砾石覆盖度测量方法研究

高 杨[1,2], 符素华[1,2], 罗来军[1,2], 王 楠[1,2], 朱 旭[1,2]

(1. 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875; 2. 北京师范大学 地理学与遥感科学学院, 北京 100875)

摘 要: 地表砾石是各种水文和侵蚀等过程综合作用的产物,是土壤退化和生态系统恶化的一个标志;反过来这些砾石也影响到侵蚀的各个过程。分别利用视点框架法和照相法对不同粒径样本下(2～6 mm,6～20 mm,20～60 mm)的砾石覆盖度进行了测量,对比分析了不同砾石覆盖度测量方法对其精度的影响。结果表明,采用两种测量方法观测砾石覆盖度均能达到一定精度,视点框架法测量的砾石覆盖度相对误差变化范围为-7.84%～80.86%,平均相对误差为 15.69%,照相法测量的砾石覆盖度相对误差变化范围为-48.35%～9.89%,平均相对误差为-11.69%。随着砾石覆盖度的增加,视点框架法测量的相对误差绝对值表现为减小。视点框架法测量的最大相对误差均值的绝对值随着抽样次数的增加而减少,当抽样次数达到约 30,相对误差减小的趋势减缓。

关键词: 砾石覆盖度; 照相法; 视点框架取样法

文献标识码: B **文章编号**: 1000-288X(2013)04-0264-04 **中图分类号**: S157.1, TU113.2^{+1}

A Study on Measurement Methods of Rock Fragment Cover

GAO Yang[1,2], FU Su-hua[1,2], LUO Lai-jun[1,2], WANG Nan[1,2], ZHU Xu[1,2]

(1. *State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing* 100875, *China*; 2. *School of Geography, Beijing Normal University, Beijing* 100875, *China*)

Abstract: As a result of the hydrologic and erosion processes, rock fragment is a sign of soil and ecosystems degradation, which in turn affects erosion processes. The purpose of this study is to investigate the precision differences between sampling and photographic methods in rock fragment covers measurements. To do this, rock fragment covers with different particle sizes(2～6 mm, 6～20 mm and 20～60 mm) were measured by these two methods. The results showed that both sampling and photographic methods can be used to measure the rock fragment cover effectively. The relative errors measured by two methods varied by-7.84%～80.86% and -48.35%～9.89%, respectively. The mean relative error of these two methods was 15.69% and -11.69%, respectively. The relative error measured by sampling method decreased with the increasing of rock fragment cover. The maximum absolute relative error measured by sampling method reduced with the number of sampling, but this trend became gentle when the number of sampling was up to about 30.

Keywords: rock fragment cover; photographic method; sampling method

砾石是指粒径大于等于 2 mm 的矿物颗粒[1]。绝大多数干旱、半干旱地区,土壤表层和土壤中都有一定量的砾石分布,这些砾石的存在将对侵蚀过程产生一定的影响。一方面砾石是各种水文和侵蚀等过程综合作用的产物,是土壤退化和生态系统恶化的一个标志;另一方面砾石反过来又影响水文和侵蚀过程,例如:入渗、蒸发、径流和水蚀等[2-5]。已有研究表明,砾石可以促进入渗、减少侵蚀、增加土壤水分储量,对于植被重建和土壤肥力的恢复具有重要意义。

砾石覆盖度是指砾石在地面上的垂直面积占地面总面积的比例。在过去的几十年里,已有不少学者[6-7]对砾石的分布进行了研究,发现表层砾石覆盖和地形存在着一定的关系。在砾石覆盖度测量方面,Poesen 等[8-9]曾在其研究中用照相法测量了地表的砾石覆盖度,但是文中并没有对其测量方法、过程进行详细描述,尤其是没有对测量的精确度进行评价。国内学者朱元骏和邵明安[10]在对黄土高原水蚀风蚀交错带小流域坡面表土砾石分布的研究中,同样采用

收稿日期:2010-01-04 **修回日期**:2010-11-01

资助项目:中央高校基本科研业务费专项资金; 国家自然科学基金项目(40201031);长江学者和创新团队发展计划

作者简介:高杨(1985—),男(汉族),河南省义马县人,硕士研究生,研究方向为土壤侵蚀和水土资源管理。E-mail:gyangbnu@126.com。

通信作者:符素华(1973—),女(汉族),四川省岳池县人,教授,博士生导师,主要从事坡面水文和土壤侵蚀研究。E-mail:suhua@bnu.edu.cn。

照相法测量了地表砾石覆盖度,其方法首先是在获取样本点的数码图像后,以取样点为中心,截取面积为 1 m×1 m 的图像作为分析图像,采用 ImageJ 软件对图像进行处理,最终得到了样点的砾石覆盖度。但是也未对测量的精度进行评价。砾石覆盖度的准确测量对于研究砾石分布对侵蚀的影响,以及建立砾石覆盖和地形的定量关系都有非常重要的作用。因此,本研究对砾石覆盖度已知的样本分别按照视点框架法和照相法对其进行测量,比较视点框架法和照相法测量砾石覆盖度的精度。

1　砾石覆盖度的测量

在北京市延庆县大榆树小流域上辛庄水土保持综合试验区采集一定数量的土样,在室内对土样进行风干处理。随后将土样放入一套标准筛中,筛子的孔径分别为 2,6,20 和 60 mm[11],并按照孔径从上至下逐渐减少放置。对采集的土样过筛,如果土样中有块状土壤,用手或工具将其弄碎。收集每层筛上的砾石,并用清水冲刷若干次,直到砾石上的附着物完全去净,风干并再次过筛。最后按照不同的粒径将其收集。

将收集到的砾石按照不同的粒径随机抛撒在以白色背景为底的环形铁皮框(直径为 40 cm)内。并用数码相机对其拍摄 3 组照片,存储并编号以备计算砾石覆盖度。并以这组试验测量的砾石覆盖度为真值,分析、对比真实土壤环境背景下视点框架法和照相法测量砾石覆盖度的精度。

随后收集铁皮框中的砾石,向铁皮框内铺设一定厚度的土壤,并再次抛撒刚刚收集的砾石,随即用数码相机再次对其拍摄 3 组照片,存储并编号以备分析照相法测量的砾石覆盖度数据。

最后用视点框架法测量砾石覆盖度。在透明直尺上,按 0.5 cm 的间隔在上面打上直径为 2 mm 的圆孔。在样方内按 4 个方向来测量砾石覆盖度。测量规则为:测量者从上往下看,以孔内是否有砾石作为统计依据,统计出现砾石部分的小孔占小孔总数的百分比即为砾石覆盖度。小组内 10 人按照此测量规则独立观测。最后,按照不同的粒径总共进行了 20 组试验(表 1)。

表 1　不同粒径下的试验次数

粒径/mm	2～6	6～20	20～60
试验次数	8	7	5

2　砾石覆盖度的计算

最终获得 20 种覆盖度下的 120 张照片,3 张照片对应一组数据。对拍摄的照片首先进行剪切处理,仅仅留下环形区域内的图像。其次在 Photoshop 环境下对图像进行图像平滑增强处理,以减少土壤或白底颜色的不均一对分类精度产生影响。最后在 Envi 环境下选择非监督分类模块中的 K 值均值算法对图像进行分类,分成 3 或 4 类,并计算白色背景下的砾石覆盖度和土壤背景下的砾石覆盖度。其中白色背景下的砾石覆盖度数据为真值,土壤背景下的砾石覆盖度数据为照相法的测量值(图 1)。视点框架法取 10 人测量的平均值作为测量砾石覆盖度。

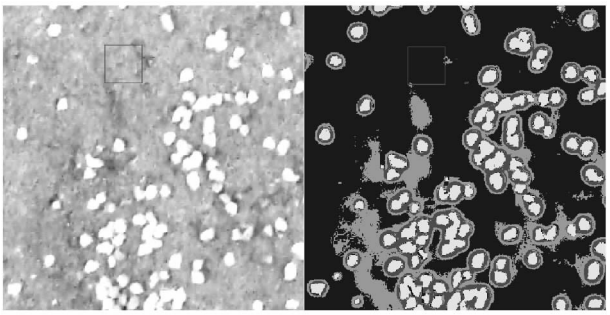


图 1　非监督分类前后砾石覆盖对比图

3　结果与分析

利用上述测量方法,得到了不同粒径下的砾石覆盖度真值、照相法测量值和视点框架法测量值,并计算了两种测量方法的绝对误差和相对误差,统计结果详见表 2。从表 2 可以看出,在测定砾石覆盖范围内,视点框架法测量的相对误差变化范围为－7.84%～80.86%,平均相对误差为 15.69%,照相法测量的相对误差变化范围为－48.35%～9.89%,平均相对误差为－11.69%。照相法的测量精度略高于视点框架法,但其测量覆盖度略低于真值。

3.1　两种测量方法精度分析

为了比较两种方法测量的砾石覆盖度(视点框架法和照相法)与实际砾石覆盖度的差异,绘制了 3 种粒径(2～6 mm,6～20 mm,20～60 mm)下测量砾石覆盖度随实际砾石覆盖度的变化图(图 2a—图 2c),以及 20 个样本测量砾石覆盖度随实际砾石覆盖度的变化图(图 2d)。

由图 2a 可见,在粒径为 2～6 mm 时,照相法测量的砾石覆盖度比真值略低,相对误差介于－48.35%～－0.32%,均值为－21.13%;视点框架法测量的砾石覆盖度与实际砾石覆盖度很接近,较均

匀地分布在真值 1∶1 线的两侧，相对误差介于 -7.84%～80.86%，均值为 15.34%。需要说明的是，在砾石覆盖度真值为 3.80%时，试点框架法测得的砾石覆盖度相对误差高达 80.86%。这可能是由观测时的随机抽样所引起。因此，与试点框架法相比较，照相法对小粒径砾石覆盖的观测能力较弱，精度较差。

表 2 砾石覆盖度数据统计

序号	粒径/mm	砾石覆盖度/%			绝对误差		相对误差/%	
		视点框架法	照相法	真值	视点框架法	照相法	视点框架法	照相法
1	2～6	6.87	3.79	3.80	3.07	-0.01	80.86	-0.32
2	2～6	7.88	5.57	6.65	1.23	-1.09	18.49	-16.32
3	2～6	13.89	10.41	12.23	1.66	-1.82	13.58	-14.90
4	2～6	18.23	12.70	16.64	1.59	-3.94	9.54	-23.68
5	2～6	24.62	13.80	26.72	-2.09	-12.92	-7.84	-48.35
6	2～6	30.60	23.37	31.41	-0.81	-8.04	2.58	-25.59
7	2～6	37.94	27.00	35.63	2.32	-8.63	6.51	-24.22
8	2～6	43.96	37.44	44.40	-0.44	-6.96	-0.99	-15.68
9	6～20	10.44	7.90	8.18	2.27	-0.27	27.71	-3.36
10	6～20	15.73	14.21	14.89	0.83	-0.68	5.51	-4.57
11	6～20	27.25	23.51	24.20	3.04	-0.69	12.58	-2.84
12	6～20	39.18	29.27	33.24	5.94	-3.96	17.88	-11.92
13	6～20	37.50	32.05	36.38	1.12	-4.33	3.07	-11.90
14	6～20	37.12	29.53	31.39	5.73	-1.85	18.27	-5.90
15	6～20	41.90	34.96	41.19	0.71	-6.22	1.73	-15.11
16	20～60	16.20	9.36	10.28	5.92	-0.91	57.64	-8.89
17	20～60	23.86	17.57	18.41	5.45	-0.84	19.63	-4.56
18	20～60	30.70	27.14	27.81	2.89	-0.66	10.39	-2.38
19	20～60	31.61	32.84	29.88	1.73	2.96	5.80	9.89
20	20～60	56.17	49.10	50.67	5.50	-1.58	10.86	-3.11

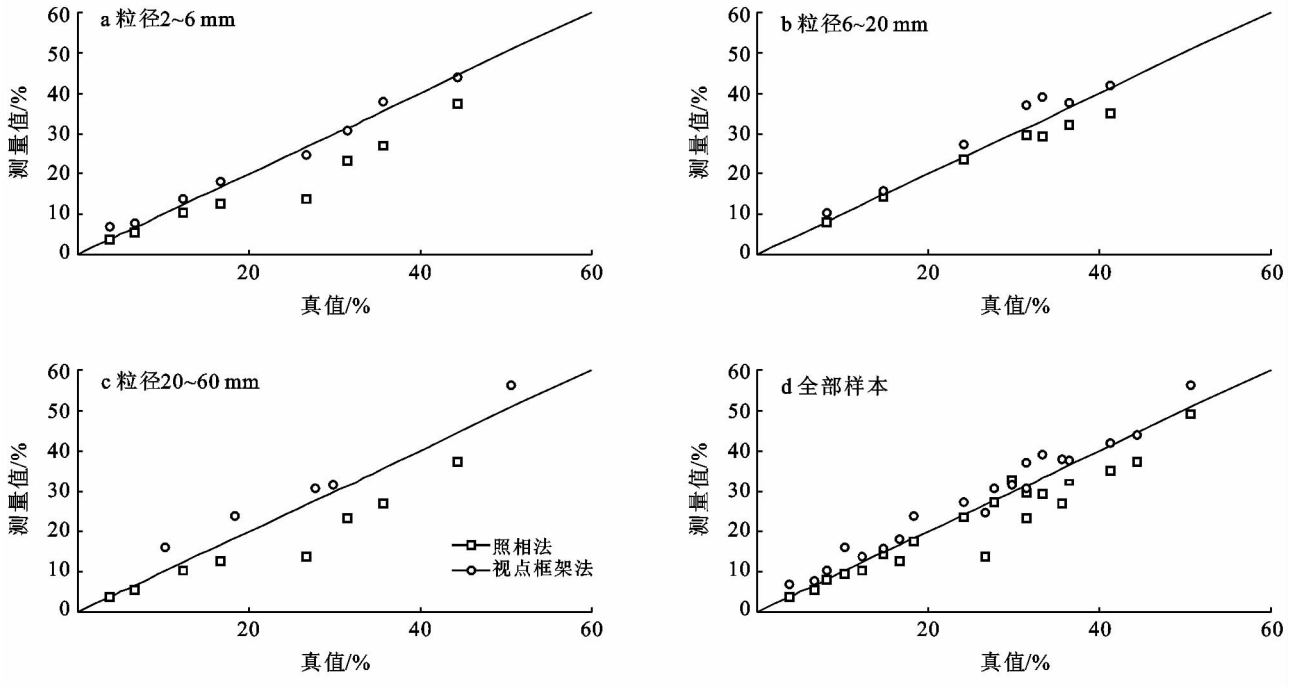


图 2 测量砾石覆盖度随真实砾石覆盖度的变化

粒径为 6～20 mm 和 20～60 mm 的情况下，照相法测得的砾石覆盖度与真值的 1∶1 线更为接近；视点框架法测得的砾石覆盖度略高于真值（图 2b，图 2c）。统计分析结果（表 2）发现，视点框架法测量的相

对误差介于 1.73%～57.64%,均值为 15.92%;照相法测量的相对误差介于～15.11%～9.89%,均值为－5.39%。这说明两种测量方法对粒径为 6～20 mm 和 20～60 mm 的覆盖度都有观测能力,但是照相法的精度优于视点框架法。

从图 2d 可以看到,照相法测量的砾石覆盖度数据点除个别点外,大部分数据点位于真实砾石覆盖度的下方。这一方面是因为在对照片的增强处理中,采用的处理方法是平滑处理,这种处理技术使图像变得模糊,消除了土壤背景不均一造成的砾石覆盖度提取误差,降低了分类难度,但同时也一定程度上模糊了砾石的边缘部分,使得提取的砾石覆盖度在整体上小于真值;另一方面是因为真值的提取用的是白色背景,照相法提取用的是土壤背景,土壤背景下的部分砾石和土壤本身的颜色很接近,在分类时这部分砾石被分类为土壤,这样也降低了分类精度,使得照相法测量的砾石覆盖度大部分小于砾石覆盖度真实值。当砾石粒径较小时,上述两种影响更为显著,致使小粒径时照相法的覆盖度测量精度较低。因此当用照相法进行覆盖度测量时,需进一步改善照片的预处理,增加砾石与周边土壤的对比度,以提高砾石覆盖度的计算精度。

综合上述分析,视点框架法和照相法对砾石覆盖都具有一定的观测能力。当粒径较小时,视点框架法的精度优于照相法,当粒径较大时,照相法的精度优于视点框架法。

3.2　视点框架法测量砾石覆盖的灵敏性分析

为了分析不同粒径下视点框架法测量数据随地表覆盖变化的灵敏性,绘制了不同粒径下视点框架法相对误差绝对值随地表真实砾石覆盖度的变化图(图 3)。通过分析发现:(1) 不同粒径下,视点框架法测量的相对误差绝对值随着砾石覆盖度增加而减小;(2) 当地面覆盖度较小时,相对误差绝对值较大。这说明用视点框架法对砾石覆盖度较小的样本进行测量时,目前的抽样次数所得到的观测精度难于满足要求,需要进一步增加抽样次数。

3.3　误差随抽样次数的变化

为了分析视点框架法中抽样次数对误差的影响,绘制了 3 种粒径(2～6 mm,6～20 mm,20～60 mm)下最大相对误差均值的绝对值随观测人数的变化图(图略)。分析结果显示,观测样本最大相对误差均值的绝对值随抽样次数的变化。随着抽样次数的增加,最大相对误差均值的绝对值逐渐减小,当抽样次数达到约 30 时,其减小的趋势变缓或基本保持不变。

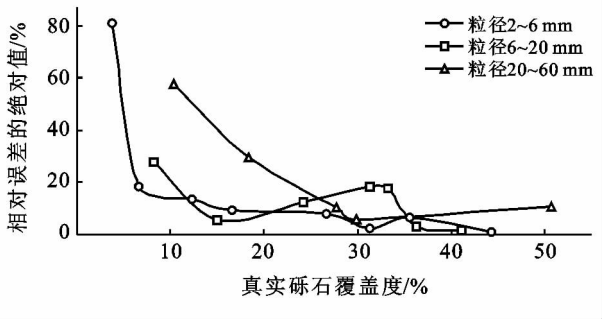


图 3　不同粒径下视点框架法相对误差绝对值随地表真实砾石覆盖度的变化

4　结 论

(1) 采用视点框架法和照相法观测砾石覆盖度都能达到一定的精度。当粒径为 2～6 mm 时,照相法测量的相对误差介于－48.35%～－0.32%,均值为－21.13%;视点框架法测量的相对误差介于－7.84%～80.86%,均值为 15.34%,视点框架法的精度优于照相法。当粒径为 6～60 mm 时,照相法测量的相对误差介于－15.11%～9.89%,均值为－5.39%,视点框架法测量的相对误差绝对值介于 1.73%～57.64%,均值为 15.92 %,照相法的精度优于视点框架法。

(2) 随着砾石覆盖度的增加,视点框架法测量的相对误差绝对值也在减小。视点框架法测量小砾石覆盖度时,本研究中抽样次数所得到的观测精度难于满足要求,需要进一步增加抽样次数。

(3) 视点框架法测量精度随着抽样次数的增多而增大,当抽样次数达到约 30 时,最大相对误差均值的绝对值减小趋势变缓或基本保持不变。因此在用视点框架法进行覆盖度测量时需要满足上述抽样次数才能得到较高精度的砾石覆盖度。

[参 考 文 献]

[1] Miller F T, Guthrie R L. Classification and distribution of soils containing rock fragments in the United States [J]. Soil Sci. Soc. Am., 1984,13(S):1-6.

[2] Poesen J, Van Wesemael B, Govers G, et al. Patterns of rock fragment cover generated by tillage erosion[J]. Geomorphology, 1997, 18(3/4):183-197.

[3] Cerda A. Effects of rock fragment cover on soil infiltration, interrill runoff and erosion[J]. European Journal of Soil Science, 2001, 52(1):59-68.

[4] Katra I, Lavee H, Sarah P. The effect of rock fragment size and position on topsoil moisture on arid and semi-arid hillslopes[J]. Catena, 2008, 72(1):49-55.

(下转第 270 页)

赖性较山区弱，即降水丰沛的东部地区植被与降水的相关性较弱。从 NDVI 与降水的最大时滞分布图（附图 5）可以看出，研究区时滞主要集中在 0，1 和 2 旬，个别地区存在更长时滞。汉江河谷地带及北部秦岭、伏牛山区时滞为 0，大巴山地带存在 1 旬滞后时间；南阳盆地和江汉平原东部地区存在 2 旬时滞。降水越丰沛的地区，降水对植被生长和覆盖的影响越弱，时滞越长，加上人类灌溉、保水等措施，使得植被对降水的依赖性减弱。相反，越干旱的区域，植被对降水的响应越快。通过气温和降水对比分析可见（附图 5），降水的不确定性、波动性和变率较气温强，因此，植被与气温的相关性较降水强。

4 结 论

（1）汉江流域不同类型 NDVI 年内变化既具有明显的相似性特点，又存在差异。相似性体现在，研究区植被覆盖具夏半年高于冬半年的总体特点，这与气候条件相一致。差异性主要表现为农作物与森林、灌丛等的不同，农作物在人类活动的影响下一年两熟，因此一年出现两次高值和低值；其他天然林、次生林、灌丛等仅有一次峰值和谷值。可以看出，人类活动提高了热量的利用率。研究时段植被覆盖总体呈逐渐改善趋势。

（2）NDVI 与气温之间的相关性强弱存在较大差异，农业耕作区相关性较弱，天然林地、次生林地区相关程度高。受人为耕作制度和垂直地带性的影响，时滞存在 0，1，2 旬的差异，农业耕作区植被对气温的响应最快，人类农业活动提高了热量的利用率。植被与降水的相关程度较与气温的弱。受山地的阻挡、降水分布特点以及人类灌溉设施的影响，降水丰富的农业耕作区植被对降水的响应较慢，相对干旱的地区，植被对降水响应迅速。

（3）人类对植被覆盖及其变化的影响不可忽视，人类通过铺盖地膜、温室大棚、松土、灌溉、覆盖防晒网等各种手段改变着土壤及地表大气温度，进而影响植被生长，提高热量利用率；通过修建水库、人工降雨、灌溉、保水等措施改善着土壤水分含量，提高产量，降低植被对降水的依赖性。因此农业耕作区 NDVI 的影响因素多，情况复杂，即表现出与气温和降水相关程度较弱。

［参 考 文 献］

[1] 张翔，夏军. 气候变化对地表水资源可利用量影响的不确定性分析：以汉江上游为例[J]. 资源科学，2010，32(2)：255-260.

[2] Nathalie P，Jon O V，Atle M. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change[J]. Trends in Ecology & Evolution，2005，20(9)：503-510.

[3] 侯光雷，张洪岩，郭聃，等. 长白山区植被生长季 NDVI 时空变化及其对气候因子敏感性[J]. 地理科学进展，2012，31(3)：285-292.

[4] 潘雅婧，王仰麟，彭建，等. 基于小波与 R/S 方法的汉江中下游流域降水量时间序列分析[J]. 地理研究，2012，31(5)：811-820.

[5] 李晓玲，吴波. 南水北调中线水源区汉江流域水环境容量研究[J]. 水土保持通报，2009，29(6)：221-224.

[6] 李小燕，任志远，张翀. 陕南气温变化的时空分布[J]. 资源科学，2012，34(5)：927-932.

[7] 蒲蕾，任志远. 陕西省不同地区 NDVI 变化与气候因子的关系及响应研究[J]. 水土保持通报，33(2)：265-270.

[8] 李小燕. 陕南降水变化时空差异分析[J]. 陕西理工学院学报：自然科学版，2012，28(5)：74-77.

[9] 周志强，曾源，张磊，等. 南水北调中线水源区植被覆盖度遥感监测分析[J]. 国土资源遥感，2012，92(1)：70-77.

[10] 邢海虹. 南水北调中线工程陕南地区生态经济化研究.[J]. 生态经济，2012，259(1)：81-84.

[11] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京：气象出版社，1999.

（上接第 267 页）

[5] 刘宝元，谢云，张科利. 土壤侵蚀模型预报[M]. 北京：中国科学技术出版社，2001.

[6] Simanton J R，Renard K G，Christiansen C M，et al. Spatial distribution of surface rock fragments along catenas in semiarid Arizona and Nevada USA[J]. Catena，1994，23(1/2)：29-42.

[7] Simanton J R，Toy T J. The relation between surface rock fragment cover and semiarid hillslope profile morphology[J]. Catena，1994，23(3/4)：213-225.

[8] Poesen J W，Van Wesemael B，Bunte K，et al. Variation of rock fragment cover and size along semiarid hillslopes：A case-study from southeast Spain[J]. Geomorphology，1998，23(2/4)：323-335.

[9] Nyssen J，Poesen J，Moeyersons J，et al. Patial distribution of rock fragments in cultivated soils in Northern Ethiopia as affected by lateral and vertical displacement processes[J]. Geomorphology，2002，43(1/2)：1-16.

[10] 朱元骏，邵明安. 黄土高原水蚀风蚀交错带小流域坡面表土砾石空间分布[J]. 中国科学(D 辑)：地球科学，2008，38(3)：375-383.

[11] Hodgson J M. Soil Sampling and Soil Description[M]. UK：Oxford University Press，1978.