

一个高速形成的古滑坡

徐贵林 李金江

(陕西省铜川市建筑设计和防汛防滑办公室)

提 要

本文依据铜川市南塔滑坡的地形、地貌特征、地层构造、滑体土的物理力学指标和滑坡区的水文地质条件等资料,分析了该滑坡产生的原因,对滑坡的稳定性作了较详细的评价。结果认为,此滑坡为一大型的多次滑动的古滑坡,其形成原因主要与地层结构和自然因素有关。它是一个相对稳定中包含不稳定因素的滑坡。

由于建设的需要,于1987年8月对铜川市南塔滑坡进行了工程地质调查和少量的钻探工作。我们认为,这个滑坡外貌形态比较典型,滑坡特征与甘肃省东乡回族自治县洒勒山滑坡可以对比,也是目前铜川市近郊区在规模上比较大的滑坡,因此将调查结果整理出来与同行们进行交流。

一、地形地貌

南塔滑坡位于铜川市小河沟内,距市区红旗街约4公里的南塔村南(据说该村就是由于村南滑塌而得名,“塔”音同“塌”),属小河沟右侧的黄土塬斜坡地带。

站在滑坡对面的山梁上,可看到“圈椅状”特征显著的滑坡地貌:中间低的部分为滑体,南西北高的部分为滑壁,滑体与滑壁上缘高差40余米,两翼有侧沟分布,前缘倾向河流。

该滑坡呈横长形,即横(南北向—垂直滑向)长750米,纵(东西向—平行滑向)长650米,面积0.454平方公里。平均土层厚度约45米,总滑坡体积为2,000万立方米,属大型深层滑坡。

滑坡后壁为直立台坎状,倾角 45° — 50° 。上缘海拔高程1,000余米,除局部由于水冲崩塌外,壁上塬面未发现裂缝。壁底部有三个台阶,台宽5—15米,高差3—5米。台面上植物茂盛,整体上是稳定的。

滑体两翼侧沟较宽阔,均有次生滑塌体,地层结构紊乱,层位错动,节理发育。沟头溯源侵蚀严重,两侧沟沟头相距不足150米,中间发育有大小不等、深浅不一的陷穴数个。侧沟坡度在北翼为14%,南翼为12%。

整个滑体由西向东呈台阶状和缓斜坡下降,最高点高程为964.9米,高出前缘河床95米。滑体上部与后壁之间有一凹陷带,因此在滑体后部形成一反坡地形,坡度约为12.5%。该凹陷带宽约80米、长约150米,滑体两翼侧沟的沟头位于其两端,中有裂缝和陷穴相通。滑体中部由3—5个台阶组成,高差1—8米,台阶走向南北,垂直于滑体主轴方向。滑体前部南侧为7—9个东西向台阶,平行于滑体主轴方向,高差1—7米。滑体北侧为另一反坡地形,坡度约为8%,因此在滑体中部北侧形成第二个凹陷带。滑体前缘为一台坎,高程925—930米,高出河床40—50米,坡度50—61.5%。台坎上发育有5条小冲沟,呈放射状不等距分布,其中两条冲沟分别与两

翼侧沟中的一条支沟有双沟同源的趋势，即次生滑坡的周界。前缘台坎的斜坡上分布着一个连一个的小型“圈椅状”现代次生滑坡，长有数处醉汉林。由于河流冲刷和现代滑坡的掩埋，古滑坡舌已被改造，小河沟河经此由北向南流，弯弯曲曲，切割较深，紫红色泥岩的土状风化物与灰绿色砂岩岩块断续出露（图1）。

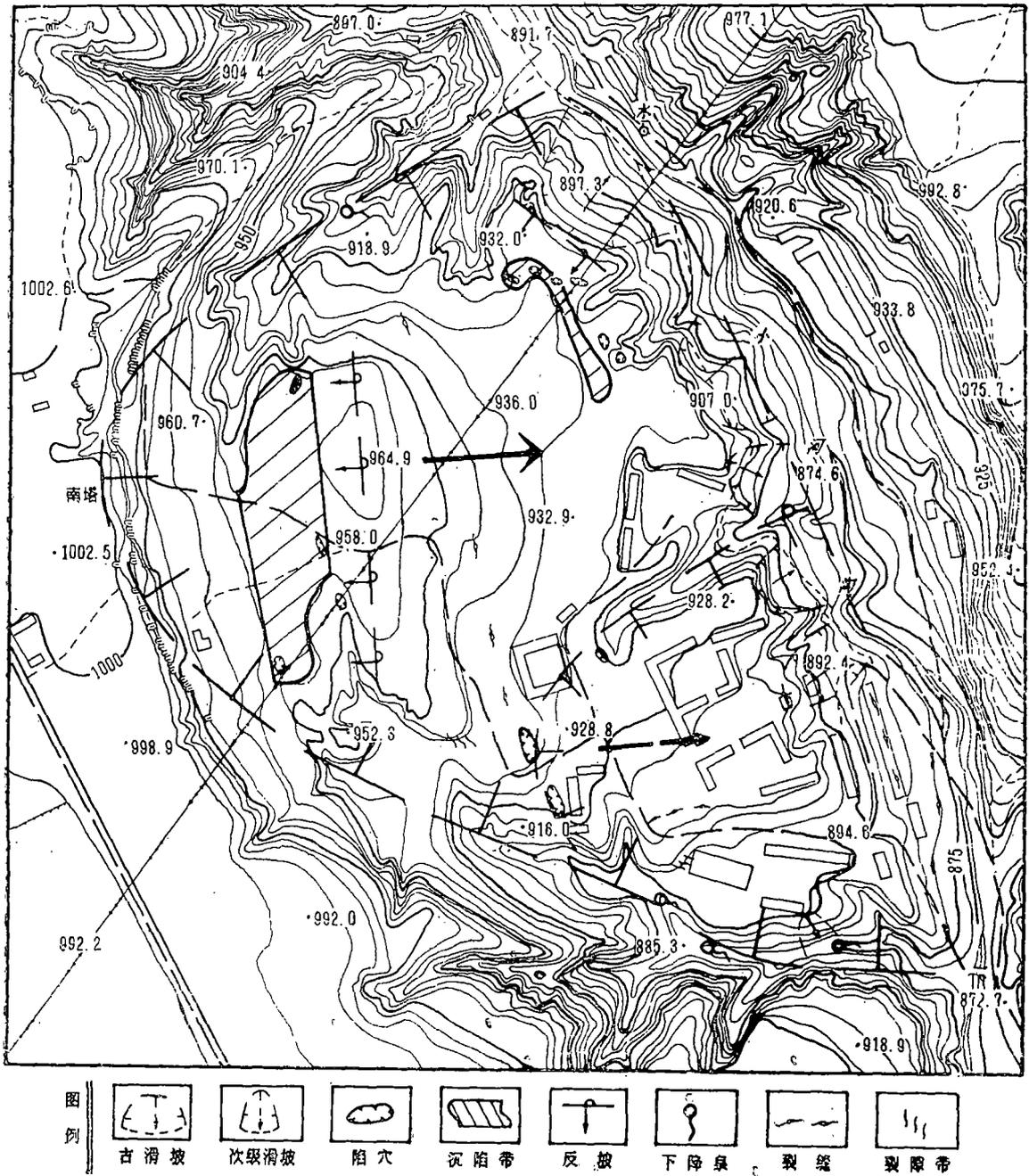


图1 南塔滑坡工程地质图

二、工程地质与水文地质条件

(一) 地层构成。根据钻孔揭露，南塔村附近的地层为黄土与基岩，主要特征是：

1、新黄土。褐黄色，疏松多孔，垂直节理发育，分布于斜坡的上部，厚约8米，底部有一层红褐色古土壤。在滑体上的该层黄土中有裂缝分布，老裂缝已被灰色粘性土充填，新裂缝宽几毫米至几厘米，局部地带有落水洞。

2、老黄土。黄色，致密，厚度近70米，夹多层古土壤。在滑体上的该层黄土厚约37米，是滑坡体的主体。在滑体的四侧结构零乱，层位错动，裂隙发育；在滑体中有多层滑面与剪切面，在前缘部位下部夹有数层紫红色泥岩或砂岩碎石层，土中也多含有砂岩与泥岩碎屑。黄土与基岩接触处多为碎石。

3、基岩。为二迭系石千峰组泥岩与砂岩。泥岩为紫红色，块状构造，在滑体前缘部位经滑动揉搓，结构紊乱；砂岩为灰绿色，粉粒至中粒结构，中厚层，倾向北东，倾角 10° ，表层强化，风化层厚度一般0.5—1.0米。基岩倾向与当地向斜西翼基岩倾向一致，亦与地面斜坡坡向一致，但倾角小于坡角。

(二) 滑体土的物理力学指标。滑坡体的物理力学指标值见表1和表2。

表1 物理指标值

土 层	含 水 量 (%)	天然容重 (克/立方厘米)	饱 和 度 (%)	孔 隙 比 (e)	液性指数 (I_L)
新 黄 土	22.3	1.77	69.5	0.871	0.53
老 黄 土	23.6	1.99	92.8	0.693	0.38

表2 力学指标值

序 号	土 层 深 度 (米)	天 然 土				饱 和 土				重 塑 土			
		峰 值		残 值		峰 值		残 值		峰 值		残 值	
		C	ϕ	C_r	ϕ_r	C	ϕ	C_r	ϕ_r	C	ϕ	C_r	ϕ_r
1	5.0—5.15	0.30	34.4°	0.16	34.0°					0.44	30.0°	0.15	10.6°
2	14.0—14.15					0.06	36.0°	0.02	34.0°	0.44	20.0°	0.08	8.6°
3	25.5—25.65	1.07	27.5°	0.16	13.0°					0.52	13.0°	0.06	9.5°
4	37.0—37.15					0.39	16.5°	0.09	14.0°	0.46	16.0°	0.21	9.5°

注：C、 C_r 的单位为公斤力/平方厘米。

(三) 滑坡区的水文地质条件。铜川属暖温带，季节性很强，7—9月为雨季，降雨量占全年的 $2/3$ 。1955年以来，年平均降水量588毫米，最高年份可达888毫米。地下水主要为基岩裂隙水，埋藏较深；其次是地下潜水。

根据地质调查，目前南塔滑坡的出水露头有三种情况：

1、下降泉，发现两处：一是北翼侧沟，标高905米处；一是前缘中间冲沟，标高887米处。前者水量大于后者，常年有水流出。出水处为黄土与基岩接触部位。

2、间歇泉，发现三处，均位于南翼侧沟，标高分别为895米、875米、870米。雨后有水流出，水量很小，流程短，不超过20米。出水处亦为黄土与基岩接触部位。

3、在滑体施钻中，在不同部位的软弱带发现富水区和微含水层。

通过对水露头的分析,说明滑体中的水主要是上层滞水和地下潜水。这些水的来源主要是大气降水,它是滑坡产生与活动的重要控制因素。上层滞水的含水层为疏松多孔的新黄土,隔水层为其下的古土壤或当初滑动时裹夹的泥岩。老黄土虽然致密,但由于滑动中产生了大量的裂隙、裂缝,这些缝隙就成了上层滞水的下渗通道,渗入地下的水遇到基岩的阻隔而储存起来,并在一定的地方渗流出来形成泉。地下潜水软化基岩顶面以上的土层,是次生滑坡产生的一个主要因素。

三、滑坡产生的原因及稳定性评价

从整体上看,南塔滑坡是一个大型古滑坡,但在古滑坡体上又发育了不同级别的次生滑坡。

(一) **古滑坡。**古滑坡产生的原因与地层结构和自然因素有关。黄土层下伏的基岩为含泥量较高的砂泥质岩层,尤其是泥岩。一方面,这类岩层为块状构造,透水性极差,具有很好的集水与隔水作用,上覆土层遇水易于在其层面形成流塑层;另一方面,此地为向斜的一翼,基岩倾向与斜坡坡向一致,岩层倾角平缓,小于坡角。这种地层结构有利于滑坡的产生。诱发滑坡发生的外部因素则是由于河流冲刷坡脚,形成了高大的临空面。在大气降水增多,入渗量增加,自然坡脚难以支撑斜坡土体时,滑坡即发生了。

南塔滑坡具有两个反坡和两个凹陷带。滑体内裂缝很多,两翼侧沟有小型滑塌体分布,前缘不对称,后壁坡度 45° — 50° 。据此推断,该滑坡发生时为瞬间的高速滑动,似为两次滑落:前部先滑,带动后部;后部滑后碰撞前部,受到阻隔即隆起,形成后部的反坡地貌;前部在后部碰撞后继续前进,遇到对面黄土梁的阻挡而回弹,形成了前缘部分的反坡。滑体内发育的裂隙裂缝,也是高速滑动的一个重要证据。两翼侧沟的小型滑塌体,说明主滑后还发生过再次滑塌。

通过钻孔揭露,古滑坡的滑面在黄土与基岩接触处。

经访问当地农民,六七十岁的老人未经历过古滑坡的再次滑动。目前地面建筑物基本完好,除大气降水外未发现人工引水灌溉。但在滑体后部和中部均有横向贯通滑体的拉张裂缝,缝宽2—3厘米,走向NW 355° ,倾角近于直立。由于地面水渗流,多已成为溶洞,呈串珠状断续分布,且古滑体中裂隙裂缝发育。所以从整体上看,古滑体目前虽处于相对稳定状态,但存在着很不稳定的因素。

(二) **次级滑坡。**次级滑坡是指古滑体稳定一段时间后,古滑体的某一部分再次发生的滑动。它可明显划分出来的一个次级滑坡位于古滑体的东南部,即目前铜川市委党校所在地,横长350米,纵长370米,面积11.8万平方米,占古滑坡面积的 $1/4$ 。该次级滑坡的后壁为5—7米高的台坎,坎上为沿走向NW 355° 裂缝发育起来的黄土溶洞与冲沟,宽2—3米,深达4.5米,延伸20米;滑体两翼为冲沟,沟头有陷穴,沟尾有泉水;中部为东西向的台阶,台面宽40—60米,前缘与古滑坡重合;在中部偏右(南)处有一弧状裂缝,已成地表水渗流通道,宽1—20厘米,经探井揭露6米深未见底,裂缝出露最明显的一段长50米,走向NW 315° ,倾向SW,倾角 72° 。

在钻孔中的不同位置均发现“X”型剪切裂缝,在地面下10余米与20余米发现两个滑动面,滑面光滑,干后可见黄色粉末。

通过对滑面形态按折线型进行稳定性检算结果,上层滑面稳定系数 $K=1.079$,尚处稳定状态,但稳定程度不高,若今后内外因素继续恶化,就有酿成滑动的可能;下层滑面稳定系数 $K=1.045$,接近于极限平衡状态。这与后缘地面出现裂缝相吻合。如内外因素稍加恶化,滑体在此地段有复活的可能。

(三) 现代滑坡。现代滑坡是指近几百年、几十年或几年来在古滑坡、次级滑坡的边缘地带已经发生和正在发生的滑坡，在整个滑体的两翼和前缘均有分布。

在两翼的现代滑坡，滑体上有拉张裂缝存在，前舌伸向侧沟，有泉水出露，目前正处于蠕动阶段。

现代滑坡主要分布在前缘台坎下的斜坡上，酷似人的手指，即有五个“圈椅状”形态明显的小滑坡，单个面积6,000—13,860平方米。特别需要指出的是，位于市党校下方的滑坡，近几年不断有崩塌、错落现象发生，后壁上房屋散水开裂，前缘树木倾倒 20° — 30° ，有张裂缝分布，滑坡台阶一个，目前正在活动着。

现代滑坡产生的原因，一是古滑体外缘有较高大的临空面；二是河水或沟中洪水冲刷坡脚；三是软弱结构面的存在，在大气降水或人工用水使土中水过饱和的情况下，滑坡或滑动就易于发生。

四、结论与建议

南塔滑坡为一高速形成的“圈椅状”地貌形态典型的大型深层古滑坡，主滑后又发生过次级滑动。滑体主要为黄土，主滑床为砂泥质岩层，其倾向与斜坡坡向一致。目前古滑坡仍处于相对稳定状态，但古滑体上分布着大量的裂隙和裂缝，且次级滑坡体中有软弱带，即潜在的滑动面存在。现代滑坡在外缘发育并有继续扩大的趋势，因此南塔滑坡是一个相对稳定中包含着不稳定因素的滑坡。

在这样的场地上一般不宜设置大量的永久性建筑物。为了不使近代滑坡进一步扩大，保护环境和已有建筑物，至少先应做好现坡面的维护工作，如填缝堵洞，疏导大气降水和其它用水，植树绿化，防止及减少坡脚的冲刷等。

A high-speed forming ancient landslide

Xu Guilin

*(the Flood Precaution and Landslide Control Office of
Tongchuan City in Shaanxi Province)*

Li Jinjiang

(the Constructure Designing Institute of Tongchuan City in Shaanxi Province)

Abstract

Based on the topography, geomorphic character, stratigraphic texture, physical and machanic indexes of landslide soil of Nanta landslide in Tongchuan city and the hydrogeological condition of landsliding areas information, etc., this paper analyses the causes of this landslide and appraises the stability of landslide in detail. It is considered that this is a repeatedly sliding and large scale landslide, the main causes of its forming relates to the rock structure and natural factors. It is relatively stable landslide containing unstable factors.