

【水土保持】

水蚀土壤因子野外测试问题探讨

张爱国¹, 李 锐¹, 杨勤科¹, 张平仓²

(1. 中国科学院 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院武汉分院 岩土力学研究所, 湖北 武汉 430071)
水 利 部

摘 要: 从区域土壤侵蚀学原则和实用性原则相兼顾的角度出发, 吸取前人在野外测点布设、测试指标、测试方法及相应设备选择上的经验和教训, 总结出全国范围内水土流失土壤野外测试的“点、面映射”、“点、类映射”和“分级点控”的测点选择原理; 初步确立了全国水土流失土壤野外测试的指标体系、测试方法和操作规程体系、测试原始数据的统计公式体系; 初步建立了全国水土流失土壤因子的原始数据库和统计数据库。

关 键 词: 测试选点; 测试指标; 测试方法; 测试数据统计; 土壤因子数据库; 区域土壤侵蚀

中图分类号: S157 文献标识码: A 文章编号: 1000-1379(2002)02-0028-02

目前国内关于区域尺度水土流失土壤因子的测试工作, 主要是针对局部区域进行的(如黄土高原^[1~5]、江南红壤区), 而且偏重于土壤抗冲性测试。由于土壤测试指标混乱(据统计, 国内目前采用的区域水土流失土壤测试指标达 17 种之多), 测试的方法和相应设备不同, 因而造成了全国范围内具有可比性的、规范性的水土流失土壤因子数据的缺乏。总之, 从学术研究的角度出发, 有必要在统一测试指标、统一测试方法和设备的前提下, 在全国范围进行水土流失土壤因子的测试研究。

我国的水土流失治理工作在近年来已由小流域转向较大区域的集中连片治理, 作为水土保持基础的土壤侵蚀研究日益关注区域和全国尺度上的宏观研究; 在土壤侵蚀宏观研究中, 土壤作为被侵蚀的对象, 是影响土壤侵蚀量和流失量的因子之一, 要分析清楚土壤性质对区域水土流失的影响, 必须以区域尺度上的可靠而且规范的数据作为分析的背景, 而第一手的原始数据一般要通过野外的具体测试来获取。“全国水土流失土壤因子的野外测试”工作属于中国科学院知识创新项目“中国水土流失宏观分析与评价研究”的重要问题之一, 通过野外测试获取原始数据, 通过土壤因子统计数据与降雨径流、地形、植被、人为因子等数据的有机结合, 为全国水土流失宏观评价与趋势预测定量模型的建立奠定基础; 另外, 通过理论分析和实践总结, 初步建立起全国水土流失土壤因子的野外测试指标体系和野外测试工作实施规程, 为全国水土流失土壤因子的野外测试标准化、水土流失土壤指标基础数据库的建立提供科学依据。

1 测试选点

测试点选择的基本原则是符合“点、面(区域)映射”、“点、类(土壤亚类)映射”的全息同构原理, 符合“分级点控”的区域结构控制原理: 一是测点必须能充分反映出水土流失的区域性特征, 以丘陵或低山地区的坡耕地为主要测试对象, 要求是残积环境、缓坡部位、侵蚀环境未受到较大的人为扰动并未受到

明显侵蚀的地点、坡度在 5° 左右的农耕地、交通相对便利的近水源处; 二是测点能充分代表某一土壤亚类的水蚀特征, 例如地带性土类中红壤、黑土、褐土、棕壤、黄壤、黑钙土等的主要亚类, 一些与区域水土流失状况有明显关系的非地带性土类(如紫色土、石灰土)的主要亚类; 三是测点对于全国水蚀区内土壤因子的总体测试具有多级控制的含义, 一级控制性测点虽然较少, 但更要突出其全国性的宏观控制意义。

2 测试指标

从区域土壤侵蚀学原则和实用性原则相兼顾的角度出发, 并总结前人在野外测试指标选择上的经验和教训^[4~7], 我们认为, 最能体现出区域水土流失过程和规律并易于野外工作的指标是土壤抗冲刷系数、土壤入渗速率、土壤崩解速率、原状土抗剪强度等 4 个指示指标、土壤容重和含水量 2 个基本性状指标和测点定位指标, 这样才能建立一个全面反映土壤抗冲刷、入渗性、抗分散、抗剪切、结构性和地域性等特征的野外测试指标体系。

土壤抗冲刷系数: 是指每冲刷走 1 g 干土所需的水量和时间乘积 ($L \cdot \text{min}/g$), 它能直观地反映出土壤对抗径流冲刷破坏的能力大小。

土壤入渗速率: 是指单位时间内的水分入渗量 (mm/min), 一般用土壤的初渗速率和稳渗速率来具体描述。入渗的最初阶段, 入渗速率的数值最大, 通常把第一分钟末的入渗速率称为初渗速率; 随着入渗水量的增加, 入渗速率迅速递减, 随着入渗水量的继续增加, 入渗水分在土层中到达的范围扩大, 入渗

收稿日期: 2001-10-26

基金项目: 中国科学院知识创新项目“中国水土流失宏观分析与评价研究”(99-01-05)。

作者简介: 张爱国(1966-), 男, 陕西洛南人, 副教授, 在读博士, 主要从事水土流失土壤因子和地理信息系统研究。

速率递减的趋势也渐渐减缓。当入渗水量到达土层内一定深度后,入渗速率趋于稳定,其值接近某一控制性土层的渗透系数,称为稳渗速率。入渗速率可以直接影响地表产汇流过程,进而决定地表径流的冲刷能力和水蚀过程。

土壤崩解速率:是指土样在浸水后单位时间内崩解掉的试样体积(cm^3/min),它反映的是土壤可能给径流提供的松散悬移质的数量。

抗剪强度:是指在雨滴溅击或径流冲刷作用下,土粒发生相对滑动时所具有的抵抗溅击或冲刷剪切作用的极限强度(kg/cm^2),它是水蚀过程中土壤动力特征的一项重要指标。

土壤容重:是指原状土单位体积中的干土重量(kN/m^3),是用来反映土壤结构等物理属性对区域水土流失时空分异产生影响的最重要指标之一。

土壤含水量:是以重量百分数表示的土样中水重与干土重量的比值,也是用来反映土壤结构等物理属性的重要指标。

测点位置:是指测点的经度、纬度和高度三维信息。

3 测试方法

对于土壤抗冲刷系数的测试,目前常用的方法有索氏抗冲仪法、原状土冲刷槽测定法、小区放水冲刷法、土壤理化性质测定法等 4 种^[3-5];对于土壤稳渗速率的测试,目前有双套环法、中子仪法、 γ 透射法、圭尔夫渗透仪法等 4 种^[2,67];对于抗剪强度的测试,目前也有原状土抗剪测定法、击实土抗剪测定法、野外原位水平挤出法、三轴仪、直剪仪、大型野外剪切箱测定、抗剪切力仪法等;对于土壤崩解速率的测试,目前主要有静水崩解法和动水崩解法两种;对于测点的 GPS 定位,由于对测试精度的不同要求,因而也有单台静态定位和多台套动态网络定位之别。

从测试方法的科学性与野外可操作性相兼顾的原则出发,同时考虑与测试方法相对应的测试设备问题,我们认为以下测试方法和操作规范比较合理。

土壤抗冲刷系数的测定可采用原状土抗冲刷槽冲刷法。分三层取样(0~10 cm、20~30 cm、40~50 cm),将取样器水平放置并压入土中,采集原状土并用天平称出冲前湿重;用土盒取湿土样称重,再烘干称重,以此计算土壤冲前的含水量;冲刷试验时将抗冲刷槽置于平地上,槽的坡度一律控制在 5° ,冲刷流量为 0.183 L/s ;待供水桶中水流完后对取样器中剩余土样称重(冲后湿土重),然后用土盒取样烘干后称出冲后干土重,并记录冲刷用时(如果取样器中的土样被完全冲掉时供水桶中的水没有用完,要同时记录用水量 and 冲刷用时);测定取 2 次重复。

土壤入渗速率的测定可采用双套环法。把双环打入整平后的土中;放水时保持内环土层厚度为 3 cm,外环水面始终与内环水面保持平齐,以防侧渗;测试历时统一规定为 80 分,在 0、0.5、1、2、3、5、7、10、15、20、30、40、50、60、70、80 分钟时分别读出水渗入量(用供水桶上的刻度值表示,mm);记录水温;测定取 2 次重复。

土壤崩解速率的测试可采用静水崩解法。采样时分三层用崩解取样器采集原状土;崩解试验时,先将试样放在网板上,然后将试样悬挂在带有刻度的浮筒上,随即将试样浸入

盛水崩解缸中,记录试样浸入水中在 0、0.5、1、2、3、4、5、7、10、15、20、30 分钟时的浮筒读数(但当中途土样已全部崩解,记录下全部崩解时的浮筒读数和相应时间);测定取 2 次重复。

抗剪强度的测试可采用浅层原状土抗剪仪法。分三层将 14.10 型三头抗剪仪沿垂直于土壤剖面方向插入土中,其指针读数即为抗剪强度的实测值,黏质土类用 CL102 型(小号)旋头测定,壤质土类用 CL100 型(中号)旋头测定,砂质土类用 CL101 型(大号)旋头测定;测试取 3 次重复。

土壤容重、含水量的测试可采用环刀法。分三层用环刀取样,然后用天平称出湿土重并作记录;再用烘箱烘干(105°C , 24 h),称出干土重并记录数据;测试取 2 次重复。

测点定位可采用单台静态 GPS 定位法。定位操作时要求测点环境在 10 m 半径范围内开阔,无树荫、建筑物、高压线等干扰源;操作时先立稳三脚架,必须进行水准调整;安装接收机,用电缆线连接采集器、接收机和电源;打开电源开关后操作采集器,储存或手工记录测点的定位数据,退出采集器并关闭电源;仪器设置高度为 1.5 m, fixed $\leq 3\text{D}$, Pdp < 3 ;作 2 次重复;测试工具是 NGS-200 南方型定位仪。

4 测试数据统计

以下统计公式是根据测试方法和设备状况推导出来的,具体推导过程从略。

(1) 抗冲系数公式:

$$C = \frac{\Delta h \cdot t}{2k}$$

式中: C 为抗冲系数, $\text{L} \cdot \text{min}/\text{g}$; Δh 为用来代表耗水量的冲后与冲前供水桶水位差, cm ; t 为冲刷时间, min ; k 为冲去土量, g 。

(2) 入渗速率公式:

$$R_{10} = \frac{0.42 \cdot \Delta h}{\Delta t(0.7 + 0.03T)}$$

式中: R_{10} 为 10°C 标准水温时的入渗速率, mm/min ; Δh 为某一 Δt 时段中的供水桶读数差值, mm ; Δt 为时段, min ; T 为某时段上的水温, $^\circ\text{C}$ 。

(3) 崩解速率公式:

$$B = \frac{S}{Y} \cdot \frac{l_0 - l_t}{t}$$

式中: B 为崩解速率, cm^3/min ; S 为浮桶底面积(30.2 cm^2); Y 为各土层的密度, g/cm^3 ; l_0 、 l_t 分别为崩解开始(已放土样)和结束时的浮桶刻度值, cm ; t 为崩解时间, min 。

(4) 抗剪公式:

根据抗剪仪试用说明书所给的 3 个“实测值与结果值之间的转换关系曲线”,可以分别求出使用三个抗剪仪旋头(大号、中号、小号)时的转换数学关系式,即

$$\text{大号 } y = 0.02x$$

$$\text{中号 } y = 0.11x$$

$$\text{小号 } y = 0.27x$$

式中: x 为实测值; y 为转换后的结果值, kg/cm^2 。

5 全国水土流失土壤因子数据库的初步建立

2000 年夏季,我们对全国范围水蚀区中的(下转第 42 页)

表 2 建筑结构胶的强度指标

检验项目	指标/MPa	备 注
抗压强度	73.31	
抗拉强度	35.15	
抗剪强度	22.45	
抗折强度	46.54	
粘结抗剪强度(钢板-钢板)	19.09	胶层破坏
粘结抗剪强度(钢板-混凝土)	2.95	混凝土破坏

2 粘钢施工工艺

经过合理设计后,保证加固效果的关键是钢板与大梁的结合性能。因此,粘贴操作必须极其细致地进行。粘钢加固施工工艺流程如下:被粘混凝土和钢板表面处理→粘结剂配制→涂胶→粘贴→固定、加压→固化→卸支撑、检验→防腐、粉刷。

(1) 表面处理。混凝土和钢板的表面处理是保证粘钢质量的关键环节,须认真进行。对混凝土大梁的粘合面,可用硬毛刷蘸高效洗涤剂,清除表面油污垢物,再进行打磨,除去 2~3 mm 厚的表层,完全露出新鲜面,然后用丙酮擦干净。对钢板粘合面,须进行除锈、加糙处理,打磨后露出金属光泽,粗糙度越大越好,打磨纹路与钢板受力方向垂直,最后用丙酮擦拭干净。

(2) 粘结剂配制。建筑结构胶为 A、B 两组份,使用前应进行现场质量检验,合格后方可使用。使用时按比例称量后,倒入容器中,按同一方向进行搅拌至稠度、颜色完全均匀为止。

(3) 涂胶、粘贴。将配制好的结构胶用抹刀涂在已处理好的混凝土表面和钢板面上,胶层厚度 1~3 mm,中间厚边缘薄,

然后将钢板贴于预定位置。

(4) 固定、加压。钢板粘贴好后立即用夹具夹紧,或支撑固定,并适当加压,使胶液刚从钢板边挤出为宜。

(5) 固化。建筑结构胶在常温 20℃ 下,24 小时即可固化,72 小时可受力使用,固化期间不得受任何扰动。

(6) 检验。按要求拆除支撑后,可用小锤敲击钢板,从声音判断检查钢板的有效粘贴面积。按规范要求,锚固区粘贴面积不少于 90%,非锚固区粘贴面积不少于 70%。考虑到该工程的重要性,提高了验收标准,实际有效粘贴面积达到 95% 以上。

(7) 防腐处理。最后,对钢板外部进行防腐处理。

3 粘钢技术特点

采用粘钢加强工艺主要有以下优点:①施工方法简单,便于操作。只需要对加固梁的表面进行处理,用建筑结构胶将钢板与梁粘成一个整体,使之能很好地共同工作。②结构尺寸改变很小。粘贴钢板厚度为 3~6 mm,所占空间小,通常只在毫米量级内,加固后不影响结构外观。③周期短、效率高,对结构使用干扰小。由于工艺简便,钢板粘到梁上,一般 24 小时可拆除支撑,72 小时可载荷工作,因此特别适用于应急加固工程。④效果明显。通过粘贴钢板,可以有效地提高大梁的抗弯与抗剪能力,同时也能提高抗弯刚度。

4 结 语

故县水库启闭工作桥大梁裂缝在采用了粘钢加固后,自 1999 年汛前完工以来,已安全度过三个汛期,运行正常,说明加固效果良好。

【责任编辑 王 琦】

(上接第 29 页)水土流失土壤因子进行了为期 3 个月的野外测试,获得了全国范围内第一级控制性测点的原始测试数据量共 2 103 296 字节,通过对测试数据的数理统计分析,获得测点的统计分析数据量为 8 543 040 字节,初步建立了一个由不同数据类型(表格数字、图形图像、文字资料)组成的集成数据库;在数字数据库建设时,进行了数字平差、转换、归一等协同处理。土壤因子数据库的初步建立,为区域水土流失土壤因子评价模型的研究奠定了数据基础。

参考文献:

- [1] 朱显谟,田积莹. 强化黄土高原土壤渗透性及抗冲性的研究[J]. 水土保持学报, 1993, (3).
- [2] 蒋定生. 黄土高原土壤入渗速率的研究[J]. 土壤学报,

1986, (4): 299~304.

- [3] 蒋定生. 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997.
- [4] 周佩华, 吴普特, 刘国彬, 等. 黄土高原土壤抗冲性的试验研究[J]. 水土保持研究, 1997, (5): 47~58.
- [5] 周佩华, 武春龙. 黄土高原土壤抗冲性的试验研究方法探讨[J]. 水土保持学报, 1993, (3): 29~34.
- [6] 王文焰, 张建丰. 田间土壤入渗试验装置的研究[J]. 水土保持学报, 1991, (4): 38~44.
- [7] 梁音, 雷文进, 蒋平安, 等. 应用 Guelph 方法研究入渗与径流的关系[A]. 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业[C]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1997.

【责任编辑 赵宏伟】