

黄土丘陵区坡沟水沙调控与高效利用关键技术研究

项目公示信息

一、项目名称：

黄土丘陵区坡沟水沙调控与高效利用关键技术研究

二、提名者及提名意见：

1、提名单位：

杨凌农业高新技术产业示范区

2、提名者意见：

该项目成果系在国家科技相关计划支持下，针对区域干旱与水土流失并存，土地资源短缺、生产力低下、威胁“粮食安全”等问题，在项目主要参与人员多年研发的水沙调控新材料、新软件、新装置的基础上，创新集成了黄土高原水土流失治理和农业高效生产方面的坡沟降雨径流汇集、水沙阻控、沉砂滤清、蓄水、农业高效用水及管理理论与技术，构建了黄土丘陵区坡面-沟道水沙调控及高效利用关键技术，提出了水土保持高效农业的技术模式，通过试验示范形成技术标准并进行大面积推广，为发展黄土高原水土保持高效农业，实现“绿水青山就是金山银山”及保障区域粮食安全提出新方法、新理念、新途径和新标准，取得了巨大的经济、社会及生态效益，有广阔的应用前景。项目实施得到了延安市、杨凌示范区、陕西省、中国科学院的高度关注和亲临指导，在2008年和2022年先后国家两任主要领导、国际著名人士视察核心示范区，项目成果产生广泛影响。鉴于该项目的科学意义、示范效益、应用前景和重要影响，**推荐该项目申请陕西省2024年度科技进步奖一等奖。**

三、项目简介：

主要针对如何解决黄土丘陵区水土流失与干旱并存这一问题，通过长期、系统研究坡沟水沙调控与高效利用，取得了如下成果：

① 明确了黄土丘陵区坡面水沙调控的主控因素

提出坡面降雨径流“双紊动源”模型，创新水沙调控模拟试验方法，提出毫米级暴雨径流的常规与非常规比尺模型，对复杂下垫面不同水沙调控设施的影响因子进行试验研究。结果表明：梯田和台地侵蚀灾害损毁的单宽输沙量与流速的2.5

次方成正比，侵蚀模数与汇流量的 1.5 次方成正比，水沙调控的目标是消减降雨径流的流速和汇流量。

② 提出坡沟水沙调控与高效利用的优化模型

探明了植物根、茎、冠等对坡面降雨径流侵蚀的消减动力与阻控作用机制；明确了植物过滤带的滤清机理，提出了过滤带拦沙率和拦沙库容的计算方法；揭示了滤清系统、梯田、蓄水设施及沟道土地整治对流域暴雨侵蚀的影响机制；构建了梯田和沟道台地分段模拟和水土流失风险管控的数学算法模型，开发了梯级台地模拟平台并嵌入 2009SWAT488 版，能定量表征梯田和沟道整治工程“滞洪补枯”的作用。

③ 研发了水沙调控材料与装置

发明了 8 种土壤固化剂和橡塑及竹基复合材料，为修建各种水沙调控设施提供了材料基础。以规模化、标准化和运输便利化为原则，通过开发的水窖结构优化设计软件，研制出柔性橡塑水窖、竹塑复合橡塑水窖、固化土水窖等水沙调控存储装置，成本相较传统混凝土降低 1/3 以上。发明了新型文丘里吸肥设备和雨水智能收集系统，实现了远程数据传输与智能化管理。探明了根、茎、冠和草等对坡地降雨径流侵蚀的消减动力与阻控作用，开发了水沙调控型农业高效用水滤清系统。2013 年百年未遇大暴雨条件下，使用该系统的果园没有明显的土壤侵蚀发生。

④ 构建了水沙调控与高效利用模式

构建了“梯田果园+固化剂集流+植被滤清+固化或橡塑水窖+高效利用+信息管理”模式，使降水利用率和果园产量分别提高了 20%和 15%，破解了长期困扰人们的山上侵蚀严重、土壤水肥条件差、种植苹果效益低的难题。提出了“土地整治+梯田（沟道台地）大棚+固化剂道路集流+植被滤清+固化土或橡塑水窖+高效利用”技术模式，使设施大棚节省灌溉费用 2.8 元/m²，减少侵蚀 6000 t/(km²·a) 以上，单个大棚每年可增产 1500 元左右，破解了黄土丘陵区的设施农业水土资源利用效率低的问题。

建立沟道和坡面土地整治及高效利用示范区 1.836 万亩，土壤流失量减少 60%~80%，农田生产力提高 15%以上，降水利用率提高 20%以上，仅安塞区坡地苹果科技贡献年效益达 2 亿元。辐射带动省内外 400~500 万亩，目前水沙调控型水土保持高效农业每年以 30 万亩的速度增长，项目技术具有广阔的应用前景。

在 Journal of Hydrology、Agricultural Water Management、Science of The Total Environment、CATENA 等主流期刊发表 SCI/EI 论文 105 篇，他引 2807 次；出版专著 4 部；授权发明专利 28 件、实用新型 5 件；主编参编国家、行业、地方等相关标准 8 项；获批计算机软件 4 项，培养研究生 40 人；提交水沙调控与高效利用相关重大建议 2 项，并获国务院主要领导和省领导批示，显著地促进了行业科技进步。示范基地先后于 2008 年和 2022 年两次得到时任国家主要领导人及国际著名人士的视察和指导，产生较大社会影响。

四、客观评价

(1) 国家科技部、中国科学院组织的专家对国家支撑计划课题“黄土丘陵沟壑区水土保持与高效农业关键技术集成与示范(No.2011BAD31B05)”立项及验收意见认为：“课题成果的应用和推广取得了显著的生态效益、经济效益和社会效益”，“实施该项目意义重大”；

(2) 国家自然科学基金面上项目“复杂下垫面暴雨径流侵蚀相似性模拟实验研究(No.41371276)”研究开发的“坡面及流域降雨径流侵蚀泥沙及污染物运移的正态、变态常规模型及薄层径流非常规比尺模型模拟系统”通过国家自然科学基金委的验收；

(3) 国家支撑计划课题“坡面降雨径流调控与高效利用技术(No.2006BAD09B01)”通过中国科学院资源环境科学与技术局组织专家进行的课题验收，认为：课题研发的“水沙调控系列新材料、优化模拟技术、高效利用模式”等技术，其中 4 种黄土高原坡面降雨径流模式得到示范和推广；

(4) 国家重点研发课题“黄土丘陵沟壑区边坡工程-沟道整治生态安全调控技术(No.2017YFC0504703)”绩效评价专家组意见认为：“研发的高陡边坡产汇流计算方法、增湿条件下边坡稳定性计算分析方法、生物结皮种源快速扩繁及还绿技术等形成了削坡工程安全调控技术；研发的纳米新材料技术、沟道造地填挖交界面沉降调控技术、新造地土壤改良及熟化技术、固堤保坎技术、除碱排盐抗蚀排导技术、沟道梯级土地整治工程水毁风险分析及评估方法等，形成了坡沟系统安全调控技术体系”；

(5) 国家重点研发课题“沟道及坡面治理工程的生态安全保障技术集成与综合示范(No.2017YFC0504705)”绩效评价专家组意见认为：“构建的沟道-坡面治理工程复合技术体系，形成了沟道及坡面治理工程需求程度评价技术，提出了

沟道-坡面治理工程的规划设计与施工技术，编制了沟道及坡面治理工程关键技术示范方案与施工方案，实现了 8 项技术的系统集成，形成了 7 大示范工程”；

(6)项目成果梯田的水土保持作用机制计算机模块嵌入 2008SWAT488 版，在世界各地得到广泛应用，课题组成员邵辉博士获得美国农业部 SWAT 开发突出贡献奖；

(7)项目部分成果“黄土丘陵区坡面水沙调控与高效利用关键技术研究”获第十三届中国水土保持学会科技奖(中国水土保持学会 2021 年度科学技术奖)一等奖(证书号：SBXH2021-J-1-02-R01)。授奖日期：2022 年 2 月 25 日。

五、应用情况

坡面水沙调控与高效利用技术核心示范面积 1000 余亩，推广辐射 400 余万亩。相关技术进入规范，并在甘肃、宁夏、内蒙、湖南等地应用。项目技术对安塞区山地苹果科技贡献 2 亿元/年，对延安市山地苹果贡献约 15 亿元/年。

研发的“削坡工程安全调控技术”和“坡沟安全调控系统”相关技术在陕西延安羊圈沟核心试验示范面积 360 亩，辐射面积 3030 亩，示范区侵蚀量减少 20%，坡沟系统扰动地表治理度提高 30%，侵蚀模数降低 30%。相关技术还在湖南新化等地进行示范与推广辐射总面积达 10 余 km²。

构建的“沟道-坡面治理工程复合技术体系”，实现了“8 项技术的系统集成，形成了 7 大示范工程”，在延安、榆林、平凉等地区建立了县域试验示范基地，示范面积 1.7 万亩。

培训超过 8000 人，开发的模型 SWAT-Terrace 在我国、美国、加拿大等进行大量应用。该模型填补了大型水文模型的空白，量化评估了黄土高原梯田减沙约 1 万 t/(km²·a)，减少黄河输沙约 4 亿吨，阐释了黄土高原发展梯田的必要性。

研究基地的“山上水沙调控，山下淤地坝防控”等相关技术成果作为《加强陕北山地苹果产业提质增效与风险防控的建议》、《黄土高原淤地坝建设与风险管控的建议》两项重大建议的支撑材料，得到时任国务院总理等主要领导及省部级领导的批示。示范基地延安南沟和方塔先后两次得到国家主要领导人视察和指导，为黄土高原水沙调控及高效利用指明了方向。

六、主要知识产权和标准规范目录（发明奖和进步奖填写，限 10 条）

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	一种坡地高效农业用水滤清系统的制备方法	中国	ZL201410036089.7	2014年06月11日	证书号第1811026号	西北农林科技大学,中国科学院水利部水土保持研究所,国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心	高建恩 张星辰 高哲
2	发明专利	一种沟道梯级土地整治工程暴雨洪水安全风险评估方法	中国	ZL20211067601.4	2023年12月05日	证书号第5489535号	西北农林科技大学	高哲 张根广 高建恩 韩剑桥 张星辰 李兴华
3	发明专利	一种新型土壤固化剂	中国	ZL200410073273.5	2006年05月31日	证书号第266730号	西北农林科技大学,中国科学院水利部水土保持研究所,国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心	高建恩 吴普特
4	发明专利	一种柔性环保橡塑水窖及其制备方法	中国	ZL200510096014.9	2009年08月05日	证书号第532634号	西北农林科技大学,中国科学院水利部水土保持研究所,国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心	高建恩 朱德兰
5	发明专利	一种秸秆木炭制备的土壤扩蓄增容剂及其生产方法	中国	ZL200710017797.6	2009年12月16日	证书号第53579980号	西北农林科技大学,中国科学院水利部水土保持研究所	冯浩 吴普特
6	发明专利	一种新型文丘里吸肥器	中国	ZL201210149369.X	2014年04月14日	证书号第1381652号	西北农林科技大学	范兴科 吴普特等
7	实用新型专利	一种旱地果园绿色智能集雨系统	中国	ZL 2023 21077926.1	2023年12月05日	证书号第20119370号	西北农林科技大学	高哲 高建恩 张根广 樊恒辉 赵春红 龙韶博
8	发明专利	基于增湿条件的强度折减计算边坡稳定安全系数的方法	中国	ZL201710507915.5	2020年08月14日	证书号第3940609号	西北农林科技大学	田堪良 高建恩等
9	规范	黄土丘陵沟壑区水土保持型高效农业技术规范	中国	DB61/T1010-2016	2016年02月24日	陕西省质量技术监督局	西北农林科技大学	高建恩 樊恒辉 李兴华 张星辰 韩剑桥
10	规范	黄土丘陵沟壑区沟道土地整治及控制工程技术规范	中国	DB61/T1746-2023	2023年11月13日	陕西省市场监督管理局	西北农林科技大学	高建恩 樊恒辉 韩剑桥 罗林涛 田堪良 张根广 高哲 张星辰 李兴华 龙韶博等

七、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
高建恩	1	无/教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	负责整个项目研究计划和方案的制定、审定,并组织实施;在水沙调控材料、装置、形式及模拟方面取得明显进展。发现“双紊动源”作用机制、“水沙调控”主控因素等。“主要知识产权和标准规范”1、2、3、4、7、8、9、10 主要完成人。
吴普特	2	校长/教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	坡面降雨径流调控利用理论的主要构建者,在水沙材料、装置及形式方面作出突出贡献。“主要知识产权和标准规范”中第3、第5、6 主要完成人。
冯浩	3	院长/研究员	西北农林科技大学/西北农林科技大学	坡面降雨径流调控利用理论和应用方面取得进展,特别是在土壤扩容新材料及高效利用等方面取得重大进展,“主要知识产权和标准规范”中第5 主要完成人。
樊恒辉	4	副院长/研究员	西北农林科技大学/西北农林科技大学	主要负责“农田水沙调控新型材料开发与集成示范”的研究,研发了液态土壤固化剂、固化土水窖等。是“主要知识产权和标准规范”7、9、10 主要完成人之一。
罗林涛	5	总工程师/研究员	陕西省土地工程建设集团有限责任公司/陕西省土地工程建设集团有限责任公司	负责沟道水沙调控高效利用技术示范,“主要知识产权和标准规范”10 完成人。
田堪良	6	无/教高	中国科学院水利部水土保持研究所/中国科学院水利部水土保持研究所	负责沟道边坡工程水沙调控技术研发与示范,“主要知识产权和标准规范”8 主要完成人之一。
高哲	7	无/讲师	杨凌职业技术学院/西北农林科技大学,杨凌职业技术学院	负责水沙径流调控利用相关实验,发明了雨水智能收集系统、沟道土地整治风险管控计算方法,是“主要知识产权和标准规范”1、2、7、10 完成人之一。
韩剑桥	8	副主任/副研究员	西北农林科技大学/西北农林科技大学	负责水沙径流调控利用,“主要知识产权和标准规范”2、9、10 完成人之一。
朱德兰	9	无/教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	负责径流存贮装置研发,在调控装置开发和利用方面取得成果,是“主要知识产权和标准规范”4 主要完成人之一。
范兴科	10	无/研究员	国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心/国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心	研究提出了山地果园矮化苹果的水肥一体化节水灌溉制度,同时开展了果园水肥高效利用技术示范。“主要知识产权和标准规范”6 主要完成人。
张根广	11	无/研究员	西北农林科技大学/西北农林科技大学	负责水沙径流调控利用相关实验,“主要知识产权和标准规范”2、10 主要完成人之一。
赵春红	12	标准定额处处长/高级工程师	水利部节约用水促进中心/西北农林科技大学	协助完成项目申请,研究了植被根、茎、冠等对黄土丘陵区坡地水沙调控和侵蚀灾害防治的时空贡献,探明了植物对坡地降雨径流侵蚀的消减动力与阻控作用机制。“主要知识产权和标准规范”第7 完成人之一。
张星辰	13	无/高级工程师	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司/中国科学院水利部水土保持研究所	协助完成项目申请,协助开发“纳米土壤固化剂”“主要知识产权和标准规范”第1、2、9、10 完成人之一。
李兴华	14	无/讲师	延安大学/西北农林科技大学	协助完成项目申请,研究了“双紊动源”条件下的产汇流规律。“主要知识产权和标准规范”第2、9、10 的完成人之一。
龙韶博	15	无/工程师	陕西省林业科学院/西北农林科技大学	协助完成项目申请,研究了沟道土地整治的水沙调控作用。“主要知识产权和标准规范”第7、10 的完成人之一。

八、主要完成单位情况及创新推广贡献

单位名称	排名	主要贡献
西北农林科技大学	1	<p>西北农林科技大学作为项目第一完成单位，在申请立项、研发条件、配套资金、实践基地、成果验收、推广和应用过程中，发挥了重要的组织协调、管理和落实作用，保证了项目任务顺利实施。主要体现在：</p> <p>(1) 主要支持项目组开展了该项目依托的国家科技支撑计划课题“黄土丘陵沟壑区水土保持与高效农业技术集成和示范”(2011BAD31B05)实施；</p> <p>(2) 特别是支持项目组派出人员，与美国农业部水质研究所合作开发世界著名水文模型 SWAT 的梯田模块，并使其在全世界进行测试应用，相关人员获得美国农业部 SWAT 开发突出贡献奖；</p> <p>(3) 在创新水沙调控技术模式及相关技术体系的试验示范和技术推广过程中，以学校在延安南沟、安塞水土保持试验站为依托，给予重点支持；组织实施了黄土高原水沙调控关键技术及体系的示范应用和推广，为陕北“脱贫攻坚”做出重大贡献，受到当地群众和政府的欢迎，为陕北发展“山地苹果”和陕西省苹果发展“西扩北进”政策制定做出贡献。为 2023 年习近平总书记、2008 年时任中共中央总书记胡锦涛，2009 年水利部部长及 2015 年荷兰国王威廉·亚历山大对该项目示范基地的考察提供支持，产生巨大的世界影响。同时培养了大批研究生和青年人才，直接和间接提升了我国在这一领域的研究水平，推动和促进了行业发展。</p>
中国科学院水利部水土保持研究所	2	<p>作为项目第二完成单位，在申请立项、研发条件、配套资金、试验基地、成果验收、推广和应用过程中，发挥了重要的组织协调、管理和落实作用，保证了项目任务顺利实施。</p> <p>(1) 组织实施了第一完成人主持的该项目支撑课题：“十一五国家支撑计划项目“坡面降雨径流调控与高效利用技术研究”(2006BAD09 B01)，在径流调控新材料、新形式、新装置及优化技术方面取得重要成果，推动了 2022 年习近平总书记、2008 年时任总书记胡锦涛，2009 年水利部部长陈雷对延安方塔试验基地的考察。</p> <p>(2) 参与了 2015 年 10 月 27 日，荷兰国王·威廉亚历山大对试验示范基地安塞方塔山地苹果园的考察的联系及协调组织任务。同时培养了大批研究生和青年人才，直接和间接提升了我国在这一领域的研究水平，推动和促进了行业发展。</p>
国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心	3	<p>作为项目第三完成单位，通过研发条件、试验基地、水沙调控材料、装置及措施优化等方面给予大力支持，保证了项目任务顺利实施。主要支持项目组在杨凌节水博览园开展了“一种坡地高效农业用水滤清系统的制备方法”、“土壤固化剂水沙调控材料和装置”“橡塑水窖”及“流域实体模拟技术”等的研发和集成示范。组织实施了不同技术体系在全国的应用和推广，直接和间接提升了我国在这一领域的研究水平，推动和促进了行业发展。</p>
陕西省土地工程建设集团有限责任公司	4	<p>作为项目第四完成单位，主要支持了第一完成人和第五完成人负责沟道水沙调控高效利用相关技术示范和“主要知识产权和标准规范”10 编制工作。</p>
杨凌职业技术学院	5	<p>作为项目第五完成单位，主要支持了知识产权 7 的后期修改、知识产权 10 的编制、沟道梯级土地整治工程暴雨洪水安全风险评估方法和雨水智能收集系统等相关水沙调控技术的应用及示范工作。</p>

九、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	合作时间	合作成果	证明材料
1	共同立项	高建恩/1 吴普特/2 冯浩/3 樊恒辉/4 罗林涛/5 田堪良/6 张根广/11 赵春红/12 张星辰/13 李兴华/14 龙韶博/15	2005-01-01~ 2023-12-31	批准的国家科技支撑、国家自然科学基金、国家重点研发项目、课题及子课题。	见国家支撑课题 2006BAD09B01 2011BAD31B05 2017YFC0504700 (2017YFC0504703 2017YFC0504705) 2021YFD190070402 等项目课题及任务书。
2	规范合著	高建恩/1 樊恒辉/4 罗林涛/5 田堪良/6 高哲/7 韩剑桥/8 张根广/11 张星辰/13 李兴华/14 龙韶博/15	2011-01-01~ 2023-12-31	陕西省地方标准颁布与实施	DB61/T1010-2016 DB61/T1746-2023
3	共同知识产权	高建恩/1 吴普特/2 冯浩/3 樊恒辉/4 罗林涛/5 田堪良/6 高哲/7 张根广/11 赵春红/12 张星辰/13 李兴华/14 龙韶博/15	2006-01-01~ 2023-12-31	授权	ZL201410036089.7 ZL20211067601.4 ZL200410073273.5 ZL200510096014.9 ZL200710017797.6 ZL201210149369.X ZL 2023 2 1077926.1 ZL201710507915.5
4	共同获奖	高建恩/1 吴普特/2 冯浩/3 高哲/7 朱德兰/9 范兴科/10 赵春红/12 张星辰/13 李兴华/14	2001-01-01~ 2023-12-31	国家科技进步二等奖；第13届水土保持学会科学技术一等奖	共同完成的“西北地区农业高效用水技术与示范”，2005年获国家科技进步二等奖，证书号： 2005-J-201-2-15-R04 2005-J-201-2-15-R01 2005-J-201-2-15-R03 2005-J-201-2-15-R05 第13届水土保持学会科学技术一等奖 SBXH2021-J-1-02-D01 SBXH2021-J-1-02-D02 SBXH2021-J-1-02-D03 SBXH2021-J-1-02-D05 SBXH2021-J-1-02-D07 SBXH2021-J-1-02-D09 SBXH2021-J-1-02-D012 SBXH2021-J-1-02-D013 SBXH2021-J-1-02-D014
5	合著	高建恩/1 吴普特/2 冯浩/3 樊恒辉/4	2001-01-01~ 2023-12-31	出版/发表	[1]《黄土高原水土保持新论》 [2]《中国雨水利用》 [3] Evaluating the flow and sediment effects of gully land consolidation on the Loess Plateau.

		高哲/7 赵春红/12 张星辰/13 李兴华/14 龙韶博/15			China. Journal of Hydrology, 2021,600. [4] Study on the Mechanism of Nano-SiO ₂ for Improving the Properties of Cement-Based Soil Stabilizer. Nanomaterials, 2020 2. [5] Changes and implications of the relationship between rainfall, runoff and sediment load in the Wuding River basin on the Chinese Loess Plateau. Catena,2019,175. [6] Sediment deposition and overland flow hydraulics in simulated vegetative filter strips under varying vegetation covers. Hydrological Processes. 2016, 30.
--	--	--	--	--	---

完成人合作关系说明（限 1000 字）

本项目第一完成人高建恩教授，总体负责支撑本项目涉及的国家计划项目及课题申报、执行、验收。主持完成了本项目的理论、材料、形式、装置研制及规范的制定工作。主持和参与项目示范基地先后接待了国家主要领导人、省及国外领导人参观访问。在此基础上提出坡沟水沙调控工程淤地坝风险管控和山地果园风险管控重大建议，受到时任国务院主要领导和省部领导批示和政府采纳，产生重大经济社会效益。知识产权 1、2、3、9、10 第一完成人。

吴普特教授是坡面降雨径流调控利用理论的主要构建者。与第一、三、六完成人合作完成“主要知识产权和标准规范”中第 3、5、6，与第一完成人共同获奖，并合著有《黄土高原水土保持新论》等。此外第一完成人参加了第二、第三完成人主编的《中国雨水利用》等工作。

冯浩研究员与第一、第二完成人共同获奖，与第二完成人合作开发了土壤扩蓄增容肥，“主要知识产权和标准规范”中第 5 主要完成人。负责并与第一完成人合作执行“十四五”国家重点研发计划 2021YFD190070402。

樊恒辉研究员发明了水沙调控的液态固化剂新材料、暴雨集流场及蓄水装置等施工工艺，与第一完成人合作编写了地方规范 9、10。罗林涛研究员与第一完成人共同申请了国家重点研发计划项目 2017YFC0504700，分别主持 2017YFC0504703 和 2017YFC0504705，共同完成知识产权及规范 10。

田堪良教授级高级工程师协助第一完成人完成部分国家重点研发项目申请，负责坡面水沙调控工程研发，与第一完成人完成知识产权 8 和 10。高哲讲师发明了一种沟道梯级土地整治工程暴雨洪水安全风险评估方法和一种旱地果园绿色智能集雨系统，与第一完成人合作完成知识产权 1、2、7、10。韩剑桥副研究员负责水沙径流调控利用，与第一完成人完成“主要知识产权和标准规范”2、9、10。

朱德兰教授协助第一完成人完成部分国家支撑计划课题的申请和完成，发明了山地果园暴雨侵蚀防控的蓄水装置、开发了设计优化软件和苹果园管理系统，与第一完成人合作完成知识产权 4。范兴科研究员系统研究了山地果园矮化苹果的节水灌溉制度、与第一完成人合作完成多项节水灌溉设备研发并共同获奖，是知识产权 7 的第一完成人。张根广研究员负责了水沙径流调控利用相关实验，与第一完成人合作完成“主要知识产权和标准规范”2、10。赵春红高级工程师、张星辰高级工程师、李兴华讲师、龙韶博工程师等分别协助第一完成人完成部分项目申请，分别协助第一完成人完成“主要知识产权和标准规范”第 1、2、7、9 和 10。