

国家科学技术进步奖提名书公示内容

(2019 年度)

一、项目名称

土石坝体病害诊治与应急抢险关键技术

二、提名者

湖北省

三、提名意见

相对新建大坝，大漏量土石坝及高危险堰塞坝的除险减灾技术在中国及世界各国均未形成成熟的技术体系。该项目致力于大漏量土石坝及高危险堰塞坝除险减灾关键技术研究，对大坝数量位居世界第一、堰塞坝频发的我国，具有十分重要的意义。

项目以 196 座病险工程治理设计和 13 座堰塞坝应急抢险的技术需求为驱动，在土石坝变形对渗漏的影响机制、深部填筑料性态检测、深水渗漏精准探测、不收敛变形与渗漏治理、集中渗漏封堵及堰塞坝快速成渠减溃等方面取得了突破性成果。提出了基于旁压试验确定坝体填筑料物理力学参数的试验技术，构建了同时考虑土石坝填料剪胀、蠕变及湿化三要素的静力本构模型，揭示了病险土石坝变形特征对渗漏的影响机制；研发了土石坝渗漏无人与有人深水精准探测技术，实现了 100m 级水深检测精度达 10^{-5} cm/s 的突破；开发了土石坝渗漏治理系列新技术，研发高孔隙率堆石体变形控制技术、防渗面板止水和水下修复新型结构、沥青心墙土石坝防渗体重构技术；开发土石坝集中渗漏抢险技术，提出堰塞坝“引流槽”快速冲刷成渠与洪水削峰抢险技术，推动了我国土石坝应急抢险技术的创新突破。

项目成果获省部级科技进步一等奖 3 项、二等奖 1 项，行业设计金奖 1 项、银奖 1 项，授权专利 32 项，其中发明专利 12 项；计算机软件著作权 9 项；出版专著 7 部；成果被 6 部行业规范采纳；发表论文 151 篇，其中 SCI/EI 收录论文 31 篇。研究成果在白云、株树桥等病险工程设计咨询和“5·12”大地震唐家山等堰塞坝应急抢险中成功应用，取得了显著的社会经济效益，对提高我国大坝工程安全能力和堰塞坝防灾减灾水平做出了贡献。

提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

四、项目简介

人工修筑的土石坝和地震、滑坡等自然灾害形成的堰塞坝，其稳定支撑体均为

土石材料，具有抵抗渗透破坏能力低、抗冲刷能力弱的共同特征，一旦出现大漏量或过流冲刷极易酿成灾难。中国 9.8 万座水库大坝中 90% 以上是土石坝，多修建于上世纪六、七十年代，限于当时的技术水平和经济能力，质量较差，到本世纪初，病险率达到 43.7%，每年均有土石坝溃决；同时，中国是世界上堰塞湖频发的国家，堰塞坝的安危直接影响上下游公共安全，甚至可能导致重大灾难。

大漏量土石坝及高危险堰塞坝的除险减灾技术在中国及世界各国均未形成成熟的技术体系。成果第一完成单位经水利部建管司、湖北省科技厅、国家科技部批准，先后成立了“水利水电病险工程治理咨询研究中心”、“湖北省大坝安全诊断及除险加固工程技术研究中心”、“国家大坝安全工程技术研究中心”，长期致力于土石坝病险处置关键技术研究。项目组以生产需求与实际抢险为驱动，历经 196 座病险土石坝治理设计和 13 座堰塞土石坝应急抢险的探索，以成功处置“癌症级”病险工程——白云面板堆石坝和“极高风险级”堰塞坝——“5.12”地震唐家山堰塞坝为标志，在坝体变形对渗漏的影响机制、深部填筑料性状检测、深水渗漏精准探测、不收敛变形与渗漏治理、集中渗漏快速封堵及堰塞坝引流成渠减溃等方面取得了突破性创新成果：

(1) 针对病险土石坝材料参数确定的技术难题，研制了新型旁压仪和湿化变形试验设备，提出了基于旁压试验确定坝体填筑料物理力学参数的试验技术，建立了填筑料旁压模量-级配-密度-上覆压力之间的相互关系；构建了同时考虑土石坝填料剪胀、蠕变及湿化三要素的静力本构模型，揭示了病险土石坝变形特征对渗漏的影响机制，为土石坝病害分析与诊治提供了理论依据。

(2) 开发了高精度深水查漏阵列声纳及三维流场解析技术，研制了水下视频机器人与渗漏流线示踪仪，集成研发了“阵列声纳广域巡检—机器人追踪定域—流线示踪精准定位”的深水无人探测技术；研发了水库环境小型化、大深度氮氧混合气有人潜水探测技术及载人平台，实现了坝体缺陷直观检测从水深 60m 到 120m 的突破，为土石坝病害诊治提供了技术支撑。

(3) 开发了高孔隙率堆石体有限扩散灌浆固化增模变形控制技术，发明了面板接缝涂覆型柔性止水及挤压破坏吸能修复新型结构，提出了沥青心墙堆石坝防渗体重构技术，攻克了土石坝变形控制和防渗修复关键技术难题。

(4) 开发了土石坝防溃减灾和堰塞坝应急抢险新技术，提出了土石坝“集中渗漏变孔隙渗流”的堵水理论及“粗粒料淤堵控流、细粒料（灌浆）充填闭气”的二次封堵技术；开发了面板堆石坝深水塌陷漏斗“粗粒支撑—灌注密封—表层保护”技术；建立了堰塞坝危险性评价标准，提出堰塞坝“引流槽”快速冲刷成渠及洪水削峰技术，为高风险土石坝及堰塞坝快速除险减灾提供了技术支撑。

项目成果获省部级科技进步一等奖 3 项、二等奖 1 项，行业设计金奖 1 项、银奖 1 项，授权专利 32 项，其中发明专利 12 项；计算机软件著作权 9 项；出版专著 7 部；成果被 6 部行业规范采纳；发表论文 151 篇，其中 SCI/EI 论文 31 篇。研究成果在白云、株树桥等重大病险工程治理设计和“5·12”大地震唐家山等堰塞坝应急抢险中成功应用，取得了显著的社会经济效益，对提高我国大坝工程安全能力和堰塞坝防

灾减灾水平做出了贡献。

五、客观评价

1、国内外相关技术比较

该项目关键技术与国内外同类技术比较如下表。

成果名称	该项目成果	国内外同类成果	比较结论
土石坝时空变形效应的渗漏病害分析理论	新型旁压仪及试验设备,利用旁压试验确定坝体深部填料的物理力学特性的试验技术	未见相关成果	专利技术,国际领先
	基于“三参量剪胀模型、六参数湿化模型、九参数蠕变模型”的静力本构模型	未见同时考虑三要素的成果	首次提出,国际领先
	基于长期性能演化的土石坝病害预测判定方法	未见相关成果	首次提出,填补空白
土石坝渗漏深水精准探测技术	高精度深水查漏阵列声纳及三维流场解析技术,流速精度 10^{-5} cm/s	流速精度 10^{-3} cm/s	专利技术,国际领先
	水下视频机器人及渗漏流线示踪仪,探测水深突破100m	水深小于50m	国际领先
	水库环境小型化、大深度氦氧混合气有人潜水探测技术及载人平台,实现120m水深缺陷直观量测	水深小于60m	专利技术,国际领先
土石坝渗漏及不收敛变形治理成套技术	粗粒料坝体固化增模准则及有限扩散灌浆技术	未见相关成果	首次提出,填补空白
	混凝土防渗面板挤压破坏吸能修复及涂覆型柔性止水新型结构	未见相关成果	专利技术,国际领先
	沥青心墙土石坝防渗体重构技术	未见沥青心墙土石坝灌浆重构防渗体相关成果	专利技术,填补空白
土石坝冲刷致溃应急抢险关键技术	面板堆石坝深水塌陷漏斗“粗粒支撑—灌注密封—表层保护”技术,实现大水深条件下面板支撑体重构与柔性复合防渗	刚性结构,界面不贴合,水深小于30m	专利技术,国际领先
	土石坝“集中渗漏变孔隙渗流”的堵水理论及“粗粒料淤堵控流、细粒料(灌浆)充填闭气”的二次封堵技术,实现断面 m^2 级,流量 m^3/s 级、埋深100m级的管道集中渗漏应急封堵	未见相关成果	专利技术,填补空白
	堰塞坝“引流槽”快速冲刷成渠抢险技术、洪水削峰减灾技术,易贡、唐家山溃坝洪峰削减48%、31%	国内外最早提出	首次提出,填补空白
	堰塞坝危险性评价标准	国内外最早提出	首次提出,填补空白

2、科技鉴定结论

(1) 2014年4月,湖北省科技厅主持召开“病险水库安全诊断与除险加固技术”成果鉴定会。由张勇传、郑守仁院士及高安泽大师等专家组成的鉴定委员会一致认为:“项目成果系统深入研究了病险水库病害机理,研发了土石坝加固变形控制及防渗体修复灌浆新技术.....对推动我国病险水库加固技术发展具有重大意义。研究成果总体达到国际领先水平”。

(2) 2015年3月,水利部国际合作与科技司主持召开“混凝土面板接缝涂覆型柔性盖板止水结构研究及应用”成果鉴定会。由原水利部总工程师朱尔明等专家组成的鉴定委员会一致认为:“该成果具有接缝止水效果及耐久性好、施工便捷、施工质量容易保证等优势,提高了面板接缝防渗的可靠性,并且便于维修。经济、社会效益显著,在面板坝新建工程以及除险加固工程中具有广阔的应用前景。该项研究成果总体达到国际领先水平”。

(3) 2015年6月,中国水力发电工程学会主持召开“堆石坝除险加固成套技术”鉴定会。由郑守仁院士等专家组成的鉴定委员一致认为:“围绕安全诊断及除险加固等关键技术进行了系统研究,形成了堆石坝除险加固成套技术.....推动了我国堆石坝病害诊断和除险加固技术的发展.....成果总体达到国际领先水平”。

3、支撑科技奖励

- (1) “病险水库安全诊断与除险加固技术”获 2014 年湖北省科技进步一等奖;
- (2) “堆石坝除险加固成套技术”获 2015 年中国水力发电科学技术一等奖;
- (3) “混凝土面板接缝涂覆型柔性盖板止水结构研究及应用”获 2016 年中国电力建设科学技术进步一等奖;
- (4) “高土石坝粗粒料试验新方法与应用”获 2014 年湖北省科技进步二等奖;
- (5) “水库管理一体化信息系统”获 2017 年全国优秀水利水电工程勘察设计金质奖;
- (6) “安徽省安庆市花凉亭水库除险加固工程”获 2017 年全国优秀水利水电工程勘察设计银质奖。

4、知识产权与代表性论著

该项目成果授权专利 32 项,其中发明专利 12 项;计算机软件著作权 9 项;出版专著 7 部;成果被 6 部行业规范采纳;发表论文 151 篇,其中 SCI/EI 收录论文 31 篇。

5、其他评价

(1) 2000年6月15日,时任国务院副总理温家宝关于易贡堰塞湖的批示,“易贡特大山体滑坡发生后,.....在专家组的具体指导下,经过一个多月军民团结奋斗,.....使湖水按预定方案下泄,避免了人员伤亡,这是一件了不起的事情。”

(2) 2008年6月10日,国务院抗震救灾总指挥部电贺唐家山堰塞湖应急处置指挥部,“你们经过连续十多天的艰苦奋战,按照安全、科学、快速的要求,成功地处理了唐家山堰塞湖险情,消除了汶川地震次生灾害的一个特大威胁,确保了人民

群众生命安全，……创造了世界上处理大型堰塞湖的奇迹。”

2008年7月17日，时任水利部部长陈雷在水利部抗震救灾干部大会上讲话，“唐家山堰塞湖是威胁最为严重、排险最为艰难、国内外最为关注的一处堰塞湖。……水利部总工程师刘宁和长江勘测规划设计研究院总工程师杨启贵同志在唐家山堰塞湖排险施工现场连续奋战了12个日夜。”

(3) 2018年6月，柬埔寨某水电有限公司向该项目第一完成单位发来感谢信，“我公司水电站2018年1月渗漏量突然加大到 $1.2\text{m}^3/\text{s}$ 左右，……6月14日贵司完成了现场查漏工作并提交了渗漏检测初步报告，……在此表示衷心的感谢！”

(4) 2018年8月8日，中共黄石市委员会向国家防总办公室发去感谢信，“2018年8月4日，我市铁山区东方山水库发生浑水渗漏重大险情。……杨启贵、沈华中、周和清、许田柱等专家，……积极提出科学、合理的处置方案建议，为我市成功控制水库险情提供了充分、准确、有效的技术支撑，发挥了极其重要作用”。

六、应用情况

1. 应用情况（限2页）

本项目整体技术已经过三年以上大规模的实施应用，典型应用情况如下：

(1) 2015年12月31日前：

创新点1 在湖北水布垭后续安全评估、湖南白云、湖南株树桥等工程完成应用；

创新点2 在湖南白云、新疆察汗乌苏、新疆大库斯台、内蒙古霍林河、大渡河沙坪二级围堰等工程完成应用；

创新点3 在湖南白云、湖南株树桥、广西磨盘、广东平堤、四川大竹河、四川布西、云南梨园、辽宁蒲石河等工程完成应用；

创新点4 在湖南白云、湖北漳河、西藏易贡堰塞坝、四川唐家山堰塞坝抢险中完成应用。

(2) 2015年12月31日后：

创新点1 在柬埔寨某工程推广应用；

创新点2 在柬埔寨某工程、新疆某工程、云南某工程、重庆蓼叶等工程推广应用；

创新点3 在新疆某工程、青海纳子峡、重庆蓼叶、浙江仙居等工程推广应用；

创新点4 在湖北东方山、新疆某工程、柬埔寨某工程、金沙江“11.3”白格堰塞坝抢险中推广应用。

(3) 6项技术列入“水利部水利先进实用技术重点推广指导目录”：

1) “水利水电工程渗漏隐患声纳检测技术（TZ2014007）” （2014年）

2) “大型低摩阻土工真三轴试验系统（TZ2016006）” （2016年）

3) “堆石坝除险加固成套技术（TZ2016009）” （2016年）

4) “水库管理一体化信息系统（TZ2016029）” （2016年）

5) “混凝土面板接缝涂覆型柔性盖板止水技术（TZ2017002）” （2017年）

6) “岩土三轴试验外体变高精度测量系统（TZ2017008）” （2017年）

七、主要知识产权和标准规范目录

知识产权 (标准) 类别	知识产权(标准) 具体名称	国家 (地区)	授权号 (标准 编号)	授权 (标准 发布) 日期	证书编 号(标准 批准发 布部门)	权利人 (标准起 草单位)	发明人 (标准起 草人)	发明专 利(标准) 有效状态
发明专利	气动抛投散粒体地洞堵水的方法	中国	ZL20101092210.7	2011.06.15	794300	长江水利委员会长江勘测规划设计研究院	杨启贵、高大水、谭界雄等	有效专利
发明专利	孔口充填和控制灌浆结合治理堆石坝坝体变形的 方法	中国	ZL201610614480.X	2018.7.6	2990873	长江勘测规划设计研究有限责任公司	卢建华、谭界雄、夏明勇、田波等	有效专利
发明专利	控制灌浆处理垂直型沥青混凝土心墙土石坝渗漏的方法	中国	ZL201310726109.9	2016.03.30	1999143	长江勘测规划设计研究有限责任公司	周和清、位敏、谭界雄等	有效专利
发明专利	高弹性抗冲磨砂浆修补材料及施工工艺	中国	ZL201210161225.6	2016.01.06	1910048	中国水利水电科学研究院等	孙志恒、鲁一暉、田军涛、张运雄等	有效专利
发明专利	砂砾石覆盖层工程特性室内模型测试方法及其测试设备	中国	ZL20120910063056.0	2012.6.27	977221	长江水利委员会长江科学院	程展林、丁红顺、胡胜刚、左永振	有效专利
发明专利	混凝土面板坝周边缝止水结构及其施工方法	中国	ZL201510175283.8	2017.01.04	2332589	长江勘测规划设计研究有限责任公司	谭界雄、高大水、周和清、卢建华等	有效专利
发明专利	单井地下水流速流向及水库渗漏点测量方法及其测量装置	中国	ZL201110295635.5	2014.01.15	1336101	南京帝坝工程科技有限公司	杜国平、杜家佳、宋晓峰	有效专利
标准	混凝土面板堆石坝设计规范	中国	SL228-2013	2013.01.22	中华人民共和国水利部	长江勘测规划设计研究院等	杨启贵、廖仁强、熊泽斌、程展林等	现行标准
标准	堰塞湖应急处置技术导则	中国	SL451-2009	2009.05.06	中华人民共和国水利部	长江勘测规划设计研究院等	刘宁、杨启贵、刘志明、周和清等	现行标准
标准	水电水利工程聚脲涂层施工技术规程	中国	DL/T5317-2014	2014.03.18	国家能源局	中国水利水电科学研究院等	孙志恒等	现行标准

八、主要完成人情况

排序	姓名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目技术创造贡献
1	杨启贵	副院长、总工程师	教授级高级工程师	长江勘测规划设计研究院	长江勘测规划设计研究有限责任公司	项目总负责人。主持创新点 3、4 的技术研发工作，提出了基于有限扩散灌浆的低密度高孔隙率堆石坝固化增模变形控制技术，提出了土石坝“集中渗漏变孔隙渗流”的堵水理论及“粗粒料淤堵控流、细粒料（灌浆）充填闭气”的二次封堵技术，建立了堰塞坝危险性评价标准，提出了“引流槽”快速冲刷成渠及洪水削峰应急处置技术。
2	谭界雄	国家大坝安全工程技术研究中心副主任	教授级高级工程师	长江勘测规划设计研究院	长江勘测规划设计研究有限责任公司	主持创新点 2，参与创新点 3 的技术研发工作。研发了水下探测机器人及渗漏流线示踪装备，开发面板堆石坝深水塌陷漏斗“粗粒支撑—灌注密封—表层保护”技术，发明了面板挤压破坏修复新型结构，参与了高孔隙率堆石坝有限扩散灌浆固化增模变形控制技术、土石坝“集中渗漏变孔隙渗流”的堵水理论及“粗粒料淤堵控流、细粒料（灌浆）充填闭气”的二次封堵技术的研发。
3	程展林	院纪委书记 (原长江水利委员会长江科学院副总工，原水利部岩土力学与工程重点实验室主任)	教授级高级工程师	长江勘测规划设计研究院	长江水利委员会长江科学院	主持创新点 1 的研发工作：主持研发了室内大型旁压模型试验系统，提出了现场旁压试验与室内大型物理模型试验相结合测定提出深部填料物理力学特性测试新方法；构建同时考虑坝体填料剪胀、蠕变及湿化三要素的静力本构模型，建立基于长期性能演化的土石坝病害预测判定方法。
4	孙志恒		教授级高级工程师	中国水利水电科学研究院	中国水利水电科学研究院	主要参与创新点 3 的研究工作。负责开发面板接缝涂覆型柔性盖板止水新型结构，研发 SK 单组分聚脲专用的潮湿型界面剂，提出了涂覆型盖板止水结构型式及相应的施工工艺和质量控制方法。
5	卢建华	水利水电病险工程治理咨询研究中心主任	高级工程师	长江勘测规划设计研究有限责任公司	长江勘测规划设计研究有限责任公司	主要参与创新点 3、4 的研究工作。参与高孔隙率堆石坝有限扩散灌浆固化增模变形控制技术和“粗粒料淤堵控流、细粒料（灌浆）充填闭气”封堵技术的研发。
6	周和清	水利水电病险工程治理咨询研究中心副主任	教授级高级工	长江勘测规划设	长江勘测规划设	主要参与创新点 3、4 的研发工作。提出沥青心墙土石坝防渗体修复重构系列技术，参与堰塞坝危险性评价标准的建立。

			工程师	计研究有限责任公司	计研究有限责任公司	
7	蔡伟	董事长	高级工程师	杭州华能工程安全科技股份有限公司	杭州华能工程安全科技股份有限公司	主要参与创新点 3 的研究工作。参与面板堆石坝深水塌陷漏斗“粗粒支撑—灌注密封—表层保护”技术的研发和应用推广，研发水库环境小型化、大深度氮氧混合气有人潜水探测技术及载人平台。
8	高大水	水利水电病险工程治理咨询研究中心总工	教授级高级工程师	长江勘测规划设计研究有限责任公司	长江勘测规划设计研究有限责任公司	主要参与创新点 3 的研发工作。提出面板堆石坝集中渗漏深水定点修复技术，参与面板堆石坝垫层料加密技术的研发。
9	杜家佳	总经理	工程师	南京帝坝工程科技有限公司	南京帝坝工程科技有限公司	主要参与创新点 2 的研究工作。负责研发高精度阵列深水声纳渗流测量仪及三维流场解析技术。
10	潘家军	室主任	教授级高级工程师	长江水利委员会长江科学院	长江水利委员会长江科学院	主要参与创新点 1 的研发工作。参与坝体深部填料物理力学特性测试方法研究，参与构建同时考虑坝体填料剪胀、蠕变及湿化三要素的静力本构模型；研发统一预测土石坝施工期、蓄水期和长期运行过程中变形发展的全性态有限元分析方法及计算机软件。

九、主要完成单位及创新推广贡献

第一完成单位：长江勘测规划设计研究有限责任公司

主要创新推广贡献：长江勘测规划设计研究有限责任公司是项目的牵头单位，主持创新点 2、3、4 的研发和研究成果应用推广工作。

1、开发水下探测机器人及渗漏流线示踪装备，与南京帝坝工程科技有限公司合作实现了“阵列声纳广域巡检—机器人追踪定域—一流线示踪精准定位”的土石坝渗漏一体化探测。成功应用于湖南白云、云南某工程、柬埔寨某工程等 10 多座百米高坝大库渗漏检测。

2、开发土石坝渗漏及不收敛变形治理成套技术。开发面板堆石坝深水堵漏“粗粒支撑—灌注密封—表层保护”专有技术；集成开发沥青心墙堆石坝防渗体重构成套技术、高孔隙率堆石坝有限扩散灌浆固化增模变形控制技术；首创混凝土防渗面板挤压破坏吸能修复及涂覆型柔性止水新型结构。成功应用于广西磨盘、新疆某工程、重庆蓼叶、柬埔寨某工程、云南梨园、辽宁蒲石河、广东平堤、四川大竹河等工程修复加固。

3、提出土石坝“集中渗漏变孔隙渗流”的堵水理论及“粗粒料淤堵控流、细粒料（灌浆）充填闭气”的二次封堵技术，在湖北漳河水库和湖北东方山水库应急抢险中成功应用；建立堰塞坝危险性评价标准，提出“引流槽”快速冲刷成渠及洪水削峰应急处置技术，在易贡、唐家山、白格等堰塞坝的抢险中成功应用。

4、与长江水利委员会长江科学院合作完成了白云、株树桥面板堆石坝等多项大坝除险加固工程的病害原因分析及加固方案论证工作。

第二完成单位：长江水利委员会长江科学院

主要创新推广贡献：长江水利委员会长江科学院是项目主要参与单位，负责创新点 1 的研发和应用推广工作。为土石坝时空变形效应渗漏病害分析理论的建立做出了重要贡献。

1、提出土石坝深部填料物理力学特性测试新方法，构建同时考虑坝体填料剪胀、蠕变及湿化三要素的静力本构模型，建立基于长期性能演化的土石坝病害预测判定方法，为土石坝病害分析与诊治提供了理论依据。

2、主持该试验技术与分析方法的完善和应用推广，与长江勘测规划设计研究有限责任公司合作完成了白云、株树桥面板堆石坝等多项大坝除险加固工程的病害原因分析及加固方案论证工作，为这些土石坝安全运行做出了重要贡献。

第三完成单位：中国水利水电科学研究院

主要创新推广贡献：中国水利水电科学研究院是项目主要参与单位，主要参与了创新点 3 的研究工作。负责开发面板接缝涂覆型柔性盖板止水新型结构，研发 SK 单组分聚脲专用的潮湿型界面剂，提出了涂覆型盖板止水结构型式及相应的施工工艺和质量控制方法，成功应用在四川布西大坝面板和青海纳子峡大坝面板接缝止水的修复，推广应用至云南梨园、辽宁蒲石河等新建工程面板止水施工中。

第四完成单位：杭州华能工程安全科技股份有限公司

主要创新推广贡献：杭州华能工程安全科技股份有限公司是项目的主要参与单位，主要参与了创新点 2、创新点 3 的研究工作。参与面板堆石坝深水堵漏“粗粒支撑—灌注密封—表层保护”专有技术的研发，研发水库环境小型化、大深度氮氧混合气有人潜水探测技术及载人平台。研究成果在柬埔寨某工程、新疆某工程、重庆蓼叶等面板堆石坝渗漏险情处置中应用。

第五完成单位：南京帝坝工程科技有限公司

主要创新推广贡献：南京帝坝工程科技有限公司是项目的主要参与单位，主要参与了创新点 2 的研究工作。负责研发高精度深水查漏阵列声纳及三维流场解析技术，研究成果在湖南白云大坝等 10 多座百米高坝大库检测中得到应用。

十、完成人合作关系说明

长江勘测规划设计研究有限责任公司、长江水利委员会长江科学院、中国水利水电科学研究院、杭州华能工程安全科技股份有限公司和南京帝坝工程科技有限公司，长期合作开展土石坝及堰塞坝除险减灾关键技术的研究与应用，优势互补、联合攻关，取得了多项创新性成果，提高了我国大坝工程安全能力和防灾减灾水平，对推动我国今后病险水库加固技术及堰塞坝风险处置技术具有重大意义。

长江勘测规划设计研究有限责任公司杨启贵、谭界雄、卢建华、周和清等人，在 2000~2017 年合作开展了堆石坝加固技术的研究与应用推广工作，在研究成果及应用推广的基础上合作撰写了《堆石坝加固》专著。

长江勘测规划设计研究有限责任公司谭界雄、杭州华能工程安全科技股份有限公司蔡伟等人，在 2011~2015 年合作开展了水库大坝水下加固技术的研究与应用推广工作，在研究成果及应用推广的基础上合作撰写了《水库大坝水下加固技术》专著。

长江勘测规划设计研究有限责任公司杨启贵、谭界雄、周和清等人，在 2001 年~2007 年合作开展了水库大坝安全评价的研究，在研究成果的基础上合作撰写了《水库大坝安全评价》专著。

长江勘测规划设计研究有限责任公司杨启贵、周和清作为主要起草人，共同参与起草了《堰塞湖应急处置技术导则》（SL451-2009）、《堰塞湖风险等级划分标准》（SL 450-2009）。

长江勘测规划设计研究有限责任公司杨启贵、长江水利委员会长江科学院程展林作为主要起草人，共同参与起草了《混凝土面板堆石坝设计规范》（SL 228-2013）。

长江勘测规划设计研究有限责任公司谭界雄、杨启贵、卢建华、周和清、高大水等人，在 2000~2010 年间合作开展了病险水库安全诊断与除险加固技术的研究与实践，共同获得 2014 年度湖北省科技进步一等奖。

长江勘测规划设计研究有限责任公司周和清、杨启贵、谭界雄、卢建华、高大水等人，在 2000~2011 年间合作开展了堆石坝除险加固成套技术的研究和实践，

共同获得 2015 年度水力发电科学技术一等奖。

长江水利委员会长江科学院程展林、潘家军等人，在 2003~2013 年间合作开展了高土石坝粗粒料试验新方法与应用，共同获得 2014 年湖北省科技进步二等奖。

长江勘测规划设计研究有限责任公司谭界雄、杨启贵等人，在 2009~2015 年间合作开展水库管理一体化信息系统的研究与应用，共同获得 2017 年全国优秀水利水电工程勘察设计金质奖。

长江勘测规划设计研究有限责任公司高大水、谭界雄等，在 2009~2012 年间合作开展安徽省安庆市花凉亭水库除险加固工程，共同获得 2017 年全国优秀水利水电勘察设计银质奖。