

滑坡治理方法及实例分析

王 萍

(中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 简要介绍了目前较常用的滑坡治理方法及在不同地质条件下滑坡治理方案的优化设计, 并结合实例进行具体分析。

关键词: 滑坡; 治理; 优化设计

1 滑坡治理方法

滑坡治理主要包括加固工程、排水工程、防护工程。在滑坡治理中, 单一的工程措施往往不是最佳方案, 因而常采用多种工程措施组合起来进行综合整治, 现分述如下:

1.1 加固工程

1.1.1 抗滑桩加固

抗滑桩是借助桩与周围岩土共同作用, 把滑坡推力传递到稳定地层的一种抗滑结构, 自 20 世纪 60 年代开始使用以来, 得到广泛应用。抗滑桩可分为全埋式和半埋式两种, 半埋式多用于开挖路堑时因工程不当造成的滑坡, 桩前有一定高度的临空面, 在桩与桩之间可采用挡土板或挡土墙进行封闭。全埋式用于整治滑面以上桩前有抗力的整体滑动的滑坡^[1]。

在滑坡体上挖孔设桩, 不会受施工影响破坏其整体稳定, 具有抗滑力强、桩位灵活、施工简便安全等优点, 是整治滑坡比较有效的措施。但由于抗滑桩一般造价较高, 投资巨大, 因此人们对抗滑桩的结构形式、适用条件、设计理论和施工方法等给予了更多的关注和研究。

1.1.2 预应力锚索加固

用锚索单独稳定滑坡, 通常在滑坡体上设置若干排锚索, 锚固于滑动面以下的稳定地层中, 地面用梁或墩作为反力装置给滑体施加一预应力来稳定护坡。

根据铁道部门的设计、论证和比较结果, 采用锚索加固方案加固边坡比单独采用抗滑桩可节省工程投资约 50%。但锚索措施比较适合于岩石边坡或土体粘聚力较强边坡的加固, 对于土体较松散、粘聚力较小且正在活动的土边坡, 容易产生土体蠕变,

或产生土体压缩变形而使锚索预应力损失, 或使锚索应力逐渐增加到不可承受的程度, 所以单独锚索加固多数用于临时工程。

1.1.3 预应力锚索抗滑桩加固

预应力锚索抗滑桩, 是将桩和锚索联合用于抗滑支挡结构。桩基嵌固抗滑效果好, 支挡面积大, 但悬臂能力差; 预应力锚索, 抗拉性能好。这种方法是抗滑支挡结构的优化组合。预应力锚索加固技术已广泛应用于建筑结构物加固、边坡治理工程。在抗滑桩顶部加 2~4 束锚索, 增加一个拉力, 改变了原普通抗滑桩的悬臂受力状态, 接近简支梁受力, 因而大大减少了抗滑桩的截面和埋置深度。

1.2 排水工程

排水工程包括地表排水和地下排水工程, 如截水隧洞(一般结合渗井、渗管)、排水渗沟、排水沟等, 是提高滑面强度, 增强滑体自身抗滑能力极为有效的工程措施。整治滑坡一般应在滑坡体外修环形截水沟, 将地表水引至天然沟谷。滑体内修建树枝状排水系统, 布置时主沟应尽量与滑坡方向一致, 支沟与滑向成 30°斜交。为防止地表渗透, 应填平夯实地表, 对风化或裂隙地表应采取锚喷防护措施以及灌浆措施, 此外还应重视绿化、植被以固定土壤。

1.3 削方减载与填土反压护坡脚

削方减载的目的是减少滑坡体的体积, 从而减小滑坡的下滑推力, 使滑体坡面形成规则的稳定坡面形态。对推移式滑坡, 滑动面不深且滑动面具有上陡下缓形状时, 在滑坡上部可用减载方法; 而对于牵引式滑坡则可采用在坡脚加载冲填增加抗滑能力, 这是路堑式滑坡处治工程中首先应考虑采用的手段。只要

待锚索地梁砼强度大于 75% 后, 即可对锚索进行张拉, 张拉时采用分级张拉, 每级张拉持荷时间不少于 5min。

3.3 排水系统

因该边坡地下、地表水极为丰富, 而水又是诱发滑坡的重要因素, 故排水系统的完善尤为重要。在抗滑桩施工前, 沿抗滑桩靠山侧设截水沟一条, 排出地表水, 截水沟设在抗滑桩靠山侧有三个优点:

- (1) 防止地表水渗入滑坡体, 进一步影响边坡稳定;
- (2) 防止雨水影响抗滑桩施工;
- (3) 如将其设在抗滑桩前面, 则在边坡开挖时土体易产生滑

移破坏截水沟。在坡面设置急流槽、排水沟进一步完善坡面排水系统, 除完善坡面排水系统外, 因地下水丰富, 在边坡各台坡脚设置 $\phi 110\text{mm}$ 疏干孔, 疏干孔深 15m, 具体位置视出水情况而定。

4 结束语

(1) 在交通工程建设中, 施工单位应对地质灾害有足够的重视和敏感, 尤其是山区边坡施工中, 应作到勤观察、早防治, 如发现异常情况, 不盲目施工, 避免造成更大的损失。

(2) 在滑坡施工时, 应较一般地段施工更加重视安全、规范施工, 避免安全事故及人为造成二次滑坡。

是在有条件进行削方减载的地方,应充分加大削方减载的力度。削方减载与填土反压护坡脚只要地形条件许可,是最经济、提高稳定性系数最大的工程措施。

1.4 其它治理方法

(1) 绕避:对一些规模巨大、难以整治的滑坡,如果对他们进行整治则工程浩大,一般采用绕避措施。

(2) 岩土强度加固法:岩土强度加固法是指通过改善滑体(带)土的性质,使之坚固以达到稳定滑体的目的。

(3) 抗滑明洞:人工挖方引起的工程滑坡,破坏了原来山体的平衡,使滑坡前缘临空面高,下滑力大。如果用抗滑明洞,在明洞顶部回填土恢复山体平衡,则较其它工程措施显得经济合理。

(4) 柔性防护工程:柔性防护工程是一种经济有效的安全防护工程。其原理是使用控制工程,改变滑体的物理力学特性,从而减小下滑推力,以达到稳定滑坡的目的。从能量观点分析,控制工程则是通过人工的方法去主动释放滑坡的能量,这个释放过程是缓慢的,在能量释放之后,滑坡处在低能量平稳或稳定状态^[2]。

2 不同地质条件下滑坡治理方案的优化设计

2.1 粘性土类滑坡

(1) 坡、残积粘土类滑坡:发生在酸、中性岩浆岩和某些软变质岩的风化壳中,滑坡的规模与当地风化带的厚度密切相关,往往具有球状风化的硬壳,使核受两组正交的构造裂面控制,易出现沿裂面向临空面滑动的多层滑坡。

优化设计方案:在前部设置增加抗力和挤紧滑坡的抗滑措施为主,在中后部减重以减少滑坡推力及对底部的应力为辅,并拦截后山供水水源,以及加强地表水排水系统。

(2) 海相沉积粘土类滑坡:在沉积时含大量盐分、并经长期压密,一般具有一定结构强度,但常夹有封存水层和在浅海、滨海部位具有粉砂粘土交互层,构成层间薄弱环节。当地壳上升为陆地,土中盐分被淋滤后强度衰减较大,灵敏度相应提高,常在孔隙水压增加和震动松弛下生成滑坡。

优化设计方案:对稠度大的粘土类滑坡,因范围大、破坏发展快,目前以避开为主,尚无整治实例;对密实及中密实者,以截断补给滑带水的水源或疏排层间封存水为主,在滑坡前部设置增加抗力的抗滑桩、墙或与锚索结构为辅。

(3) 河湖相及洪积成因粘土类滑坡:具有显著的层理和纹理,底部或中部含粉细砂层,以及钙、镁碳酸盐类、硅氧化带的富集带。粘土层因含矿物成分不一样而裂隙发育程度不同,含不良土质者裂隙组数多,具有受水膨胀、失水收缩及卸荷膨胀的性质,易产生中、浅层滑坡群或沿洪积方向的砂层供水滑动,少数产生沿构造裂隙的切层滑坡。

优化设计方案:中、浅层滑坡群随滑带含水条件的差异而不同,若有明显的含水层者,以在后缘截排地下水为主,若滑带及其以上土体潮湿、软塑、流动性弱者,则在滑坡前部疏干为宜;切层滑坡以减重降低压应力为主,逐层平缓边坡,加固坡面。以上二者在滑坡的前部用增加抗力的刚性工程是阻止滑动和挤紧坡体的主体措施,并以加强地表排水系统的各项措施加以整治。

2.2 黄土类滑坡

(1) Q_4 堆积黄土滑坡:滑坡特征:性质随原岩而异,多为塬边老黄土坍塌、错落或滑动而形成滑坡,规模一般巨大,易沿老地面滑动,并成群出现。堆积黄土多经移动而松散不均,不易在坍塌体内产生大范围的滑面,常以老滑床或老地面的相对隔水层沿遭水侵蚀的黄土底层为滑带产生滑动。

优化设计方案:治理措施与一般滑坡相同。

(2) Q_3 风成块状黄土:不易产生滑带,多沿下伏老黄土与洪积黄土或基岩顶面滑动,往往因滑床顶面隔水,将其层底浸湿作为滑带而滑动,在湿陷不均至一定厚度可产生崩塌性滑动。

优化设计方案:根据滑带水的补给来源,减少滑带含水量,如来自后山沿下伏岩土顶面流动时,以在后方拦截补给水的工程为根治措施;若是每年由地表水下渗形成较厚的软塑滑带而无流动水,则无法疏干,可使用焙烧形成抗滑墙治理。

2.3 堆积土类滑坡

(1) 山坡及坡麓堆积土滑坡:滑带常生成于堆积层间、坡积层沿洪积层或冲积层顶面,以及堆积层沿下伏基岩顶面。

优化设计方案:浅层或中层堆积土滑坡使用在前部增加抗力的刚性措施为主,并用加强地表排水的各项措施相配合;厚及巨厚层堆积土滑坡,往往滑带含水饱和且承压多,防治原则着重对供给滑带水的水源予以切断,若坡体前缘斜坡高陡,应考虑减重、用大平台削坡等措施。

(2) 沟口堆积土滑坡:滑带多生成于老沟槽底和历次洪积层的顶面以及洪积扇、锥下伏的基岩顶面凹槽中,多因原洪积层中的封存水和沿老沟槽补给地下水的关系而滑动。

优化设计方案:在上游切断沿老沟槽流动的地下水为主,对前部失去支撑者以在前部恢复支撑并防止岸边水流冲刷为主,辅以加强地表水系统的各项措施。

2.4 岩石类滑坡

(1) 沉积岩类滑坡:在岩层走向与山坡一致时,不论层面是倾向还是背向临空均易产生滑坡,主滑带常生成于含水的层间错动带而形成顺层滑坡;沿顺坡断层或顺坡构造裂面与层面相交形成主滑带的为切层滑坡。

优化设计方案:在滑坡前部应设置增加抗力的抗滑桩、墙及锚索工程防治为主,对山坡表层平行主滑带方向削方减重以减少推力为辅,同时加强地表排水系统。

(2) 变质岩类滑坡:滑坡特征:含眼球结构体的滑坡,其滑带常形成于单个或成串、成排、成层、成行眼球体的含水断层带处,以及含水且风化的岩脉分割层和岩岩的风化壳处。

优化设计方案:用预应力锚索将眼球体或坚硬的滑体与滑床内较完整的岩体相连接来增加抗滑力,辅以削方减载及加强地表水排水系统的各项措施。

(3) 多层岩浆岩侵入类滑坡:滑坡规律不易掌握,常在大量物探之后找出坡体内含水带与破碎软质岩的分布,求得它与临空面可能发生的滑带形状,从地下水和风化带的分布中找到生成滑带的部位,以及地裂缝的生成与滑坡的内在联系。

优化设计方案:按具体条件分清截排地下水措施与抗滑锚固工程两者之间的主次关系,并在不能形成后级滑坡与坍塌的情况下配合减重,以减少抗滑桩与锚索工程量^[3]。

3 实例分析

3.1 工程概况

某滑坡长 450m, 宽 110m, 平面形态呈弓形, 面积 $6.2 \times 10^4 \text{ m}^2$, 体积约 $70 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。据目前滑体总体变形滑移方向确定主滑方向 35°, 为牵引式滑坡。滑坡前缘高程 157~159m, 后缘高程 206~207m, 相对高差达 46m, 属于崩坡积层转化形成的老滑坡, 后来老滑坡剪出口以外的堆积物复活, 目前仍在活动形成新滑坡, 主要治理标高 206m 以下的新滑坡, 见图 1。

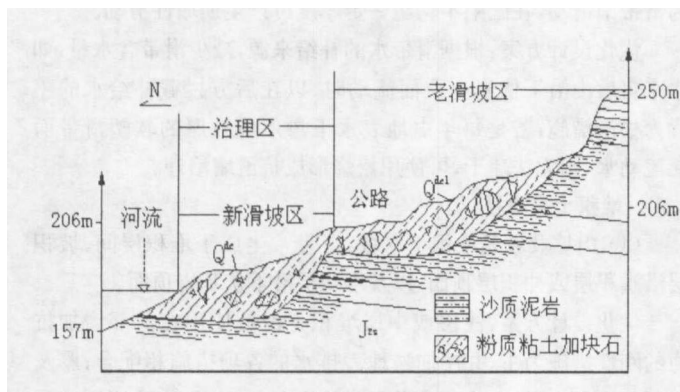


图 1 新老滑坡关系示意图

滑体厚 2.7~17.5m, 主要由崩坡积的粉土、粉质粘土夹砂泥岩块碎石组成, 表层有人工填土, 近江边有冲洪积的粉土或粉砂土, 现已成为滑体的一部分。人工填土层以弃土层为主, 偶夹工业弃渣及生活、建筑垃圾。该层结构疏松, 厚度变化大, 一般 0.00~9.50m, 局部可达 16.5m。冲积层分布于滑体前缘江水枯洪水位变幅带, 标高 165~185m, 为褐色、灰色粉砂土或粉土, 局部含淤泥质, 呈可塑-软塑状, 厚度 0.4~5.9m。崩坡积层成份主要以粉质粘土、粉土夹砂泥岩碎块石为主, 呈黄褐色, 稍湿, 可塑-硬塑状, 块碎石分布不均, 土石比(2B8)~(8B2), 一般粒径 3~50cm, 最大可达 1.35m。前缘近江床一带, 受江水冲刷侵蚀, 土体中细小颗粒被水流带走, 多见直径 1~3m 砂泥岩块石。该层厚 1.60~10m。

3.2 治理方案

3.2.1 抗滑桩支挡体系

抗滑桩的布置根据滑坡上部公路规划、滑坡推力、施工可能性等因素确定。

一级支挡线结合原有支挡结构轴线, 设置在边坡上部, 并考虑上部公路拓宽。

二级支挡线确定依如下原则:

(1) 尽量接近滑坡下沿, 此位置滑坡推力较小。

(2) 桩顶应高于常年枯水位 163.00m, 以便于施工。因工程无砂卵石地层, 渗水性不好, 挖孔桩桩底虽低于枯水位, 但采取抽水措施后, 是能够施工的。

(3) 挖孔桩布置尽量使其成为平直的支挡线, 这样桩的受力方向明确, 整体性较好。

3.2.2 排水系统设计

该地区集中在 5~9 月降雨, 其间多高强度的暴雨, 暴雨入渗

使滑体饱和, 在孔隙水压力作用下, 坡体稳定性变差。为了防止雨水进入滑体, 使其稳定性降低, 主要采取疏导和截流方法, 使雨水尽快排入江中。

(1) 排水系统: 在一级支挡顶部, 沿公路边缘设一条横向排水沟, 与原已支挡的公路排水沟接通, 形成一条贯通的横向沟, 将公路以上雨水拦截在沟中, 避免进入滑体内。

在一级支挡以下, 沿丘谷地带设纵向排水沟, 并修复原来已有的纵向排水沟, 纵向排水一直延伸至河中。纵向排水沟与坡顶横向排水沟、城市下水管连通, 使雨水和城市下水从沟内排出, 不进入滑体内。排水沟的截面尺寸由雨量与城市下水管径确定。

因为滑坡表面坡度较陡, 雨水在坡面滞流时间不长, 且滑坡宽度不大, 未在滑坡中部设横向排水沟。

(2) 地表处理: 在 177.00m 水位线以下, 坡面已有干砌料石封闭, 不再考虑地表封水, 其它坡面因坡角较陡, 采用种草绿化, 可达到排水目的。

部分地下水丰富地段, 待施工时根据实际情况, 设置钻孔排水, 钻孔直径为 110mm, 埋双层 PVC 排水管, 土层滑动带处排水管上钻小孔, 将水排出。

3.2.3 护岸工程

在二级支挡抗滑桩后至 177.00m 水位变化带设干砌条石护岸, 护坡厚度为 0.30m。条石按一定规律铺设在经过整平的斜坡上, 使地下水可以从条石缝隙中排出, 但保持土体不随排水溜塌。护岸坡角不大于 30°。

3.2.4 削坡工程

在坡较陡的部位, 土推力较大, 为了降低土坡推力, 对滑坡上部土体进行了削坡。削坡开挖土体部分填至下部阻滑带, 为了不增加滑坡推力, 大部分土方运出滑坡体以外。

在其它部分, 为了保持坡面局部稳定, 进行了小量修面削坡。

4 结束语

在滑坡治理中最常用的是抗滑桩和预应力锚索, 但造价较高, 需要进行优化设计。削方减载与填土反压护坡脚是最经济、便捷的治理方法, 但必须符合一定的地形条件才可进行施工。由此可见, 每种方法有其优缺点, 单一的措施无法满足治理要求, 而治理滑坡的理念就在于结合地形条件和各种外在因素进行方法的综合考虑, 以达到最佳的治理效果。从实例即可看出治理方案优化组合的重要性。

随着科技的发展已经涌现出越来越多的新型治理方法, 治理方案的选择也在朝着科学、经济、便捷的方向发展。在解决边坡安全问题的同时, 边坡生态环境的治理已经日益为人们所重视, 边坡的绿化工程成为边坡治理的一个重要环节, 有待进一步发展。

参考文献:

- [1] 丁玉琴, 覃仁辉. 滑坡治理与抗滑桩设计[J]. 贵州工业大学学报, 2005, (6): 134~137.
- [2] 余桂红, 李红超. 地质灾害滑坡治理与柔性防护[J]. 西部探矿工程, 2002, (1): 120~121.
- [3] 5 滑坡文集 6 编辑委员会. 滑坡文集第十五集[M], 中国铁道出版社, 2002.