

基于自动化监测对生产建设项目临时堆土区土壤侵蚀量的研究

代 维¹ 倪庆昌¹

中兵勘察设计院有限公司 北京 100053

摘要：本次研究利用自动化泥沙监测设备对某临时堆土区土壤侵蚀量及侵蚀过程进行量化，监测时段内采集径流速度、单次径流量、单次输沙量等有效数据 199 组。通过汇总分析得到小区在观测时段内土壤侵蚀总量为 75.48kg，确定了土壤侵蚀模数为 5227 (t/km²·a)，产流阈值为 1.5~14.1mm 或 0.5~21.6mm/h，产沙阈值为 6.7~34.2mm 或 5.4~14.8mm/h，并对输沙量在单次降水过程的变化情况进行全过程刻画。

关键词：土壤侵蚀；径流小区；水土保持监测

1. 研究目的

随着在国民经济不断发展，生产建设项目不断增多，严重加剧了生态环境的破坏，国家越来越重视水土保持工作，水土保持在促进社会经济可持续发展中发挥越来越重要的作用。国外对水土流失问题的研究工作启动较早，1917 年，Miller 首次在美国建立了一个径流小区^[1]，随后美国的研究学者开始了关于水土流失量量化和土壤侵蚀模型^[2~3]的研究。国内学者也进行了大量研究工作^[4~5]。

本次研究依托基础理论、相关技术研究成果，结合新经验、新方法、新设备的应用及发展趋势，对点型项目临时堆土区水土流失进行精准和连续动态监测，为北京市平原区点型项目的水土流失量计算提供数据支撑。

2. 试验设计

临时堆土区占地面积 3.19hm²，堆高约 6m，坡面坡度集中在 15°~30°。为使本次试验更具代表性，坡度选取 25°。本次研究根据临时堆土区实际情况，布设一般小区，小区规格为垂直投影坡长 4~5m，宽 2~3m。小区主要由边界、保护带、集流设施及排水设施等组成。小区情况如图 1 所示。

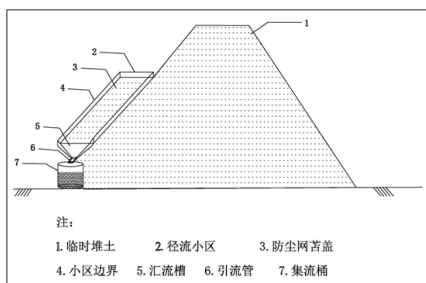


图 1 径流小区侧视图

3. 数据汇总及分析

本次研究监测时段为 2020 年 11 月至 2021 年 11 月，共采集径流速度、单次径流量、单次输沙量等有效数据 199 组。

(1) 土壤侵蚀总量

汇总数据可知，全年土壤流失量为 75.48kg，均为水力侵蚀，全部发生在降雨集中的季节（6 月~8 月），占年度侵蚀量的 100%。其中降雨最大的 7 月，水力侵蚀造成的水土流失量占全年的 92.27%。

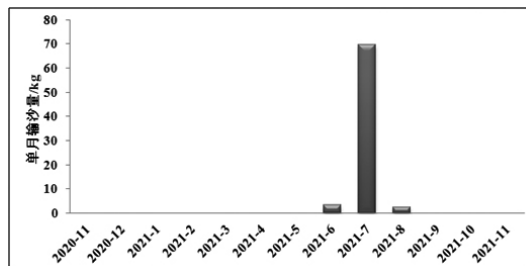


图 2 径流小区单月输沙量 (流失量) 统计情况

从图 2 可以直观看出，降水量越大的月份或季节，小区发生水土流失的情况越严重。

(2) 降雨量统计分析

在 2020 年 11 月至 2021 年 11 月间，共监测到降雨 112 场，其中小雨 89 场，中雨 12 场，大雨 6 场，暴雨 5 场，分别占比为 79%、11%、5%、5%，详见图 3。

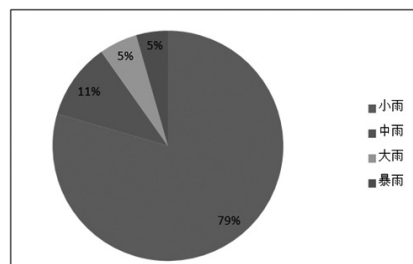


图 3 不同降雨类型占比图

4. 研究成果及结论

(1) 确定土壤侵蚀模数

简化其计算公式： $A/S*T$ ； $S=L*b$

其中：A——土壤侵蚀量，t；

S——土壤侵蚀面积， km^2 ；

L——径流小区长；

b——径流小区宽；

T——侵蚀时段，a。

根据监测成果数据汇总计算得：

$$\text{土壤侵蚀模数} = 75.48 * 10^{-3} / (14.44 * 10^{-6} * 1) = 5227 \text{ (t/km}^2 \cdot \text{a)}$$

(2) 单次径流量和单次输沙量相关性分析

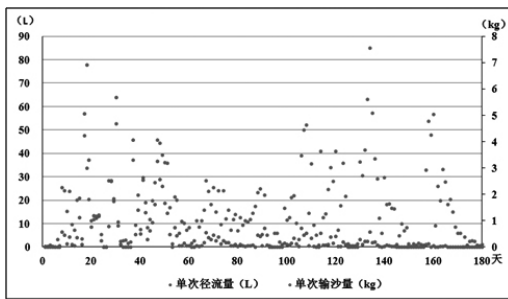


图4 单次径流量和输沙量相关性图谱

本次研究对单次降水过程对土壤侵蚀的影响做了进一步研究，从图4可以看出，单次径流量和输沙量没有绝对的相关关系。单次降水过程强度有大有小，时长有长有短。降雨初期，大部分降水入渗地表，未产生地表汇流。产生地表汇流的单次过程不一定有效携带泥沙，故不一定产生土壤侵蚀。

(3) 降雨、径流量及泥沙量相关性分析

降雨量或降雨强度达到一个临界值才能在坡面形成径流，次临界值称之为产流阈值（单位：mm 或 mm/h）。降雨量或降雨强度需要达到另一个临界值，径流才会携

带泥沙，次临界值称之为产沙阈值（单位：mm 或 mm/h）。

经统计，有效数据中产流阈值为 1.5~14.1mm 或 0.5~21.6mm/h。产流降雨有 38 场，大雨、暴雨均会导致产流，中雨中 83% 会导致产流，小雨仅有 19% 会导致产流。

产沙阈值为 6.7~34.2mm 或 5.4~14.8mm/h。产沙降雨有 12 场，暴雨均会导致产沙中雨中 33% 会导致产沙，大雨中 50% 会导致产沙，小雨不会导致产沙。

因此，大雨、暴雨是产沙的主要降雨类型。

(4) 单次降水过程输沙量动态分析

对单次降水过程下输沙量动态进行分析，选取具有代表性的暴雨过程，本次研究选取 2021 年 7 月 12 日的暴雨过程，该次降水过程历时约 20 小时，总降水量为 165mm。

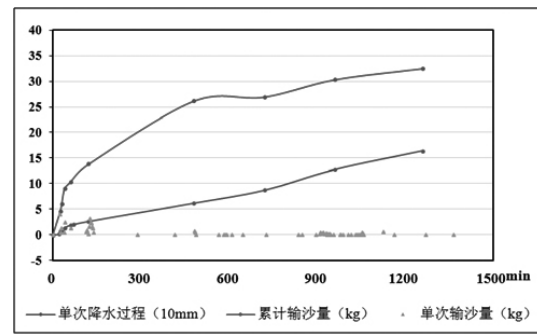


图5 输沙量在单次降水过程的变化情况

从图5可以看出降水初期，随着坡面表层土浸润至饱和，逐渐产生径流，随之携带泥沙向坡面底部流动。前 22 分钟没有输沙量，属于表层土逐渐饱和的阶段；第 22 分钟至 135 分钟输沙量较大，单次输沙量数值集中在 0.48~4.07kg 之间，占累计输沙量的 76.72%；第 135 分钟后，随着降水强度的减弱，单次输沙量有所减小，数值集中在 0.004~0.734kg 之间。整个降水过程，降水量 165mm，累计输沙量为 32.457kg。

参考文献

[1] Milkr M R Waste through soil erosion[J]. Journal Am Soc Agron,1926,(18):153- 160.
 [2] Bennet H H. Soil Conservation[M]. New York: McCraw Hill,1939.
 [3] Bunte K, Posen J W. Effects of rock fragment covers on erosion and transport of noncohesive sediment by shallow

overland flow[J]. Water Resources Research, 1993,29(5): 1415- 1424.
 [4] 祝起明. 基于云平台的水土保持数据监测系统研究与实现 [D]. 长安大学,2019.
 [5] 王小川. 浅析 3S 技术在水土保持动态监测中的应用 [J]. 低碳世界,2020,10(01):49- 50.