

子午岭林区土壤侵蚀与生态环境 关系的研究内容和方法

唐克丽 郑粉莉 张科利 王斌科 蔡庆 王文龙

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

摘要 围绕子午岭天然次生林区土壤侵蚀与生态环境演变关系的研究主题,着重讨论研究背景,研究内容和研究方法。以典型调查和定位观测相结合,分析研究植被的破坏与恢复对土壤侵蚀的影响。通过建立大型径流场,动态监测不同地形部位林地与开垦地的土壤侵蚀演变过程,包括降雨、径流、入渗和侵蚀量的变化,细沟侵蚀和浅沟侵蚀的演变,土壤侵蚀与土壤退化的演变,坡、沟侵蚀的演变;同时结合进行野外人工降雨试验,林地和开垦地小气候对比观测等。初步建立了一整套宏观与微观相结合的研究体系,在黄土高原残留林区建立了土壤侵蚀与生态环境观测站,填补了国内空白。

关键词 土壤侵蚀 生态环境 子午岭林区 林地开垦 观测站

Research Subjects and Methods of Relationship between Soil Erosion and Eco—Environment in the Ziwuling Forest Area

Tang Keli Zheng Fengli Zhang Keli Wang Binke Cai Qing Wang Wenlong

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica

and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract The Ziwuling forest area is taken as main research subjects, the relationship between soil erosion and eco-environment change has been researched in this paper, the research subjects and methods have been discussed. Using methods of typical field investigation with site dynamic observation, effect of vegetation destruction and restoration on soil erosion has been analysed. Through establishing large runoff plots, using simulated and local climate observation, soil erosion change process of forest land and reclaimed land in different topographical types has been monitored, which includes rainfall, runoff, infiltration and soil erosion amount change; change of rill erosion and shallow gully erosion; change of slope surface erosion and gully or valley erosion. A series of systems of connection macro—research with micro—research have been established. Establishment of observatory of soil erosion and eco—environment in the residual forestry region of the loess plateau fills gap in china.

Key words soil erosion eco—environment the Ziwuling forest area reclaimed forest land observatory

收稿日期:1993—03—01

* 国家自然科学基金资助重大项目《黄河流域环境演变与水沙运行规律》

有关生态环境对土壤侵蚀的影响,具体说即植被因素对土壤侵蚀的影响,至今尚存在较大的争议。该问题直接关系到重新追溯黄土高原的水土流失和黄河泥沙的起源和发展过程,关系到黄土高原水土流失的治理方针和治黄的一系列重大决策。

黄土高原的水土流失和黄河泥沙问题,一般公认为起源于人类社会出现前的地质时期,但对于影响侵蚀强度的因素及其发展趋向,出现了不同的见解,对此,我们曾作了专门的研究和评述^[1,2]有的研究者提出,黄土高原的千沟万壑,远在人类社会出现之前就已形成,当时不存在人类对植被的破坏,因此黄土的侵蚀、搬运和沉积过程,基本上是一个物理风化为主的机械过程,不应把黄河看成是生态破坏的象征。有的文献报导,地质构造抬升和气候因素对黄土侵蚀和黄河泥沙起着重要作用。我们在分析上述研究结论的基础上,同时也从地质时期和出现人类社会后的历史时期,研究论证了黄土侵蚀和黄河泥沙的发生发展过程^[1,2]强调了地圈—生物圈相互作用对侵蚀的影响^[3]就生态环境演变对侵蚀的影响,进行了专门的论述。现代黄土高原的天然植被绝大部分已遭到人类破坏,森林覆盖率为 6.5%,主要分布在山地,仅在子午岭地区的黄土丘陵尚残存一片天然次生林区,为研究植被因素对土壤侵蚀的影响提供了珍贵的研究场所。本文着重讨论如何利用该区的自然背景进行土壤侵蚀与生态环变关系的研究,主要包括试验研究区概况、研究项目的设计、技术路线、研究内容和研究方法。

1 试验研究区概况

试验研究区设于子午岭林区内的陕西省富县任家台林场,地理位置为东经 109°11',北纬 36°05'。地貌类型属梁状黄土丘陵沟壑区,海拔高程 920~1 683m,相对高差 100~150m,沟谷密度 4.5km/km²。地面组成物质主要以新黄土、老黄土为主,有些沟谷底部出现三趾马红土和白垩系砂、页岩。本区地处新构造运动强烈抬升区,滑坡面出露频繁,但多已为林草植被所覆盖和固定。年均气温 9℃,年均降水量 576.7mm,多集中在 7、8、9 三个月,占全年降水的 60%以上。最大一月降水占全年降水的 25%~40%,最大一日降雨量 50~80mm。区内林木郁闭度达 0.7 以上,主要树种有山杨、白桦、辽东栎、榆树和杜梨等。林下草灌覆盖度达 0.9 以上,主要有绣线菊、二色胡枝子、栒子木、黄刺玫、山桃、酸刺、四季青、铁杆蒿、白草、羽茅、野菊等。林下的枯枝落叶层厚度 2~5cm。阴坡及半阴坡的森林长势较阳坡好,梁峁顶部多为旱生草灌植被,局部有散生的杜梨分布。

试验区的土壤类型属于森林草原植被下发育的褐色土型土壤。在自然植被恢复前,本区土壤已遭到强烈侵蚀,故土壤剖面发育程度不深,除土层上部发育有厚约 30cm 的腐殖质层外,化学风化作用较弱,无明显的淋溶层和淀积层。腐殖质层为密集根系所固结,有机质含量 3%~7%,>0.25mm 水稳性团粒结构含量达 45%~60%;其以下的土层即为接近黄土母质的过渡层,有机质含量在 1%以下,水稳性团粒结构含量低于 30%。

2 子午岭林区土壤侵蚀与生态环境的演变关系

植被是生态环境演变的主导因素,其中包括植被同气候演变而发生的自然退化或自然恢复发展过程,人类活动对植被的破坏或重新建造后的演变。有关黄土高原历史时期以来森林植被变迁的宏观调查研究,史念海等已作过较详尽的卓有成效的论述。通过对子午岭林区作典型剖析,并开展定位观测研究,对分析植被演变对土壤侵蚀的影响,可取得至关重要的论证。人类社会由狩猎、放牧为主而发展为以农业为主的过程,往往出现对森林、草场自然植被的破坏现象,并导致土壤侵蚀的发展。对于这一个过程的发生发展,特别是土壤侵蚀的定量评价,至今尚未见专门的报导。

据历史考证,明朝前的子午岭地区森林茂密,山青水秀。随着人口增长,毁林开荒日趋严重,到

了明清时代,大部分的森林已遭破坏,土壤侵蚀十分严重。到了1866年,该地因战乱和民族纠纷,人口逃亡,田地荒芜,植被逐渐自然恢复,形成了今日梢林景观,林木郁闭度0.7~0.9,基本上达到了自然生态平衡状况。土壤侵蚀由人为加速侵蚀逐渐恢复为自然侵蚀,成为当今黄土高原残存的唯一的次生林景观,代表了自然景观下的侵蚀概况,为研究植被演变与土壤侵蚀的关系,分析评价自然侵蚀和人为加速侵蚀,提供了研究场所。

自20世纪40年代以来,我国就开始应用设立径流小区的方法,观测研究坡地水土流失量。这些径流小区多设在遭受严重侵蚀的地区,主要用以研究比较不同坡度农耕地的水土流失量,以后又发展为不同水土保持措施效益的比较。

天然林草地经人为开垦后所发生土壤侵蚀的变化,是阐明人为活动加速侵蚀过程的重要依据,是目前研究的薄弱环节。为此,我们选择子午岭林区研究探讨以下几个问题。

2.1 子午岭林区土壤侵蚀与生态环境历史演变的调查研究

着重调查研究子午岭林区植被恢复前后的土壤侵蚀状况,自然和社经条件变化对侵蚀强度的影响;结合收集林区内和邻近非林区小流域径流、泥沙的观测资料,分析评价森林对削减洪峰流量和泥沙量的效益。

2.2 林地开垦前后土壤侵蚀演变过程的研究

研究比较林地和林地开垦后不同降雨情况下,坡面径流、入渗和土壤侵蚀量的变化;开垦地坡面片蚀、细沟侵蚀和浅沟侵蚀的发展演变过程及其侵蚀量评估;探讨对开垦地控制侵蚀的有效途径。

2.3 不同地形的林地开垦前后土壤侵蚀的演变和强度变化

研究比较梁峁坡面、谷坡及梁峁坡和谷坡降雨径流汇集面和汇集量的变化对侵蚀产沙的影响;探讨坡、沟侵蚀发展演变的关系,坡、沟治理措施的合理配置。

2.4 林地开垦后加速侵蚀与土壤退化过程的研究

研究比较林地开垦前后土壤剖面、土体构形、土壤物理和化学性质的变化、营养元素的迁移及生物多样性等,阐明土壤侵蚀对黄土特性及土壤肥力的影响;为评价预测侵蚀土壤的生产力及其改良途径,提供科学依据。

2.5 植被的破坏和恢复对土壤侵蚀和小气候生态环境影响的观测研究

研究对比林地、林木砍伐迹地及开垦地的大气降雨、温度、湿度、风速、地温、土壤水分和蒸发等小气候环境。

因森林砍伐引起大气环境的变化、土地沙漠化和水土流失的发展,为当前世界性的重大环境问题。本文的研究不仅在于阐明黄土高原土壤侵蚀的演变,同时将为“全球变化”项目,提供重要的佐证;为“全球变化”观测研究网络提供基地。^[3]

3 子午岭林区土壤侵蚀生态环境演变研究的技术路线

为进行上述5个项目的研究,采用野外宏观考察和典型详查相结合;定位观测和人工降雨试验相结合;野外试验和实验室分析相结合的综合技术路线,并建立了一套系统的研究方法。

3.1 典型区的调查研究和剖析

黄土高原土壤侵蚀区域特征的考察研究说明了植被因素的重要作用,尤其是人为活动对植被破坏所造成土壤侵蚀区域性的宏观影响。^[4]我们以子午岭林区内洛河三级支流——瓦窑沟小流域为中心,进行了林区内及邻近森林已遭破坏地区的地质、地貌、植被、土壤、土壤侵蚀、水文、气候及人为活动的考察和调查访问;并结合航片对照判读,收集区域内水文站观测资料和有关县的人文历史

记载。在上述基础上,分析研究子午岭林区植被恢复前后的土壤侵蚀特征。

3.2 土壤侵蚀和生态环境演变定位观测站的建立

有关植被因素对土壤侵蚀的影响及其对黄河泥沙的增减作用,争议一直较大,其重要原因在于缺乏有力的科学论证。我们利用子午岭天然次生林区的有利条件,在富县任家台林场的瓦窑沟小流域建立定位观测站,重演人为砍伐森林和开垦影响下的土壤侵蚀发生发展的全过程。为了能取得代表林地特点的观测资料,特别考虑到黄土丘陵区坡面侵蚀的特点,我们设计了以自然坡面为基础的大型径流场,在试验布设和观测项目上,也有了新的补充和改进,从而取得了一些新的论证资料。

3.2.1 大型径流观测场的布设

黄土高原坡面土壤侵蚀规律的研究方法,长期来均采用传统的,并已标准化的 100m² 的径流小区,其宽度为 5m,长为 20m,坡面均为经平整的直形坡。我们通过黄土高原杏子河流域水土保持的考察研究和黄土高原坡耕地浅沟侵蚀的专门研究^[5,6]提出了浅沟侵蚀在坡面侵蚀过程中的重要地位。在黄土丘陵沟壑区,坡面浅沟侵蚀量平均可占坡面总侵蚀量的 30%左右,高者可达 70%。通常设置的 100m² 的坡面径流小区不包括浅沟侵蚀,其结果所推算的坡面侵蚀量显然低于实际侵蚀量。子午岭林区系天然次生林区,地貌类型属黄土丘陵区,森林恢复前该地区曾遭到强烈的开垦,坡面浅沟发育明显,其坡面已被浅沟分割为若干小地形单元。以一条有代表性浅沟的径流汇集面为单元建立径流小区,其观测值即可代表该地区沟间地坡面的侵蚀量。另一方面,本区林木生长繁茂,林、灌、草层次明显,如果仅以 100m² 的径流小区不能包括实际生态环境,因此,也有必要设立超越原定标准的大型径流观测场。此外,水土流失治理中治坡与治沟的布署,也一直存在着不同的见解。如果从林地开垦的原始状态起,就考虑到坡、沟侵蚀的发生发展规律及其相互作用,有助于回答治坡与治沟的战略布署和合理配置等问题。对此,我们以代表沟间地的梁坡和代表沟谷地的谷坡分别布设试验。

根据以上论点,我们设计了 9 组处理的大型径流场布设方案:①梁坡林地;②梁坡林地开垦农地;③梁坡林地开垦裸露休闲;④谷坡林地;⑤谷坡开垦农地;⑥谷坡开垦裸露休闲;⑦梁坡+谷被坡林地;⑧梁坡+谷坡林木砍伐地;⑨梁坡+谷坡开垦裸露休闲,此外,还补充了两个面积为 100m² 的标准径流小区,即梁坡林地和梁坡林地开垦裸露休闲,与以上大型自然坡面径流场进行对照。

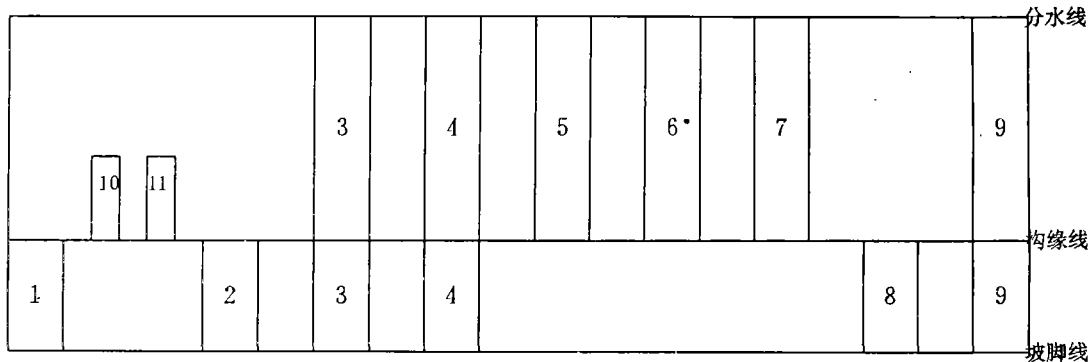


图1 径流场布置平面示意图

根据设计方案,在实地勘测建场过程中,由于地形条件的复杂性,不同处理的布设根据地形特点进行调整,每个径流场的宽度和长度基本上根据自然坡面的特点进行定点定线,面积变幅较大。野外实地径流场的布设如图 1,各个径流场的基本特征如表 1。

表1 径流小区参数特征

小区号	面积 (m ²)	坡度 (°)	平均宽度 (m)	平均长度 (m)	植 被	枯枝落叶 层厚(cm)
1	233.5	37~42	8.93	38.2	白桦、辽东栎、山杨为主,郁闭度0.7以上	2~5
2	243.2	37~41		18.8		
3	1409.7	梁坡:14~35 谷坡:38~42	梁坡:12 谷坡:13.5	梁坡:84.4 谷坡:51.9		
4	1611.8	梁坡:14~32 谷坡:38~42	梁坡:12.5 谷坡:17.3	梁坡:92.3 谷坡:48.1	梁坡以辽东栎为主、谷坡以白桦、辽东栎、山杨为主,郁闭度0.7以上	2~5
5	965.8	14~22	14.2	20.2	辽东栎为主,郁闭度0.7以上	2~5
6	995.2	5~34	15.6	26.5		
7	1144.2	14~32	13.8	99.2		
8	406.5	32~41	10.0	410		
9	2262.1	梁坡:5~34 谷坡:38~40	梁坡:17.7 谷坡:11.6	梁坡:122.1 谷坡:30.4		2~5
10	100	32	5	20	辽东栎为主	2~5
11	100	32	5	20		

3.2.2 径流场降水、径流和侵蚀、产沙的观测方法

3.2.2.1 观测站小气候环境观测。以林地和开垦地作对比,分别布设降雨、气温、湿度、风速、地温的观测项目。其观测方法和频率均按县气象站标准。降雨观测项目的布设在于分析降雨量、降雨强度及林冠截留量的变化。土壤水分变化是研究对比林地和开垦地的重要数据,尤其是前期土壤含水量是影响降雨侵蚀强度的重要因素。土壤水分测定点的布设范围包括 11 个处理的全部径流场;每个点测定深度为 1~2m;测定次数除每月上、中、下旬定期测定外,每次降雨产流后均进行测定。

3.2.2.2 径流场泥沙量的观测。分为径流泥沙集流箱和分水箱的设计和测试方法两部分。

以一日最大降水量为 50mm,林地产流系数(τ)0.02 和开垦地的产流系数(τ)0.8 为基础,估算不同面积径流场(A_n)的产流量(R_n), n 为径流场的编号。

$$R_n = 50 \times \tau \times 10^{-3} \times A_n$$

根据产流量(表 2)确定分水箱和集流箱的容积以及分水孔相应安置的高度。根据不同处理径流场产流量确定是否采用分水箱和采用一级或二级分水箱(表 3)。

林地和砍伐地的产流量不大,根据估算的产流系数和实际产流量,设置一级分水箱即可满足要求。

表 2 径流场产流量估算

径流场号	处 理	面积(m ²)	估算产流量(m ³)
1	谷坡林地	253.5	0.2535
2	谷坡开垦地	243.8	9.752
3	梁坡+谷坡开垦地	1409.7	56.388
4	梁坡+谷坡林地	1664.8	1.4097
5	梁地林地	965.8	0.9658
6	梁坡开垦地	995.2	39.808
7	梁坡开垦农地	1144.3	45.772
8	谷坡开垦农地	406.5	16.260
9	梁坡+谷坡砍伐地	2262.1	2.262

在设计分水箱的分水孔数和孔径时,我们参考了设置在水土流失严重区分水箱的设计方案。分水量为 1/9 或 1/11,分水孔径 30mm。经第一年的实地观测,由于林地开垦后,大量植物根系和枯叶落叶随同径流泥沙一起搬运,常常堵塞分水孔而造成漫溢。为此,在保证径流稳定的基础上,把安置在开垦地分水箱的孔径加大到 80mm,从而消除了分水孔堵塞漫溢现象。

测试方法为每次降雨后测定各个径流场的产流和产沙量。分别量取分水箱和集流箱内含泥沙水样的深度(h),然后计算总径流量。

总侵蚀量或产沙量由单位体积径流的含沙量和总径流量测算得出,将分水箱和集流箱内含泥沙水样搅匀取样,每次按 1 000mL 容积定量取样。根据产流产沙量的多少,确定取样的数量,以求其代表性。将泥沙样品烘干、称重求得单位体积的含沙量(kg/m³)。根据总径流泥沙样体积和含沙量求得总产沙量(kg);再根据不同处理的径流场,求得每次降雨侵蚀模数(t/km²)。以全年观测取得的径流量和泥沙资料,计算得出年径流模数和年侵蚀模数。

3.2.3 径流场土壤侵蚀过程及其机理的研究

着重研究土壤侵蚀过程中细沟和浅沟侵蚀的发展演变;研究土壤侵蚀和土壤退化过程的机理。

3.2.3.1 坡面细沟和浅沟侵蚀的观测研究方法,主要直接在野外进行实际量测。每次降雨产流后,量测径流场发生细沟和浅沟侵蚀的特征,诸如细沟和浅沟发育的长度、宽度和深度,发生细沟和浅沟的坡形和部位,临界坡长、坡度、汇水面积,间隔距离和密度等。应用以上特征值,分析计算细沟侵蚀量,浅沟侵蚀量及其各自在总侵蚀量中的地位和作用。根据本研究项目的主题,特别应注意新开垦的林地细沟和浅沟侵蚀发生发展的特点,并与水土流失严重区耕地上的侵蚀特点作比较,深

表 3 分水箱和集水箱设计尺寸

小区号	处 理	分水箱 1				分水箱 2				集水箱		
		直径 (m)	分水槽 高度(m)	容 积 (m³)	分水槽 个数	直径 (m)	分水槽 高度(m)	容 积 (m³)	分水槽 个数	直径 (m)	高 度 (m)	容 积 (m³)
1	谷地林地									0.78	0.60	0.2867
2	谷坡开垦裸露休闲	0.95	0.60	0.4253	11	0.95	0.60	0.4253	9	0.78	1.2	0.5734
3	梁坡+谷坡开垦裸 露休闲	0.95	0.60	0.4253	11	0.95	0.60	0.4253	11	0.95	1.2	0.8506
4	梁坡+谷坡林地	0.78	0.60	0.2857	9	0.78	1.2	0.5734				
5	梁坡林地	0.78	0.60	0.2857	9					0.78	1.2	0.5734
6	梁坡开垦裸露休闲	0.95	0.60	0.4253	11	0.78	0.60	0.2867	0.95	1.20	0.8560	
7	梁坡开垦农地	0.95	0.60	0.4253	11	0.78	0.60	0.2867	11	0.95	1.20	0.8560
8	谷坡开垦农地	0.95	0.60	0.4253	11	0.78	0.60	0.2867	9	0.95	1.20	0.8506
9	梁坡+谷坡砍 伐迹地	0.95	0.60	0.425	9					0.95	1.20	0.8506

人探讨土壤侵蚀过程与生态环境演变的内在机理,开展细沟侵蚀量,浅沟侵蚀量预测预报的研究。

除应用直接量测法外,也可采用横截面插针摄影法,并应用计算机研究测算细沟和浅沟侵蚀。

3.2.3.2 土壤侵蚀和土壤退化过程机理的研究。径流场产流、产沙的观测数据及取得的径流和泥沙样品,为研究土壤侵蚀过程中的元素迁移和土壤退化机理,提供了有利条件。除每次降雨产流后采取径流、泥沙样以外,同时在径流场的不同部位定期采取土样,研究比较流失地土壤和流失的泥沙样之间物理、化学和生物特性的变化。测定的主要项目有:颗粒组成,有机质,氮,磷、钾、微量元素,微生物区系及有关的矿物组成。对于新开垦的林地,应注意观测研究土壤剖面 and 土体结构的变化,土壤与植物根系之间的变化、土壤水分特性和土壤抗冲抗蚀性的变化等。

3.3 土壤侵蚀过程的人工降雨试验研究

建立大型径流场的定位观测研究是系统研究土壤侵蚀演变及其与生态环境关系的最为基本的方法,但周期比较长,各种试验处理也有限。辅助一定的人工降雨试验,特别是人工控制多种雨型和设计多种处理,即可以补充取得较为系统的、规律性的资料。根据在林地进行试验的特点,我们采用侧喷式降雨装置^[9]雨滴降落高度可达9m以上,基本上可覆盖树高9m以下的林冠;同时可满足0~4mm雨滴降落的终点速度。根据野外侧喷式降雨装置的规格,径流小区的面积控制在7.5m²范围内,宽1.5m,长5m。配合人工降雨试验可补充人工放水,即人工径流或人工汇流与人工降雨相结合的试验。

根据林地和林地开垦的特点,可在较短的时间内集中进行林冠截留降水、地面枯枝落叶层拦蓄降水径流、植物根系对土壤固结作用及不同开垦年限土壤侵蚀特点的多种处理的试验研究。另一方面通过人工降雨试验,可进行一次降雨情况下的产流、产沙过程的研究;同时可与大型径流场作对比,进行细沟侵蚀,浅沟侵蚀和土壤退化过程及其机理的观测研究。通过在子午岭林区进行的人工降雨和人工放水试验所取得的资料,对补充说明土壤侵蚀与生态环境关系的研究,具有重要的科学价值。有关人工降雨的具体方法及已取得的初步成果,在本论文集中有专门的论述。

参考文献

- [1]唐克丽、蔡庆.黄土高原土壤侵蚀过程和生态环境演变的关系.黄河流域环境演变与水沙运行规律研究文集,地质出版社,1991
- [2]唐克丽、张平仓、王斌科.黄土高原土壤侵蚀与第四纪生态环境演变.第四纪研究,1991(4)
- [3]唐克丽、张科利、刘元保、王斌科、查轩.黄土高原人为加速侵蚀与全球变化.水土保持学报,1992(2)
- [4]唐克丽、陈永宗等.黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其治理途径.中国科学技术出版社,1991
- [5]唐克丽、孙清芳、郑世清、刘斌武.杏子河流域坡耕地土壤侵蚀及其防治.水土保持通报,1983(5)
- [6]张科利、唐克丽.人类开垦对现代加速侵蚀作用的评价.水土保持通报,1990(1)
- [7]郑粉莉.黄土高原坡耕地细沟侵蚀及防治途径.中国科学院西北水土保持研究所集刊,第7集,1988
- [8]张科利、唐克丽.黄土高原坡面浅沟特征的研究.水土保持学报,1991(2)
- [9]陈文亮.组合侧喷式野外人工模拟降雨装置.水土保持通报,1987(5)