陕西省地方标准

《地热能利用碳减排计算与能效评价》

（征求意见稿）

编制说明

陕西省煤田地质集团有限公司

2024年12月

《地热能利用碳减排计算与能效评价》

（征求意见稿）编制说明

陕西是全国最早开发利用地热能的省份之一，浅层、中深层地热开发利用走在了全国的前列。水热型地热能供热技术、中深层地热能井下换热供热技术、浅层地源热泵供热技术等关键技术形成示范应用，高导热固井水泥、保温管材、井下地温场监测、换热试验方法等新材料、新方法获得成功应用，取得了较好的经济效益，开始在全国部分地方推广。

近年来，我国各行各业贯彻实施“双碳目标战略”，地热能开发利用零碳排放、零固废排放优势明显，社会环境效益巨大。2022年以来，市场监管总局等16部门印发的《贯彻实施<国家标准化发展纲要>行动计划》、市场监管总局等9部门印发的《建立碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》、国家能源局印发的《能源碳达峰碳中和标准化提升行动计》、陕西省人民政府印发的《贯彻落实<国家标准化发展纲要>的实施意见》和《陕西省“十四五”节能减排综合工作实施方案》等文件中，均提出要“加快发展地热能等清洁可再生能源、加快实施地热能计量标准体系建设和提升行动”，旨在建立健全完善的地热能开发利用碳减排评价体系和碳交易计量标准。

2020年12月，陕西省地热能标准化技术委员会成立之后，起草编制了《陕西省地热能标准体系建设规划（2021-2025）》，2021年12月陕西省市场监督管理局联合省能源局评审通过并予以发布。2023年陕西省煤田地质集团有限公司联合省内多家高等院校、生产单位提出《地热能利用碳减排计算与能效评价》陕西省地方标准立项申请，旨在结合陕西省地热能开发利用特色技术基础上，完善陕西省地热能标准体系建设，以标准引领地热市场开拓，助推地热能产业规模化，提升产业效益，服务美丽陕西建设。

一、工作概况

2023年4月26日，陕西省市场监督管理局标准化管理处组织召开了2023年度陕西省地方标准立项评审会，审查通过了《地热能利用碳减排计算与能效评价》立项。2023年5月10日，陕西省市场监督管理局《关于下达 2023 年度陕西省地方标准制修订项目计划的通知》（陕市监函〔2023〕410号)，《地热能利用碳减排计算与能效评价》（项目编号：SDBXM261-2023）正式列入制定年度计划。

本项目编制任务下达后，陕西省煤田地质集团有限公司积极落实文件精神，成立了标准起草工作组，工作组由陕西省煤田地质集团有限公司、西安交通大学、西安中碳环境科技有限公司、陕西中煤新能源有限公司、西安建筑科技大学等单位相关技术人员组成。2023年7月14日陕西省地热能标委会秘书处组织召开了2023 年标准项目启动会，安排了标准化知识培训学习，参编人员学习了《陕西省地方标准制定规范》及相关标准起草技术文件，安排部署2023年度标准起草工作，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。标委会两次召开“地热能标准项目推进会”，督促标准起草组按照标准起草工作时间节点完成对应工作，极大地促进了项目的进度。

标准起草工作组以立项申请标准草案材料为基础，充分调研了全省地热能（供热）利用技术类型、部分地热能开发企业和地热能相关科研院校的基础上开始标准起草。编写小组人员就标准内容进行了认真讨论，在听取相关部门和知名专家意见和建议的基础上起草的。

项目负责人为陕西省煤田地质集团有限公司重点实验室高级工程师刘俊，负责资料收集、技术分析和意见汇总。标准编写组成员有刘俊、张廷会、王沣浩、王智伟、郭琨、周聪、张胜、薛宇泽、韩元红、刘鑫、刘博洋、贾国圣、李勇、马哲等，刘俊、张廷会负责规正文起草，王沣浩、王智伟负责编写“编制说明”，郭琨、周聪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，张胜负责规范格式校核。其他同志按照责任分工参与标准研讨分析、修改完善等。

本标准制订编制是参考《地源热泵系统工程技术规范》（GB 50366-2009）、《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB 55015-2021）、《水(地) 源热泵机组》（GB/T 19409-2013）、《基于项目的温室气体减排量评估技术规范通用要求》（GB/T 33760-2017）、《绿色建筑评价标准》（GB/T 50378-2019）、《可再生能源建筑应用工程评价标准》（GB/T 50801-2013）、《建筑碳排放计算标准》（GB/T 51366-2019）、《城镇地热供热工程技术规程》（CJJ 138-2010）、《公共建筑节能检测标准》（JGJ/T 177-2009）、《地热能术语》（NB/T 10097-2018）等相关标准规范，结合陕西省地热能（供热）利用中不同类型地热能供热技术的工程现状、经验及存在问题，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2023年6月，在陕西省煤田地质集团有限公司的牵头组织下，五家单位在充分调研、集中讨论、独立审阅、广泛征求意见、专家咨询的基础上，于2024年12月底完成标准征求意见稿。工作简要过程如下：

**（一）调研相关标准、示范应用和产业发展情况**

2023年6月～2023年12月，编制组充分收集了国内可再生能源利用、温室气体排放等相关规范和政策文件，结合单位以往完成的浅层地源热泵供热项目、水热型地热能供热项目、中深层地热能井下换热供热项目的勘查、可研论证、设计、施工、运维等工作经验，经过充分调研、分析，认为地热能（供热）利用具有较大的碳减排潜力，同时，存在地热能（供热）利用能效计算方法不明确这一关键性问题。地热能（供热）利用过程中的碳减排与能效具有统一与对立的关系，所涉及的分析环节、关键指标、结果影响具有相通性。为了规范地热能（供热）利用中的碳减排计算方法和能效评价准则，促进地热能产业的良性发展，推动地热能产业走向碳交易市场，亟需制定我省《地热能利用碳减排计算与能效评价》。

**（二）编写标准工作组讨论稿**

2023年6月～2023年10月，标准起草工作组根据调研情况制订工作路线，完成标准工作讨论稿的编写。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。

2023年11月～2023年12月，完成了标准草案，并按照《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/T 1.1-2020）要求，对标准草案格式和书写进行了规范，形成标准起草讨论稿-1。

2024年1月～2024年10月，标准起草工作组将《地热能利用碳减排计算与能效评价》标准起草讨论稿-1转发各起草单位征求意见，经过整理、分析，修改完善，形成标准起草讨论稿-2。

2024年11月6日，标准起草工作组召集标准起草单位陕西省煤田地质集团有限公司、西安交通大学、西安中碳环境科技有限公司、陕西中煤新能源有限公司、西安建筑科技大学等单位的水文地质、工程热物理、暖通空调、环境工程专业技术人员，召开《地热能利用碳减排计算与能效评价》研讨会，对标准起草工作组讨论稿-2逐条讨论、修改、完善，会后形成工作讨论稿。

2024年11月20日，标准主导单位陕西省地热能标委会组织省内资源勘查、地热开发、科研院所等方面的4位专家，召开了本标准讨论稿咨询研讨会，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。

二、标准编制原则和主要内容

**（一）标准编制原则**

本标准的格式、内容及描述方法参照了GB/T 1.1－2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》。

本标准充分考虑标准目的和使用对象，充分依据当前地热能（供热）利用设计、运行等环节的技术需求，充分参考了《地源热泵系统工程技术规范》、《基于项目的温室气体减排量评估技术规范 通用要求》等地热能（供热）利用、碳排放等行业规范，规定了标准适用范围、术语与定义、技术要求等。本标准依据以下原则编写：

1、科学性原则

《地热能利用碳减排计算与能效评价》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；标准的各项内容体现了贯彻落实国家政策；标准规范的各项内容适用于地热能（供热）利用工作中涉及到的碳减排计算与能效计算工作。

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《地热能利用碳减排计算与能效评价》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、标准和技术要求，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，针对我省浅层地源热泵供热技术、水热型地热能供热技术以及中深层地热能井下换热供热技术的运行特点，确定标准中的碳减排计算与能效评价要求，以目的明确、科学合理、普遍认同为出发点，有利于促进省内地热能开发利用的可持续发展。

1. 安全可靠，可操作性强

标准在起草过程中，广泛征集了省内地热资源勘查、设计、开发利用、高等院校相关人员，充分考虑各方利益，采纳了各方的意见及建议，具有普遍的代表性，适应性强。

**（二）主要内容**

本标准根据陕西省地热能（供热）利用技术特点制定，适用于浅层地源热泵供热系统、水热型地热能供热系统、中深层地热能井下换热供热系统在运行周期中的碳减排计算与能效评价，对碳减排量和能效水平进行同步评估。

本标准由正文6个章节组成，其中第1章规定了标准的适用范围，第2章为本标准的规范性引用文件；第3章为术语和定义；第4章为本标准的总体要求；第5、6章从项目边界、项目基准线情景、温室气体排放计算方法、能效计算方法、监测计划及数据质量管理等方面规定了碳减排计算和能效计算的具体要求。

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。

我省在地热能利用方面形成多个国家级和省级供热示范项目，技术创新和应用走在了全国的前列。陕西省煤田地质集团有限公司、陕西中煤新能源有限公司等单位对浅层地源热泵供热技术、水热型地热能供热技术以及中深层地热能井下换热供热技术均进行了布局、探索并实现了成功应用，取得了良好的社会环境效益；西安交通大学、西安建筑科技大学等单位对不同类型地热能（供热）利用技术开展了大量的运行性能实测工作，并提出了完善的能效计算与评估体系；西安中碳环境科技有限公司在温室气体排放、碳减排等方面具有丰富的实操经验，基于地热能（供热）利用工程项目开展了碳减排方面的计算方法与减排量分析工作。主导单位和参编单位团结协作，推动了地热产业的规模化高质量发展，工作成果为本标准的制定提供了理论依据和数据支撑。

四、征求意见情况

2024年11月，标准起草工作组将《地热能利用碳减排计算与能效评价》讨论稿转发各起草单位征求意见，对规程进行了进一步修改完善。

期间还征求了省内四名水文地质、地热开发利用领域的专家意见及建议。

五、知识产权说明

本标准不涉及知识产权问题。

六、 采标情况

本标准无采标。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

标准起草过程中，经过多人多次讨论协商，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，建议增加碳减排计算的项目案例（见附录A），没有重大分歧意见。同时欢迎相关领导、专家提出宝贵意见和建议，以完善标准。

八、其他应予以说明的事项

建议该项目批准为推荐性陕西省地方标准。

附录A 碳减排计算项目案例

1. **项目背景**

陕煤地质草滩生活基地的总规划建筑面积为23万m2，分两期建设。一期建设工程的建筑面积为126911 m2，供暖面积100525 m2，包括了住宅、商用、幼儿园和办公场所，采用中深层地热能井下换热供热技术（热泵型）为小区供热。

本项目案例以陕煤地质草滩生活基地在2023-2024年度供热期间的实测数据为依据进行碳减排量计算，供暖面积约为6万m2，计算方法依据《地热能利用碳减排计算与能效评价》（征求意见稿）5 碳减排计算 章节的内容。

1. **碳减排计算方法**

（1）基准线情景碳排放量计算：

 （1）

式中：

*BEy* —— 项目活动中，第y年基准线情景下的温室气体排放量（tCO2e）；

*BEh* ,*y* —— 项目活动中，第y年冬季供热的基准线温室气体排放量（tCO2e）。

本项目通过利用中深层地热能井下换热供热技术替代燃煤（燃油、燃气）锅炉集中供热实现 CO2减排。基准线情景下化石燃料供热产生的温室气体排放量应按下式计算：

 （2）

—— 项目活动中，第y年系统基准线情景下化石燃料供热产生的温室气体排放量（tCO2e）；

——中深层地热能井下换热供热系统供热功率（kW）；

—— 项目活动中，第y年消耗化石燃料的CO2排放系数（tCO2/kW）；

—— 项目活动中，第y年化消耗第i种化石燃料供热的消耗量（GJ）；

—— 项目活动中，第y年消耗第i种化石燃料的CO2排放系数（tCO2/GJ）。本省供热碳排放强度的相关数据不可得时，采用国家公布的供热基准值。

注：选取数值时，需简要举证项目所在区域燃煤与燃气的供热比例，以比例为权重对选取的燃煤与燃气供热强度基准值进行加权计算，得到最终的供热排放强度。若相关数据不可得，则使用燃煤供热比例:65%；燃气供热比例：11%为权重[[1]](#footnote-0)进行加权，以保守处理。

本项目位于陕西省西安市，根据陕西省发改委发布的“陕西省冬季清洁取暖实施方案（2017-2021年）的通知”[[2]](#footnote-1)中公布的陕西省的燃煤与燃气供暖比例，本项目中的燃煤与燃气供热碳排放强度的权重分别被确认为59.4%与37.3%。

基准线供热量即本项目所采用中深层地热能井下换热供热技术替代化石燃料集中供热的供热量，应按下式计算：

 （3）

式中：

——热泵型供热功率（kW）；

——载热介质密度（kg/m3）；

——载热介质比热容（kJ/（kg﹒K））；

——热泵机组冷凝侧载热介质流量（m3/h）；

——热泵机组冷凝侧载热介质进、出口温差（°C）。

本项目基准线情景下不涉及电网用电需求。

（2）项目碳排放量计算：

地热能供热利用项目的温室气体排放量应按下式计算：

 （4）

式中：

—— 项目活动中，第y年供热期间电力消耗产生的温室气体排放（tCO2e）；

—— 项目活动中，第y年供热期间冷剂泄露产生的温室气体排放（tCO2e）。

中深层地热能井下换热供热系统采用热泵技术，温室气体排放量应按下式计算：

 （5）

式中：

—— 项目活动中，第y年中深层地热能井下换热供热系统运行期间电力消耗产生的温室气体排放（tCO2e）；

——项目活动中，第y年热泵型中深层地热能井下换热供热系统运行期间压缩机做功的电网电量(MWh)；

——项目活动中，第y年中深层地热能井下换热供热系统运行期间输配、控制等消耗的电网电量(MWh)；

—— 项目活动中，第y年中深层地热能井下换热供热系统运行期间制冷剂泄露产生的温室气体排放（tCO2e）。

电网组合边际CO2排放因子应按下式计算：

 （6）

式中：

—— 项目活动中，第y年电量边际排放因子（tCO2/MWh）,采用国家主管部门最新公布的电网电量边际排放因子；

—— 项目活动中，第y年容量边际排放因子（tCO2/MWh）,采用国家主管部门最新公布的电网容量边际排放因子；

—— 电量边际排放因子的权重；

—— 容量边际排放因子的权重。

制冷剂泄露产生的温室气体排放量应按下式计算：

 （7）

式中：

—— 项目活动中，第y年制冷剂用量（t）；

—— 制冷剂增温潜势 (tCO2e/t)。

（3）项目减排量：

项目温室气体减排量应按下式计算：

 （8）

式中：

—— 项目活动中，第y年温室气体减排量（tCO2e）。

对于本项目采用的中深层地热能井下换热供热技术，减排量应按下式计算：

 （9）

式中：

—— 项目活动中，采用中深层地热能井下换热供热技术第y年温室气体减排量（tCO2e）。

（4）确定的参数和数据

|  |  |
| --- | --- |
| **数据/参数** |  |
| 数据描述 | 消耗化石燃料的CO2排放系数 |
| 数据单位 | tCO2/GJ |
| 数据来源 | 《2021、2022年度全国碳排放权交易配额总量设定与分配实施方案（发电行业）》 |
| 数据值 | 燃煤供热强度基准值：0.1105；燃气供热强度基准值：0.0557 |
| 数据选用的合理性或  测量方法和程序 | / |
| 数据用途 | 用于计算基准线排放量 |
| 备注 | / |

|  |  |
| --- | --- |
| **数据/参数** |  |
| 数据描述 | 第y年电量边际排放因子 |
| 数据单位 | tCO2/MWh |
| 数据来源 | 《2021 年减排项目中国区域电网基准线排放因子》 |
| 数据值 | 0.8995 |
| 数据选用的合理性或  测量方法和程序 | 本项目位于陕西省，因此选用西北区域的电网基准线排放因子。 |
| 数据用途 | 用于计算项目排放量 |
| 备注 | */* |

|  |  |
| --- | --- |
| **数据/参数** |  |
| 数据描述 | 第y年容量边际排放因子 |
| 数据单位 | tCO2/MWh |
| 数据来源 | 《2021 年减排项目中国区域电网基准线排放因子》 |
| 数据值 | 0.5105 |
| 数据选用的合理性或  测量方法和程序 | 本项目位于陕西省，因此选用西北区域的电网基准线排放因子。 |
| 数据用途 | 用于计算项目排放量 |
| 备注 | */* |

|  |  |
| --- | --- |
| **数据/参数** |  |
| 数据描述 | 电量边际排放因子的权重 |
| 数据单位 | 无量纲 |
| 数据来源 | 默认值 |
| 数据值 | 0.5 |
| 数据选用的合理性或  测量方法和程序 | */* |
| 数据用途 | 用于计算项目所在区域电网的电量边际排放因子 |
| 备注 | */* |

|  |  |
| --- | --- |
| **数据/参数** |  |
| 数据描述 | 容量边际排放因子的权重 |
| 数据单位 | 无量纲 |
| 数据来源 | 默认值 |
| 数据值 | 0.5 |
| 数据选用的合理性或  测量方法和程序 | */* |
| 数据用途 | 用于计算项目所在区域电网的容量边际排放因子 |
| 备注 | */* |

|  |  |
| --- | --- |
| **数据/参数** | *GWPRC* |
| 数据描述 | 公式（7） |
| 数据单位 | 制冷剂增温潜势 |
| 数据来源 | tCO2/t |
| 数据值 | 《〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉基加利修正案》 |
| 数据选用的合理性或  测量方法和程序 | / |
| 数据用途 | 用于计算项目制冷剂泄露排放量 |
| 备注 | / |

（5）计算结果如下：

本项目案例的碳减排量周期为2023-2024年采暖季，共计3台热泵机组使用，监测数据如下：

表1 监测数据统计

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 机组 |  | 热泵机组冷凝侧出口温度 | 热泵机组冷凝侧进口温度 |  | 利用小时数 | 基准线  供热量 |
| kg/h | ℃ | ℃ | ℃ | h | GJ |
| 1号机 | 73043 | 41.5 | 33.8 | 7.7 | 3624 | 8560.65 |
| 2号机 | 48215 | 39.5 | 33.9 | 5.6 | 3624 | 4109.68 |
| 3号机 | 25910 | 36.3 | 34.3 | 2 | 3624 | 788.74 |

1）基准线情景碳排放量计算：

=59.4%×0.1105+37.3%×0.0557=0.0864；

=(8560.65+4109.68+788.74)×0.0864=1162.85 tCO2。

1. 项目排放量计算：

①电力消耗产生的碳排放量，具体如下：

= 0.8995×0.5+0.5105×0.5 = 0.7050；

根据监测数据可知：

**= 933.465 MWh；

因此可得：

（）*×*=933.465×0.7050=658.10 tCO2。

②制冷剂碳排放计算，具体如下：

本项目使用了3组热泵机组，其制冷剂类型为第三代制冷剂R134a，根据机组铭牌，其充注量为0.74 t，补充量采用热泵系统中制冷剂充注量的10%进行事前预估。根据最新的《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》[[3]](#footnote-2)，R134a的GWP值为1430。因此，本项目的制冷剂总泄露碳排放量（10年）为 0.74×（1+10%）×1430=1164.02 tCO2。每年的平均泄漏量为116.40 tCO2 。

1. 项目碳减排计算

=1162.85 -658.10-116.40=388.35 tCO2

综上所述，本项目案例在2023-2024年度供暖季的碳减排量为388.35 tCO2。

1. https://www.gov.cn/xinwen/2017-12/20/content\_5248855.htm [↑](#footnote-ref-0)
2. https://sndrc.shaanxi.gov.cn/fgwj/2018nwj/1029371ZJN7zu.htm [↑](#footnote-ref-1)
3. https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-04/Montreal-Protocol-Chinese-2018.pdf [↑](#footnote-ref-2)