

自动化监测系统在水土流失观测中的引进与应用

马三保¹, 薛振章², 冯光成¹

(1. 黄河水土保持绥德治理监督局, 陕西 绥德 718000;

2. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 由于土壤侵蚀使土壤退化及土地生产力下降, 甚至威胁人类生产生活的生态环境。多年来土壤侵蚀规律研究一直是自然科学领域研究的关键性技术。20 世纪 50 年代初, 黄委会在黄土丘陵沟壑区第 I 副区设立了小流域土壤侵蚀不同类型的因子观测站网、径流小区等, 采集获得 60 a 多的原始观测资料。长期以来一直为人工观测, 成果资料多为降雨—径流—泥沙的特征点源数据, 而每次降雨侵蚀是一个连续的自然过程, 人工监测由于其因子对位性、监测数据的连续性和系统性较差, 造成研究成果只局限于土壤侵蚀影响的单因子或部分因子研究成果, 严重影响该区水土流失系统模型的开发。为了进一步提升水土流失规律研究的水平, 寻找土壤侵蚀客观真实的自然数据规律, 加快该区水土流失模型开发, 在该区引进了现代自动化的水土流失监测系统, 经过 2 a 的监测实践和成果数据的比测分析, 不仅节约了大量的人、才物资源, 而且获取了客观真实、精度较高和连续动态的水土流失过程数据, 对该区水土流失规律研究将起到积极的推动作用。

关键词: 小流域; 水土流失监测; 自动化设备引进

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2009)02—0036—03

中图分类号: S157, X830.1

Introduction and Application of Automated Monitor System in Soil Erosion Observation

MA San-bao¹, XUE Zhen-zhang², FENG Guang-cheng¹

(1. Yellow River Conservation of Water and Soil Suide Governs the Surveillance Bureau, Suide, Shaanxi 718000, China;

2. Northwest Farming and Forestry Scientific and Technical University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Soil erosion lead to soil degradation, land productivity decline, even threat the ecological environment of human production and living. Therefore, the research of soil erosion law is always the key technology in the natural sciences field for many years. At the beginning of the 50's, the Yellow River Commission has began to set up station network of small basin soil erosion with different erosion types and observation factors in the loess knoll gully area first sub region, so far more than 60 years original observational data have been collected. The observation always been manual labor, the data are of rainfall—runoff—silt characteristic point source, but each rainfall erosion is a continuous natural process, manual monitoring is lack of continuous and systematic in the position and the monitor data, causing the effects of soil erosion confined to a single factor or some factors and seriously affects the development of soil erosion systematic model in this area. So we introduced modern automated soil erosion monitoring systems in this area for promoting the soil erosion rule research, seeking the objective and real natural soil erosion data rule and speeding up soil erosion model in this area. Up to now, this monitoring process and the date analysis has been lasted for 2 year, not only saved a large number of human and material resources but also gained objective, good accurate, continuous and dynamic data of the soil and water erosion process which has a positive role to promote the research of soil and water erosion law in this area.

Keywords: small basin; soil erosion monitor; automatic equipment introduction

收稿日期: 2008-08-12

修回日期: 2008-12-26

资助项目: 黄河水利委员会基础科学研究项目“黄土高原丘陵沟壑第 I 副区小流域水土流失试验与分析”(2006-49)

作者简介: 马三保(1968—), 男(汉族), 陕西省绥德县人, 在职硕士, 高级工程师, 从事水土保持研究和管理作。E-mail: msb081123@163.com.

1 自动化建设的背景与需求分析

土壤侵蚀已成为全球性环境灾害之一,严重威胁着工农业生产与人类生存环境^[1],准确反映土壤侵蚀程度的水土流失规律研究却是解决该问题的有效途径,同时也是有效治理生态环境建设的基础性研究之一。水土流失规律研究最主要的方式是开展影响土壤侵蚀的因子降雨,不同地形地貌条件下的径流泥沙、土壤、植被对水土流失影响等进行野外观测^[2]。黄土丘陵沟壑区第Ⅰ副区绥德水土保持科学试验站50 a来,尽管布设了一系列雨量站、径流站和径流场,进行降雨、径流和泥沙等项目的观测试验,积累了大量的原始观测资料,并在当地水土流失治理、水土保持生态建设规划、设计等方面得到了广泛的应用。但截至目前,并未解决当地土壤侵蚀最关键和直接反映水土流失程度的数学模型以及其基础参数。追索其原因主要有以下几方面的因素。(1)其影响因素多,包括降雨、土壤、地形、植被等;(2)数据精度获取要求高,观测时间序列要求长,而现实观测手段简单,主要为人工观测,观测时间序列不到100 a;(3)观测工作环境条件十分艰苦,多为降雨、风沙恶劣环境。为此获取的数据误差大,系统性差,而且获取的数据为特定环境条件的点数据和特定条件下的时段平均数据,并非时空分布的连续性自然数据^[3]。很难满足土壤侵蚀自然状态下要求获取的产流产沙过程数据,所以制约了自然真实的土壤侵蚀模型建立和其正确性的验证,成为水土流失规律研究的瓶颈性问题。随着电子、计算机、遥感、通讯等自动化仪器快速发展和人们对水土流失规律认识的不断深入,可以采取现代先进的监测设备仪器,来实现不同空间点源和不同时刻点源的降雨、水沙数据采集,同时可以采取遥感遥测技术来实现不同地形地貌,不同时刻条件下土壤背景、植被盖度等全方位的客观数据^[4]。获取准确、客观和真实的水土流失影响因子参数数据,加快水土流失模型建设,尽快满足现代水土保持要求的效益评价,工程建设规划设计标准制订,水沙调控以及水土流失预报预测。

2 自动化监测系统引进与应用

2.1 自动化监测系统建设的基础条件

黄委会绥德水土保持科学试验站地处黄土丘陵第Ⅰ副区,其地形破碎、沟壑纵横,水土流失严重,侵蚀模数高达 $2.0 \text{ m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以上。为此,选择具有典型代表的水土流失观测小流域,包括治理流域和非治理流域进行降雨、沟道径流、泥沙对比观测,并设立有不同地貌、不同措施水土流失观测小区,观测不同

地貌类型、不同治理措施来水来沙情况以及综合治理小流域、不同措施减水减沙效益。

现有水土流失原型观测小流域、径流场、水沙站主要包括治理流域“大流域套小流域”的绥德韭园治理沟套王茂沟观测流域;“小流域套单项径流场”的辛店沟观测流域套育林沟不同水土保持措施的径流场;在桥沟设立具有物理成因的产流产沙模型观测流域,流域内布设一、二号支沟和沟口径流泥沙站3个,雨量站4个,并按自然地貌布设野外大型径流场8个。该流域是目前全国规模较大,观测项目较全的水土流失规律试验研究基地;在韭园治理沟与裴家岭非治理沟道建立对比观测流域,分别设立有7个雨量站和1个沟口水沙监控站。

2.2 自动化监测系统引进与应用

2.2.1 自动雨量系统引进与应用分析 以上5条典型观测小流域共布设24个雨量站,其中韭园沟流域9个,王茂沟流域2个,裴家岭流域7个,桥沟流域4个,辛店沟流域2个。过去一直沿用SJ1型虹吸式雨量计进行人工观测,2006年,为了提高观测精度,获取有效的连续降雨过程数据,通过对比试验和适应性分析,引进了JDZ-1型数字雨量计,设计采用AT89C51单片机作实时控制,存储容量128KB,连续降雨采集,每5 min存储一次数据,并利用计算机获取实时数据采集和实现打印功能,同时在计算机上可以实现对降雨数据进行过程曲线处理和Excel数据转化,便于数据后处理和资料统计、整编和分析。通过2 a实践应用,其数据格式完全符合水文观测“规范”要求。通过误差比测,次降雨在0.01~4.00 mm/min范围内,误差为±4%,允许误差±5%;日降雨量和月降雨量误差均在允许误差范围内,即日降雨误差:(日降雨次数×0.1)+(日降雨量×0.04),月降雨量误差:(月降雨次数×0.1)+(月降雨量×0.04)。同时通过实践应用比测分析,不仅次降雨起止时间一致,而且降雨量也完全一致。

2.2.2 径流、泥沙自动化监测系统引进与应用分析

上述小流域布设有7个径流、泥沙观测站,历来均按规范率定的测流断面配合水尺采用人工观测其流速、水位和泥沙含量,一般在大暴雨情况下观测的数据均为洪水不同峰值的点数据,然后按照率定的公式将观测数据整理分析为特征数据,无法获取洪水泥沙的连续过程数据。2006年,为了全面提升该典型代表区域的原型监测技术水平,对韭园沟、辛店沟、桥沟大断面和一支沟、二支沟5个水沙监测站进行技术提升和自动化改造,实现了降雨洪水情况下实时获取各类监测指标的过程数据。

韭园沟 70.7 km² 的控制流域沟口水沙监测站技术改造,通过考察和分析论证采用南京戴维科技有限公司集成设计的水阻式电子水尺水位—电超声波流速自动化遥测系统,该系统水位监测考虑到监测断面为三角槽配套溢洪道组成,所以采取复合式小水仪。水深 $H \leq 1.5$ m 时,采用水阻式电子水尺水位自动测量三角量水槽水位,并由测控软件系统利用三角量水槽水位与流量关系式自动换算流量。水深 $H > 1.5$ m 时采取非接触式超声波流速仪观测流速。电子水尺观测水位,由测控软件系统根据水文流量自动换算流量。观测指标主要有水位、流量,监测数据指标均由超声波远程传输于测控室实时数据接受系统^[5]。通过 2 a 人工比测分析以及测控软件的调试,其数据获取不仅实时准确,而且采集数据为洪水的连续数据,实现了降雨—径流—泥沙的实时过程数据获取。

桥沟沟口、一支沟、二支沟以及辛店沟沟口,由于其监测站控制流域面积均小于 2 km²,均采用中国农业大学和中国科学院水土保持研究所研发的 LTW-1 型水土流失自动监测系统,该系统由配合量水堰使用的水位传感器、红外线与连续重力感应含沙量传感器、数据采集存储器、太阳能供电设备、数据远程通讯传输 GPRS 卡和实时测控计算机管理系统组成。该系统实现了 0~750 kg/m³ 范围内的含沙量和 10 m 高度量水堰的水位测量,系统测量误差在 0.5% 以下,测量频率为《水文测量技术规范》要求的 3 s 一次数据自动采集,系统通过实时数据远程遥测,实现了控制流域沟口洪水降雨量—流量—流速—泥沙含量的连续变化过程数据获取,突破了以往流域降雨侵蚀人工监测数据的分布式、特征式和后处理式^[6]。通过 2 a 的监测实践,其监测数据获取不仅实时准确,而且确保了降雨—流量—流速—泥沙含量数据获取的同步性,为小流域土壤侵蚀模型建立提供了客观、可靠的有效数据支持,同时系统设计的计算机测控管理软件实现了及时、快捷地对自动化储存的基础数据进行处理和标准化数据库录入。

3 应用效果及存在问题

3.1 自动化监测系统应用效果分析

研究区域引进和构建的土壤侵蚀影响主要因子

降雨量、径流、泥沙含量及洪水流速等自动化监测体系,通过与人工抽样监测进行技术比测,两种方法在洪水产流的特征值产流峰值、最大流速、最大含沙量和退流时间上基本一致。但自动化监测的各类指标不仅为连续的过程数据,而且每次监测的降雨量、洪水水位、流速以及含沙量等指标具有较高的对位性,有效地提高了模型动态模拟的精度。在数据监测后处理上,一方面消除了人工计算分析过程中造成的系统误差;另一方面通过计算机编程软件按照率定的断面测流公式进行自动分析和成果报表生成,大大节省了人工资料整编的人力资源,根据 2 a 的监测运行,每年可节约 20 万元监测运行资金。同时系统录入的数据库文档以 Excel 数据表格形式,便于数据查询和访问。

3.2 自动化监测系统存在的问题

根据研究区域建设的自动化系统监测结果,其降雨指标完全可以满足水土流失模型建设的数据获取要求,对水沙控制站监测的径流、泥沙、水位和流速指标中,引进开发的自动监测系统,只能适用于流域较小,洪水泥沙含量小于 750 kg/m³ 时的监测。当洪水泥沙含量大于 800 kg/m³ 时,其监测的数据误差大。同时对于自动测报的人员要求具有计算机操作能力和熟练掌握自动化监测设备的工作原理,所以对现有开展监测的人员进行技术培训,便于随时对监测设备进行维护,确保自动监测系统的正常运行和动态数据获取。

[参 考 文 献]

- [1] 朱显谟. 黄土高原的形成与治理对策[J]. 水土保持通报, 1991, 11(1): 3-7.
- [2] 王占礼. 黄土高原典型地区土壤侵蚀研究[J]. 世界科技研究与发展, 2000(1): 76-79.
- [3] 张洪江. 土壤侵蚀原理[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [4] 袁爱萍, 段淑怀. 北京市水土保持自动化检测监测系统建设[J]. 北京: 中国水土保持, 2007(9): 53-54.
- [5] 罗勇. 依托水文观测站网优化水保监测站设计[J]. 中国水土保持, 2007(11): 54-55.
- [6] 高佩玲. 流域土壤侵蚀及径流过程自动测量系统研究[J]. 中国水土保持, 2006(12): 25-27.