

# 试论四川中部丘陵土壤侵蚀的时空 变化规律及其治理

刁承泰

(西南师范大学地理系)

## 提 要

川中丘陵是我国水土流失最严重的地区之一。弄清土壤侵蚀的时空变化规律,对水土保持工作极为重要。本文从坡地单元和地域角度,对川中丘陵土壤侵蚀的时空变化规律及其成因进行了探讨,在此基础上提出了治理对策。我们认为,沟谷的研究和治理,对川中丘陵的水土保持工作是十分重要的。

在不同地区,土壤侵蚀的方式和速度有所不同,遂使土壤侵蚀类型和侵蚀总量具有地域差异;随着时间的推移,土壤侵蚀的速度和总量也会发生改变。探索土壤侵蚀的时空变化规律,对于全面了解水土流失的发生和发展规律,适时采取因地制宜的水土保持措施,具有一定的意义。

## 一、川中丘陵的基本情况

四川盆地中部的丘陵,面积8.4万平方公里,主要分布在海拔200—700米的紫色砂岩、泥岩地区。川中丘陵属亚热带季风性湿润气候,太阳辐射量80—100千卡/平方厘米,年平均气温 $16^{\circ}$ — $18^{\circ}$ C,无霜期280—320天;年降水量900—1,200毫米,80%集中在夏秋季;广泛分布的紫色土富含磷钾,土质较肥,生产力高,光热水土资源较好。

川中丘陵共有58个县市,人口稠密,土地垦殖指数较高。四川省667万公顷耕地中,丘陵地区占去一半以上,全省种植业生产60%集中于川中丘陵。丘陵耕地中田土各半,主产水稻、玉米、红苕、小麦、甘蔗、花生、柑橘和蚕桑,占全省粮食和经济作物产量约60%以上,是重要的农业生产基地。

川中丘陵土壤侵蚀严重。据统计,1985年水土流失面积已占总面积的60%以上,平均侵蚀模数4,886吨/平方公里,是我国水土流失严重地区之一。水土流失危害极大,需要在深入研究的基础上,采取有效的治理措施。

## 二、土壤侵蚀的空间差异

(一) 坡地分析。坡地是组成地面形态的最小单元,也是水土流失的起源地。川中丘陵群丘林立,丘包数量多,丘坡面积广大,坡地侵蚀是整个川中丘陵土壤侵蚀的重要方式。坡地将土壤侵

蚀的各种动力（如水力、重力和风力）的能量进行了再分配，使土壤侵蚀的方式和程度发生了空间差异。同时，人类对坡地各部位的不同利用，也是土壤侵蚀发生微观空间差异的原因(图1、表1)。

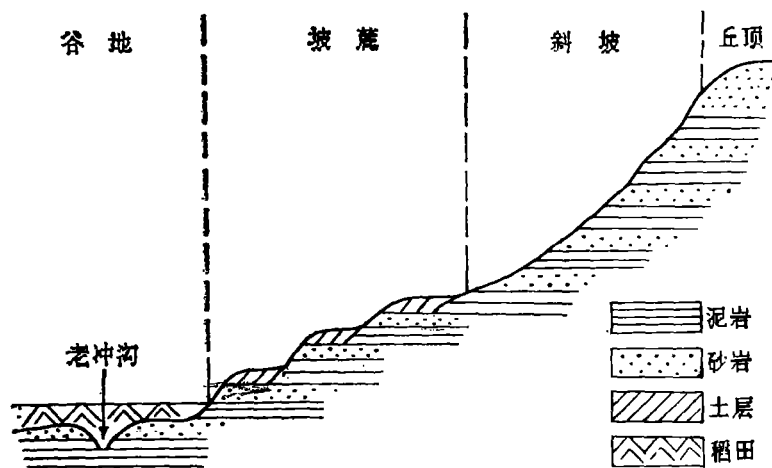


图1 坡地部位与土壤示意图

表1 丘坡土壤侵蚀的空间异差

坡地部位	谷地	坡麓	斜坡	丘顶
人类利用状况	稻田	梯台地	坡耕地	荒地、灌丛或林地
主要侵蚀方式	淤积为主	冲刷与侵蚀	沟蚀与面蚀	雨滴溅蚀
侵蚀程度	侵蚀沉积	侵蚀平衡	剧烈侵蚀	强度侵蚀
平均土层厚度(厘米)	中丘 >80	50—60	10—15	15—30
	低丘 >100	40—80	25—35	15—30

需要指出，坡地在川中丘陵耕地中的比重很大，如遂宁县坡耕地占全县耕地总面积的70%。坡耕地土层薄，土质多为粗骨，容易发生侵蚀，强度侵蚀主要发生在10°以上的坡耕地上。

(二) 地域分析。川中丘陵的土壤侵蚀以强度和中度为主，强度侵蚀区占总面积的27%。丘陵区的年侵蚀模数从3,200吨/平方公里到27,000吨/平方公里，侵蚀强度具有明显的地域差异。造成这种差异的主要原因是地质条件和地理环境。

1、地质条件。四川盆地紫色岩层是由近水平的泥岩与砂岩互层组成，其中泥岩抗蚀能力很弱，而面积分布最广，约占川中丘陵总面积的70%。不同时代形成的紫色岩层，其泥岩和砂岩的性质、厚度和组合方式均有差异，故具有不同的抗蚀性能。

由粉砂质厚泥岩和粉砂岩组成的侏罗系遂宁组紫色岩层，粉砂含量高，节理裂隙发育，风化速度很快；直径30—40厘米的泥岩，经50—60天即可风化为碎屑。泥岩风化成土后，质地较细，富含粉粒，土壤细粒成分持水力小，一经干透则吸水力减弱，遇水后易被流水带走。故坡地土层浅薄，碎屑含量高，多为红石骨子土，仅在坡麓和丘间谷地中有中壤至重壤质的红砂大土。薄层

红石膏子土分布广泛，不保水，特别是久干之后，水分下渗较慢，暴雨及其径流可造成强烈侵蚀。所以，遂宁组岩层出露地区，一般都是侵蚀强度较大的地区。

侏罗系蓬莱镇组和自流井组岩层，由砂岩和泥岩互层组成。厚层砂岩富含钙、镁等盐基物质，易发生块状风化，破碎成土，为暴雨侵蚀提供大量物源。坡耕地则多为新风化的粗骨土质，土层浅薄，结构松散。此种岩层出露地区，侵蚀强度往往达到中等。

侏罗系沙溪庙组的砂岩和泥岩，则具有高硅土性和持水力强的性质，风化度不高，形成的高硅土比遂宁组和蓬莱镇组等偏低硅性的土抗冲刷力强，即使在有一定坡度的坡面地也不致造成水土的大量流失。在这种母岩上发育的灰棕紫泥土保水保肥力都较强，故在该岩层出露地区，侵蚀强度较小。

第四纪以来，川中丘陵处于新构造缓慢抬升之中，流水的侵蚀、剥蚀使大部分地区基岩裸露。在不同性质的基岩出露地区，土壤侵蚀程度也有差异。这是川中丘陵土壤侵蚀发生地域差异的主要原因。

2、地貌环境。川中地区丘陵起伏，丘间沟谷纵横，沟谷的密度和切割程度都较大。在不同的丘陵中，沟谷的侵蚀能力与侵蚀量仍然具有差别。据统计，高丘平均相对高差164.2米，平均切割深度125.4米；中丘平均相对高差113.9米，平均切割深度74.2米；低丘平均相对高差51.2米，平均切割深度33.5米。高丘和中丘内的沟谷，主要为侵蚀力较强的冲沟，低丘和缓丘内则多为侵蚀力较弱的浅凹地和老冲沟——坳谷（表2）。沟谷切割使土壤侵蚀由平面发展为“立体侵蚀”，增大了侵蚀面和侵蚀总量。据研究，侵蚀分区的主要指标——侵蚀比面值（指在一个单位侵蚀空间内，实际地形的起伏面积与水平投影面积之比），是由缓丘、低丘向中丘、高丘逐步增大的，这表明土壤侵蚀强度的逐渐加剧。

表2 各种丘陵中沟谷的面积和密度（自贡）

丘陵类型	沟谷面积 丘陵总面积 (%)	老冲沟面积 沟谷面积 (%)	冲沟面积 沟谷面积 (%)	侵蚀沟面积 沟谷面积 (%)	沟谷密度 (公里/平方公里)
高丘	35.3	13.2	64.5	20.1	3.16
中丘	41.2	27.3	56.6	16.1	3.25
低丘	53.7	65.5	24.4	10.1	2.71
缓丘	64.4	91.7	—	8.3	2.59

丘坡是丘陵土壤侵蚀的发源地，丘坡的坡度、坡形、坡长和组成物质与土壤侵蚀强度直接相关，如在坡度较大、物质疏松的丘坡上，常发育沟蚀能力较强的侵蚀沟。在不同的丘陵区，丘坡的形态和物质组成均有差异：高丘地区，丘包分布多较密集，丘坡多为陡坡，现代暴雨径流冲刷较强，土壤侵蚀极为强烈；中丘地区的丘坡多为缓坡—微陡坡，受暴雨径流冲刷，土壤侵蚀也很严重；低丘地区，丘坡多为平缓坡和缓坡，丘包分布稀疏，受径流冲刷不很强，土壤侵蚀中等或偏弱；缓丘地区，丘包浑圆，分布更为稀疏，丘坡平缓，坡度多为 $4^{\circ}$ — $7^{\circ}$ ，径流冲刷不强，土壤侵蚀轻微，或呈隐匿侵蚀。但在由近水平的砂岩和泥岩互层组成的丘陵中，丘坡常呈阶梯状，丘坡径流在砂岩台阶上急速集中，形成柱状水流，对下覆泥岩产生强烈的旁蚀和挖蚀，故此种丘陵中土壤侵蚀也很严重。可见地貌环境也是使土壤侵蚀发生地域变化的重要原因。

### 三、土壤侵蚀的时间变化

(一) 坡地分析。川中丘陵是水力侵蚀区,侵蚀动力主要是降雨和径流,故土壤严重侵蚀期与降雨集中期相一致,为5—9月;10—4月降雨较少,为轻微侵蚀期。下面着重分析土壤严重侵蚀期内侵蚀过程的时间变化。

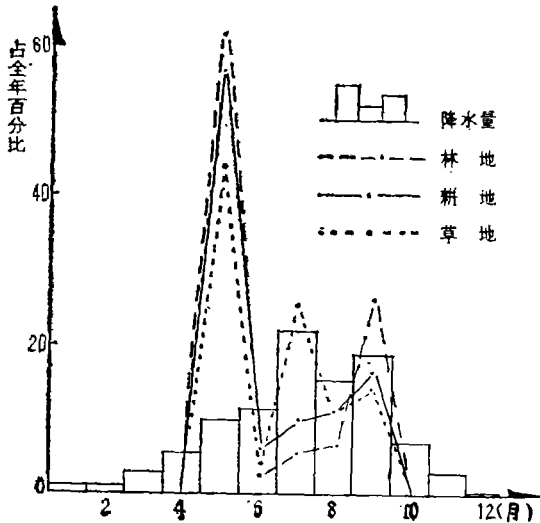


图2 盐亭县一测站土壤侵蚀的时间变化

观测表明,严重侵蚀期内各月的土壤侵蚀量与降雨量的多少是不吻合的,如图2。严重侵蚀期内土壤侵蚀量的变化呈双峰状,峰值出现在5月和9月,第一峰值是第二峰值的2.4—3.5倍;5月降雨量仅占全年的10.1%,而侵蚀量却占全年的45—61%;7月降雨量最多,占全年的22%,而土壤侵蚀量仅占全年的5—10%。第二峰值出现在9月,降雨量和侵蚀量分别占全年的19.1%和14—25%,侵蚀量远逊于5月出现的第一峰值。可见雨季初期的土壤侵蚀最为剧烈。其原因是:

1、自然因素。川中丘陵冬春气温较高,粘土质的泥岩风化迅速(表3),连续风化使地表土粒松散。同时,川中地区3—4月间经常出现连续30天降雨量少于20毫米的春旱天气,此时春温回升迅速,蒸发加强,加速了地表物质的风化。这就为5月的初始降雨提供了大量侵蚀物质。在5月以后的降雨集中期,坡地松散物质经过初始降雨的冲刷搬运后已大为减少,侵蚀须在较坚实的土块或基岩上进行,故侵蚀量相对减少。

表3

川中丘陵粘土岩的风化速度\*

岩石风化情况	岩石种类和风化速度	
	粘土岩 (14°—17℃)	砂质粘土岩 (29°—42℃)
岩石表面产生风化裂隙	~ 2小时	24小时
岩石被风化裂隙贯穿,并开始脱落	4—5小时	24小时

\* 据《工程地质与土力学》,1979年黄河水利学校主编。

2、农作物因素。这是影响丘陵区广大坡耕地侵蚀过程的重要因素。在川中,5月正是小春作物收割后、大春作物尚未栽种或正在播种的耕地翻耕期或初播期,耕地疏松裸露,没有农作物覆盖,极易遭受侵蚀,故5月侵蚀量最高。6—8月,正是光热水充足时期,农作物生长茂盛,枝叶交错覆盖,枝叶郁闭度可达70%以上,作物根系对土粒也有一定的固结作用,可有效地防止雨滴溅蚀和水蚀,故降雨量大而侵蚀量反而较小。9月,农作物进入成熟期,枝叶郁闭度减小,对地表覆盖率减弱,加之降雨多为暴雨,雨强较大,故形成第二个侵蚀高峰。

(二) 地域分析。川中丘陵的侵蚀物质,只有通过川江才能运移出四川盆地。所以,我们先来

分析川江输沙量的时间变化。

从图3可以看出,川江输沙量以7月为最大,占全年输沙总量的30%以上;输沙量集中在7—9三个月,约占全年输沙总量的80%。很明显,川江输沙量的时间变化与径流量是一致的。

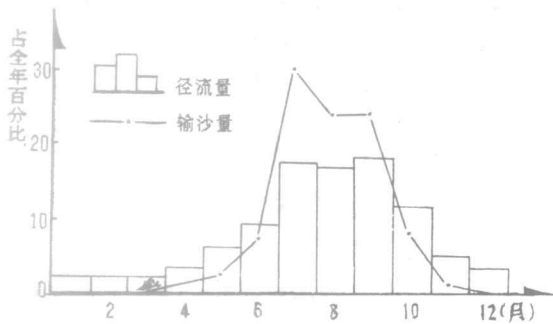


图3 川江寸滩站径流量与输沙量的年内变化

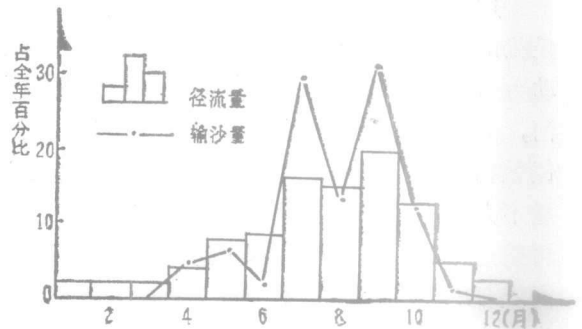


图4 川中丘陵径流量与输沙量的年内变化

但是,川江的水流和来沙不仅限于川中丘陵,还来自金沙江和川中丘陵以外地区的支流。为了排除上游水系和其余支流的影响,我们将位于川中丘陵下游出口的川江寸滩站观测资料,减去上游屏山站(金沙江)、高场站(岷江)、赤水站(赤水河)和五余站(綦江)的相应数据,得到的即是川中丘陵的有关数据(图4)。

从图4可见,川中丘陵输沙量仍集中在7—10月,此间输沙量占全年的87.5%,径流量占全年的65.3%,输沙集中期与径流集中期是一致的。其次,输沙量的年内过程具有明显的三个峰值,出现在5月、7月和9月,分别占全年输沙总量的6.5%,30%和31.8%。这三个月的输沙量即占全年的68.3%。

将图4和图2进行比较,可以看出:川中丘陵的坡地侵蚀和地域侵蚀在时间变化上是非同步而呈现不吻合的。如何解释这种微观和宏观的不吻合现象?

我们认为,这种现象主要是因为坡地侵蚀物质在向江河输移途中受到阻碍迟滞而造成的。众所周知,坡地侵蚀物质主要是由沟道水流输移进入江河径流的。雨季初期(5月),松散物质丰富,坡面冲刷产生大量侵蚀物质,坡地侵蚀量达到全年最大值。由于此时降雨量不大,蒸发量和下渗量较大,故沟道水流流量尚小,这些侵蚀物质只能被搬运较短距离,就停积在坡麓和沟床上,多数不能进入川江。故川江输沙量仅占全年的6.5%,稍大于冬春季输沙量。

随着雨季的进展,降雨增多,沟道水流流量迅速增大,不仅形成了新的侵蚀物质,还使停积的前期侵蚀物发生多次再侵蚀和再搬运。沟道水流流量越大,运移物质就越多,进入江河径流的泥沙也就越多,即河流输沙量增大。7月是降雨集中期,降雨量占全年的22%,川中丘陵输沙量也急剧增大,出现相应的峰值;而同期坡地侵蚀量却较小。这是因为7月雨量丰沛,沟道水流流量猛增,对停积于沟谷的前期坡地侵蚀物质进行再侵蚀和再搬运,并将其输入江河之故。

9月也是雨量集中期,降雨量占全年的19.1%。该月川中丘陵输沙量出现最大峰值,为全年输沙总量的31.8%;同期坡地侵蚀量也出现峰值,占全年的15—25%。微观侵蚀和宏观过程出现相关性稍差的吻合现象。这表明,由于沟道水流流量的增大,停积于沟道内的前期坡地侵蚀物质已大多数被运移,很少成为沟道输沙的重大障碍,进入沟道内的坡地侵蚀物质,大多数已较少发生停积,直接由沟道水流输入江河,从而使坡地侵蚀量与川中丘陵输沙量呈现同步。

还须指出,川中丘陵1—3月的输沙量均为负值,即川中丘陵以外的川江上游和支流的来沙

量大于寸滩站输沙量。这就说明了川江屏山一寸滩段河道中同期发生的淤积现象，也表明在少雨期，随着坡地侵蚀的减弱和沟道水流量的缩减甚至干涸，整个川中丘陵外运的侵蚀物质不多，其数量大致与川江河道中的同期停积物数量相等或略小。

这样看来，坡地侵蚀物质须经过沟道水流的多次搬运和停积才能进入江河径流，所以，川中丘陵的泥沙输移比不仅受到侵蚀因素（如降雨量、雨强、地质和地貌等）的影响，而且受到运移动力（沟道水流）的制约。5月，侵蚀量最大，而沟道水流流量尚小，大量侵蚀物质无法运入江河，故5月输沙比较小；6月，侵蚀量与沟道水流流量皆处于低值，此时坡麓和沟床上虽有大量侵蚀物质停积，但沟道内水流的动力却不足以将其移入江河，故泥沙输移比也较小；7月，侵蚀量不大而沟道水流流量很大，沟道水流对停积于沟床和坡麓的前期侵蚀物质进行剧烈的再侵蚀和再搬运，使7月泥沙输移比达到极大值；8月，沟道水流虽然仍然很大，而侵蚀量却较小，沟床内停积的长期侵蚀物质经过7月的大量搬运已剩余不多，故泥沙输移比也较小；9月，侵蚀量与沟道水流流量又趋于峰值，加之沟床内停积物质造成的阻碍已大为减少，沟道水流输沙率相应增大，故泥沙输移比又达峰值。与7月输移峰值相比，9月输移特点是将坡地的同期侵蚀物质直接运移进入江河，故出现侵蚀与运移的同步现象；而7月输移特点则是将停积的前期侵蚀物运移进入江河，故出现侵蚀与运移的非同步现象。

由上述可见，在川中丘陵，决定泥沙输移比的主导因素在各月均不相同，故在各月出现不同的泥沙输移比。沟道水流对泥沙运移的影响极大，对川中丘陵内沟谷的形态、类型、组合、演变、水文和侵蚀状况进行系统的研究，对川中丘陵乃至其下游地区的水土保持和河道整治等工作是相当重要的。

#### 四、土壤侵蚀的治理对策

川中丘陵的土壤侵蚀，是自然因素与人为活动相互叠加的过程，其中人为活动影响很大。据研究，川中丘陵的“本底侵蚀速度”（即消除人类活动干扰后的自然侵蚀速度）小于0.2米/千年，而川中高丘、低丘和缓丘的实际侵蚀速度却比本底侵蚀速度高出25.6倍、24.5倍和22.1倍（据郭跃在1987年对川中丘陵区沟谷地貌的初步研究）。当然，具体数值尚需进一步研究，但人为活动的影响十分强烈则是无可置疑的。

所以，川中丘陵水土保持工作的重点，应是对人为活动的治理。这包括对面积广大的坡耕地和大量沟谷的治理，也包括对开矿修路、滥伐林木和城镇建设等人为活动及其后果的治理。当前应采取下列措施：

**1、采取合理的耕作制度。**川中丘陵土壤侵蚀严重，必须在保护土地资源的前提下合理开发和充分利用土地，这就需要采取合理的耕作制度。由上述分析可见，坡耕地的侵蚀高峰出现在5月和9月。所以，如何使坡耕地在5月和9月仍具有较强的抗蚀性能，是防止坡耕地水土流失的关键。应当采取合理的间作套种、多熟间套复种植和分带轮作轮耕等措施来提高地面农作物覆盖度，防止水土流失。从根本上来看，则应采取自然免耕，使土壤终年保持较高的抗蚀能力。

**2、荒坡的治理。**30年来，川中丘陵森林面积减少很快，现有森林覆盖率仅3—5%，有10个县不到1%，而造林保存率仅30%。大量荒坡成为水土流失的又一重要来源。当前不仅要在荒坡上造林种草，更主要的是要提高林草的保存率。这不仅对水土保持有重要意义，而且也可以节约投资，具有一定的经济效益。

**3、沟道的研究和治理。**如上所述，沟道与侵蚀状况和泥沙输移量直接相关，对水土保持极

为重要，应加强研究和治理。当前，应着重研究沟道水流的侵蚀过程及其时空变化规律，沟道系统的结构、组合和演变对侵蚀—输移过程的影响，等等。在研究的基础上，有针对性地采取各种治理措施，以期发挥最大的生态效益和经济效益。

### 参 考 文 献

- [1] 西南师范大学地理系：“四川地理”，《西南师范大学学报》1982年专著，p63—64。
- [2] 穆桂春、杜子荣、刘安明、范锜才、罗伦德：“四川省自贡地区1：50万地貌图分析”，《西南师范大学学报》，1982年4期，p66—79。
- [3] 李英伦：“四川紫色丘陵区耕地土壤侵蚀程度分级指标的初步探讨”，《中国水土保持》，1984年第3期p18—20。
- [4] 穆桂春、刁承泰：《地貌与农业》，农业出版社，1988年，p1—20。
- [5] 郭永明：“综合治理对防治水土流失作用的研究”，《中国水土保持》，1984年2期，p33—38。
- [6] 侯光炯、李晓平、刘忠诚等：“土壤侵蚀和泥沙淤积是水土资源遭到严重损失的主要根源”，《水土保持通报》，1987年6期，p1—4。

## An approach to evolutionary laws through time and space on the soil erosion in the hilly region of the central part in Sichuan Basin and its control measures

*Diao Chengtai*

*(Department of Geography, Southwest Teacher's University)*

### Abstract

The hilly region of the central part in Sichuan basin is one of the regions with the most serious soil erosion in China. The research on evolutionary laws through time and space on the soil erosion is highly important to the work of the soil and water conservation in the hills. This paper deals with those laws and macroeconomic analyses of the region, and puts forward control measures. The author holds that the research and management on gullies is important to the work of the soil and water conservation in the hills.