**一、奖项类别：技术发明奖**

**二、项目名称：精量高效节水滴灌系统灌水器产品研制及应用关键技术**

**三、推荐单位：中国农业大学**

**四、项目简介**

农业高效用水是保障国家粮食安全和水资源安全的重要途径。滴灌是一种将水流通过全管道化系统均匀、稳定地滴入作物根区土壤的一种高效节水灌溉技术，可实现作物根区水、肥、气、热、盐多重生境状况的精量调控，已成为农业实现节水、高效生产的重要平台，发展潜力巨大。

灌水器是滴灌系统的心脏，众多学者研发了大量具有高水力性能的产品，但也正是因为水力设计的需要而使得其消能流道结构复杂、空间狭小（仅0.25-1.0mm2），极易被水中的颗粒物等杂质堵塞而导致系统报废，堵塞已经成为滴灌领域的国际性难题，水力性能和抗堵塞性能俱佳的产品更是极为罕见，主要在于堵塞机理不清、抗堵塞结构设计理论缺失、高效制造技术手段严重滞后，而我国多元化的滴灌水源条件、滴灌系统向水肥一体化的功能转变、多年生经济作物和林果上的应用更是对灌水器抗堵塞能力提出了更高要求，这也已经成为制约滴灌技术在我国迅速推广的重大瓶颈。

为此，项目组5支团队、128位学术骨干，围绕精量高效节水滴灌系统灌水器产品研发-制造-应用领域的关键技术开展深入、系统研究，历经16载，取得如下系列创新：

①创建了灌水器抗堵塞性能测试及堵塞物质提取与分析技术，突破了灌水器流道狭小空间内部颗粒物等多物质运动测试及模拟技术瓶颈，深入系统地揭示了灌水器物理、化学、生物堵塞诱发与持续增长机理，推动了该领域研究由定性向定量的发展；

②创立了灌水器设计理论、方法及具有自主知识产权的产品开发技术，发明了水力性能和抗堵塞俱佳的全新概念分形流道及5种灌水器创新产品，将设计理论与产品成型工艺相结合，研发了4种适本、高效生产滴灌灌水器产品生产线，填补了同类灌水器产品生产线的空白；

③发明了12项精量高效节水滴灌系统调控关键装备，建立了黄河水、再生水、微咸水3种典型复杂水源滴灌系统安全运行调控技术及模式，可保障系统安全运行6年以上；

④以滴灌系统为基础平台进行根区微生境协同精量调控，将农机农艺、减肥控盐、根区加氧、智能管控等关键技术有机融合，建立了26种作物滴灌节水高效生产技术套餐。

研发的关键技术与产品获授权国家发明专利23项，获得国家重点新产品2项、水利部新产品3项；发表论文146篇（SCI收录62篇、EI收录65篇），出版专著6部；培养研究生96人。研发新产品已在完成单位实现了产业化，生产线销往以色列等17个国家和地区，国内市场份额占50%以上；建立的精量高效节水滴灌应用技术已在全国12个省区、46项示范工程、72种作物（含植物）上得到广泛应用，累计推广面积达436.8万亩，实现节水7.92亿t，获得了规模化的节水、增产效果。

成果获得国际节水技术奖1项、国际微灌奖1项、中国专利奖2项、中国产学研合作创新成果奖一等奖1项；成果“高效滴灌系统抗堵塞关键技术研究及应用”经教育部组织的专家鉴定和专家评审，结论为“成果具有原创性、系统性、先进性，总体达到国际领先水平”，为东北节水增粮、西北节水增效等一系列重大节水灌溉工程实施提供了科技支撑。

**五、推广应用情况**

通过教学科研部门与技术推广、企业、试验示范基地等多渠道、多路径进行成果推广，研发的抗堵塞灌水器、生产线等产品已经在甘肃亚美特、唐山致富等行业领军企业实现产业化：

（1）研发的生产线已销往德国、以色列等17个国家和地区395条，覆盖伊朗、土耳其、印度等13个“一带一路”国家；国内销售4570条，占国内市场份额的50%以上、新疆市场70%以上（近三年新增效益1.19亿元）。按照每条生产线50%年产能、每亩使用800m滴灌带计，可覆盖滴灌面积约3200万亩。

（2）研制的灌水器产品已在北京、河北、新疆、内蒙、甘肃等17个省份和地区规模化投入使用，近三年新型滴灌带累计销售量达22.9亿米，覆盖面积约286万亩，累计效益达2.1亿元；发明专利“自动反冲洗组合过滤器”已转让至天津德邦大为公司并实现产业化，年销售2000套以上，年新增收益180万元。

（3）研发的作物精量高效节水滴灌生产套餐技术已在全国12个省区、46项示范工程、72种作物（含植物）上得到广泛推广应用，累计推广面积达436.8万亩、节水7.92亿吨、新增利润24.1亿元。

**代表性应用单位情况**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 应用单位名称 | 应用技术 | 应用的起止时间 | 应用单位联系人/电话 | 经济效益（万） |
| 甘肃条山农工商（集团）有限责任公司 | 2，3.1，4.1 | 2004-2016 | 李国忠0943-5524349 | 9876.0 |
| 兰州新区生态建设管理指挥部 | 2.1，2.2，3.1，4.1 | 2010-2016 | 包永宏0931-8849254 | 7859.2 |
| 宁夏回族自治区国营平吉堡奶牛场 | 2，3.2，4.2 | 2010-2016 | 周吉清0951-2161310 | 7532.0 |
| 新疆生产建设兵团第二师三十一团 | 2.1-2.3，3.2，4.1，4.4 | 2014-2016 | 戴 震0902-4350065 | 21231.8 |
| 新疆生产建设兵团第十三师红星一场 | 2.1，2.2，3,2，4.1 | 2009-2016 | 徐双杰0902-2566317 | 13691.4 |
| 广西思源农业发展有限公司 | 2.1，2.2，3.3，4.1 | 2013-2016 | 黄景剑13807812537 | 8851.1 |
| 黑龙江省农垦建三江管理局 | 2.1，2.2，3.1，4.1 | 2010-2016 | 李国俊13304541389 | 7154.2 |
| 内蒙古河套灌区管理总局科技文化处 | 2.1，2.2，3.3，4.1 | 2011-2016 | 刘永河13948389240 | 6505.0 |
| 新疆坎儿井灌溉技术有限责任公司 | 2.1，2.2，3.1，4.1 | 2006-2016 | 范世峰13809911027 | 4475.2 |
| 新疆维吾尔自治区库车县水利局 | 2.1，2.2，3.2，4.1 | 2010-2015 | 李学军0997-2123440 | 8008.1 |
| 特克斯县水利局 | 2.1，2.2，3.2，4.1 | 2014-2016 | 张琪琪18095932195 | 6934.5 |
| 新疆生产建设兵团第一师四团 | 2.1，2.2，3.3，4.1 | 2011-2016 | 王天昊18009512058 | 14908.2 |
| 甘肃景泰县神农生态农业发展有限公司 | 2.1，2.2，3.1，4.1 | 2008-2016 | 周德仁0931-5524028 | 9285.5 |
| 甘肃武山县小型农田水利项目建设工作领导小组 | 2.1，2.2，3.1，4.1 | 2013-2016 | 李慈来0938-3410257 | 8799.1 |
| 会宁县高效节水灌溉示范项目建设领导小组办公室 | 2.1，2.2，3.2，4.1，4.2 | 2010-2016 | 李 隆15809433433 | 10387.3 |
| 兰州市红古区高效建设项目建设管理办公室 | 2.1，2.2，3.3，4.1，4.3 | 2010-2016 | 黄忠萍0931-6211236 | 10660.1 |
| 靖远县水利建设管理站 | 2.1，2.2，3.1，4.1，4.4 | 2011-2016 | 胡广庆18794305983 | 905.2 |
| 永登县引大灌区田间工程建设管理处 | 2.1，2.2，3.2，4.1,4.2 | 2012-2016 | 徐世恩0931-6422005 | 2696.0 |
| 甘肃省高台县农田水利高效节水灌溉工程项目办公室 | 2.1，2.2，3.2，4.1,4.2 | 2013-2016 | 张晓霞13099384466 | 7800.0 |
| 甘肃省庄浪县水利工程建设站 | 2.1，2.2，3.3，4.1,4.3 | 2010-2016 | 朱黎军0933-6621642 | 2114.3 |

注：因页数所限，仅附代表性应用及经济效益证明材料20项，其余材料于中国农业大学存档备查。

**六、曾获科技奖励情况**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 获 奖 项 目 名 称 | 获奖时间 | 奖项名称 | 奖励等级 | 授奖部门（单位） |
| 国际节水技术奖（ICID WatSave Technology Award） | 2016 | 国际节水技术奖（ICID WatSave Technology Award） | 个人奖 | 国际灌排委员会 |
| ASABE | 2017 | 国际微灌奖（ASABE Microirrigation Award） | 个人奖 | 美国农业与生物工程学会 |
| 作物根区水肥气协同精量调控滴灌技术研发及应用 | 2016 | 中国产学研合作创新成果奖 | 一等奖 | 中国产学研合作促进会 |
| 微纳米气泡加氧滴灌系统及方法 | 2016 | 中国专利奖 | 优秀奖 | 国家知识产权局 |
| 一种滴灌灌水器迷宫流道内流动的全场测试方法 | 2015 | 中国专利奖 | 优秀奖 | 国家知识产权局 |

**七、主要知识产权证明目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 发明专利有效状态 |
| 授权发明专利 | 一种滴灌灌水器迷宫流道内流动的全场测试方法 | 1.中国 | ZL201010163676.4 | 2012.05.30 | 963365 | 中国农业大学 | 李云开；刘海生；杨培岭；徐宏兵；刘洪禄；徐飞鹏 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 微纳米气泡加氧滴灌系统及方法 | 1.中国 | ZL201410089776.5 | 2015.10.28 | 1823416 | 中国农业大学 | 李云开；刘秀娟；王克远；周云鹏；徐飞鹏 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 小型高抗堵塞滴灌灌水器 | 1.中国 | ZL201310681949.8 | 2016.01.20 | 1927826 | 中国农业大学 | 李云开；冯吉 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 一种引黄滴灌用片式灌水器 | 1.中国 | ZL201110273140.2 | 2013.07.31 | 1243483 | 中国农业大学 | 李云开；吴丹；杨培岭；孙昊苏 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 一种自清洗抗生物膜堵塞的地表滴灌专用灌水器 | 1.中国 | ZL201210166732.9 | 2014.05.28 | 1408283 | 中国农业大学 | 李云开；孙昊苏；冯吉；徐飞鹏 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 生产单翼迷宫式滴灌带设备用成型轮 | 1.中国 | ZL201210343194.6 | 2015.02.04 | 1578357 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 王志富 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 生产流延式滴灌带设备用成型轮 | 1.中国 | ZL201210343037.5 | 2015.04.22 | 1639334 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 王志富 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 一种叠片式自适应滴灌灌水器及其使用方法 | 1.中国 | ZL201110327831.6 | 2014.04.16 | 1385607 | 中国农业大学 | 李云开；孙昊苏 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 一种含沙水源滴灌用沉沙池及其优化方法 | 1.中国 | ZL201210455280.6 | 2014.08.13 | 1463027 | 中国农业大学 | 李云开；冯吉 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 一种滴灌灌水器抗堵塞性能综合测试装置 | 1.中国 | ZL201110121453.6 | 2013.03.20 | 1153015 | 中国农业大学 | 李云开；孙昊苏；杨培岭；刘耀泽；吴丹；徐飞鹏；杜少卿；郭文哲 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 利用微生物拮抗作用清除滴灌系统灌水器堵塞的方法 | 1.中国 | ZL201410019340.9 | 2016.05.04 | 2053573 | 中国农业大学 | 李云开；王克远；王天志；张志静 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 一种水肥气一体化滴灌系统及滴灌方法 | 1.中国 | ZL201310098954.6 | 2015.11.25 | 1854003 | 中国农业大学 | 李云开；刘秀娟；徐飞鹏；王昕然；张庆龙；贾瑞卿 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 一种温室作物理想调控灌溉系统及灌溉方法 | 1.中国 | ZL201210535166.4 | 2014.09.24 | 1488671 | 中国农业大学 | 李云开；施泽；张庆龙；徐飞鹏 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 生产流延式滴灌带的成型牵引机 | 1.中国 | ZL201010163976.2 | 2012.03.28 | 925864 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 王志富 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 一种可降解型抗堵塞地下滴灌管及制造方法 | 1.中国 | ZL201210014996.2 | 2013.10.30 | 1295317 | 中国农业大学 | 李云开；孙昊苏；杨培岭；徐飞鹏 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 内镶圆柱滴头滴灌管的滴头嵌入装置 | 1.中国 | ZL201010132661.1 | 2012.02.29 | 914362 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 王志富 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 一种滴灌加氧方法及装置 | 1.中国 | ZL201110411130.0 | 2013.05.08 | 1194036 | 中国农业大学 | 李云开；张庆龙；徐飞鹏；贾瑞卿 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 防止滴灌灌水器堵塞的加酸氯控制方法及系统 | 1.中国 | ZL201410022695.3 | 2015.09.02 | 1778285 | 中国农业大学 | 李云开；冯吉；宋鹏；裴旖婷；张志静 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 一种确定土壤水分监测仪器埋设位置的方法和装置 | 1.中国 | ZL201410814832.7 | 2016.01.27 | 1932030 | 中国水利水电科学研究院 | 赵伟霞；李久生；栗岩峰；王珍 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 设置电磁阀启闭循环周期的方法及装置 | 1.中国 | ZL201410635754.4 | 2017.2.15 | 2384957 | 中国水利水电科学研究院 | 赵伟霞；李久生；王春晔；栗岩峰 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 滴灌系统管壁附生生物膜培养装置及其使用方法 | 1.中国 | ZL201410076970.X | 2015.11.18 | 1842724 | 中国农业大学 | 李云开；王天志；冯吉；裴旖婷 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 滴灌灌水器附生生物膜模拟培养装置及其应用 | 1.中国 | ZL201410105514.3 | 2015.12.02 | 1869514 | 中国农业大学 | 李云开；周博；王天志；吴乃阳 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 一种智能灌溉施肥决策控制系统 | 1.中国 | ZL200810007286.0 | 2011.04.13 | 760829 | 中国农业大学 | 杨培岭；李仙岳；徐飞鹏；李云开；雷振东；严海军；张少焱 | 专利权有效 |
| 授权发明专利 | 一种自动反冲洗组合过滤器 | 1.中国 | ZL201210001658.5 | 2013.10.30 | 1296036 | 中国工业大学 | 李云开，冯吉 | 专利权已转让 |
| 实用新型专利 | 内镶片式滴灌带滴头 | 1.中国 | ZL201020644502.5 | 2011.07.20 | 1865640 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 王志富 | 专利权有效 |
| 实用新型专利 | 一种高速生产单翼迷宫式滴灌带的设备 | 1.中国 | ZL200920249649.1 | 2010.08.11 | 1498916 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 王志富 | 专利权有效 |
| 实用新型专利 | 内镶圆柱式滴头滴灌管的滴头筛选装置 | 1.中国 | ZL201020141370.4 | 2011.03.26 | 1669765 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 王志富 | 专利权有效 |
| 实用新型专利 | 用于单翼迷宫式滴灌带生产的切刀设备 | 1.中国 | ZL201620897144.6 | 2017.01.11 | 5857177 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 王志富 | 专利权有效 |
| 实用新型专利 | 内镶圆柱式滴灌管钻孔机 | 1.中国 | ZL201420069494.4 | 2014.07.02 | 3659244 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 王志富 | 专利权有效 |
| 实用新型专利 | 用于内镶片式节水滴灌带制造机械中的打孔装置 | 1.中国 | ZL201020584817.5 | 2011.05.18 | 1798974 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 王志富 | 专利权有效 |
| 实用新型专利 | 一种双工位自动收卷机中的自动切断装置 | 1.中国 | ZL200920268491.2 | 2010.09.15 | 1534988 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 王志富 | 专利权有效 |
| 实用新型专利 | 气动片式滴头输送装置 | 1.中国 | ZL201220478137.4 | 2013.03.20 | 2790487 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 王志富 | 专利权有效 |
| 实用新型专利 | 内镶圆柱式滴头滴灌管打孔机 | 1.中国 | ZL 201020141378.0 | 2010.11.24 | 1599564 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 王志富 | 专利权有效 |

**八、主要完成人情况表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 排名 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目技术创造性贡献 | 曾获科技奖励情况 |
| 李云开 | 1 | 教授 | 中国农业大学 | 中国农业大学 | 1.投入本项目工作量占本人工作总量的80%。负责项目整体管理、研究方案制定、协调以及各单位技术的综合集成和成果总结等工作。2.揭示了灌水器堵塞诱发与持续增长机理；创立了灌水器设计理论、方法，研发了全新概念灌水器分形流道及系列创新产品；提出了黄河水、再生水滴灌系统安全运行保障技术；创建了设施瓜菜水肥气协同调控滴灌技术。合作研发了流延式、片式灌水器生产线及精量滴灌通用化控制系统，构建了3种大田作物滴灌系统与农机农艺融合技术。3.授权发明专利19项，发表论文被SCI、EI收录53篇。获得中国产学研合作创新成果奖一等奖1项、中国专利奖2项。 | 国家科学技术进步奖二等奖1项（第3名）、中国专利奖2项，中国产学研合作创新成果奖一等奖 |
| 李久生 | 2 | 研究员 | 中国水利水电科学研究院 | 中国水利水电科学研究院 | 1.投入本项目工作量占本人工作总量的60%2.建立了冬小麦、夏玉米、棉花及设施番茄、小白菜等多种作物滴灌施肥技术及应用模式，提出了精量滴灌系统土壤水分传感器埋设位置确定方法，开发了电磁阀启闭循环周期的方法及装置。合作揭示了再生水滴灌条件下灌水器堵塞诱发机理与调控路径，创建了再生水滴灌系统安全运行保障技术。3.授权发明专利2项、发表论文被SCI、EI收录30篇，出版专著2部。 | 国际节水技术奖1项；国际微灌奖1项；国家科技进步二等奖1项（第5名） |
| 王志富 | 3 | 无 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 唐山市致富塑料机械有限公司 | 1.投入本项目工作量占本人工作总量的60%。2.负责研发了单翼迷宫式、流延式两种一次性薄壁滴灌灌水器生产线及整体式成型轮、牵引机，创新了片式、圆柱两种长效型灌水器生产线关键制造工序，主持实现了4种类型灌水器生产线的产业化及推广。3.授权发明专利4项、实用新型专利9项。 | 获得中国产学研合作创新成果奖一等奖1项 |
| 杨培岭 | 4 | 教授 | 中国农业大学 | 中国农业大学 | 1.投入本项目工作量占本人工作总量的60%。2.建立了微咸水水质控制与运行优化技术，开发了精量滴灌通用化控制系统；合作开发了灌水器抗堵塞性能综合测试装置，揭示了灌水器化学堵塞诱发机理，开发了引黄滴灌以及地下滴灌专用的分形流道灌水器产品，构建了大田粮经作物滴灌系统与农机农艺容易技术、林果精量滴灌控制技术及盐碱化地区农田节水控盐滴灌技术。。3.授权发明专利5项，获中国专利奖1项；发表论文56篇，被SCI、EI收录43篇，合作出版专著1部。 | 国家科技进步二等奖1项（第1名）；国家科技进步二等奖1项（第3名）；北京市科学技术一等奖（第1名） |
| 王振华 | 5 | 教授 | 石河子大学 | 石河子大学 | 1.投入本项目工作量占本人工作总量的60%。2.构建了适宜春小麦、冬小麦、夏玉米、春玉米、棉花等5种大田经济作物灌溉系统与农机农艺融合的精量高效节水滴灌技术及模式，形成了红枣、蜜瓜、葡萄、枸杞等4种多年生经济作物和林果精量滴灌技术，提出了新疆盐碱地地区节水控盐滴灌技术。3.申请发明专利6项，发表论文被SCI、EI收录13篇，出版专著4部。 | 中国产学研合作创新成果奖一等奖1项（第2名）；新疆生产建设兵团科技进步奖一等奖（第2名）； |
| 张杰武 | 6 | 教授级高级工程师 | 甘肃亚盛亚美特节水有限公司 | 甘肃瑞盛亚美特节水有限公司 | 1.投入本项目工作量占本人工作总量的60%。2.研发了灌水器全自动化配料系统、高含沙河水首部改装系统，主持了灌水器产品的产业化；合作研发了分形流道及系列创新产品，构建了黄河水滴灌系统安全运行保障技术，提出了马铃薯、制种玉米等多种大田经济作物灌溉系统与农机农艺融合的精量高效节水滴灌技术及模式，形成了梨、锁洋、苜蓿等多年生经济作物和林果精量滴灌技术。3.发表中文核心期刊论文5篇，国家重点型产品2项。 | 甘肃省科技进步二等奖1项（第1名） |