

地震滑坡鉴别标志的初步研究——以1812年新疆尼勒克地震为例

杨 章

(新疆维吾尔自治区地震局)

大地震的发生周期较长,因之对一些文化开发较晚的地区,鉴定地震烈度应尽可能地把地震资料向更早追溯。本文以新疆1812年大震的滑坡鉴定为例,讨论了利用滑坡特征对无史料的地震的鉴定问题。

地震滑坡是山区大地震的一种常见的地面破坏现象[1][2][3]。研究地震滑坡及其鉴别标志对搞清地震地面破坏的分布规律,对寻找和研究缺乏文献记录的历史地震和古地震都有意义。本文以1812年3月8日尼勒克8级地震[4]所产生的滑坡为例,结合一些山区大震所产生的滑坡试图建立起地震滑坡的鉴别标志。

一、地震滑坡的鉴别标志

地震滑坡是滑坡的一个成因类型,在震时和震后都可以产生。在震时出现的滑坡,是地面构造运动、地震动荷与岩土重力联合作用的结果。地震时急剧的构造变动和地震波的联合作用可以导致原来岩土中的一些破裂面迅速联通并达地表,或者产生新的破裂并迅速连接通达外界,被割裂的岩(土)体迅速向下滑移形成地震滑坡。强烈的地面震动给予滑坡体一个从母体分离的初速度,使得一些在没有地震的情况下属于稳定的边坡也可能产生滑坡并加大滑体下滑的速度和下滑的距离,使滑坡体的结构和岩层关系遭到破坏。同时,强烈的地震动荷也可能造成一些未完全通连的滑动面,在余震或其它因素的影响下连接并通达地表,产生滞后的地震滑坡。

1. 地震滑坡的个体鉴别标志

由于地震滑坡是在强烈地震动参与下形成的,其中的一些滑坡可能具有反映地震动作用的特征而非地震滑坡相区别。

(1) 一部份地震滑坡出现在自然坡度面处于安全角度的情况下。在尼勒克地震时,相当数量的滑坡出现在自然坡度面 $5^{\circ}\sim 19^{\circ}$ 的斜坡上,有的甚至截到与滑动方向相反的坡面上,从而使整个山头向下滑动。大多数滑坡发生在黄土地区,黄土多为风成,岩性大体相当马兰黄土(Q_3),据研究[4] $5^{\circ}\sim 19^{\circ}$ 是在允许边坡值的范围内。这种滑坡的出现是很难用单纯的重力作用加以解释的。

(2) 使滑坡体的结构和层位关系受到破坏。

在1812年地震中,有的滑坡的滑动面已经截过黄土与下伏第三系红层的界面并将第三系岩层碎块带到地面与黄土、砾石层等发生混杂,从而破坏了原始的土体结构和层位关系。

(3) 滑动距离大。由于地震动荷的作用,地震滑坡一般比非地震滑坡滑动的距离要

大。1812年尼勒克地震中有的滑坡体甚至出现明显的流滑现象。对1812年尼勒克地震区的不完全统计，单个地震坡和非地震坡在滑坡体的长度（L）和滑坡壁的宽度（D）的比值存在着差别。非地震滑坡的L/D值为1.5—2.1，地震滑坡为1.8—5.0，而且多数在2.1以上。

（4）地震滑坡具有相对的稳定性。在1812年尼勒克地震区及其他一些地震区，历史地震或古地震形成的滑坡体上，多年来未见有活动痕迹。这可能是因强烈地震动荷已使滑坡体趋向稳定，只有再发生大震才有可能促使其重新活动。

2. 地震滑坡的群体鉴别标志

上述地震滑坡的单体特征，只是在一部份地震滑坡中有所表现。考虑到地震的破裂效应和震动效应都是有一定范围的，是向两侧或向四周衰减的。因而在研究单体特征时更应注意地震滑坡的群体特征及其与其它地震形变现象的关系，从而更好地进行鉴别。

（1）地震滑坡分布在一定的地区，具有规模大、数量多、从中心向四周衰减的特点。严重的滑坡主要出现在九度以上的高烈度区。尽管由地质地貌因素的影响，有的地震滑坡并不构成完整的向四周衰减的图案〔2〕，但仍然表现出高烈度区比低烈度区强烈的现象。1812年尼勒克地震的滑坡分布明显表现出由中心向四周，规模渐小、密度渐低的现象，与烈度的强弱有着对应关系。

（2）滑坡群发育。1812年尼勒克地震及其他一些地震后都有许多滑坡群。在1812年尼勒克地震区还发现后缘在一条直线上的线型滑坡群。一些似乎是单体滑坡经详细填图也发现为多个滑坡所构成的小型滑坡群（图1）。

（3）在一条山脊两侧同时出现滑坡或因发生滑坡群而形成刃状山脊。1812年地震所造成的刃状山脊有的顶宽还不到2米。

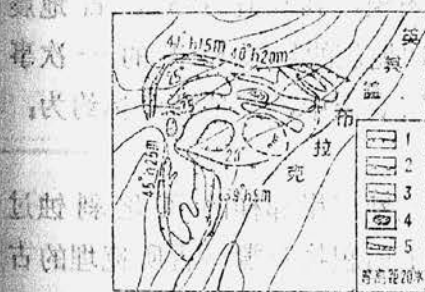


图1 英其盖布拉克西岸滑坡群

1. 滑坡壁 2. 滑坡舌 3. 地震后的小滑坡 4. 凹地 5. 凹槽

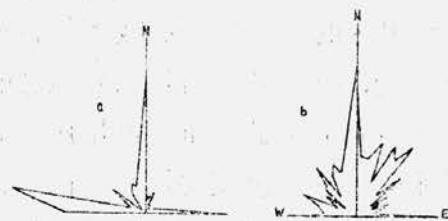


图2 地震滑坡壁与地震断裂走向分布玫瑰图

a. 地震断裂（117个数据） b. 滑坡壁（687个数据）

（4）地震滑坡有沿发震断裂和震区内其它活断层呈线型或带状展布的现象。1812年尼勒克地震滑坡有沿喀什河断裂带及其小断裂呈带状或线型展布的现象。统计滑坡壁各段走向表明，滑坡壁的走向分布与地震断裂的走向分布基本一致（图2）。这或许表明二者是有成因联系的，是在同一构造应力场作用下形成的。

（5）同一次历史地震或古地震所造成的滑坡，其滑坡壁具有相近的坡角，并且构成近似正弦的分布曲线。1812年尼勒克地震滑坡的滑坡壁坡角分布特征与地震断层崖的坡角分布相一致，峰值均为38°。1654年天水地震、1718年通渭地震的地震滑坡壁也具有相近的坡角和近似正弦的分布曲线〔3〕。

（6）地震滑坡与同一次地震所造成的其它地面形变现象相伴生。其分布与发震断裂产状有密切关系。如1812年尼勒克地震除造成滑坡外还有地震断层、裂缝、崩塌、塌陷等地表形

变现象。地震滑坡在喀什河断裂带上盘分布的数量、规模、宽度均较下盘大(表1),与发震的喀什河断裂的运动特点相一致^[4]。

喀什河断裂两盘地震滑坡分布情况

表1

位置	≥2.0km		≥1.0km		≥0.5km		集中分布区 宽度(km)
	个数	百分比	个数	百分比	个数	百分比	
断裂北盘(上盘)	23	79%	68	76%	194	70.5%	24
断裂南盘(下盘)	6	21%	21	24%	82	29.5%	16

二、1812年尼勒克震区的古地震滑坡

在1812年尼勒克震区发现了两次形成早于1812年的滑坡。多个探槽均揭露出该地区存在着两次古地震事件。¹⁴C年龄测定表明,古地震断层崩积楔的年代与滑坡壁下崩积物、滑坡舌下的古地面的年代是大致相当的(下述),说明它们是两次古地震滑坡,也表明地震滑坡的鉴别标志可以用来研究古地震。

(1) 古地震事件A

经1/2万航空照片解译和野外现场核实,事件A的遗迹包括大量的古地震滑坡及一些古地震断层和塌陷。分布范围大致与1812年地震的极震区相近。可分为两个呈同心椭圆的不同强度分布区,显示出由中心向四周衰减的特征。滑坡体规模巨大,最大滑坡群后缘宽达4公里,滑坡壁高达30米以上。滑坡壁的坡角相近且具似正弦分布图象,其峰值为25°。古地震滑坡的分布范围、规模及其它古地震遗迹都表明事件A是与1812地震的震级相当的一次事件,滑坡集中区的几何中心有较多的古地震断层,为其可能的宏观震中,其地理座标约为:北纬43.8°,东经83.5°,与1812年地震的宏观震中相近。

滑坡壁实质上是铲形重力断层崖,它形成之后也会经历其它断层崖那样的风化剥蚀过程,在滑坡壁下形成崩积楔堆积,同时使滑坡壁后退变缓。壁下崩积物及滑坡舌所掩埋的古地面¹⁴C年龄^{2),3)}与古地震断层崩积楔年代³⁾基本一致,表明它们是同一次古地震造成的,都可用以研究古地震发生的年代。按R·C·Bucknan^[8]坡角与断崖年龄的关系式:

$$Q(\text{坡角}) = -8.5 \log T + 52.5^\circ \quad (1)$$

对古地震事件A的年代进行了估计,其结果与古地震断层崩积楔¹⁴C年龄测定的数值相差较大。用各种堆积物¹⁴C年龄数平均求得事件A发生的年代为距今2893±400年。

(2) 古地震事件B

古地震事件B距今更为久远,填绘出来的滑坡事件比A要少得多。但是它们仍然显示具有集中分布并向四周衰减的特点,同时与古地震塌陷和古地震断层(为探槽证实)相伴生,滑坡群发育,滑坡壁坡角大致相近并具似正弦的分布曲线。可认为是一次古地震事件所造成。从滑坡集中分布区长达20公里以上,包括了后缘宽度达4公里的巨型滑坡群和面积达4平方公里的塌陷,估计也是一次震级大体相当于1812年地震的事件。按照滑坡集中区几何中心估计,事件B的宏观震中位置比事件A要略偏东,地理座标为:北纬43.7°,东经83.6°。滑坡舌下古地面与滑坡壁下崩积物的¹⁴C年龄测定值相近,而与用滑坡壁坡角(20°)按公

式(1)估计的年代有较大差距。用 ^{14}C 年龄测定的平均值为距今 5330 ± 500 年。

三、几点认识

(1) 用古地震滑坡对1812年尼勒克震区两次古地震事件的研究与古地震断层及其崩积楔的研究结果是相似的,表明运用上述地震滑坡的鉴别标志进行古地震研究是可行的,地震滑坡同样可以作为研究古地震的一种标志,滑坡壁下崩积物和滑坡舌下古地面的 ^{14}C 的年龄与古地震断层崩积物年龄相接近的事实表明,它们都可以作为研究古地震年代的有效手段。

(2) 用滑坡壁坡角估计的年龄与用 C^{14} 测定的年龄有着较大差别,一方面可能由于公式(1)不完全符合当地的情况,另一方面也存在坡角测量的误差。当坡角为 25° 时,按公式(1)减少 1° 就增加540年;当坡角为 20° 时,减少 1° 就增加2000余年。因而用滑坡壁坡角估计古地震的形成年代只能是一个相当概略的数值。

(3) 按1812年地震及两次古地震事件的大致年代估计,喀什河断裂的大震发生间隔分别为2720和2534年,平均为2627年。

1984年进一步野外考察表明,1812年尼勒克地震形成的地震断层在震中区的垂直位移为4—15米,平均约为8米。不同地点所求得喀什河断裂带垂直滑动速率为3毫米/年。若将喀什河断裂带视为一粘滑活断层,那么大震重复间隔等于(一次大震的震中位移量)/(断层平均滑动速率),约为2660年,与用古地震所求得的大震复发间隔相一致。这可能意味着喀什河断裂带主要以发生大震的方式释放应变能。

感谢张月红、杨继林、俞旭东同志所给予的帮助。

参 考 文 献 (略)

(上接第57页)

A代表破坏性地震重破坏区等震线包围的面积。亦即Ⅷ度等震线圈定的范围,以平方公里计。

当用积累单元显示的规模估算出震级M之后,应用上式,可以求得Ⅷ度区的总面积。得此面积后,运用等震线长短轴之比,参照积累单元与调整单元展布的方向,大体可以勾画出重破坏区的图象范围。

根据郭增建建立的断裂长度—震级关系式,当积累单元的规模求得震级 ≥ 7 级时,还可预告地面形变带和地裂缝的长度有可能等于整个积累单元自身的长度。

地震危险区域划分是一项非常艰难复杂的工作,远非作者所提及的问题,本文仅就地震危险区域划分中的地震危险性分析提供了一个兰州地震研究所以往工作文献性的总结。不妥之处,望批评指正。

参 考 文 献 (略)