

关于申报 2021 年度云南省科学技术奖励项目的 公示材料

一、项目基本情况

项目名称：元谋干热河谷冲沟侵蚀动力过程与机制研究

主要完成人（完成单位）：熊东红（中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所）、方海东（云南省农业科学院热区生态农业研究所）、张宝军（中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所）、苏正安（中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所）、董一帆（中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所）

主要完成单位：中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所
云南省农业科学院热区生态农业研究所

提名单位：中国科学院昆明分院

提名奖种：自然科学奖

二、项目简介：

干热河谷是我国西南地区特殊的脆弱生态环境类型区，冲沟侵蚀是其突出的生态环境问题之一。强烈的冲沟侵蚀，导致干热河谷区土地退化严重，严重制约区域土地资源的可持续利用、社会经济的可持续发展及生态系统服务功能的维系与提升。以项目第一完成人熊东红研究员为首的科研团队，在中科院知识创新工程重要方向项目、中科院成都山地所青年百人团队计划项目、973 项目课题、国家自然科学基金面上基金项目等支持下，围绕元谋干热河谷区冲沟的形成、发育条件、动力过程和机制等方面开展了基础性和系统性的研究，取得了一系列国内外同行充分肯定的研究成果。重要科学发现如下：

（1）揭示了干热河谷区冲沟侵蚀发生的临界地形和关键岩土性

质条件。首次揭示了我国干热河谷区冲沟发育的临界地形条件（坡度和汇水面积），与黄土高原、东北黑土区等地区显著不同，即干热河谷区冲沟沟头发育受集水区的影响较小，主要侵蚀方式为沟头土体崩塌；系统阐明了干热河谷区冲沟侵蚀发育的关键岩土性质条件，明晰了“上下土层抗蚀性差异明显”、“独特干湿交替环境和岩土力学特性导致土体开裂”等是影响干热河谷区冲沟侵蚀形成和发育特征的关键影响因素。

（2）系统查明了干热河谷区冲沟溯源侵蚀的动力过程与机制。

创建了包括原态原位冲沟沟头模拟试验平台构建、放水冲刷试验、高精度地形测量等的冲沟侵蚀动力过程野外原位研究的方法体系；首次定量揭示了活跃沟头是干热河谷区冲沟侵蚀泥沙的主要策源地，贡献可达70%以上，集水区产沙对冲沟侵蚀泥沙贡献相对较小；基于地貌分形理论，通过定量实验发现沟蚀不同发育阶段（坡面细沟→冲沟活跃区）的微地貌演化具有高度几何相似性，均表现为“先快后慢，并逐渐趋于稳定”的规律，并阐明了沟头跌坎高度对冲沟溯源侵蚀中微地貌变化（跌穴形态发育过程）的影响机理；创新性地将径流能耗引入冲沟侵蚀水动力过程研究，发展了冲沟侵蚀水动力机制研究的理论方法，并揭示了冲沟溯源侵蚀过程中径流能量特性（转化、耗散）的变化规律及沟头跌坎高度的影响机理；干热河谷冲沟发育过程中径流能耗随冲刷时间和侵蚀下切程度一直在发生变化，不同于以往黄土高原坡面侵蚀研究中认为的径流能耗是一个定值，据此进一步创新性地提出单位土体径流能耗概念，代替径流总能耗预测冲沟溯源侵蚀过程，为国内外沟蚀产沙模型构建奠定了较好的理论基础；上述研究成果在揭示冲沟溯源侵蚀过程中的径流能耗、微地貌演变、侵蚀产沙及其动力响应等方面取得了突破，阐明了元谋干热河谷区冲沟溯源侵蚀的水动力机制。

（3）系统揭示了沟床植被作用下的分流→增阻→消能→减蚀作用机制。

采用原位沟床植被配置平台和模拟集中流条件下的冲刷试验，系统阐明了沟床植被布设格局（植被带宽度、距离沟头的位置）和植被特性（茎秆基径）对动力过程（侵蚀动力降低和阻力增长）及侵蚀产沙的影响机理；首次发现了沟床植被对上游径流具有明显的分流作

用，且借助弯曲系数（**Braid index**）表征分流效应，发现沟床植被的分流效应随着植被带长度的增加愈发显著；阐明了沟床植被对冲沟发育区侵蚀具有明显的减蚀和拦沙效应，揭示了沟床植被分流效应对冲沟发育区侵蚀产沙的影响机理。

以上研究成果总计发表论文 43 篇，其中 SCI 论文 16 篇（1 区 4 篇，2 区 5 篇），EI 论文 7 篇。20 篇核心论文（SCI 论文 10 篇，影响因子累计 30.38），被引总计 337 次，他人引用总计 199 次；8 篇代表性论文被他人引用 90 余次。项目期间，2 个完成单位的多名青年骨干得到职称晋升和成长，3 人晋升为研究员，3 人晋升为副研究员，2 人获“四川省学术与技术带头人后备人选”荣誉称号；培养研究生 11 名，包括 3 名博士生，8 名硕士生（含联合培养生；多人获得国家奖学金、中科院成都分院院长奖学金和中国科学院大学三好学生等荣誉），形成一支活跃的干热河谷冲沟侵蚀研究团队。2019 年 8 月，熊东红团队参加了在澳大利亚举行的第八届国际沟蚀大会，并在会上提交了关于第九届国际沟蚀大会的承办申请。会上，国际沟蚀大会主席委员会通过充分的研讨、征询，最终通过决议正式授权熊东红团队在中国组织举办 2022 年第九届国际沟蚀大会（**The 9th International Symposium on Gully Erosion**）。这一定程度反映了项目团队近年来围绕干热河谷冲沟侵蚀开展的研究，得到了国际同行的认可与肯定。

三、提名意见：

冲沟侵蚀作为一种重要的土壤侵蚀类型和土地退化过程，是地貌学、土壤侵蚀与水土保持学等学科研究的前沿和热点问题。但由于冲沟发育过程极其复杂，国内外对冲沟侵蚀动力过程与机制研究一直较为薄弱，缺乏系统理论认识。西南干热河谷区是我国除黄土高原、东北黑土区之外的另一典型冲沟发育区，为了认清干热河谷区冲沟侵蚀形成、发育过程及机制，有效指导区域冲沟侵蚀治理和退化土地恢复实践，并积极推动国内外冲沟侵蚀研究，项目围绕元谋干热河谷区冲沟形成和发育条件、冲沟发育动力过程、沟床植被稳定冲沟机制等方面开展了前瞻性和系统性的研究。项目重要科学发现包括：（1）基于原位观测与模拟实验，系统性、定量化探明了元谋干热河谷区冲沟

侵蚀发生的临界坡度和汇水面积,以及岩土力学特性与干湿交替频繁性等是影响该区冲沟侵蚀形成和发育的关键因素;(2)将单位土体径流能耗引入冲沟侵蚀水动力过程研究,在揭示冲沟溯源侵蚀过程中的径流能耗、微地貌演变、侵蚀产沙及其动力响应等方面取得了突破,阐明了元谋干热河谷区冲沟溯源侵蚀的动力过程、水动力机制及其侵蚀产沙效应;(3)采用沟床配置植被的原位冲刷试验,揭示了沟床植被对冲沟侵蚀的水动力影响机理,系统阐明了不同沟床植被的分流→增阻→消能→减蚀作用机制。

项目研究成果创立了沟蚀原位模拟实验新方法,在沟头侵蚀过程与机理方面取得了重要认知,系统性创新突出,同意提名云南省自然科学奖二等奖。

四、代表性论文专著 (* 为通讯作者) :

- [1].Dong Yifan, Xiong Donghong*, Su Zhengang, Li Jiajia, Yang Dan, Shi Liangtao, Liu Gangcai. The distribution of and factors influencing the vegetation in a gully in the Dry-hot Valley of southwest China[J]. Catena, 2014, 116: 60-67.
- [2].Su Zhengang, Xiong Donghong*, Dong Yifan, Li Jiajia, Yang Dan, Zhang Jianhui, He Guangxiong. Simulated headward erosion of bank gullies in the Dry-hot Valley Region of southwest China[J]. Geomorphology, 2014, 204:532-541.
- [3].Su Zhengang, Xiong Donghong*, Dong Yifan, Zhang Baojun, Zhang Su, Zheng Xueyong, Yang Dan, Zhang Jianhui, Fan Jianrong, Fang Haidong. Hydraulic properties of concentrated flow of a bank gully in the dry-hot valley region of southwest China[J]. Earth Surface Processes and Landforms, 2015, 40(10): 1351-1363.
- [4].Yang Dan, Xiong Donghong*, Zhang Baojun, Guo Min, Su Zhengang, Dong Yifan, Zhang Su, Xiao Liang, Lu Xiaoning. Effect of grass basal diameter on hydraulic properties and sediment yield processes in gully beds in the dry-hot valley region of Southwest China[J]. Catena, 2017,

152: 299-310.

- [5]. Dong Yifan, Xiong Donghong*, Su Zhengan, Yang Dan, Zheng Xueyong, Shi Liangtao, Poesen Jean. Effects of vegetation buffer strips on concentrated flow hydraulics and gully bed erosion based on in situ scouring experiments[J]. *Land Degradation & Development*, 2018, 29(6): 1672-1682.
- [6]. Zhang Baojun, Xiong Donghong*, Zhang Guanghui, Zhang Su, Wu Han, Yang Dan, Xiao Liang, Dong Yifan, Su Zhengan, Lu Xiaoning. Impacts of headcut height on flow energy, sediment yield and surface landform during bank gully erosion processes in the Yuanmou Dry-hot Valley region, southwest China[J]. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2018, 43(10): 2271-2282.
- [7]. Dong Yifan, Xiong Donghong*, Su Zhengan, Li Jiajia, Yang Dan, Zhai Juan, Lu Xiaoning, Liu Gangcai, Shi Liangtao. Critical topographic threshold of gully erosion in Yuanmou Dry-hot Valley in Southwestern China[J]. *Physical Geography*, 2013, 34(1): 50-59.
- [8]. Yang Dan, Xiong Donghong*, Guo Min, Su Zhengan, Zhang Baojun, Zheng Xueyong, Zhang Su, Fang Haidong. Impact of grass belt position on the hydraulic properties of runoff in gully beds in the Yuanmou Dry-hot valley region of Southwest China[J]. *Physical Geography*, 2015, 36(5): 408-425.