

《复杂环境水电工程北斗高精度智能化变形监测关键技术及应用》公示材料

一、项目名称

复杂环境水电工程北斗高精度智能化变形监测关键技术及应用

二、提名单位及意见

提名单位：成都市科技局

提名意见：

我单位认真严格地审阅了该项目的提名书及全部附件材料，确认该项目符合四川省科学技术奖励规定的推荐条件，所提供的提名材料全部真实有效，完成人、完成单位排序无异议，提名书相关栏目均符合填写要求。

该项目针对复杂环境下水电工程变形监测基准点可靠性不足、数据采集传输难度大、卫星定位难以满足大坝监测精度要求三大技术难题，通过产学研联合攻关，在理论方法、技术装备和平台建设等方面开展了系统研究，支撑了我国多项国家重大工程建设，社会经济效益显著。

提名该项目为2025年度四川省科学技术进步奖。

三、项目简介

针对西南高山峡谷地区大型水电工程面临的三大技术难题开展研究：复杂环境下水电工程变形监测基准点可靠性不足、数据采集传输难度大、卫星定位难以满足大坝监测精度要求三大技术难题。依托溪洛渡、锦屏一级、二滩等特大型水电工程，国家自然科学基金及多项自立科研课题，突破关键技术瓶颈，解决了水电工程基准选址困难、可靠性不足的难题；实现了高山峡谷、强电磁干扰等复杂环境下数据的可靠采集与传输；提出了复杂卫星观测环境下的误差处理方法；自主研发北斗长/短基线解算及平差软件，突破了GNSS长基线高精度解算对国外软件依赖。主要创新点如下：

1) 创新性提出了多层级监测基准构架：利用流域北斗连续运行参考站（简称CORS站）点连续运行基准站、监测基准站与倒垂观测点，构建多层级变形监测基准和实时在线解算技术，包括：结合流域北斗连续运行基准站和倒垂观测成果的空地双监测基准布设，显著提高监测基准的可靠性；监测基准点及与流域的CORS站点长距离组网联测，有效解决了传统监测控制网覆盖范围小、复测周期长的局限性；高精度位置无关的GNSS监测虚拟基准方法，利用网络RTK增强参考站技术，构建长时间序列的变形监测虚拟基准，优化基准站的布置和数量，并形成了工程

区域统一的监测基准，提高数据的分析价值。

2) 高山峡谷、强电磁干扰环境下的数据采集设备与通信技术，研发了四通道宽带射频芯片和信号处理装置，单颗射频芯片实现多模多频高精度信号处理可大幅度降低射频电路的尺寸、功耗及成本。研发了一种新型的抗干扰扼流圈型GNSS卫星天线，提高了便携性和经济性。首创双以太网与双RS-422互转通信系统及方法和基于隔离式双以太网和双CAN通信的系统及方法，提高了高压输、变电强电磁辐射影响区域数据通信的可靠性。

3) 复杂环境误差特性的北斗高精度监测数据处理技术及平台开发，率先提出了一种适用于全球导航卫星系统的动态周跳探测与修复方法，同时发展了顾及北斗星座和信号特征的北斗监测数据质量控制技术（OMGF），显著提升了数据处理速度和正确率。首次提出了顾及大坝变形的北斗多路径误差改正模型，GNSS多路径模型的准确度提高了38%。研发的水电工程北斗一体化监测系统平台的平面定位精度从多技术融合精度1毫米级提升至单北斗技术手段监测亚毫米级。

四、主要知识产权和标准规范等目录

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	一种大坝 GNSS 多路径改正模型优化方法	中国	CN 113156468 B	2023-04-21	ZL202110480970.6	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司	华博深、彭巨为、龚静、赵亮	有效
发明专利	GNSS 参考站位移检校方法和检校装置	中国	CN107816933B	2024-01-30	ZL201711224220.2	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司	冯宇强；石建舟	有效
中国水利协会工法	基于北斗智能化变形监测工法	中国	中水协（2023）41号	2023-11-17	SDGF3111-2023	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司	范林文、华博深、冯宇强、徐鹏程、石建舟	有效
发明专利	高精度位置无关的 GNSS 监测虚拟基准方法	中国	CN110261876B	2020-03-17	ZL201910702060.0	西南交通大学	黄丁发；冯威；赵亮	有效
发明专利	一种基于隔离式双以太网和双 CAN 通信的系统及方法	中国	CN108566324B	2020/10/13	ZL201810321345.5	武汉理工大学	李维波；康兴；徐聪；李巍；许智豪；余万祥	有效
发明专利	基于 CORS 网的控制点在线实时快速分析方法和装置	中国	CN114002724B	2022/03/11	ZL202111639662.X	自然资源部第三大地测量队	张熙；石鑫；胡可；陈现春；李鹏；成兵	有效
发明专利	一种基于 CORS 系统的地方坐标实时定位服务方法	中国	CN109884676B	2021/01/05	ZL201910004526.X	自然资源部第三大地测量队	成兵；张熙；胡可；陈现春；李鹏；谭斌	有效

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	一种信号处理装置、方法及系统	中国	CN114076962B	2025-05-02	ZL202010850130.X	北京合众思壮科技股份有限公司	郭信平；吴林；任国臣；姚园林	有效
发明专利	一种双以太网与双RS-422 互传通信系统及方法	中国	CN 107979598 B	2020/10/30	ZL201711209596.6	武汉理工大学	李维波、何凯彦、许智豪、华逸飞、余万祥、范磊	有效
发明专利	一种年调节水库垂线位移结果修正方法	中国	CN115752399B	2022-03-11	ZL202211432341.7	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司	华博深；冯立；赵亮；彭巨为；龚静	有效

五、论文专著目录

序号	论文（专著）名称/刊名/作者	年卷页码 （xx 年 xx 卷 xx 页）	发 表 时 间 （年月日）	通 讯 作 者(含共 同)	第 一 作 者(含共 同)	国内作者	他引 总次 数	检索数 据库	论文署 名单位 是否包 含国外 单位
1	A Hybrid Deep Learning Algorithm for Tropospheric Zenith Wet Delay Modeling with the Spatiotemporal Variation Considered	2024 年第 15 卷 121 页	2024-02-05	Feng, Wei	Wu, Yin	Wu, Yin; Feng, Wei; Huang, Lu; Tian, Su	4	CNKI 中国知 网	否
2	Improved Global Navigation Satellite System - Multipath Reflectometry (GNSS-MR) Tide Variation Monitoring Using Variational Mode Decomposition Enhancement	2023 年第 15 卷 4331 页	2023-09-19	Feng, Wei	Yang, Di	Yang, Di; Feng, WeiHuang, Din gfa; Li, Jianfeng	1	CNKI 中国知 网	否
3	滑坡变形监测数据的不同平滑方法对比试验研究	2025 年第 34 卷 第 94 页	2025-10-1	安炯	安炯	安炯, 张燕, 夏 勇, 邓兴富, 吴 晓妮	0	CNKI 中国知 网	否
4	基于 GNSS 长基线的区域监测基准网设计	2021 年第 52 卷 增刊(1) 126 页	2021-07-01	华博深	华博深	华博深、石建 舟、赵亮	3	CNKI 中国引 文数据 库	否
5	高频 GNSS 数据 MGF 周跳解算方法的质量控制	2023 年第 48 卷 268 页	2023-02-09	冯威	董可	董可、 冯威、 董兴干、黄丁发	4	CNKI 中国引 文数据 库	否
合 计							12		

六、主要完成人

排名	姓名	工作单位
1	彭巨为	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司
2	黄丁发	西南交通大学
3	华博深	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司
4	邓兴富	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司
5	冯学敏	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司
6	李维波	武汉理工大学
7	张熙	自然资源部第三大地测量队
8	张锋	中国三峡建工（集团）有限公司
9	冯宇强	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司
10	任国臣	北京合众思壮科技股份有限公司
11	唐忠敏	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司
12	冯威	西南交通大学
13	丁旭阳	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司
14	代乔亨	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司
15	吴林黛	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司

七、主要完成单位

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司、西南交通大学、中国三峡建工（集团）有限公司、武汉理工大学、国能大渡河流域水电开发有限公司、北京合众思壮科技股份有限公司、自然资源部第三大地测量队