

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

《干热岩地热能开发设计规范》

编 制 说 明

编制单位：中国矿业大学
中国石油大学（北京）
中国矿业大学(北京)
江苏省地质调查研究院
江苏华东地质建设集团有限公司
中石油集团工程技术研究院有限公司

2025 年 07 月 13 日

《干热岩地热能开发设计规范》团体标准编制说明

一、工作简况

1.任务来源（同时说明列入团体标准制修订工作计划情况）

2022年7月中国矿业大学牵头、江苏省地质调查研究院与江苏华东地质建设集团有限公司参与申报获批了江苏省碳达峰碳中和科技创新专项（省拨经费1450万元），重点就深部干热岩资源地质、勘查、开发等方面开展了研究，并提出编制干热岩地热能开发设计规范，由中国矿业大学等单位共同起草。

2.起草单位、参编单位

中国矿业大学、中国石油大学（北京）、中国矿业大学(北京)、江苏省地质调查研究院、江苏华东地质建设集团有限公司、中石油集团工程技术研究院有限公司。

3.主要起草人（说明标准主要起草人及其所做的主要工作等）

（1）起草人

付国强、吴永辉、车平、王丽娟、许献磊、胡晓东、张杨、邹冠贵、关俊朋、尚立涛、李哲、屈争辉、陈冬、钱进、罗金辉、郭强、李孟琳、杨学松、孙晨皓、张旭东、乔岩、马娟、杜志明

（2）主要工作职责

标准起草人：付国强、吴永辉为标准编制负责人，负责标准编制大纲制定、标准草案的起草。编制组其他成员讨论了此稿，形成了征求行业意见的标准草案。

标准编制说明起草人：吴永辉起草了编制说明，付国强审核了编制说明。

与其他标准规范的衔接：付国强、吴永辉、车平、王丽娟完成本文件与其他相关标准衔接性研究与修订。

二、制定（修订）标准的必要性和意义

（1）深层干热岩地热能资源量丰富，大力开发利用深层地热能资源对实现“双碳”目标至关重要，但目前还没有相关标准。

（2）深层干热岩地热资源开发技术与浅层地热能有显著差异，无法照搬浅层

的开发利用的经验和技術，需要单独制定标准。

(3) 深层地热资源开发投资大、回收期长、风险大，必须有标准规范加以指引方能减小开发风险，提高成功率。

(4) 深层地热资源开发涉及多过程，包括热储评价、开发部署、钻井建井工程、压裂改造工程、循环取热工程、地面工程等多个环节，需要有统一的标准规范指引，方能实现综合高效开发。

三、主要起草过程

(1) 团体标准立项

2022年7月-2023年6月，由中国矿业大学、江苏省地质调查研究院、江苏华东地质建设集团有限公司组成联合项目组，提出了本文件的立项建议书、立项答辩ppt和文件草案。

2024年6月26日进行了立项答辩，并通过了立项。

(2) 标准草案制定与征集意见

立项批准后，项目组立即着手文件草案制定，先后以线上方式组织了多次讨论，线下组织了一次讨论。

2024年10月5日形成了《干热岩地热能开发设计规范》（草案）。

2024年10月20日起草组付国强、吴永辉等徐州集中对标准草案进行了集中讨论，并进行了修改。

2025年2月24日-4月3日，项目组征求了业内专家的意见，收到了15条意见和建议，均予以采纳修改。

2025年4月5日，项目组组织逐条讨论了文件内容，形成了征求意见稿。

2025年7月15日报送中关村绿色矿山产业联盟标准化工作委员会公开征求意见。

四、制定（修订）标准的原则和依据

(1) 基本原则

①绿色安全原则：以绿色低碳，安全高效为核心，完善顶层设计，采用先进适用工艺，减少环境污染和破坏。

②匹配原则：开发设计应当与干热岩地热体的地质条件相匹配，与现有成熟技术、技术实施条件相匹配，与国家/地区政策及市场需求相匹配。

③规避风险原则：在具有充分基础资料的前提下，表征地热储量的不确定性范围；采用先进适用的工程技术，降低干热岩地热能开发的技术风险；复杂地质条件下，需要采用滚动开发、分期部署、适时调整的思路。

（2）要求

①设计内容要求：掌握干热岩地质体分布规律与裂缝分布特征，设计增强型地热系统，确定合理开发方案，预测取热效率与投资规模，明确技术与投资风险，为干热岩地热能开发部署、投资建产、生产运营提供技术依据，实现干热岩地热能的有效开发。

②基础条件要求：根据地热体地质评价结果，确定热流值达到工业开发要求的有利区或甜点区；已经开展工程示范、先导试验，初步确定了适应的开发利用技术；具备开发设计所需要的资料（包括：地球物理资料、岩心资料、流体资料、先导试验资料）。

五、与现行有关法律、法规和标准的关系

本文件符合《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国能源法》、《中华人民共和国矿产资源法实施细则》等法律法规、以及各地方法规内容。本文件不涉及强制性国家标准。

六、标准主要内容说明

1.重点说明技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等的论据（包含试验、统计数据等）。

本文件中主要给定了干热岩地热能开发设计中热储评价、开发部署、钻井建井工程、压裂改造工程、循环取热工程、地面工程等环节的设计原则、内容与方法。主要的论据如下：

（1）设计原则与内容：主要结合干热岩地热能的成熟开发技术与认识的技术理论框架，并参考规范性引用文件与参考文献，确定设计原则与内容；主要内容包括：干热岩地热资源基本情况勘查、地热体综合评价、开发部署、钻井工程设计、完井与压裂改造工程设计、循环取热工程设计、地面工程设计、健康安全与环保措施、经济评价等 9 方面的内容。

（2）设计方法：针对所包括的 9 方面内容，分别考虑干热岩地质条件、现有技术，分别依据干热岩地热资源基本情况勘查、地热体综合评价、开发部署、钻

井工程设计、完井与压裂改造工程设计、循环取热工程设计、地面工程设计、健康安全与环保措施、经济评价等方面设计的基本流程，确定干热岩地热能开发设计的基本方法。

(3) 技术指标、参数等确定依据：在本文件起草过程中，反复阅读了大量文献资料，尽管有很多文献，有很多数据，有很多理论和方法，但没有确定性的参数指标，只能因地制宜，根据具体情况与设计方法确定相应的技术指标、参数。

2.主要试验（验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果。

本文件未开展试验工作。

本文件的制定、颁布主要服务于干热岩地热能开发设计。以往，干热岩地热能开发设计没有统一标准，由各企业按照油气开采的思路开展工作，开发设计方法没有针对性的开展。因此，本文件的颁布，必将促进干热岩地热能开发设计规范化、标准化，为干热岩地热能高效开发奠定基础。

在本文件起草过程中，反复阅读了大量文献资料，发现干热岩地热能开发设计方面，尽管有很多文献，有很多数据，有很多理论和方法，但没有见到一个系统的开发设计方法，更没有“适应性”的设计流程。本文件的制定遇到很多难题，干热岩地热能开发设计如何开展？因此，我们主要采取基于主要框架，拆解各个环节，对比各个环节与干热岩开发地质特征，逐条总结，将其部分内容转化为标准条文，部分内容与参数以附录形式提供给用户参考。

本文件的颁布实施，一是为干热岩地热能开发设计提供了规范依据，必将促进这一领域工作的规范化和标准化。二是有利于干热岩地热能开发技术进步，毕竟本文件还有很多不完善的地方，只有在实践中积累数据，积累经验，加强理论研究，才能提升干热岩地热能开发技术水平，更好的服务于干热岩地热能开发。

3.修订标准，增列新旧标准水平对比。

本文件为新制定的文件，没有新旧对比问题。

七、分歧意见的处理过程、依据和结果

在立项评审、会评过程中，行业评审专家给出了 10 条修改建议，全部采纳，无分歧。具体如下：

序号	建议修改后的标准名称和注意事项	是否采纳
1	标题与内容不相符，题目是对方案编制的要求，但里面内容是方案设计，修改为《干热岩地热能开发设计规范》是否更合适？	采纳
2	立项表中目录逻辑性差，需要调整，建议调整为：范围，规范性引用文件，术语与定义，基本原则和要求，开发方案设计（分为钻井工程、完井与压裂改造工程、循环取热工程、地面工程等）、报告书编制、附录等	采纳
3	准确鉴定编制规范的对象（即究竟是针对“开发利用”技术或工艺的规范，还是编制“开发利用方案”的规范）。	采纳
4	如果是针对开发技术或工艺的标准，则应深入分析国内外此类热能目前的开发状况、先进技术等，并进行比较分析。	采纳
5	针对当前国际国内环境保护形势与要求，建议选择绿色、低碳、环境友好的开发利用技术	采纳
6	如果是针对编制“方案”的规范，则应分析、研究当前方案编制中存在的问题或不足，不适用或缺少的方面，提出更适用的方案编制规范。	采纳
7	核实标准名称，方案编制规范？与内容不吻合。	采纳
8	建议增加效益分析内容	采纳
9	必要性方面建议从干热岩地热能开发的重要性、开发方案编制目前存在的问题等方面，阐明标准制定的必要性	采纳
10	标准结构中建议补充编制依据、环境保护、安全生产、效益评估等方面的内容。	采纳
11	应删除引用文件DB32/T 3919 浅层地热能开发利用地质环境监测标准，并调整引用文件排序将GB/T 11615 地热资源地质勘察规范排至引用顺序第二位	采纳
12	应将术语与定义修改至标准第3部分	采纳
13	建议补充术语与定义参考文件：GB/T 19409、GB/T 50366	采纳
14	建议删除定义：地热能 geothermal energy、地热资源 geothermal resources、地热资源勘察 geothermal resources exploration、地热资源评价 geothermal resources assessment、地热储量 geothermal reserves、地热可开采量 geothermal exploitable reserves、水热源泵机组 water source heat pump、热源井 heat source well、地热钻探 geothermal well drilling、地热井成井 well completion、热导率 heat conductivity、比热 specific heat、井产量 well production、地热储工程 geothermal reservoir engineering	采纳
15	建议将基本原则和设计要求更改为：设计要求，修改至标准第4部分	采纳
16	删除原文“基本原则”部分	采纳
17	删除原“5.1 要求”部分，修改至4.1.1 一般要求，删除“实现干热岩地热能的有效开发”	采纳
18	将“5.1.10 基础条件要求”修改为“4.1.2 基础条件”	采纳
19	将原“确定开发有利区”修改为“4.1.2.1 开发有利区”	采纳
20	将“先导实验”调整至4.1.2.2	采纳
21	将“基础资料”调整至4.1.2.3，正文修改为：开发设计资料见附录A	采纳
22	将原“6 开发设计内容”修改为“5 设计内容”	采纳

23	将原“6.1 干热岩地热资源基本情况勘察”修改为“5.1 资源勘察”	采纳
24	资源勘察正文部分修改为：干热岩地热资源勘察应明确矿区自然地理条件、区域地质概况、矿权情况、先导试验情况、勘探开发进展等。	采纳
25	将原“6.1.1 区域地质概括”修改为“5.1.1 区域地质”	采纳
26	补充 5.1.1.1，正文部分修改为：热储、盖层、控热构造、热储类型及不同类型地热田勘查工作重点，应根据干热岩地热田的地层、构造、岩浆、（火山）活动及地热显示等特点确定。	采纳
27	将原 6.1.1.2 修改为 5.1.1.2，正文部分修改为：对于干热岩地热田周边及相关地区，应进行地质调查和地球物理、地球化学勘查，明确地热田形成的地质背景及地热流体的动力场、温度场和循环途径。	采纳
28	将原 6.1.1.3 部分修改为 5.1.1.3，正文部分修改为：对地表热显示及井（孔）温度应进行调查，确定地热异常区范围，分析研究热异常区形成的原因和条件。	采纳
29	将原 6.1.1.4 部分修改为 5.1.1.4，正文部分修改为：地热地质模型应在查明干热岩地热田范围、热储、盖层、地热流体通道及边界条件上确定。	采纳
30	将原 6.1.1.5 部分修改为 5.1.1.5，正文部分修改为：区域地质应明确地热资源形成的地质环境条件及开发地热资源对地质环境可能造成的影响。	采纳
31	将原 6.1.2 部分修改为 5.1.2 地温场	采纳
32	将原 6.1.2.1 部分修改为 5.1.2.1，正文修改为：地温场应查明干热岩地热田不同地段、不同深度的地温变化，确定恒温带深度、热储盖层的地热增温率和热储温度，研究勘查深度内的地温场特征，圈定地热田范围。	采纳
33	将原 6.1.2.2 部分修改为 5.1.2.2，正文修改为：热储温度应利用地热增温率或地球化学温标估算，对于干热岩地热田成因、控热构造和热源应做出分析推断。	采纳
34	将原 6.2 部分修改为 5.2 地热体评价	采纳
35	将原 6.2.1 部分修改为 5.2.1 地热体特征，正文修改为：地热体特征应明确热源、热储、热盖、热通等地质特征，应包括热储岩性、厚度、埋深、分布、相互关系及其边界条件，测定热储参数；应明确热储的渗流、导热及取热动态特征。见附录 B。	采纳
36	将原 6.2.2 部分修改为 5.2.2 地质建模，正文修改为：地质建模应综合分析热储区内已有地质、水文地质、地热地质、深部地热钻井及地球物理勘查资料，查明地热田或研究区内的地质构造、岩浆活动，热储岩性、厚度、分布范围及其埋藏条件，建立三维地质模型，定量描述热储地质品质、工程品质评价指标参数分布特征。见附录 C。	采纳
37	将原 6.2.3 部分修改为 5.2.3 储热能力评估，正文修改为：储热能力评估应基于地热体特征描述和三维地质建模结果计算矿	采纳

	区地热储量、储量丰度、可采储量的分布特征，确定热储开采的可靠性。	
38	将原 6.2.4 部分修改为 5.2.4 甜点区优选，正文修改为：甜点区优选应基于地质建模与储热能力评估结果，确定热储压裂改造的难易性和开发的经济价值，综合评价热储地质与工程品质，优选靶区或甜点区。	采纳
39	将原 6.2.5 部分修改为 5.2.5 取热动态预测，正文修改为：取热动态预测方法包括基于先导试验产热数据的统计分析预测、基于地热井试井分析与理论预测模型、基于三维地质模型与热流固耦合数值模拟等，预测内容应包括单井、井组与开发区的取热效率、取热量等。	采纳
40	将原 6.3 部分修改为 5.3 开发部署	采纳
41	将原 6.3.1 部分修改为 5.3.1 开发井优化部署，正文修改为：开发井优化部署应论证开发井型与井网，确定合理井距与靶点位置，明确建井顺序与滚动开发方式。	采纳
42	将原 6.3.2 部分修改为 5.3.2 取热方式优选，正文修改为：取热方式优选应通过择优选取方式，确定取热方式中的取热工质类型和井间配合方式。	采纳
43	将原 6.3.3 部分修改为 5.3.3 开发指标预测及方案优选，正文修改为：单井循环流量、部署井数量、建井批次与顺序应对比分析国内干热岩开发技术，按技术绿色、低碳、环境友好性等因素确定，宜设置 3 个级以上开发方案，采用热流固耦合数值模拟预测 10 年以上的取热动态，应包括循环流体量、取热量、取热效率、热储温度场动态特征。应通过不同方案开发指标的对比，优选开发方案。	采纳
44	将原 6.3.4 部分修改为 5.3.4 工程实施进度，正文修改为：工程实施进度应确定钻井、完井与压裂改造、循环取热、地面建设的实施进度。	采纳
45	将原 6.4 部分修改为 5.4 钻井设计	采纳
46	将原 6.4.1 部分修改为 5.4.1 一般要求，正文修改为：钻井工程设计应以地热体综合评价、开发部署设计为基础，兼顾后续完井与压裂改造工程、循环取热工程的需要确定。	采纳
47	将原 6.4.2 部分修改为 5.4.2 钻井建井效果分析，正文修改为：钻井建井效果应基于地热体特征描述、地质建模结果，钻井建井的技术难点与应对措施分析确定。	采纳
48	将原 6.4.3 部分修改为 5.4.3 钻井工程设计内容，正文修改为：钻井工程设计内容应基于“优质、快速、高效”钻进的理念，对井口位置进行总体优化布局，设计井轨迹与井身结构，优选钻井与井控装备与工艺，确定钻井液体系。应针对钻遇复杂地层、深层高温高硬地层等问题，采取防塌、防漏、携岩措施；应兼顾录井、测井、取心、环保等要求。	采纳
49	将原 6.3.4.1 部分修改为 5.3.4.1 井身结构设计，正文修改为井身结构设计应包括下列内容：1)各井段钻井直径、套管直径、水泥返深；2)表层套管下入深度；3)井壁管、过滤管下入深度；4)裸眼成井井段；5) 套管壁厚与钢级技术性能要求；6)	采纳

	过滤管孔隙度、缠丝间距要求；7) 射孔成井的射孔直径、射孔孔密和位置等要求。	
50	将原 6.4.3.2 部分修改为 5.4.3.2 钻进工艺设计，正文修改为：钻进工艺设计应包括下列内容： 1) 应包括各井段钻进方法、钻头类型、钻具组合、钻进参数和技术要求； 2) 取心井段与取心方法，取心钻具配备、使用及操作要求。	采纳
51	将原 6.4.3.3 部分修改为 5.4.3.3 钻井液设计，正文修改为：钻井液设计应包括各井段钻井液类型、性能要求、维护与管理、防漏与堵漏措施、井控措施、储层保护措施。	采纳
52	将原 6.4.3.4 部分修改为 5.4.3.4 事故预防措施，正文修改为：事故预防措施应对各井段施工重点提出要求，对可能出现的井内事故及复杂情况提出预防与处理措施。	采纳
53	将原 6.5 部分修改为 5.5 完井与压裂改造工程设计	采纳
54	将原 6.5.1 部分修改为 5.5.1 一般要求，正文修改为：完井与压裂改造工程设计应以地热体综合评价、开发部署设计、钻井工程设计为基础，兼顾后续循环取热工程的要求确定。	采纳
55	将原 6.5.2 部分修改为 5.5.2 效果分析，正文修改为：完井与压裂改造效果分析应基于地热体特征描述、地质建模结果，确定完井与压裂改造技术难点与应对措施，分析完井与压裂改造效果。	采纳
56	将原 6.5.3 部分修改为 5.5.3 设计内容	采纳
57	将原 6.5.3.1 部分修改为 5.5.3.1 完井工艺，正文修改为：完井工艺应满足下列要求： 1) 完井工艺应通过物探测井、扫孔、破壁、冲孔换浆、下管、填砾止水、固井、洗井、抽水试验等确定； 2) 套管完井时应确定射孔参数； 3) 针对深层高温地层、高温取热工质要求，选择耐温、抗疲劳、抗腐蚀的套管与水泥固结体系，或确定防治措施。	采纳
58	将原 6.5.3.2 部分修改为 5.5.3.2 压裂工艺，正文修改为：压裂工艺应满足下列要求： 1) 根据地热体特征描述、地质建模结果，确定适应的压裂方式、压裂改造施工参数、压裂效果监测方法； 2) 根据压裂改造效果分析，选择不支撑、或合理支撑剂类型与用量； 3) 确定压裂增水设备及机具、压裂层段、压裂液材料、压裂施工参数。	采纳
59	将原 6.5.4 部分修改为 5.5.4 地热井修复与工程质量	采纳
60	将原 6.5.4.1 部分修改为 5.5.4.1，正文修改为：地热井修复工程应包括涌砂探查与修复、水量减小检查及修复、井管破裂类型及修复、井内落物处理等。	采纳
61	将原 6.5.4.2 部分修改为 5.5.4.2，正文部分修改为：6.5.4.2 5.5.4.2 地热井工程质量要求应包括钻孔直径、岩屑样与岩心采取、孔深与孔斜、简易水文地质观测、成井工艺抽水试验、原始记录及技术资料整理等。	采纳

62	将原 6.6 部分修改为 5.6 循环取热工程设计	采纳
63	将原 6.6.1 部分修改为 5.6.1 一般要求，正文修改为：循环取热工程设计应以地热体综合评价、开发部署设计、钻井工程设计、完井与压裂改造工程设计为基础，兼顾后续地面工程的要求确定。	采纳
64	将原 6.6.2 部分修改为 5.5.2 设计内容，正文修改为：设计内容应包括确定取热工质类型，选择耐温、防腐生产管柱或防治措施，确定取热工质循环速率、注采井口压力、生产管柱结构与尺寸，核实取热量、取热效率。	采纳
65	将原 6.7.1 部分修改为 5.7.1 一般要求，正文修改为：地面工程设计应以地热体综合评价、开发部署设计、钻井工程设计、完井与压裂改造工程设计、循环取热工程设计为基础确定。	采纳
66	将原 6.7.2 部分修改为 5.7.2 设计内容，正文修改为：地面工程设计应包括下列内容： 1) 确定地面系统的额定处理量及规模，确定集输管网、处理工艺； 2) 确定热交换或发电配套设备与工程、冷水处理与回灌工艺； 3) 确定地面系统隔热、防腐、节能、环保的工艺措施； 4) 确定地面站场位置、技术人员数量，核算建设工作量与投资量。	采纳
67	将原 6.8 部分修改为 5.8 环保与职业健康安全措施	采纳
68	将原 6.8.1 部分修改为 5.8.1 一般要求，正文修改为：钻井、完井与压裂改造、循环取热、地面建设等实施环节，应明确环保和职业健康安全措施。	采纳
69	将原 6.8.2 部分修改为 5.8.2 设计内容，正文修改为：环保和职业健康安全设计应包括下列内容： 1) 全面评估干热岩地热能开发利用过程中的健康、安全、环保问题； 2) 分析地下水污染、钻井液处理、井下事故、压裂诱发地震、运营安全事故等问题； 3) 评价总体开发的可行性； 4) 提出防控措施，估算相关投资	采纳
70	将原 6.8.3 部分修改为 5.8.3 健康管理，正文修改为：健康管理应按照劳动保护法规和标准配备相应的劳动保护产品，依据按地域、季节等特点配备相应的急救器材、药品和防疫用品；建立工作人员监督管理、疾病预防、饮食卫生和驻地卫生管理等制度并坚决执行。	采纳
71	将原 6.8.4 部分修改为 5.8.4 安全管理，正文修改为：安全管理应按照AQ/T 9006 的规定，在设备搬迁与安装安全、井场人员安全管理、井场安全、井场用电安全、钻进操作安全、压裂施工安全、事故处理安全、境内爆破安全、有害气体预防安全，建立健全安全生产规章制度并执行。	采纳
72	将原 6.8.5 部分修改为 5.8.5 环境保护，正文修改为：环境保护应对地质、地貌、水环境、植被、生物、大气、土壤和人文	采纳

	环境等地热田周围自然环境，废弃钻井液、压裂液、生活污水、生活垃圾等，提出达到环境保护标准和要求的措施并执行。	
73	将原 6.9.1 部分修改为 5.9.1 一般要求，正文修改为：经济评价应基于开发部署、钻井、完井与压裂改造、循环取热、地面建设等工程设计内容，采用相关评价方法确定。	采纳
74	将原 6.9.2 部分修改为 5.9.2 经济评价内容，正文修改为：经济评价内容应包括计算干热岩地热能开发利用过程中的总投资、成本、收入、税收、净现金流量、投资回收期、内部收益率，进行敏感性分析并评估不同方案的风险承受能力，确定最终推荐方案。	采纳
75	将报告书编制修改至标准第 6 部分，正文修改为：报告书编制应包括列下列内容： 1) 地热体综合评价、开发部署； 2) 钻井工程、完井与压裂改造工程、循环取热工程、地面工程； 3) 环保与职业健康安全措施、经济评价等； 4) 附件应提供附图附表，必要时可单独成册。	采纳

八、采用国际标准或国外先进标准情况

未采纳国际/国外标准。

美国能源部 通过“地热能前沿瞭望台研究计划”（FORGE），建立干热岩开发技术路线图，重点突破钻完井、压裂造储等技术，目标是实现经济可行的干热岩资源开发。然而，目前没有搜索到相关的先进标准文件参考。

九、贯彻标准的措施建议

本文件颁布后，一是建议标准主编单位加强学习和宣传贯彻，组织标准贯彻研讨会，邀请标准行业人员、标准发布机构、标准制定人员、标准应用单位等宣传讲座。二是建议国家有关部门加强团体标准的宣传贯彻，尤其是涉及干热岩地热能开发领域的，应组织全行业学习贯彻。

技术措施方面，建议有关地热能开发企业编写标准实施细则，细化标准与干热岩实际地质开发条件的研判与对接，细化标准实施条文，将标准落到实处，并在实施中修订完善本文件。

十、其他应予说明的事项

无。