# 山区景观生态项目建设中的水土保持问题

周连兄，李丹雄，杨之恒，赛 硕
（北京林丰源生态环境规划设计院有限公司，北京 100083）

**摘 要**：[目的] 从水土保持角度提出山区景观生态建设中应遵守的治理原则和适用的水土保持技术措施，为今后山区园林景观建设过程中水土流失治理提供参考。[方法] 以云南省保山市东山生态建设工程为例，系统地剖析了山区景观建设及生态建设中的水土流失及其影响因素。[结果] 针对山区项目建设水土流失产生特点，制定出一套从坡面（如拦水埂、梯田整地、水平阶整地和鱼鳞坑整地等）到沟道适用于山区景观项目建设的水土流失治理常见技术，并初步计算工程实施水土保持技术措施后可减少的年土壤侵蚀量为 5 200 t 以上。[结论] 在山区景观生态项目建设过程中，要坚持保护优先，安全先行，统筹兼顾为原则，在考虑施工材料经济性和生态性的同时，还要考虑景观美学因素，以制定完整的山区建设项目水土保持措施体系。

**关键词**：丘陵山区；景观生态建设；水土流失；水土保持措施
**文献标识码**：B **文章编号**：1000-288X(2019)05-0231-05 **中图分类号**：S157，S732

**文献参数**：周连兄，李丹雄，杨之恒，等. 山区景观生态项目建设中的水土保持问题[J]. 水土保持通报，2019，39(5)：231-235. DOI：10. 13961/j. cnki. stbctb. 2019. 05. 032；Zhou Lianxiong，Li Danxiong，Yang Zhiheng，et al. Soil and water conservation problems as part of an ecological landscape construction project in mountain areas[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2019，39(5)：231-235.

# Soil and Water Conservation Problems as Part of an Ecological Landscape Construction Project in Mountain Areas

Zhou Lianxiong，Li Danxiong，Yang Zhiheng，Sai Shuo
（*Beijing Greensource Environment Planning & Design Institute Co. Ltd*，*Beijing* 100083，*China*）

**Abstract**：[Objective] Some control principles and applicable soil and water conservation measures that should be observed during the ecological construction of a mountain landscape to conserve soil and water were proposed in order to provide reference for soil loss control in the process of mountain landscape construction in the future. [Methods] Taking Dongshan ecological construction project in Baoshan City，Yunnan Province as an example，soil and water loss and its influencing factors of mountain landscape and ecological construction were systematically analyzed. [Results] Aiming at the characteristics of soil erosion caused by mountain project construction，a set of common techniques for soil erosion control from slope surface (such as water interception，terraced land preparation，horizontal terrace preparation and fish scale pit preparation) to the channel for mountain landscape project construction was developed. And the rough calculation of the annual soil erosion amount that can be reduced after the implementation of the soil and water conservation technical measures is more than 5 200 t. [Conclusion] In the process of constructing a mountain landscape ecological project，the principle of protection priority，safety first，and overall consideration should be taken. Considering the economics and ecological characteristics of construction materials，we must also consider the aesthetic factors of the landscape to formulate a complete system of soil and water conservation measures for mountain construction projects.

**Keywords**：**hilly mountain area；landscape ecological construction；soil and water loss；soil and water conservation measures**

**收稿日期**：2019-03-26 **修回日期**：2019-04-25
**资助项目**：北京市科技计划项目“怀柔小流域河岸带生态恢复技术研究”(Z151100001115001)
**第一作者**：周连兄(1979—)，女(汉族)，青海省乐都县人，高级工程师，主要从事开发建设项目水土保持方案编制、小流域治理及生态规划工作。E-mail：zhoulx502@163. com。

针对当前中国社会经济发展面临水土资源等环境资源匮乏的严重挑战，生态环境问题日益凸显，党和国家从新时期执政、治国理念的高度出发，相应出台了系列的生态文明建设法规和相关规划，把“美丽中国建设”、“生态文明建设”写入党章，开启了生态建设的新篇章。同时，人民群众的环境保护意识以及对环境质量的追求也在不断提高[1]。许多城郊型森林公园等生态建设项目应运而生，它们既具有森林公园的本质属性，又具有城市综合性公园的功能特性[2]，例如北京市鹫峰国家森林公园。森林公园建设施工过程中如果人为扰动剧烈或者工程设计在水土保持方面不够完善，则不可避免会产生严重的水土流失[3]。迄今为止，为了防治山区森林公园建设中的水土流失，已有不少学者提出了坡地改造[4]、截排水沟[3-5]、临时绿化[3,5]、临时拦挡覆盖[3-4]等水土保持系列措施设计。然而，这些措施并不能完全满足山区景观生态建设中水土流失治理的要求。为了响应国家号召，更好地解决山区景观生态建设中遇到的水土保持问题，本文以云南省保山市面积为 1 780 $hm^2$ 的东山生态建设工程为例，通过对研究区域水土流失问题剖析，从水土保持角度提出山区景观生态建设中应遵守的治理原则和适用的水土保持技术措施，以期为今后山区园林景观建设过程中水土流失治理提供参考。

# 1 研究区概况

## 1.1 地理位置

研究区位于云南省保山市中心城市东面，涵盖青阳片区、工贸园区所有面山可视区域，西至东绕城高速以西 100 m，南至沙丙路，北至麦场村，东至团山村，占地约 1 780 $hm^2$。

东山生态建设工程利用其所在区域的特殊地理位置，以及优质的生态、文化和历史资源等优势，在尽量保留原有植被的基础上，通过恢复裸露迹地、退耕还林还草、土壤改良、改造林相等相关技术手段，并结合旅游设施及其基础配套，将东山建成保山城市生态屏障和回归山野林趣的重要休闲场所。工程主体景观植被主要布置在现有农耕地、荒草地上，采用的植物在考虑景观效果的基础上尽可能使用乡土树种，并对局部现状林地进行林分改造，详细的工程主体规划见图 1，植物类型设计见附图11。

## 1.2 地形地貌

研究区地势整体北高南低，西低东高，山谷沟壑地形地貌特征突出，高山、低谷、丘陵纵横交错，海拔集中在 1 670～2 198 m 之间；从北到南依次形成 9 条较大的东西向“川”字型沟壑，半坡及沟壑中从北至南依次分布有麦场水库、大坝水库和龙潭水库。研究区北侧为哀牢山，山体坡度较大，险峻陡峭；其余地貌以中缓坡为主，面积较小的平坝以点状形式散布在山脊、沟壑、坡面。研究区地处地质灾害易发区[6]，岩石种类以石灰岩为主。




**图 1 云南省保山市生态建设工程主体设计规划总平图**

## 1.3 气候、植被与土壤

研究区属低纬度山地亚热带季风气候，因受澜沧江、怒江深切，形成“一山分四季，十里不同天”的立体气候，多年平均气温 15.5 ℃，多年平均降水量约 900 mm。

研究区内森林覆盖率约 32%，天然植被类型主要有暖性针叶林、亚热带常绿阔叶林、天然灌丛和稀树灌木草丛。由于过度伐木、开垦，现状植被稀疏、山体裸露等特征突出。植被种类单一，从山脚至山顶植被种类无明显差异，植物多样性较小。植被以高大乔木为主，缺乏灌木和地被植物，景观效果差。

研究区内土壤以红壤为主，质地为沙性壤黏土，土壤有机质含量在 12.83～25.98 g/kg 之间，区内大部分区域为农田耕地，土层较厚(1 m 以上)，能够满足乔灌木种植和生长的需要，局部区域(例如研究区北部采石场迹地)的土层较薄，植物自然生长极其困难。

# 2 山区生态建设项目涉及的问题及分析

## 2.1 研究区用地类型和坡度分析

利用 1∶1 000 地形图及遥感分析方法，发现工程区范围内土地利用现状主要以农耕地、乔木林地及灌木林地为主，其所占面积分别为 53.80%，29.83%，8.41%。其坡面坡度主要分布在 10°～25°之间，占比约为 60%，大于 25°的坡面占比约为 15%。(见附图 12)

## 2.2 山区水土流失特点分析

2.2.1 水土流失现状 与一般山区的水土流失相类

似,研究区水土流失类型以水力侵蚀为主,区内有大量因采石活动形成的裸露迹地,面积约 23.33 $hm^2$,此区域因人为采石干扰而导致表层土壤缺乏、岩石裸露、自然植被无法成活生长,生态环境遭到破坏,遇暴雨时坡面瞬时径流量和流速增加,加剧了水土流失的发生。

山区坡耕地是发生土壤侵蚀的主要土地利用类型[7]。因人类长期活动,研究区内分布有大量坡耕地,占地约 348 $hm^2$,主要种植作物为玉米、芋头等。在坡耕地进行耕地作业,耕作过程中翻土、种植及休耕期间地表裸露极易发生水土流失。坡耕地水土流失严重的主要原因是在整个作物管理和种植过程中,坡耕地的表土层受到人为的剧烈扰动,极易产生水土流失,尤其在汛期旱作物收获翻耕后,因受频繁大雨、暴雨打击和地表径流冲刷,水土流失量很大[8]。在同等坡度下坡长越大的坡耕地更容易发生细沟侵蚀[9]。有数据表明坡耕地侵蚀模数达 7 370 t/($km^2$ · a),为水平梯田的 192 倍,为林地的 237 倍[10]。

2.2.2　工程建设中水土流失影响因素　山区景观生态项目的建设过程中,融合了园林、水利、林业、地质、水土保持等多种专业,以园林专业为主,其它专业为辅[11]。虽然山区景观生态建设项目建成后能在根本上对项目区原有生态环境进行改善和提升,但因项目位于易发生水土流失的山区,加上项目建设周期长、占地面积大、土石方工程量大等因素[4],项目建设不可避免会产生水土流失,直接或间接地影响项目区及其周边的生态环境。

研究区由于其特殊的地理位置及地质地貌条件,加上长期的过度开垦等因素,本身已存在较为严重的水土流失隐患。本次工程建设大兴土木,并以园林手法使用了山体大树栽植,而且部分还栽植在坡度较陡的山坡上,这一过程势必会造成地表土层疏松、大量土方堆积,同时加上当地的降雨量大、急、集中的特点,极易造成严重的水土流失。

(1) 建设区域地形与水土流失。研究区山谷沟壑地貌特征突出,山体多为陡峭,坡度主要集中在10°～25°之间,占总面积的 60%,25°以上坡面约占总面积的 15%。大量研究资料显示在山区 25°为侵蚀强度发生的一个临界值,并且不同坡度土壤侵蚀强度随着坡度加大而显著增加[12]。加之该区域常出现短历时、高强度暴雨及大暴雨,同时还在 25°以上的坡面进行大量的土方开挖、土地平整、植物种植等人为活动,所以水土流失的发生是不可避免的。

(2) 工程建设时段长度与水土流失。工程建设从 2017 年初开始,2019 年底完工,工期历时共计3 a,可以看出工程施工各时段较紧迫,施工扰动时间长。另外,研究区属低纬度山地亚热带季风气候,年平均气温 14 ℃,冬无严寒,夏无酷暑,四季如春,一年四季皆可施工,施工进度受季节影响甚微,施工建设内容包括场地平整、覆土绿化、大树移植等,施工扰动强度大、范围广;工程施工不可避免会在雨季进行,研究区年降水量约 900 mm,施工要跨越 3 个雨季,山区雨季施工发生水土流失危害的可能性会比较大。

(3) 施工过程与水土流失。植物种植过程中要进行土方开挖(本工程土方挖填总量达 $2.28\times10^6$ $m^3$)和土方调运平整等工作,因工程自身是生态植被恢复项目,整个植物种植面积占项目扰动面积的60%以上,在山坡地进行如此大规模的土方开挖和土方调运,若不采取有效的措施势必会产生严重的水土流失,例如在不采取水土保持措施的条件下,舞彩浅山郊野公园在 1 a 左右的施工期间产生的水土流失量达 $6.05\times10^4$ t。同时,山区也是滑塌、泥石流易发区[13],山体如遭到大面积的人为扰动和破坏,受损坡面在雨季经山体上游汇流集中冲刷后,极易发生滑坡、坍塌等水土流失危害,危及工程区下游道路和居民安全。

(4) 配套设施建设与水土流失。本工程中配套设施包含旅游设施、给排水、供电、通讯、照明等内容,建设过程中难以避免开路挖槽、平整土方等工序,容易导致原地形地貌损毁、地表植被破坏,若不加以合理的防护措施,可能会引起更严重的水土流失。以云南省磨盘山国家森林公园为例,占地面积 7 348.50 $hm^2$ 的森林公园因基础设施建设产生的新增水土流失量可达 2 951 t[5]。

(5) 临时措施设置与水土流失。项目建设水土流失主要环节发生在项目施工期,而临时措施是控制项目建设过程中水土流失的关键[14],《开发建设项目水土保持技术规范》(GB50433-2008)中以强制性条文“建设项目在施工期间必须有临时防护措施”[15]来体现临时措施在项目建设过程中的重要性和必要性。因本工程占地面积大、施工工期长、地形地貌复杂和工程自身建设特点,施工期间一方面会有大量土石方开挖、搬运和现场临时堆放,另一方面会造成大面积的扰动和裸露面产生。如果施工期间在项目施工扰动区不采取合理、完善、齐备的临时防护措施,雨季极易发生水土流失事件,不仅影响到项目的工程安全还会波及项目区及周边生态环境。山区项目施工中常见的临时防护措施有临时拦挡、临时排水、临时苫盖等措施。

(6) 施工组织合理性与水土流失。每个生产建设项目可以有不同施工时序、不同的施工临建布置,不同的施工方案直接会影响到项目建设过程中的水土流失

量及其危害程度。如果本项目施工过程中施工临建占地位置、布局和面积大小不合理,会直接造成水土流失数量的不同;如果在山区施工过程中不采取“先拦后弃”的原则,雨季会带来水土流失安全隐患。

### 2.3 山区景观生态建设项目水土流失治理原则

(1) 保护优先,减少人工开挖面。25 °以上坡面植被较好区域,保护现状原生植被,尽量减少扰动。对其它小规模种植的区域采用人工开挖,避免机械工作产生大面积破坏和扰动。

(2) 以工程措施稳定,安全运行为主导。山区建设项目应安全先行,因此在坡面部分通过采取拦水埂、梯田、水平阶、鱼鳞坑等多种措施相结合,在减少水土流失的基础上,确保项目建设过程及运行中的稳定和安全。

(3) 生态经济与景观美相结合。本项目要通过生态引领、文化润色、旅游统筹的思路将东山打造成供当地市民游玩、休憩,具有山野林趣的场所。在水土流失治理过程中技术方案的确定、材料的选择除考虑生态、经济外兼顾景观美学,所有水土保持工程技术的落地要与周边景观设计协调一致。

(4) 分区治理与全区统筹治理相结合。首先应根据山区的特殊性,针对水土流失现象比较严重的局部区域,需要加强实施工程和植物措施相结合的水土保持技术措施,前期以工程措施为主、植物措施为辅,增强局部区域的保水固土能力。同时,整体上要考虑整个区域的水土流失状况,统筹兼顾,通过截、拦、蓄、渗等水土保持措施形成完整的工程防治体系,并与园林植物绿化措施结合,构建健康、良好的生态系统。

### 2.4 防治水土流失的技术措施

通过对山区项目水土流失特点分析,发现山区水土流失治理是保障项目安全运行和保护区域生态环境的必备手段,也是山区景观生态建设项目能长效发挥景观生态效益的基石。如何将排洪沟、截洪沟、谷坊、植被恢复等工程纳入山区建设项目中的水土保持措施体系,并形成渗、蓄、引、漫、排的坡面水土保持体系,是有效解决水土流失、保护生态资源的重点[16]。本文以云南省保山市 1 780 $hm^2$ 东山生态建设工程为例,整体工程设计讲求“蓄、渗、排”结合以及对原有植被的保护,从坡面到沟道讲述山区景观生态项目建设中水土流失治理常见技术的应用。

2.4.1 *坡面水土流失防治技术措施* 主要集中在 10°～35°之间的坡面,水土流失治理技术的选定需结合后期景观植物种植行间距设计,坡面水土保持治理技术采取拦水埂、水平阶、梯田、鱼鳞坑等形式,所有措施的应用旨在缩减坡面径流流路、最大限度的拦蓄坡面地表径流、增加降雨入渗量、减缓地表径流流速,在一定程度上减少水土流失的发生,并削减因降雨可能带来的项目建设安全隐患。

(1) 拦水埂。对于研究区部分小于 10°和 10°～20°坡面区域根据人为扰动程度不同设置拦水埂进行坡面水土流失治理。小于 10°的坡面,每隔 10 m 用生态袋设置拦水埂,埂高为 20～30 cm 左右。对环境要求高的地方可以结合木桩固定方式。拦水埂尺寸要求其基础到原状地面以下 20 cm 深。10°～20°之间的坡面,每隔 8～10 m 斜坡长设置一马道,马道宽度 1～2 m,马道沿山体等高线方向按 8‰坡降布置;马道内侧开挖一浅碟式排水沟,排水沟宽 15 cm,深 15～20 cm;马道外侧设置一道高 20～30 cm,宽 20 cm的拦挡土埂,土埂采用码放 2～3 层生态植被袋的方式修建。生态植被袋后期可采用插播、穴播、压条等手段,选用当地乡土灌草进行播绿;马道之间的坡面应尽快采取植被恢复措施,植物种选择当地适生的乡土树草种为宜。

(2) 梯田。不同造林整地方法对幼林生长的影响有显著差异,水平梯田是造林整地中促进林木生长为最佳的[17],其对径流的拦蓄效率可达 89.6%[9]。在坡度 10°～20°之间的坡面(以农耕地和荒草地为主),采用梯田整地形式。田面宽 3～5 m,内侧留浅碟式排水沟,外侧设置拦水埂,上下田面水平高差 3 m,可据现场情况和景观需求适当布置隔坡梯田。研究区内设置水平梯田 31.9 $hm^2$,隔坡梯田 22.87 $hm^2$,拦沙率在 67%以上,粗步估计可减少的年土壤侵蚀量为 2 190.80 t。

(3) 水平阶。水平阶整地造林可明显改善土壤物理性状,拦蓄地表径流达 1 325.55 $m^3/hm^2$[18]。与荒坡地相比,水平阶整地增加的土壤饱和贮水量达到 117.69 $m^3/hm^2$,减少的土壤侵蚀量为 39.161 $t/(hm^2 \cdot a)$[19],能够减少 50%的土壤侵蚀量[20]。本次工程中,20°以上坡面采用水平阶整地方式,整地面积 35.85 $hm^2$。水平阶的坎高控制在 50～80 cm,平台宽度为 50～100 cm,上下水平阶水平间距 3 m,阶内每隔 4～8 m 设置一拦水土埂,土埂顶宽 20 cm,高 20 cm,底宽 50 cm,断面形式为梯形,并采用素土拍实。根据上述数据粗步估计,本工程采用水平阶整地后可减少的年土壤侵蚀量为 1 403.92 t。

(4) 鱼鳞坑。25°以上的荒坡地为生态环境保护功能区,景观生态过程中以水土流失、植被覆盖率降低等生态退化过程为主[21]。在此区域进行景观林地种植,根据现场实地情况进行鱼鳞坑整地,鱼鳞坑沿等高线围绕山坡与山坡水流方向垂直布置,自上而下

呈品字型排列,形状为半圆形,长径约为 1.5 m,短径约为 1.0 m,坑深 0.6 m,有效容积 1.40 $m^3$。鱼鳞坑设计防御暴雨的标准为 10 a 一遇 3 h 最大降雨。鱼鳞坑整地不仅适合各种地形条件,而且破土面积小,投资少,又可显著提高土壤含水率和土壤储水量,从而提高林地生产力和郁闭成林速度[22]。与荒坡地相比,鱼鳞坑整地增加的土壤饱和贮水量为 97.04 $m^3/hm^2$,减少的土壤侵蚀量为 36.741 1 $t/(hm^2 \cdot a)$[19],表明了鱼鳞坑具有较好的水土保持效果。本工程采用鱼鳞坑整地 43.45 $hm^2$,按照上述数据粗步估计可减少的土壤侵蚀量约 1 596.40 t/a。

2.4.2　*沟道水土流失防治技术措施*　本工程河道治理密度为 0.246 $km/km^2$。沟道治理应结合景观设计内容进行施工,同时保证沟道内景观跌水坝的基础埋深在 1.50 m 以上。如遇岩层埋深较浅的沟底,需将基础清理到基岩部分。

没有人为扰动且满足景观需求的自然沟道,原则上尽量保持沟道原状即可。对人为扰动和破坏较大的沟道,沟道底部和两侧需要铺设生态植被袋的方式处理,如遇坡降比较大的地段需要采取浆砌石护砌或者采用铅丝石笼进行保护,以防沟底下切,并保护坡脚稳定,具体材料从现场易得,成本低,易施工的角度出发选用。

## 3　讨论与结论

中国平原面积大、分布广、水土流失形式多样,大量开发建设项目在实施的过程中极大地改变了已处于平衡状态的原始地貌、水系和植被,造成严重的水土流失现象[23]。相比平原区,山区景观生态建设水土流失问题更加严峻、更加突出。在以往传统设施建设中,一些施工单位将大量废土、弃渣就近倒入河流及沟道中,造成泥沙俱下、河道变窄,同时大规模的挖山填土使植被和地貌破坏,加剧了水土流失[24]。因此在进行山区的园林绿化、景观设计及施工时应重点考虑水土流失治理的措施,采用相应的水土保持技术手段,防治水土流失。由于本工程尚未完工,工程实施后的生态效益目前不能精确计算,故应待工程完工后对项目内各项水土保持措施的生态效益作进一步的研究,为今后山区生态建设及水土流失治理提供数据支撑。

本文以云南省保山市东山生态修复工程为典型案例,提出山区坡面常见的水土保持治理技术有拦水埂、梯田整地、水平阶整地、鱼鳞坑整地,山区沟道结合景观设计采用沟底浆砌石护砌或者铅丝石笼防护等措施防治沟底下切,进一步遏制水土流失的发生。同时提出在山区景观生态项目建设过程中,要以保护优先、安全先行、统筹兼顾为原则,要考虑施工材料的经济性和生态性,还要考虑景观美学因素,制定完整的山区建设项目水土保持措施体系。按照目前实施的水土保持技术措施粗步计算,工程完工后可减少的年土壤侵蚀量为 5 200 t 以上。

[ 参 考 文 献 ]


[1] 王晓广.生态文明视域下的美丽中国建设[J].北京师范大学学报:社会科学版,2013(2):19-25.

[2] 杨子生,贺一梅.中国西南边疆山区耕地水土流失研究:以云南省为例[J].水土保持研究,2009,16(1):1-7.

[3] 靳新红.北京滨河森林公园建设中的水土保持[J].中国水土保持科学,2010,8(4):101-104.

[4] 刘伟民,喻定芳.北京市低山丘陵区郊野公园建设项目水土保持设计[J].中国水土保持,2017(6):23-25,68.

[5] 和平.磨盘山国家森林公园基础设施建设可能产生的水土流失及防治措施[J].林业调查规划,2009,34(4):129-132.

[6] 周松林,谈树成,蒋顺德,等.云南省保山市隆阳区地质灾害空间分布规律及易发性分区与评价[J].地球与环境,2010,38(3):351-356.

[7] 李秀彬,马志尊,姚孝友,等.北方土石山区水土流失现状与综合治理对策[J].中国水土保持科学,2008,6(1):9-15.

[8] 宋君,吴小刚.试论城市森林体系中城郊型森林公园的生态意义[J].甘肃科技纵横,2017,46(2):15-16,22.

[9] 和继军,蔡强国,王学强.北方土石山区坡耕地水土保持措施的空间有效配置[J].地理研究,2010,29(6):1017-1026.

[10] 钱金平,魏立涛,冯忠江.河北省山区水土流失现状及其成因分析[J].水土保持研究,2003,10(4):131-133.

[11] 王利军.北京市新城滨河森林公园建设工程水土保持设计浅析[C]//中国水土保持学会规划设计专业委员会 2009 年年会暨学术研讨会论文集.呼和浩特,2009:39-41.

[12] 北京市水土保持工作总站.北京市水土保持条例释读[M].北京:中国水利水电出版社,2016:30-31.

[13] 张世清,毕小刚,刘振国.北京山区泥石流防治对策探讨[J].水土保持通报,1992,12(3):46-51.

[14] 高荣,钱爱国,雷丰泽.水土流失防治中加强临时措施应用的几点思考[J].中国水土保持,2012(12):40-41,46.

[15] 中华人民共和国水利部. GB 50433-2018 生产建设项目水土保持技术标准[S].北京:中国计划出版社,2019.

[16] 李文宇,史忠峰,王桂锋.北京山区开发建设项目水土流失防治对策[J].水利规划与设计,2013(3):7-9.

[17] 张利平.浅析造林整地方法对水土保持幼林生长的影响[J].四川林业科技,2012,33(5):113-114.

[18] 郑应茂,张兴广,赵星,等.不同整地方法蓄水保土效益的研究[J].山东林业科技,2001,31(2):17-19.

[19] 李星辰,杨吉华,于连家,等.石灰岩山地不同整地方式对侧柏林土壤蓄水保土功能的影响[J].中国水土保持科学,2013,11(3):59-65.


(下转第 344 页)

撂荒地、林草地均未发生细沟侵蚀，而农地的沟蚀和田坎滑塌侵蚀严重。建议加强农地田坎植被的培育与保护。②覆膜农地田坎滑塌侵蚀尤为突出。台风“利奇马”暴雨中覆膜花生地比玉米地的田坎滑塌侵蚀更严重，农地覆膜虽然减少了田面侵蚀，但提高了田面集流效率，在排水不畅条件下，汇水造成田坎部位强烈的切沟和滑塌侵蚀。建议在雨季对覆膜进行清理并妥善处理。③排水措施完善的地方土壤侵蚀弱。台风“利奇马”暴雨中没有排水措施的 $A_{11}$ 山楂地的侵蚀模数是修建了截排水沟 $A_5$ 苹果地的 2 倍。建议针对不同部位和利用的土地设计并修建适宜的蓄排水措施，与流域形成相互连通蓄排水网络系统。④采用适宜农艺措施(如排水沟、方形树盘、使用除草剂保留枯草覆盖、石坎、植被田坎等)的农地，土壤侵蚀明显较弱。建议在配套基础蓄排水措施的同时，加强对农民的水土保持型农艺措施培训，平时注重田面、田坎、排水措施、道路等的维护与管理。⑤本次调查区在土石山区，土壤为粗骨土，台风“利奇马”暴雨中细颗粒随片蚀流失，砾石存留在土壤表面，加重了土壤的粗骨化。建议加强田面保护，修筑田埂并配置植物篱。

(2) 关于道路侵蚀。①无排水措施道路径流侵蚀严重。耿家沟修建有水泥排水沟的道路几乎完好无损。建议选择合适草灌植物种植在边坡，沿道路内测边坡设置排水沟以此来减弱坡面上方汇集雨水冲刷路面。②临河道路路基易受洪水掏蚀。建议在路基处修建护坡工程，防止水流对路基的直接掏蚀，减轻暴雨过程中对基础设施的损毁，保障防汛救灾工作的顺利开展。

(3) 关于河道冲淤。①暴雨洪水中，河道岸坡尤其弯顶处崩塌严重，易引发河势变化，导致堤防破坏，涉河建筑物运行困难等问题，建议增加河道险工数量，优化河道险工布局。②拦河坝、桥梁上游等涉河工程上游及下游附近淤积严重，拦河坝上游淤积甚至高于坝顶高程，淤积影响河道行洪。建议优化建筑物结构，减低涉河建筑物壅水高度和回水范围，并提出有效的运行策略，提高河道防洪能力。③河流交汇处干支流相互顶托，造成泥沙沉积，影响河道行洪。建议修建工程设施引导两河水流，避免河道淤积削弱行洪能力。

**致谢**：本次考察由水利部水土保持监测中心组织并资助，谨此致谢！

[ 参 考 文 献 ]

[1] 白先发. 极端暴雨条件下典型梯田侵蚀特征及防蚀效果[D]. 中国科学院研究生院(教育部水土保持与生态环境研究中心)，陕西 杨凌，2015.

[2] “利奇马”风雨综合强度为 1961 年以来最大已致 56 人死亡. 中国天气网[EB/OL]. [2019-08-14]. http://www.weather.com.cn/.

[3] 台风“利奇马”致 530 余亿元直接经济损失. 新京报网[EB/OL]. [2019-08-15]. http://www.bjnews.com.cn/news/2019/08/15/615677.html.

[4] 临朐旅游攻略[EB/OL]. [2013-12-2]. https://baike.so.com/doc/648704-686627.html.

[5] 张立勇，高鹏，王成军，等. 鲁中南药乡小流域林地土壤有机碳空间分布特征[J]. 中国水土保持科学，2015，13(3)：83-89.

[6] 孙济良，秦大庸. 水文频率分析通用模型研究[J]. 水利学报，1989(4)：1-10.

[7] 王楠，陈一先，白雷超，等. 陕北子洲县“7·26”特大暴雨引发的小流域土壤侵蚀调查[J]. 水土保持通报，2017，37(4)：338-344，Ⅲ-Ⅳ.

[8] 郑粉莉. 细沟侵蚀量测算方法的探讨[J]. 水土保持通报，1989(04)：41-45，49.

[9] 张子雪，杨吉华，吕兰州，等. 山东土石山区坡耕地水土流失影响因子定量分析[J]. 中国水土保持科学，2009，7(3)：91-97.

(上接第 235 页)

[20] 肖雨琳，魏欣，刘宝元，等. 北京山区果园水平阶整地措施的水土保持效益[J]. 中国水土保持科学，2013，11(6)：81-86.

[21] 梁国付. 山区小流域景观生态特征与景观生态建设[J]. 平顶山师专学报，2003，18(5)：68-71.

[22] 漆喜林，王俊波，李战刚，等. 鱼鳞坑整地改善土壤水分状况与造林效果分析[J]. 防护林科技，2014(4)：4-5，16.

[23] 余新晓. 关于平原区的水土保持问题[J]. 水土保持学报，2012，26(4)：271-278.

[24] 胡续礼. 淮河流域水土保持监测分区及其站点布局研究[D]. 山东 泰安：山东农业大学，2013.