

洒勒山滑坡速度的估算

艾南山 王民新

(兰州大学地质地理系)

提 要

研究的滑坡量估计超过4,000万立方米。根据沙伊德格尔斯的滑坡预报曲线,计算出摩擦系数为0.26—0.27。再利用摩擦模型,可以估算最大的滑动速度,这个速度约为40—50米/秒。

洒勒山滑坡是一种大型灾害性滑坡,历时短、能量大,估计滑坡的土方量超过4,000万立方米。计算这类滑坡的速度,是一个尚未完全解决的困难问题,同时也是十分重要的问题,因而引起国内外学者的注意,并提出了多种计算方案。但不少的方法都要求预知滑坡体岩性等参数。在目前缺乏室内分析资料,仅能估算滑坡量和量测出滑动距离的条件下,采用沙伊德格尔(Scheidegger, A.E.)方法(《Physical Aspects of Natural Catastrophes》, 1975)是较为恰当可行的。

一、方法

沙氏研究,否定了E.席勒(Scheller)认为滑坡速度与滑坡量成正相关的结论,却发现不是速度而是摩擦系数与滑坡量有关。他根据搜集到的世界上33个滑坡资料,建立了回归方程,其形式是:

$$\text{Log}f = a\text{Log}U + b \quad (1)$$

式中:U为滑坡量,f为摩擦系数,a为负值,表明滑坡量的对数与摩擦系数的对数呈负的线性相关。为什么摩擦系数在大型快速滑动中,会随滑坡量增加而减少,迄今仍是一个谜。但沙氏坚信(《Physical Aspects of Natural Catastrophes》, 1975),今后任何一种完善的滑坡模型,都必需考虑到这一事实,也就是说摩擦系数与滑坡量的关系,它反映的是灾害性滑坡的本质性的关系。

在文献《On the Prediction of the Reach and Velocity of Catastrophic Landslides》中,沙氏列出了他用来建立回归方程(1)的33个滑坡数据(已知滑坡量和摩擦系数),我们再增加上四个国内数据:1.龙羊峡查纳滑坡,发生在1943年农历正月初三傍晚,滑坡量1.4亿立方米。根据庆祖荫介绍,测量出的f值分别为0.47、0.24和0.18;2.洛阳小浪底一坝址右岸黄河史前滑坡,据报导,U=1,000万立方米,f=0.30;3.1955年8月18日宝鸡附近卧龙寺车站的滑坡,滑坡量2,000万立方米,根据滑坡地形图,按海姆

(Heim) 提出的“架空坡”概念, 估算出 $f = 0.37$; 4.1979年11月7日兰州西固附近的小金沟滑坡, 根据我们的现场调查资料, 估算得 $U = 2,000$ 万立方米, $f = 0.33$ 。

将这些数据与沙伊德格尔列出的数据加在一起, 共计37个滑坡资料, 进行回归曲线拟合, 得回归方程为:

$$\text{Log}f = -0.15623\text{Log}U + 0.62426 \quad (2)$$

这与沙氏用33个数据计算出的 a 、 b 值是接近的, 相关系数都是 $r = 0.82$ 。在样品为 $n = 37$ 条件下, 用相关系数检验表 (《多元分析方法及其应用》中表17, 丁士晟编著)

$$r_{0.001} = 0.5189,$$

$$r = 0.82 > 0.5189$$

表明式 (2) 中 $\text{Log}f$ 与 $\text{Log}U$ 在99%的置信水平上, 相关是明显的。

沙氏方程原意是当能估算出滑坡量时, 求出摩擦系数, 再根据摩擦模型, 预报滑坡所能达到的最远距离和速度。自然也可利用这一方程, 计算已经发生过的滑坡的速度或高程。

摩擦模型为:

$$\Delta \left(\frac{1}{2} mV^2 \right) = mg\Delta S \sin\beta - \Delta S mgf \cdot \cos\beta \quad (3)$$

式中,

$$\Delta S \cdot \sin\beta = \Delta h \quad (4)$$

$$\Delta S \cdot \cos\beta = \Delta x \quad (5)$$

$$\text{得} \quad \Delta V = \sqrt{2g(\Delta h - f\Delta x)} \quad (6)$$

式中其他符号的意义可见图。

二、计算结果

对洒勒山滑坡研究工作刚开始, 有待今后形态测量、室内分析方面进一步提供更准确的数据。这里进行的计算, 只能是初步的, 但能提供一种实用的计算方法。随着获得数据准确性的提高, 计算结果的精确度也将增加。

从地形图量测, 这次滑坡的面积约为1.38平方公里。由于滑动面尚难于确定, 估计厚30米或35米, 从而计算出滑坡量 (U) 分别为41.4或48.3百万立方米。滑动长度 (x) 估计为1,400米或1,200米, 滑坡最低点的水平距离 (x_1), 难于准确估计, 暂定为600米, 700米, 800米, 1,000米。由式 (6) 可知, 滑坡的速度, 在滑道的不同点是不一样的, 由 Δh 和 Δx , 不难求出滑道各点的速度。在滑坡的最低点, 速度达到最大。现将计算的结果, 列于下表, 表中仅列出最大速度值。又, 滑坡最高点为2,283米, 河床面高程为1,950米, 相对高差300多米, 而计算出的滑坡下滑高度 (H) 都大于此数, 意味着滑坡的最低点已切入地表以下。

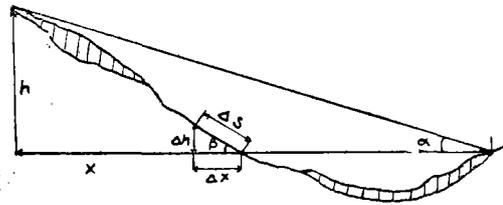


图 1

计算结果表

U (百万立方米)	f 摩擦系数	x (米)	H (米)	最大速度(米/秒)			
				600米	700米	800米	1,000米
41.4	0.27	1,200	326	56.5	51.7	46.1	32.6
		1,400	381	65.4	61.1	56.6	46.2
48.3	0.26	1,200	318	55.8	50.9	45.5	32.1
		1,400	371	64.5	60.3	55.9	45.6

根据上表, 假若我们将土方量估算为41.4百万立方米, 滑动距离为1,200米, 滑道最低点的水平距离为800米, 那么最大的滑动速度为46.1米/秒, 似乎可以以这组数据作为洒勒山滑坡可能的估算结果。

AN ESTIMATE OF VELOCITY OF THE LANDSLIDE AT SALE MOUNTAIN

Ai Nanshan and Wang Minxin

The Department of Geology and Geography,

Lanzhou University

Abstract

The volume of this landslide is estimated more than $40 \times 10^6 \text{ m}^3$. By the use of a frictional model with the coefficient of friction (0.26—0.27) which is calculated from the Scheidegger's prediction curve, the largest velocity of the landslide may vary from 40—50 m/s.