

# 装配式径流小区研发与应用

赵方莹<sup>1,2</sup>, 巩 潇<sup>1</sup>, 鲁明辉<sup>1</sup>, 赵永军<sup>3</sup>, 哈进菊<sup>4</sup>, 李 璐<sup>1</sup>, 唐金晶<sup>1</sup>, 万 丽<sup>1</sup>

(1. 北京圣海林生态环境科技股份有限公司, 北京 100192;

2. 中国水土保持学会 科技产业工作委员会, 北京 100192; 3. 水利部 水土保持监测中心, 北京 100055;

4. 大通县水土保持工作站, 青海 大通 810100)

[关键词] 无碱玻璃钢; 装配式; 径流小区; 水土流失; 水土保持

[摘 要] 径流小区法是水土流失定量定位观测的基础手段, 是获取当地径流、泥沙量的常用方法之一。径流小区的科学建造是获取准确观测数据的重要保证, 现状径流小区多是采用砖、混凝土预制件等传统建筑材料砌筑而成, 存在建设扰动大、施工难度大、性能欠稳定等问题。装配式无碱玻璃钢径流小区在青海省大通县景阳镇生态清洁小流域的应用表明: 采用无碱玻璃钢材料装配式建造径流小区, 将原来的土建施工变为产品安装模式, 可提高水土保持行业的产品化水平, 实现径流小区标准化。装配式径流小区具有建设扰动减少、施工难度降低、性能更加稳定、建造周期缩短、建管成本可控等优点, 使径流小区建造更加快速便捷、经济高效、规范标准, 可提高监测数据的精准度和客观性。

[中图分类号] S157 [文献标识码] B DOI:10.3969/j.issn.1000-0941.2024.11.008

[引用格式] 赵方莹, 巩潇, 鲁明辉, 等. 装配式径流小区研发与应用[J]. 中国水土保持, 2024(11):37-41.

据 2023 年度全国水土流失动态监测结果, 我国水土流失面积达 262.76 万 km<sup>2</sup>。及时、精准地掌握水土流失及其动态变化趋势是水土保持的基础工作和必要前提。径流小区法是水土流失定量定位观测的基础手段, 是获取当地径流、泥沙量最常用、最准确、最经典的方法之一<sup>[1]</sup>, 是从微观尺度上研究和测验水土流失状况的最有效方法<sup>[2]</sup>。径流小区是研究地表降水—径流—土壤侵蚀规律的主要科研设施, 把小区作为独立的客体, 对降水、植被、截留、土壤下渗、土壤含水量和水势、植物蒸腾、蒸发, 以及径流、土壤流失量等因子进行观测, 观测成果是进行水土流失规律与效益研究的数据资料, 数据的科学性和可靠性是开展水土保持效益评估和水土流失预测预报的根本保证<sup>[2]</sup>。

我国应用径流小区开展水土流失监测始于 1922 年, 分别在山西省的沁源、宁武和山东省的青岛等地修建了径流小区, 以观测森林植被对土壤流失的影响。在 21 世纪, 径流小区法得到广泛应用, 涉及领域逐步扩展。2000 年水利部水土保持监测中心启动了全国水土保持监测网络和信息系统建设项目, 截至 2014 年在全国范围内共建成监测站点 738 个<sup>[1]</sup>。陈瑾<sup>[3]</sup>开展了多点出流 PVC 材料径流小区建设研究; 唐有臻<sup>[4]</sup>和谢颂华等<sup>[5]</sup>对水土保持监测径流小区优化设计及相关计算进行了研究。经过了 100 多 a 的发展, 径流小区法逐渐趋于成熟, 由粗略统计到精确定量, 在水土流失监测、坡面土壤侵蚀定性定量评价、水土保持措施选择等方面发挥了重要作用<sup>[6]</sup>。

中共中央、国务院印发的《关于加快推进生态文明建设的意见》和《国务院办公厅关于印发生态环境监测网络建设方案的通知》(国办发〔2015〕56 号) 中均提出要高度重视水土保持监测工作, 水利部制定的《全国水土保持信息化规划(2013—2020 年)》中明确将“国家级水土保持监测点升级”列为重点建设项目。2022 年 12 月, 中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于加强新时代水土保持工作的意见》, 要求优化水土保持监测站网布局, 加强水土保持科技创新, 促进科技成果转化和技术推广。目前, 全国建成的 738 个监测站点中有的由于建成时间较长, 存在设备老化、小区维护不到位、监测技术落后、数据准确性差等问题, 因此从 2023 年开始, 我国启动了国家级监测站点优化升级工作, 在全面考虑监测站点代表性的基础上, 选择 198 个重要监测站点进行升级改造<sup>[7]</sup>。

## 1 传统径流小区建造模式及存在的问题

径流小区的建造是准确获取观测数据的重要保证, 目前径流小区多是采用砖、混凝土预制件等传统建筑材料砌筑而成, 已跟不上现代社会建筑材料的发展趋势。通过近年来在北京、江西、广东、福建、河北、吉林、河南等地水土保持科技示范园径流观测场的考察调研, 以及参与北京市多个径流小区的建设经验, 笔者总结了径流小区传统建造模式存在的问题。

### 1.1 传统建造模式

《水土保持监测设施通用技术条件》(SL 342—

2006)和《水土保持试验规程》(SL 419—2007)(以下简称《规程》)对径流小区主体部分,即围埂、集流槽、导流管(槽)、集流桶(池)、分流箱(桶)分别作了具体规定。围埂的建筑材料要求为不渗水、不吸水的水泥板或金属板,地表出露 10~20 cm,埋入地下 20~30 cm,上缘向小区外呈 60°倾斜;集流槽一般由混凝土或砖砌水泥抹面制成,宽度(槽缘宽和槽身宽)20~30 cm,槽缘与小区坡底同高且水平,槽身由两端向下中心倾斜,倾斜度以不产生泥沙沉积为准,顶部加设盖板,槽身表面光滑,应不拦挂泥污;导流管(槽)镶嵌在集流槽下游边缘中部的最低处,用于输导收集的径流和泥沙,由镀锌铁皮、金属管或 PVC 管制成,长度一般为 50~100 cm。基于传统建造模式的径流小区采用砖砌水泥抹面、预制混凝土板勾缝的固定形式,也有部分采用金属板、石材为围埂、集流槽材料,或以 PVC 为围埂材料的临时径流小区。集流桶(池)用于收集径流小区产生的径流和泥沙,当产流量较大时,集流桶(池)容积有限,可采用一级或多级分流箱(桶)进行分流。集流桶(池)和分流箱(桶)需在顶部加设盖板,底部装备排泄阀门。集流桶(池)的分流孔数量根据产流量确定,所有孔径尺寸应一致,且均匀分布在同一水平面上。集流桶(池)和分流箱(桶)一般采用镀锌铁皮或钢板等材料制作,也可采用砖石砌筑。

## 1.2 存在的主要问题

1)建设扰动大。使用砖砌水泥、石材或预制混凝土板修筑围埂,需要开挖宽、深各 50 cm 的基础沟槽,然后夯实回填或砌筑基础,以保证基础稳定。在基础开挖、土方堆放、材料运输和堆放过程中均会加大对环境的破坏和扰动,改变下垫面的植被条件、土壤结构甚至局部地形,影响径流汇集和入渗,进而影响土壤侵蚀量测算的准确性、真实性。

2)施工难度大。由于径流小区经常会建设在交通不便的山坡地或高海拔地区,有些位置甚至没有机动车道,因此砖、石材或预制混凝土板的运输非常困难。在坡度较大的坡面施工时,砌砖水泥抹面、石材或预制混凝土板施工作业难度大。砖砌水泥抹面由于小区围埂一般单面边墙多修成刀形斜角,上缘向小区外呈 60°倾斜,连体边墙多做成 V 形用于排水,因此施工工艺要求高,施工难度大。

3)性能欠稳定。砖砌水泥抹面围埂易受冻胀危害,导致水泥抹面老化剥落、基础沉降起伏、墙体变形断裂。石板或预制混凝土板围埂的板块之间通过勾缝衔接,各砌块相对独立,当基础略有变形后,就会出现砌块位移,造成围埂断裂,直接导致径流小区内、外径

流相互渗漏,产生观测误差。金属板围埂受材料特性影响,在侧向水平方向会产生明显变形。PVC 材料围埂在露天条件下易老化,耐久性变差,且该材料较为单薄、强度低,容易发生变形和遭人为、动物的破坏。

4)建造周期长。传统模式径流小区围埂施工时工程量较大;土建施工需要多道工序且只能顺序衔接,不能平行施工;预制混凝土板需要加工定制及专业远距离运输;土建施工受季节限制。以上影响因素均会造成传统模式径流小区的建造周期长。

5)建管成本高。由于砖、水泥、石板及预制混凝土板质量大,建造材料的运输费用和施工二次运输成本高,以及在坡面的土建施工难度大、效率低,因此建造成本较高。虽然这些建筑材料的原始购买成本不高,但在径流小区特定施工建设条件下,建造成本大幅攀升。利用符合建造标准的金属材料制作径流小区,由于原材料价格高,因此建造成本也会相应偏高。另外,径流小区围埂等设施建成后的性能欠稳定、持久性差,造成后期维护工作量大、运维成本高,使得总体建管成本进一步升高。

6)修筑不标准。因传统模式集流槽槽底坡度设计未经过水流量计算及施工后期基础沉降等,造成集流槽坡降偏小或坡底不平顺,加上施工衔接、抹光等工艺问题,使得槽底糙率偏大,达不到《规程》中“槽身表面光滑,应不拦挂泥污”的标准,会造成流速减缓、泥沙阻滞,泥沙在集流槽段发生沉积。

7)数据不精确。目前,全国绝大部分径流小区数据采集仍然采用传统方法。每次降水后都要全面收集水土流失量,包括集流槽滞留的泥沙、径流池和分流桶内的悬移质与推移质<sup>[1]</sup>。泥沙、推移质在集流槽的沉积滞留,不仅造成土壤侵蚀总量不准确,同时造成产流产沙过程和历时发生偏差,采集的数据不能客观反映真实情况,从而影响监测成果的精准度和真实性。由于砖砌水泥抹面、石板或预制混凝土板集流槽的墙体都有一定的宽度,因此泥沙会在内侧墙体顶部沉积,尤其是暴雨时会沉积一定厚度的泥沙,这部分泥沙的分割计算方式对测量偏差影响非常大,直接影响测量数据的客观性。

## 2 装配式无碱玻璃钢径流小区

“PE(聚丙烯)+PA(尼龙)”材质围埂的便携式径流小区(专利号 201120414963.8),主要应用于生产建设项目临时监测点的布设。利用无碱玻璃钢模块材料组装搭建固定监测的径流小区,主要由无碱玻璃钢立柱、围埂板、集流槽及上盖、导流管、金属封边条,以及

不同方式的径流、泥沙计量系统组成,可提高水土保持行业的产品化供应水平。

## 2.1 建造方法

1) 基础工作。按照径流小区设计要求定点放线。径流小区的长度为投影长度,需要注意坡度变化和梯田等不规则地形对定点放线的影响,并且集流槽宽度不应计入径流小区的长度范围。在围埂安装位置开挖宽 20 cm 的基础沟,深度以围埂上沿控制高程为准,一般情况下深度满足 20 cm 即可。由于采用无碱玻璃钢材料围埂板,材质轻便,因此不必深挖基础,在集流槽安装位置开挖 30 cm×20 cm(宽×深)基础沟即可。开挖的所有土方有序堆放于径流小区外侧,下部采用防护材料衬垫。

2) 围埂组装。围埂由无碱玻璃钢模块立柱、围埂板及金属封边条组成。围埂板厚 40 mm、宽 500 mm,板之间及板与立柱间通过凸凹卡槽连接,立柱分 180°直线衔接和 90°拐角衔接。金属封边条为铝合金定型产品,断面分为 V 形和 M 形,单边时采用 V 形,共用小区围埂时采用 M 形。封边条安装可增加围埂的整体性,进一步防止围埂变形。

3) 集流槽组装。集流槽由集流槽槽体、支撑架、上盖 3 部分组成。集流槽槽体为无碱玻璃钢模块,按照小区设计径流量进行集流槽的断面尺寸确定,底部两侧向中间留有坡度,中间最深处预留有导流口用于衔接导流管。集流槽支撑架为不锈钢方管,设置于集流槽外围,以防止集流槽变形。集流槽上盖为无碱玻璃钢材质,上盖设计有导流孔,可避免盖上雨水流入径流小区或集流槽。上盖安装不得妨碍小区内径流流入,且可自由开启,便于清理维护和观察。

4) 导流管组装。导流管采用金属管或抗老化 PVC 管。根据水文设计计算结果,选择导流管断面尺寸时要与集流槽的选型匹配。导流管可以连接集流桶,也可以连接其他类型自动测流装置和泥沙测定装置。若采用传统的测流和泥沙测定方法,则集流桶(池)的建造与传统径流小区建设方法相同。

## 2.2 建造优势

采用无碱玻璃钢模块建造径流小区,将原来的土建施工改为定制安装模式,具有明显的优势。

1) 建设扰动减少。无碱玻璃钢模块安装时,基础施工作业只需要开挖宽 20 cm 的沟槽,施工作业开挖宽度小,并且用于堆放土方的场地也随之减小,因此扰动破坏减少,保持了原地貌的植被与地表。另外,无碱玻璃钢材质轻、运输需求小,施工道路建设对周边环境的破坏和扰动也随之减小。

2) 施工难度降低。无碱玻璃钢模块材料属于轻质

材料,在交通不便和高海拔施工现场的运输和二次搬运工作量明显减少。土建施工模式改为成品或预制成品组装模式,按照设计要求进行施工定点放线、产品组装就能顺利完成,大幅降低了坡面施工难度。

3) 性能更加稳定。无碱玻璃钢模块材料具有良好的强度和刚性,在高温和低温情况下不易变形,保证了径流小区监测的精准性。材料具有抗老化特性,性能稳定持久,强度和硬度良好,可有效防止人为、动物的破坏。无碱玻璃钢模块材料还具有良好的防火性能,可避免在火灾情况下受到破坏。

4) 建造周期缩短。目前,无碱玻璃钢模块材料已产品化,可以直接购买成品或定制加工,施工受季节影响小,工期短、速度快。

5) 建管成本可控。无碱玻璃钢模块材料材质轻、材料用量小,材料的运输费用和施工二次运输成本降低,坡面施工难度低、效率高,建造成本降低。由于性能稳定,因此后期管护工作量小,成本也随着降低,总体建管综合成本明显降低。

6) 安装规范标准。无碱玻璃钢模块材料集流槽的断面尺寸由径流小区设计径流量计算确定,集流槽可整体化生产,稳定无变形;槽底和槽壁光滑,可有效减少集流槽内泥沙沉积量;无碱玻璃钢模块材料集流槽槽壁较薄,径流小区内产生的横向过流泥沙在槽壁上不会被截留和产生沉积。装配式修筑使径流小区更加规范标准,可极大提高监测数据的精准度和客观性。

## 3 应用案例

青海省大通县景阳镇生态清洁小流域建设时,为掌握中低山区降水规律、水土流失动态变化情况、不同耕作措施引起的水土流失情况,弥补大通县中山峡谷地貌与低中山丘陵地貌水土流失监测的空白,实现监测数字化、自动化,在小流域内建设了水土流失径流观测场。径流观测场位于高海拔地区,由于无施工道路且不具备修建施工道路的条件,因此无法使用施工机械,施工难度较大。经过方案比选,最终确定全部采用装配式无碱玻璃钢径流小区,径流小区的围埂板、围埂封边条、集流槽、集流槽上盖、立柱分别见图 1(a)~图 1(e),建成后的示范径流小区、土坎梯田径流小区、坡面径流小区分别见图 1(f)~图 1(h)。

按照《规程》要求,1 个标准小区的投影面积为 20 m×5 m(长×宽),从施工建设内容、建造费用、养护工作内容、使用寿命及养护费用等方面,对传统模式径流小区和装配式无碱玻璃钢径流小区进行对比分析,见表 1。

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

采用无碱玻璃钢材料建造径流小区,将原来的土

建施工变为产品安装模式,提高了水土保持行业的产品化水平,实现了径流小区标准化。装配式径流小区具有建设扰动减少、施工难度降低、性能更加稳定、建造周期缩短、建管成本可控等优点,还可使径流小区建

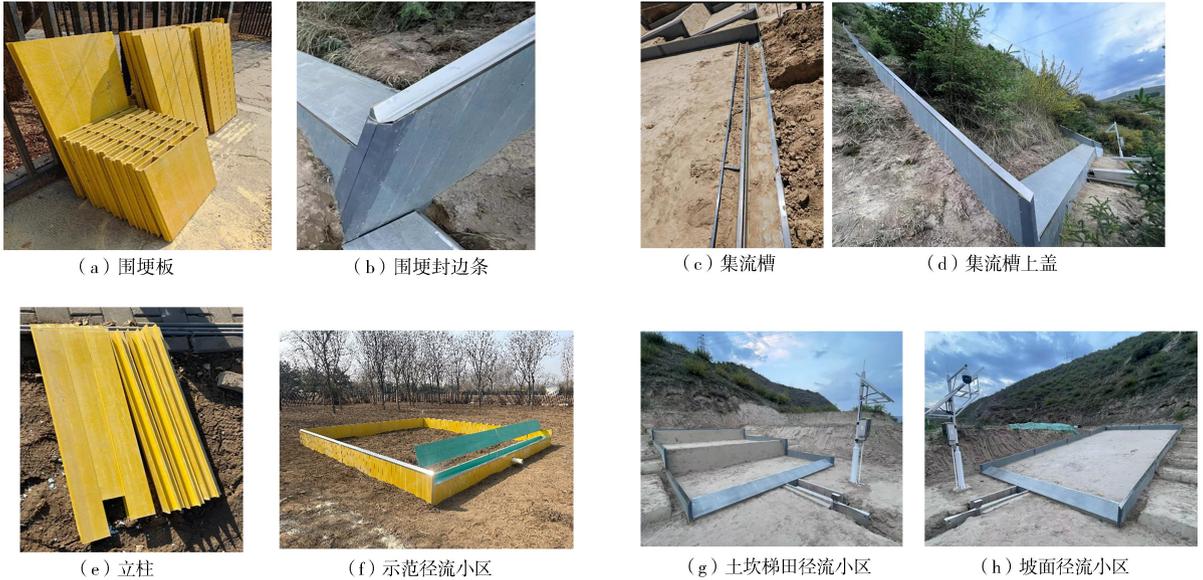


图 1 青海省大通县景阳镇装配式无碱玻璃钢径流小区现场照片

表 1 传统模式径流小区和装配式无碱玻璃钢径流小区的对比分析

项目名称	传统模式径流小区	装配式无碱玻璃钢径流小区
施工建设内容	场地平整;开挖宽 50 cm、深 50 cm 的基础沟槽;夯实回填或砌筑基础;施工便道及材料场内二次运输;砌筑围埂和集流槽	场地平整;围埂安装位置开挖宽 20 cm、深 20 cm 的基础沟槽;集流槽安装位置开挖宽 30 cm、深 20 cm 的基础沟槽,夯实回填或砌筑基础;材料场内二次运输;装配围埂和集流槽
材料及场内二次运输费/元	4 500	15 000
人工费/元	6 500	1 500
机械费/元	3 000	500
养护工作内容	变形、断裂维修,勾缝或水泥抹面;基础开挖,重新砌筑围埂	无需维修
使用寿命及养护费用	10 a 以上,每 2~3 a 养护 1 次,平均为 2 000 元/a	10 a 以上,不需新的投入

造更加快速便捷、经济高效、规范标准,提高了监测数据的精准度和客观性,具有较强的推广价值和较好的应用前景。

### 4.2 建议

1)《规程》中明确要求围埂“应由水泥板或金属板等边墙围成矩形”,但随着新材料不断涌现,多种材料皆能满足需求且更适用,建议不限定围埂材质;《规程》要求“边界埋入地下 30 cm”,但在北方寒冷地区,该埋深不足,土建基础存在冻胀危害,建议根据不同地区确定埋深,轻质材料可不受限制。

2)《规程》中的“集流槽槽身由两端向下中心倾斜”,建议改为“槽底由两端向下中心倾斜为宜”。集流槽断面和倾斜度需要根据不同地区降水量经过水文计算确定。在径流量小的地区,若倾斜度偏小,则会产生泥沙沉积现象,因此倾斜度需要适当增大。《规程》

中的“顶部加设盖板”建议增加“不影响径流流入集流槽”的条件,且盖板上部的积水需排到径流小区和集流槽以外。

3)《规程》中明确“导流管(槽)由镀锌铁皮、金属管或 PVC 管制成”,但“镀锌铁皮”属于金属材质,“PVC 管”的功能不全面,建议不限定导流管(槽)材质。《规程》中规定“长度一般为 50~100 cm”,建议当在土石山区有地质条件限制时可适当调整长度;若选择导流槽,则应封闭导流槽的上部。《规程》中未明确导流管(槽)的直径和坡度,建议增加“满足水文计算和泥沙不沉积”的相关要求。

4)利用集流桶人工方式采集径流量和泥沙量数据,误差大、时效性差,无法满足精准和高效监测的要求,建议尽快推进在线自动监测设备应用,实现径流泥沙监测的精准化、自动化。

# 长距离线性工程水土流失治理技术与效果分析

## ——以 G235 线尤溪西城至新阳段公路工程为例

余 芳

(福建中试所电力调整试验有限责任公司,福建福州 350026)

[关键词] 治理技术;治理效果;水土流失;公路工程;线性工程;G235 线

[摘要] G235 线尤溪西城至新阳(大田界)段公路工程线路全长 38.388 km,开挖范围广,水土流失治理难度较大。工程建设期水土流失总量 51 410.76 t,其中施工期 51 082.00 t,占总量的 99.36%;施工期主体工程区水土流失量 19 432.94 t,占施工期总量的 38.04%,弃渣场区水土流失量 28 405.05 t,占 55.61%。施工期为工程水土流失重点防治时段,主体工程区、弃渣场区为工程水土流失重点防治区,同时做好表土防护也是工程水土流失防治重点。应结合各防治区地理条件、水土流失现状及工程建设特点,合理配置水土保持措施。项目水土保持监测结果表明,工程所采用的水土保持措施实施后效果明显,达到了防治水土流失与恢复生态环境的目的,降低了工程建设对周边生态环境的影响。

[中图分类号] S157.2 [文献标识码] B DOI:10.3969/j.issn.1000-0941.2024.11.009

[引用格式] 余芳.长距离线性工程水土流失治理技术与效果分析:以 G235 线尤溪西城至新阳段公路工程为例[J].中国水土保持,2024(11):41-44.

G235 线尤溪西城至新阳(大田界)段公路工程为新建国道二级公路项目,由福建省三明市尤溪县西城镇至新阳镇,线路全长 38.388 km,设计时速 40 km/h。项目占地面积 147.95 hm<sup>2</sup>,其中永久占地面积 108.45 hm<sup>2</sup>、临时占地面积 39.50 hm<sup>2</sup>。工程设计路基宽 10 m,其中设计机动车道 2 道共宽 7 m,两侧硬路肩各宽 0.75 m、土路肩各宽 0.75 m。工程总挖方 852.74 万 m<sup>3</sup>,其中路基工程挖方约 825.12 万 m<sup>3</sup>,路基排水及防护工程挖方约 27.62 万 m<sup>3</sup>。工程全线设置 4 处弃渣场,主要用于堆放弃土、弃石、建筑垃圾及不良换填弃土等,共设计占地面积 7.44 hm<sup>2</sup>,总堆渣量 51.19 万 m<sup>3</sup>。项目于 2020 年 12 月开工,2023 年 7 月全线贯通。

### 1 项目区概况

工程沿线地形由剥蚀丘陵坡地、冲洪积河谷、冲洪

积沟谷、山间盆地等组成,全线走向为东北至西南向,地势总体为东北低、西南高。工程第一段线路沿尤溪河谷两岸展布,第二段线路沿剥蚀丘陵、山间盆地、沟谷、河谷及低山丘陵展布,终点位于文江溪河谷。项目区属中亚热带季风气候区,年均气温 19.2℃,年均无霜期山区 226 d、河谷低地 296 d,年均降水量 1 602 mm,降水集中于 4—6 月,7—9 月多雷阵雨。项目区占地类型主要为耕地、林地、园地等,土壤以红壤为主;植被为亚热带常绿阔叶林,现状植被分布有马尾松、杉树、毛竹、芦柑及少量灌木,森林覆盖率达 76.94%。工程沿线一般路基段工程地质条件总体较好,不存在规模较大或危害线路稳定的不良地质现象;道路建设场地抗震设防烈度 6 度,以 II 类场地为主。经实地调查,项目区以水力、重力侵蚀为主,原地貌土壤侵蚀模数 350 t/(km<sup>2</sup>·a),侵蚀强度为微度;水土流失面积 9.47

#### [参考文献]

- [1] 左长清,郭乾坤.关于径流小区若干技术问题的研究[J].中国水土保持,2016(6):43-47.
- [2] 陈本兵,穆兴民.我国水土保持监测与发展研究的思考[J].水土保持通报,2009,29(2):83-85,89.
- [3] 陈瑾.多点出流 PVC 材料径流小区建设[J].中国水土保持科学,2011,9(2):28-31.
- [4] 唐有臻.水土保持监测径流小区设计及相关计算探析[J].水土保持应用技术,2012(4):15-17.
- [5] 谢颂华,方少文,王农.水土保持试验径流小区设计探讨

[J].人民长江,2013,44(17):83-86.

- [6] 李月,周运超,白晓永,等.径流小区法监测水土流失的百年历程(1915—2014年)[J].中国水土保持,2014(12):63-66.
- [7] 王爱娟.我国水土保持监测点工作现状及规范化建议[J].中国水土保持,2017(4):66-68.

收稿日期:2024-06-01

第一作者:赵方莹(1974—),男,江苏扬州人,教授级高级工程师,博士,主要从事水土保持生态修复研究与科技产业化工作。

E-mail:2373261146@qq.com

(责任编辑 李佳星)