

“红土”陡坡的泻溜侵蚀及其防治

涂安千

(陕西省微生物研究所)

为了进一步探索黄土高原沟壑区“红土”泻溜的规律及其治理措施，我们曾在甘肃省西峰镇南小河沟布置了定位试验。此外还对甘肃子午岭林区及晋西部分地区作了些调查研究工作，所得结果分述如下。

一、概况

本文所述“红土”，主要指第四纪红色粘土的沉积物，是当地群众的概称。黄土沟谷中“红土”构成的陡坡泻溜坡面岩体，主要由于冬春冻融变化中的收缩以及物理风化作用所产生的岩屑，受重力作用向坡脚滚溜而发生泻溜。这种以重力作用为主的侵蚀方式，称泻溜侵蚀。

“红土”泻溜坡的分布，决定于岩层的露头与沟谷发育的阶段。陇东的黄土高原沟壑区，沟壑的发育相对较年幼，多数沟谷均处于切沟与冲沟阶段，且是下切作用活跃时期。马兰期黄土（ Q_3 ）及其下夹的红色条带状的黄土层（ Q_2 ）和红色黄土层（ Q ），多被切割裸露，沟深坡陡，“红土”泻溜侵蚀亦多在這些沟坡中发生。尤其在中上游陡峭（约 $45-70^\circ$ ）的阴坡、半阴坡、河床曲流凹岸、滑坡面上，泻溜侵蚀更为活跃。这是本区主要泥沙来源之一。

黄土区沟壑发育属壮年时期的陕北大

部、晋西、陇中等地区，深切沟中的中上游陡坡地段及阶地发育不对称的小河曲流凹岸陡坡，“红土”泻溜侵蚀亦异常严重。其结果往往加剧了复盖在其上部的黄土层发生崩塌、滑坡等侵蚀，沟谷又向两岸扩展。

在“红土”陡坡上，泻溜是主要的侵蚀方式。此外，暴雨营力又加剧了侵蚀。1960年8月1—2日西峰南小河沟一次暴雨（125.5毫米）实测结果，泻溜坡面平均侵蚀深达0.7厘米，十八亩台以上“红土”泻溜坡面积1.57平方公里计算，其泥沙量约21,174.3吨，占总输沙量的19.4%。

二、“红土”泻溜侵蚀形成过程及其成因

（一）“红土”泻溜侵蚀形成过程

从试验小区观察结果，可分为裂隙的形成→疏松层的形成→泻溜三个阶段：

1. 裂隙的形成。“红土”产生裂隙是泻溜侵蚀的最初阶段，可分为纵向裂隙与交错裂隙。前者是指随着岩体缓慢失水而收缩，产生垂直于岩面的裂纹，这种裂隙一般深达15—20厘米，宽达0.6—0.7厘米，其分布密度较小；后者由于外界气候湿热骤变，使岩体中的水分及温度亦随之急剧变化而产生的平行或斜交于岩石的裂

纹,此种细而密的裂纹(一般宽1毫米左右),致使岩体表层呈鳞片状互相分离。

2.疏松层的形成。裂隙形成后,由于外界水热条件的变化,已经产生大量裂隙的岩体表层产生干、湿、冷、热的交替变化,促使细小的块状岩体不断分裂成碎小的岩屑。这种物理风化所产生的,与红色粘土岩体脱离而互相间失去胶结力的碎屑,便成为一层厚达10—15厘米的疏松层。

3.泻溜。上述疏松层附着于岩面之上,已经处于极不稳定的状态。一经风吹、鸟兽走动、放牧或人类生产活动的影响,这种不稳定的平衡极易被破坏,而致使大量岩屑无休止地沿坡面向下滚动—泻溜。上部岩屑泻落过程中与下部岩屑发生撞击,破坏了下部岩屑的稳定性,使下部风化层亦同时发生泻溜,直至坡度小于45°时才逐渐减缓或中止。泻溜的产生,使原来对岩体有保护作用的疏松层不断削

减,因而坚固密致的岩体裸露外面再度产生风化作用与泻溜,如此周而复始的进行着。

(二) 影响“红土”泻溜形成的因素

1.内在因素—岩性。岩性是形成泻溜的内在主导因素。兹将黄土、红色黄土、红色粘土的物理特性及侵蚀形式列于表1。

从表1可看出,由于岩性不同,它们的物理性质不同,因而所产生的侵蚀方式亦有所不同,其原因在外在因素一段进行分析。

2.外在因素。外在因素包括自然因素与人为因素,这些外因通过岩体内因起作用。

(1)水分变动与泻溜。我们在南小河沟主沟中游布设的小区观察结果见表2。

由表2结果看出:①水分的剧变是促进岩体风化的重要外因;②土层中含水量

表1 不同黄土的物理性质及侵蚀方式

项 目	红色黄土 (Q ₁)	黄土层的红土 (Q ₂)	黄土 (Q ₃)	备 注
粉砂粒含量 (%)	60%±	69.9%	73.0%	
粘粒含量 (%)	38%±	22.0%	16.0%	
静水分散性 (分)	18		2	
膨胀系数 (%)	18		5.26~12.99	
容重 (g/cm ³)	1.85		1.40	
孔隙率 (%)	20.56~25.99		33.15~46.77	
最大吸水率 (%)	26.0		40.0	
透水性 (米/昼夜)	0.006824		0.6~0.8	引自《中国黄土及黄土状黄石》
导热性	较 弱		较 强	
粘粒矿物成分	伊利水云母、高岭土、蒙脱土、拜来石、氧化铁		伊利水云母、高岭土、石英针铁矿含水赤铁矿	引自《中国黄土》
土壤侵蚀方式	泻溜为主	层剥为主	片蚀、沟蚀为主	

愈高，水分变幅愈大，土层风化速度也剧烈；③其中以表层0—2厘米的水分变幅最大，2厘米以下随深度增加而减少。

上述现象取决于岩性与大气水分循环的相互作用。首先，红色黄土粘粒含量较高，其中并含有亲水性粘粒矿物较多（蒙脱土、拜来石）。降雨时土体吸水，粘粒外围水膜迅速加厚，尤其亲水粘粒水膜增厚，水分进入晶格内，使体积加大，故红色黄土膨胀系数达18%，比黄土大2—3倍。而当水分损耗时，水膜层厚度减少，颗粒经分子压及微管压的相互作用，趋向接近，即体积迅速收缩。随着水分的增加，体积亦加大，岩体发生崩解。

第二，此种土层结构紧密，孔隙率小，透水性极差，降水时水分入渗缓慢，如表2 4月25—26日，一次降雨40.5毫米，岩体0—2厘米含水量由14.92%增至17.20%，而2厘米以下水分未见增加，以致表层吸水膨胀。雨后，由于水分迅速蒸发，底层水分很少补给，表层失水后体积收缩变化的结果，使表里岩体发生相对位移而产生交错裂隙。第三，粘粒矿物由于岩体分布不均匀性，引起岩体膨胀速度不够均匀而产生破裂。初步认为，这是第四纪红色黄土与红土层侵蚀方式不同的原因之一。

应该指出，水分对泻溜的影响，除上述因素外，每年冬春的冻融过程以及春夏

表 2 水分变动对泻溜形成过程的影响

测定日期	含水率 (%)			雨 情	坡 面 描 述
	0—2 厘米	2—10 厘米	10—20 厘米		
4月24日	19.92	16.95	17.28	25—26日降水 40.5毫米	坡面平滑无裂隙
4月27日	17.70	16.81	18.48		有稀疏细裂纹
4月29日	10.73	16.61	17.63		裂纹加宽，并交错形成
5月2日	9.42	15.95	17.92		裂纹密度达53—68厘米/100平方厘米
6月15日	1.94	7.82	11.85		泻溜产生
7月18日	4.82	10.91	13.62	4—5日降水 15.4毫米	泻溜2468.75克/35.7平方米
8月5日	15.40	14.20	12.16	1—2日降水 125.5毫米	其他土壤侵蚀349000克/35.7平方米

的长期干旱，对泻溜形成有更重要的作用。

(2) 温差与泻溜。温差变幅大小与岩体的崩解有密切关系。据我们的观察，“红土”对热的传导性能很差，5月29日至6月18日的21天中地温变化如表3。

表3中土层5厘米的温差变幅最大，随深度增加温差变幅减少，至15厘米，一天内地温几乎没有变化。由于温差变幅的不均一性，致使岩体内部发生相对位移而

崩解。

(3) 植被与泻溜。植被的覆盖，对泻溜具有抑制与稳定的作用，其原因有二：①改变坡面小气候，使表层土壤水分、土温变幅减少。②改良土壤物理性。生长植被以后，其残枝落叶直接增加土壤中的有机质，从而使结构极差的“红土”逐步得到改善。此外，植被能有效地拦截泥沙，其根系能固结土壤，在有良好的被复下地表往往生长苔藓类低等植物，这样

表 3

5月29日—6月18日“红土”坡面地温变化情况

深度(厘米)	5	10	15	20	备 注
平均日较差(°C)	6.64	2.85	-0.03	-0.31	1、表中数值为每天上午8时
最高日较差(°C)	9.30	3.90	0	-0.30	和下午13时观察平均数;
月 日	6月2日	6月2日	6月2日	6月2日	2、负数表示13时地温低于
最低日较差(°C)	1.5	0.70	-0.01	-0.20	8时地温。
月 日	5月29日	5月29日	5月29日	5月29日	

就大大地增强了土壤的抗蚀性能。毫无疑问(如表4),凡植被生长较好的坡面上,泻溜都大大地减弱或停止。

(4) 沟壑发育阶段性与泻溜。沟壑的发育阶段不同,对“红土”泻溜侵蚀有着重要的关系。除部分发育于“红土”坡面上悬沟或雏谷外,一般雏谷阶段未见泻溜出现,而切沟和冲沟阶段,泻溜则十分活跃;相对稳定的沟谷,泻溜逐渐减弱,以至绝迹。出现这种现象的原因有:①沟壑发育的不同阶段,地层露头各异:雏形沟谷,沟壑发育于黄土层(Q₃),红色黄土未见露出,泻溜无从产生;切沟和冲沟沟谷阶段,第四纪地层底部的物质相继露出,泻溜亦随之产生和加剧;相对稳定的沟谷阶段,谷坡坡度缓,且沟床切入白

垩纪以下的地层中,此时侵蚀与堆积常处于相对平衡状态,发生泻溜的各土层均为次生坡积黄土或植被所复盖,因而再无泻溜发生。②沟壑发育的阶段不同,河床的侵蚀方式各有不同:切沟和冲沟沟谷阶段,沟道纵比降较大,下切与沟岸扩张十分活跃,滑坡、崩塌现象亦甚频繁,从而形成陡峭的沟坡,有利泻溜的形成;相对稳定的沟谷阶段,沟道比降减小,下切作用减弱,河道蜿蜒,侧蚀作用加大,阶地逐渐发育,多数谷坡已被坡积黄土、滑塌体及植被所复盖。因而泻溜亦跟着绝迹。据调查,坡度与泻溜有密切的关系:40°以内的,很少泻溜发生;坡度45—70°泻溜最为严重;大于70°则又大大减弱。

(5) 其它土壤侵蚀与泻溜的关系:

表 4

杨家沟植被改良土壤剖面比较

深 度 (厘米)	植被复盖下的土壤剖面特征	无植被复盖泻溜剖面特征
0—11	灰褐色团粒结构,稍紧实,轻到中壤,根系多	棕红色,核状结构,疏松,粘壤土,无根系
11—60	棕褐色,核状结构,小量粒状,紧实,粘壤土	棕红色,上部有核状结构,16厘米以下为块状结构,粘土,坚实
60厘米以下	棕红色,块状结构,坚实,粘土	棕红色,块状结构,坚实,粘土
侵蚀情况	停止泻溜	泻溜严重

前面叙述过，红土泻溜坡面，除泻溜为主的侵蚀外，尚有滑坡、沟蚀等侵蚀过程。由于泻溜侵蚀结果，坡面风化壳被剥落，新的岩面重新裸露，风化作用将又复始，为此发生反复的泻溜侵蚀。据在南小河沟观测结果，8月1—2日一次暴雨，50—60°坡面平均冲刷深达0.95—2.38厘米，致使新岩面裸露。

(6) 人为因素与泻溜：在黄土坡面上进行各种水土保持工程，减少外来径流对“红土”坡的影响，严禁对“红土”坡的滥垦滥牧，以及直接在“红土”坡上进行治理等都是抑制泻溜的有效措施。但亦有因修建其他工程而加速其作用的，如修水库在两旁取土，往往造成大面积泻溜坡露出，因此，大型工程地区，应结合一些陡坡的防护措施使其逐步稳定。

三、“红土”陡坡的治理

(一) 影响“红土”陡坡治理的因素

上面关于“红土”泻溜过程的叙述中就提出，由于“红土”本身的岩性以及所处的特殊的气候环境条件，“红土”泻溜坡面上水、热变化都非常剧烈，特别是水分的不稳定和其绝对含水量少，这就给绿化工作带来很大的困难，往往由于干旱使种子不能发芽或幼苗枯萎。据试测，7月份土层0—40厘米的土壤含水量仅有6.06%，0—10厘米少至3.03%，此时期所栽树苗大量死亡。

由于坡面的泻溜不断形成风化壳结皮层，种子在其上难以固定萌芽和扎根，直播的种子随泻溜或暴雨的冲刷带至坡脚以下。因此，对“红土”进行治理之前，了解其一般特性是必要的。

(二) “红土”陡坡治理的初步意见

本次研究，我们布置了移植酸刺、斜压柳条、松柏密植间作、松柏草带间作、柳排固坡、牧草固坡、旱柳谷坊、柳排护岸以及塬畔沟埂等九个试验、初步结果认为：

1. 柳排护岸营造简单，费小效宏，成活率高，生长迅速，对固定泻溜坡有良好效果；

2. 侧柏抗旱力强，成活率高，如栽种两年的树苗已高达63厘米，叶色浓绿，由此可见侧柏是治理“红土”坡的优良树种；

3. 水平阶整地造林效果显著，并能起到拦蓄泥沙的作用；

4. 旱柳对固定陡峭坡面效果良好，可以全部拦蓄坡面泥沙；

5. 塬畔沟埂配合旱柳谷坊，对防治悬沟侵蚀效果特别良好。

针对“红土”坡的特点，我们认为治理时除全面规划、综合治理原则外，还必须遵循下列几点：

1. 选择耐旱树种草种。从几年来黄土区造林引种以及我们试验效果来看，耐旱速生的树种草种以杨柳、旱柳、洋槐、榆树、柠条、侧柏、草木樨、苜蓿等为最好；

2. 生物措施与工程措施配合进行；

3. 造林在土壤水分比较多的雨季进行；

4. 坡面治理和稳定坡脚并重。根据西峰水保站试验，活柳谷坊和坡脚打成排柳墙，对稳定沟床和防护沟岸都有很好的作用。

应该指出，目前处于相对稳定的红土坡，当前尚无农耕价值，应纳入治理计划之内，不然，日久沟床下切，暂时稳定的“红土”坡则会变为不稳定。其坡度且

陕西武功县土地资源的合理利用

王恒俊 张淑光 王梦飞

(中国科学院西北水土保持研究所) (陕西省眉县农业局)

武功县位于陕西关中平原西部,在东经 $108^{\circ}1'$ — $108^{\circ}19'$,北纬 $34^{\circ}12'$ — $34^{\circ}26'$ 之间。自然地带处于暖温带半干旱落叶阔叶林草原褐土带。年平均气温 12.9°C 。年平均降水量 637.1 毫米;春季降水量 131 — 157 毫米,占全年降水量 23 — 24% ,有利于冬小麦生长;夏季降水量 225 — 270 毫米,占全年降水量 39 — 41% 。高温多雨的配合,对秋季作物的生长有利。本区农业历史悠久,人类生产活动对土壤发生、发育的影响深刻。加之地形不同和区域性水文地质条件的差异,形成了多种岩成、水成、耕种熟化的土壤。全县共有瘠土、黄土、潮土、水稻土、沼泽土、淤土等六个土类。成土条件的特点,是强烈的人类活动和地域性成土条件,掩盖了生物气候的地带性影响。土地类型可分为瘠土塬地,瘠土平川地和潮土滩地三类。

一、土地利用史

据历史文物的考证,武功县远在五、

六千年前的新石器时代,古人类就开始了原始的农业生产活动,种植谷物(以粟为主),饲养家畜。距今三千年前,随着周族在武功、扶风、岐山一带(称周原)的定居和兴起,农业已有了长足的发展。当时种植的作物除粟外,还有大麦、小麦、稻、稷、豆类等;牛、马、羊、鸡、犬、猪已作为家畜家禽饲养;并开始了农田灌溉事业。

秦汉时期,关中平原已成为我国人口稠密的农业区。特别是汉朝推行了“代田”土地轮作制,同时建成了以长安为中心的农田灌溉网。耕牛开始广泛使用。小麦已成为当时主要种植作物,并陆续从外地引进了牧草、绿肥兼用植物一苜蓿和经济林木;核桃,石榴、葡萄、苹果等。到元朝开始种植棉花,从此关中逐渐形成了以粮棉为主的农业区。

清末,农业生产发展逐渐缓慢,直至解放前国民党统治时期,苛捐杂税繁重,战祸灾荒不断,农业遭到了更大的摧残。1928—1930年,关中地区三年大旱,七百万灾民外逃,武功塬上荒无人烟。

缓,一般都在 45° 以内,土壤物理性较好,水分较足,进行工程措施较易,绿化成活率高。如山西离石县王家沟内的一支沟在相对稳定的红土坡所种的洋槐,成活率在

90%以上,胸径一般都在3—4厘米以上,树高3—5米,树冠早已交接郁闭,除对蓄水保土、稳定坡面起了良好的作用外,附近居民还得到不少枝条作为薪柴。