

资源中提取大量的热,这可能成为解决对清洁和可再生能源的迫切要求的一种途径。超临界压力下的流体在岩石裂隙对流换热特性对优化换热模型是十分重要的,这是增强型地热系统(EGS)模拟热提取和提高热回收效率的关键。

本文介绍了通过采用巴西技术人工设计的光滑平行板断裂面和粗糙曲折断裂面,分别对超临界压力下二氧化碳的层流换热进行的实验研究。实验装置被设计在温度高达 280°C,流体压力高达 14MPa,围压高达 28MPa 的工况下进行实验操作。讨论了质量流率和岩石壁面初温度、流体温度对局部传热性能的影响。提出了一种处理实验数据的方法,得到了岩石裂隙的局部换热性能。具有较高初始温度的热岩可以储存更多的热量,可以保证当冷流体流过断裂面的时间越长热采率越大。在一个人工的光滑平行板断裂处的传

热,考虑到热物理性能不断改变这一影响因素,一个相关性的应用被提出,来改善 EGS 场模拟的模型。与光滑的平行板裂隙对流换热的热提取率相比,在相同的等效水力开度下,二氧化碳流经粗糙的热岩裂隙时的取热量更小。与光滑的平行板裂隙相比,在相同的等效磁导率下,在粗糙的热岩裂隙下的热交换效率更低,这主要是由于沟道效应的影响。基于显微 CT 扫描数据,重建裂隙的数值模拟结果解释了这一结论。用超临界压力下流过粗糙裂隙的 CO<sub>2</sub> 的数值模拟来研究流动模式和传热性能。在粗糙裂隙条件下,系统的雷诺数较大,模拟得到的数值结果中所有的努塞尔数值也偏大,这是由于边界层发展的干扰。因此在粗糙裂隙中整体的热交换特性被沟道作用和由曲折的流动路径引起的干扰之间的相互作用所影响。

## 干热岩试样在断裂带围压作用下与水的传热特性分析

白冰

中国科学院武汉岩土力学研究所

对裂隙局部换热特性的了解,对于深入理解增强型地热系统(EGS)恢复再生深层地热能过程是至关重要的。局部传热系数(LHTC)可以作为换热特性的有效指标,但相对于总传热系数(OHTC)而言,它却很少被用于研究干热岩(HDR)裂隙热交换特性。在研究圆柱形花岗岩样本中单一裂隙的局部换热特性时,可采用数值模型计算模拟的方法,并且通过流动和换热实验

得到验证。基于仿真结果和实验数据,可以用总传热系数(OHTC)估算公式推导得出局部传热系数(LHTC)。发现断裂层表面粗糙度在局部传热系数的分布中起主导作用,局部传热系数(LHTC)也取决于流动速率和断裂层缝隙宽度。本文中提出了预测总传热系数一个新的方法。

## 增强型地热系统(EGS)中 多类型热储的热输出现象分析

蒋方明,黄文博,曹文炯

中国科学院广州能源研究所 先进能源系统实验室

增强型地热系统中工程热储的各向异性是因不同的岩石构造、天然裂隙以及人工压裂过程产生的不确定影响。探索热储层的各向异性对 EGS 热输出的影响,对于预测和准确评价 EGS 的性能非常重要。利用多孔材料代替热储层,并且利用

之前主要研发的数值模型成果进行了一系列关于 EGS 在不同储层多孔材料下,长期热输出过程的模拟。基于对流体渗流流场对于热输出性能影响结果的详细分析,建立了一个方法用于量化 EGS 热储层渗流分布数据的热输出现象,并在数值上

利用各种 EGS 热储层测试这种方法。最终，证明这种方法可以预测 EGS 各种热储层热输出的性能。

## 青海省共和恰卜恰干热岩地热场特征及地热资源的评估

贾晓峰

水文地质和环境地质调查中心，中国地质研究所

大多数的地热勘探钻井都在青海省共和恰卜恰镇。本文通过对现有的钻井温度曲线进行了分析，评估了深层地热场分布的特性，绘制共和地区的温度剖面云图，绘制干热岩地热分布场。根据结果，青海南山-恰卜恰-共马镇-龙羊峡热储层地热温度场等值线由低向高，接下来缓缓下降。在新第三纪热储层，温度梯度从高到低逐渐减

小，但在花岗岩底部区域，地热梯度急剧增加。基于酸性岩体或热岩体范围高精度航磁法的划定，结合现有的地热钻探，推断共和地区干热岩体是以椭圆型平面分布，总面积 246.90 平方公里。通过网格划分，推测出共和地区干热岩资源的区域控制。评价结果表明，共和恰卜恰地区的干热岩资源有较好的开发前景。

## 青海省共和盆地地质构造格局与干热岩相关性分析

Dunpeng Li<sup>1</sup>, Sengqi Zhang<sup>2</sup>

1. 福州大学

2. 水文地质和环境地质调查中心，中国地质研究所

共和盆地位于青海西藏高原东北缘，在后新生代时期，岩层经历了强烈的构造变形。通过实地考察和分析，表明共和盆地被北北西（NNW）向的基底断裂所分割。经过晚新生代岩层陆内造

山阶段，因为相邻造山带边界断层的移动和挤压以及北北西（NNW）断裂层的右行滑坡挤压，基底发生逆时针方向的旋转，形成拥挤的构造带在共和盆地控制干热岩的产生与分布。

## 四川省康定新城蒸汽地热田特征

Hualing Lin

四川地质矿产局 906 水文工程地质大队

康定新城地下热蒸汽田是雪域高原、四川省甘孜藏族自治州地区发现的五个热蒸汽田中之一。座落于新县城南郊，分布在榆林河谷右侧末端谷底，长约 6 公里，宽达 400—500 米间范围内，高程近 3000 米。康定具有高寒气候特征，年平均降水量为 709.7 毫米，年均气温 6.0℃，长年无夏，飘雪期过年半。康定深大断层，是著名的鲜水河活性断层，南延且弯转的部分，全长 200 公里以上，走向 NNW20°，向北转为 NW42°，

主断面倾向 NE，倾角 65°—85°。断层上盘为澄江期—晋宁期斜长花岗岩、混染岩和细、中粒石英闪长岩等组成；下盘为燕山晚期中粒似斑状黑云母花岗岩。二迭系大理岩、片岩和千枚岩夹在上述二岩体之间，被断层包围且分割。该大断层不仅控制榆林河谷发育方向，且左右了沿河地下水热水排泄带，经调查主要有四处温泉出露，最高水温 91.0℃，临近当地沸点，最低为 51.0℃。地下热蒸汽田最突出的特点反映在钻探工程中每口