

一、项目名称

大型灌溉排水泵站更新改造关键技术及应用

二、推荐单位意见

大型灌溉排水泵站担负着农田灌溉与排涝任务，是保证粮食安全和生态安全的重要农业基础设施。该项目紧密结合我国农业灌溉和排水工程建设需求，依托水利部“全国大型灌溉排水泵站更新改造项目”，针对目前我国大型灌溉排水泵站普遍存在装置效率低、运行稳定性差、供水保证率低的问题，采用理论分析、数值模拟、模型试验与现场测试相结合的方法，研发了超低压力脉动高效双吸离心泵水力模型，奠定了大型灌溉排水泵站稳定运行的技术基础；创建了泵站进水系统控涡技术，突破了前池与进水池非定常旋涡控制的技术瓶颈；发明了大口径自适应水力控制阀，实现了在不依赖外部能源条件下大型灌溉排水泵站停机倒流与直接水锤的双重控制；创建了浑水条件下泵站系统匹配技术，实现了多泥沙条件下水泵与泵站进出水系统流态最佳匹配。成果在大型灌溉排水泵站节能和稳定运行理论与技术方面取得重要突破，经教育部和水利部分别组织鉴定，专家认为成果总体上达到国际领先水平。成果获省部级科技奖励一等奖 3 项、二等奖 1 项；获授权发明专利 23 项、实用新型专利 25 项、软件著作权 12 项；主编国家标准 3 部、行业标准 7 部，且项目成果已经列入这些标准；出版学术著作 4 部，发表学术论文 330 篇，其中 SCI/EI 收录 208 篇。研究成果已在 129 处（座）大型泵站得到

应用，为我国大型灌溉排水泵站的安全、稳定、高效运行提供了技术支撑，取得了显著的社会和经济效益。

推荐该项目为国家科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介

我国大型灌溉排水泵站主要担负农田灌溉和排涝任务，有效灌溉面积 1.92 亿亩，有效排涝面积 1.37 亿亩，生产占全国总产量 1/4 的粮食，保护着 1.5 亿群众的生命财产安全。我国大型灌溉排水泵站多建于 20 世纪 70~80 年代，普遍存在装置效率低、运行稳定性差、供水保证率不足的问题，面临着艰巨的更新改造任务。依靠传统技术难以改变这种状况。项目组自 2006 年开始，在国家科技支撑计划和国家自然科学基金重点项目等支持下，依托水利部“全国大型灌溉排水泵站更新改造项目（2010-2015）”，采用理论分析、数值模拟、模型试验与现场测试相结合的方法，系统开展了以节能降耗和提高运行稳定性为主要目标的大型灌溉排水泵站更新改造关键技术研究，取得了一系列创新性成果。主要创新点为：

1. 研发了超低压力脉动高效双吸离心泵水力模型。模型独创性地采用了交替加载技术，其比转速范围覆盖 60% 的大型灌溉排水泵站，最优工况效率可达 90.60%，压力脉动只有 6.56%，优于国际同类产品。突破了水泵压力脉动大的技术难题，奠定了大型灌溉排水泵站稳定运行的基础。

2. 创建了泵站进水系统控涡技术。该技术以进水池瞬态涡预测模型为基础，以组合式变高度导流墩和 X 型消涡板为特征，所获得的回流系数和流态均匀度分别为 0.166 和 76.65%，显著优于现有整流方案，大幅降低了泵站进水系统水力损失，提高了泵站运行稳定性。

3. 发明了大口径自适应水力控制阀。该控制阀实现了在不依赖外部能源条件下，只靠水泵压力对大型灌溉排水泵站工况的自动控制，彻底解决了采用蝶阀 / 球阀时因控制时间不准确而出现的直接水锤和倒流喘振问题，保证了泵站的安全运行。

4. 创建了浑水条件下泵站系统匹配技术。该技术实现了针对泵站整个运行范围的三维多目标优化设计及浑水条件下泵站瞬态工况点的动态识别与控制，从设计和运行两个层面保证了水泵与进出水系统的流态匹配，突破了泵站装置效率低的技术难题。

成果已在 129 处（座）大型灌溉排水泵站得到应用，占列入水利部“全国大型灌溉排水泵站更新改造规划（2010-2015）”并已完成更新改造的大型泵站总量的 67%，覆盖黄河流域 89% 的大型灌溉泵站。泵站能源单耗平均降低 1.1 千瓦·时/千吨·米，灌溉保证率提高 9.4%。根据应用证明统计，近三年内节电 5.03 亿千瓦·时，增产粮食 11.87 亿公斤。为保证我国粮食“十二连增”发挥了直接作用，取得了显著的社会和经济效益。

经教育部和水利部分别组织鉴定，专家认为成果总体上达到国际领先水平。成果获 2013 年度教育部科技进步奖一等奖，2014、2015 和 2016 年度大禹水利科技奖一等奖 2 项、二等奖 1 项；获授权发明专利 23 项、

实用新型专利 25 项、软件著作权 12 项，主编国家标准 3 部、行业标准 7 部，且项目成果已经列入这些标准，出版学术著作 4 部，发表学术论文 330 篇，其中 SCI/EI 收录 208 篇。

四、客观评价

1. 鉴定结论

2013 年 5 月 24 日，由罗锡文院士、王浩院士、袁寿其教授等专家组成的教育部“大流量双吸离心泵压力脉动调控与节能关键技术及应用”成果鉴定委员会认为：成果推动了我国灌溉排水领域双吸离心泵理论与技术的创新，具有重要的科学意义与应用价值，总体上达到国际领先水平。

2016 年 3 月 17 日，由曹树良教授和卜漱和教高等专家组成的水利部组“大型灌溉排水泵站节能与稳定运行关键技术研究及应用”成果鉴定委员会认为：成果解决了水泵压力脉动大的技术难题，提高了灌溉排水泵站流态均匀度及系统运行稳定性，解决了多泥沙条件下泵段与进出水系统的匹配难题，使泵站能源单耗及压力脉动显著降低，社会效益显著。成果达到国际领先水平。

2. 验收意见

2010 年 11 月 6 日，由茆智院士、雷志栋院士等专家组成的“十一五”国家科技支撑计划“灌区大型泵站改造关键技术研究”课题验收专家组认为：成果在大型泵站推广应用后，提高灌溉保证率 10% 以上，提高泵

站装置效率 8%以上，降低能源单耗 1 千瓦·时/千吨·米以上。验收专家组一致同意通过验收。

3. 技术检测报告

经国家泵类产品质量检验中心检测，项目组所研发的双吸离心泵水力模型，最优效率达到 90.60%。经中水北方勘测设计研究有限责任公司检测，在设计工况下水力模型的压力脉动绝对值小于 1.4m。

4. 甘肃省水利厅、宁夏自治区水利厅、山西省水利厅等应用效果评价

甘肃省水利厅、宁夏自治区水利厅、山西省水利厅、陕西水利厅、湖南省水利厅、湖北省水利厅、辽宁省水利厅、安徽省水利厅、黑龙江省水利厅等对本成果应用效果给予了充分肯定，认为“有效解决了大型灌溉排水泵站耗能高、运行稳定性差、供水保证率低的问题”。

5. 主要知识产权

成果获授权发明专利 23 项、实用新型专利 25 项、软件著作权 12 项；出版学术著作 4 部；发表学术论文 330 篇，其中 SCI/EI 收录 208 篇。

项目组主编了 10 项技术标准，包括：《泵站技术管理规程》（GB/T 30948-2014）、《水利泵站施工及验收规范》（GB/T 51033-2014）、《泵站更新改造技术规范》（GB/T 50510-2009）、《泵站现场测试与安全检测规程》（SL548-2012）等。这些技术标准吸纳了项目组取得的泵站流态控制技术、泵站压力脉动评价技术、泵站浑水条件下瞬态参数测量方法等成果。

6. 主要科技奖励

成果获省部级一等奖 3 项，二等奖 1 项：

(1) “大流量双吸离心泵压力脉动调控与节能关键技术及应用”获 2013 年度教育部科学技术进步奖一等奖。

(2) “水力机械研发平台”获 2014 年度大禹水利科技奖一等奖。

(3) “大型潜水泵站关键技术研究与应用”获 2015 年度大禹水利科技奖二等奖。

(4) “大型灌溉排水泵站节能与稳定运行关键技术研究及应用”获 2016 年度大禹水利科技奖一等奖。

五、推广应用情况

2012~2016 年，水利部办公厅四次发文，组织全国各省泵站设计、运行和管理人员进行集中培训，每次培训人数 210 人左右，项目组主要成员系统介绍如何应用本成果对泵站进行更新改造。成果在全国 129 处（座）大型灌溉排水泵站得到应用。代表性的应用泵站包括山西尊村引黄泵站、甘肃景电泵站、安徽驷马山泵站、陕西交口抽渭泵站、山西禹门口黄河提水泵站、山西大禹渡扬水泵站、安徽众兴泵站、山西汾南扬水泵站、甘肃刘川电灌站、陕西东雷二期抽黄泵站、山西杨范扬水泵站、安徽炉桥电灌站、甘肃西岔电灌站、福建永安市灌区水利管理站、山西西范扬水泵站等。显著提高了这些区域的灌溉供水保证率及排涝能力。甘肃省水利厅等单位对本成果应用效果给予了充分肯定。成果对保证我国粮食安全、防洪安全、供水安全和生态安全做出了贡献。

六、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
发明专利	一种获取双吸离心泵叶片载荷分布曲线的方法	中国	ZL201310711719.1	2015-09-30	1806746	中国农业大学	王福军,冷洪飞	有效
发明专利	一种非均匀叶片式导流装置	中国	ZL201410841794.4	2016-09-21		中国农业大学	王福军,周佩剑	有效
发明专利	一种井群供水系统中水泵与调流阀配合动作的停泵方法	中国	ZL201310643296.4	2015-01-07	1562722	中国农业大学	王福军,王玲	有效
发明专利	导叶体部分可调的贯流泵	中国	ZL201310646848.7	2016-02-24		中国农业大学	唐学林,丁鹏,王福军,唐雨萌	有效
发明专利	汽蚀罐	中国	ZL201110359836.7	2013-08-07		中国农业大学	唐学林;黄微	有效
发明专利	一种离心泵蜗壳	中国	ZL201410174382.X	2016-04-27		中国水利水电科学研究院	朱文若,高忠信,陆力,张飞	有效
发明专利	一种斜板止回阀	中国	ZL201310293501.9	2015-12-09	1865913	株洲南方阀门股份有限公司	黄靖,桂新春,罗建群,郭松昌,唐爱华,殷建国,董真,王卫东,许秋红,苏大明	有效
发明专利	活塞式控制阀	中国	ZL201210438900.5	2014-12-03		株洲南方阀门股份有限公司	黄靖,罗建群,涂习刚,唐爱华,黄世畅	有效
发明专利	一种用于浑水压力测量的薄膜隔沙系统	中国	ZL201310343173.9	2015-02-25	1590960	中国水利水电科学研究院	徐洪泉,张海平,陆力,孟晓超,张建光,马兵全,陈莹,朱雷	有效
发明专利	一种用于浑水压力测量的滤网阻沙装置及其使用方法	中国	ZL201310343174.3	2015-02-04	1581588	中国水利水电科学研究院	徐洪泉,张海平,陆力,孟晓超,张建光,陈莹,朱雷,马兵全	有效

七、主要完成人情况

姓 名	王福军	排 名	1
技术职称	教授	行政职务	无
工作单位	中国农业大学		
完成单位	中国农业大学		
对本项目技术创造性贡献：			
项目总体负责人，对4个创新点均有主要贡献。重点研发了双吸离心泵水力模型（创新点1）、泵站前池与进水池控涡技术（创新点2）、大口径自适应水力控制阀（创新点3）、水泵与泵站进出水系统匹配技术（创新点4）。			

姓 名	许建中	排 名	2
技术职称	教授级高级工程师	行政职务	处长
工作单位	中国灌溉排水发展中心		
完成单位	中国灌溉排水发展中心		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要完成人，对创新点1、2和4有重要贡献。主要负责双吸离心泵水力模型应用（创新点1）、泵站控涡技术试验与应用（创新点2）、水泵与泵站进出水系统匹配技术研究及试点泵站应用（创新点4）。			

姓 名	陆力	排 名	3
技术职称	教授级高级工程师	行政职务	所长
工作单位	中国水利水电科学研究院		
完成单位	中国水利水电科学研究院		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要完成人，对创新点1和4有重要贡献。主要负责离心泵水力模型压力脉动特性试验研究（创新点1）、浑水条件下泵站瞬态泥沙浓度测量技术研究（创新点4）。			

姓 名	肖若富	排 名	4
技术职称	副教授	行政职务	系主任
工作单位	中国农业大学		
完成单位	中国农业大学		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要完成人，对创新点 1、2、3 和 4 有重要贡献。主要负责双吸离心泵水力模型设计与测试（创新点 1）、泵站控涡技术测试（创新点 2）、自适应水力控制阀测试（创新点 3）、水泵压力脉动测试系统开发（创新点 4）。			

姓 名	姚志峰	排 名	5
技术职称	讲师	行政职务	无
工作单位	中国农业大学		
完成单位	中国农业大学		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要完成人，对创新点 1、2、3 和 4 有重要贡献。主要负责双吸离心泵水力模型设计与测试（创新点 1）、泵站控涡技术与测试（创新点 2）、自适应水力控制阀 CFD 分析（创新点 3）、水泵压力脉动测试系统开发与试验（创新点 4）。			

姓 名	李端明	排 名	6
技术职称	教授级高级工程师	行政职务	副处长
工作单位	中国灌溉排水发展中心		
完成单位	中国灌溉排水发展中心		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要完成人，对创新点 1、2 和 4 有重要贡献。主要负责泵站控涡技术在试点泵站的应用（创新点 2）、水泵与泵站进出水系统流态匹配技术的试验与推广（创新点 4）。			

姓 名	徐洪泉	排 名	7
技术职称	教授级高级工程师	行政职务	无
工作单位	中国水利水电科学研究院		
完成单位	中国水利水电科学研究院		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要完成人，对创新点 4 有重要贡献。主要负责浑水条件下瞬态泥沙浓度测量技术研发（创新点 4）。			

姓 名	严海军	排 名	8
技术职称	教授	行政职务	院长
工作单位	中国农业大学		
完成单位	中国农业大学		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要完成人，对创新点 1 和 4 有重要贡献。主要负责双吸离心泵计算模型研究（创新点 1）、水泵试验台瞬态测试系统研发（创新点 4）。			

姓 名	刘竹青	排 名	9
技术职称	教授	行政职务	处长
工作单位	中国农业大学		
完成单位	中国农业大学		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要完成人，对创新点 1 和 4 有重要贡献。主要负责离心泵流动计算与性能预测（创新点 1）、水泵启动性能测试及分析（创新点 4）。			

姓 名	唐学林	排 名	10
技术职称	教授	行政职务	无
工作单位	中国农业大学		
完成单位	中国农业大学		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要完成人，对创新点 1、2 和 4 有重要贡献。主要负责水泵水力设计方法及流场计算模型研究（创新点 1）、泵站浑水计算模型及软件开发（创新点 4）。			

姓 名	黄靖	排 名	11
技术职称	高级工程师	行政职务	董事长
工作单位	株洲南方阀门股份有限公司		
完成单位	株洲南方阀门股份有限公司		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要完成人，对创新点 3 和 4 有重要贡献。主要负责泵站控制阀的研发、泵站水锤计算方案的制订（创新点 3），以及泵站流态匹配技术的应用（创新点 4）。			

姓 名	李怀成	排 名	12
技术职称	工程师	行政职务	总监
工作单位	上海连成（集团）有限公司		
完成单位	上海连成（集团）有限公司		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要完成人，对创新点 1 有重要贡献。主要负责水泵水力模型到原型的换算、原型水泵的制造、现场安装及测试（创新点 1）。			

姓 名	杨魏	排 名	13
技术职称	副教授	行政职务	系副主任
工作单位	中国农业大学		
完成单位	中国农业大学		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要完成人，对创新点 1 和 4 有重要贡献。主要负责水泵水力模型研究(创新点 1)、泵站压力脉动测试与分析（创新点 4）。			

姓 名	李娜	排 名	14
技术职称	高级工程师	行政职务	无
工作单位	中国灌溉排水发展中心		
完成单位	中国灌溉排水发展中心		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要完成人，对创新点 4 有重要贡献。主要负责泵站测试技术、优化选型技术、流态控制技术在试点泵站的应用研究（创新点 4）。			

姓 名	朱文若	排 名	15
技术职称	工程师	行政职务	无
工作单位	中国水利水电科学研究院		
完成单位	中国水利水电科学研究院		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要完成人，对创新点 1 有重要贡献。主要负责离心泵叶轮模态与压力脉动特性研究（创新点 1）。			

八、主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	中国农业大学				
排 名	1	法定代表人	柯炳生	所 在 地	北京
通讯地址	北京市海淀区清华东路 17 号				
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
<p>中国农业大学负责项目研究实施、组织协调等工作，提出项目研究的科学问题、关键技术与研究技术路线。研发了低压力脉动双吸离心泵水力模型(创新点 1)，创建了泵站进水系统控涡技术（创新点 2），研发了自适应泵站水力控制阀（创新点 3），创建了浑水条件下水泵与进出水系统动态匹配技术（创新点 4），并在全国范围内推广应用。</p>					

单位名称	中国灌溉排水发展中心				
排 名	2	法定代表人	李仰斌	所 在 地	北京
通讯地址	北京市西城区广安门南街 60 号				
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
<p>中国灌溉排水发展中心负责泵站优化选型技术研究、泵站更新改造整体方案制订、泵站更新改造技术标准制订，以及项目整体成果在试点泵站的推广应用等工作。参与研发了低压力脉动双吸离心泵水力模型（创新点 1），完成了泵站进水系统控涡技术的现场测试（创新点 2），进行了浑水条件下泵站流态匹配技术改进（创新点 4）</p>					

单位名称	中国水利水电科学研究院				
排 名	3	法定代表人	匡尚富	所 在 地	北京
通讯地址	北京市海淀区复兴路甲 1 号				
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					

中国水利水电科学研究院负责水泵模型试验台研究、浑水条件下泵站泥沙浓度测量方法研究，以及部分水泵水力模型的研发与测试工作。研制成功了综合精度优于3%的水泵试验台供课题组进行水力模型性能试验，并参与研发了低压力脉动双吸离心泵水力模型（创新点1），研发了浑水条件下泵站泥沙浓度测试系统（创新点4）

单位名称	株洲南方阀门股份有限公司				
排 名	4	法定代表人	黄靖	所 在 地	湖南省株洲市
通讯地址	湖南省株洲市天元区黄河南路 215 号				
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
<p>株洲南方阀门股份有限公司是我国最大的水泵控制阀设计制造企业之一。在本成果中，主要负责水泵控制阀的研制工作，与中国农业大学共同提出了灌溉排水泵站水泵控制阀的“自适应多段式运行控制模式”，研制了大口径自适应多段式水力控制阀，实现了在不依赖外部能源条件下大型泵站阀门按工况条件自动缓开、速闭和缓闭，为大型灌溉排水泵提供了一种可靠的运行控制与水锤防护设备（创新点3）。</p>					
单位名称	上海连成（集团）有限公司				
排 名	5	法定代表人	张锡淼	所 在 地	上海
通讯地址	上海市嘉定区江桥镇曹安公路 3616-3618 号				
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
<p>上海连成（集团）有限公司是国内最大的水泵研究与制造企业之一。在本成果中，主要负责水泵设计制造工作，与中国农业大学共同研制成功了交替加载式双吸离心泵水力模型，并采用此水力模型成功制造了用于山西运城地区多座高扬程引黄灌溉泵站的大型双吸离心泵（创新点1）。</p>					

九、完成人合作关系说明

中国农业大学、中国灌溉排水发展中心、中国水利水电科学研究院、株洲南方阀门股份有限公司、上海连成（集团）有限公司等多家单位，

分工明确、优势互补、联合攻关，对大型灌溉排水泵站进行了深入研究，提出了多项泵站节能与稳定运行理论和技术。完成人合作关系说明如下。

中国农业大学（王福军）与中国灌溉排水发展中心（许建中、李端明、李娜等）自 2006 年开始合作，共同承担了“十一五”国家科技支撑计划课题（编号 2006BAD11B07）“灌区大型泵站改造关键技术研究”、“十二五”国家科技支撑计划课题（编号 2012BAD08B03）“大中型排灌泵站改造与高效运行关键技术及设备”课题。合作完成了大禹渡扬水泵站、尊村引黄灌溉泵站等多座大型泵站更新改造任务，合作出版了专著《大型泵站更新改造关键技术研究》，合作完成了水利行业标准《泵站现场测试与安全检测规程》（SL548-2012）等编写工作。与许建中、李端明等合作获得 2013 年度教育部科技进步奖一等奖“大流量双吸离心泵压力脉动调控与节能关键技术及应用”和 2016 年度大禹水利科技奖一等奖“大型灌溉排水泵站节能与稳定运行关键技术研究及应用”。在创新点 1, 2, 4 中，中国农业大学与中国灌溉排水发展中心有明确合作。

中国农业大学（王福军）与中国水利水电科学研究院（陆力、徐洪泉等）于 2010 年开始深入合作，共同获批国家自然科学基金重点项目（编号 51139007）“大型离心泵系统压力脉动与水力激振特性研究”。利用中国水利水电科学研究院的“水力机械研发平台”，共同研制成功了超低压脉动高效离心泵水力模型，在《水利学报》等期刊上合作发表了多篇论文。与陆力等共同获得 2016 年度大禹水利科技奖一等奖“大型灌溉排水泵站节能与稳定运行关键技术研究及应用”。朱文若是中国

农业大学 2012 届毕业研究生，与王福军共同发表了 SCI 和 EI 论文。在创新点 1 和 4 中，中国农业大学与中国水利水电科学研究院有明确合作。

中国农业大学（王福军）与株洲南方阀门股份有限公司（黄靖等）自 2010 年开始合作研究泵站水力控制阀和空气阀。株洲南方阀门股份有限公司利用其阀门试验系统为中国农业大学提供试验条件，中国农业大学利用自主研发的水锤分析软件为株洲南方阀门股份有限公司提供分析结果。双方共同发表了《压力波动防止阀关闭特性对泵站水锤的影响》等论文，共同获得 2016 年度大禹水利科技奖一等奖“大型灌溉排水泵站节能与稳定运行关键技术研究及应用”。在创新点 3 中，中国农业大学与株洲南方阀门股份有限公司有明确合作。

中国农业大学（王福军）与上海连成（集团）有限公司（李怀成等）自 2006 年开始合作，2007 年共同设计制造了双吸离心泵水力模型，之后共同为山西多处引黄灌溉泵站设计制造了高性能双吸离心泵，共同发表了论文，共同获批“十二五”国家科技支撑计划课题（编号 2015BAD20B01）“大功率灌排泵研制与开发”，共同获得 2016 年度大禹水利科技奖一等奖“大型灌溉排水泵站节能与稳定运行关键技术研究及应用”。在创新点 1 中，中国农业大学与上海连成（集团）有限公司有明确合作。

作为“中国农业大学水泵与泵站科研团队”成员，王福军、肖若富、姚志峰、严海军、刘竹青、唐学林合作多年，共同承担了国家自然科学基金重点项目（编号 51139007）“大型离心泵系统压力脉动与水力激振特性研究”等多个科研项目，合作完成了论文、专利、软件等成果。王

福军、肖若富、姚志峰、严海军、刘竹青、唐学林、杨魏共同获得了 2013 年度教育部科技进步奖一等奖“大流量双吸离心泵压力脉动调控与节能关键技术及应用”等成果。团队成员共同建立了本项目中的主要成果。