**2025年度陕西省科学技术奖提名项目公示内容**

**一、项目名称：**黄土区水蚀类型演变过程机制

**二、提名者：**杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

**提名意见：**该项目紧扣各类水蚀演变过程产生大量泥沙输入河道造成流域水沙关系不协调的根本问题，着眼于沟蚀演变过程难以量化、且水蚀类型演变过程机制尚不明确的科学问题，基于30余年科学探索和研究，以创新水蚀演变过程动态监测方法为突破，以片蚀-细沟-浅沟-切沟侵蚀演变过程为主线，创建了量化水蚀类型演变过程研究的新方法，揭示了坡面不同水蚀类型的侵蚀过程机理，阐明了不同水蚀类型演变过程及驱动机制，进而揭示了黄土区水蚀类型演变过程机制。以上成果发表论文194篇，其中SCI论文65篇，出版学术专著8部。学术成果得到了业界高度评价，产生了积极的学术影响，加深了对水蚀类型演变本质的认识，丰富了土壤水蚀基础理论，推动了水土保持学科发展，为嵌套沟蚀的流域侵蚀预报模型研发提供了重要理论指导，也为流域水沙关系不协调调控和区域水土流失精准治理提供了重要科学依据。基于相关研究成果提交的有关建议得到时任中央政治局常委的重要批示，部分成果被国家相关行业标准和规范采纳，整体成果支撑了中-美、中-法、中国-南非国际合作，提升了我国的国际学术地位。提名该项目为陕西省自然科学奖一等奖。

**三、项目简介：**

水土流失是我国头号环境问题，其对粮食安全和生态安全造成严重威胁，我国每年因水土流失造成的经济损失相当于年GDP总量的3.5%。黄土高原是我国乃至世界土壤侵蚀最严重的地区之一，区域片蚀和细沟侵蚀严重，浅沟和切沟侵蚀异常活跃，且各水蚀类型（片蚀-细沟-浅沟-切沟）演变过程不仅导致土壤质量严重退化和地形破碎，也使侵蚀治理的难度加大和投资增加；尤其是各类水蚀演变过程造成的大量泥沙输入河道是导致流域水沙关系不协调的根源。因此，阐明水蚀类型演变过程机制，可为流域水沙调控和黄河流域高质量发展提供重要科学依据。

前人研究证实了黄土区水蚀类型可划分为雨滴击溅、片蚀、细沟、浅沟、切沟侵蚀等类型，且其在空间上具有分带性或“链状”特征；但片蚀-细沟-浅沟-切沟侵蚀类型之间水沙传递关系是什么，其演变动力机制如何，哪一个阶段造成的侵蚀最强烈，以及流域减沙重点治理部位在哪里等问题一直是困扰土壤侵蚀理论深化和支撑生态治理的主要科学难题。本项目在国家自然科学基金重大、重点和面上项目支持下，经过30余年的探索和研究，以创新水蚀演变过程动态监测方法为突破，以黄土区片蚀-细沟-浅沟-切沟侵蚀演变过程为主线，创建了量化水蚀类型演变过程研究的新方法，揭示了坡面不同水蚀类型的侵蚀过程机理，阐明了不同水蚀类型演变过程及驱动机制，进而揭示了黄土区水蚀类型演变过程机制，加深了对水蚀过程机理和规律的认识，丰富和拓展了土壤侵蚀基础理论，推动了水土保持学科发展，为嵌套沟蚀的流域侵蚀预报模型研发提供了重要理论指导，也为流域水沙关系不协调调控和区域生态治理提供了重要科学依据。取得如下重要科学发现：

第一，创建了量化水蚀类型演变过程研究的新方法：创建了基于立体摄影测量技术的侵蚀沟形态及水流参数测定方法；构建了融合立体摄影测量与三维激光扫描技术的水蚀类型演变过程监测方法；提出了基于稀土元素示踪片蚀-细沟-浅沟侵蚀过程的研究方法，突破了水蚀过程量化研究的技术瓶颈，为深化侵蚀动力学理论研究提供了方法支持。

第二，揭示了坡面不同水蚀类型的侵蚀过程机理：阐明了片蚀和细沟侵蚀动力机制，明晰了雨滴击溅、壤中流与地表径流耦合作用影响片蚀和细沟侵蚀过程机理，破解了壤中流对坡面侵蚀的作用机制；定量表征了细沟发育各主导侵蚀过程及其对坡面侵蚀产沙的贡献，攻克了细沟发育各主导侵蚀过程数学表达的难题，深化了其沟壁扩张侵蚀理论；揭示了坡面浅沟和切沟发育过程，突破了沟蚀过程中坡面纵向和侧向汇流耦合作用机制的理论瓶颈，为嵌套沟蚀的水蚀预报模型研发提供了理论基础。

第三，阐明了不同水蚀类型演变过程及驱动机制：提出了判定细沟、浅沟、切沟发生的地形临界，填补了切沟发生地形因子判别的空白；反演再现了水蚀类型演变过程并确定了其临界动力参数变化区间，发现水蚀类型演变引起的产沙量受演变阶段制约；阐明了片蚀-细沟-浅沟-切沟侵蚀链的水沙传递关系及关键影响因子，提出了表征坡面侵蚀链水沙传递关系的判别式，突破了坡面侵蚀链水沙传递关系定量表达的瓶颈，科学论证了流域减沙重点治理部位；构建了侵蚀沟演变过程动态模型，攻克了水蚀类型演变过程模拟的卡点问题。

**四、客观评价：（包括该项目科技成果鉴定意见、国内外对本项目研究成果的引用情况）**

项目执行期间，发表相关学术论文194篇，其中SCI论文65篇，出版学术专著8部。研究成果受到国内外同行专家的广泛重视和认可，5篇代表性论文/3部代表性著作总他引1410次，单篇SCI论文最高他引422次，单篇专著最高他引203次。发表在Soil & Tillage Research的代表作2为ESI前1%高被引论文。

1）对科学发现1创建了量化水蚀类型演变过程研究的新方法的客观评价

项目发表在Soil & Tillage Research（Qin et al., 2018）上有关立体摄影测量法监测坡面沟道变化的研究论文他引61次。国内外土壤侵蚀领域和地貌知名专家，荷兰瓦赫宁根大学van de Vijsel  Roeland教授、英国利兹大学Joseph Holden教授、西班牙高等科研理事会Jose Alfonso Gómez博士、华中农业大学蔡崇法教授、中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所陈剑刚研究员的团队，分别发表在Nature Reviews Earth & Environment（van de Vijsel et al., 2024）、Earth-Science Reviews（Johnston et al., 2021；Hayas and Gómez., 2024）、Geoderma（Ni et al., 2023）、Water Resources Research（Wang et al., 2022）上的论文引用，充分肯定了本科学发现对立体摄影测量技术在坡面沟道演变研究中的应用，并对研究中的“沟道内向下侵蚀速率降低直至低于横向侵蚀速率”的结论进行了印证，同时肯定了本发现在农业生产中的重要性。世界水土保持学会名誉主席李锐认为本研究“成功地应用三维激光扫描等技术动态监测了水蚀类型演变过程，推动了水蚀类型演变过程定量研究”（李锐, 2011），该方法在国内外土壤侵蚀动态监测研究领域得到了广泛应用。本项目出版的专著《黄土高原沟蚀演变过程与侵蚀产沙》对高精度GPS和三维激光扫描（LiDAR）对沟蚀演变动态监测的可行性和精度进行了详细探讨，并利用这些新技术新方法对细沟、浅沟、切沟的形态演变过程进行了定量研究。土壤侵蚀领域世界著名专家美国农业部国家土壤侵蚀研究实验室前主任Chihua Huang高级研究员和国际知名专家美国农业部国家泥沙实验室前主任Matt Römkens高级研究员，在对中美合作研究的官方评价中强调了本项目开展的高精度GPS、三维激光扫描、立体摄影测量等技术的对比研究，高度评价了本研究创建的水蚀类型演变过程研究方法，并指出该研究对沟蚀过程揭示具有重要的里程碑意义，解决了沟蚀过程量化研究这一世界性难题。中国科学院力学研究所刘青泉研究员团队发表在2013年中国力学大会上的论文（李妍敏等, 2013）引用了该成果，充分肯定了本项目的研究方法，并对细沟侵蚀演变过程这一研究发现进行了验证。华中农业大学郭忠录教授团队发表在农业工程学报（郝好鑫等, 2017）的论文也引用了该成果，指出本科学发现可为土壤侵蚀预报模型研发提供重要理论基础。

2）对科学发现2坡面不同水蚀类型的侵蚀过程机理的客观评价

本项目发表在Soil & Tillage Research（Shen et al., 2016）上关于细沟与细沟间侵蚀水力学机理的研究论文被他人引用365次，为ESI前1%高被引论文。土壤侵蚀领域著名专家澳大利亚堪培拉大学Peter Kinnell教授发表在Journal of Hydrology（Kinnell, 2020）的特邀综述论文中评价了该成果，认为本科学发现中所采取的研究方法有效地模拟了不同下垫面条件下的坡面细沟和细沟间侵蚀过程，区分了雨滴打击和地表径流对坡面侵蚀的相对贡献；瑞士巴塞尔大学Philip Greenwood博士发表在Soil & Tillage Research（Greenwood and Zhang, 2019）的论文也评价了该成果，充分肯定了本研究中关于细沟侵蚀动力机制的科学发现。本项目发表在Journal of Hydrology（Liu et al., 2019）上关于雨滴打击和壤中流对坡面侵蚀耦合作用机理的研究论文被他人引用55次。国内外土壤侵蚀领域知名专家，包括西班牙著名国际学者Artemi Cerda、美国国家土壤侵蚀实验室Dennis Flanagan高级研究员、华中农业大学蔡崇法教授、中国科学院亚热带农业生态研究所陈洪松研究员团队分别在Journal of Hydrology（Wang et al., 2020）、Land Degradation & Development（Wang et al., 2024）、Journal of Hydrology: Regional Studies（Ao et al., 2024）发表论文，肯定并重点引用了该成果，认为本科学发现明确了雨滴打击和壤中流对坡面产流产沙各自的贡献，并揭示了二者对坡面侵蚀的耦合作用机制。本项目出版的专著《黄土坡面土壤侵蚀过程与模拟》对黄土坡面细沟间侵蚀与细沟侵蚀发生发展过程、侵蚀搬运机制、影响因素及其防治进行了详细阐述，被他人引用203次。国内土壤侵蚀领域知名专家中国科学院地理科学与资源研究所蔡强国研究员、中国科学院南京土壤研究所史学正研究员、西北农林科技大学吴发启教授等团队分别在应用基础与工程科学学报（盛贺伟等, 2017）、水土保持学报（刘柳松等, 2009）、农业工程学报（郑子成等, 2009）发表论文，肯定并重点引用了本研究中对坡面侵蚀过程的一系列重要发现，如“细沟侵蚀主要有溯源侵蚀、沟底下切和沟壁扩张3种形式”、“在裸露休闲地，雨滴打击作用是水流剥蚀作用的几倍至数十倍”、“黄土坡面细沟发育在降雨13 min内趋于稳定”等。

3）对科学发现3不同水蚀类型演变过程及驱动机制的客观评价

本项目出版的专著《水蚀过程与预报模型》以翔实的资料和鲜明的观点论述了溅蚀、细沟间侵蚀与细沟侵蚀、坡面汇流汇沙与细沟侵蚀和浅沟侵蚀过程、墚坡与沟坡系统侵蚀产沙过程与动力学机理、坡面汇流汇沙与坡面侵蚀方式演变，被他人引用116次。中国水利水电科学研究院王浩院士团队在水利学报（蔡静雅等, 2020）发表论文证实了本研究的发现，认为“水蚀类型演变的临界动力阈值确定”和“水蚀类型演变引起的产沙量受演变阶段制约”等科学论点具有重要价值。国内水土保持领域著名专家福建农林大学黄炎和教授团队在森林与环境学报（黄炎和等, 2015）发表的论文中充分肯定了本研究的发现“输沙率随着流速呈线性函数增加，说明随着流量和坡度的增大，坡面水流流速增大，挟沙能力增强，产沙量增大”。本项目发表在地理学报（郑粉莉和康绍忠, 1998）上关于黄土坡面不同侵蚀带侵蚀产沙关系及其机理的研究论文被他人引用173次。黄河水利科学研究院教授级高级工程师姚文艺团队发表在水利水电科技进展（姚文艺和肖培青, 2015）、农业工程学报（王玲玲等, 2015）的论文，充分肯定了本科学发现中对不同水蚀类型演变过程及驱动机制的研究结论。本项目发表在Pedosphere（Zheng, 2006）上有关水蚀类型演变影响的研究论文被他人引用422次，捷克共和国Silva Tarouca研究所的Pavel Samonil研究员发表在Geomorphology（Samonil et al., 2023）上的论文，印证了有关“森林破坏会加剧侵蚀演变”的结论，中国科学院生态环境研究中心傅伯杰院士团队发表在Water Resources Research（Zhang et al., 2019）、Hydrological Processes（Wei et al., 2009）上的论文和国家杰出青年基金获得者中国科学院南京土壤研究所张甘霖研究员团队发表在Soil & Tillage Research（Yang et al., 2009）上的论文，也印证了有关“植被破坏加剧了水蚀类型演变过程”的结论。

**五、代表性论文专著目录（不超过8条，其中代表性论文不超过5篇，代表性专著不超过3部，按重要程度排序）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文专著名称 | 刊名 | 作者 | 年卷页码（xx年xx卷xx页） | 发表时间（年月 日） | 通讯作者（含共同） | 第一作者（含共同） | 国内作者 | 他引总次数 | 检索数据库 | 知识产权是否归国内所有 |
| 1 | Effect of vegetation changes on soil erosion on the Loess Plateau | Pedosphere | Zheng, FL | 2006年16卷4期420-427页 | 2006年8月1日 | Zheng, FL | Zheng, FL | 郑粉莉 | 422 | 《科学引文索引》扩展版数据库(SCIE)、《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |
| 2 | Impacts of rainfall intensity and slope gradient on rill erosion processes at loessial hillslope | Soil & Tillage Research | Shen, HO; Zheng, FL; Wen, LL; Han, Y; Hu, W | 2016年155卷429-436页 | 2016年1月1日 | Zheng, FL  | Shen, HO  | 沈海鸥，郑粉莉， 温磊磊，韩勇， 胡伟 | 365 | 《科学引文索引》扩展版数据库(SCIE)、《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |
| 3 | Interactive effects of raindrop impact and groundwater seepage on soil erosion | Journal of Hydrology | Liu, G; Zheng, FL; Lu, J; Jia, Y F; Zhang, XC; Hu, FN; Zhang, JQ | 2019年578期 124066 | 2019年11月1日 | Zheng, FL | Liu, G | 刘刚, 郑粉莉, 卢嘉, 胡斐南, 张加琼 | 55 | 《科学引文索引》扩展版数据库(SCIE)、《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |
| 4 | A laboratory study of channel sidewall expansion in upland concentrated flows | Soil & Tillage Research | Qin, C;Zheng, FL; Wells, Robert R; Xu, XM; Wang, B; Zhong, KY | 2018年178卷22-31页 | 2018年05月01日 | Zheng, FL | Qin, C | 覃超，郑粉莉，徐锡蒙，王彬，钟科元 | 61 | 《科学引文索引》扩展版数据库(SCIE)、《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |
| 5 | 黄土坡面不同侵蚀带侵蚀产沙关系及其机理 | 地理学报 | 郑粉莉康绍忠 | 1998年5期40-46页 | 1998年9月23日 | 郑粉莉 | 郑粉莉 | 郑粉莉, 康绍忠 | 188 | 《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |
| 6 | 水蚀过程与预报模型 | 专著 | 郑粉莉江忠善 高学田 | 2008年, 科学出版社 | 2008年1月1日 |  | 郑粉莉 | 郑粉莉, 江忠善, 高学田 | 116 | 《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |
| 7 | 黄土高原沟蚀演变过程与侵蚀产沙 | 专著 | 郑粉莉, 肖培青 | 2009年，科学出版社 | 2009年12月1日 |  | 郑粉莉 | 郑粉莉, 肖培青 | 15 | 《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |
| 8 | 黄土坡面土壤侵蚀过程与模拟 | 专著 | 郑粉莉 高学田 | 2000年, 陕西人民出版社 | 2000年5月1日 |  | 郑粉莉 | 郑粉莉, 高学田 | 203 | 《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |

**六、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **姓名** | **排名** | **行政/技术职称** | **工作单位/完成单位** | **对本项目技术创造性贡献** |
| 郑粉莉 | 1 | 教授 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 负责项目总体技术方案设计与组织实施，对主要科学发现内容中1-3项做出创造性贡献，创建了量化水蚀类型演变过程研究的新方法，揭示了坡面不同水蚀类型的侵蚀过程机理，阐明了不同水蚀类型演变过程及驱动机制。是代表作1、5、6、7、8的第一作者，代表作2、3、4的通讯作者。 |
| 刘刚 | 2 | 研究员 | 西北农林科技大学/中国科学院水利部水土保持研究所 | 与第一完成人共同完成了项目主要科学发现第1、2项内容，提出了基于稀土元素示踪片蚀-细沟-浅沟侵蚀过程的研究方法，揭示了片蚀与细沟侵蚀动力学机制，明晰了降雨击溅、壤中流与地表径流耦合作用影响片蚀和细沟侵蚀过程机理。是代表作3的第一作者。 |
| 沈海鸥 | 3 | 副教授 | 吉林农业大学/西北农林科技大学 | 与第一完成人共同完成了主要科学发现第2项内容，明晰了下垫面特征对细沟和细沟间侵蚀过程的影响，揭示了细沟与细沟间侵蚀过程的水动力学机制。是代表作2的第一作者。 |
| 王彬 | 4 | 教授 | 北京林业大学/西北农林科技大学 | 与第一完成人共同完成了主要科学发现第1、3项内容，创建了水蚀类型演变过程研究方法，量化了细沟沟壁扩张发育过程，揭示了坡面片蚀与细沟侵蚀动力机制。是代表作4的共同作者。 |
| 覃超 | 5 | 副研究员 | 中国科学院地球环境研究所/西北农林科技大学 | 与第一完成人共同完成了主要科学发现第1、3项内容，创建了基于立体摄影测量技术的侵蚀沟形态及水流参数测定方法，量化细沟发育各主导侵蚀过程，深化了沟壁扩张侵蚀理论。是代表作4的第一作者。 |
| 徐锡蒙 | 6 | 副研究员 | 中国科学院地理科学与资源研究所/西北农林科技大学 | 与第一完成人共同完成了主要科学发现第2、3项内容，量化了细沟沟壁扩张发育过程，阐明了浅沟发育过程，构建了浅沟侵蚀量与侵蚀动力和地形因子复合指标，阐明了坡面纵向汇流和侧向汇流耦合作用对浅沟侵蚀的影响作用。是代表作4的共同作者。 |

**七、主要完成单位情况**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **单位名称** | **排名** | **主要贡献** |
| 西北农林科技大学 | 1 | 西北农林科技大学作为项目主要完成单位，给予该项目必要的人力、物力支持和必备的支撑条件，为本项目提供了相关的仪器设备和研究平台，保证了项目的顺利实施和完成。全面负责项目的设计、立项、分工、实施与成果鉴定。在本项目中，重点开展了坡面不同水蚀类型的侵蚀过程机理、不同水蚀类型演变过程及驱动机制和水蚀类型演变过程研究方法创建等方面工作。 |
| 中国科学院水利部水土保持研究所 | 2 | 中国科学院水利部水土保持研究所作为项目主要完成单位，协助开展了片蚀与细沟侵蚀动力机制、水蚀类型演变过程及驱动机制、稀土元素示踪土壤侵蚀量的通用模型等方面工作。同时协助开展项目的设计、立项、实施与成果鉴定等工作，给予该项目必要的人力物力支持和必备的支撑条件，为该项目的顺利开展做出了重要贡献。 |

**八、完成人合作关系情况**

|  |
| --- |
|  **完成人合作关系情况表** |
| **序号** | **合作方式** | **合作者/项目排名** | **合作起始****时间** | **合作完成****时间** | **合作****成果** |
| **1** | 论文合著 | 郑粉莉/第1，刘刚/第2 | 2014年7月1日 | 2018年1月22日 | 代表作3 |
| **2** | 论文合著 | 郑粉莉/第1，沈海鸥/第3 | 2009年9月1日 | 2017年7月1日 | 代表作2 |
| **3** | 论文合著 | 郑粉莉/第1，王彬/第4，覃超/第5，徐锡蒙/第6 | 2006年7月1日 | 2018年5月1日 | 代表作4 |
| 完成人合作关系说明（限1000字）第1完成人郑粉莉教授与第2完成人属西北农林科技大学/中国科学院水利部水土保持研究所的同一课题组，共同开展项目的研究工作，完成了主要科学发现第1、2项内容，提出了基于稀土元素示踪片蚀-细沟-浅沟侵蚀过程的研究方法，揭示了片蚀与细沟侵蚀动力学机制，明晰了降雨击溅、壤中流与地表径流耦合作用影响片蚀和细沟侵蚀过程机理。共同撰写发表论文（代表作3）。 第3完成人沈海鸥副教授，2009-2015年在西北农林科技大学攻读博士学位，第1完成人为其导师，共同完成了主要科学发现第2项内容，明晰了下垫面特征对细沟和细沟间侵蚀过程的影响，揭示了细沟与细沟间侵蚀过程的水动力学机制。合作撰写发表论文（代表作2）。第4完成人王彬教授，2006-2013年在西北农林科技大学攻读硕士、博士学位，第1完成人为其导师，共同完成了主要科学发现第1、3项内容，创建了水蚀类型演变过程研究方法，量化了细沟沟壁扩张发育过程，揭示了坡面片蚀与细沟侵蚀动力机制。合作撰写发表论文（代表作4）。第5完成人覃超副研究员，2012-2018年在西北农林科技大学攻读硕士、博士学位，第1完成人为其导师，共同完成了主要科学发现第1、3项内容，创建了基于立体摄影测量技术的侵蚀沟形态及水流参数测定方法，量化细沟发育各主导侵蚀过程，深化了沟壁扩张侵蚀理论。合作撰写发表论文（代表作4）。第6完成人徐锡蒙副研究员，2012-2018年在西北农林科技大学攻读学士、博士学位期间，第1完成人为其导师，共同完成了主要科学发现第2、3项内容，量化了细沟沟壁扩张发育过程，阐明了浅沟发育过程，提出了浅沟侵蚀量与侵蚀动力和地形因子复合指标，阐明了坡面纵向汇流和侧向汇流耦合作用对浅沟侵蚀的影响作用。合作撰写发表论文（代表作4）。 |