

一、项目名称

大型输供水泵站系统水力优化设计与水锤防护关键技术及应用

二、提名意见

该项目立足于大型输供水泵站系统安全稳定高效运行，历经 20 余年的理论技术研究和成果应用推广，建立了泵装置多目标优化设计理论，研发了新型灯泡贯流泵叶轮水力模型和高性能贯流泵装置，构建了大型泵站抗振优化设计方法及安全评价体系，形成了具有自主知识产权的大型灯泡贯流泵设计、设备制造成套技术；开发了泵站进出水流道的多措施组合式整流技术，建立了相关水流特性理论及设计参数经验公式，提出了大型泵站进出水系统水力优化设计理论与技术，保障了大型泵站的安全高效运行；建立了不同类型的水锤理论计算公式，提出了多种水锤防护措施的设置准则，发展了泵站与水电站输水系统水锤理论，在长距离输水工程水锤防护技术方面取得了重大突破；将“束水攻沙”理念应用于解决城市排水泵站泥沙（污泥）淤积问题，提出了底部沟槽和排沙廊道的水力排沙理论及实施方案，解决了城市排水泵站进水建筑物泥沙淤积难题。

该项目成果写入国家规范及行业设计手册，获多项发明专利，出版多部专著。该研究成果已在南水北调、上海市供排水、辽宁大伙房等百余座大型泵站系统中得到应用，为我国大型输供水泵站系统工程的建设与安全稳定高效运行提供了技术支撑，取得了巨大的社会效益和经济效益。

提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介

输供水泵站系统是实现水资源调配、城市供水与内涝防治、保障社会经济可持续发展和改善生态环境的基础性设施,随着工程大型化、复杂化及目标多样化,输供水泵站系统的安全高效运行面临新的挑战:缺乏先进的大型泵装置优化设计理论和高效稳定的水力模型;大型泵装置和泵站结构复杂,没有成熟的小空间下城市泵站整体水力优化技术;进水建筑物中的不良流态及泥沙(污泥)淤积严重制约了城市泵站功能发挥;输供水系统线路长、支路多,水锤防护方案缺乏系统性理论和技术支撑,大型输供水泵站系统水力优化设计与水锤防护技术已成为该领域重点关注和亟需解决的问题。

在国家科技支撑计划、省(市)重大工程科研项目等支持下,项目团队经过20多年的科研攻关,形成了集泵装置优化设计、泵站建筑物整流及水力排沙技术、输供水系统水锤防护等为一体的理论技术体系,取得如下创新性成果:

1、揭示了水泵稳态和瞬态过程内流演变规律与外特性参数的耦合机理,建立了泵装置多目标优化设计理论,研发了新型灯泡贯流泵叶轮水力模型和高性能贯流泵装置,效率与空化指标达到国际领先水平,提出了三维非定常湍流与结构耦合作用下的大型泵站流激振动分析方法,构建了大型泵站抗振优化设计方法及安全评价体系,形成了具有自主知识产权的大型灯泡贯流泵设计、制造成套技术。

2、基于泵站整体水力模型试验研究成果,首次开发了多措施、组合式整流技术,建立了相关水流特性理论及设计参数经验公式,提出

了大型泵站进出水系统水力优化设计理论与技术，保障了大型泵站的安全高效运行。

3、建立了不同类型含摩阻关阀水锤理论公式、停泵水锤计算与传播公式；提出了不同水锤防护方案的设置原则，构建了多种水锤防护措施的技术体系，发明了空气罐与阀门联合防护水锤等核心技术，发展了泵站与水电站输水系统水锤理论，在长距离输水工程水锤防护技术方面取得了重大突破。

4、开创性地将“束水攻沙”理念应用于解决城市排水泵站泥沙（污泥）淤积问题，提出了底部沟槽和排沙廊道的水力排沙理论及实施方案，解决了城市排水泵站进水建筑物泥沙淤积难题。

项目成果总体达到国际领先水平，获得行业/省部级科学技术奖一等奖 3 项。获授权发明专利 32 项、实用新型专利 12 项、软件著作权 16 项，支撑 4 项国家行业规范及设计手册，出版专著 7 部，发表学术论文 260 篇，其中 SCI/EI 论文 122 篇。成果应用于南水北调东线、中线工程，上海合流污水治理工程、东北大伙房水库、上海青草沙水源地工程等近百座大型输供水泵站系统的水力优化设计与水锤防护中。为工程成功建设、安全高效运行奠定了理论与技术基础，产生了显著的经济效益和巨大的社会、环境效益。

四、客观评价

1. 技术鉴定

(1) 2014 年 3 月 14 日，水利部国际合作与科技司组织了以乔世珊教授为组长的 7 位专家对“泵站及输水系统水力设计关键技术与工

程实践”项目进行了成果鉴定，结论为：“研究成果整体上达到了国际领先水平”。

(2) 2015年3月28日，江苏省教育厅组织了以张建云院士为组长的8位专家对“城市泵站水力优化设计及水锤防护关键技术研究与应用”项目进行了成果鉴定，结论为：“研究成果总体上达到了国际领先水平”。

(3) 2011年3月25日，水利部国际合作与科技司组织了以水利部高安泽总工为组长的9位专家对“大型灯泡贯流泵关键技术研究与应用”项目进行了成果鉴定，结论为：“该成果达到了国际先进水平，其中装置水力性能指标达到国际领先水平”。

(4) 2013年6月28日，南京市科学技术委员会组织了以张勇传院士为组长的7位专家对“水电站输水发电系统瞬变流理论与工程实践”项目进行了成果鉴定，结论为：“研究成果达到了国际领先水平”。

(5) 2016年4月25日，新疆维吾尔自治区科技厅组织了以王复明院士为组长的9位专家，对“水电站输水发电系统水力优化设计与运行控制关键技术研究及应用”项目进行了成果鉴定，结论为：“项目在理论、技术和方法上有重大突破，自主创新程度很高，项目关键技术具有国际领先水平，研究成果整体上达到了国际先进水平”。

2. 查新报告情况

查新报告（教育部科技查新咨询中心出具）表明：项目查新点所包含的具体科学技术要点仅见于或最早见于项目完成单位发表的论文或申请的专利中。

3. 主要知识产权

本成果发表论文 260 篇，其中 SCI/EI 收录 122 篇；出版专著 7 部；获发明专利授权 32 项，实用新型专利授权 12 项，软件著作权 16 项。

4. 主要科技奖励

获省部级一等奖 3 项。

(1) “城市泵站水力优化设计及水锤防护关键技术研究与应用” 获 2015 年度大禹水利科学技术奖一等奖；

(2) “大型灯泡贯流泵关键技术研究与应用” 获 2011 年度大禹水利科学技术奖一等奖；

(3) “水电站输水发电系统水力优化设计与运行控制关键技术研究及应用” 获 2016 年度新疆维吾尔自治区科学技术奖一等奖。

五、推广应用情况

研发的灯泡贯流泵装置水力模型改变了国内贯流泵站设计被国外厂商左右的被动局面，应用于南水北调东线工程金湖泵站、泗洪泵站、江苏省通榆河北延送水工程、淮安楚州防洪控制工程里运河等泵站。针对南水北调东线工程皂河、刘山、解台、江都二站、江都三站、江都四站、淮安四站、北坍泵站、刘老涧二站，南京秦淮新河泵站、大运河西枢纽泵站、无锡市梅梁湖泵站、常州走马塘张家港枢纽泵站、苏州市元和塘等 50 余座泵站，开展了从起动到正常扬水过程的三维过渡过程数值模拟，揭示了水泵流量、扬程、转速及力矩随时间变化规律，为泵型选择、工程运行管理提供科学依据。

泵站进水建筑物水力优化设计与整流技术研究成果被推广应用于上海青草沙水源地原水工程五号沟泵站（亚洲装机容量最大的供水泵站）、长江取水泵站工程、新宛平泵站、大定海泵站等 30 余座工程。不仅减少了进水建筑物中输配水的水头损失，而且优化了进水流态，

为泵站的安全、高效运行奠定了良好的理论和实践基础，并提出了指导性意见，产生了重大的技术经济价值。

水锤防护理论技术应用于上海青草沙水源地原水工程、黄浦江上游水源地原水工程、东北大伙房水库输水工程、南水北调中线配套工程荆清、保仓干渠及 35#口门分水工程、湖北省应城城市供水工程、甘肃省天水城区应急供水工程、甘肃省兰州新区石门沟 3#水库输水工程、山西辛安泉、松溪供水工程、海南洋浦第二原水管线供水工程、贵州盘县出水洞水库供水工程、新疆东延供水工程等 60 余项大中型水利水电工程中，为工程顺利建设、安全运行奠定了坚实基础。

泵站进水建筑物的水力排沙技术研究成果被推广应用于上海市白龙港污水处理厂排水泵站、肇家浜雨水污水合建式泵站、新昌平泵站、芙蓉江泵站等 10 余座工程。提出了堰闸结合多向水力稳定分流工程技术、水力控制双孔等量出流压力箱涵工程控制等技术，解决了污水处理系统多向稳定分流、均匀配水、不同水质的水流充分混合等技术问题，保证了城市污水处理厂的安全、高效运行，产生了显著的社会环境效益。

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	有效状态
其他(专著)	贯流式泵站	中国	ISBN 978-7-5084-5488-7	2008-06-01	无	河海大学	徐辉、郑源	有效
授权发明专利	减小空气罐总容积的水锤防护结构及方法	中国	ZL201610110923.1	2017-11-3	2682675	河海大学	张健、俞晓东 刘甲春	有效
授权发明专利	一种带有不对称 SX 型叶片的低扬程大流量可逆贯流泵	中国	ZL201410599125.0	2016-8-17	2175197	河海大学	刘惠文、郑源、 杨春霞	有效
其他	NSBD16-2012-南水北调泵站工程管理规程	中国	NSBD16-2012	2012-10-19	无	南水北调东线江苏水源有限责任公司	邓东升、冯旭松	有效
授权发明专利	箱式双向调压塔	中国	ZL200610104798x	2008-09-03	426085	长安大学 辽宁省大伙房水库输水工程建设局	杨玉思、曲兴辉、 董德兰、魏永庆	有效
授权发明专利	一种用于微水头电站的灯泡贯流式水轮机	中国	ZL201310124289.3	2015-9-02	1790268	河海大学	郑源、李玲玉、 周大庆	有效
授权发明专利	一种计算供水系统首相飞逸水锤压力的方法	中国	ZL201610403585.0	2017-9-19	2628889	河海大学	范呈昱、张健、 俞晓东	有效
授权发明专利	用于农业灌溉节流和防护水锤的球阀系统及其控制方法	中国	ZL201510126526.9	2015-9-30	1802633	河海大学	弋鹏飞、张健、 俞晓东	有效
软件著作权	水力机械流激振动有限元分析软件	中国	2011SR044068	2011-8-16	0347921	河海大学		有效
软件著作权	长距离加压输水工程停泵水锤模拟软件	中国	2017R11L483543	2017-8-11	2025981	河海大学		有效

七、主要完成人情况

姓 名	徐辉	排 名	1
技术职称	教授	行政职务	校长
工作单位	河海大学		
完成单位	河海大学		
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目负责人，对项目的立项、成果总结有全面性、关键性贡献。提出了供排水泵站进水建筑物水力设计理论，构建了长距离供水工程水锤防护技术体系，对创新点 1、2、3、4 具有创造性贡献。</p>			

姓 名	张健	排 名	2
技术职称	教授	行政职务	
工作单位	河海大学		
完成单位	河海大学		
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目主要技术骨干，对项目立项、成果总结有重要贡献。提出了系列水锤理论公式，建立了长距离供水工程水锤防护理论技术体系，对创新点 2、3 具有创造性贡献。</p>			

姓 名	邓东升	排 名	3
技术职称	教授级高工	行政职务	
工作单位	江苏省沿海开发集团有限公司		
完成单位	南水北调东线江苏水源有限责任公司		
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目主要技术骨干，对项目立项、成果总结有重要贡献。建立了泵装置多目标优化设计理论，创新了灯泡贯流泵机组的结构型式，研发了大型灯泡贯流泵装置水力模型，对创新点 1 具有创造性贡献。</p>			

姓名	冯建刚	排名	4
技术职称	副教授	行政职务	
工作单位	河海大学		
完成单位	河海大学		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要技术骨干，对项目理论研究和成果总结有重要贡献。提出了泵站进水建筑物水力优化设计理论，创新了整流技术，对创新点 2、4 具有创造性贡献。			

姓名	俞晓东	排名	5
技术职称	副研究员	行政职务	
工作单位	河海大学		
完成单位	河海大学		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要技术骨干，对项目理论研究成果有重要贡献。提出了长距离输水系统单向塔、空气阀水锤防护措施的设置理论方法，对创新点 3 具有创造性贡献。			

姓名	李同春	排名	6
技术职称	教授	行政职务	
工作单位	河海大学		
完成单位	河海大学		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要技术骨干，对项目理论研究和成果总结有较大贡献，提出了大型贯流泵结构抗振技术，对创新点 1 具有创造性贡献。			

姓名	陈毓陵	排名	7
技术职称	副教授	行政职务	
工作单位	河海大学		
完成单位	河海大学		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要技术骨干，对项目试验研究成果有较大贡献。提出了泵站进水建筑物整体模型理论，发明了水力排沙技术，对创新点 2、4 具有创造性贡献。			

姓名	郑源	排名	8
技术职称	教授	行政职务	
工作单位	河海大学		
完成单位	河海大学		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要技术骨干，建立了低扬程水力机械的数值仿真模型，丰富和发展了水力机械设计理论和计算方法，对创新点 1 具有创造性贡献。			

姓名	赵兰浩	排名	9
技术职称	教授	行政职务	
工作单位	河海大学		
完成单位	河海大学		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要技术骨干，对项目理论研究成果有较大贡献。提出了大型灯泡贯流泵站流激振动分析方法，对创新点 1 具有创造性贡献。			

姓名	曲兴辉	排名	10
技术职称	教授级高工	行政职务	
工作单位	辽宁省大伙房水库输水工程建设局		
完成单位	辽宁省大伙房水库输水工程建设局		
对本项目技术创造性贡献：			
项目主要技术骨干，对项目立项、成果总结有较大贡献。发明了长距离输水系统新型水锤防护技术，对创新点 3 具有创造性贡献。			

八、主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	河海大学				
排 名	1	法定代表人	徐辉	所在地	江苏
通讯地址	江苏省南京市鼓楼区西康路 1 号				
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
<p>本项目的组织和承担单位，全面负责项目总体方案策划、组织协调和、技术路线制定、推广应用。在“泵站进水建筑物水力优化设计、整流与水力排沙技术研发、水锤理论拓展完善、长距离输水系统水锤防护技术研发、大型泵装置压力脉动分析、三维非定常湍流与结构耦合作用的大型灯泡贯流泵站流激振动分析、贯流泵机组和泵站结构分析并行计算软件开发”等方面做出了创新性贡献。</p>					

单位名称	南水北调东线江苏水源有限责任公司				
排 名	2	法定代表人	邹徐文	所在地	江苏
通讯地址	江苏省南京市鼓楼区上海路 7 号				
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
<p>承担大型贯流泵站水力模型开发和装置性能研究、大型贯流泵机组结构关键技术等方面研究工作。积极推广项目研究成果，将项目部分研究成果推广应用于南水北调东线淮阴三站、金湖站、泗洪站等泵站工程建设与运行，为实现大型贯流泵机组国产化奠定了良好的基础。</p>					

单位名称	辽宁省大伙房水库输水工程建设局				
排 名	3	法定代表人	马岚	所在地	辽宁
通讯地址	沈阳市浑南新区新隆街 2 号				
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
<p>本项目主要完成单位，在长距离工程水锤防护理论技术体系的构建方面有创新性贡献，负责项目成果在辽宁省大型输水工程中推广应用。</p>					

单位名称	新疆农业大学				
排 名	4	法定代表人	蒋平安	所在地	新疆
通讯地址	乌鲁木齐市农大东路 311 号				
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
<p>新疆农业大学是河海大学对口援疆单位，参与新疆地区长距离输水系统水锤防护技术研发，负责项目成果在新疆大型输水工程中推广应用。</p>					

九、完成人合作关系说明

1.完成人徐辉、张健、冯建刚、俞晓东、陈毓陵、郑源长期合作，共同开展输水泵站系统水力优化的理论和技术研究，均为河海大学水利水电工程学科“水电站泵站工程运行安全”研究团队成员，团队负责人：徐辉。团队成员共同承担科研项目、共同发表科研论文。

2.完成人李同春、赵兰浩为河海大学水工结构学科“水利工程结构安全评价”研究团队成员，团队负责人：李同春。李同春、赵兰浩共同承担科研项目、共同发表科研论文。

3.完成人徐辉、张健、冯建刚、俞晓东、陈毓陵、郑源、曲兴辉共同参与的项目“城市泵站水力优化设计及水锤防护关键技术研究与应用”获得2015年度大禹水利科学技术一等奖。

4.完成人李同春、邓东升、赵兰浩共同参与的项目“大型灯泡贯流泵关键技术研究与应用”获得2011年度大禹水利科学技术一等奖。