用的边坡数值			防治措施	备 注
						小于10m	10m—20m	大于20m		
松 散 层	碎 石 层		地表地下水经常作用	强 风 化	1:0.45—	1:1—	1:1.19—		以天沟排地表水为主。有地下水者, 结合采用暗管排水地下水	1. 煤系地层顺向坡, 建议1:1.25, 最大为1:1.5, 2. 对于高边坡与荷载作用者, 边坡可适当较建议值提高。 3. 基岩裂隙率为每米五条时, 其边坡坡度可采用建议值。否则, 采用坡度应大于建议坡度
	碎石与粘性土				1:0.88	1:1.19	1:1.33			
	粘 性 土				1:0.42— 1:0.83	1:0.9— 1:1.19	1:1.11— 1:1.24			
上下为松基 为松散层岩	上部: 松散层 下部: 煤系, 飞仙关	节理倾向公路或平行公路	主要是地表水作用	基岩节理轻~中等发育	1:0.33—	1:0.5—	1:0.7—	1:1—	主要是天沟排地表水	
	上部: 松散层 下部: 玄武岩				1:0.80	1:0.8	1:1.15	1:1.19		
					1:0.40— 1:0.62	1:0.6— 1:0.8	1:0.7— 1:0.9	1:0.75— 1:1		
基 岩	煤系地层	岩层倾向、背向或斜交公路	地表地下水影响不大	中 等	1:0.70— 1:1	1:0.7— 1:1	1:0.75— 1:1.15	1:0.85— 1:1.2	排水与全部边坡一个坡度	
	飞仙关地层				1:0.32— 1:0.7	1:0.4— 1:0.6	1:0.58— 1:1.1	1:0.8— 1:1.15		
	玄武岩地层				1:0.1— 1:0.5	1:0.3— 1:0.6	1:0.4— 1:0.8	1:0.7— 1:1.1		

除上述措施相同外, 对玄武岩顶部的辉灰岩, 铝土岩采用水泥喷浆护坡面。

表 2—4

地层代号	岩 性 特 征	建议选用边坡数值	资 料 来 源
T ¹ ₁	一、在 一 般 情 况 下		猫跳河二级百花电站技术设计(工程地质) 原注：据观测、计算资料，上述不同性状的页岩稳定边坡的平均坡高约为5—8米左右。
	新鲜页岩	1:0.25—1:0.5	
	半风化页岩	1:0.5—1:0.75	
	风化页岩	1:0.75—1:1	
	二、当断层破碎带附近及顺坡夹层存在时		
	新鲜页岩	1:0.5—1:0.75	
	半风化页岩	1:0.75—1:1	
	风化页岩	1:1—1:1.5	
P ¹ ₂	泥岩、泥页岩、	坡高小于10M，逆倾向，1:0.75	盘县火烧铺矿区材料库，机修厂工程地质勘察说明
	砂岩及煤层	” 顺倾向，1:1.25	
		坡高15—30M，逆倾向，1:1	
		” 顺倾向，1:1.5	
C ¹ ₃	泥灰岩页岩	挖方边坡 1:1.25	125厂现场工程指挥部基建人员介绍
		填方边坡 1:1.75	

上述教训值得吸取。

经验证明：截水天沟的坡度应大于自然斜坡的坡度，并应进行防渗处理（如用水泥砂浆、灰浆、三合土等抹面），保证排水畅通，沟内不产生严重裂缝，勘探和施工所挖掘的坑、槽，必须及时回填或加以防渗处理。地表天然植被应尽可能地加以保护和培育。

调查表明：（1）由于斜坡的不恰当挖方而引起的滑坡，往往是在雨季或暴雨后发生和发展起来的（参看表 2—2）。有些滑坡在冬春枯水季节处于暂时稳定状态，遇雨复活。（2）由于坡脚挖方而引起的滑坡，又多是从下往上逐级滑动和发展的，是谓“牵引式滑坡”。即首先在挖方边坡上出现小量滑动或坍塌，使上部岩、土体失重，继而引起更大面积的滑动。有些滑坡工点挖方量并不大，因而引起的滑坡量却超过挖方量的几倍到几十倍。

所以，最好在病害发生以前，采取防治措施，使滑坡得以制止或停止发生，也就是要贯彻以“预防为主，预防与整治相结合”的原则。在那些不可能按稳定边坡值进行挖方的建筑场地，必须充分发挥人的因素，不给滑坡创造条件，建议：

（1）应在挖方后，并抢在雨季以前，尽快地采取挡墙、护坡、截水天沟等稳定边坡的措施。（2）对于高而陡的挖方边坡，宜采取护道（马道）式。施工程序最好从上往下，并分段作业，边挖方边采取稳定措施。（3）用机械化挖方时，边坡应尽可能留缓一些，然后用人工修整达到设计要求。（4）在斜坡附近进行爆破工程和牵引车辆

时, 必须注意对边坡的影响。上述防患于未然的措施, 比引起滑动后再处理要主动得多。

(四) 稳定性评价

1. 滑动面的确定问题:

有效的处理来源于正确的评价, 而评价的前提是查明, 查明中的关键又是如何确定滑动面的问题。这里有二种情况:

(1) 当滑坡尚未发生时, 确定方法一般是对均质土, 确定最危险的滑动面。当指标已知时, 用试算的方法确定; 当指标未知时, 设安全系数 K , 反求指标, 指标最大的就是最危险的。然后再设 $K=1$, 代入计算公式, 检验指标与经验值比较以确定是否安全。

对岩质边坡, 可根据软弱结构面在空间的分布情况来确定滑动体, 有的单位推荐用水平投影方法来确定。

(2) 已经滑动, 可采用:

I 地面位移观测成果推(试)算法。

II 勘探法——面积控制法和剖面法。

III 孔内观测法。

2. 评价的方法:

本次调查到的滑坡稳定性的评价方法有两种: 一是直接观察法, 二是数学——力学计算法。

用直接观察测量滑坡体各部分的垂直和水平位移量的方法, 能正确地判定滑坡是否已处于稳定状态, 但还不能确定其稳定或不稳定的程度的定量指标。即只能判定滑坡的稳定系数是大于1或小于1, 但究竟是大多少或小多少的具体数值还不能得出。而这一数据又是决定滑坡的利用和处理所必须的。

用数学——力学计算法虽可得出稳定系数的具体数值, 但目前运用此法所采用的计算理论和计算参数, 都存在着很多假定性和很大的随意性, 不能更真实地反映客观实际。这也是在今后的工程实践中, 值得深入解决的课题之一。现仅就调查中所收集到的、有关数学——力学计算法中的几个主要问题介绍如下:

(1) 土的剪切指标(C 、 φ 、 f), 在工程中多用室内直剪试验与倒算综合 f 值两种方法取得。前者因试样代表性差, 且试验条件难于模拟滑坡的工作状态, 因而指标偏高或偏低现象严重, 试验成果要经过很大修正后才予使用。倒算滑坡体的综合摩擦系数 f 值的方法, 在假设滑坡体的稳定系数 K 值时, 带有很大的经验性, 往往不利因素考虑过多。

(2) 倒算法中 K 值的采用:

该法是建立在已详尽查明了滑坡体几何形态的基础上, 根据观测资料及对滑坡体的分析, 借助于极限平衡方程式, 反求滑动面上的抗剪强度。因此, 抗剪强度的可靠性、处理工程量的大小决定了 K 值的正确性。

影响 K 值的因素很多, 且具时间、空间上的异变性。目前求解仍依赖于经验。确定时应综合考虑以下几点: