

水土保持监测工作 4 种常用的弃渣场水土流失量观测方法的 适用性简析

王文斌

云南今禹生态工程咨询有限公司 云南昆明 650233

摘要：弃渣场作为生产建设项目的重点监测部位，水土流失是重要的监测内容。实际监测过程中弃渣场的土壤流失受侵蚀时间、坡度坡长、土壤、植被、降雨、水土保持措施等因素影响，不同方法的监测结果大相庭径。实际监测过程中监测方法各有优缺点，监测过程中需要根据弃渣场的实际情况，需要从监测点的布设难易程度、监测点及监测设备成本、操作难度、数据数据可靠性、日常监测开展难易程度、维护成本、数据准确可靠性等方面来分析比较和选择适用的监测方法。

关键词：弃渣场、土壤侵蚀、水土流失观测

Brief Analysis on the Applicability of 4 Common Observation Methods for Soil and Water Loss Amount in Spoil Disposal Areas in Soil and Water Conservation Monitoring

Wang Wenbin Wang Yongli

(Yunnan Jinyu Ecological Engineering Consulting Co., Ltd, Kunming, 650233)

Abstract: As a key monitoring site for production and construction projects, soil erosion at spoil disposal areas is a crucial monitoring content. During actual monitoring, soil loss at spoil disposal areas is affected by factors such as erosion duration, slope gradient and length, soil properties, vegetation cover, rainfall, and soil and water conservation measures, leading to significant discrepancies in monitoring results obtained through different methods. In practical monitoring work, each method has its own advantages and disadvantages. Therefore, it is necessary to select an appropriate monitoring method based on the actual conditions of the spoil disposal

area. This selection process should involve analyzing and comparing various aspects, including the difficulty of arranging monitoring points, the cost of monitoring points and equipment, operational complexity, data reliability, the ease of conducting daily monitoring, maintenance costs, and the accuracy and dependability of data.

Keywords: Spoil Disposal Area, Soil Erosion, Soil and Water Loss Observation

西南土石山区气候温和、雨量充沛、植被茂密，但山多坡陡，生产建设项目具备有弃渣量大、弃渣场地匮乏、水土流失严重的特点。在日常的水土保持监测工作中，弃渣场作为生产建设项目水土保持监测工作中重点监测部位，水土流失量监测成为了重要的监测内容，监测人员可以通过监测水土流失量的动态变化间接的反映出弃渣场的水土保持措施的防护效率，是判断弃渣场水土保持是否达标的重要指标。本文就西南土石山区以水力侵蚀为主的弃渣场的日常监测过程中常用的径流小区法、测钎法、侵蚀沟法和集沙池法 4 种土壤流失观测的方法进行简单的讨论。

1、常用的土壤流失量的监测方法及原理

根据《生产建设项目水土保持监测与评价标准》(GBT51240-2018)，重点监测部位的土壤流失量应该通过水土流失监测点观测获取。通常以水利侵蚀为主的地区的土壤流失观测方法主要采用径流小区法、测钎法、侵蚀沟量测法、集沙池法、控制站法和微地形测量法^[1]。其中：笔者结合日常监测工作经验将常用的径流小区法、测钎法、侵蚀沟量测法、集沙池法进行比较讨论。

1.1 径流小区法

径流小区法宜采用全坡面径流小区或简易径流小区，主要是利用径流小区定性观察和定量监测不同植被盖度、不同坡度坡面产流、产沙过程和土壤侵蚀量的方法。其中：全坡面径流小区的长度应为整个坡面，宽度不应该小于 5.0m。简易径流小区的面积不应小于 10m²，宜采用矩形^[1]。主要是依据设计的监测频次或每次降雨后测量泥沙集蓄设施中的泥沙含量来计算小区内的土壤流失量。主要采用以下的计算公式：

$$S_T = \rho_s Sh_s (1 - W_w) \times 10^6 \quad (\text{公式 1-1})$$

$$S_T = \rho Sh_w \times 10^6 \quad (\text{公式 1-2})$$

式中： S_T —小区土壤流失量（g）；

ρ_s —泥沙密度（g/cm³）；

S —泥沙集蓄设施底面积（m²）；

h_s —沉积泥沙的平均厚度（m）；

W_w —沉积泥沙含水量（%）；

ρ —含沙量（g/cm³）；

h_w —泥沙集蓄设施水深（m）。

1.2 测钎法

在以土质为主的稳定坡面上布设的简易土壤流失观测样方，布设测钎观测样方应选取直径小于 0.5cm、长度为 50cm~100cm 类似钉子形状的测钎，按网格等间距，沿铅锤方向打入坡面，编号登记入册。测钎间距宜为 1.0m~3.0m，每个观测样方不少于 9 根。布设完成后通过设计频次观测测钎顶部（或标识点）至观测坡面的高度变化，来计算平均侵蚀厚度，再结合土壤容重、观测坡面面积、观测坡度等综合计算土壤流失量和侵蚀模数。主要采用以下的计算公式：

$$S_T = \gamma_s S L \cos \theta \times 10^3 \quad (\text{公式 1-3})$$

式中： S_T —土壤流失量（g）；

γ_s —土壤容重（g/cm³）；

S —观测区坡面面积（m²）；

L —平均土壤流失厚度（mm）；

θ —观测区坡面坡度（%）。

1.3 侵蚀沟测量法

又称简易坡面量测法，在已经发生侵蚀的坡面，通过选定样方或针对整个坡面，测定侵蚀沟的大小和数量，计算侵蚀沟体积，结合样方或整个坡面面积及土壤容重，分析计算监测点的土壤流失量^[2]。侵蚀沟法观测时观测长度应为整个坡面，宽度不应小于 5.0m，观测断面宜均匀布设在侵蚀沟的上、中、下部，当侵蚀沟变化较大时应该增加测量断面的数量。最终通过计算计算平均沟宽、沟深，推算侵蚀体积。只监测一次的坡面也可以采用填沟法，更准确获得侵蚀体积，再结合土壤容重分析计算监测点的土壤流失量^[2]。主要采用以下的计算公式：

$$V_r = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \overline{b_{ij}} \overline{h_{ij}} l_{il} \quad (\text{公式 1-4})$$

$$S_T = V_r \gamma_s \quad (\text{公式 1-5})$$

式中： V_r —侵蚀沟体积（ cm^3 ）；

$\overline{b_{ij}}$ —侵蚀沟的平均宽度（ cm ）；

$\overline{h_{ij}}$ —侵蚀沟的平均深度（ cm ）；

l_{ij} —侵蚀沟的长度（ cm ）；

S_T —土壤流失量（ g ）；

γ_s —土壤容重（ g/cm^3 ）

i —测量断面序号，为 1, 2, ..., n ；

j —断面内侵蚀沟序号，为 1, 2, ..., m 。

1.4 集沙池法

利用布置在汇水集中出口处的集沙池，观测集沙池沉积的泥沙厚度，通过计算体积并结合土壤容重推算土壤侵蚀量的方法。按照设计设计频次观测集沙池中的泥沙厚度，一般测量集沙池的四个角及中心点的沉积厚度，计算泥沙平均沉积厚度，结合土壤容重和泥沙沉积比例，分析计算监测范围的土壤流失量^[2]。主要采用以下的计算公式：

$$S_T = \frac{h_1+h_2+h_3+h_4+h_5}{5} S \rho_s \times 10^4 \quad (\text{公式 1-6})$$

式中： S_T —汇水区土壤流失量（ g ）；

h_i —集沙池四角和中心点的泥沙厚度（ cm ）

S —集沙池底面面积（ m^2 ）；

ρ_s —泥沙密度（ g/cm^3 ）。

2、各类方法的优缺点及适宜性分析

2.1 径流小区法优缺点分析

优点：（1）径流小区法监测点范围内直接测量径流与泥沙量，避免间接推算误差，数据精度高，结果直观^[2]；（2）应用范围广，可用于降雨溅蚀、面蚀以及细沟状侵蚀等多种类型侵蚀的监测；（3）在稳定坡面上适合长期监测，可以建立土壤流失的数据模型，从而能完整准确的反应植被盖度、降雨、坡度、物质组成

等于土壤流失的存在关系；（5）技术成熟易推广。

缺点：（1）属于局部监测，监测数据代表性有限，通过以点带面的方式估算整个监测范围的土壤流失量^[2]。（2）实际监测过程中，弃渣场边坡径流小区布设难度大，成本高^[2]；（3）长期监测过程中，需要的维护成本高^[5]；（4）暴雨时集流设备易溢出或堵塞（尤其高含沙径流），造成数据丢失或不准。（5）需要稳定坡面才能布设，施工期弃渣场坡面受施工和弃土弃渣的人为影响，径流小区易损坏。

2.2 测钎法优缺点分析

优点：（1）布设难度小；（2）设施设备成本低廉，选材简单，布设方便灵活，无需监测人员长期看管^[2]；（3）监测过程操作简便，记录方便快捷，数据获取快，结果直观^[2]；（4）不影响主体工程施工。

缺点：（1）属于局部监测，监测数据代表性有限，通过以点带面的方式估算整个监测范围的土壤流失量；（2）适用范围小，仅适用土质弃渣场面蚀监测，石质弃渣场质地坚硬，不易插测钎^[3]。（3）数据精确度低，测量测钎顶部距离地表的距离时，容易受地表坡度、细微石砾、凹凸面等影响，造成测量数据不精确^[4]；（4）受外界干扰易损坏，不适宜长期监测；

2.3 侵蚀沟测量法优缺点分析

优点：（1）布设难度低；（2）设施设备成本低、选材简单，布设方便灵活；（3）监测过程操作简便，记录方便快捷，数据获取快，结果直观^[2]；

缺点：（1）易受施工影响，监测样方易损毁；（2）属于局部监测，监测数据代表性有限，通过以点带面的方式估算整个监测范围的土壤流失量；（3）适用范围小，仅适用于已发生的沟蚀短期监测^[2]；（4）监测数据受侵蚀沟断面形状和监测工具影响，数据波动大，精确度低；（5）测量工作量大，且监测过程中容易人为损坏侵蚀沟，改变侵蚀沟断面形状，影响监测数据。

2.4 集沙池法优缺点分析

优点：（1）实测过程安全，风险小；（2）直接收集泥沙，监测过程易操作，数据直观可靠获取速度快；（3）适合长期连续观测，且长期观测成本低，可以获取时间段内的累积数据；（4）可利用弃渣场截水沟出口的沉砂池作为集沙池，布设成本低；（5）属于整体监测，能够有效反应弃渣场整体的水土流失情况。

缺点：（1）日常维护成本高，每次测完需及时清理泥沙，以免影响下次测量；

(2) 对集沙池尺寸要求高，较小容易淤满，沉积效果差，造成数据不准确。较大容易造成资金浪费新增扰动占地。

2.5 各类方法适宜性分析

根据上述的分析，径流小区法监测数据精确，应用范围广，布设完成后稳定，适合长期监测，但布设成本高，布设难度大，数据代表性有限且易受主体施工影响，适合结束弃渣的弃渣场坡面进行长期的定点定位观测，用于建立不同盖度、坡度等条件下的弃渣坡面的土壤流失动态变化的数据模型。测钎法、侵蚀沟测量法，布设成本低、布设难度低，布设方式灵活，监测过程操作简便，记录数据快，但数据精确度低，数据代表性有限，且不宜长期监测，适合施工期堆渣和堆渣结束后的短期和中长期监测。集沙池法属于整体监测，数据直观可靠、准确，长期观测成本低，布设成本低，适宜长期稳定监测，但日常维护成本高，对集沙池尺寸要求高，适合已实施沉沙、拦挡和截排水措施弃渣场长期稳定监测。

表 2-1 各类方法适宜性分析表

监测方法	监测范围	布设难度	布设成本	施测难度	布设方式	数据精度	适用监测区域
径流小区法	局部监测	高	较高	复杂	较难	较高	稳定弃渣坡面长期监测
测钎法	局部监测	较低	较低	简单	简单	较低	中长期监测
侵蚀沟测量法	局部监测	较低	较低	高	简单	低	短期临时监测
集沙池法	整体监测	低	低	低	低	较高	短期、长期均能监测

3、结语

实际的监测工作开展过程中应根据监测所处的时段以及监测目标的特性情况，选择合理的监测方法，必要时可以采取多方法、多点位结合方式进行，以确保数据的准确性。随着时代的发展，传统的地面的观测已不再满足日常监测的工作需求，作为水土保持监测的工作人员，应学习将传统观测方式结合无人机航拍测绘、3S 遥感技术、地面自动化观测等新技术逐步完善监测手段，以提高监测工作的高效性和便捷性以及提高监测数据的精确性和代表性。

参考文献：

[1]中华人民共和国水利部.生产建设项目水土保持监测与评价标准[S].GB/T51240-2018, 2018.

[2] 梁刚毅,孙坤君. 生产建设项目土壤流失量监测方法适用性探讨[J],广西水利水电,2025,02:1222~124.

[3] 赵志斌,骆景夙. 小型水电站弃渣场水土流失监测方法初探[J],水土保持通报,2007(8),27(4):58~59.

[4] 庞志冲. 测钎法在水土保持监测中的应用[J],河南水利与南水北调, 2022,10: 9~10.

[5] 孙 梅,袁二江. 径流小区运行管理及观测过程中相关问题及改进措施[J],水利技术监督,2004,07:56~59.

作者简介: 王文斌, 男, 1991 年 7 月生, 汉族, 云南大理。现就职于云南今禹生态工程咨询有限公司, 工程师。通讯地址: 昆明市盘龙区龙华路万派中心 A 座 11 楼, 650233;
E-mail:1152265750@qq.com; 电话: 18082953985; 传真: 0871-63862995。