

2024 5 8

地热能作为唯一一种不受季节、气候、昼夜变化的清洁可再生能源，具有分布广泛、储量巨大、稳定可靠、可循环利用等特点，已成为推进发展方式绿色转型、推动能源消费革命、助力碳达峰碳中和目标实现及应对气候变化全球治理的时代要求和重要力量。近年来，地热能开发利用中的采灌均衡、高效换热、取热不耗水等技术体系更迭，新技术、新工艺、新材料推陈出新，地热能开发呈现新趋势。

面向国家能源绿色、生态与可持续的重大战略需求及节能环保的政策导向，在地热能开发过程中，陕西省率先提出并发展中深层同心管井下换热技术，尤其中深层地热井精准换热计算与评价方法、高导热复合固井材料、耐温耐压复合保温管材、深部地温场动态监测技术、变工况换热试验方法等研发和推广应用，受到国内外同行专家与学者的广泛关注与认可。作为地热能开发技术的一个新兴方向，因其“取热不取水”的社会、经济与环保优势，逐渐成为中深部地热资源开发的有效手段。

面对中深层地热能开发利用的新方法、新技术、新材料与新工艺，2022年中煤科工西安研究院（集团）有限公司联合省内多家地热能科研、高校、设计、开发单位提出《中深

层同心管井下换热技术规程》陕西省地方标准立项申请，旨在基于中深层同心管井下换热技术特色，结合全省地热发展实际，完善地热能标准体系建设，为地热勘查开发企事业单位提供技术参照，形成打通地热开发利用难点和堵点的合力，进一步促进陕西省地热开发利用走向规范化、科学化、现代化，助推全省地热能开发利用高质量发展。

一、工作简况

2022年5月17日，陕西省市场监督管理局《关于下达2022年地方标准计划的通知》（陕市监函〔2022〕380号），《中深层同心管井下换热技术规程》（项目编号：SDBXM007-2022）正式列入制定计划。

本项目编制任务下达后，中煤科工西安研究院（集团）有限公司积极落实文件精神，成立了标准编写组，编写组由中煤科工西安研究院（集团）有限公司、西安煤科地热能开发有限公司、陕西省煤田地质集团有限公司、中联西北工程设计研究院有限公司、中铁第一勘察设计院集团有限公司、中煤西安设计工程有限责任公司、陕西中煤新能源有限公司、陕西煤业沣京新型能源科技有限公司、陕西亚特尔地源空调有限公司等单位相关技术人员组成。2022年7月29日参编人员参加了标委会组织了标准化知识培训学习，项目组召开了标准编写启动会，明确了各编写成员单位的职责分工、阶段工作、进度安排，划分了具体编写任务。

标准编写组以立项申请标准草案材料为基础，充分调研了全省中深层地热能开发利用技术现状及需求，协同部分地热能开发企业和地热能相关科研院校开始标准起草。在为期近两年时间，编写小组人员就标准内容展开了多次认真讨论，在听取相关部门和行业内专家意见和建议的基础上完成了标准起草。

项目负责人为中煤科工西安研究院（集团）有限公司—西安煤科地热能开发有限公司技术研发部主任韩永亮，标准编写组成员有孙玉亮、王凯鹏、杨延斌、张廷会、赵永哲、王峰、张强、丁栋等。韩永亮负责资料收集、技术分析、意见汇总和正文定稿，孙玉亮负责部分正文起草，王凯鹏负责“单井换热功率”一节编写，杨延斌负责“井工厂”一节编写，赵永哲负责“钻井施工与验收”一节编写，张强负责编写“编制说明”，王峰负责规范起草过程中与其他现行标准规范衔接的技术工作，丁栋负责规范格式校核。其他同志参与标准研讨分析、修改完善等。

本标准制订是参考《地热资源地质勘查规范》《地源热泵系统工程技术规范》《地热钻探技术规程》《中深层地热地埋管供热系统应用技术规程》《中深层地热能井下换热开发利用术语》等相关标准规范，结合陕西省地热能供暖制冷工程现状、经验及开发利用中存在的问题，充分调研、征询意见、综合分析研究，通过咨询研讨等形式，经多次修

改完善后编制而成的。

编制工作始于 2022 年 7 月，在中煤科工西安研究院（集团）有限公司的牵头组织下，十余家单位在充分调研、集中讨论、独立审阅、广泛征求意见的基础上，于 2024 年 5 月完成标准征求意见稿。工作简要过程如下：

（一）调研相关标准和相关国家、行业标准的应用、发展情况

2022 年 7 月～2022 年 12 月，编制组结合单位以往完成的中深层地热能项目勘查、可研论证、设计、施工、开发、技术报告等工作经验，经过充分调研、分析，认为目前我省缺乏统一的中深层地热井下换热技术规程。为全面推广井下换热型地热能开发利用技术市场应用，急需制定我省《中深层同心管井下换热技术规程》。

（二）编写标准工作组讨论稿

2023 年 1 月～2023 年 12 月，根据调研情况制订工作路线，完成标准工作讨论稿的编写。标准起草组经过多次讨论，根据相关资料、工程实践经验和各方意见和建议，共同拟定了规范提纲，分工协作，于 2023 年 12 月完成了标准草案。

随后按照《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T1.1-2020）要求，对标准草案格式和书写进行了规范，最终形成工作组讨论稿。

（三）编写标准征求意见稿初稿

2024年4月23日，标准主导单位中煤科工西安研究院（集团）有限公司组织省内资源勘查、地热开发、水文地质、能源建设等方面的5位专家，召开了本标准工作组讨论稿审查会议，听取了编制组汇报后，各位专家发表了意见和修改建议。随后，起草组按照专家组意见进一步修改完善标准文本和编制说明，形成了标准征求意见稿初稿。

二、标准编制原则和主要内容

（一）标准编制原则

本标准的制定充分考虑了标准目的和使用对象，依据中深层同心管井下换热各环节的技术需求，参考了《地热资源地质勘查规范》（GB/T 11615-2010）、《石油天然气工业油气井套管或油管用钢管》（GB/T 19830—2017）、《地热钻探技术规程》、《中深层地热地埋管供热系统应用技术规程》（DBJ61/T 166-2020）等相关中深层井下换热系统设计、施工、验收等行业、地方规范，规定了标准适用范围、术语与定义等。

本标准依据以下原则编写：

1、科学性原则

《中深层同心管井下换热技术规程》的各项内容符合相关法律、法规，以及国家标准和相关行业标准；标准规范的各项内容贯彻落实了国家政策，适用于中深层同心管井下换热技术中涉及到的规范表述。

2、一致性原则

遵守国家现行行业、地方有关法律、法规和方针政策规定，做好《中深层同心管井下换热技术规程》编制与现行相关标准之间的衔接和协调，充分研究和利用现有相关的规程规范、标准和技术表述，并结合国家、行业和地方已颁布实施的有关规程，处理好国家标准、行业标准与地方标准之间的关系，防止出现矛盾。

3、实践性原则

按照技术标准编制任务要求，针对我省中深层地热能开发利用技术特点，确定标准中的术语定义表述，以目的明确、科学合理、普遍认同为出发点，有利于促进省内中深层地热能同心管井下换热技术的健康有序发展。

（二）主要内容

本标准根据陕西省中深层地热能同心管换热开发技术特点制定，适用于中深层地热能有关标准的制定，技术文件的编制，专业手册、教材和书刊等的编写和翻译。

本标准由正文 8 个章节组成，其中第一章规定了标准的适用范围；第二章为本标准的规范性引用文件；第三章为术语和定义共 9 条；第四章基础条件调查，共 4 节；第五章井下换热系统设计，共 5 节；第五章井下换热系统设计，共 7 节；第六章井下换热系统施工与验收，共 5 节；第七章井下换热系统测试及运行维护；以及附录 A、B、C、D。

三、实证研究

本标准在编写过程中，主导单位和参编单位在不同方面开展了相关实证研究工作。

（一）中深层地热井井身结构研究

2018年中煤科工西安研究院（集团）有限公司在西安高新院区开展了3口同心管井下换热丛式定向井示范工程，对中深层地热井井身结构进行了探索创新，井深最大3518m，井底温度最高134℃，外套管最大尺寸 $\Phi 219.4\text{mm}$ ，内套管最大尺寸 $\Phi 127\text{mm}$ ，创造了陕西省中深层地热井下换热井深、井温、取热功率的记录，目前该项目已连续稳定运行供暖多年，效果良好。陕西省煤田地质集团有限公司、陕西西咸新区沣西清洁能源开发有限公司及陕煤煤层气开发利用有限公司等单位都在中深层地热井井身结构方面进行了研究，均取得较好的成果。

（二）中深层地热能开发数值计算研究

数值计算是中深层地热能开发过程中不可或缺的部分，中深层同心管井下换热特性可通过换热模型计算获得，精准的换热模型可以很好的指导实际生产，保证中深层地热能开发方向合理正确。中煤科工西安研究院（集团）有限公司基于深层地热井热物性测试系统及光纤监测系统获得的中深层换热井岩体热物性参数，采用COMSOL软件建立了中深层地热非稳态分层换热模型，并通过实际运行数据进行校正优

化，模型精确度较高，误差±10%以内，已在多在项目应用，效果较好。中国科学院地质与地球物理研究所、西安交通大学采用 OpenGeoSys 软件进行地热能开发的前期研究工作，研发了国内第 1 款免费的地热计算器，业界反应良好。

（三）高导热固井材料研究

由于常规固井水泥导热系数较小，热阻较大，热传导速度慢，导致换热效率低，换热量小。中煤科工西安研究院（集团）有限公司研发了高导热复合固井材料，复合固井材料导热系数 $\geq 1.70\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，较常规 G 级油井水泥导热性能提高 60%以上，在工程应用中增产效果明显。陕西省煤田地质集团有限公司等单位也开展了相关研究并应用，换热量得到明显提升。

（四）保温内管结构研究

同心管内管导热系数是影响换热量的关键因素之一，陕西四季春清洁能源股份有限公司、陕西沔西能源有限公司多采用普通的 PE、PPR、PRET 管作为同轴中心管，导热系数一般为 $0.2\text{--}0.4\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，虽降低了造价，但换热量及井深均受到一定限制。陕西省煤田地质集团有限公司在西安金泰经开花园小区和金泰东郡小区试验了钢制真空保温管，取得了良好效果。钢制真空保温管虽保温效果好，但造价较高，基于此，中煤科工西安研究院（集团）有限公司研发了新型保温管材，管材结构为 3 层，保温效果等同钢制真空保温管，

同时造价降低了 10%，在西安高新院区和鄂尔多斯棋盘井煤矿中深层地热井中应用效果较好。

（五）地温场动态监测研究

地温场的变化关系着整个供热系统的稳定性和持久性，为系统运行策略提供基础依据，因此对其进行持续性监测至关重要。中煤科工西安研究院（集团）有限公司、延长石油集团国际勘探公司等单位进行了多次尝试，成功下放光纤长度 $>3\text{km}$ ，监测系统已运行多年，形成了中深层地热井地温场动态监测技术体系。

（六）现场换热试验研究

中深层井下换热技术是我省创先并推广应用的地热能开发利用技术，由于井管沿程长，传热规律不明晰，因此现场换热试验尤为重要。中煤科工西安研究院（集团）有限公司、陕西省煤田地质集团有限公司、陕西中煤新能源公司、延长石油集团国际勘探公司等单位开发研制了换热测试系统及设备，并在生产实践中不断调试定性，现已在省内多个项目上进行换热测试应用，并形成了试验工作流程和技术体系，专项标准正在编写中。

总之，围绕中深层地热能开发利用开展的专题科学研究，推动了地热产业的规模化高质量发展，也为本标准的制定提供了理论依据。

四、知识产权说明

任何单位使用本标准所产生的知识产权归编制单位。

五、采标情况

本次制定的《中深层同心管井下换热技术规程》主要针对我省中深层地热能同心管井下换热开发新技术新工艺，对我省地方行业标准《中深层地热地埋管供热系统应用技术规程》进行了有效扩充，目前国内未发现与本标准作用对象完全相同的版本，与现行相关法律、法规、规章及标准相互协调，没有冲突。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

标准起草过程中，充分征求、听取了省内地热能开发利用行业科研院所、生产经营、建设运营等相关单位的意见和建议，并进行有效充分沟通，条文制定体现了协商一致的原则，没有重大分歧意见。

七、其他应予以说明的事项

无。