2024年度陕西省自然资源科学技术奖公示

1. **项目名称**

陕北风水复合侵蚀矿区新构土体生态修复技术创新与应用

**二、推荐意见**

提名者：榆林学院

提名意见：该项目以陕北风水复合侵蚀生态脆弱矿区新构土体生态修复为目标，揭示了根系固土抗蚀机制，创新了根系构架系统理论，创制出碳基系列生态修复功能产品，创建了新构土体持水保肥技术体系，集成了陕北矿区持水保肥固土抗蚀多维生态修复技术体系，形成了陕北矿区排土（矸）场平台-边坡系统、采煤塌陷地、废弃矿坑固体废弃物协同矿山地质环境与生态治理应用模式，技术应用取得了明显经济、社会和生态效益，具有极大推广价值，对促进风水复合侵蚀矿区的可持续发展具有重要的理论和实践意义。成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议。

提名该项目为陕西省自然资源科学技术奖一等奖

三、成果简介

本项目属于矿山生态修复和煤基固废资源化利用学科交叉领域。

陕北风水复合侵蚀矿区作为黄河“几字弯”片区的重要组成部分，其生态治理是该区能源开发的重要保障，直接关系到黄河流域生态保护与高质量发展成效，具有重要的战略意义。20多年来，陕北煤矿高强度开采在为国家能源安全做出了重要贡献的同时，也对土地、生态和人居环境造成了破坏。针对矿区复垦中以土-石-沙三元复合土体为特征的新构土体持水保肥性能弱，植物群落构建难和生态修复模式单一问题，项目以实现陕北风水复合侵蚀矿区新构土体生态系统修复为目标，以“机理-技术-模式”为主线，揭示了根系固土抗蚀机制，创新了根系构架系统理论，创建了新构土体持水保肥重构技术，集成了陕北风水复合侵蚀矿区持水保肥固土抗蚀生态修复应用模式。

主要科学价值：（1）明确了矿区土-石-沙三元复合土体结构特性，首次提出根系构架系统理论，解决了植物根系固土匹配优先级的难题，完善了矿区新构土体根系固土抗蚀理论方法；（2）创制出碳基系列生态修复功能产品，创建了土-石-沙三元复合土体持水保肥重构技术，解决了矿区新构土体持水保肥性能差的难题，丰富了陕北矿区土壤改良技术体系。（3）研发了陕北矿区新构土体持水保肥固土抗蚀多维生态修复技术体系，创建了煤基固废利用协同矿山排土（矸）场平台-边坡系统、采煤塌陷地、废弃矿坑综合治理模式，解决了矿区生态修复模式单一问题。

项目授权专利16项，其中发明专利5项，制订地方标准5项，咨政建议5份；发表科技论著59余篇（部）。申报人主持的项目“陕北露天煤矿排土场土壤抗侵蚀定向调控技术”被陕西省科学技术厅收录于陕西省科技报告服务系统（收录证书号:SNSTR-2023-000379），同时申报人主持的成果“陕北煤矿排土场边坡固土持水与植被建造技术”作为陕西省唯一技术成功入选2023年度国土资源部生态修复适用技术名录，以陕西省人民政府官网以陕西要闻形式对外发布，并受到人民网、陕西日报、榆林日报、今日头条、澎湃网等主流媒体跟踪报道。

项目成功研发出煤基固体废弃物为主要原材料的土壤调理制剂、生态土和营养钵产品。将固废产品与矿山生态修复协同利用相结合，助力大宗固废高值规模化利用。成果应用于巴拉素煤矿、方家畔煤矿、赵家湾涌鑫煤矿等，社会、经济、生态效益显著，为黄河“几字弯”风水复合侵蚀矿区边坡生态修复提供技术支撑及模式。

四、客观评价

**4.1 科技查新报告结果表明项目整体技术“具有新颖性”**

科学技术部西南信息中心查新中心对本项目进行了科技查新（报告编号： J20245001256693172），查新结论如下：本项目所述开发了系列风水复合侵蚀煤矿区边坡涵水固土生态产品，破解了煤矿区边坡新构土体不稳定性的难题；创建了煤基固废持水赋养土体重构技术，突破了风水复合侵蚀矿区边坡新构土体涵水容量低、持水性能差的瓶颈；发明了根系构架理论指导的植被建造技术，解决了新构土体困难立地条件植被成活率低的技术难题等内容，在所检文献以及时限范围内，国内外未见文献报道。

**4.2 科技成果评价**

陕西省土壤学会邀请冯起院士为组长，相关专家组成成果评价委员会，对本项目进行了成果评价。专家组一致认为“该成果创新性强，技术模式先进，达到国内领先水平”。

**4.3 同行评价及媒体报道**

申报人主持的成果“陕北煤矿排土场边坡固土持水与植被建造技术”作为陕西省唯一技术入选2023年度国土资源部生态修复适用技术名录，11月27日得到陕西省政府官网以陕西要闻形式发布，并受到人民网、陕西日报、榆林日报、今日头条、澎湃网等主流媒体跟踪报道。2022年9月，榆林市发展和改革委员会在第8期“链长制”工作简报中提到：“西安科技大学、榆林学院、碳清洁生产协会开展大宗固废综合利用关键技术及应用研究，在金属镁渣改性制备建材及胶凝材料、气化渣脱碳分质综合利用、煤矸石井下充填及土壤改良剂研发等环节取得积极进展，从技术层面保障固废综合利用途径”，充分肯定了项目组工作。2022年10月，“陕北典型矿山生态修复试验与示范”为2023年陕投集团重点项目，该项目采用了本申报项目技术成果，基于“根系构架理论”的植被建造技术，构建典型矿区的植被修复物种空间优化配置模式，其理论和实践意义得到了专家组一致肯定。

五、主要知识产权目录

| **序号** | **知识产权类别** | **知识产权****具体名称** | **国家****（地区）** | **授权号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 发明专利 | 一种根系构架指数的确定方法及系统 | 中国 | CN111721919B | 2023.01.20 | ZL202010618906.5 | 榆林学院 | 李强，刘国彬，杨俊诚，脱登峰 |
| 2 | 发明专利 | 一种提升沙地植硅体碳汇能力的硅基材料及其制备方法 | 中国 | CN116535263B | 2024.6.25 | ZL 20221 1579366.X | 榆林学院 | [李强，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq7UgcIYl2Q6HWJHVWAFGobm1UMnFAIWKy3iquGiKT2BIJMhLaQs2IT2arWFwzvbSY0txW7bvoMJeZiqzvAAkCtR2tzhOvYyAry-by_t1LJXAQ==&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[张凯煜，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq7UgcIYl2Q6HWJHVWAFGobmNiERd2IbRW9DPPeb5-I_hh1IPf9OPgX6Gx8VwC6xtjpdBU8Wk9mF3uYrWgNabgfL0U521l1Ct0eN4tR0BWppsriWDDx4Ro-g&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[强亚斌，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq7UgcIYl2Q6HWJHVWAFGobmU2JMzGAHfQIpxyRcPWLUXvL-FyVu1d0kDXMb3iSj2eKzeMry51SGpE_38sHozjDf41JEu_-yojWeLz1MN9k3jVkgMshki0eC&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[陈丽，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq7UgcIYl2Q6HWJHVWAFGobm9j3C4yoerG59xYqXahUdN_8VP_Pn30hIykzAKzt_8ntYnt8OsdG-sRRjwlWhN1G2coJ0UzH2ERDIKfn3plVf0g==&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[亢福仁，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq7UgcIYl2Q6HWJHVWAFGobmFnCAt-d6Osbd_cjCm0xRZQ9Ygky52uc-tvJfGV7iEYkPZXOmLktDWiMzDkS_oEdw3mBocx3Do0b8vXh_FERMvGwvPIC0J2nC&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[刘斌，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq7UgcIYl2Q6HWJHVWAFGobm9j3C4yoerG6WX4IC3nzAsa1z5c_8WwcN9B4tmUgWxjhdMc-M61MLzca9HP6JRs98W7dYkw0Y7GXOn0HvjM1nNQ==&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[韩岗，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq7UgcIYl2Q6HWJHVWAFGobmNC8o5QiuXAzdVdRtqyqpAPL_jBVMO7XlHfwSpAohlf7eIdiiQpEuWfNeJlg30qO5JqT_jGGG4rDU5KyvoExC4Q==&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[高卫东，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq7UgcIYl2Q6HWJHVWAFGobm9j3C4yoerG5qaEI-JYBgq02tC90mbiWfP194wtoI6wrMqTPpEFgvBPcg09K9Em3WnyQ6Cs6xlW912HfzlvkL-8reUkUmZoDM&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[高玲，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq7UgcIYl2Q6HWJHVWAFGobmiXZWXRIbZ2i1j__x0hUx6R5QxyN95aU1Y-zVE9rUl4m0XAJLiQ5fzLBhDy60jncZHNjhF1ymIM4rk9kA6Engsw==&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[张艳，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq6QgwmbsPg1umWEIFK5Vpb6qQiembcQgv3G774P48UPkpbySwKm69Ru9liTJtwP1zWu1iVsvAIzkEuL-goJTX4kLzkAd7VrafU8Gs0UTppjQA==&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[孙利鹏，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq6QgwmbsPg1umWEIFK5Vpb6NiUJ4EOMw6bjq05UOsNleF9UQWFXtbn-Ulv9f_bCOl2Xu1UCCfvcfAQhYopBTBbEpZ2u6aGFUySwD0W2cU2MLuPmz5wdBb26&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[李海雄，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq6QgwmbsPg1umWEIFK5Vpb6OV5bMvPffzsMiXbRw8zoB6224wF7RXEdk3NrlbIDAZXEM-95DC1Evdy63icN8cJ9vn_pB6AO5tgDHiNf1ny4bk851k9s4j97&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[马泳波，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq6QgwmbsPg1umWEIFK5Vpb6o3a9kuCep7h37-O768MHacIrBdxBSgtvEtYlEsb97BVE_DiRZqUeyMEsQ8QlB_7ecA19oidY1HeJTQZEtGI9mIS_28hG50JB&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[张正，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq6QgwmbsPg1umWEIFK5Vpb6iUt7eAvW2F8Rlq7uAqI97kC81KE_hSS0eE2x5d--ksntoYFZVw9PeqDMhLwuGMtMVYUNrWD6AI9kh9-ebUVqkA==&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[刘浪，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq6QgwmbsPg1umWEIFK5Vpb6eLP0Kb1IeOcERW3qcnTzS1tm8rqlZwMNdGkKo6WHox4SQfCC8Cun2Ye_P3Df5716ajEX1hgR8XfN2mCdv1xhHQ==&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[李健，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq6QgwmbsPg1umWEIFK5Vpb6g7Iryj92t8dhO7jl24E3a4srmy9blo0F16dz6L51E4JSRoQN6NVNXEk6fZvQoQDwGszcMriWYINlABY1v998pw==&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[曾春梅](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq6QgwmbsPg1umWEIFK5Vpb6GQNVhe8VxOwM3A2dU8S80JLh6eqnGCotHpF_vscgym1COvNDze8AhaQ8EogCNK22hy4gnLeZvXPgXgvsW7rK87MAOQutW31Y&uniplatform=NZKPT&language=CHS) |
| 3 | 发明专利 | 一种碳基材料在增强沙地根际微生物定殖能力中的应用 | 中国 | CN116477972B | 2024.8.30 | ZL202211569770.9 | 榆林学院 | [张凯煜，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq4tkzLcrgLpFThZ3Wj9k14VMeXb1wgetH0JyXN7aj_oTiq7nwEyZ_3WRlQT2omIQZMvrQ1nqiFbAQQhLe3kx5MGBhrTWqQ14eGhpMUeN_N1MK30Ype5Y9wX&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[李强，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq4tkzLcrgLpFThZ3Wj9k14Ve6g3JEqNLSqLeXddhwVyT8ge6AZ2uS0P8BAxOOqmeG0P765H4nK5Mn1onte1B4_PmJc3o01YbzcpldQvyW7KLA==&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[谷洁，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq4tkzLcrgLpFThZ3Wj9k14VZllCvkE0adtTDPyHOVZpzQ7sKvmcFPapMGNeqTIJU9RMFJAWqwNP20CQXxJjFPu_hp2ltJOGIOKr57iF5w5cGQ==&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[李海雄，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq4tkzLcrgLpFThZ3Wj9k14VeH_4AHUda1SKfMJ1OVALU-Tu6VCkPIZaobYudehMp40O33wCsl4yxJvWlYXOWi2ZDq-tlHmv1WOy5MARxC2UwGmuvaBslcQZ&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[马泳波，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq4tkzLcrgLpFThZ3Wj9k14VKdOsurCZGyiZZCdfdTvKR7NDpeg96VLbuSqQrXNH9PaZS2TSlvZh5ER1Za6ekIydU4Vx5vYYyWmzm2hQ4CFWXT2SQ-sjBt_g&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[贾飞云，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq4tkzLcrgLpFThZ3Wj9k14VXtpHd7YA8-z0ipqofNC3VJPN6jC1GpwJ3_Dfu2-OKz6ZtqH_dcZPLO6cVYDBrVHEO0gEKLggzwCYrS32ONuYtL9KxijI-oKl&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[黄苑平，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq4tkzLcrgLpFThZ3Wj9k14Vft2TmqbXwQfHCJ4ocu1DWGhuFvMNFPeh9dGpN_NjOWibDOpA51fu418lrYc3P6lsbVilRtsHu_XctqWmMMusuQysvECm09iq&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[强亚斌，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq4tkzLcrgLpFThZ3Wj9k14VdIHYqtrF7v3iHqkEFl1N1batK1H9_XxgJhLP3C1B8amcDwIEYJGoMT95A-MmJiaFotiWlRmbDg4lqS26WrdYQOtLvkcPS_2O&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[张正，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq4tkzLcrgLpFThZ3Wj9k14VBgBoFPyY5pRJTUeNFPT-ph8ujAEiEBTwsgpdIZpoENU9my8AWgb7yNfXSITQEUXV-8cFRXVzyQ4o29zN9pwjpw==&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[孙利鹏，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq4tkzLcrgLpFThZ3Wj9k14VLk3S5u0uWsTKLKDVQWtjwIrMiIkTYbaizDght0PMGzFD2nwnh3gmpIUiRKRYmnJo9AMhCWd2sxSiw1_dXv3YRD4dmiihzu9B&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[亢福仁，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq4tkzLcrgLpFThZ3Wj9k14VbR9P4zURFhYad0U1FCjJrj1Y4wWYESK9XiOfUYkRewoj6j2IptjcicO6LD7Cp946CqNZV6IMN-VsSjhPedcsF1BL1plAMY-U&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[尹美莉，](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq4tkzLcrgLpFThZ3Wj9k14VdIHYqtrF7v02GNqJ0EfdaX3NHMLpXesFw6ET1f_Kiff9diOUmV7YmK6rbF8WZUzz9q4xbQ_50Cntr64cS-1wTWUS7uCVfRQi&uniplatform=NZKPT&language=CHS)[郑仕梅](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=MdENDFpkZq4tkzLcrgLpFThZ3Wj9k14VyqL_W4j_-R-SoUzR8JGBuwl9tE6RxvA3hwBDdYglvE4k1KX-XglR-4zEcjDiduXfO1PXsoTLLKVm3il7EzleUnEuiqWPMnyn&uniplatform=NZKPT&language=CHS) |
| 4 | 发明专利 | 一种城市污泥破解与能源转化装置及城市污泥处理方法 | 中国 | CN108751644B | 2023.09.15 | ZL201810532219.4 | 榆林学院 | 相玉琳，相玉秀，戴春雨，陈凯，陈慧，黄龙博 |
| 5 | 标准规范 | 煤基固废调理剂修复盐碱地技术规范 | 中国 |  | 2023.05.23 | DB 6108/T53-2023 | 榆林学院 | 李强，张凯煜，亢福仁，马泳波，张正，何林卫等 |
| 6 | 标准规范 | 煤基固废调理剂修复沙化土地技术规范 | 中国 |  | 2023.05.23 | DB 6108/T53-2023 | 榆林学院 | 张凯煜，李强，亢福仁，马泳波，孙利鹏，何林卫，路培，刘斌，张正等 |
| 7 | 论著 | 一种量化根系抗侵蚀指标的构建及应用:根系构架抗蚀指数 | 中国 | 2020,31(9):2955-2962 | 2022.6.30  | 应用生态学报 | 榆林学院 | 李强，刘国彬，杨俊诚，脱登峰，张正 |
| 8 | 论著 | Relative contribution of root physical enlacing and biochemistrical exudates to soil erosion resistance in the Loess soil | 中国 | 2017,153:61-65 | 2017.2.1 | Catena | 榆林学院 | 李强，刘国彬，张正，脱登峰，白茹茹，乔芳芳 |
| 9 | 论著 | 陕北黄土区植物根系抗侵蚀研究 | 中国 | ISBN：9787517076827 | 2019.04.14 | 9612023Y2055 | 榆林学院 | 李强，张正，脱登峰，亢福仁，张荟瑶 |
| 10 | 实用新型专利 | 一种矿区护坡生态修复结构 | 中国 | CN214423384U | 2021.10.19 | ZL202120271863.8 | 榆林学院 | 张正，于卫洁，李强，孙会，孙利鹏 |

六、主要完成人情况

| 排名 | 姓名 | 技术职称 | 行政职务 | 工作单位/完成单位 | 对本项目的贡献 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 李强 | 教授 | 省重点实验室副主任 | 榆林学院 | 项目负责人及主要完成人，负责项目的整体方案设计与实施。对项目主要发明和技术成果一和成果三有重要贡献。 |
| 2 | 马泳波 | 讲师 | -- | 榆林学院 | 项目主要完成人，对项目技术成果二和三有重要贡献，参与创制了系列固土制剂，解析了矿山新构土体不稳定性的难题。 |
| 3 | 孙利鹏 | 讲师 | -- | 榆林学院 | 项目主要完成人，对项目技术成果二和三有重要贡献，参与创制了碳基固废产品研发与应用，提升了土壤结构稳定性和速效养分含量。 |
| 4 | 张凯煜 | 副教授 | -- | 榆林学院 | 项目主要完成人，对项目技术成果二和三有重要贡献，将固废利用与生态修复相结合，提出矿山涵水固土生态产品创制技术。 |
| 5 | 张正 | 副教授 | -- | 榆林学院 | 项目主要完成人，对项目主要发明和技术成果一和三有重要贡献，解决了灌草根系匹配性问题，明确了植被固土抗侵蚀理论。 |
| 6 | 路培 | 讲师 | -- | 榆林学院 | 项目主要完成人，对项目技术成果二和成果三有重要贡献，负责涵水固土生态产品应用和推广。 |
| 7 | 亢福仁 | 教授 | 省重点实验室主任 | 榆林学院 | 项目主要完成人，对项目技术成果三有重要贡献，主要负责矿区生态修复技术示范应用。 |
| 8 | 相玉琳 | 教授 | -- | 榆林学院 | 项目主要完成人，对项目技术成果二和三有重要贡献，将固废利用与生态修复相结合，提出固体废弃物改性无害化处理技术。 |
| 9 | 曹炜 | 教授 | -- | 黄河水利委员会晋陕蒙接壤地区水土保持监督局 | 项目主要完成人，对项目技术成果一和三有重要贡献，负责野外监测、技术示范等。 |
| 10 | 高芒 | 高级工程师 | 总经理 | 陕西大润生态建设集团有限公司 | 项目主要完成人，对项目技术成果二和三有重要贡献，共建了涵水固土生态产品中试基地。 |
| 11 | 李彬彬 | 副教授 | -- | 中国科学院水利部水土保持研究所 | 项目主要完成人，对项目技术成果二和三有重要贡献，负责产品初试和野外试验示范技术优化。 |
| 12 | 王若帆 | 副教授 | -- | 西安科技大学 | 项目主要完成人，对项目技术成果二有重要贡献，负责产品初试和野外试验示范技术优化，建立了生态效应评价体系。 |
| 13 | 刘斌 | 工程师 | 总经理 | 榆林环境保护工程有限责任公司 | 项目主要完成人，对项目技术成果三有重要贡献，负责边坡新构土体土壤改良与检测技术应用。 |
| 14 | 郑仕梅 | 高级工程师 | 总经理 | 中科环保 | 项目主要完成人，对项目技术成果二和三有重要贡献，共同建立了陕西省碳基固废资源化利用中试基地。 |
| 15 | 张晨晨 | 工程师 | -- | 陕西省林业科学院 | 项目主要完成人，对项目技术成果三有重要贡献，负责矿区生态修复技术应用推广。 |

七、主要完成单位及创新推广贡献

| 排名 | 完成单位 | 创新推广贡献 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 榆林学院 | 项目主要完成单位，针对风水复合侵蚀矿区固废综合利用和生态修复关键科技需求问题，创新提出了根系构架系统，丰富了植被固土抗侵蚀理论；创制了碳基生态修复产品，解决了新构土体漏水的土壤保育的技术难题；创建了基于根系构架的生态修复技术，解决了新构土体困难立地条件植被成活率低的技术难题。为风水复合侵蚀矿区矿山生态修复提供技术支撑及可复制可推广的科学模式。 |
| 2 | 中国科学院水利部水土保持研究所 | 项目主要完成单位，主要参与了项目相关研究成果技术研发和试验示范，解决了矿区生态修复中土体结构不稳定的难题。 |
| 3 | 榆林中科环保科技集团有限公司- | 项目主要完成单位，主要参与了项目相关研究成果试验示范、陕西省碳基固废资源化利用中试基地建设。 |
| 4 | 榆林环境保护工程有限责任公司 | 项目主要完成单位，主要参与了项目相关研究成果试验示范、应用推广及标准制定。 |
| 5 | 陕西大润生态建设集团有限公司 | 项目主要完成单位，共建了矿区边坡新构土体生态修复示范基地，参与了项目成果应用推广。 |
| 6 | 黄河水利委员会晋陕蒙接壤地区水土保持监督局 | 项目主要完成单位，主要参与了新构土体改良技术研发与示范，负责产品初试和技术优化。 |
| 7 | 西安科技大学 | 项目主要完成单位，主要参与了项目相关研究试验示范及标准制定，观测榆林市方家畔等矿区生态修复效应等。 |
| 8 | 陕西省林业科学院 | 项目主要完成单位，主要参与了项目相关研究成果试验示范、应用推广。 |