

# 产沙模数与流域面积关系研究进展

方海燕<sup>1</sup>, 蔡强国<sup>1</sup>, 李秋艳<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所陆地水循环与地表过程重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院烟台海岸带可持续发展研究所, 烟台 264003)

**摘要:**流域面积是综合地表一切要素的黑箱变量, 而产沙模数是流域产沙强度的重要体现。自20世纪50年代以来, 有关产沙模数随流域面积变化的研究受到了国内外学者的广泛关注。本文对多年来有关该方面的研究成果进行总结、提炼, 在此基础上, 把产沙模数与流域面积的变化关系划分为5种类型, 即负相关关系, 正相关关系, 先增加后减小的非线性关系, 先减小后增加的非线性关系以及无显著关系等, 继而对每种类型出现的原因给出了合理的解释; 在此基础上, 指出产沙模数随流域面积变化的本质原因, 即产沙模数随流域面积的变化是对流域内各种因素及因素间相互作用的响应, 产沙模数与流域面积之间没有内在的联系, 产沙模数随流域面积的增加可以出现任何变化。

**关键词:**产沙模数; 流域面积; 类型

## 1 引言

流域产沙是指河流水文站把口站以上流域输出的泥沙总量, 而产沙模数则是指把口站以上流域单位面积的产沙量(如  $\text{kgkm}^{-2}$ ), 有时也用单位时间单位流域面积上的产沙量来表达( $\text{kgkm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ )。就产沙模数定义来看, 产沙模数与时间和空间是密切相关的, 因而, 侵蚀产沙往往是时空尺度上多个影响因素及其交互综合作用的结果<sup>[1,2]</sup>, 使得流域产沙总量和类型在时空尺度上变化很大。作为地学的一个重要的理论问题, 流域侵蚀产沙的时空尺度效应研究在水文学和地貌学等相关的期刊上多有发表。流域面积是一个综合地表多个环境要素黑箱变量<sup>[3]</sup>, 产沙模数必然强烈地受到流域(面积)的影响<sup>[4]</sup>。目前, 国内外开展的产沙模数尺度研究, 大多体现产沙模数随空间尺度即流域面积的变化。时空尺度的差异及侵蚀环境的不同, 导致小尺度上得到的结论在应用到大尺度或一个地区的研究结果在另一个相同时空尺度的地区上应用时, 存在着很大的难度。目前开展的产沙模数随流域面积的变化研究, 由于研究对象的不同, 流域产沙随流域面积的变化

出现了多种不同的结论, 本文即对国内外有关产沙模数随流域面积的变化研究成果作一总结与分析, 同时指出二者之间内在的本质联系。

## 2 产沙模数-流域面积类型

产沙模数随流域面积的变化关系研究至少已有半个多世纪的历史<sup>[5]</sup>, 几十年来, 该项研究已经取得了丰硕的成果。根据产沙模数随流域面积的变化关系, 国内外开展的有关研究结果可以划分为以下五种类型:

### 2.1 负相关关系

世界上的许多研究长期以来一直认为产沙模数与流域面积之间存在着负相关关系<sup>[6-10]</sup>(图1)。他们认为, 当流域面积较小时, 地形高差大, 水流的侵蚀能力强; 一次暴雨可以完全覆盖整个小流域, 而只能覆盖部分大流域; 随着流域面积的增加, 地形高差变小, 有很多的冲积平原和低地, 径流的侵蚀产沙能力降低, 产沙模数减小。此外, 山坡坡面上的泥沙输移过程也是引起上述现象的原因之一, 从坡上部侵蚀下来的物质沉积在坡底坡度较缓处<sup>[11]</sup>, 从

收稿日期: 2008-08; 修订日期: 2008-10。

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40635027); 治黄专项基金项目(黄水保 200651-02)。

作者简介: 方海燕(1977-), 男, 山东省金乡县人, 博士, 助理研究员, 主要从事土壤侵蚀、水土保持和GIS应用等方面的研究。

E-mail: fanghy@igsnrr.ac.cn

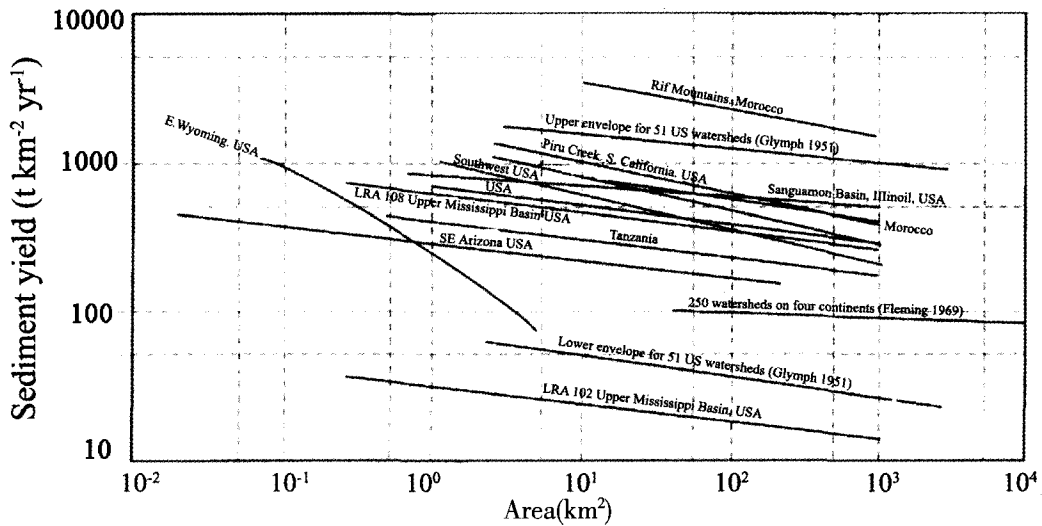


图 1 世界上不同地区的产沙模数与流域面积的关系<sup>[12]</sup>

Fig.1 Relations between sediment yield and drainage area around the world<sup>[12]</sup>

而使得产沙模数随着流域面积的增大而减小。

### 2.2 正相关关系

一些研究表明,产沙模数也会随着流域面积的增加而变大。如 Rondeau 等人<sup>[13]</sup>在加拿大圣劳伦斯河(St. Lawrence River)流域,发现由于下游河岸侵蚀增加,产沙模数随流域面积的增加而增大。Krishnaswamy 等人<sup>[14]</sup>在哥斯达黎加里欧特拉瓦河(Rio Terraba River)流域也发现了这种现象,他们认为强烈的农业耕作和降雨分布的不均匀性是导致产沙模数随流域面积增加而增大的重要原因。在意大利的一些河流,de Vente 等人<sup>[15]</sup>也发现产沙模数与流域面积呈现正相关关系,他们认为对产沙起主要作用的不是地形较高的流域面积较小的地区,而是其他过程在主导着这种变化。例如,在流域出口处大的沉积盆地的存在,很可能导致产沙模数随着流域面积的增加而增大<sup>[13]</sup>。在黄土高原地区,卢金发和黄秀华<sup>[16]</sup>通过对王道恒塔至神木的窟野河流域,韩家岭经赵家窑至丁家沟的无定河流域以及安口袁家庵至泾川、三关口河崆峒峡经平凉至泾川的泾河上游流域等的研究发现,产沙模数均随流域面积的增加而增大。他们认为当研究区域由多雨区向

少雨区过渡,由风沙区、土石或基岩山地为主向以黄土丘陵沟壑为主转化,或流域植被由覆盖茂密向稀疏状况转化等情况时,均会使得产沙模数随流域面积增加而增大。闫云霞和许炳心<sup>[17]</sup>通过对黄土高原分区进行产沙模数-流域面积关系研究后也指出,在泾渭河流域产沙模数随着流域面积增大单调递增(表 1),认为黄土厚度变大及河流的宽深比变小导致的泥沙输移能力增强是造成该结果的原因。

### 2.3 先增加后减小的非线性关系

另有研究表明,产沙模数与流域面积之间并非呈现简单的正向或者负向关系。研究<sup>[18]</sup>发现,在圣彼得河流域(San Pedro River),随着流域面积的增大,产沙模数先增大而后减小,在流域面积约为 20km<sup>2</sup>时达到最大值(图 2a)。这是因为,在流域面积小于 20km<sup>2</sup>时,侵蚀能力超过沉积能力,在面积大于 20 km<sup>2</sup>时,随着流域面积的增加,梯田和河漫滩面积所占比例增加,河流经常干涸,使得在 20km<sup>2</sup>时,低地的沉积能力大于侵蚀能力,产沙模数减小。在萨斯奎汉纳河流域(Susquehanna River),产沙模数在流域面积为 1~2km<sup>2</sup>时达到最大,这是因为在美国东部,植被保护好,地表累积的树叶厚,侵蚀模数小,当流

表 1 黄土高原地区产沙模数与流域面积关系分区<sup>[17]</sup>

Tab.1 Relationship between sediment yield modulus and drainage area on the Loess Plateau

区号	I	II	III	IV	V	VI	
分区名称	晋西黄河沿岸	河龙区间黄河右岸	泾洛渭河区域	伊河、洛河、黄土区	基岩-黄土区、沁河	祖厉河清水河流域	黄河内蒙古段
类型	①	①	②	①	③	③	④

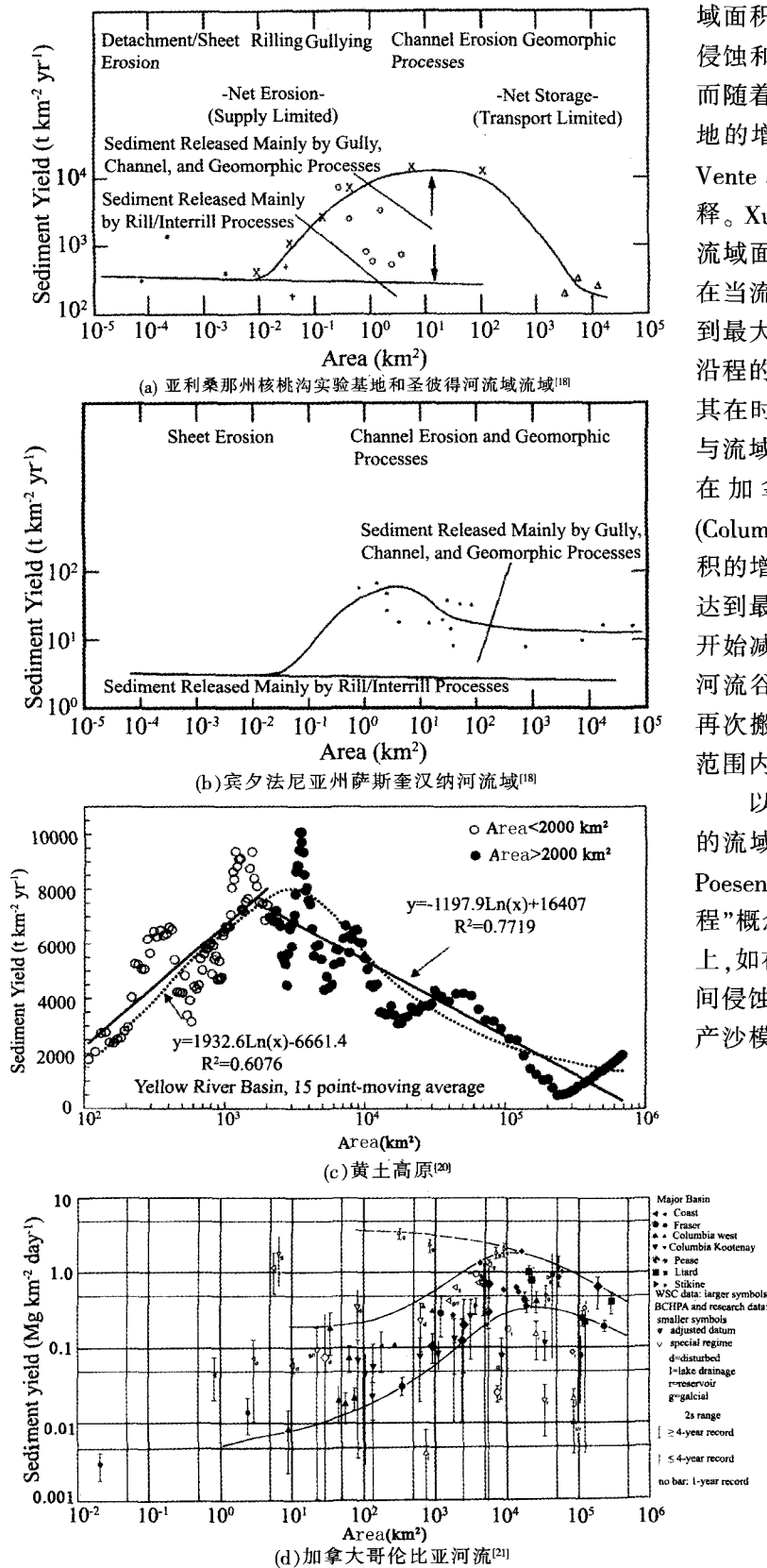


图2 产沙模数、主要侵蚀方式与流域面积关系图  
 Fig.2 Graphs showing the relations among suspended sediment yield, the dominant processes of erosion and drainage area

流域面积达到 1~2km<sup>2</sup> 时,由于植被的破坏,冻融侵蚀和滑坡侵蚀严重,土壤易蚀物供应增加,而随着面积的进一步增加,坡度减小及平原低地的增加,产沙模数又开始变小(图 2b)。de Vente and Poesen<sup>[19]</sup>的研究也证实了以上的解释。Xu and Yan<sup>[20]</sup>在研究黄土高原产沙模数随流域面积变化时得到了类似的结论,只不过是在当流域面积为 2000~3000km<sup>2</sup> 时产沙模数达到最大值(图 2c)。Xu and Yan (2005)认为河流沿程的地表物质组成、河流能量的沿途消耗及其在时空尺度上的调整是黄土高原产沙模数与流域面积出现这种非线性关系的重要原因。在加拿大哥伦比亚地区的哥伦比亚河(Columbia River)流域,产沙模数随着流域面积的增加而增大,当流域面积为 3×10<sup>4</sup>km<sup>2</sup> 时达到最大值,之后随着流域面积增加产沙模数开始减小(图 2d)。Church and Slamaker<sup>[21]</sup>认为河流谷地淤积在地表的第四纪侵蚀沉积物被再次搬运是引起产沙模数在一定的流域面积范围内增大的原因。

以上研究,尽管产沙模数峰值不同,对应的流域面积也不同,但都可以用 de Vente and Poesen<sup>[19]</sup>提出的“产沙模数-流域面积-侵蚀过程”概念模型来解释(图 3)。他认为,在小尺度上,如在小尺度的尺度上,雨滴滴溅、细沟及细沟间侵蚀占主要地位,局部侵蚀环境变动大导致产沙模数变动也大,但平均产沙模数小,在面积 15~320×10<sup>-6</sup>km<sup>2</sup> 的空间尺度上,平均产沙模数约为 90tkm<sup>-2</sup>year<sup>-1</sup>。对于稍大的流域面积(0.03~10km<sup>2</sup>),细沟尤其是沟谷网络的发育,导致侵蚀活动和连通性增强,大大增加了产沙能力,与此同时,面积的增加也使得泥沙沉积机会提高,但是净产沙模数仍然是增大的。随着流域面积的进一步增加(>10km<sup>2</sup>),坡度变小,平原低地的扩大,导致沉积汇占了主要地位,河流的传输能力小于侵蚀能力,产沙模数又开始变小。必须指出的是,上述产沙模数-面积-侵蚀传输过程曲线概念模型只是定性的描述,具体在多大的面积上产沙模数达到峰值要根据具体的情况而定。又如,

在图 2 中, 尽管都呈单峰分布的形式, 但图 2a,b,c 和 d 产沙模数达到峰值时的流域面积分别约  $2\text{km}^2$ 、 $20\text{km}^2$ 、 $2000 \sim 3000\text{km}^2$  和  $30000\text{km}^2$ 。Osterk map and Toy<sup>[18]</sup> 认为之所以亚利桑那州圣彼得河流域在流域面积为  $20\text{km}^2$  时达到产沙模数峰值, 而宾夕法尼亚州萨斯奎汉纳河流域在流域面积为  $2\text{km}^2$  时达到峰值, 是由于圣彼得河流域的降水和径流少, 径流传输损失大, 而萨斯奎汉纳河流域则相反, 从而导致产沙模数达到峰值时的流域面积不同。在黄河流域, 当流域面积为  $2000 \sim 3000\text{km}^2$  时, 河流的侵蚀产沙能量达到最大值, 使得该区产沙模数峰值出现在这一流域面积上。在加拿大哥伦比亚河 (Columbian rivers) 流域  $30000\text{km}^2$  处产沙模数峰值的存在, 是由于第四纪冰川沉积物的再次被冲刷而引起的。因此, 尽管产沙模数-流域面积关系呈现某种形式可以解释流域内泥沙的沉积与传输, 当地具体环境因素的分布也会对产沙模数-面积曲线产生很大的影响。

#### 2.4 先减小后增加的非线性关系

该种类型的产沙模数-流域面积关系的研究结果较少, 目前仅在黄河内蒙古河段, 闫云霞和许炯心<sup>[17]</sup> 对此进行了报道, 并给予了解释。他们认为, 产沙模数先随流域面积增加而减小是因为河流主要发源于基岩区, 由上游向下游河流坡度逐渐减缓, 侵蚀减弱, 因而产沙模数降低; 河流中下游出现非黄土类土, 很容易被侵蚀, 因而进入该区域后, 产沙模数随流域面积的增大而增大。

#### 2.5 无显著关系

Parker and Osterkamp<sup>[22]</sup> 对美国 24 个河流系统 (流域面积介于  $1.6 \times 10^3$  至  $1.8 \times 10^6 \text{km}^2$  之间) 的流域面积-产沙模数关系进行的研究, 并没有发现产沙模数 (变化于  $5 \sim 1480 \text{tkm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ ) 与流域面积之间存在着线性或非线性关系。他们认为, 在这个尺度上, 决定产沙能力的因素不是流域面积, 而是地质、气候、土壤、植被、土地利用和径流特征及河流的调节作用。Dedkov<sup>[23]</sup> 对俄罗斯河流的研究也表明, 流域产沙量与流域尺度的关系可以呈反比关系, 也可以呈正

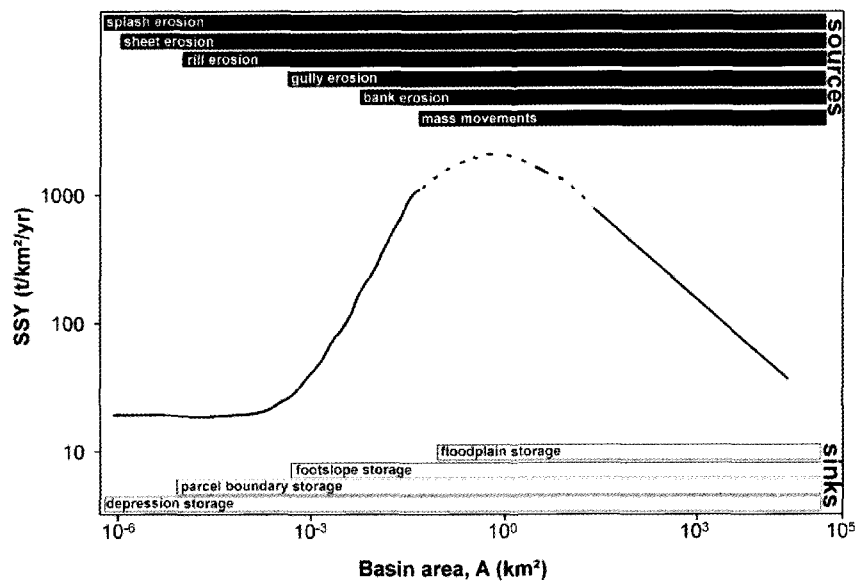


图 3 产沙模数与流域面积及侵蚀过程图

Fig.3 Sediment yield and deposition in different drainage areas

比关系, 主要取决于流域侵蚀是以河道侵蚀为主, 还是以坡面侵蚀为主。在黄河中游黄土高原地区, 卢金发和黄秀华<sup>[19]</sup> 发现, 在流域降雨、地貌、岩性和植被比较均一的情况下, 流域产沙量随着流域面积的增大而减小。但当流域由多雨区向少雨区过渡、由风沙区、土石或基岩山地为主向以黄土丘陵沟壑为主转化、流域植被由覆盖茂密向稀疏状况转化等情况出现时, 产沙模数将随流域面积增大而增大。反之流域产沙模数随流域面积增大将趋于减小。

### 3 分析

产沙模数与流域面积的上述关系是客观存在的, 之所以呈现几种不同的类型, 可能是由研究的对象及具体的环境条件引起的<sup>[24]</sup>。例如, 同样是对黄土高原地区产沙模数-流域面积的关系进行研究, Xu and Yan<sup>[10]</sup> 的研究对象是整个黄土高原, 它们之间呈现出图 2c 的类型, 而闫云霞和许炯心 (2006) 通过对黄土高原进行分区之后的研究发现, 产沙模数-流域面积呈现出多种类型 (表 1)。反过来, 当我们研究图 2 的任意一个图时, 如果所选择流域的面积在峰值之前或之后, 那么将会呈现出类型②或①的类型。研究区的具体环境条件也是影响二者关系的一个重要因素。在下垫面条件均匀的情况下, 随着流域面积的增大, 可能呈现出类型①的情况, 但当具体环境条件改变时, 例如在随着流域面积扩大

的过程中由于第四纪沉积物再次被流水重新启动<sup>[21]</sup>或者是沟道/渠道的侵蚀超过了坡面侵蚀<sup>[23,25]</sup>,或者是由于被侵蚀物质厚度增加与侵蚀能量增大<sup>[17,20]</sup>,又或者降雨及土地利用分布的不均匀<sup>[26]</sup>都会使得产沙模数随着流域面积的增加呈现类型②或③的情况;流域地形及下垫面土壤可蚀性的双重变化,使得在美国的亚利桑那州圣彼得河和宾夕法尼亚州萨斯奎汉纳河随着流域面积的增加,产沙模数呈现先增加后减小的趋势,而在黄河内蒙古河段却呈现先减小后增加的趋势;产沙模数随流域面积的这种非线性变化类型是多个因素在不同空间尺度上交互作用的结果。不难想象,如果 Dedkov<sup>[23]</sup>将俄罗斯河流流域产沙模数与流域尺度之间呈现正比和反比的所有河流流域点绘到一个图上时,很可能出现产沙模数与流域面积无关的研究结果。同样,如果卢金发和黄秀华<sup>[16]</sup>所研究的流域包含流域产沙量随着流域面积的增大而减小和产沙模数随流域面积的增大而增大且二者流域的个数相当时,产沙模数-流域面积也很可能出现类型⑤的情形。

影响流域产沙的因素可分为气候、地形、土质、植被和人类活动五大类,随着流域面积的增加,以上某个或某些因素的(复合)变化,使得产沙模数随流域面积关系变得复杂化。然而以上各个研究结果是在不同的地区开展得到的,且没有考虑到控制侵蚀和泥沙输送的过程及其联系,因而,野外得到的一些数据很难就各个因素对  $Y_s-A$  关系的影响隔离开来。数学模拟则能避免以上不足,Birkinshaw 等<sup>[20]</sup>应用 Shetran 物理模型,以意大利南部面积为 1532km<sup>2</sup> 的 Agri 流域和葡萄牙南部面积为 701km<sup>2</sup> 的 Cobres 流域为研究对象,对流域环境因素(如降雨、土地利用和泥沙来源等)对产沙模数与流域面积的关系的影响进行了模拟研究,结果表明,在土地利用一致的情况下,如果坡面是泥沙的唯一来源,随着流域面积的增加,产沙模数减小或接近恒值;如果流域上游降雨强度或降雨量大于下游地区,随流域面积的增加,产沙模数减小得更为严重;在降雨分布均匀的情况下,如果流域下游为耕地,而上游为林地,则产沙模数随流域面积的增加而增大;如果泥沙主要来源于沟道,在所有情况下,产沙模数均会随着流域面积的增加而增加。

因此,在研究产沙模数-流域面积关系时,流域的选择是产生不同研究结果的重要原因。产沙模数随流域面积变化情况比较复杂,可以说,流域面积

并不能完全决定产沙强度<sup>[10]</sup>,而要取决于流域内各个要素的交互作用。

## 4 产沙模数与流域面积关系的内涵

流域面积本身是指河流分水线所包围区域的面积,反映一个集水区的规模。然而在上述研究中,它却囊括了流域内的各个环境变量,可以说成为了一个包含流域内所有环境变量的集总性黑箱变量。产沙模数随流域面积的变化实质上是产沙模数随着流域内各种因素及其交互作用影响下的结果,而不是单纯的产沙模数与流域面积的直接关系,这一点与廖义善等人<sup>[27]</sup>的研究结果一致。同样面积的两个流域可以有相同的自然社会环境特点,也可以有不同的自然社会环境特点;不同面积的两个流域可能有相同的自然社会环境特点,也可以具有不同的自然社会环境特点。这种流域间自然社会环境的复杂性,是造成产沙模数与流域面积的关系出现各种类型的根本原因,换句话说,流域面积与产沙模数之间不可能有固定的关系类型。世界上大部分认可的负相关关系的研究区主要发生在以坡耕地为主的地区,坡面是泥沙的主要来源,从而使得产沙模数随着流域面积的增加而减小;而当沟道侵蚀占据重要位置时,产沙模数随流域面积的增加可呈现正相关关系;当研究的流域受地质地貌及人类活动等因素的影响比较复杂时,产沙模数随着流域面积的增加可呈现更为复杂的关系,如非线性关系甚至没有明显关系。

## 5 结论

产沙模数随流域面积的变化是一个复杂的过程,二者之间的关系随研究的对象和流域空间尺度范围的不同而不同。半个多世纪以来,国内外有关产沙模数随流域面积增加的变化特征,可以分为5种变化类型,即负相关关系,正相关关系,先增加后减小的非线性关系,先减小后增加的非线性关系,以及二者之间无显著关系等。因此,在研究产沙模数的空间尺度变异时,单纯地考虑流域面积是不够的,它只是空间尺度的量度,而不是产沙模数的决定性变量,二者之间没有固定的关系类型。虽然如此,流域是一个囊括各种土壤侵蚀-输送-泥沙沉积因素的统一体;在很多研究中,流域面积被当作是

影响产沙模数的综合性黑箱变量。在此要提醒的是,在探讨流域面积变化对产沙模数的影响规律时,必须对流域内影响产沙模数的各个环境变量随空间尺度的变化特征加以考虑。此外,流域空间尺度大小的选择也是影响产沙模数-流域面积关系的十分重要的因素,控制流域产沙的水文站点及水库等选择的科学性和合理性是探讨二者间关系关键。

### 参考文献

- [1] 王飞,李锐,杨勤科等.水土流失研究中尺度效应及其机理分析.水土保持学报,2003,17(2):167~180.
- [2] Renschler C S, Harbor J. Soil erosion assessment tools from point to regional scales: The role of geomorphologists in land management research and implementation. *Geomorphology*, 2002, 47: 189~209.
- [3] Walling D E. Suspended sediment and solute response characteristics of river Exe, Devon, England. In *Research in Fluvial Systems*, Davidson-Arnott R, Nickling W (ed.). Geoabstracts, Norwich, 1978, 167~197.
- [4] Schumm S A. *The Fluvial System*. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, 1977.
- [5] Brune G M. Sediment records in Midwestern United States. *International Association of Scientific Hydrology: Wallingford*, 1951, 29~38.
- [6] Dendy F E, Bolton G C. Sediment yield-runoff-drainage area relationships in the United States. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1976, 31: 264~266.
- [7] Milliman J D, Syvitski J P M. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *Journal of Geology*, 1992, 100: 525~544.
- [8] Summerfield M A, Hulton N J. Natural controls of fluvial denudation rates in major world drainage basins. *Journal of Geophysical Research*, 1994, 99: 871~883.
- [9] Einsele G, Hinderer M. Terrestrial sediment yield and the lifetimes of reservoirs, lakes, and larger basins. *Geologische Rundschau*, 1997, 86: 288~310.
- [10] Lane J L, Hernandez M, Nichols M. Processes controlling sediment yield from watersheds as functions of spatial scale. *Environmental Modeling and Software*, 1997, 12: 355~369.
- [11] Xu J X, Yan Y X. Scale effects on specific sediment yield in the Yellow River Basin and geomorphological explanations. *Journal of Hydrology*, 2005, 307: 219~232.
- [12] Owens P, Slaymaker O. Late Holocene sediment yields in small alpine and subalpine drainage basins, British Columbia. *International Association of Hydrological Sciences Special Publication*, 1992, 209: 147~154.
- [13] Rondeau B, Cossa D, Gagnon P et al. Budget and sources of suspended sediment transported in the St. Lawrence River, Canada. *Hydrological Processes*, 2000, 14: 21~36.
- [14] Krishnaswamy J, Richter D D, Halpin P N et al. Spatial patterns of suspended sediment yields in a humid tropical watershed in Costa Rica. *Hydrological Processes*, 2001, 15: 2235~2257.
- [15] de Vente J, Poesen J, Bazzoffi P et al. Predicting catchment sediment yield in Mediterranean environments: The importance of sediment source and connectivity in Italian drainage basins. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2006, 31: 1017~1034.
- [16] 卢金发,黄秀华.黄河中游流域地貌形态对流域产沙量的影响.地理研究,2002,21(2):171~178.
- [17] 闫云霞,许炯心.黄土高原地区侵蚀产沙的尺度效应研究初探.中国科学(D地球科学),2006,36:1~10.
- [18] Osterkamp W R, Toy T J. Geomorphic considerations for erosion prediction. *Environmental Geology*, 1995, 29: 152~157.
- [19] de Vente J, Poesen J. Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale. Scale issues and semiquantitative models. *Earth-Science Reviews*, 2005, 71: 95~125.
- [20] Xu J X, Yan Y X. Scale effects on specific sediment yield in the Yellow River basin and geomorphological explanations. *Journal of Hydrology*, 2005, 307: 219~232.
- [21] Church M, Slaymaker H O. Disequilibrium of Holocene sediment yield in glaciated British Columbia. *Nature*, 1989, 337: 452~454.
- [22] Paker R S, Osterkamp W R. Identifying trends in sediment discharge from alterations in upstream land use. In: Osterkamp W R. *Effects of Scale on Interpretation and Management of Sediment and Water Quality*, Proc. of a Boulder Symposium, July 1995, IAHS Pub. No.226, 1995, 207~213.
- [23] Dedkov A P. The relationship between sediment yield and drainage basin area. In: Golosov V, Belyaev V, Walling D E (eds.). *Sediment Transfer through the Fluvial System*. IAHS Publication, 2004, 197~204.
- [24] Walling D E, Webb B W. Erosion and sediment yield: A global overview. In: Walling D E, Webb B W (eds.). *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives*. International Association of Hydrological Sciences Special Publication, 1996, 236: 3~19.
- [25] Church M, Ham D, Hassan M et al. Fluvial clastic sediment yield in Canada: Scaled analysis. *Canadian Journal*

- of Earth Sciences, 1999, 36: 1267~1280.
- [26] Birkinshaw S J, Bathurst J C. Model study of the relationship between sediment yield and river basin area. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2006, 31: 750~761.
- [27] 廖义善,蔡强国,秦奋等. 基于DEM黄土丘陵沟壑区不同尺度流域地貌现状及侵蚀产沙趋势. *山地学报*, 2008, 26(3): 347~355.

## A Review of the Relationship Between Specific Sediment Yield and Drainage Area

FANG Haiyan<sup>1</sup>, CAI Qianguo<sup>1</sup>, LI Qiu Yan<sup>2</sup>

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Yantai Institute of Coastal Zone Research for Sustainable Development, CAS, Yantai 264003, China)

**Abstract:** Drainage area ( $A$ ) is a lumped variable as all the environmental variables are involved within it, and specific sediment yield ( $Y_s$ ) is an index of soil erosion intensity of some drainage basin. Since the 1950s, study on the relationships between drainage area and specific sediment yield has attracted attention at home and abroad, and more and more work about  $Y_s$ - $A$  relationships has been conducted in recent years. Under this condition, the achievements of  $Y_s$ - $A$  relationships were summarized and analyzed in this paper, and then 5 types of  $Y_s$ - $A$  relationships were identified, including the direct, the reverse, the firstly increased and then decreased, the firstly decreased and then increased, and no specific relations, followed by reasonable explanations of the 5-typed relationships. The essential reason for the specific sediment yield changes with drainage area was pointed out that it is just the response to functions of the environmental variables in river basins, and there is no essential relationship between specific sediment yield and drainage area. It could be extended that all the possibilities could occur with the increase of the drainage area for the specific sediment yield if variables influencing soil erosion and sediment transport were changed for a certain river basin.

**Key words:** specific sediment yield; drainage area; type