

小流域泥沙来源的 ^{226}Ra 分析法*

李 少 龙

(四川省成都市国土局国土开发整治服务中心 成都 610015)

苏 春 江

白立新 吴丽平 徐家云

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

(四川联合大学核物理实验室 成都 610041)

提 要 利用泥沙自身携带的核信息,定量研究黄土高原晋陕蒙接壤区泥沙侵蚀量及其来源组成。结论为该地区侵蚀泥沙主要来自基岩,其量占侵蚀泥沙总量的55.0—76.5%。

关键词 核信息 黄土高原 泥沙 泥沙来源组成

利用泥沙颗粒自身携带的核信息,对黄土高原泥沙的侵蚀量及其来源组成进行定量研究的方法和结果。在黄土高原地区,由于表层堆积黄土和原生基岩的形成年代不同,其携带的核元素的放射强度也不同。用自然界泥沙中比较稳定的 ^{226}Ra 作为标识物,首先测得堆积黄土的 ^{226}Ra 强度及原生基岩的 ^{226}Ra 强度,再在下游某地区取淤积泥沙,测其 ^{226}Ra 强度。用公式

$$AX + BY = C, \quad (1)$$

$$X + Y = 1, \quad (2)$$

式中 A 为堆积黄土的 ^{226}Ra 强度; B 为基岩的 ^{226}Ra 强度; C 为淤积泥沙样品的 ^{226}Ra 强度(实测); X 为堆积黄土侵蚀量; Y 为基岩侵蚀量。

解方程式(1,2)即得出黄土高原泥沙侵蚀量的来源组成。在皇甫川大塔沟的研究表明,这种利用核物理和地理相结合研究黄土高原泥沙侵蚀来源组成的方法可靠、准确、快速、简便、经济。很好地解决了黄土高原易侵蚀基岩地区的泥沙来源问题。

1 基岩产沙及其研究现状

黄河中游晋陕蒙接壤地区,广泛分布着中生代三迭系陆相碎屑沉积岩(当地俗称砒沙岩),皇甫川流域系较典型的地区之一。由于碎屑沉积岩成岩性差,结构松散,因受干冷气候的影响,机械风化、剥落极为强烈,基岩侵蚀产沙是流域泥沙的主要来源之一^[1]。

由于碎屑沉积岩和黄土的矿物、化学成分较为复杂,碎屑沉积岩结构松散等原因,常用的岩性统计法、化学元素分析法、级配分析法、 ^{137}Cs 法等均受到制约,故地区的泥沙来源问题,目前仍是亟待解决的问题^[2-4]。研究、解决该地区的泥沙来源问题,对于改善该

* 国家自然科学基金资助项目(项目编号:49101013)。

汪阳春同志参加了前期工作,张建平同志参加了野外工作,整个研究工作得到张信宝研究员、杜榕恒研究员的悉心指导。在此一并致谢!

本文收稿日期:1994-12-27,改回日期:1995-06-28。

地区的生态环境、制定保土方案等诸方面问题都具有重要的理论和实际意义,同时也可作为类似地区、类似问题提供一种有效手段.

2 方法及原理

根据目前已有的研究,黄土高原形成的风成说已得到公认,黄土高原的黄土系由其来源地经机械、化学风化,搬运、沉积而形成的. 黄土及其下伏基岩在地域、岩性、形成年代等方面将有一定的差异,并导致黄土和下伏基岩的微量天然放射性元素含量的差异,利用这种差异,可以很好地研究流域的泥沙来源.

3 测试与测试系统

已知的较重要的天然放射性核素,主要有²³⁵U, ²³²Th, ²²⁶Ra 和 ⁴⁰K. ²³⁵U 和 ⁴⁰K 的标识 γ 射线的能量分别为 93Kev 和 1460Kev. 在²³²Th 的衰变系中,相对于²³²Th 没有特别长半衰期的子体核素,故²³²Th 及其子体处于久期平衡状态,因此我们可以通过测定与之平衡的子体²¹²Pb(238Kev), ²⁰⁸Tl(583Kev)和²²⁸Ac(911Kev)的含量来确定样品的²³²Th 含量. 至于²²⁶Ra,因其子体²²²Rn 是气体,氡气容易溢出,但其半衰期仅 3. 8d,为保证²²⁶Ra 和²²²Rn 及其以后的子体核素处于放射性久期平衡状态,样品制备完后密封并放置 15 天后再行测试,通过测定和²²⁶Ra 处于久期平衡的子体²¹⁴Pb(352Kev), ²¹⁴Bi(609 和 1675Kev),可以准确地确定样品的²²⁶Ra 含量.

样品封装于直径 80mm 高 75mm 的塑料园柱盒内. U-Ra, Th 的标准样品由已知活度的镭铀平衡粉末、钍粉末和 25m 深的黄土混合制成. 采用测试系统为高分辨低本底高纯锗 γ 谱仪,由美国 CANBERRA 公司生产的 GC4020 型同轴高纯锗探测器、NUCLEUS 生产的 PCA-4000 多道接口和国产 386 微型计算机组成. 该谱仪对⁶⁰Co 的 1. 33Mev γ 峰的半高宽为 2Kev,峰康比为 57. 3 : 1,道漂小于道/月.

4 分析实例

1992年在皇甫川流域的大塔沟,采用天然放射性分析法,开展了小流域泥沙来源的研究工作.

大塔沟位于皇甫川下游的皇甫川乡,距皇甫约 1km,流域面积约 2km²,流域最高点海拔 1 053. 5m,相对高差约 150m,该地区多年平均降雨量为 441. 4mm,降雨集中且多暴雨,6—9 月降雨约占全年降雨量的 70%. 流域内基岩裸露,基岩面积约占流域面积的 51%,其中碎屑沉积岩约占 23%,泥岩约占 28%. 该小流域在距沟口约

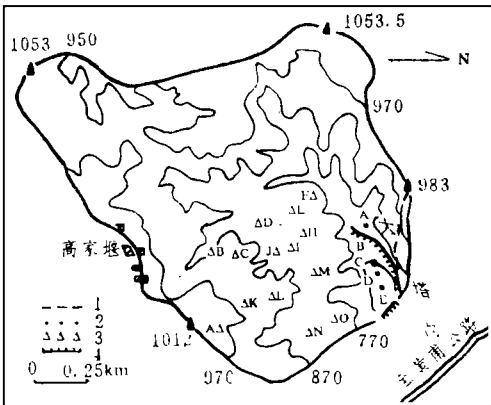


图 1 大塔沟线采样位置图
Fig. 1 The sample location of Data Basin
1. 基岩样点(33 个); 2. 淤积泥沙样点(探坑);
3. 黄土样点; 4. 拦沙坝、淤地坝

100m 建有一淤地坝,该坝始建于 1958 年,70 年代有所加高,并于 1988 年在西北侧开挖了一条泄流沟。

在该小流域内采集了黄土、基岩、淤积泥沙样品,取样位置(图 1)。样品风干后测试结果(表 1)。根据上述测试结果和核素的特性,²²⁶Ra 稳定宜作为标识物,并计算淤积泥沙的来源,用式 1 和式 2 计算。A,B,C 分别为黄土、基岩和淤积泥沙样品²²⁶Ra 的含量,X,Y 分别为黄土和基岩的侵蚀量(%),计算结果(表 2)。

表 1 大塔沟流域泥沙的天然放射性核素含量测试结果(Bq/Ka)
Table 1 The measured results of natural radiation element contents in the sediment of Data Basin

核素	²³⁵ U		²³² Th		²²⁶ Ra		⁴⁰ K		样品数量	探坑深度 (m)
	全距	平均	全距	平均	全距	平均	全距	平均		
黄土	0—37.33	19.5±8.9	35.6—53.3	44.7±3.2	19.9—28.2	24.0±0.7	491.3—628.7	549.2±31.2	13	
基岩	0—37.56	15.9±8.6	16.8—61.0	34.6±10.7	5.9—19.0	13.3±0.6	329.9—868.1	693.2±90.0	33	
探坑 A	6.07—24.96	16.5±6.3	31.7—47.8	43.1±2.8	14.3—16.9	15.8±0.8	603.6—755.6	668.9±45.4	10	1.95
探坑 B	1.16—22.37	11.5±7.4	40.8—56.3	48.7±4.8	16.2—18.7	17.6±0.9	607.7—762.6	704.4±51.8	10	1.70
探坑 C	3.05—36.48	14.8±8.8	38.9—50.4	44.7±4.3	16.9—20.6	18.1±1.0	641.0—925.4	720.7±61.3	18	2.00
探坑 D	1.66—24.89	16.4±7.3	35.5—49.1	41.7±3.6	16.7—19.6	17.8±0.9	662.3—793.1	720.3±44.5	15	2.00
探坑 E	5.83—32.33	16.4±6.5	36.8—51.7	41.6±4.4	14.7—19.1	17.3±1.1	612.8—793.7	709.2±56.3	15	2.00

研究结果表明,黄埔川大塔沟侵蚀泥沙主要来自基岩,其泥沙来量占总泥沙量的 55.0—76.5%,这一结果和实际情况是相符的,基岩侵蚀泥沙量的变化反应淤地坝内不同地点流水作用不同,因而淤积状态不同,造成不同点泥沙来源组成不同。这一结论为黄土高原水土流失整治方案的制定提供了重要的依据。

表 2 大塔沟流域泥沙来源测试结果(%)
Table 2 The results of sediment source compition of Data Basin

探点	基岩	黄土
A	76.6	23.4
B	60.0	40.0
C	55.0	45.0
D	58.0	42.0
E	62.6	37.4

5 讨 论

利用泥沙颗粒自身携带的核信息和现代核分析技术,来定量研究泥沙来源问题,是一种有益的尝试,初步的研究表明,该方法避免了其它方法的不足,如张平仓同志等的级配分析法^[4],其理论基础建立在流域泥沙侵蚀全部由河口输出,即输移比为 1,和泥沙在河道中完全处于悬浮状态,没有摩擦造成泥沙粒径变化,这和实际情况不相符。岩矿分析法^[2]只能用于推移质的研究,而¹³⁷Cs 法^[3]则只能用于研究泥沙的粘粒部分。该方法还有快速、简便、经济等优点,可以很好地解决黄土高原易侵蚀基岩地区的泥沙来源问题。如在河道中连续取样,该方法还可以用于研究黄土产生的泥沙和基岩产生的泥沙在河道中的运移规律。目前的研究仍处于探索阶段,不少理论和实际问题有待进一步深入的研究。

参 考 文 献

[1] 倪绍祥. 陕晋蒙交界地带坡砂岩丘陵区的侵蚀及其治理. 南京大学学报,1992,(3):459—466.
[2] 量计算的方法——岩矿分析法. 中国地理学会 1977 年地貌学术讨论会文

集. 北京: 科学出版社, 1981. 353—361.

[3] 张信宝. 河流细粒泥沙来源和数量计算的一种方法——化学元素统计法. 人民黄河, 1988, (5), 24—27.

[4] 张平仓, 唐克丽, 郑粉丽等. 皇甫川流域泥沙来源及其数量分析. 水土保持学报, 1990, (4), 29—36.

²²⁶RA ANALYSIS METHOD OF SEDIMENT SOURCE COMPOSITION IN A SMALL BASIN

Li Shaolong

(The Center of Territory Development, Treatment and Service,
Chengdu Bureau of Territory Chengdu 610015)

Su Chunjiang

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences
& Ministry of Water Conservancy Chengdu 610041)

Bai Lixin Wu Liping Xu Jiayun

(Laboratory of Nuclear Physics, Sichuan United University Chengdu 610041)

Abstract

A new research method and its results about how to use the nuclear information carried by the sediment to calculate the source composition of the soil loss in loess plateau are described. In loess plateau the origin and age of the surface loess are different from the basic rock. They carry different radiation intensities. With this principle how many soil in the sediments are from the surface loess and basic rock are calculated. Comparing several nuclear elements, the ²²⁶Ra is selected as a indicator. First, the radiation intensities *A* and *B* of the original surface loess and basic rock are measured; second, the radiation intensity *C* of the sediment sample taken at the lower reaches of the watershed is measured. Solving the following formulae;

$$AC + BY = C, \quad (1)$$

$$X + Y = 1, \quad (2)$$

the composition *X* and *Y* from the surface loess and basic rock in the sediment are obtained.

The research example in Data Basin of Huangpu Valley in loess plateau shows that this method of combining the nuclear physics and geography to study the soil loss composition from surface loess and basic rock in the sediment from the original erosion place is reliable, exact, quick, simple and economical.

The problem of the surface loess and basic rock composition in the eroded sediment in loess plateau where the basic rock is easily erosive is properly solved with this method.

Key words nuclear information, loess plateau, sediment, sediment source composition