

集水区水土保持生态修复系统

姜通明

江苏水工建设集团有限公司，江苏南通，226300；

摘要：集水区水土保持生态修复系统包括坡、集水沟、植被、谷坊、过滤设施、分流渠和排水沟，其中坡和集水沟覆盖植被，能够提高土壤含水量；集水沟内可以采用掺加沸石粉的透水混凝土砌块砌筑谷坊，降低径流速度，且透水混凝土砌块中掺加的沸石粉对径流雨水中的含氮污染物能够起到很好的去除作用；过滤设施、分流渠和排水沟依次相连，过滤设施设置在集水区汇流处，以减少水土流失，净化水质。

关键词：集水区；水土保持；生态修复系统

DOI：10.69979/3060-8767.25.01.005

前言

集水区是指雨水汇合与集中的一个地形单位，任一溪流或沟谷都可以成为集水区，仅存在大小不同之分。集水区按照土地利用类型可分为森林集水区、农地集水区、农林混合集水区和多目标集水区。影响集水区水文现象的因子包括地质、地形、气象(能量、降水、蒸发、蒸散)、土壤、植土、动物及人类等，这些因子间相互作用互相影响。地形的影响以坡度为最大，坡度不同的集水区，水文特性有显的差异。土壤是水的主要储蓄场所，也是植物生长的根本。土壤的质地、结构、孔隙管道的大小，植物根系层间之导水度及保水力对水的储滤作用明显。集水区生态系统中的物质和能量流动主要是依靠水循环进行的。水循环过程主要包括地表不同时期的降水量、植被的截留作用、土壤的下渗作用、地表径流的形成以及水在陆地和海洋之间的循环过程等。

近年来，集区内水土流失状况令人堪忧，严重的水土流失一方面造成宝贵的水资源的白白浪费，另一方面大量泥沙淤积水库，水质受到严重污染。因此必须针对集水区水土流失状况，加强以保护水源为目的生态环境工程建设。

1 实施方案

一种集水区水土保持生态修复系统，包括坡、集水沟、植被、谷坊、过滤设施、分流渠和排水沟；

坡和集水沟覆盖植被，能够提高土壤含水量；所述集水沟内砌筑谷坊，降低径流速度；所述过滤设施、分流渠和排水沟依次相连；所述过滤设施设置在集水区汇流处，以减少水土流失。

集水区中水流的流动方向例如可以为，一场降雨后，雨水会沿着集水沟由坡上向坡下流动，依次流经谷坊、过滤设施和排水沟后流出。其中，集水沟是因地形因素，径流由高处流向低处自然形成的。

提供的集水区水土保持生态修复系统能够拦截集

水区的降雨径流，增加土壤入渗，提高土壤含水量，提高水资源的利用率，同时绿化植被覆盖率提高，增加了下垫面糙度，降低径流速度，土壤入渗性能提高，降低径流峰值，削弱径流的冲刷能力，提高水源涵养能力，减少水土流失，经过截滤作用减轻面源污染。

坡包括陡坡、斜坡、缓坡和坡脚；陡坡的坡度为 $>15^{\circ} \sim 35^{\circ}$ ；斜坡的坡度为 $>5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ；缓坡的坡度为 $>2^{\circ} \sim 5^{\circ}$ ；坡脚的坡度为 $0 \sim 2^{\circ}$ 。陡坡上种植水土保持植物；

斜坡和缓坡种植水土保持乔灌木；

水土保持乔灌木包括但不限于香樟、苦楝、乌桕、胡枝子、紫穗槐、马棘、山莓、多花木兰或柠条中的至少一种。

优选地，所述斜坡上设置水平沟，所述水平沟上种植所述水土保持乔灌木和/或撒播所述水土保持草本植物；

集水区水土保持生态修复系统，包括坡和集水沟，植被，谷坊，过滤设施，分流渠，排水沟及蓄水池，如图1所示。

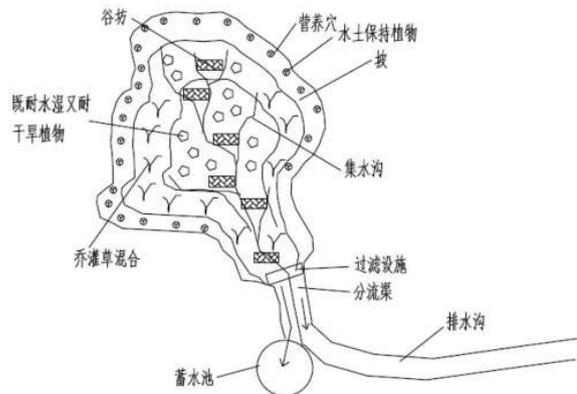


图1为集水区水土保持生态修复系统示意图

实施例中，集水区采用工程措施平整土地，坡面绿化土质条件相应的植被措施栽树种草，所述植被措施包

括乔灌草多层植被和群落多元化优化组合,大于15°的坡面用土钻打营养穴种植小灌木胡枝子,撒泼狗牙根,小于等于15°的斜坡和缓坡挖水平沟种植灌木+草本,包括胡枝子、紫穗槐、狗牙根等,集水沟内采用掺加沸石粉的透水混凝土砌块筑谷坊,谷坊内铺设砾石碎石透水不透沙。集水沟和坡脚种植有既耐干旱又耐水湿的植物,乔木+灌木+草本模式,香樟、苦楝、乌桕、胡枝子、紫穗槐、海桐、三叶草、百喜草、假俭草、狗牙根、香根草等。

实施例中,过滤设施布设有基质过滤层,由上至下布设植物(三叶草、百喜草、假俭草等既耐干旱又耐水湿的植物)、种植土层、沸石层、陶粒层、砾石层。

实施例中,分流渠根据集水区大小采用四分之一分流,分流径流入蓄水池,其余流入排水沟。

对比例 1

一种未采用修复措施的集水区。

试验例 1

实施例的修复集水区(修复区)如图1所示,对本实施例的修复集水区(修复区)与对比例1提供的对照集水区(对照区)分别采集土样,按坡上、坡中、坡下、沟上、沟中、沟下选择典型代表性采样点进行采样,对照集水区6个样点每个样点采集一组样共6个样点;修复集水区坡上、坡中、坡下、沟上、沟中、沟下分别采集3组样,选取18个样点,对照集水区与修复集水区总共24个样点。每个样点分3个层次(0-20cm、20-40cm、40-60cm)用环刀(直径5cm,高5cm)采集原状土样共72个,用于测定土壤饱和导水率(Ks)、容重。土壤容重采用烘干法测定,土壤饱和导水率(Ks)采用定水头法测定。

需要说明的是,在修复区采集坡上、坡中、坡下、沟上、沟中、沟下的18个样点中根据修复集水区植被覆盖情况分3种类型采样:1)乔木稀疏没有郁闭生长灌木处为灌草采样点;2)乔木附近没有灌木的样点为乔草采样点;3)乔木下有灌木分布且布设谷坊的样点为乔灌草+谷坊采样点。选取样点时避开乔木尽量减少树根的影响。

定水头法:将采回的土样称重,放于托盘浸泡48小时使水分饱和,浸泡时水位位于环刀高度的1/2处。实验开始前调整好水头,将饱和土样放入测定仪的土室内并开始测定。待水流稳定流出后开始计时,每三分钟测定一次出水量,共测定三次,求平均值,测定完成后

对饱和导水率进行计算。

试验结果如表1-表7和图中所示。

表1 对照区及修复区土壤容重、导水率

	容重(g/cm ³)		Ks(mm/min)	
	平均值	标准差	平均值	标准差
对照区	1.36	0.09	1.82	0.54
修复区	1.28	0.18	2.49	0.58

表2 对照区及修复区坡面、沟道土壤容重、导水率

	容重(g/cm ³)		Ks(mm/min)	
	平均值	标准值	平均值	标准值
对照区坡	1.39	0.09	1.69	0.52
对照区沟	1.32	0.07	1.95	0.55
恢复区坡	1.38	0.09	2.19	0.49
恢复区沟	1.18	0.20	2.79	0.49

表3 不同修复措施土壤容重、导水率

	容重(g/cm ³)		Ks(mm/min)	
	平均值	标准差	平均值	标准差
对照区	1.36	0.09	1.82	0.54
灌草	1.38	0.09	2.19	0.54
乔草	1.22	0.18	2.60	0.39
乔灌草+谷坊	1.17	0.23	2.96	0.55

分别将对照区和修复区样本的数据取平均值,结果如表1和图2和图3所示。可以看到,修复集水区的土壤容重(1.28g/cm³)总体上小于对照区(1.36g/cm³),修复集水区平均饱和导水率Ks为2.49mm/min,相比对照区平均饱和导水率Ks(1.82mm/min)提高了36.81%(表1,图2,图3),尤其在修复区沟道(平均Ks为2.79mm/min)(表2)和乔灌草+谷坊部位(平均Ks为2.96mm/min)的土壤饱和导水率提高最为显著(表3)。修复集水区样地内不同类型样点的Ks排序为乔灌草+谷坊(2.96mm/min)>乔草(2.60mm/min)>灌草(2.19mm/min)(表3),说明乔灌草+谷坊对土壤渗透性具有显著的改善作用。

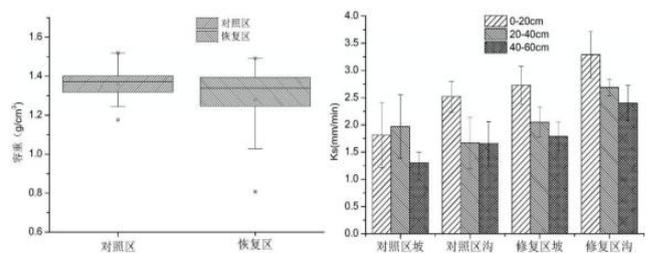


图2 对照区及修复区土壤容重箱图

图3 对照区及修复区坡面、沟道各土层土壤容重

表4 对照区及修复区坡面、沟道各土层土壤容重

容重 (g/cm ³)	对照区域		对照区沟		修复区域		修复区沟	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
0-20cm	1.38	0.18	1.27	0.10	1.30	0.09	0.92	0.09
20-40cm	1.37	0.02	1.35	0.04	1.39	0.05	1.28	0.09
40-60cm	1.43	0.03	1.34	0.03	1.44	0.05	1.35	0.03

表5 对照区及修复区坡面、沟道各土层土壤导水率

Ks (mm/min)	对照区域		对照区沟		修复区域		修复区沟	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
0-20cm	1.81	0.60	2.52	0.28	2.73	0.35	3.29	0.43
20-40cm	1.97	0.58	1.67	0.47	2.05	0.28	2.69	0.15
40-60cm	1.30	0.20	1.66	0.40	1.79	0.26	2.40	0.33

表6 不同修复措施各土层土壤容重

容重 (g/cm ³)	对照区		灌草		乔草		乔灌草+谷坊	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
0-20cm	1.32	0.14	1.30	0.09	0.99	0.13	0.89	0.09
20-40cm	1.36	0.03	1.39	0.06	1.32	0.04	1.25	0.14
40-60cm	1.38	0.05	1.44	0.04	1.34	0.03	1.37	0.03

表7 不同修复措施各土层土壤导水率

Ks (mm/min)	对照区		灌草		乔草		乔灌草+谷坊	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
0-20cm	2.17	0.57	2.78	0.38	2.92	0.41	3.64	0.15
20-40cm	1.82	0.50	2.04	0.31	2.57	0.25	2.73	0.12
40-60cm	1.48	0.34	1.74	0.21	2.30	0.25	2.52	0.39

2 有益效果

对比修复前后对照区和修复区各土层容重,修复区坡面土壤容重与对照区相比变化较小,修复区沟道土壤容重显著减小,随土壤深度的增加容重逐渐增大。对比修复前后对照区和修复区各土层饱和导水率而言,总体上表层至60cm深度处土壤Ks逐渐减小,修复区与对照区相比Ks提高,修复区沟道Ks提高显著。恢复区各层次Ks差异较小,修复区各层次较对照区显著提高,且修复区的沟道各层次的土壤Ks高于坡面土壤的Ks,可

能是由于沟道里枯枝落叶多土壤有机质含量相对较高。

且从不同修复措施看修复区的土壤容重较对照区减小,主要体现在0-20cm土层,乔灌草+谷坊模式土壤容重降低显著,表明修复措施可以改善土壤的物理特性,表层土壤效果较为显著,同时乔灌草+谷坊模式土壤Ks提高也最显著,主要表现在0-20cm土层,与对照区、灌草和乔草相比分别提高67.74%、30.94%、24.66%,说明乔灌草复合模式结合工程措施对土壤渗透性具有显著的改善作用,修复措施能够拦截集水区的降雨径流,增加土壤入渗,提高土壤含水量,提高水资源的利用率,同时绿化植被覆盖率提高,增加了下垫面糙度,降低径流速度,修复后的土壤入渗性能提高30%以上,降低径流峰值,削弱径流的冲刷能力,提高水源涵养能力,减少水土流失,经过截滤作用减轻面源污染。

3 结束语

集水区水土保持生态修复系统,该生态修复系统能够拦截集水区的降雨径流,降低径流峰值,削弱径流的冲刷能力,增加土壤入渗,提高土壤含水量,减少水土流失,能够解决上述问题中的至少一种。

参考文献

- [1] 顾亚兰,伍卓琼,刘雁丽,等.集水区水土保持生态修复系统:CN202110772064.3[P].CN202110772064.3[2025-03-10].
- [2] 莫明浩,方少文,杨洁,等.红壤小流域水土治理模式及其环境效益分析[J].江苏农业科学,2017,45(7):4. DOI:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.07.074.
- [3] 孙昕.南方红壤区典型小流域水土保持综合效益评价[D].南京林业大学,2009. DOI:10.7666/d.y1645267.