

附件：

2024 年度自然资源科技进步奖拟推荐项目公示信息

拟推荐项目：浅层地热能高效勘查开发关键技术创新与示范

成果基本情况

成果名称		浅层地热能高效勘查开发关键技术创新与示范			
主要完成人		白细民、张华、郝术仁、余圣品、张庆、杨金岭、彭莉、万平强、温明星、郭亮亮、胡慧娟、邓建军、董吴军、袁星、程彤			
主要完成单位		江西省地质局水文地质大队、东华理工大学、江西省勘察设计研究院有限公司、中国地质调查局南京地质调查中心、江西省建筑技术促进中心、太原理工大学、江西省中环岩土工程勘察院有限公司			
推荐单位		江西省地质学会			
学科分类 名称	1	地热学	代码	1702040	
	2	水文地质学	代码	1705064	
	3	热泵与空调	代码	4703530	
所属国民经济行业		科学研究、技术服务和地质勘查业			
任 务 来 源		A4 其他计划,C 省、市、自治区计划			
具体计划、基金名称、项目名称和编号：					
1. A4 其他计划、东部地区地热资源调查与区划、南昌市浅层地热能调查示范、水[2007]增 04-01-01； 2. C 省、市、自治区计划、江西省地质矿产勘查开发局 2011 年度第二批科研项目、江西省地热与浅层地温能勘查开发战略研究、赣地矿字[2011]153 号-4-①； 3. A4 其他计划、全国地热资源调查评价、江西省主要城市浅层地温能开发区 1:5 万水文地质调查、水[2014]02-001-014-24； 4. C 省、市、自治区计划、江西省地质矿产勘查开发局 2018 年度水工环地质项目、江西省地源热泵系统工程技术导则编制、赣地矿字[2018]52 号-9.					
授权发明专利(项)		3		授权的其他知识	7
项目起止时间		起始：	2008 年 03 月 01 日	完成：	2021 年 12 月 31 日
推荐单位推荐等级		一等奖或二等奖			

推荐意见

推荐单位：江西省地质学会

推荐意见：浅层地热能是一种分布广泛、储量丰富、稳定可靠的可再生能源，主要通过地源热泵技术加以利用采集。科学合理开发浅层地热能，对于深入贯彻习近平生态文明思想、实现“双碳”目标、打造美丽中国“江西样板”，具有重要意义。江西省地质局水文地质大队牵头联合多家单位针对浅层地热能勘查开发科技支撑不足的问题，历经 13 年攻关，实现浅层地热能勘查开发关键技术的突破。该项目总体技术达到国际先进水平，“可调蓄浅层地热容量”指标计算可利用浅层地热能资源量方法、基于人工神经网络的岩土体分层导热系数预测模型和水地源组合式地源热泵系统等核心技术均达到国际领先水平。

基于项目成果，通过示范工程建设，将理论创新与实践应用有效结合，推动浅层地热能科普宣传工作；初步建成全省浅层地热大数据平台，支撑江西省浅层地热能数据共享共建，编制并发布了首部地源热泵系统工程技术地方标准，为推动浅层地热能可持续高效开发利用做出了积极贡献；项目成果在江旅青山湖综合体、中恒汽车交易中心等数十个项目上应用，地源热泵系统利用为建筑提供供暖制冷面积超 1200 万平方米，年减碳 20.6 万吨、节电 2.086 亿元，使用期内潜在经济价值 41.72 亿元，社会经济生态效益显著。此外，该项目授权专利 6 项、软件著作权 3 项，发表论文 10 余篇，对我国浅层地热能行业科学技术发展、社会进步及产业发展做出了重大贡献。

特此推荐 2024 年度自然资源科学技术进步奖一等奖或二等奖。

成果简介

1. 立项背景

党的十八大以来，习近平总书记明确提出“碳达峰、碳中和”目标，将清洁能源开发利用提升至国家战略高度。国家能源局印发《关于促进地热能开发利用的若干意见》，强调加快浅层地热能规模化应用，助力绿色低碳转型。然而，浅层地热能资源开发利用仍面临资源形成机制与赋存条件认识不清、勘查精度不足、开发效率低等问题，亟需通过技术创新破解产业发展瓶颈。

江西省浅层地热能资源禀赋优越，当前勘查技术依赖传统地质调查手段，对复杂地层结构响应能力弱，导致资源评价误差高、效率低；开发环节受限于冷热不平衡、能效低、回灌率不足等技术短板，易引发地温场温度失衡及资源浪费风险；江西省内尚未建立统一的浅层地热能监测网络，数据碎片化严重，智能化分析平台尚未建成，难以支撑资源高效开发需求。面对以上问题，浅层地热能开发利用程度不高，实际利用率不足探明可利用资源量 4%。

本课题立足国家“双碳”战略与长江经济带绿色发展需求，聚焦浅层地热能资源高效勘查开发目标，完成了覆盖江西省 11 个地级市 8 个县级市总面积 2095.1 平方公里的浅层地热能勘查，形成钻孔数据 51995 米、地温场监测数据 1224 点·次、室内热物性样品 1205 组、热响应测试 1080 台班，历经十三年攻关，突破了精准勘查评价、高效换热系统优化、动态监测-智能控制等关键技术，构建“理论创新—技术集成—工程示范”全链条技术路径。揭示了浅层地热能“可调蓄”原理，创建了岩土体导热系数预测模型，形成了资源评价理论与方法创新，攻克了水地源组合式热泵系统技术突破，实现了示范工程与产业规模化推广应用，解决了浅层地热能资源“机理不明、勘查精度不足、开采效率不高”等核心难题，为全国提供可复制推广的“江西模式”。

2. 主要成果

(1)创建了“可调蓄浅层地热容量”指标计算可利用浅层地热能资源量方法理论，揭示了浅层地热能“可调蓄”本质属性。基于热泵工程下浅层地温场长观数据，确立了天然状态下、开采状态下浅层地温场响应机制，构建了浅层地热能资源量指标计算体系，为浅层地热能评价提供了科学依据。

(2)首创基于人工神经网络的岩土体分层导热系数预测模型，突破了获取导热系数关键技术瓶颈，其工作效率提高 40%、成本降低 39.4%。基于信息熵，优化浅层地热能开发适宜性分区层次分析法，集成了多维空间浅层地热能高效勘查技术体系，实现浅层地热能高效勘查关键技术突破。

(3)研发了水地源组合式地源热泵系统新技术，攻克了夏热冬冷地区地源热泵“热堆积”技术难题。集成了地下水源换热系统防堵塞、远程监控智慧云平台、能效综合测评等浅层地热能综合开发技术体系，建设了全国首个水地源组合式地源热泵示范工程。与传统技术对比，制冷能效和制热能效平均分别提升 20.4%和 17.2%，实现了浅层地热能高效开发关键技术突破。

(4)建设了全国首个多功能地热能展示馆示范工程，显著推进浅层地热能规模化开发利用与产业发展。先后接访国内外专家、学者和相关领导 3000 余人次，现场科普教学工作 100 余次；促进江西省地源热泵系统工程建筑供暖制冷面积超 1200 万平方米，每年可实现减碳 20.6 万吨，助力国家“双碳”目标。

成果制定技术标准 1 项，获发明专利 3 项，实用新型专利 2 项，软件著作权 4 项，发表论文 10 篇。成果推广应用于数十家知名企业，江西省已建地源热泵系统工程每年节约空调使用费约 2.086 亿元，使用期内潜在经济价值 41.72 亿元。产生经济效益达 1.5 亿元，培养了

大批科技人才。该成果在学校、商场、住宅等建筑上广泛应用，产生了巨大的社会公益效益，对于深入贯彻习近平生态文明思想、实现“双碳”目标、打造美丽中国“江西样板”，具有重要意义。

3. 应用情况和社会经济效益

(1)建立示范工程，有利推动全国科普宣传工作。建设全国首个集科研、示范、监测、培训、展示、科普等多功能地热能展示馆和水地源组合式地源热泵系统示范工程。先后接待了国内外专家、学者和相关领导 3000 余人次，现场教学工作百余次，起到了很好的科普、宣传作用，显著推进江西省浅层地热能规模化开发利用和产业发展，全省地源热泵系统工程建筑供暖制冷面积达 1200 万平方米以上。

(2)支撑江西省首部地源热泵行业标准的制定。基于项目科研成果，制定并发布《地源热泵系统工程技术导则》DBJ/T 36-DZ002-2022。该标准在“工程勘察等级划分”“地埋管孔深和间距”“水源井间距”等方面形成了江西特色。江西同济建筑设计咨询有限公司依据该标准，设计了江西省实物地质资料中心馆，达到了施工图设计水平。该标准为规范江西省地源热泵系统工程的技术应用，保证工程质量，做到安全适用、经济合理、技术先进起到了积极作用。

(3)初步建成全省浅层地热大数据平台，支撑江西省浅层地热能数据共享共建。项目成果实现了地源热泵系统工程地下水水位、水温、地温场温度及流量、能量、电量等自动化监测，掌握了地埋管地源热泵长期运行过程中地温场的变化规律，分析了地源热泵项目能效成果，实现了数十个项目在线监测和控制，对分步建成江西省浅层地热大数据平台提供了技术支持及工程实践，产生了良好的社会与环境效益。

(4)为科研项目、重大工程建设等提供技术支撑。2023 年以来，运用远程监控智慧平台及分层导热系数预测模型等技术，与科研院所、高校等联合申报“中深层钻孔地埋管换热性能模拟研究”“江西典型

岩土热物性参数特征研究”“地源热泵竖直地埋管换热器传热特性研究”等科研项目，并应用于项目成果，高质量完成了“江西省地热能、矿泉水资源潜力调查评价”“‘地源热泵+’系统远程控制与能效研究”等国家财政项目。

(5)促进成果转化，支撑企业高质量发展。基于项目成果，凯美格兰大酒店、中国安能集团第二工程局、新地阿尔法小区等地下水地源热泵项目中应用，保证回灌井正常工作；赣州小艾之家养老院、山水温泉疗养院等项目应用地源热泵系统热回收及智能控制高效开发模式，显著提高了能效；江西省勘察设计研究院有限公司依靠技术成果转化优势，先后承接了数十个浅层地热能开发利用市场项目，项目产值达 1.5 亿元以上，并为建设单位节约成本达 210 万元以上。通过技术成果转化，为企业取得了较大的经济、社会、生态环境效益，支撑了企业高质量发展。

客观评价

(1)科技查新表明，项目成果具有创新性

2023 年 9 月 11 日，教育部科技查新工作站（L25）对“浅层地热能高效勘查开发关键技术创新与示范”出具查新报告，该查新项目的主要技术特点在于：①基于动态热平衡法及地热能补径排特征构建浅层地热能研究模型。对岩土体、地下水中的地温场垂向上“三带”（变温带，恒温带和增温带）的热能进行溯源，提出由太阳能与深部地热能相融合形成浅层地热能；②基于人工神经网络算法及热均衡原理，构建岩土体分层导热系数预测模型；并构建以岩土热物性测试、抽水—回灌试验、钻孔系统测温与地温长期观测、适宜性分区和资源潜力评价为主体的多维空间勘查评价技术体系；③研究“多目标利用—智能监测—能效测评”浅层地热能综合开发技术体系：研发强富水性地区水地源组合式地源热泵系统（地下水地源热泵和地埋管地源热泵系统结合）、“交替式抽灌”地下水源换热系统防堵塞技术多目标利用模式，构建地源热泵系统工程远程监控智慧云平台，地源热泵系统能效测评能效比和节能率。

经检索并对相关文献分析对比结果表明：上述国内公开发表的中文文献报道分别涉及到该查新项目的部分研究内容，但国内均未见与该查新项目以上技术特点完全相符的中文文献报道。由此可见本项目成果属于原始创新。

(2)多名业内权威专家对成果进行鉴定，成果创新性和先进性突出

江西省地质学会于 2023 年 9 月 23 日组织对“浅层地热能高效勘查开发关键技术创新与示范”项目进行科技成果评价，以中国工程院多吉院士为组长，俄罗斯自然科学院外籍院士王贵玲、中国地质调查局浅层地温能研究与推广中心主任李宁波等 7 名行业知名专家组成

的专家组一致认为：总体成果达到国际先进水平，其中可调蓄浅层地热容量计算可利用浅层地热能资源量方法、基于人工神经网络的岩土体分层导热系数预测模型和水地源组合式地源热泵系统等核心成果达到国际领先水平。

(3)科技成果技术方法先进，处于国内领先水平

《南昌市浅层地热能调查示范项目》成果于 2009 年 10 月通过了以中国地质科学院水文地质环境地质研究所原所长、俄罗斯自然科学院外籍院士石建省研究员为组长，国内 7 位同行专家组成的评审委员会的专家评审，专家组一致认为“该成果基础数据资料翔实可靠，技术方法先进”，评定为优秀等级；《江西省地热与浅层地温能勘查开发战略研究》于 2012 年 11 月通过了以俄罗斯自然科学院外籍院士孙占学教授为组长，国内 11 位同行专家组成的评审委员会的专家评审，专家组一致认为该项成果达到“国内领先水平”。

(4)项目成果受到政府管理部门、科研院所、行业部门等广泛关注及应用，满足国家节能减排重大需求

基于项目研究成果建成的地热能展示馆，先后接待了国内外专家、学者和省政府、省人大、省发改委、省自然资源厅、省住建厅、省地质学会、武汉地质调查中心、中国地质大学、东华理工大学、河北地质大学等政府领导、高校师生及社会团体 3000 余人次，受到广泛好评。被中国地质调查局浅层地温能研究与推广中心确定为中国地质调查局浅层地温能研究与推广中心江西分中心，被江西省发展改革委建议为全省浅层地热能大数据平台依托单位，被江西省机关事务管理局遴选为江西省第一批公共机构节能现场教学点，并作为江西省优秀科普教育基地、省地质学会地热科普教育基地和东华理工大学、河北地质大学教学实习与科研基地，承担着江西省地热勘查开发利用推广重任，为江西省浅层地热能开发利用推广起到了科学引领示范作用。

(5)项目成果社会效益显著，持续开展科普教育

地热能展示馆作为江西省第一批公共机构节能现场教学点，先后对江西省人大办公厅机关、江西省政府办公厅机关、江西省管局公共节能领导小组、中国建筑节能协会、南昌铁路运输中级法院、南昌三中、东华理工大学等单位开展了现场教学工作百余次，学员们通过模型、图片、文本和视频，以及讲解员的介绍等多种形式，加深了对地热能知识的理解，弘扬了环保理念。各参加教学单位相关人员一致认为：教学内容生动、形象、具体，为全国清洁能源开发利用科普发挥了重要作用。

(6)理论体系创新，受到国内媒体的高度关注及报道，并纳入了相关教材

2016年，地热能展示馆建成时，中国矿业报进行了相关报道，认为地热能展示馆的建设“可促进浅层地温能推广使用，推动政府节能减排上台阶”。2021年，中国矿业网、中国地热大事记对赣州中恒汽车交易中心浅层地热能开发利用项目进行了报道，认为该项目是江西现阶段最多地埋管孔数的地源热泵工程，浅层地热能开发利用成绩显著。本项目部分技术研究成果被编入“十四五”时期国家重点出版物出版专项规划项目，新时代地热能高效开发与利用研究丛书《浅层地热能属性特征与开发利用》，以及江西省生态文明建设通俗读物《江西省生态地质》中，为行业发展提供了科学技术支持，对全国普及生态地质知识提供了参考读物。

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
标准	地源热泵系统工程技术导则	中国	DBJ/T36-DZ002-2022	2022-12-23	江西省住房和城乡建设厅	江西勘察设计研究院有限公司、东华理工大学等	白细民，张华，郝术仁，彭莉，胡慧娟等	有效
发明专利	一种水地源热泵系统	中国	CN 113465228 B	2022-08-19	第 5394144 号	江西省勘察设计研究院	张华，白细民等	有效
发明专利	高温高压条件下岩石导热系数的测量装置	中国	CN 106770449 B	2020-01-31	第 6487226 号	中国地质调查局南京地质调查中心	张庆，李云峰，侯莉莉，田福金，张泰丽等	有效
发明专利	一种地源热泵地埋管用阻浮装置	中国	CN 112923591 B	2023-06-13	第 6050898 号	东华理工大学	郝术仁、刘丽虹、李明东等	有效
计算机软件著作权	地源热泵系统工程冷热平衡控制系统 V1.0	中国	2023SR 0654406	2023-06-14	软著登字第 11241577 号	江西省勘察设计研究院有限公司		有效
计算机软件著作权	地源热泵系统工程能效监测系统 V1.0	中国	2020SR 1686254	2020-11-30	软著登字第 6487226 号	江西省勘察设计研究院		有效

计算机软件著作权	浅层地热能开发与利用管理软件V3.0	中国	2018SR712923	2018-09-04	软著登字第3042018号	江西省勘察设计研究院		有效
计算机软件著作权	原位地温及热物性数据采集处理软件V1.0	中国	2020SR0172418	2020-02-25	软著登字第5051114号	中国地质调查局南京地质调查中心	张庆，李云峰，牛晓楠等	有效
实用新型专利	一种防冷热堆积的组合式水地源热泵系统	中国	CN216448417 U	2022-05-06	第16434731号	东华理工大学	郝术仁，刘武杰，王洛颖等	有效
实用新型专利	一种高效抽灌井装置	中国	CN221259132 U	2024-07-02	第21245211号	江西省勘察设计研究院有限公司	张华，白细民，董吴军，温明星，张鹏琼，程彤等	有效