

# 黄土地区滑坡的机理分析及防治对策

崔中兴

杨作栋

(西安理工大学·西安市·710048)(西安市地震局·西安市·710003)

## 提 要

黄土高原的面积占陕西省总面积的45%，在黄土塬边地段，滑坡、崩塌灾害活动频繁，给国民经济建设带来了严重的影响和损失。笔者对黄土地区的地形地貌特征、黄土地区滑坡的形成因素及变形破坏机理进行了详细地分析，提出了黄土地区滑坡的防治对策。

关键词：黄土高原 滑坡 防治对策

## Analysis on Deformation Mechanism of Landslide and Its Prevention Strategies in Loess Plateau

Cui Zhongxing

Yang Zuodong

(Xian university of Technology 710048)(Xian Seismological Bureau 710003)

## Abstract

The area of loess plateau covers 45 per cent of total area of shaanxi province . the disaster of landslide and collapse occurs frequently at the slope of loess plateau, which produces serious damages to the daily life of the local peoples and national economic development each year. The characteristics of topography and geology of loess plateau have been discussed. formation factor and deformation mechanism of landslide have also been analysed. The authors proposed strategies to prevent landslide in loess plateau.

**Key words** loess plateau landslide prevention strategy

## 一、黄土地区的地形地貌特征

我国西北地区的陕西、甘肃、青海、宁夏等省、自治区广泛分布着黄土，以位于黄土高原中心的陕西省为例，黄土高原面积占全省面积的45%，在黄土塬边一带，滑坡、崩塌和泥石流灾害活动频繁，给我省的经济建设带来了巨大的损失。陕西关中北部处于鄂尔多斯台地东南边缘，深部构造比较稳定，表面为第四纪巨厚黄土堆积层，堆积在被剥蚀的不平整的基岩剥蚀面上或第三纪红色粘土层上，黄土层厚100~200m，最厚的达310m，其岩性、层序和区域分布厚度都比较规律。第四纪中更新世晚期，关中到陕北一带的新构造运动主要表现为垂直上升，上升幅度为150~250m，加上长期地质营力作用的结果，黄土塬面受到强烈的切割和破坏，继续发展演化，导致塬面进一步破坏，梁峁、沟谷密布，叶脉状水系发育，形成一幅关中多台塬，陕北多梁峁的错综复杂的地貌景观，这种地形地貌是产生滑坡的有利条件和基础。

黄土滑坡主要分布在渭河、洛河、泾河、灞河、泾河水系的边缘。以西安市为例,黄土滑坡大致分布在泾河、灞河流域以及山区的边坡地带。

西安市区域被流水侵蚀剥蚀的黄土丘陵主要分布在骊山东南面的临潼县及蓝田县境内,南部与秦岭相接,通称为横岭,构成灞河与泾河的分水岭。分水岭脊大体北西—南东向呈弧形伸展,顶面一般海拔800~1000m,高出灞河400~500m,金山镇附近最高点海拔1126.8m。构成该类地貌的地层,下部为始新统一上新统的紫红色、灰白色砂岩、砂砾岩、红色砂岩、砂质泥岩等,上部为60~120余m厚的黄土新覆盖层。

横岭地区除局部因河谷溯源侵蚀尚未达到而保存有小范围较平坦的地面外,大部分地区已被沟谷切割成为黄土梁状丘陵,沟谷极为发育,密度高达4.6~5.3km/km<sup>2</sup>。该地区地形破碎、黄土梁丛生,宽度为100~300m,超过500m者极少,一般长3~5km,少数可达6~7km,由分水岭向北、向南波状延伸降低,梁坡和缓,坡度10~25°,沟谷深切,一般达100~150m,较大的沟谷普遍存在谷中谷,上部黄土沟呈U型,谷坡平均坡度20~30°,局部达40°以上,下部切入第三系地层,沟谷呈V型,底部宽数米至数十米,谷坡平均坡度30~40°,局部形成陡崖。

该类地貌由于组成物质松散,梁面、梁坡基本垦为农田,沟谷发育,谷坡陡峻,植被稀少,加之降雨比较集中,坡面流水侵蚀、沟谷侵蚀比较强烈,边坡重力侵蚀活跃,滑坡、崩塌多有发生,因而水土流失严重,侵蚀模数高达2500~9400t/(km<sup>2</sup>·a)。因此,治理水土流失是合理改造利用该类型地貌条件首先必须考虑的问题。

黄土台塬具有明显的台坎和平缓的台面。黄土台塬的组成物质,下部多为第三系或第四系早期的洪积、冲积、湖积物,上部为第四纪风成黄土或冲积黄土。台塬顶面一般比较平坦、完整,坡度多在5°以下,很少超过10°,各台塬高度不一,大体处于海拔450~800m之间。

西安地区的主要黄土台塬有白鹿塬、少陵塬、神禾塬、八里塬、铜人塬、代王—马额塬、青化—翠峰塬、荆山塬、乐游塬等。

除黄土丘陵和黄土台塬外,陕西省还有号称“八百里秦川”的关中平原。平原地区地势平坦,土壤肥沃,地下水丰富,人口稠密,交通方便,经济发达,除局部地区存在地裂缝、城市地面沉降、黄土湿陷等地质灾害外,基本上不存在斜坡稳定问题,仅在山前洪积平原上部河流切割较深的部分坡段,时有小型滑坡或崩塌发生。

## 二、黄土地区滑坡的影响因素及机理分析

### (一)地形地貌条件

地形地貌条件是滑坡发育必不可少的因素,即使有地质构造和地层岩性的基础,但如果没有发生不滑坡的地形地貌条件,滑坡是不会发生的。

地面切割深度,秦岭山区最大,其次是骊山低山、横岭丘陵和白鹿塬等黄土台塬边缘,平原最小。实际上,在较陡斜坡地区、平缓坡区、甚至较平坦区,都有陡坡分布,尤其是广大黄土丘陵、台塬边缘区,大于30°的陡坡坡段大量存在。

大量调查资料表明:15~45°的斜坡是滑坡发育的优势地段,如果斜坡甚为陡峻,则容易形成重力崩塌。就黄土丘陵、台塬来说,30°左右的地形坡度,接近或大于黄土的内摩擦角(19~30°)。因此,斜坡稳定性较差,在其它营力的综合作用下,极易发生滑坡。

### (二)地层岩性的影响

黄土是第四纪的土状堆积物,呈黄色或棕黄色,常夹有数层棕红色古土壤层。这种地层垂直

节理发育,易于干裂,孔隙率高,含水量较低,这些都为降水入渗提供了方便条件。由于黄土的化学成份、颗粒组成、结构形态及其排列组合方式和遇水容易软化、湿陷等特征,通常被称为孔隙湿陷性黄土。黄土遇水后抗剪强度迅速降低,在其它条件具备时,易形成滑坡。所以黄土地层本身是产生滑坡的内在根本原因。

黄土地区下伏地层广泛分布有第三系和侏罗系的红土、泥岩、砂岩、页岩等,这些地层岩性比较疏松,力学强度较低,且遇水后容易软化,同时与黄土相比又成为相对不透水层,易形成潜水底面,因此,有利于滑动面的形成。

### (三)新构造运动和地震活动

新构造运动在斜坡发育中起着控制作用。第四纪中更新世晚期以来,新构造运动强烈,山地、丘陵和台塬抬升,河流、沟谷下切,使原有斜坡高差不断加大,形成高斜坡,不少沟谷沿断裂发育,这样就为滑坡的发育提供了地形地貌基础。斜坡地带的断层,有助于滑坡的发育,这是由于断层的存在有利于大气降水和地表径流的入渗,断层面有可能成为滑坡的拉裂面和滑动面,断层的活动同时参与和促进坡体的蠕变变形。如骊山北坡老鸦沟多级滑坡,其中有的后壁与断层分布位置相吻合。如西安东南方的鲸鱼沟红旗水库右岸滑坡的两侧均以断裂为界。

地震活动与滑坡发育的关系显而易见,古今中外由地震而引发的滑坡、崩塌不乏其例。

地震产生的强烈地表振动引起斜坡岩土体的结构和强度变化,使岩土突然发生坡裂产生松动或压密,甚至产生液化,使斜坡体的抗剪强度迅速降低。地震力可引起斜坡体发生突然位移,所以,地震,特别是强震,不仅会使尚处于蠕变变形阶段的坡体发生突然剧烈滑坡,而且有时会使那些原来稳定的坡体发生滑动。

### (四)水的影响机制

滑坡的发生与水的作用有密切关系。

1. 大气降水的影响。降雨的垂直下渗和降雨所形成的地表径流的入渗以及沿裂隙的大量灌入,使坡体含水量增加,甚至达到饱和状态,当大量雨水渗灌至隔水层形成潜水层时,土体的粘聚力和层间摩擦力大大降低,对滑坡的发生非常有利。

2. 地表水的影响。地表的溪涧、江河等水体在其运动过程中不断下切、侧蚀,使岸坡增高变陡,引起坡体失稳。例如,白鹿塬边的王家坡,坡脚由于灞河的不断冲蚀,经常发生小型滑塌,并由此引起上部斜坡的强烈蠕变变形,后缘、两侧、中部和前缘产生了许多裂缝和明显的水平垂直位移,已构成潜在的滑坡。

3. 地下水的作用。地下水是影响斜坡稳定性的关键因素之一,地下水的存在及其变化直接影响坡体重力条件和岩土力学状态,而重力条件和岩土力学状态恰是影响斜坡稳定性的主要因素。

大量实验研究表明:当红土的含水量增加至 35%左右时,抗剪强度降低 60%以上,泥岩或页岩饱和时的抗剪强度比天然状态下的抗剪强度降低 30%~40%。如地下水在隔水层顶板上汇集成层,还会对上覆的土体产生浮力,降低抗滑力。地下水还会溶解岩土中的易溶物质,使岩土化学成分和结构发生变化,甚至形成潜蚀、溶蚀,地下水位的升高形成壅水还会产生很大的静水和动水压力,从而影响到斜坡的稳定性。

4. 人类活动的影响。随着社会经济的发展,人们愈来愈广泛地利用和改造大自然,在工业、农业、交通、矿藏、水利和城乡开发建设中,或多或少不可避免地涉及到边坡问题。从近年来所发生的滑坡、崩塌乃至泥石流等来看,人为因素的作用和影响日益显著。

在黄土台塬的边缘地带、黄土丘陵的谷坡地带,因平坦地面很少,切坡建房的现象十分普遍,

一些地方还在切坡形成的陡崖下挖窑洞,这样就减少了坡脚的支撑力,降低了边坡的稳定性,有利于滑坡的形成。近几年发生的许多灾害性滑坡和崩塌中,相当一部分与人为切坡有关。

黄土斜坡地区坡脚大时取土危害明显,尤其是砖瓦厂,如西安市白鹿塬北端的西安新型墙体材料厂,因不科学的大量采土,于1990年4月11日发生约15万 $\text{m}^3$ 的滑塌事件,死亡1人,受伤1人,厂房建筑、生产设备遭到严重破坏,直接经济损失350余万元,停工停产半年之久。

植被对斜坡具有一定的保护作用,但解放后几经乱砍乱伐,使山区森林遭到严重破坏,尤其是浅山区,森林资源已濒临绝迹。大量的开垦土地,也使草地植被破坏殆尽,致使在高坡开垦地段极易产生滑坡。

5. 黄土滑坡的机理分析。如上所述,黄土地区为滑坡的形成创造了适宜的边坡、大气降水的下渗、地表径流的大量入渗等便利条件,而地层岩性又有利于保水、使地下水排泄不畅、地下水位抬高,在地下水的作用下,逐渐形成软弱面(带),在重力和外力作用下,土体沿软弱面(带)产生剪切破坏面。滑动面的形成是坡体产生滑动的关键,黄土地区滑坡的滑动面多发育于粘土层表面或粘土层内,粘土层及其上部土层被地下水所饱和、泥化或软化,使土体产生长期蠕变,随着坡体形变的不断增加,逐渐形成连续的滑动面。地下水对滑动面土层的抗剪强度,有很大的削弱作用,在自重和外力的作用下,造成塑性区的产生和发展,使形变量和形变速率增大,当超过其允许值时,坡体则沿塑性区出现流变破坏,形成局部滑动面,表明此时坡体蠕变已进入加速阶段,当局部滑动面不断发展,最后全部贯通后,就进入整体滑动的临滑预备状态。

### 三、黄土地区滑坡的防治对策

由于黄土滑坡发生频繁、突发性强、规模较大,且多密布成带成片分布,所以其危害性极大。笔者根据实际工作中的经验,认为滑坡的防治应包括以下几个方面:

#### (一)发挥政府职能作用、统一规划、全面协调

滑坡的防治工作是一项系统工程,滑坡的勘察、监测预报、村落规划、工程治理、救灾等各个环节,涉及到科研、设计、施工以及各级政府中的业务管理部门和财政、农业、工业、水电、防汛、民政、公安、物质、通讯、保险、医疗救护等部门和单位,因此,必须充分发挥政府职能作用,统一规划,全面协调,集中管理、分别实施、以达到防治的目的。

#### (二)建立规范化的滑坡防治工作体系

首先在各级政府的领导下,建立滑坡档案,对所辖区域的滑坡分布做到心中有数,尤其是已经确定的潜在滑坡、崩塌、要逐一详细登记进档,各滑坡的变形发展状况应及时记入档案,新发生的危险地段,经落实后也应及时予以登记,以便防治。

#### (三)加强调查研究和监测预报

由于滑坡等灾害分布区域广、数量多,所以必须加强调查研究工作,及时掌握各危险坡段的险情发展,及时发现新的坡体失稳现象,对潜在的滑坡、崩塌等危险地段要加强监测预报工作。从1986年起,西安市选择了10个重点滑坡进行监测,取得了丰富的预测预报经验。

#### (四)降低地下水位,改变土体状态

增加黄土塬边滑坡稳定性的根本措施之一是降低地下水位。以古刘滑坡为例,通过研究发现,降低滑坡体内地下水位1/2,可增加稳定系数1/4,滑坡体内地下水位全部疏干,可增加稳定系数1/3。

降低地下水位可通过疏通泉水,水平钻孔排水和垂直钻孔排水以及防止地下水位再度上升

等措施来进行。

为防止地下水位再度上升,应尽量防止降水渗入、防止水利工程表水渗入以及用水的合理调配等。研究表明:月降雨量在 100mm 时,即使连续降雨 2~3 个月,降水入渗对边坡的稳定性也不会带来影响,只要在月降雨总量超过 200mm,且连续降雨达两个月以上才会带来一定的影响,这种影响主要是通过沿裂缝的大量渗入。因此,防止降水渗入主要应以堵塞裂缝为主。

黄土塬边的水利设施,很少进行严格的防渗处理,从而常造成严重渗漏,补给地下水,直接危及滑坡稳定,所以,有必要对这些工程进行必要的防渗处理。同时,还应合理进行灌溉,加强管理,不能只灌不管,以免造成超量灌溉用水,大量补给地下水,应尽量综合使用地下水和地面水,有利于降低地下水位,达到防滑目的。

#### (五)合理进行区域规划

在区域规划中,从保持滑坡的稳定性,减灾防灾的角度看,对水土保持工作不应一概而论,应注重排水、分流,尤其是在丰水年时为其渗入土层中的降水不致过多,在土地规划中,水平梯田不要形成过大的倒坡,同进,植树造林,起到防渗和排水,达到稳定边坡的目的。

有计划地布置居民点,合理使用水库、池塘、防止在塬坡区乱设居民点,无计划地修建塘库。在居民点附近,要合理地进行坡脚开挖,以避免人为地制造险情。

#### (六)以防为主,防治结合,实事求是,因地制宜

在广大农村地区,应采取“避让”的策略,即有计划地组织动员滑坡危险地段村民搬迁,躲避滑坡的威胁。对于规模大、危及区内社会经济设施、历史名胜古迹等难以“避让”的重点滑坡危险地段,应认真进行勘察,实施工程处理,确保坡体的稳定。

广大斜坡地带,尤其是易滑地带,要结合小流域治理,注意保护自然植被,植树造林,禁止陡坡开垦,“挂牌地”应弃耕还林还草,减少水土流失和坡体破坏,保持斜坡稳定。

应组织基层县、乡、村、组人员进行滑坡知识培训,接受培训的人员应具有高度的政治责任感,他们应充分了解本地区的自然条件,灾害分布状况和规律,滑坡的形成机理,滑坡前兆的识别,监测预报技术,防范报警措施等内容,使滑坡的防灾工作在各级部门中得到落实,形成一支稳定的滑坡防治队伍。

笔者对黄土地区的滑坡影响因素及变形破坏机理进行了分析研究,提出了黄土滑坡防治措施的若干合理建议,谨供黄土滑坡研究工作者和各级滑坡工作人员参考。

#### 参 考 文 献

- [1] 宋克强,崔中兴等.古刘滑坡的蠕变特征及其预报.《岩土工程学报》,1994,第4期
- [2] 崔中兴等.韩城电厂边坡变形机理及稳定性分析.《灾害学》,1994年,第2期