

# 晋西黄土地区重力侵蚀产沙分区 的模糊聚类分析

朱同新 陈永宗

(中国科学院地理研究所)  
国家计划委员会

## 提 要

本文首先运用模糊聚类方法对晋西地区重力侵蚀进行区域划分,再在每个区域内选择典型小流域,研究重力侵蚀产沙方式、强度及其在总侵蚀量中所占比例,最后初步计算出晋西地区重力侵蚀量约占总侵蚀量的35—46%。

晋西地区一般指长城以南、火焰山以北、东西界于黄河和吕梁山之间的南北狭长区域,面积约3.7万平方公里。五十年代末期,中国科学院黄河中游水土保持综合考察队曾对该区域进行了全面考察,并编制了本区土壤侵蚀图;近年来,山西省遥感应用研究所利用卫片和航片判释,也编制了本区土壤侵蚀图和水蚀图。但迄今为止,本区的重力侵蚀产沙区域划分尚无人涉猎。当前,搞清楚重力侵蚀在流域侵蚀产沙过程中所占比例是人们十分关注的问题,即黄河下游河道淤积的泥沙中(尤其是粗砂),究竟有多少来自重力侵蚀。本文首先运用模糊聚类的方法提出晋西地区重力侵蚀区域划分的初步方案,再对不同区域内重力侵蚀产沙方式及强度加以阐述。

## 一、指标的选择及评分标准的确立

由于境内重力侵蚀的观测资料严重缺乏(迄今为止,尚无一个系统地观测重力侵蚀的试验点),按传统区别方法进行重力侵蚀分区确实存在一定的困难,而运用聚类分析方法则可用一些较易获取资料的指标来取代暂时很难得到的资料指标。但是一个非常重要的问题就是所选择的指标能否反映被取代指标的性质,以及确立指标的评分标准是否合理;如果这个问题解决不好,聚类分析也就失去了应用的价值。目前指标的选择及评分标准的确立多采用专家评议,这种方法有一定的优点,但很难排除因各人看法不一而引起的主观差异。我们是在全面考察的基础上,选择典型小流域,首先对流域内各种重力侵蚀方式的发生条件及时空发育规律进行定性和定量的分析,据此分别确立了影响崩塌和影响滑坡、滑坍的主要因素评分等级表(见表1和表2)。根据晋西地区的主要自然地理特征,考虑南北差异和东西地貌发育程度的不同,选择了32个沟道小流域,按表1、表2所列的评分标准对每个小流域的各个因素进行分段定分得表3、表4。

采用夹角余弦法确定上述各样本点之间的相似程度,并建立模糊等价矩阵。在聚类分析时,还必须考虑样本的毗连性,组成样本群的样本点在地域上必须彼此相连,这种以毗连性为前提的聚类分析称之为毗连聚类分析。根据聚类分析结果,可将晋西地区崩塌侵蚀分为6个大区:

表1 影响崩塌的主要因素评分等级表

X <sub>1</sub> I—III级沟谷密度 (公里/平方公里)		X <sub>2</sub> 前缘坡度(>50°) (%)		X <sub>3</sub> 汇水坡降 (度)		X <sub>4</sub> 坡长 (米)		X <sub>5</sub> 岩性		X <sub>6</sub> 年降水量 (毫米)		X <sub>7</sub> 植被度 (%)	
<2.5	1	<5%	2	<10°	4	<30	1	I	4	<150	5	>30%	1
2.5—3.5	2	5—10%	4	10°—15°	3	30—60	2	II	3	150—500	4	30%—20%	2
3.5—4.5	3	10—15%	6	15°—20°	2	60—100	3	III	2	500—550	3	20%—10%	3
4.5—5.5	4	15—20%	8	>20°	1	100—150	4	IV	1	550—600	2	<10%	4
>5.5	5	>20%	10			>150	5			>600	1		

表2 影响滑坡、滑塌的主要评分因素等级表

X <sub>1</sub> I, II级沟谷密度 公里/平方公里		X <sub>2</sub> 前缘切割深度 (米)		X <sub>3</sub> 岩性		X <sub>4</sub> 黄土覆盖厚度 (米)		X <sub>5</sub> 最大持续降水量 (毫米)		X <sub>6</sub> 植被度 (%)		X <sub>7</sub> 地震烈度	
<2.5	1	<20	1	I	1	<10	1	<10	1	>30	1	V	1
2.5—3.5	2	20—35	2	II	3	10—25	2	10—25	2	30—20	2	VI	2
3.5—4.5	3	35—50	3	III	5	25—50	3	25—50	3	20—10	3	VII	3
4.5—5.5	4	50—65	4	IV	7	50—100	4	50—100	4	<10	4		
>5.5	5	>65	5			>100	5	>100	5				

说明：1、表1和表2中岩性是按苏联学者划分的5个黄土带为标准；

2、沟道分级按斯特拉勒(Strahler)分级系统进行分级。

第I区：包括样本点6、7、8、11、9、12、10、5、1、2、3、16、17、15、25、22、23、20、21；

第II区：包括样本点29、28、27；

第III区：包括样本点31、32；

第IV区：包括样本点14、24、26、4；

第V区：包括样本点13、18、30；

第VI区：包括样本点19。

同理可将晋西地区滑坡、滑塌等侵蚀分为5个大区：

第I区：包括样本点12、9、10、11、21、22、23、20、15、16、17、4、5、6、7、8、14；

第II区：包括样本点1、2、3；

第III区：包括样本点31、32、29、27、28、24、25、26；

第IV区：包括样本点13、18、19；

第V区：包括样本点30。

将上述两种重力侵蚀类型区划叠合，即可得到晋西地区重力侵蚀区划的初步方案（见图）。

表3

各样本点崩塌各影响因素分段得分结果表

样本序号 评分 变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
X <sub>1</sub>	1	1	1	4	3	3	3	3	4	3	2	4	1	2	4	2	3	2	2	3	4	4	5	2	3	4	2	3	3	2	1	1
X <sub>2</sub>	10	10	10	6	2	4	6	4	2	2	4	2	2	2	2	6	10	2	2	2	2	4	4	2	8	2	6	6	2	2	4	
X <sub>3</sub>	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2	2	3	2	1	1	3	3	
X <sub>4</sub>	5	5	5	2	3	4	4	5	3	5	4	4	1	3	2	4	3	1	1	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	1	3	4
X <sub>5</sub>	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1
X <sub>6</sub>	1	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	5	2	3	2	1	4	2	2	5	1	3	3	3	2	3	3	3	5	4	4
X <sub>7</sub>	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	1	4	4	4	4	1	1	3	4	4	3	4	3	4	3	3	4	1	3	4

表4

各样本点滑坡、滑坡、污溜影响因素分段得分结果表

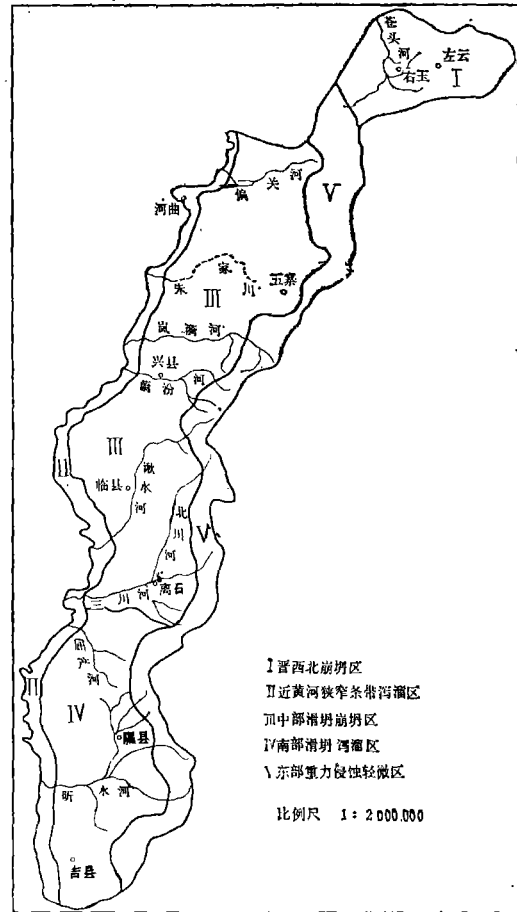
样本序号 评分 变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
X <sub>1</sub>	1	1	1	4	3	3	3	3	4	3	2	4	1	2	4	2	3	2	2	3	4	4	5	2	3	4	2	3	3	2	1	1
X <sub>2</sub>	2	1	1	2	2	3	3	2	3	2	2	3	1	4	3	3	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	1	3	3
X <sub>3</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	7	7	7
X <sub>4</sub>	2	2	2	3	3	3	2	3	3	2	3	3	1	2	3	4	3	1	1	2	4	2	2	5	5	3	5	5	1	4	5	
X <sub>5</sub>	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	3	3	3	4	4	5	3	3	
X <sub>6</sub>	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	1	4	4	4	4	1	1	3	4	4	3	4	3	4	3	4	1	3	4	
X <sub>7</sub>	2	2	2	3	3	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	3	3	2	

## 二、不同区域内重力侵蚀产沙方式、强度及治理途径

**I—晋西北崩塌区。**本区包括样本点：1—后胡彩沟；2—麻黄头；3—河家村，在范围上包括右玉县、平鲁县部分及左云县，面积约5,600平方公里。境内为厚度小于20米的薄层沙黄土覆盖，粗沙含量达25—60%，沟谷密度一般为2—3.5公里/平方公里。地貌形态以缓坡丘陵为主要类型，沟谷谷壁多近于直立，但切割深度仅几十厘米至数米。一些河道及支流多属于宽浅型。本区的重力侵蚀方式主要为地表水诱发型崩塌及水流掏蚀型崩塌，至于其它重力侵蚀方式（滑坡、滑塌和泻溜），在本区内较为少见。地表水诱发型崩塌主要发生在切沟和冲沟中，由于境内沙黄土中粘粒含量低（17—23%），在沟头及侧岸往往产生拉张裂缝。降雨期间，坡面水流沿裂缝灌入，发生崩塌，导致沟头不断延伸，沟壁不断扩展。这些新形成的沟谷谷底较为平坦，剖面呈U型。当水流切入过去形成的沟谷时，常使沟谷呈“U”型，谷底形态的差异常常是区分不同年份沟谷前进的重要标志。据对右玉县马营河的15条支沟调查，沟头前进每年达3.2米，沟壁拓宽量为2.3米/年。根据崩塌的沟谷体积折算，其崩塌量每年约3,200吨/平方公里，其中粗沙量占25—60%。水流掏蚀型崩塌主要发生在河岸地带，由于河水的侧蚀作用导致河岸坍塌，例如苍头河左岸新庙子村段在1911—1974年的64年间，河岸总共后退为240米，平均每年坍塌拓宽3.8米。这些崩塌物质在雨季多半即被坡面水流及河水携带成为河流泥沙的重要来源，按本区多年输沙模数折算，重力侵蚀约占总侵蚀量的2/3。

影响本区重力侵蚀的限制性因素，是岩性和坡面来水，削减沟间地向沟谷的汇水量是防治重力侵蚀的关键，治理措施应以生物措施为主，增加地面覆盖率，增加水分入渗，这样可阻止或削弱沟谷崩塌的发生。表5为右玉县境内几条支沟种植护岸林前后的沟谷变化情况。

分析表5可知，由于沟岸护坡林带的作用，本来正在每年不断拓宽的河谷，近年来河岸不仅不再发生水流掏蚀型崩塌和地表水诱发型崩塌，反而河道每年都在束窄，平均由原来的243米缩窄为60米；相反，河深则由原来的0.9米加深至1.7米。这说明河岸渐趋稳定。在流域内增加地面覆盖率之后，不仅沟谷前进得以减弱，且沟底大部分也长起草皮，泥沙量大为减少。据滴水沿水库20年泥沙资料分析，1959—1968年总淤积量为1,000万立方米，年平均100万立方米；自七十年代以



晋西黄土地区重力侵蚀区划图

表5

造林前后沟谷崩岸情况调查表

流域名称	河沟滩名称	实测断面地点	测点编号	河沟纵坡(%)	河沟宽(米)		河沟深(米)		护岸林种		护岸林宽(米)	
					原来	现在	原来	现在	左	右	左	右
李洪河支沟	秦家滩北沟	秦家滩村北	1	0.41	153	41	0.6	1.0	沙棘	沙棘	49	63
李洪河支沟	秦家滩北沟	秦家滩村西	2	0.37	140	35	0.5	0.8	杨沙乌	沙棘	60	45
李洪河支沟	昌里屯东湾	改河段口300米	3	0.32	227	40	0.3	1.2	沙棘	柳沙乌	18	163
李洪河支沟	凤凰台东南	路西100米处	4	0.36	207	93	0.8	1.2	杨沙乌	柳沙乌	50	48
李洪河支沟	凤凰台南河湾	小东	5	0.33	192	72	1.0	1.2	杨沙乌	柳沙乌	40	80
李洪河支沟	崔家沟下段	距干沟1,000米	6	0.04	394	15	0.5	2.4	杨沙乌	柳沙乌	50	79
苍头河支沟	咀留屯西小河	过路处	9	0.55	155	4	1.0	2.8	杨沙乌	杨沙乌	45	10
苍头河支沟	郭敖屯河湾	高墙框南300米	10	0.18	224	17—23	1.5	2.4	杨沙乌	杨沙乌	122	75
苍头河支沟	双扣子河东	电杆处	11	0.28	544	203	1.1	0.9	杨沙乌	杨沙乌	35	315
平均值				0.33	243	60	0.9	0.7			48	99

本表内调查资料系郭政新同志提供, 谨此致谢!

来, 流域内大面积种植沙棘、乌柳、小叶杨等, 1972—1978年总淤积量为413万立方米, 年平均59万立方米, 较前10年平均减沙达41%。

Ⅱ—近黄河狭窄条带泻溜区。本区包括样本点: 4—一道黄沟; 14—赵家川口; 24—崑王局; 25—许家沟, 范围上是指沿黄河岸边南北狭长的条带状地区。本区一般为入黄河流的近河口段, 水系很密, 沟谷密度为3.0—4.5公里/平方公里。河曲以北为马兰黄土堆积后形成的宽谷阶地, 向南几乎均为深切的V型字沟谷。这些沟谷一般均切入基岩中, 在顶部仅有薄层黄土覆盖, 三趾马红土出露并不广泛。据对河曲道黄沟1985年各种类型的重力侵蚀量调查, 泻溜、滑坍、崩坍所占的比例分别为83%、9%和8%, 总重力侵蚀量为2,450吨/平方公里。由于1985年是丰水年, 据研究, 滑坍、崩坍随降水量的年际变化其总量变化很悬殊。据隰县水土保持站观测资料表明, 泻溜量的年际变幅并不大, 因此, 河曲道黄沟的重力侵蚀量变化范围为2,000—2,450吨/平方公里。

本区出露的基岩多为软弱的泥页岩和坚硬的砂岩互为夹层, 其中软弱岩层风化强烈, 砂岩中垂直节理十分发育。不同岩性的风化强度差异导致了砂岩的频繁崩坍。这些崩坍的砂岩堆积谷底, 由于沟谷纵比降大, 一般为14—769%, 在洪水年份, 则形成水石流被带入黄河中。据我们在沟谷入黄河道中的6个磧口滩的调查, 以及与沟口无磧口滩的沟谷对比分析表明, 沟谷中存在软硬互层的基岩出露, 是形成磧口滩的必要条件之一, 而黄河中的磧口滩又是本区沟道中基岩崩坍

物被水石流携至出沟堆积的结果。中生代紫红色的羊肝石和灰白色的砒砂岩互层在本区广泛出露，前者为易于风化的泥页岩，后者为砂岩，呈块状时遇水易解离成砂粒，其粗砂含量达98%，为黄土的3—4倍。为便于研究其产沙强度，我们在河对岸同属一类型区的府谷县麻镇北部选择了一个“闷葫芦坝”，在坝内选择三个垂直剖面，逐层取样分析。结果表明，自1974年至1986年平均每年每平方公里侵蚀强度为6,350吨。按粒度分析资料得出，基岩风化型泻溜和崩坍至少占45%（约合每年2,860吨/平方公里），其中砒砂岩占20%，羊肝石占25%，黄土沟间地侵蚀约为32%。因此，重力侵蚀产沙量为总产沙量的45—65%，其中粒径大于0.05毫米的粗砂占42.6%。

由于本区沟壑密度大，沟间地所占比例小，且重力侵蚀的诱发力不是主要来自坡面汇水，而是谷坡上出露的基岩风化，在这些出露的基岩谷坡上，采取生物措施抑制重力侵蚀亦很困难。因此，防治本区重力侵蚀的有效途径，应该主要是在条件许可的沟谷中修筑坝系，逐级拦蓄泥沙，这样既可阻止泥沙入黄，又可增加粮食产地。据分析，风化的羊肝石中含钾量高达1.84%。据访问调查，风化后的羊肝石、砒砂岩物质进入坝地后，粮食产量较坡耕地高8—10倍。

**Ⅱ—中部滑坍泻溜崩坍区。**本区包括样本点：5—塬教儿；6—老营；7—上纸房；8—刘小峰；9—下杨家庄；10—八角；11—碾沟；12—吸咀沟；13—孙家沟；16—蔡家崖；17—麻地沟；20—王家湾；21—普连；22—东峁村；23—木瓜沟；25—王家沟，范围上包括河曲、偏关、平鲁部分，保德、神池、五寨、苛岚、兴县、临县、方山、柳林，离石等县。由于境内下伏古地形不同，现代侵蚀地貌形态也不尽相同。

岚漪河以北，黄土下伏古地形为寒武—奥陶纪石灰岩组成的宽谷和缓丘，各次黄土堆积时期，宽谷不断为流水带来的物质充填，形成台地或梁状丘陵为主的地形。在河曲、偏关、保德一带的东部地区为上部有沙黄土覆盖，在沟谷底部有第三纪红土出露的峁状丘陵区，重力侵蚀以红土泻溜及滑坍为主，由峁状丘陵向东，地形渐变为梁状丘陵，在沟底第三纪红土出露渐少，重力侵蚀也渐变为以滑坍为主。在东部的五寨、苛岚一带，地表形态则为起伏较小的波状台地，由于受近代流水切割作用产生一些“U”状切沟，在沟谷中往往有崩坍发生，因此，由西向东，重力侵蚀方式逐渐从泻溜、滑坍到滑坍再到崩坍，但总的来说，岚漪河以北重力侵蚀并不严重。岚漪河以南包括兴县、临县、离石，中阳和石楼等县，黄土覆盖渐渐增厚，在兴县一带最厚达120米以上，与北部相比，重力侵蚀亦趋于活跃，其中最活跃区域分布于大河之间的分水岭地带或中上游地区（但必须有厚层黄土披覆）。

在蔚汾河流域的南部地区，包括其支流南川河中游和上游，河流两岸三趾马红土广为出露，由于水流的侧蚀作用，两岸发育了许多中小型滑坡及滑坍；在湫水河与三川河之间的分水地带（阳泉—东赶—店坪一带），尽管三趾马红土出露少，但在冲沟里马兰黄土层中地表水诱发型滑坍极其频繁。在本区中我们选择了离石县王家沟作为典型小流域进行定量研究。通过1985、1986连续两年的重力侵蚀量调查结果表明：在丰水年重力侵蚀方式以滑坍为主，三种主要的重力侵蚀类型滑坍、崩坍、泻溜分别为56%、28%和16%，而枯水年重力侵蚀则以泻溜占主要成份，泻溜量：崩坍量：滑坍量=0.60：0.31：0.09。

通过4条支沟的淤地坝调查，1985年重力侵蚀量与总侵蚀量之比的变化幅度为16.9—34.7%，其均值为28.6%，重力侵蚀强度为每年4,430吨/平方公里，其中非黄土层产沙占重力侵蚀量的38%，占总产沙量的11%。粒径大于0.05毫米的粗砂占15.45%（据淤地坝垂直剖面粒度分析）。

本区水力侵蚀亦非常严重，近期内治理重点仍为水蚀；在治理水蚀的同时，也应结合考虑如何减弱重力侵蚀。在沟谷谷坡上，宜先从红土坡治理开始，从而使上部的黄土谷坡渐趋稳定，在

沟间地要减少地表径流，概而言之，即采取“上下夹击治理”。以王家沟中的插财主沟和羊道沟为例，两者流域地貌条件相似，前者为治理沟，面积为0.21平方公里，在沟间地修筑了水平梯田，沟底底部栽植了刺槐、杏树，植被较为茂密；羊道沟为非治理沟，面积为206平方公里。通过1985、1986两年重力侵蚀量的调查结果表明：两者在枯水年份滑坍、崩坍均较弱，分别为315吨/平方公里和285吨/平方公里；在丰水年，治理沟滑坍、崩坍量每年仅为720吨/平方公里，而非治理沟却高达近10,000吨/平方公里，两者悬殊达14倍之多。在一些人口密度较少的地区，亦可采取退耕封沟治理，临县陈庄附近自五十年代以来，退耕还林，现在连切沟内都几乎停止了侵蚀，各种重力侵蚀现象基本绝迹，但在其外围地区，由于人类活动的影响，冲沟内滑坍却仍很发育。

**Ⅳ—南部滑坍泻溜区。**本区包括样本点27—唐户塬；28—云居；29—永和；31—山中；32—岳家庄，在范围上包括隰县、大宁、永和、蒲县、吉县。本区地貌形态以残塬沟壑为主要类型，残塬面上顶部平缓，坡度多在 $5^{\circ}$ 以下，沟谷密度为2.8—4.0公里/平方公里，沟谷切深达30—130米。本区沟间地与沟谷地面积之比为1:1。沟头部位多陡壁，地表水诱发型崩坍较为强烈。据永和县部分沟谷调查，沟头每年前进速度达2—3米，甚者达5米。沟头前进速度主要取决于上部来水。如果在沟头部位采取埂筑或种植灌木林带，沟头前进将会得到有效的控制。在一些塬面治理较好的地区，如隰县南唐户沟，重力侵蚀最严重的并非是发生在沟头部位的地表水诱发型崩坍。

南唐户沟小流域面积为2.828平方公里，主沟长4.6公里，平均比降为3%。在主沟道中明显地存在着两级裂点，在沟上游第二级裂点之上重力侵蚀并不活跃，在第一级裂点之下也较微弱。据1985年调查，约68%的滑坍、崩坍发生在一二级裂点之间的沟谷段；1985年三种主要重力侵蚀方式滑坍、泻溜和崩坍量分别占总重力侵蚀量的52%、38.5%和9.5%，重力侵蚀量与总侵蚀量之比为2:5。根据各种重力侵蚀方式年际变化规律及实测资料分析插补，可得丰枯水年重力侵蚀强度的平均值每年为4,600吨/平方公里，占多年平均侵蚀总量的51%。由于塬面平坦，加上多年来治理多集中在塬面上，沟间地侵蚀轻微，仅占10.6%。因此，本区今后治理方向应转向沟谷地。在治理沟谷时，应把重力侵蚀和水蚀的治理放到同等位置上，泻溜坡的治理应以灌草为主，但在滑坍发育的黄土陡坡上栽植乔灌木，效果并不好。据调查，在南唐户塬西部的一条治理沟的谷坡上，很多已成材的刺槐随滑坍体下溜。在沟谷底部筑坝，抬高侵蚀基准面，并使谷坡脚变得稳定，有助于重力侵蚀的防治。

**Ⅴ—东部重力侵蚀轻微区本区。**本区包括样本点：13—黄家梁；18—张家圪台；19—大塔上；30—石窑，在地理范围上指晋西东部的岩石山地。该区土薄林茂，人类活动相对较弱，在基岩出露的陡崖处常发生崩坍，但总的来说，重力侵蚀轻微，一般小于500吨/平方公里，只要防止乱砍滥伐现象，重力侵蚀一般不会加剧。

### 三、结语与问题

1、晋西地区可划分为5个重力侵蚀类型区：Ⅰ—晋西北崩坍区。重力侵蚀以地表水触发型崩坍及水流掏蚀型崩坍为主，重力侵蚀强度为每年3,200吨/平方公里，占总侵蚀量约2/3；Ⅱ—近黄河狭窄条带泻溜区。重力侵蚀方式以基岩风化型泻溜、崩坍为主，重力侵蚀强度在北部堆积阶地区为2,000—2,450吨/平方公里，在羊肝石及砭砂岩出露区，重力侵蚀量为总产沙量的45—65%。

其中基岩产沙量占总产沙量达45%以上,重力侵蚀强度为每年2,860—4,130吨/平方公里;  
■—中部滑坍泻溜崩坍区。重力侵蚀强度为4,460吨/平方公里,占总侵蚀量的16.9—34.7%;  
Ⅳ—南部滑坍泻溜区。重力侵蚀强度为每年4,400吨/平方公里,占总侵蚀量的51%; V—东部重力侵蚀轻微区。重力侵蚀强度每年小于500吨/平方公里。

2、根据各区内典型小流域调查资料及各区所占面积权重初步计算晋西地区重力侵蚀量占总侵蚀量的35—46% (东部重力侵蚀轻微区除外)。

存在问题可归纳为下列几点:

1、有的典型小流域中重力侵蚀量调查年限偏短,尤其是推算及插补时误差偏大,今后必须继续观测调查;

2、对于重力侵蚀的产沙滞后周期未加讨论;

3、推算面上重力侵蚀产沙量占总侵蚀量的比例时,典型小流域数量偏小,今后需增补典型小流域数目,以提高精度。

### 参 考 文 献

[1] 中国科学院黄河中游水土保持综考队:《山西西部水土保持调查报告》,科学出版社,1957年。

[2] 朱同新:《黄土区重力侵蚀发生的内部条件及地貌临界值分析》,气象出版社,1987年。

[3] 邓汉增:“聚类分析在地理区划中的应用”,《热带地理》,1985年第2期。

## The primary study on sediment production of gravitation erosion in western Shanxi Province

*Zhu Tongxin Chen Yongzong*

*(Institute of Geography, Academia Sinica and State Planning Commission of PRC)*

### Abstract

By means of Fuzzy methods, the western Shanxi Province can be divided into five gravitation erosion areas as follows:

1. the northwestern breakdown area; the intensity in the area of gravitation erosion (for short I) is about 3,200 t/km<sup>2</sup>·y, and accounting for about 2/3 of the total amount of soil erosion (for short m); 2. the western slumping, breakdown area, the intensity is about 2,860-4,130 t/km<sup>2</sup>·y, and m is 45 to 65 percent; 3. the central denudation, slumping and breakdown area, intensity is about 4,460 t/km<sup>2</sup>·y, and m is 16.9 to 34.7 percent; 4. the southern slumping, denudation area, the intensity is about 4,400 t/km<sup>2</sup>·y, and m is 51 percent; 5. the eastern weak gravitation erosion area, the intensity is less than 500 t/km<sup>2</sup>·y. Summarily, the amount of gravitation erosion makes up 35 to 46 percent of the total amount of soil erosion in western Shanxi Province.