

**DB61**

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 2022—2025

## 中深层井下换热能力试验规程

Test method for ability of medium deep underground heat exchange system

2025 - 04 - 18 发布

2025 - 05 - 17 实施

陕西省市场监督管理局

发 布

目 次

前言.....II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 试验要求..... 2

5 试验装置和设备..... 2

6 试验原理..... 2

7 试验流程..... 3

8 试验报告..... 5

附录 A（资料性）中深层换热井换热能力试验流量推荐表 ..... 6

附录 B（资料性）中深层换热井换热能力试验数据记录样表..... 7

附录 C（规范性）换热能力试验报告编制大纲 ..... 8

参考文献..... 10

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由陕西省发展和改革委员会提出并归口。

本文件起草单位：陕西省煤田地质集团有限公司、陕西中煤新能源有限公司、西安煤科地热能开发有限公司、西安交通大学、中国建筑西北设计研究院有限公司、陕西燃气集团新能源发展股份有限公司、陕西西咸新区沣西新城能源发展有限公司、西安市建筑设计研究院有限公司、中煤西安设计工程有限责任公司。

本文件主要起草人：周聪、刘博洋、张廷会、梁力文、薛沛、刘俊、张英琛、薛宇泽、唐燕、杨春方、解振涛、蔡皖龙、韩永亮、罗炜、杨瑞涛。

本文件由陕西省地热能标准化技术委员会负责解释。

本文件首次发布。

联系信息如下：

单位：陕西省煤田地质集团有限公司科技管理部

电话：029-86681680

地址：陕西省西安市经开区文景路26号A

邮编：710021

# 中深层井下换热能力试验规程

## 1 范围

本文件规定了中深层井下换热能力试验的试验装置和设备、试验原理、试验流程、试验报告等要求。  
本文件适用于中深层井下换热能力测试试验。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

DB61/T 1808 中深层地热能井下换热开发利用术语

## 3 术语和定义

DB61/T 1808—2024界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**换热井** geothermal heat exchange borehole

以取热不取水方式导出地下热能的地热井，又称换热孔。

### 3.2

**中深层井下换热系统** medium deep downhole heat exchange system

中深层井下换热装置与地面热交换设备连通形成的闭式管路系统。

[来源：DB61/T 1808—2024，3.3.2]

### 3.3

**载热介质** heat carried medium

井下换热系统中的循环载热工质。

[来源：DB61/T 1808—2024，3.3.5]

### 3.4

**换热试验** heat transfer test

利用测试设备对井下换热系统进行试验监测，记录循环载热介质进口温度、出口温度、流量及压力等参数，分析系统换热能力的试验。

[来源：DB61/T 1808—2024，3.3.12，有修改]

### 3.5

#### 地温梯度 geothermal gradient

地温随深度变化的速率。单位为 $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 或 $^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 。

[来源: DB61/T 1808—2024, 3.2.2]

## 4 试验要求

- 4.1 开发利用区的第 1 口换热井应进行换热试验。
- 4.2 当地质及水文地质条件发生较大变化时, 在不同地质区域应增加换热试验井。
- 4.3 换热井数量每增加 10 口, 应增加 1 口换热试验井。
- 4.4 开发利用区有 2 口以上换热井时, 试验时应对邻近井进行地温监测。
- 4.5 换热试验开展前宜进行静态测温。

## 5 试验装置和设备

### 5.1 除污器

规格型号应根据试验流量选取, 过滤精度不低于 18 目, 正常运行时阻力应小于  $0.02\text{ MPa}$ 。

### 5.2 循环泵

具有变频功能, 扬程需克服试验系统管道阻力, 额定流量应大于最大试验流量。试验流量参考附录 A。

### 5.3 冷却设备

根据换热井的预测换热量选取, 可由冷却塔、热泵机组、连接管道、阀门配件等组成。

### 5.4 井口装置

满足 1.5 倍系统工作压力要求。

### 5.5 监测仪表

- 5.5.1 应包括温度计、流量计、压力计、热量表、电表等。
- 5.5.2 仪表精度应满足以下要求: 温度计准确度应不低于 0.5 级, 流量计准确度应为 $\pm 1.0\%$ , 压力计准确度应不低于 2.5 级, 热量表准确度应不低于 2.0 级, 电表准确度应不低于 2.0 级。
- 5.5.3 监测仪器仪表应定期检定或校验, 接触液体部分应满足地热应用工况要求。

## 6 试验原理

### 6.1 试验原理图

中深层井下换热系统换热试验系统原理见图1。

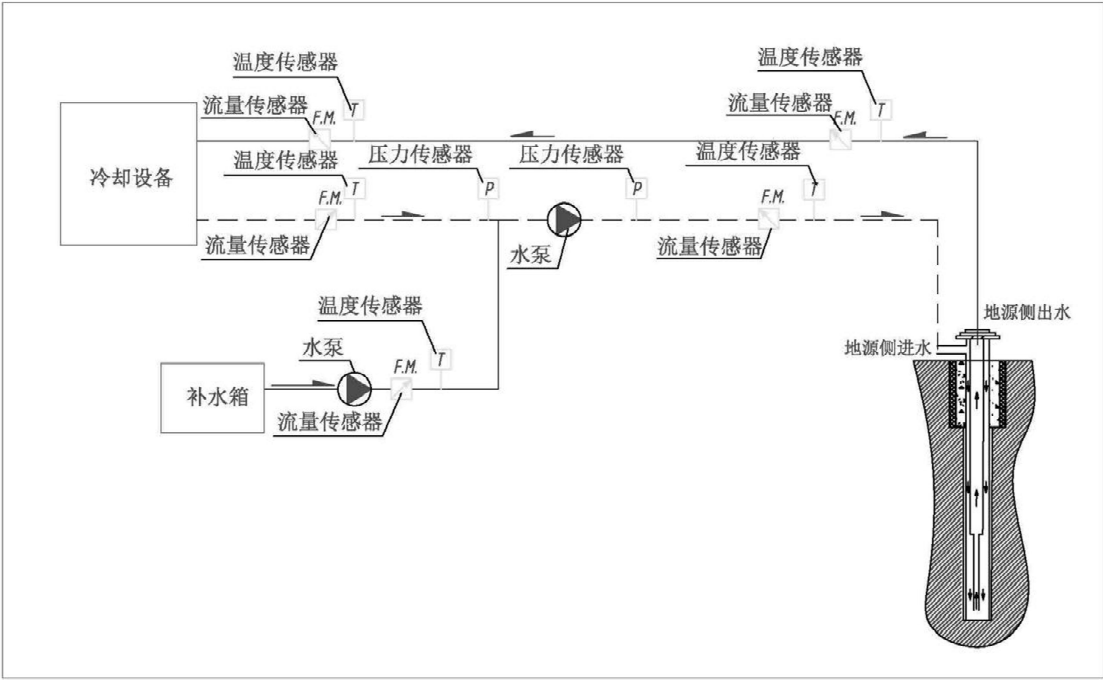


图1 中深层井下换热系统换热试验系统原理图

6.2 试验方式

中深层井下换热系统换热试验可分为闭式和开式2种。其中闭式换热试验根据散热设备分为闭式冷却塔换热试验、热泵换热试验。开式换热试验则是利用稳定进水的井水或地表水换热。

7 试验流程

7.1 试验准备

7.1.1 试验前宜收集以下资料：

- a) 地热田的地热地质、水文地质条件（含地温梯度、地热流体的动力场及温度场等）资料；
- b) 换热井及周边地热井位置、井身结构、井温等成井资料；
- c) 热储的地热地质特征、边界位置、面积、顶板深度、底板深度等数据；
- d) 热储温度、压力、岩石密度、比热、导热系数和压缩系数等参数；
- e) 载热介质的密度、导热系数、比热、组分、粘滞系数和压缩系数等参数。

7.1.2 系统装置检查应包括：

- a) 系统管路密闭性满足 1.5 倍压力要求；
- b) 电源（动力电及弱电）满足系统配电要求；
- c) 监测仪器仪表状态正常；
- d) 设备阀门状态正常；
- e) 数据采集装置状态正常。

7.2 工艺流程

7.2.1 闭式换热试验

闭式换热试验工艺见图2。

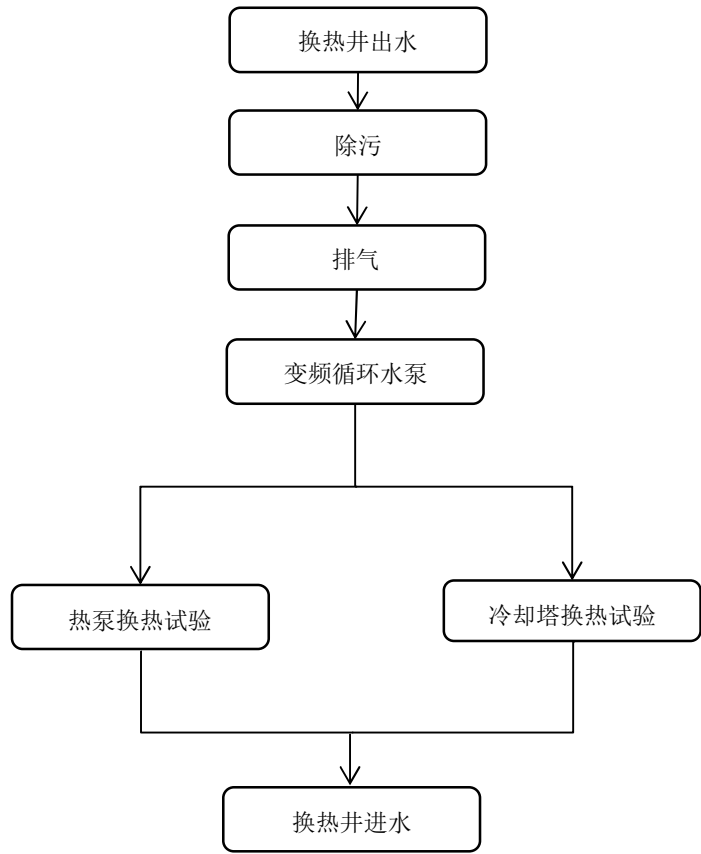


图2 闭式换热试验工艺流程示意图

7.2.2 开式换热试验

开式换热试验利用井水或地表水直供直排，无冷却设备。

7.3 工况试验

- 7.3.1 试验开始前，记录载热介质温度、流量起始读数，系统压力起始读数。
- 7.3.2 在不少于 12 h 的时间内，换热井进出口温度波动小于 1 °C，流量的波动小于 1 m<sup>3</sup>，进入试验状态。
- 7.3.3 一个试验流量工况运行时长宜大于 120 h，试验流量参照附录 A。
- 7.3.4 一个换热井宜进行三个不同流量工况的换热试验，每个工况试验完成后应进行地温恢复，恢复时间宜大于 10 d。
- 7.3.5 试验结束后，应对设备管道的维护保养并检查。

7.4 数据采集及记录

- 7.4.1 换热井、冷却设备数据采集包括：压力、流量、出水温度、进水温度。
- 7.4.2 环境温度数据采集包括：项目所在地区开展试验阶段环境湿球温度、气象参数。
- 7.4.3 补水系统数据采集包括：冷却设备补水量及补水温度。
- 7.4.4 数据采集在试验开始后第 1min、3 min、5 min、10 min、20 min、30 min、45 min、60 min、75 min、90 min 进行，以后每隔 30 min 采集一次。
- 7.4.5 试验动态数据可自动记录（或人工记录），记录格式样表参照附录 B。试验数据应及时储存和备份。

7.5 换热能力计算

- 7.5.1 换热试验数据处理应对现场试验数据进行综合分析，剔除因试验条件变化等引起的数据异常。
- 7.5.2 中深层井下换热系统瞬时取热量可依据进出口载热介质温度、流量试验数据按照公式(1)计算：

$$Q = 0.278\rho cv(T_1 - T_2) \dots\dots\dots (1)$$

式中：  
Q——瞬时取热量，单位为W；  
ρ——载热介质密度，单位为kg/m³；  
c——载热介质比热容，单位为kJ/（kg•℃）；  
v——载热介质流量，单位为m³/h；  
T<sub>1</sub>——换热井出口载热介质温度，单位为℃；  
T<sub>2</sub>——换热井进口载热介质温度，单位为℃。

8 试验报告

试验数据应进行系统分析，形成试验报告。报告大纲见附录C。



附 录 A  
(资料性)

中深层换热井换热能力试验流量推荐表

中深层换热井换热能力试验推荐流量见表A.1。

表A.1 中深层换热井换热能力试验推荐流量表

单位为 m<sup>3</sup>/h

井型	工况	管径规格		
		φ177.8×9.19 mm	φ219.1×10.16 mm	φ244.5×10.3 mm
同心井	试验工况 1	25	30	40
	试验工况 2	/	45	55
	试验工况 3	/	60	70
U 型对接井	试验工况 1	60	60	/
	试验工况 2	/	80	/
	试验工况 3	/	100	/
<p>注1：表A.1中给出了中深层换热井两种不同换热井型试验工况流量推荐值，可根据项目实际情况具体制定试验方案。</p> <p>注2：以上所述中深层换热井管径规格，均为井下换热器生产套管外管尺寸。</p> <p>注3：考虑到项目实际运行效果和经济性，φ177.8×9.19 mm同心井仅推荐25 m<sup>3</sup>/h为试验工况，φ177.8×9.19 mm U型对接井仅推荐60 m<sup>3</sup>/h为试验工况。</p>				

附 录 B  
(资料性)

中深层换热井换热能力试验数据记录样表

中深层换热井换热能力试验推荐流量见表A.1。

表B.1 中深层换热井换热能力试验推荐流量表

工程名称：						施工单位：						
试验地点：			试验日期：			试验周期(h)：			试验持续时间(h)：			
换热井编号：			井深(m)：			设备名称：			设备编号：			
时 间	循环介 质流量 实测值 (m³/h)	换热井侧 (循环介质) 进出口温度(℃)		冷却设备侧 (循环介质) 进出口温度(℃)		换热井 井口压力 (Pa)		补给水		环境 (湿球) 温度 (℃)	换热井 取热量 (KW)	冷却 设备 换热量 (KW)
		进口 温度	出口 温度	进口 温度	出口 温度	进 口	出 口	水温 (℃)	水量 (m³/h)			
平 均 值												
试验人：						记录人：			核查人：			

附 录 C  
(规范性)  
换热能力试验报告编制大纲

中深层井下换热能力试验报告

项目名称：\_\_\_\_\_

委托单位：\_\_\_\_\_

编制单位：\_\_\_\_\_

年 月 日

- 第一章 前言
  - 1.1项目由来
  - 1.2项目概况
  - 1.3目标任务
- 第二章 区域地质地热条件
  - 2.1地质条件
  - 2.2地层情况
  - 2.3地温梯度
- 第三章 钻孔参数
  - 3.1井身结构
  - 3.2取芯岩样导热系数
  - 3.3固井材料导热系数
- 第四章 试验装置说明
  - 4.1系统概述
  - 4.2换热原理
  - 4.3试验设备
  - 4.4实验设计内容
  - 4.5实验步骤
- 第五章 试验数据分析
  - 5.1工况一试验数据分析
  - 5.2工况二试验数据分析
  - 5.3工况三试验数据分析
  - .....
- 第六章 试验结论
  - 6.1岩土体热物性参数
  - 6.2单井换热能力预测
  - 6.3建议
- 附图：
  - 1换热试验系统原理图
  - 2井身结构图
  - 3测井曲线图

参 考 文 献

- [1] GB 11615—2010 地热资源地质勘查规范
  - [2] GB/T 19830—2023 石油天然气工业 油气井套管或油管专用钢管
  - [3] NB/T 10097—2018 地热能术语
  - [4] DB11/T 2038—2022 中深层地热供热技术规范 井下换热
  - [5] DB13 (J) /T 8429—2021 中深层地热井下换热供热工程技术标准
-