

典型淤地坝坝控流域水土保持措施的合理性分析

魏霞, 李勋贵, 李耀军

(兰州大学 资源环境学院, 甘肃 兰州 730000)

摘要: [目的] 分析淤地坝坝控流域水土保持措施的合理性, 为黄土高原的淤地坝建设与规划提供科学指导。[方法] 对黄土丘陵沟壑区第一副区两座典型淤地坝进行分层土样采集, 通过室内试验用常规方法对土样的颗粒组成进行了分析计算, 在此基础上, 利用分形理论, 计算了分层土样颗粒组成的分形维数, 分析了两座淤地坝坝地分层淤积物颗粒组成与其分形维数随淤积年限的变化趋势。[结果] 两座典型淤地坝坝地颗粒组成的分形维数随淤积年限的增大都呈现逐渐减小的趋势。[结论] 该典型淤地坝坝控流域不同土地利用类型表层或者更深层的土壤存在沙化趋势, 淤积年限内坝控流域水土保持措施配置不合理。

关键词: 典型淤地坝; 坝控流域; 颗粒组成; 分形理论; 合理性分析

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)03-0012-06

中图分类号: S157

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.03.010

Rationality Analysis of Soil and Water Conservation Measures in Basin System Controlled by Typical Check Dams

WEI Xia, LI Xungui, LI Yaojun

(College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: [Objective] To analyze the rationality of soil and water conservation measures in order to provide a scientific guidance in basin system controlled by typical check dam. [Methods] Two typical check dams were selected, soil sample were collected, grain composition and fractal dimension were calculated, and the fractal dimension trends with the deposition years were analyzed by combining field tests and laboratory tests. [Results] The fractal dimension decreased with the depositing years increasing for the two typical check dams. [Conclusion] There existed desertification in surface or more deep soil of the basin systems controlled by two typical check dams, which showed that the configuration of soil and water conservation measures were unreasonable in the basin system controlled by two typical check dams.

Keywords: typical check dam; basin system controlled by check dams; grain composition; fractal theory; rationality analysis

土壤侵蚀是世界性的重大环境问题, 强烈的水土流失是导致生态环境恶化, 土地资源退化乃至彻底破坏的重要原因, 严重制约了土地生产潜力的发挥, 影响当地工农业生产和人民的生活, 与当前世界可持续发展的理念相违背^[1-3]。以小流域为单元进行综合治理, 已成为当今世界各国治理水土流失、提高流域可持续发展能力的主要形式^[4-6]。中国的黄土高原是世界上水土流失最为严重的地区之一, 地形破碎, 沟壑纵横, 陡坡侵蚀、沟道侵蚀独特而严重^[7-9], 单靠坡面水土保持措施很难在短时间内改观当地严重的土壤侵蚀状况, 所以小流域综合治理在中国黄土高原地区

也被广泛的应用。小流域综合治理的目标是发挥最大的生态、社会和经济效益, 但由于缺乏权威和标准的综合治理效益评价方法, 使得小流域综合治理评价结果存在很大的不确定性。以至于许多研究者和技术人员认为, 传统的水土保持综合治理项目评价指标体系和方法, 不能全面反映小流域综合治理对流域生态系统和社会经济的深远影响。针对这种情况, 本文利用修建在各级沟道中以拦泥淤地为目的的淤地坝^[10-13]所控制的面积——坝控流域, 可视为一个综合治理的小单元, 由于淤地坝坝地沉积泥沙记载着建坝后淤积年限内的土壤侵蚀环境变化历史, 可以判测坝

收稿日期: 2014-03-26

修回日期: 2014-04-23

资助项目: 国家自然科学基金项目“典型淤地坝淤积过程辨识及其主要影响因素研究”(41001154), “复杂环境下径河流域汛期难控制利用洪水临界效应研究”(51109103); 中国博士后科学基金项目“基于坝地分层淤积信息的淤积过程与坝控流域坡沟侵蚀产沙的响应研究”(20110490862)

第一作者: 魏霞(1980—), 女(汉族), 陕西省扶风县人, 博士后, 副教授, 主要从事土壤侵蚀与水土保持、水文学及水资源等方面的研究。
E-mail: weix@lzu.edu.cn.

控流域的侵蚀、产沙和侵蚀环境的变化,尤其是典型淤地坝^[14-15],即“闷葫芦”坝,坝地淤积物全部来自坝控流域不同土地利用类型表层或者更深层的土壤,因此典型淤地坝坝地淤积物所提供的分层淤积信息可以反映出坝控流域的水土流失情况^[14-17],对分析区域土壤侵蚀变化状况具有重要意义。同时,已有研究认为土壤是一种具有分形特征的分散多孔介质,土壤分形维数是反映土壤结构几何形状的参数^[18],在维数上表现出黏粒含量越高,质地越细,分形维数越高,沙粒含量越高,分形维数越小的特征^[19-21]。土壤粒径的分形维数能客观地反映退化土壤结构状况和退化程度,作为退化土壤结构评价的一项综合性指标^[21-22]。鉴于此,本文采用野外试验与室内试验相结合的方法,结合分形理论,计算了分层淤积土样的分形维数,并分析了分形维数随淤积年限的变化趋势,对典型淤地坝淤积年限内坝控流域是否存在沙化趋势进行探讨,对典型淤地坝坝控流域已有水土保持措施的合理性给予评价。研究结果对黄土高原大规模的淤地坝建设与规划可提供重要科学依据和实践指导,对改善黄土高原的生态环境和实现该区的可持续发展具有重要意义。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

本研究所选的两座典型淤地坝为小河沟流域石畔峁淤地坝和王茂沟流域关帝沟 3 号淤地坝。小河沟流域和王茂沟流域均为黄土丘陵沟壑区第 I 副区,两个流域的具体概况如下:小河沟流域位于陕西省榆林市子洲县南部,地理坐标介于东经 109°47′42″—109°65′61″,北纬 37°36′17″—37°43′34″,属于无定河一级支流大理河的一级支流,流域面积 63.5 km²,相对高差 328 m。流域地形支离破碎,梁窄坡陡,梁峁起伏,沟壑纵横,平均沟壑密度为 3.6 km/km²。流域多年平均降水量为 421 mm,多年平均侵蚀模数为 15 000 t/(km²·a⁻¹),年均输沙量 9.225×10⁵ t。流域土壤主要为黄绵土、粉质壤土、红胶土和淤积土,其中以黄绵土为主,约占流域总面积的 70%左右。流域降水特点为年际变化大,年内分布不均,且多以暴雨形式出现^[23]。王茂沟流域是陕北绥德县韭园沟中游左岸的一条支沟,是无定河的一条二级支沟,位于东经 110°20′26″—110°22′46″,北纬 37°34′13″—37°36′03″,海拔高度 940~1 188 m,流域面积 5.97 km²。流域内地质构造比较单一,表层多被质地匀细、组织疏松的黄绵土覆盖,厚度 20~30 m。在长期水土流失影响下,地面受到严重切割,表现为支离破碎、梁峁起伏、沟壑纵横,沟壑密度 4.3 km/km²。雨量少而

分布不均,多暴雨,多年平均年降水量为 513 mm,汛期(6—9 月)降水一般占年降水总量的 70%以上,水土流失严重,一次暴雨产沙量往往可占全年总产沙量的 60%以上。

1.2 研究方法

土样的采集采用挖剖面方法,在采样时,考虑到沙粒沉积的先后顺序,要保证每个淤积层内不同高度的泥沙样均要取到,以保证该样品的理化指标能够代表该淤积层淤积泥沙的理化指标。分层土样土壤颗粒级配采取筛分法(干筛),吸管法和比重计法相结合的方法来求取。对粒径较粗的土粒,采用干筛法进行,对于粒径较细的土粒,采用吸管法和比重计法相结合进行测定。在采用比重计法时,由于在实际测定中,当比重计浸入悬液中,此时读取的有效沉降深度要比实际的沉降深度要偏大,另外,比重计的读数原以弯液面的下缘为准,但在实际操作中,由于悬液浑浊不清只能用弯液面上缘的读数,因此在运用比重计法之前必须对土粒有效沉降深度、刻度及弯液面进行校正。同时还需要对温度、土粒比重进行校正,对于温度和土粒比重的校正比较简单,可由相应的校正表查的。对于土粒有效沉降深度、刻度及弯液面的校正严格按照南京土壤研究所的《土壤物理性质测定方法》进行。土壤颗粒分形维数的计算应用杨培岭等^[20,23]提出的用粒径的重量分布表征的土壤分形模型来求解。土壤颗粒的重量分布与平均粒径间的分形关系式为:

$$(\bar{R}_i/\bar{R}_{\max})^{3-D} = M(r < \bar{R}_i)/M_0 \quad (1)$$

式中: \bar{R}_i ——两筛分粒级 R_i 与 R_{i+1} 间粒径的平均值(mm); \bar{R}_{\max} ——最大粒级土粒的平均直径(mm); $M(r < \bar{R}_i)$ ——小于 \bar{R}_i 的累积土粒质量(g); M_0 ——土壤各粒级质量的总和(g)。由(1)可知式中各土壤颗粒的粒径及小于某一粒径土壤重量可通过土壤的机械分析确定,然后分别以 $\lg(M_i/M_0)$, $\lg(\bar{R}_i/\bar{R}_{\max})$ 为纵、横坐标,3-D 为线性拟合方程的斜率,D 为土壤颗粒分形维数。

2 结果与分析

2.1 小河沟流域石畔峁坝分层淤积土样颗粒组成的分形维数随淤积年限的变化

石畔峁坝位于陕西省子洲县小河沟流域,于 1972 年建成,1980 年在一场大暴雨中被冲垮,石畔峁坝共有 22 个淤积层,由于坝地淤积物的最上面一层已被当农田耕作,所以为了提高分析的精度,剔除最顶层的一个淤积层,即分析时只考虑下面的 21 个淤积层。各淤积层的颗粒分析结果见表 1。由表 1 可

知,该典型淤地坝的坝地分层淤积物的粒径主要分布在 25~100 μm 。由土壤颗粒分级标准可知,该典型坝地控流域土壤颗粒主要介于细砂粒和粗粉粒之间。根据土壤分散系数的定义——微团聚分析的黏粒(小于 0.001 mm 颗粒)与颗粒分析的黏粒数的百分比,利用表 1 中的实测数据,计算出各淤积层土壤的分散系数(表 1)。并在此基础上建立了微团聚含量(小于 0.001 mm 颗粒)与土壤分散系数的关系,拟合关系

式为对数函数形式,具体方程如下:

$$y=0.2945 \ln x+0.6001 \quad (R^2=0.3755) \quad (2)$$

式中: y ——土壤分散系数(%); x ——微团粒的含量(%); R^2 ——决定系数。由关系式可知,随着土壤微团聚体含量的增加,土壤的分散系数呈对数函数递增。但由于本文未对土壤的孔隙度、土壤团聚体的水稳性进行测试,所以,此关系的可靠性是以土壤颗粒级配的测定为前提的。

表 1 石畔峁坝各淤积层土壤颗粒级分布及土壤颗粒的分形维数

淤积层号	不同粒级土壤颗粒含量/%										分形维数	决定系数	分散系数
	<1.0 mm	<0.5 mm	<0.25 mm	<100 μm	<50 μm	<25 μm	<10 μm	<5 μm	<2.5 μm	<1.0 μm			
1	100	100	99.96	95.73	61.46	26.63	3.01	2	1.73	1.37	2.134	0.90	0.685
2	100	100	99.93	93.55	78.54	36.56	3.27	2	1.73	1.57	2.143	0.87	0.785
3	100	100	99.90	95.97	77.79	29.49	3.60	2.36	1.88	1.77	2.167	0.88	0.750
4	100	100	99.93	87.41	56.95	29.88	2.66	1.92	1.65	1.50	2.139	0.89	0.781
5	100	100	99.83	96.66	67.89	26.25	3.86	2.34	1.97	1.78	2.175	0.89	0.761
6	100	100	99.87	97.98	69.55	29.60	3.80	2.43	1.80	1.72	2.166	0.89	0.708
7	100	100	99.98	91.86	70.44	39.77	3.02	2.25	1.80	1.72	2.159	0.87	0.764
8	100	100	99.99	90.56	49.14	30.45	3.11	2.18	1.68	1.38	2.144	0.90	0.633
9	100	100	99.98	90.94	72.43	45.82	3.43	2.10	1.77	1.53	2.147	0.87	0.729
10	100	100	99.99	87.19	58.61	33.01	3.13	1.96	1.61	1.55	2.144	0.89	0.791
11	100	100	100.00	95.07	40.46	27.71	4.47	2.43	2.15	1.69	2.111	0.93	0.695
12	100	100	99.84	88.42	60.60	34.72	3.31	2.04	1.81	1.61	2.157	0.88	0.789
13	100	100	100.00	94.36	76.81	46.83	4.27	2.37	1.84	1.33	2.033	0.90	0.561
14	100	100	99.96	86.37	60.58	41.02	3.40	1.95	1.71	1.54	2.149	0.88	0.790
15	100	100	99.84	93.50	82.81	56.89	3.78	2.48	1.98	1.93	2.180	0.84	0.778
16	100	100	99.94	89.94	70.25	44.94	3.70	2.08	1.91	1.85	2.171	0.86	0.889
17	100	100	99.97	93.30	76.81	65.32	3.66	2.29	2.01	1.80	2.172	0.84	0.786
18	100	100	100.00	96.14	63.68	26.75	5.79	2.53	2.09	1.87	2.106	0.93	0.739
19	100	100	99.90	75.30	51.34	45.06	2.46	1.65	1.62	1.16	2.115	0.87	0.703
20	100	100	100.00	96.83	79.91	70.89	4.54	2.63	2.22	1.78	2.073	0.86	0.677
21	100	100	99.97	97.63	77.41	38.44	4.42	2.71	2.45	2.37	2.219	0.87	0.875

土壤被认为是一种具有分形特征的分散多孔介质,土壤分形维数是反映土壤结构几何形体的参数。运用回归分析法,计算出土壤颗粒的分形维数,回归分析所得相关系数均在 0.84 以上,线性相关极显著(表 1)。由表 1 可知,该典型淤地坝坝地分层淤积物的分形维数在 2.033~2.219。为了进一步分析淤积年限内分形维数随淤积年份的变化趋势,根据石畔峁坝的淤积层与次侵蚀性降雨的分析结果^[23],做出淤积年限内石畔峁坝各淤积层分形维数随淤积年份的变化关系见表 2。依据表 2 绘制出石畔峁坝分形维数随淤积年份的变化图(图 1)。由图 1 可知,该典型淤地坝在淤积年限内随着淤积年份的增大分形维数呈现出递减趋势,经添加趋势线后,发现拟合曲线满足线

性关系,决定系数为 0.7089。可见随着淤积年限的增大,该典型淤地坝坝地分层淤积土样的分形维数逐渐减小,根据土壤粒径分形的物理意义^[19-22]可知,坝地分层淤积土样中沙粒含量增大,粉粒和黏粒减小,表明坝地控流域淤积年限内的土壤颗粒级配变粗。究其原因可能是:(1)坝地控流域内下垫面改变,包括不同土地利用类型面积的改变或者不同水土保持措施配置比例的改变;(2)坝地控流域内小气候的改变,包括气温、日较差、空气湿度、土壤湿度、风速风向、太阳辐射等的改变;这些因素都有可能诱发土壤物理性质发生微小的变化,进而改变土壤的颗粒级配。但由于淤积年限比较短,所以坝地控流域内的小气候因素对土壤物理性质的影响可以忽略,因此,结果表明:该典型

淤地坝坝控流域不同土地利用类型表层或者更深层的土壤存在沙化趋势,淤积年限内坝控流域水土保持措施配置不合理。

表 2 石畔峁坝各淤积层分形维数随淤积年份的变化

淤积年份	淤积层	分形维数	决定系数
1972	1	2.205	0.89
1973	2,3	2.203	0.85
1974	4,5	2.162	0.90
1975	6	2.172	0.84
1976	7,8,9	2.167	0.86
1977	10,11,12,13,14	2.158	0.89
1978	15,16,17,18,19	2.161	0.89
1979	20,21	2.156	0.88

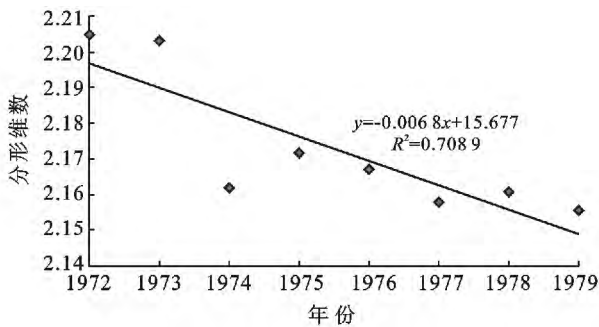


图 1 石畔峁坝分形维数随淤积年份的变化趋势

同时,根据收集到的石畔峁坝坝控流域土地利用类型资料(表 3)可知,石畔峁坝坝控流域土地利用结构中耕地面积最大,为 218 hm²,占到土地利用面积的 39.6%,以下依次为林地、未利用荒地、梯田和草地,分别占到 32.73%,20.91%,5.09%,1.64%。根据实测资料,石畔峁坝坝控流域内 1972—1979 年时间段内多年平均侵蚀产沙量为 46 761 t/a,多年平均侵蚀模数为 8 502 t/(km²·a),达到了极强度侵蚀标准。黄土高原多年平均侵蚀模数为 3 928 t/(km²·a),而黄河流域水土流失最严重的河龙区间(黄河中游河口镇至龙门区间)的多年平均侵蚀模数也小于 5 000 t/(km²·a)^[24],都远小于石畔峁坝坝控流域内的多年平均侵蚀模数。这也进一步说明了石畔峁坝坝控流域内不合理的土地利用方式使得流域的土壤侵蚀强度增加幅度之大,分析结果与以上根据坝地淤积物颗粒的分形维数分析的结果一致,即该典型淤地坝坝控流域内的水土保持措施的配置不合理。

表 3 石畔峁坝坝控流域土地利用结构

项目	耕地	林地	草地	梯田	未利用荒地	合计
面积/hm ²	218	180	9	28	115	550
比例/%	39.63	32.73	1.64	5.09	20.91	100

2.2 王茂沟流域关帝沟 3 号坝分层淤积土样颗粒组成的分形维数随淤积年限的变化

关帝沟 3 号坝位于陕西省绥德县王茂沟流域,于 1959 年建成,1987 年在一场大暴雨中被冲垮,共有 31 个淤积层,同理,为了减少淤积物顶层认为耕作的影响,剔除最顶层的一个淤积层,即分析时只考虑下面的 30 个淤积层。各淤积层的颗粒分析结果见表 4,由表 4 可知,该典型淤地坝的坝地分层淤积物的粒径主要分布在 25~100 μm。由土壤颗粒分级标准可知,该典型坝坝控流域土壤颗粒主要介于细砂粒和粗粉粒之间。根据土壤分散系数的定义——微团聚分析的黏粒(小于 0.001 mm 颗粒)与颗粒分析的黏粒数的百分比,利用表 1 中的实测数据,计算出各淤积层土壤的分散系数(表 1)。并在此基础上建立了微团聚含量(小于 0.001 mm 颗粒)与土壤分散系数的关系,拟合关系式为对数函数形式,具体方程如下:

$$y = 0.0813 \ln x + 0.672 \quad (R^2 = 0.7994) \quad (3)$$

式中: y ——土壤分散系数(%); x ——微团粒的含量(%); R^2 ——决定系数。由关系式(3)可知,随着土壤微团聚体含量的增加,土壤的分散系数呈对数函数递增。但由于本文未对土壤的孔隙度、土壤团聚体的水稳性进行测试,所以,此关系的可靠性是以土壤颗粒级配的测定为前提的。

运用回归分析法,计算出土壤颗粒的分形维数,回归分析所得相关系数均在 0.66 以上,线性相关显著,结果见表 4。土壤被认为是一种具有分形特征的分散多孔介质,土壤分形维数是反映土壤结构几何形体的参数。由表 4 可知,该典型淤地坝坝地分层淤积物的分形维数在 2.661~2.703。为了进一步分析淤积年限内分形维数随淤积年份的变化趋势,根据关帝沟 3 号坝的淤积层与次侵蚀性降雨的分析结果^[25],做出淤积年限内关帝沟 3 号坝各淤积层分形维数随淤积年份的变化表见表 5。根据表 5 绘制出关帝沟 3 号坝分形维数随淤积年份的变化图(图 2)。由图 2 可知,该典型淤地坝在淤积年限内随着淤积年份的增大呈现出递减趋势,经添加趋势线后,发现拟合曲线满足线性关系,决定系数为 0.3705。可见随着淤积年限的增大,该典型淤地坝坝地分层淤积土样的分形维数逐渐减小,表明坝控流域淤积年限内的土壤颗粒级配变粗。究其原因,基本与 2.1 小河沟流域石畔峁坝分层淤积土样颗粒组成的分形维数随淤积年限的变化原因相同。同理,根据土壤粒径分形的物理意义^[19-22]可知,坝地分层淤积土样中沙粒含量增大,粉

粒和黏粒减小。因此,本研究结果表明:该典型淤地 壤存在沙化趋势,淤积年限内坝控流域水土保持措施 坝坝控流域不同土地利用类型表层或者更深层的土 配置不合理。

表 4 关帝沟 3 号坝各淤积层土壤粒级分布及土壤颗粒的分形维数

淤积层号	不同粒级土壤颗粒含量/%										分形维数(D_m)	决定系数	分散系数
	<1.0 mm	<0.5 mm	<0.25 mm	<100 μm	<50 μm	<25 μm	<10 μm	<5 μm	<2.5 μm	<1.0 μm			
1	100	99.87	99.79	85.10	82.90	70.35	54.68	17.84	5.07	2.32	2.597	0.673	0.130
2	100	99.98	99.36	88.30	81.70	73.49	56.65	18.85	5.33	2.41	2.606	0.663	0.128
3	100	99.95	99.45	92.42	92.50	74.62	57.03	19.31	6.45	3.23	2.624	0.663	0.167
4	100	99.94	99.53	94.44	83.44	71.06	55.37	18.13	4.98	2.27	2.595	0.665	0.125
5	100	99.98	99.51	87.31	78.24	72.90	55.93	17.47	4.82	2.21	2.592	0.666	0.127
6	100	99.96	99.69	94.14	85.50	67.81	53.12	16.78	4.71	2.15	2.582	0.674	0.128
7	100	99.90	99.50	92.45	89.70	75.76	57.93	20.06	7.32	3.34	2.639	0.670	0.167
8	100	99.98	99.48	90.29	83.06	69.68	52.99	16.02	4.43	2.03	2.575	0.672	0.127
9	100	99.75	99.25	95.06	75.51	65.30	51.53	15.90	4.54	2.08	2.573	0.691	0.131
10	100	99.83	99.33	93.22	82.30	65.05	51.78	16.05	4.76	2.17	2.578	0.689	0.135
11	100	99.88	99.64	92.07	72.73	65.05	51.83	16.13	4.61	2.10	2.576	0.695	0.130
12	100	99.86	99.36	86.00	74.00	66.05	52.92	16.66	4.63	2.12	2.581	0.689	0.127
13	100	99.92	99.75	90.25	76.74	67.12	52.81	16.53	4.94	2.26	2.586	0.690	0.137
14	100	99.95	99.70	86.70	81.30	66.75	52.45	16.19	4.52	2.10	2.577	0.682	0.130
15	100	99.94	99.44	89.54	75.91	66.21	52.29	16.10	4.93	2.24	2.583	0.695	0.139
16	100	99.85	99.35	91.23	75.47	67.57	52.50	16.29	4.60	2.21	2.578	0.686	0.136
17	100	99.79	99.29	87.00	80.00	63.10	50.88	15.48	4.40	2.01	2.569	0.694	0.130
18	100	99.98	99.58	87.00	73.20	65.32	52.74	16.52	4.61	2.11	2.580	0.691	0.128
19	100	99.86	99.36	88.40	71.20	62.64	50.37	15.41	4.41	2.02	2.568	0.704	0.131
20	100	99.93	99.53	92.36	74.32	66.79	53.04	16.56	4.56	2.09	2.578	0.684	0.126
21	100	99.77	99.27	91.45	80.30	67.16	53.63	16.99	4.86	2.22	2.587	0.681	0.131
22	100	99.85	99.75	89.38	84.36	68.36	52.87	16.56	4.38	2.01	2.576	0.671	0.121
23	100	99.94	99.64	95.98	88.60	70.83	52.47	16.01	4.18	1.91	2.569	0.661	0.119
24	100	99.89	98.88	94.34	81.36	69.03	53.59	17.32	4.65	2.13	2.584	0.672	0.123
25	100	99.81	99.31	91.47	80.46	69.22	53.34	16.85	4.68	2.12	2.583	0.676	0.126
26	100	99.96	99.56	92.73	81.60	68.62	54.83	18.25	4.79	2.19	2.591	0.669	0.120
27	100	99.93	99.43	95.36	83.85	68.45	52.33	16.56	4.85	2.22	2.583	0.680	0.134
28	100	99.76	99.67	94.33	84.26	68.05	52.45	16.42	4.77	2.18	2.581	0.679	0.133
29	100	99.93	99.63	90.36	86.80	68.32	52.79	16.65	4.99	2.28	2.587	0.679	0.137
30	100	99.92	99.42	93.95	82.36	67.88	52.49	16.39	4.68	2.14	2.580	0.679	0.131

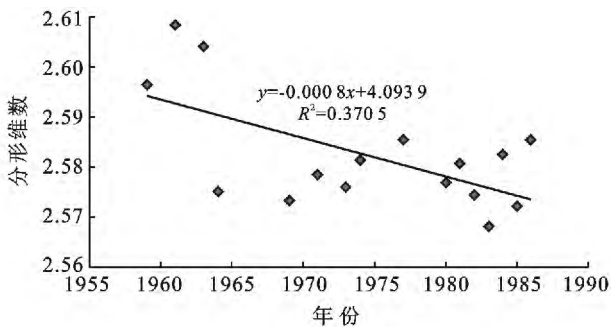


图 2 关帝沟 3 号坝分形维数随淤积年份的变化趋势

由表 6 可知,关帝沟 3 号坝坝控流域土地利用结构中草地面积最大,占土地利用面积的 36.51%。梯田、坡耕地、林地和坝地分别占 25.78%,22.32%,9.15%,6.24%。根据实测资料计算出王茂沟流域的实际土壤侵蚀模数为 7 413 t/(km²·a),达到了强度侵蚀标准。同理,这也进一步说明了关帝沟 3 号坝坝控流域内不合理的土地利用方式使得流域的土壤侵蚀强度增加幅度之大,这一结果与以上根据坝地淤积物颗粒的分形维数分析的结果一致,即该典型淤地坝坝控流域内的水土保持措施的配置不合理。

表5 关帝沟3号坝各淤积层分形维数随淤积年份的变化

淤积年份	淤积层	分形维数	决定系数
1959	1	2.597	0.673
1961	2,3,4	2.608	0.664
1963	5,6,7	2.604	0.670
1964	8	2.575	0.672
1969	9	2.573	0.691
1971	10	2.578	0.689
1973	11	2.576	0.695
1974	12	2.581	0.689
1977	13	2.586	0.690
1980	14	2.577	0.682
1981	15,16	2.581	0.686
1982	17,18	2.574	0.692
1983	19	2.568	0.704
1984	20,21	2.583	0.683
1985	22,23	2.572	0.666
1986	24,25,26,27	2.585	0.674
1987	28,29,30	2.582	0.679

表6 关帝沟3号坝坝控流域土地利用结构

项目	坡耕地	林地	草地	梯田	坝地	合计
面积/hm ²	1.14	0.47	1.87	1.32	0.32	5.12
比例/%	22.32	9.15	36.51	25.78	6.24	100

3 结论

本文针对目前水土保持综合治理评价中存在的问题,根据典型淤地坝坝地分层淤积物能够反映出坝控流域淤积年限内水土流失情况这一特征,利用室内坝地分层淤积物的颗粒分析结果,结合分形理论,对黄土丘陵沟壑区第1副区2座典型淤地坝坝控流域已有水土保持措施的合理性给予分析,结果表明:两座典型淤地坝坝地分层淤积土样的分形维数随淤积年限的增大,都呈现逐渐减小的趋势,即典型淤地坝坝控流域不同土地利用类型表层或者更深层的土壤存在沙化趋势,典型淤地坝坝控流域淤积年限内水土保持措施配置不合理。研究方法拓宽了水土保持措施合理性的评价方法,研究结果为坝控流域水土保持措施的合理配置提供科学指导。

[参 考 文 献]

- [1] Shi Hui, Shao Mingan. Soil and water loss from the Loess Plateau in China[J]. Journal of Arid Environments, 2000,45(1):9-20.
- [2] Fu Bojie. Soil erosion and its control in the Loess Plateau of China[J]. Soil Use and Management, 1989,5(2):76-82.
- [3] Stolte J, Liu Baoyuan, Ritsema C J, et al. Modelling water flow and sediment processes in a small gully system on the Loess Plateau in China[J]. Catena, 2003,54(1):117-130.
- [4] 孙立达,孙保平,齐实. 小流域综合治理理论与实践[M]. 中国科学技术出版社,1992.
- [5] 李怀甫. 小流域治理理论与方法[M]. 水利电力出版社,1989.
- [6] 董仁才,余丽军. 小流域综合治理效益评价的新思路[J]. 中国水土保持,2008(11):22-24.
- [7] Wei Jie, Zhou Jie, Tian Junliang, et al. Decoupling soil erosion and human activities on the Chinese Loess Plateau in the 20th Century[J]. Catena, 2006,68(1):10-15.
- [8] van den Elsen E, Hessel R, Liu Baoyuan, et al. Discharge and sediment measurements at the outlet of a watershed on the Loess Plateau of China[J]. Catena, 2003,54(1):147-160.
- [9] Fu Bojie, Chen Liding, Ma Keming, et al. The relationships between land use and soil conditions in the hilly area of the loess plateau in northern Shaanxi, China[J]. Catena, 2000,39(1):69-78.
- [10] 焦菊英,王万忠,李靖,等. 黄土高原丘陵沟壑区淤地坝的淤地拦沙效益分析[J]. 农业工程学报,2003,19(6):302-306.
- [11] 方学敏,万兆惠. 黄河中游淤地坝拦沙机理及作用[J]. 水利学报,1998(10):49-53.
- [12] 冉大川,罗全华,刘斌,等. 黄河中游地区淤地坝减洪减沙及减蚀作用研究[J]. 水利学报,2004,35(5):7-13.
- [13] 李敏. 淤地坝在黄河中游水土流失防治中的作用[J]. 人民黄河,2004,25(12):25-26.
- [14] 魏霞,李占斌,沈冰,等. 陕北子洲县典型淤地坝淤积过程和降雨关系的研究[J]. 农业工程学报,2006,22(9):80-84.
- [15] 魏霞,李占斌,李勋贵,等. 基于灰关联的坝地分层淤积量与侵蚀性降雨响应研究[J]. 自然资源学报,2007,22(5):842-850.
- [16] 李勉,杨剑锋,侯建才,等. 黄土丘陵区小流域淤地坝记录的泥沙沉积过程研究[J]. 农业工程学报,2008,24(2):64-69.
- [17] 张信宝,温仲明,冯明义,等. 应用¹³⁷Cs示踪技术破译黄土丘陵区小流域坝库沉积赋存的产沙记录[J]. 中国科学:D辑,2007,50(2):254-260.
- [18] 杨培岭,罗远培,石元春. 用粒径的重量分布表征的土壤分形特征[J]. 科学通报,1993,38(20):1896-1899.
- [19] 任雪,褚贵新,王国栋,等. 准噶尔盆地南缘绿洲—沙漠过渡带“肥岛”形成过程中土壤颗粒的分形研究[J]. 中国沙漠,2009,29(2):298-304.
- [20] 方萍,吕成文,朱艾莉. 分形方法在土壤特性空间变异研究中的应用[J]. 土壤,2011,43(5):710-713.
- [21] 苏永中,赵哈林. 科尔沁沙地农田沙漠化演变中土壤颗粒分形特征[J]. 生态学报,2004,24(1):71-74.
- [22] 宫阿都,何毓蓉. 金沙江干热河谷区退化土壤结构的分形特征研究[J]. 水土保持学报,2001,15(3):112-115.
- [23] 魏霞. 淤地坝淤积信息与流域降雨产流产沙关系研究[D]. 西安:西安理工大学,2005.
- [24] 冉大川,刘斌,王宏,等. 黄河中游典型支流水土保持措施减洪减沙作用研究[M]. 黄河水利出版社,2006.
- [25] 侯建才. 黄土丘陵沟壑区小流域侵蚀产沙特征示踪研究[D]. 西安:西安理工大学,2007.