

青海高原东部的滑坡

范錫朋 汪寿南

(甘肃綜合地質大队)(青海綜合地質大队)

青海高原位于亚洲中部晚期第三紀以来巨大隆起——青藏山原之东北部。本区东与隴西黃土高原为邻,西与青海湖盆地、共和盆地毗連,是祁連、昆仑两大山系接壤地带,地貌上总的特点是北西西向的块断山脉与断陷盆地相間。由于晚近強烈的正向振蕩运动,山脉与盆地均为黄河水系剧烈分割,地势悬殊,高山与深谷并存,滑坡作用剧烈。本文就区内滑坡进行初步研究。限于水平,錯誤之处,希望讀者指正。

一、滑坡形成的区域地貌背景(图1)

本区包括大板山、拉脊山之間的西宁盆地、民和盆地以及西傾山(东段)以北,拉脊山以南的貴德、尖札、循化、保安等盆地。这些盆地大都是新生代断陷。第四紀早期,它們還是一些堆积着巨厚黃土、黃土状沉积和冰川(冰水)剝蝕碎屑物質的山間平原,只是在中上更新世以后才为黄河水系分割为起伏极巨的低山丘陵景观。

拉脊山以北之湟水谷地(西宁、民和盆地),为黃土所掩复的第三系紅岩低山丘陵广泛分布。該地带与隴西高原西部有相似的地貌发展史。按地形形态特点,自谷地西部边缘至湟水干流两岸,可划分出三个地貌景观带:

- 1) 西部边缘寬谷浅沟梁状丘陵;
- 2) 过渡带深谷梁状低山丘陵;
- 3) 中部深谷崩状低山丘陵。

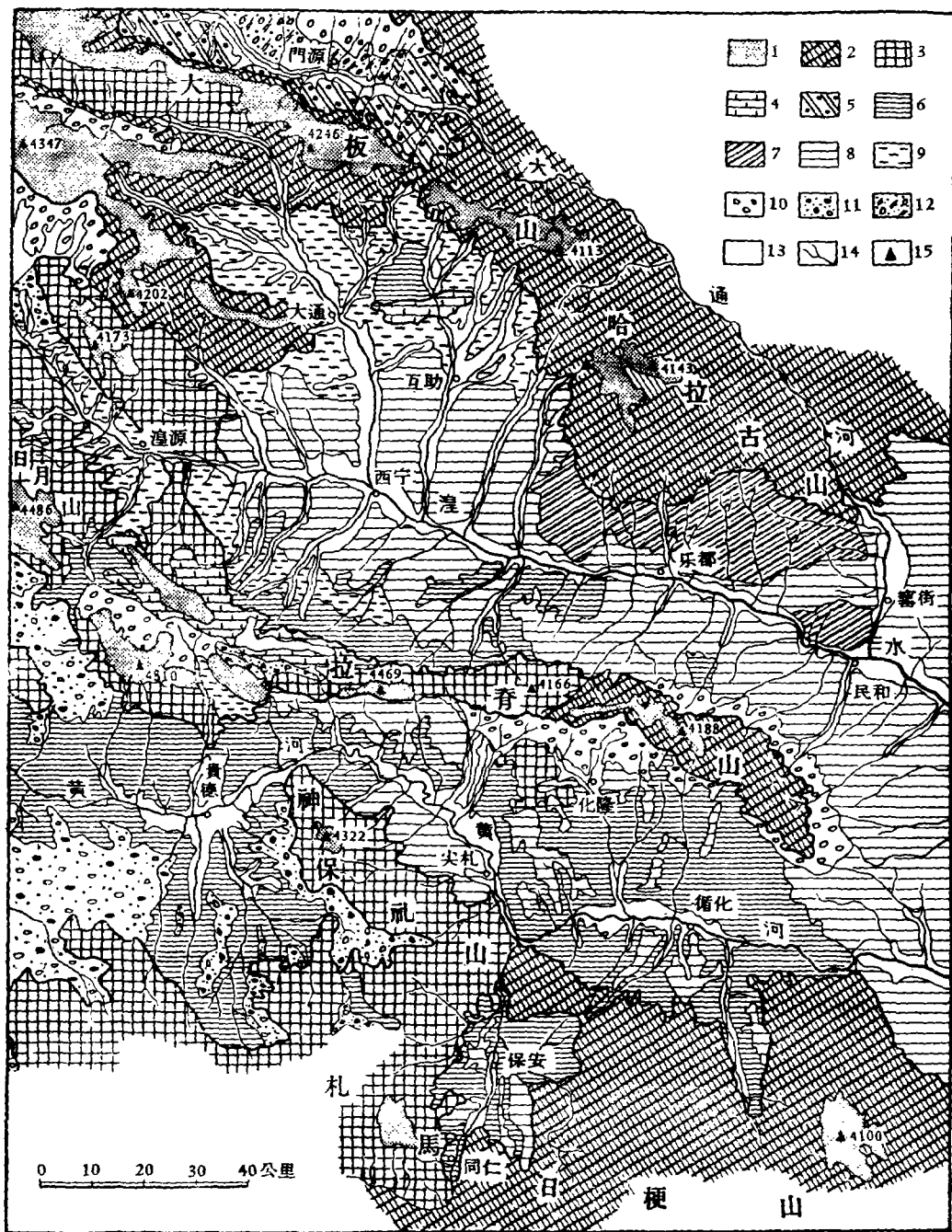
寬谷浅沟梁状丘陵,分布于西宁盆地南北边缘地带,海拔 2900—3000 米,高出附近河面 150—200 米,地貌的特点是低缓的梁状丘陵为寬坦的古谷所分隔,同时有厚度不大的黃土复盖。因該地带沟谷多形成于清水期,故有“老谷带”之称,是湟水谷地自然地质现象較微弱的地段,地貌作用以片蝕为主,系现代河网溯源侵蝕尚未到达的区域。

西宁、民和盆地中部近湟水主干之低山丘陵是现代侵蝕作用最强烈的地带。这里古老的黃土塬已被深沟分割为崩状或脊状形态。崩頂一般高出湟水河面 450—500 米,在湟水下游民和盆地可达 500 米以上。此处冲沟极为发育,深深切入第三系紅色岩层中。一般沟道短促,坡降大,沟脑常溯至崩頂,沟底有槽状切割,横断面呈U型,谷坡在 45 度以上,其上新生悬沟林立,滑坡、崩塌等块体运动极为活跃。在现代强烈侵蝕作用下,紅岩毕露,中上更新世黃土、黃土状土仅见于山岭谷坡上部和崩頂地段。

深谷崩状低山丘陵是湟水谷地最主要的地貌景观,占谷地面积 60% 以上。

在寬谷浅沟梁状丘陵与深谷崩状低山丘陵地带之間,地貌上具有上述二带的过渡带特点。

拉脊山以南的貴德盆地、循化盆地为黄河干流貫穿。盆地内主要地形以第三系紅色



侵蚀大构造拱曲-块断山:

1. 水流浅切割的古冰川刨蚀齿状高山地形
 2. 水流深切割(切割深度 500—900 米)的中高山地形
 3. 水流中等切割(切割深度 300—500 米)的中高山地形
 4. 水流深切割的喀斯特陡坡悬崖地形
- 挠曲-断陷山间盆地:
5. 强烈侵蚀冲刷的中新生界平坝山状陡坡低山地形
 6. 强烈侵蚀冲刷的第三系脊状陡坡低山地形

7. 有黄土掩复的石质低山丘陵地形

8. 有黄土掩复的第三系深谷阶状低山丘陵地形
 9. 有黄土掩复的第三系宽谷梁状丘陵地形
 10. 为流水强烈侵蚀分割的古冰水平原
 11. 高平台状的古洪积、冲积平原
 12. 山前洪积冲积平原
 13. 现代河谷冲积平原
- 其他:
14. 河流
 15. 山垓及其高程

图1 青海高原东部地貌略图

岩层构成的低山丘陵为主,其发展过程与湟水谷地相似,是在更新世古剥蚀堆积平原基础上为河谷侵蚀冲刷而成的。现时,我们仍可于循化之南,贵德盆地边缘河流溯源侵蚀未到达的地段,见到保存得十分完好的古剥蚀堆积平原残留部分——平顶山梁。

与湟水谷地相较,这里河谷下切作用更为剧烈。低山丘陵间沟谷深切,一般谷坡上部开阔,下部壁立,呈V字型与箱形谷综合形态,下切深度达400—600米。于谷坡上到处可见已暂时稳定的巨型滑坡或坍塌。

区内各山间盆地内的低山丘陵地带普遍受到强烈的沟道侵蚀。沟道溯源侵蚀速度一般每年5—8米,大者可达23—55米;下切速度每年为0.16—0.47米,大者4.9米,并有逐年增加的趋势¹⁾。

由于侵蚀作用强烈的发展,在上更新世以来,本区就是黄河流域水土流失最严重的地区之一。

二、滑坡发育条件的分析

滑坡,是各种有关自然地质-构造作用相互影响综合发育的结果。滑坡作用,被我们理解为斜坡上不稳定岩体在自然水参与下沿着一定的应力面产生的移动现象。在水土流失严重的地区,它是河谷或沟道扩展主要的形式之一。

分析区内各滑坡源已有的地貌、地质条件后,我们认为青海东部高原滑坡作用特别发育的原因有以下几个方面:

1) 如所周知,滑坡作为河谷(沟道)谷坡发展的重要因素之一,总是与侵蚀作用密切相关的。因此,控制侵蚀作用发展方向的新构造运动性质和强度便成为滑坡作用发展的主导原因。

根据我们对黄河和湟水河谷阶地以及区域第四纪地层的研究,初步认为自中更新世晚期以来,青海东部各山间盆地便开始进入以侵蚀为主的正向振荡运动过程。同时,这个阶段(指 Q_2-Q_4 时期)地壳上升幅度达400—480米以上,而且上升强度与时俱增。

在为外流水系分割的区域,一般说来,振荡运动上升幅度与河流下切深度大体上是相当的。区内不断加强的下切作用,除了将增大谷坡的坡度以外,还将使谷坡增高。这样,滑坡作用在青海东部地区势必随着正向振荡运动的加强而得到广泛的发展。实际的观察资料也证明,区内滑坡作用最强烈的地段,总是发生在那些侵蚀作用最盛行的区域。

此外,我们曾于贵德、循化等地发现了埋藏于黄河二级阶地(板桥期)冲积层之下的古滑坡体。这表明,区内滑坡作用是随着侵蚀作用的发展而发展的,而且它们往往是与河流下切作用最剧烈的时期相适应。

新构造运动的另一形式——地震,显然是导致滑坡作用产生的直接因素之一。青海高原东部属于强震区。根据西宁县志记载,373年8月、1847年6月、1875年1月和1888年3月,西宁几次地震均曾引起山崩、滑坡、坍塌现象。例如1847年地震,即曾引起桑家沟左岸浅山口发生宽4公里、下滑25—30米的大滑坡。

2) 区内滑坡分布最广的地带,是各山间盆地内由半坚硬第三系及松散的黄土类土构

1) 黄河水利委员会:“湟水流域水土保持考察报告”,1954年。

成的低山丘陵区域。此一现象反映了滑坡作用是从属于一定的地貌-岩性条件的。

我們曾經研究过一些滑坡区的第三系及黃土类土的物理力学性質，发现它們虽然在天然含湿条件下具有較高的力学強度，但为水浸潤后則迅速降低，黃土类土尤为明显。而对于第三系地层來說，岩层中富含的可溶盐質，特别是呈分散状的石膏广泛存在，显然在风化过程中大大促进了岩层力学性質的改变，从而导致滑坡的产生。

从区内岩层力学性質特征，完全可以解释滑动面产生于黃土类土中的滑坡，在各山間盆地边缘地形和緩的丘陵地带也有大量的分布，而滑动面位于第三系地层中的巨型崩滑，則仅見于各盆地中心湟水或黃河干流兩側侵蝕下切最強烈、地形起伏很大的地段。已有的实验材料証明，区内第三系岩层力学強度一般可以达到黃土类土的 6—25 倍。

3) 几乎所有的滑坡研究者都指出天然水在滑坡形成过程中的巨大作用。青海东部，巨厚而不透水的第三系岩层广泛分布，地形剧烈分割，地表水或地下水对各类滑坡的形成，直接影响較小，参与滑坡作用的自然水体往往是集中的降雨。

本区年降水量一般为 300—400 毫米左右，多雨的年份可达 500 毫米以上，70% 降于 7、8、9 三个月。以乐都地区为例，1961 年总降雨量达 550 毫米，仅 8 月份即达 176.6 毫米。因而在同年 8 月下旬引起該地区广大的低山丘陵地带古滑坡源的大規模活动。

三、区内几个大型滑坡的描述

1961 年至 1962 年期間，青海东部不少地区，在彼此相近的时期内发生了許多規模巨大的滑坡。这些滑坡形成的地質、地貌条件各有不同。此外，还有些巨型古滑坡，它們在成因和形态上也各具特点，現选择其有代表性的描述如下，以作为我們研究滑坡規律的基础。

黑窩洞大滑坡

黑窩洞滑坡区处于西宁、民和盆地南部，北距乐都县城約 15 公里，相当于湟水一級支流——双塔川、尹家川中游河間的分水岭地带。分水岭高出兩側河面 360 米，拔海 2600—2700 米，谷坡上可見到不甚明显的五級阶地。

滑坡区所見地层为上第三系紫紅色泥岩夹灰白色石膏。地层以数度傾向北。上第三系之上广泛为中上更新世风成黃土复盖，其厚度不等，可見到最大厚度超过 30 米，岩性疏松，垂直节理发育，大孔隙甚多，并常为白色鈣質充填。

在 1961 年間黑窩洞滑坡区的大滑坡出現一次規模巨大的滑动，据当地公社的記載，在 1961 年 8 月 26 日下午九时到 27 日下午 10 时，連續降雨 25 小时，部分浅山区造成严重的山崩现象，全社先后崩場的农田面积达 6000 余亩（单黑窩洞一地即占 1800 亩），黑窩洞于 26 日晚 12 时左右开始陸續坍塌，地面裂口，到 28 日下午尚未完全停止。

黑窩洞大滑坡是滑坡区中規模和破坏性最大的一个。滑坡呈北东东-南西西方向延展，长达 2700 米，寬 1200 米，其后緣距分水岭一般約 50—100 米，局部地段切过分水岭。整个滑坡处于第五級阶地后緣与分水岭間坡度約 7 度左右谷坡处，前、后緣高差約 140 米。滑坡体略成圓弧形，沿斜坡向下活动，由无数小活动面組合而成。新老滑动面相互迭复，自下而上規模較大者有七个。前四个为古滑动面，最近滑动較輕微；第五个为新近剧烈再活动的古滑面；第六、七个均为最新产生的滑动面。此外，在滑坡体上发育的冲沟兩

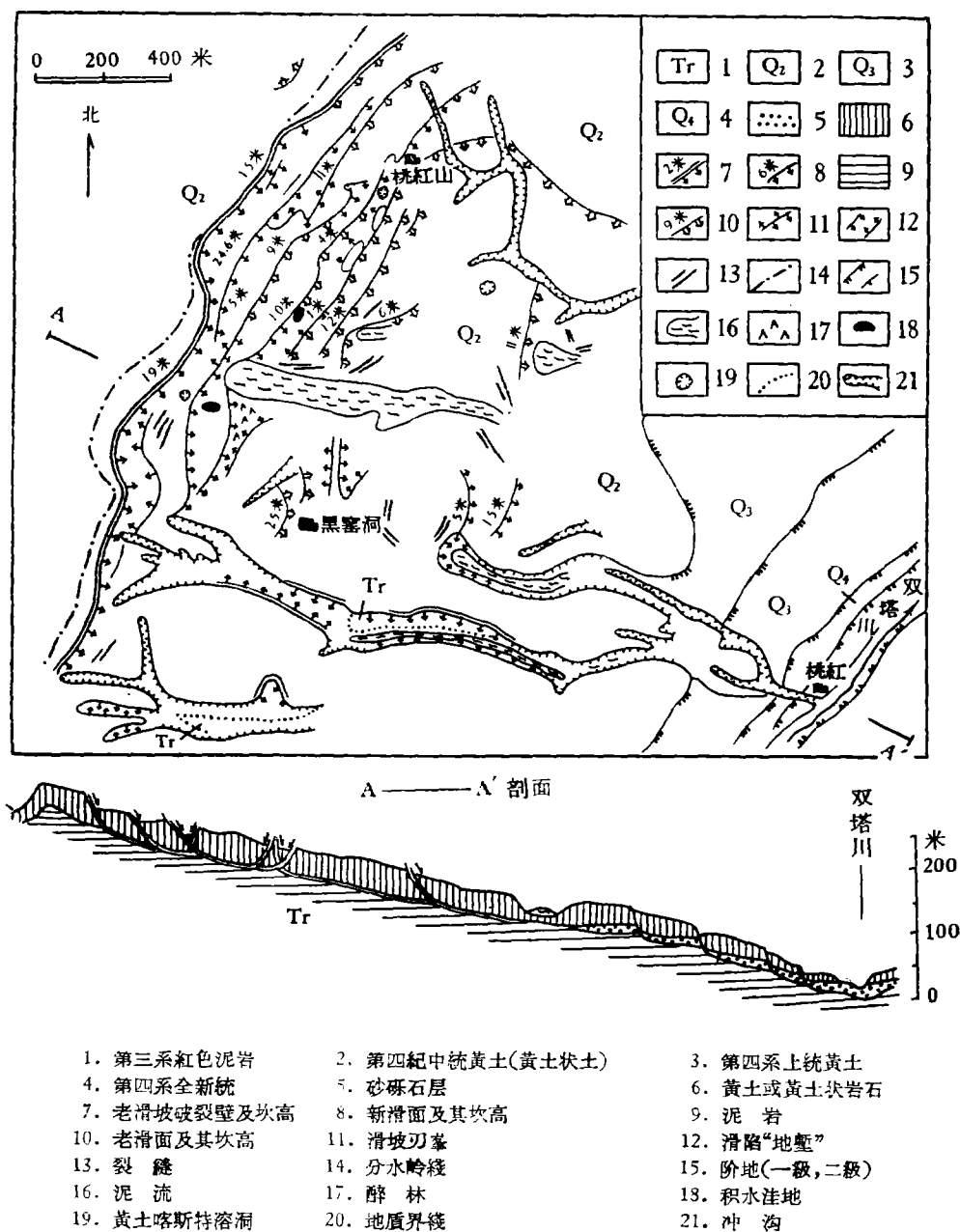


图2 乐都黑窑洞大滑坡平面图

侧也有极多规模不大的新、老滑坡分布(图2)。

据访问得知,第四个滑动面发生于光绪12年(1887年)旧历6月12日;第五个发生于1919年。据此,大滑坡自始至今最少已活动过四次。

整个滑坡体外貌特征是由上述七个滑动面所分割之斜坡构成的“台阶状”地形。滑面台坎高差一般为10—15米,近后缘者略有增大,第七个达15—19米,最高24.6米。在第

五至第七个滑面間地面破坏最強烈,常常可見两个次一級滑面相背或相向发育,把土体分割成“刃峯”状山脊和“滑陷地塹”¹⁾。

各主要滑动面大致平行,間距在 100 米左右。滑坡中部有一寬約 80—100 米,长达 800 米的泥流,沿凹沟流动。近分水岭地带的树林一部分形成醉林,一部分为泥流携至 1 公里以外。滑坡体上裂縫比比皆是。

在一些新生切沟中,可以直接观察到位于黃土与第三系紅色泥岩接触带的滑动面,經研究証明,土体的滑动是自低处向高处牵引式发展的,且愈近分水岭滑动愈烈。

显然,最近一次大規模滑动的主要原因,是过多的降雨使易于透水的黃土层沿第三系泥岩不整合面运动所致。

北山寺滑坡

北山寺滑坡位于湟水北岸四級阶地前緣斜坡上。地形坡度約 25 度左右。其表面复盖层为坡积黃土及夹有砾石的坡积黃土层,岩性松散,厚 0—6 米。坡积层之下为殘积紅色粘土,属第三系泥岩的风化壳,厚 0—12 米。滑坡体长約 67 米,寬 28 米,圈谷形态清晰。据位于滑坡中央的探坑揭露:滑动面主要在殘积坡积层中。仅于滑坡边缘地段因殘积坡积变薄,滑面产生在殘积层和紅色泥岩接触面上。可見,該滑坡床是斜切层理的。滑动面距地表 4—7 米,是一个平滑而微起伏的面(图 3)。

貴德王屯大滑坡

这个大滑坡位于貴德盆地中部,黃河南岸的大支流——东沟的左岸。未滑动前谷坡陡峭,谷肩高出河面 300—400 米,系由近于水平产状的上新統厚层泥岩与下更新統河湖相半胶結砂、泥岩构成。

滑坡产生于谷坡上部,岩体沿着一系列滑面自西向东推向谷底,移动岩体南北长为 4.5 公里,东西寬达 1—1.5 公里,平面上略呈新月形。

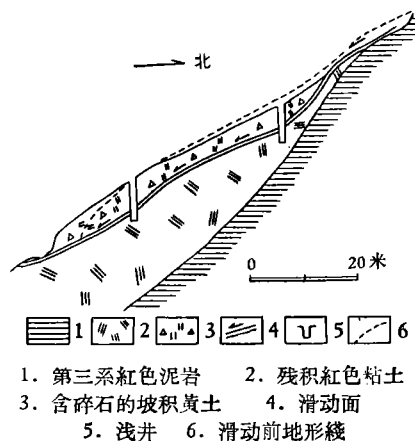


图 3 西宁北山寺滑坡剖面图

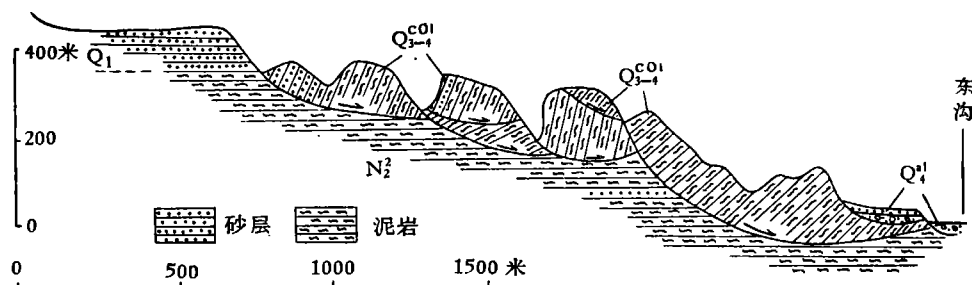


图 4 貴德王屯大滑坡剖面

1) “滑陷地塹”和“刃峯”,巨型滑坡中因局部应力而产生的次一級地滑形态。当两个滑坡体相向滑动,地形上造成地塹式陷落时称为“滑陷地塹”;当二个滑坡体相背移动,滑面相切时则形成“刃峯”。

这个滑坡体后緣的环谷及破裂壁形态极为清晰,后者高出谷底近百米,四个相平行的滑动面均切过层面,迭复岩体厚 100—150 米(图 4)。在滑坡体前緣見有由于滑动岩体向前挤压而发生的古冲积砾石层的变位。

所有上述特征指明,此滑坡属巨型牵引式逆向滑坡。

循化比唐沟巨型崩滑

这个巨型崩坍性滑坡,位于循化县城西二十公里黄河南岸比唐沟下游,北距察汗大寺約三公里。据訪問得知,1961 年 11 月 14 日午夜,比唐沟左岸陡坡山岭突然崩滑,响声传至 15 华里以外,次日崩滑处仍然尘土弥漫。崩滑面积达 3.5 平方公里,东西寬約 1000 米,南北长达 3500 米。崩滑下之岩体将河谷堵塞,堆成高达 65—185 米的天然坝,土方量超过亿吨。坝上游形成一面积为 3.5 平方公里的天然水庫。

由于山体崩滑过程极为迅速,当即埋没水磨一座,耕牛五头,耕地数十亩,民房以及原敷設于沟中的道路、通訊綫路均已无迹可寻。

崩滑地区为一带流水深切,起伏巨大的陡坡紅岩低山。比唐沟谷底与兩側分水岭高差达 550 米。谷坡一般均在 45 度以上,局部地段形成高达百米以上的悬崖峭壁。构成谷坡的岩石下部为厚层泥質砾岩,上部为厚层泥岩,总厚达 500 米以上,均屬新第三紀沉积。地层多不透水,以 5—6 度傾向北东。在地表复有厚 1—5 米的黄土堆积。

崩滑壁延展方向与分水岭一致,为北 50 度东,坡度为 60 度,切过层面。在壁的上端滑动后形成数个小阶梯状地形,下部呈一平整的光滑面,高 150 米,长 1600 米,其上留有很多主要是指向北东右下方的擦痕(示岩体崩滑之方向)。崩滑壁下有一长排倒石錐。水平寬度近百米,高 80 米,坡角 35 度左右,由第三系岩屑构成。

由于原比唐沟底寬度的限制,崩滑系垂直斜坡并略向下游方向推动(图 5),极大的高差使崩落体具有巨大的摧毁力,致使冲沟对岸谷旁山丘冲移。

巨大的崩落岩体,成波状土山堆积于沟底,表面所見多为碎岩的巨块,十分杂乱。其后緣部分标高略大,成份以原谷坡下部泥砾岩为主,岩块巨大。前緣則以土块为主,表面还保存了显系原谷坡表面的草皮(图 5)。

已有的钻探資料証明,滑坡体深部岩层基本上还是完整的,可見这里实为一十分快速的“崩塌性滑坡”¹⁾。

值得注意的事实是:在該崩滑破裂壁上部发现有古滑面遺迹,在壁的两側延展方向上亦可見到断續的古滑动面及古滑坡体。因此,我們有理由认为:这次崩滑作用是在古滑坡基础上发生的,是古滑坡的繼續发展过程。

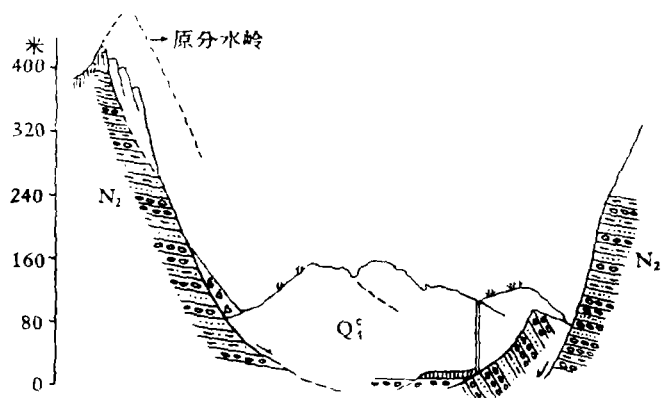
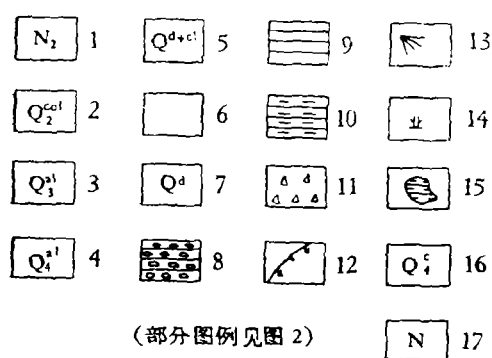
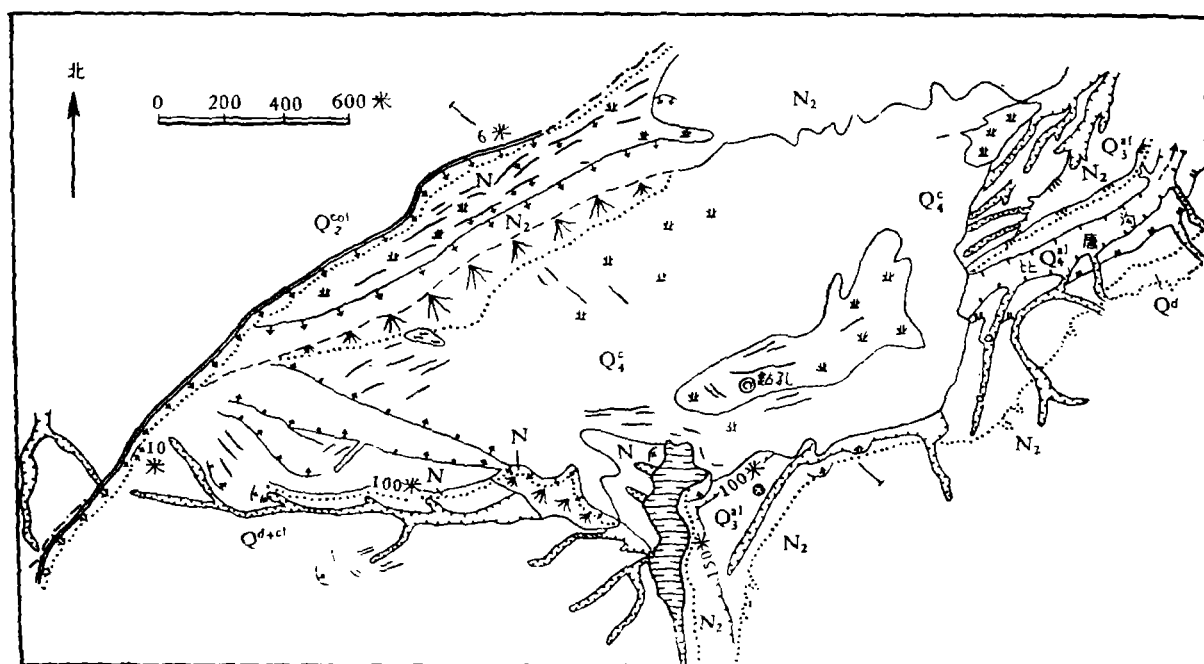
比唐沟大崩滑亦屬青海东部新近活动的滑坡区之一。

四、滑坡发育的規律

青海东部几个較大滑坡区的滑坡,在形态、分布、滑动性質、成因以及对人类危害性等方面都迥然各异。根据滑坡的性質,可以分为三类,現分述如下:

1. 滑动面产生于黄土或黄土状岩石与第三系岩层接触面上的:

1) 崩塌性滑坡,系指由于滑动面很陡,因而滑坡体的位移极为迅速,且滑动过程中,部分岩体有坍塌性質的滑坡。



- | | | | |
|---------------|------------------|-----------------|------------|
| 1. 新第三系泥岩夹砂泥岩 | 6. 近期(1961年)滑坡堆积 | 11. 碎石 | 16. 现代滑坡堆积 |
| 2. 中更新统黄土 | 7. 坡积层 | 12. 震滑 | 17. 新第三系 |
| 3. 上更新统冲积层 | 8. 砾岩 | 13. 倒石堆 | |
| 4. 近代冲积层 | 9. 砂岩 | 14. 滑坡体上原地表(草皮) | |
| 5. 残积-坡积层 | 10. 砂质泥岩 | 15. 滑坡体形成之堰塞湖 | |

图5 循化比害沟崩滑地滑图

这类滑坡主要发生在黄土或黄土状土复盖厚度较大(超过 30 米)的沟间分水岭及谷坡平缓的高台地地带,不久前曾有过大规模活动的乐都黑窑洞滑坡(见上述)便是最为典型的例子。

类似的滑坡在乐都的卷窝、閤家山、山桃、尹家山、阳坡、辛家庄、赵家湾……等地都有分布。各地区的地质-地貌条件极为相近,成因亦相同,但滑坡规模较小,形态也较简单。

综合研究区内此类滑坡已有的调查材料后,可以指出其发生的一般规律性是:

- 1) 滑坡主要分布于近分水岭谷坡地带,常常是大面积成片发生;
- 2) 滑坡多发育在地形坡度不大(小于 10 度),切割不剧烈的地段;
- 3) 滑坡带有沿斜坡溜泻的性质,多属顺层塑性牵引式滑动,移动速度较缓慢;
- 4) 滑坡床深度较之其平面规模来说是不大的,围谷一般略成小曲率弧状,滑动后地形总坡度变化不大,稳定性差;

5) 一般土体滑动多系沿着暂时稳定的古滑动面周期性发生,且多由近河谷地段向分水岭逐级发展;

6) 滑坡一般危害性大,可摧毁大批房舍,破坏大面积农田。

2. 滑动面产生于残积-坡积层内,或第三系风化壳与基岩之间的:

此类滑坡一般分布在高阶地前缘以及冲沟两侧谷坡地带,是区内最为常见的一种。

由于各山间盆地中低山丘陵地带第三系岩层风化壳十分松散,含水量低,地形坡度多与其自然稳定角接近,因之一旦受到暴雨、地震、人工开挖、渠道渗水等因素影响即可能产生土体向下滑动的现象。

这种滑坡一般特征,可以上述的西宁北山寺滑坡加以说明。

根据我们的观察发现,这类滑坡多形成于地形坡度很大的地方(大于 20 度),而在坡度达 30—40 度时最易发生。滑坡规模不大,多属中、小型,其滑动面不深,滑动方式以沿斜坡塑性溜泻为主,并带有重力坍塌性质。

3. 滑动面产生于第三系中的:

这类滑坡大部分布在陡峭河谷或大型冲沟谷坡上,规模一般为大型或巨型的,在青海东部的各个红色盆地,尤其是分割下切最剧烈的贵德、循化盆地最常见。

在拉脊山北坡湟水谷地,此类滑坡亦甚常见,如西纳川幸福村坡,地滑沟崩滑、桑家沟滑坡、教徒沟滑坡等。这些滑坡垂直滑距一般为 30—150 米,长度大者可达 3 公里,滑动面大都在第三系泥岩、泥砂岩中,崩滑下的岩体常使沟道阻塞,形成数万平方米的小水库。

综合已有材料,发现这种滑坡及其发生地区的条件有如下一些特征:

- 1) 滑坡地区地形坡度一般在 30 度以上,某些地段甚至直立。
- 2) 滑坡规模巨大,常在很短的时间内完成,并达到稳定。
- 3) 滑坡在滑动过程中,常伴随掀倒、崩坍现象,因之多属崩坍性滑坡。
- 4) 滑坡体深厚,滑面多切过层面。
- 5) 滑坡附近均有古滑面残存。因此,滑坡具有长期的发展史。
- 6) 这类滑坡在成因上与河谷、冲沟强烈下切作用、侧蚀作用密切相关。

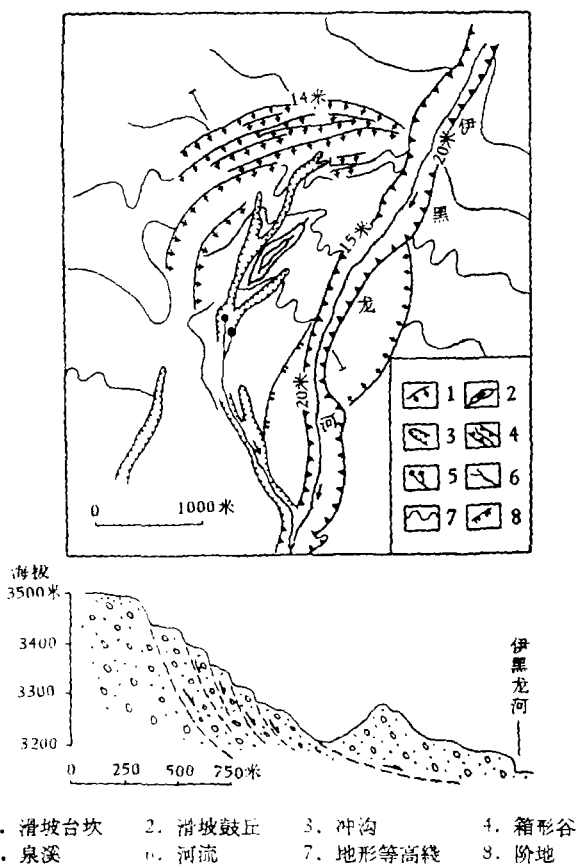


图6 伊黑龙河上游地滑图

除上述三类最常见的滑坡以外，在贵德盆地西北（黄河北岸）巴卡台地区还见到一种极为独特的滑坡现象。此处滑坡体产生于巨厚的中上更新世砾石层中（图6）。由于砾石层具有松散、易透水性及很大的内摩擦力等物理、力学性质，产生滑坡的可能性是很小的。因此，对于该滑坡成因之阐释，尚待调查研究。

上述各类滑坡现象的规模及其广泛发育的特征，表明青海高原东部在晚近地质时期滑坡作用的剧烈程度是世所罕见的。

（收稿日期：1963年8月）

参 考 文 献

- [1] A. B. 普里克朗斯基：滑坡斜坡上岩石研究的特点，工程地质专著，第2辑，地质出版社，1957年。
- [2] B. E. 阿努弗列也夫：市区滑坡的防治，建筑工程出版社，1959年。
- [3] Г. Л. 杜别里尔等：滑坡及岩锥地区的路基工程，人民交通出版社，1956年。
- [4] И. B. 波波夫：斜坡岩石的移动，工程地质学，地质出版社，1957年，89—148页。

ОПОЛЗНИ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦИНХАЙСКОГО ПЛАТО

Фан Ши-пэн и Ван Шоу-пань

(Ганьсуский комплексный геологический отряд
и Цинхайский компл. геол. отряд)

Резюме

Третичные красноцветные котловины, расположенные к югу и северу от хребта Ама-сургу в восточной части Цинхайского плато, находятся в стадии очень сильного положительного колебательного движения с позднего периода среднего плейстоцена. Поэтому они сильно изрезаны водной системой р. Хуанхэ и образовались низкие горы и холмы с резким рельефом и относительной высотой в 300—500 м. Эти низкие горы и холмы сложены главным образом из полутвердых третичных пород и рыхлых лессовых пород. После переувлажнения водой этих пород их механическая устойчивость быстро падает, вызывая широкое развитие оползней.

По особенностям оползней можно делить обычные в данной области оползни на следующие три группы:

- 1) оползень с поверхностью скольжения, приуроченной к поверхности контакта лесса или лессовидных пород с третичными породами;
- 2) оползень с поверхностью скольжения, приуроченной к элювиально-делювиальным отложениям или к месту сопряжения между третичной корой выветривания и коренными породами;
- 3) оползень с поверхностью скольжения, приуроченной к третичным породам.