



中国地质调查局地学文献中心·中国地质图书馆

国外地学文献速递

Express Delivery of Foreign Geological Literature

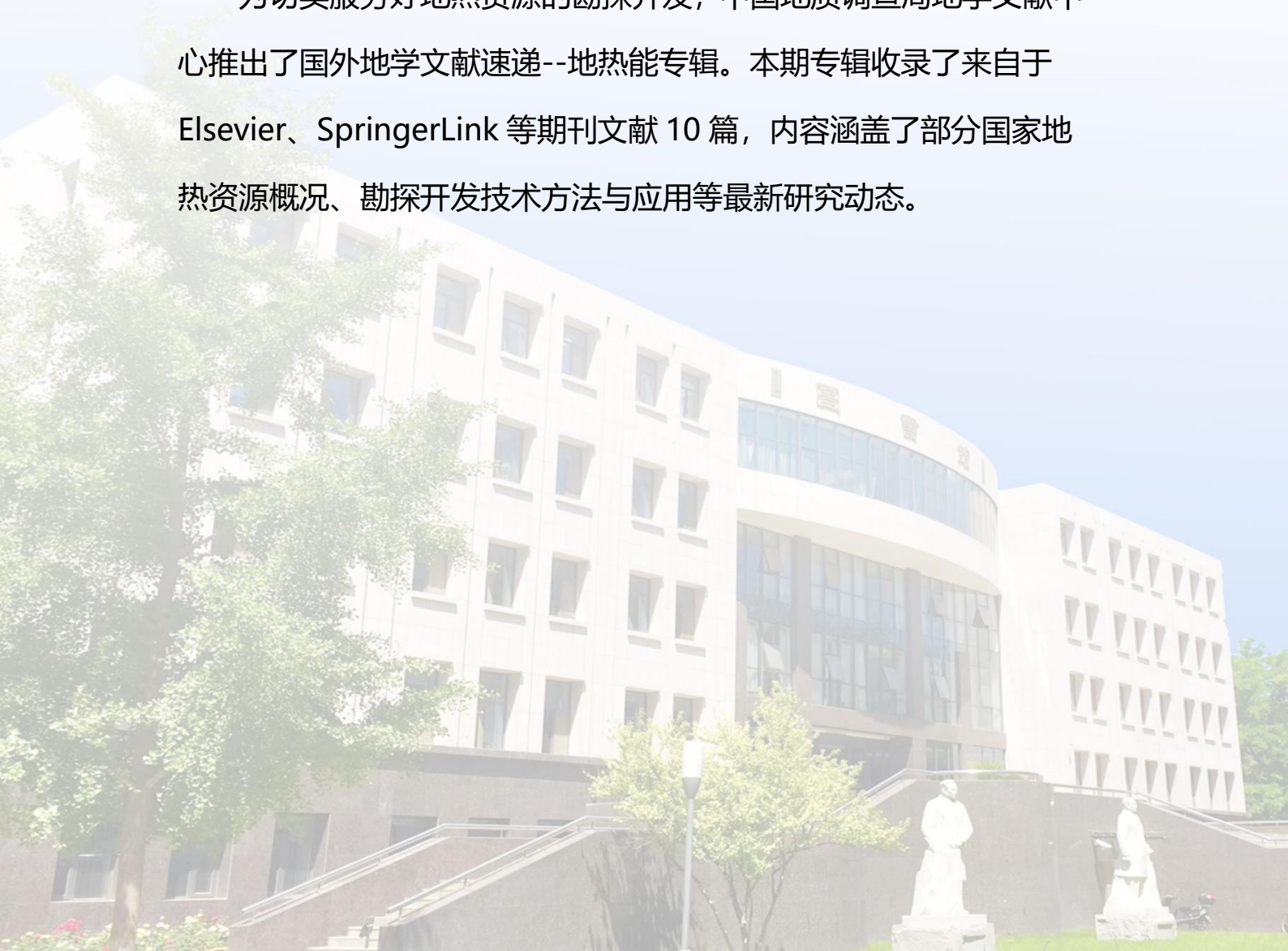
地热能专辑 (2019 年第 3 期)



编者按

地热能是一种绿色低碳、可循环利用的可再生能源，具有储量大、分布广、清洁环保、稳定可靠等特点，是一种现实可行且具有竞争力的清洁能源。我国地热资源丰富，市场潜力巨大，发展前景广阔。加快开发利用地热能对调整我国能源结构、节能减排、改善环境具有十分重要的意义。为支撑国家战略需求，中国地质调查局近年来持续加大大地热资源勘探开发力度，将此项工作作为当前的重点工作来抓。

为切实服务好地热资源的勘探开发，中国地质调查局地学文献中心推出了国外地学文献速递--地热能专辑。本期专辑收录了来自于Elsevier、SpringerLink 等期刊文献 10 篇，内容涵盖了部分国家地热资源概况、勘探开发技术方法与应用等最新研究动态。



目 录

从航磁和重力数据看尼日利亚东南部地热能勘探	1
用地热能进行海水淡化确保粮食安全：吉布提案例研究	2
瑞典南部罗密勒森断层带的隆德深部地热勘探项目评价：案例研究	3
废弃油井地热能开采的回顾和研究	4
德国 SIEGERLAND 水淹 WOLF 矿深井的分层动力学及地热潜能	5
综合碳封存-地热回收：开放式和封闭式系统的性能比较	6
地球仪 2.0 版：更新的地热技术经济模拟工具	7
通过水文地球化学、同位素和地球物理研究提出的 ŞAVŞAT 地热田的概念模型	8
三维地质填图评估地热潜力：示例来自于内华达州和俄勒冈州	9
用三维地震勘探研究位于柏林北部的深部地热研究平台 GROß SCHÖNEBECK	10



获取更多地学文献信息，请关注“移动图书馆”

本刊由“地学文献信息更新与服务”项目支持

专辑主编：雒 毅

审 校：王学评

审 核：李淑英

联系电话：(010)66554979

联 系 人：雒 毅

电子信箱：943547125@qq.com

■ 摘要译文

[illegible]

■ 作者信息

全文链接: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00024-018-2028-1>

用地热能进行海水淡化确保粮食安全：吉布提案例研究

Geothermal energy for desalination to secure food security: case study in Djibouti

■ 摘要译文

到 2025 年,全世界将有近 35 亿人没有水,其中 90 万人来自吉布提。2000-2012 年干旱造成的经济损失使该国陷入灾难状态。干旱摧毁了吉布提的经济,使数百万人挨饿。因为干旱使该国无法种植粮食、粮食依赖进口。世界银行发放的 500 万美元未能减少饥饿和阻止因食物和水的缺乏导致的进一步的贫穷和社会动荡。本文为建立一个能在当前贫困线上生活的自我可持续社会提供了一种解决方案。

本次研究以实地调查和发表的文献为基础。基于化石燃料技术和可再生能源技术的脱盐成本的比较是基于来自工厂的数据。这些数据用以分析海水生产淡水的成本效益比及其它们在确保食物安全的用处。

通过开发地热资源,可以使该国摆脱贫困线。这个国家摆脱危机的需要是淡水供应。这个国家的地热能资源可以产生 $900 \times 10^6 \text{kWh}$ 电力。从海水中产生 $1000 \text{ m}^3/\text{天}$ ($10 \times 10^6 \text{ kg/年}$) 的淡水所需的电力约 $11 \times 10^6 \text{ mWh}$ 。通过地热能源的海水淡化成本为 1.6 美元/立方米,远远低于任何其他能源产生的淡化水。作为扶贫援助的数十亿美元可以用来发展地热发电厂来为国家提供永久的粮食安全。

吉布提农村人口可以通过地热能源提高其社会经济地位,保障粮食安全和消除饥饿。地方政府也应该在建议资助机构开发地热发电项目以支持农业活动,为农村人口创造就业机会和支持可持续社会方面发挥重要作用。

■ 作者信息

D.Chandrasekharam, A.Lashin, Nassir Al Arifi, Abdulaziz M. Al-Bassam and C. Varun

India Institute of Technology Hyderabad, Hyderabad 502285, India

King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia

本文发表于: Energy, Sustainability and Society

2019 第 9 卷 1-11 页

全文链接: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13705-019-0206-3>

瑞典南部罗密勒森断层带的隆德深部地热勘探项目评价：案例

研究

Evaluation of the Lund deep geothermal exploration project in the Romeleåsen Fault Zone, South Sweden: a case study

■ 摘要译文

自 20 世纪 70 年代末以来, 针对瑞典最南端 Skåne 省的基岩的地热可行性研究一直在进行。罗梅勒森断裂带的地温潜力项目于 2001 年在隆德镇外部启动。该调查除了对逆冲断层带进行了地球物理成像外, 还对 3701.8 米深的勘探井 DGE-1 进行了钻探和勘察, 目的是找到与断层带相关的温度大于 100°C 且具有导水性的裂缝性结晶基岩。这口井沿着主断层, 穿透了上盘受强烈逆冲作用影响并严重倾斜的沉积序列, 在 1946 米处进入裂缝性结晶基底, 该基底主要由片麻岩、花岗岩和变形岩组成。本文首次全面描述和评估了 Romeleåsen 断裂带这一深度基岩的地质、物理和水文特性, 并与地热评估相结合。此外, 对在结晶基底部分所使用的四种钻井方法的适用性进行了讨论。DGE-1 井的结果显示结晶基岩在目标深度处发生了严重破裂。调查显示平均热梯度为 $22^{\circ}\text{C}/\text{km}$, 平均热流量为 $58\text{mW}/\text{m}^2$, 以及平均产热量为 $5.8\mu\text{W}/\text{m}^3$ 。这些值比 Fennoscandian 地盾中其他深井记录的热状况高。然而, 约 85°C 的井底温度和产液量不足, 使其商业地热系统不可行。尽管如此, 钻探的经验和对几公里深的结晶基岩的调查研究为评估瑞典南部类似地质环境的地热潜力和结晶基岩中工程地热系统的提供了重要参数。

■ 作者信息

Jan-Erik Rosberg and Mikael Erlström

Engineering Geology, Faculty of Engineering, Lund University, Box 118, 22100 Lund, Sweden

本文发表于: Geothermal Energy

2019 年第 7 卷 1-30 页

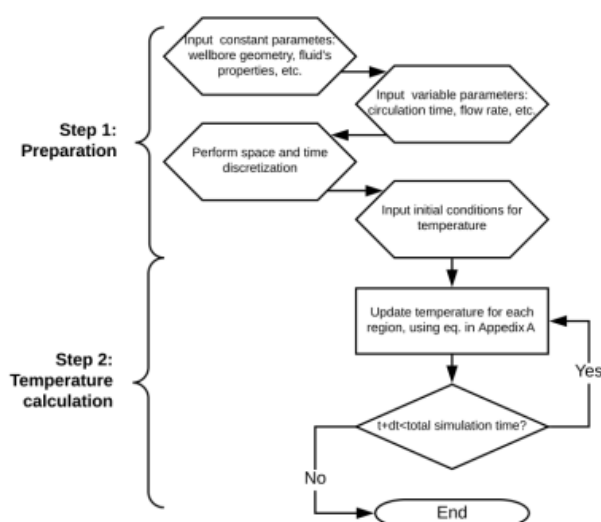
全文链接: <https://doi.org/10.1186/s40517-019-0126-7>

废弃油井地热能开采的回顾和研究

Review and investigations on geothermal energy extraction from abandoned petroleum wells

■ 摘要译文

地热能是一种可持续和可再生能源,可用于电力生产、空间供热/冷却和其他工业应用。近年来,由于其具有对周围环境影响小、功率输出连续、温室气体排放量低以及全球可用性等诸多优点,它受到了越来越多的关注。所有这些都使地热能以环保的方式成为全球能源生产的重要贡献者。地热资源勘探的一个大问题是地热井昂贵的投资成本。利用废弃的油井进行地热开采是一个新的想法。井温剖面有助于估计从井中传输和产生的热量。在本文中,通过文献综述,研究了废弃油井地热能开采的应用现状。然后,通过案例研究证明了工作流体性能、井筒结构和运行参数(循环速率、入口温度等)在地热生产中的重要性。得到的结果可以用于改进数据解释并生成更优化的解决方案。在地热项目中,丰富的传热知识对油井的经济性和性能具有重要意义。我们的工作证明,提高地热井的热采效率,为是一种经济有效的方法。



■ 作者信息

D. Sui, E. Wiktorsk, M. Røksland, T. A. Basmoen

Petroleum Engineering Department, University of Stavanger, 4036 Stavanger, Norway

本文发表于: Journal of Petroleum Exploration and Production Technology
2019年第9卷 1135-1147 页

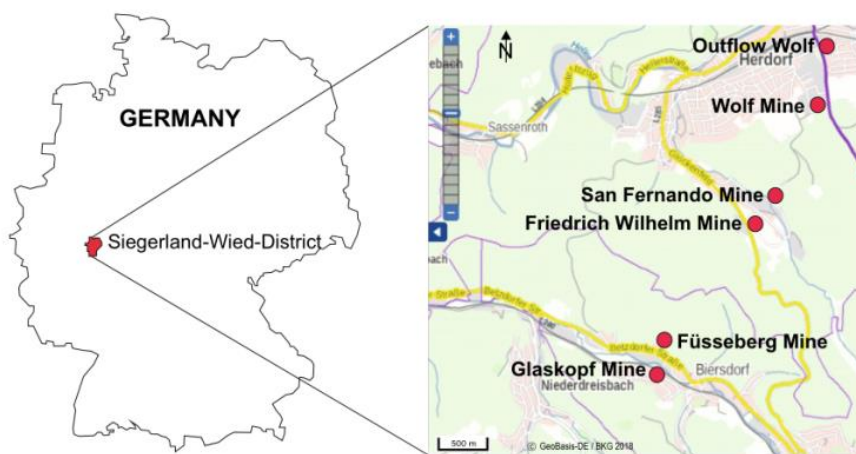
全文链接: <https://doi.org/10.1007/s13202-018-0535-3>

德国 Siegerland 水淹 Wolf 矿深井的分层动力学及地热潜能

Stratification Dynamics and Geothermal Potential of a Deep Shaft in the Flooded Wolf Mine, Siegerland/Germany

■ 摘要译文

本文研究了德国莱茵山 Siegerland 矿区水淹 Wolf 矿深井的矿井水力学和地热潜能。2009 年和 2015 年使用多参数钻孔工具将电导率 (EC)、温度、pH 和 Eh 记录到地下水位 580 m 处。检测到一些变化, 这些变化被解释为表明流入水与来自附近的圣费尔南多矿的水温度几乎相同。钻孔摄像机观测表明, 较深的矿井水位直接与竖井相连, 不受自然或人为障碍阻碍。整个地下集水区的温度相对均匀, 但是在 pH 和 Eh 中发现了变化。EC 情况在 2009 年相对统一, 但在 2015 年 80 至 220 m 的深度出现了一些异常, 表明矿井水动力学发生了变化。根据调查数据推断 300 m 处存在分层。测井结果和计算表明, 该矿可供开采, 以提供可持续的地热能。这座被水淹没的矿井每年可提供高达几千千瓦时的能源, 而且可以作为一种重要的低碳能源, 用于附近的供暖和制冷。



1 Location of the mine (background map: ©GeoBasis-DE/BKG 2018)

■ 作者信息

**Georg Wieber^{ab}, Marion Stemke^b, Thomas Wonik^c, Frieder Enzmann^b,
Michael Kersten^b**

^a Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, 55129 Mainz, Germany

^b Johannes Gutenberg-University, 55099 Mainz, Germany

^c Leibniz Institute for Applied Geophysics (LIAG), 30655 Hannover, Germany

本文发表于: Mine Water and the Environment

2019 年第 38 卷 325-334 页

全文链接: <https://doi.org/10.1007/s10230-019-00602-8>

综合碳封存-地热回收：开放式和封闭式系统的性能比较

Integrated Carbon Sequestration–Geothermal Heat Recovery:
Performance Comparison Between Open and Close Systems

■ 摘要译文

本文中，理论上均匀的、各向同性的、水平的、3 维沉积热含水层的横向边界是通过对流体和热流的开放，或者在完全封闭的边界条件下划分开来的。二氧化碳注入通过三种不同井距和井数的井网进行：3×3（5 口注水井和 4 口生产井，井距 750 米），5×5（13 口注水井和 12 口生产井，井距 500 米），7×7（25 口注水井，24 口生产井，井距 375 米）。为了评估边界条件和井距对联合碳封存-地热热回收过程的影响，产出指标数量如净累积二氧化碳储存、容积储存效率、地热热回收和压力建立在 54 次模拟基础上进行了量化。基于所做的假设并对条件进行了模拟，结果表明，对于一个典型且较为常见的较少井数的情况，开放边界与封闭边界在确定操作的有效性中至关重要。(a) 如果压力梯度大部分停留在系统外部（系统压力 > 周围压力），开放边界条件可能会反直觉地导致热回收相对不足。然而，这将有利于通过为流体（CO₂ 和盐水）提供逃生通道，实现 CO₂ 注入和储存效率。(b) 封闭边界条件将普遍有利于流体和热量的产生。但是，过大的压力积聚将显著影响操作持续时间。对于经济上不合理的井数较多的情况，通过从介质中有效地提取流体可以降低边界条件的影响，从而提高地热热回收率并避免压力积聚。研究表明，边界条件对盐沉降没有显著影响。

■ 作者信息

Masoud Babaei

School of Chemical Petroleum Engineering and Analytical Science, The University
Engineering of Manchester, Manchester, UK

本文发表于：Transport in Porous Media

2019 年第 126 卷 249-273 页

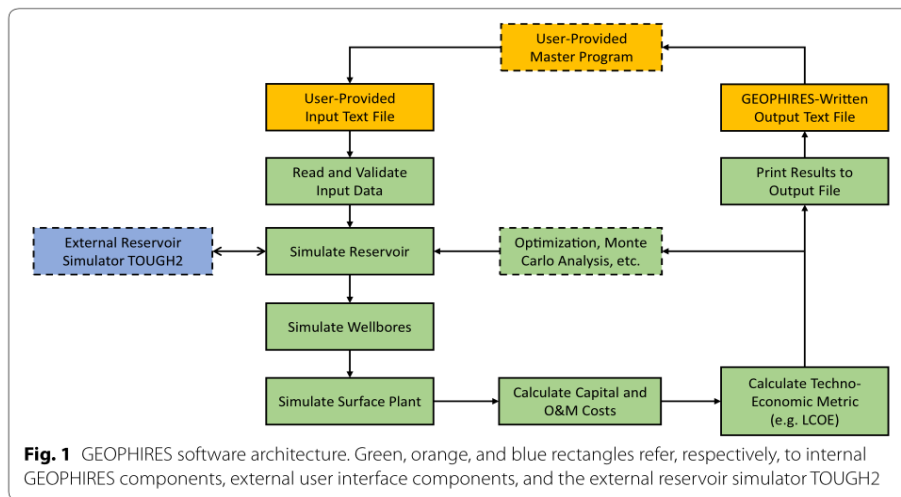
全文链接：<https://doi.org/10.1007/s11242-018-1042-1>

地球仪 2.0 版：更新的地热技术经济模拟工具

GEOPHIRES v2.0: updated geothermal technoeconomic simulation tool

■ 摘要译文

本文介绍了地热技术经济模拟工具 GEOPHIRES 的新版本 (V2.0) [地热产热和发电 (简称“IR”) 的经济模拟]。GEOPHIRES 结合了储层、井筒以及与成本相关性、平准成本模型相结合的地面工厂技术模型, 来估算地热发电厂的资本和运营维护成本、瞬时和终身能源产能, 以及整体平准化能源成本。除了发电外, 还可以对直接使用热应用和热电联产或热电联产进行建模。GEOPHIRES 2.0 版已经完成了各种升级和开发, 其中包括: 更新内置成本相关性, 耦合到外部储层模拟器 TOUGH2, 增强了内置井眼模拟器, 将编程语言转换为 Python, 并使代码开源。鼓励用户使用和构建该工具, 例如通过实现自己的相关性或把该工具和其他模拟器耦合。本文讨论了 GEOPHIRES 2.0 版的目标和历史, 并展示了软件架构以及内置的模型和相关性。本文包括了两个模拟示例和运行模拟的快速入门指南。



■ 作者信息

Koenraad F. Beckers and Kevin McCabe

National Renewable Energy Laboratory, 15013 Denver West Parkway, Golden, CO 80401, USA

本文发表于: Geothermal Energy

2019 年第 7 卷 1-28 页

全文链接: <https://doi.org/10.1186/s40517-019-0119-6>

通过水文地球化学、同位素和地球物理研究提出的 Şavşat 地热田的概念模型

Conceptual model of the Şavşat(Artvin/NE Turkey)Geothermal Field developed with hydrogeochemical, isotopic, and geophysical studies

■ 摘要译文

土耳其 Artvin 的 Şavşat 地热田 (ŞGF) 位于土耳其的东北部边境。该地区以热矿化泉和石灰华为特征。热水的温度是 36 °C, 矿化泉水的温度约为 11 °C。Na-HCO₃-Cl 型热水 pH 值为 6.83, EC 值为 5731 µS/cm。本研究的目的在于利用地质、地球物理和水文地球化学数据来确定地热系统的特征, 并测定其水化学性质。建立了一个概念水文地质模型-ŞGF 水文地质流动系统。根据地质、地球物理和水文地球化学研究创建的水文地质概念模型表明, 该储层由火山成因砂岩和火山岩组成。地热系统的盖层为泥岩-粉砂岩-砂岩交替组成的浊积沉积物。地热梯度的增加主要是由于该地区的更新世火山活动。热同位素值水 ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$, $\delta^3\text{H}$) 表明深循环的大气起源。根据二氧化硅地温计计算的储层温度为 100-150 °C, 并且冷地下水与地热水的混合率约为 70%。它可能可以从 300 米深的钻孔中获得更热的流体, 切割通过地球物理研究确定的断裂带。年轻的火山活动产生的地热梯度通过热传导, 推动地热水沿着作为热水通道的断层和裂缝向上流动。正 $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$ 值 (+4.31‰) 表示热水的变质起源。 34S_{CDT} 值 (约 10‰) 表明地热水中的硫来源于火山硫。

■ 作者信息

Fatma Gültekin, Esra Hatipoğlu Temizel, Ali Erden Babacan , M. Ziya Kırmacı , Arzu Fırat Ersoy and B. Melih Subaşı

Geological Engineering Department, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey

本文发表于: Geothermal Energy 2019 年第 77 卷 1-26 页

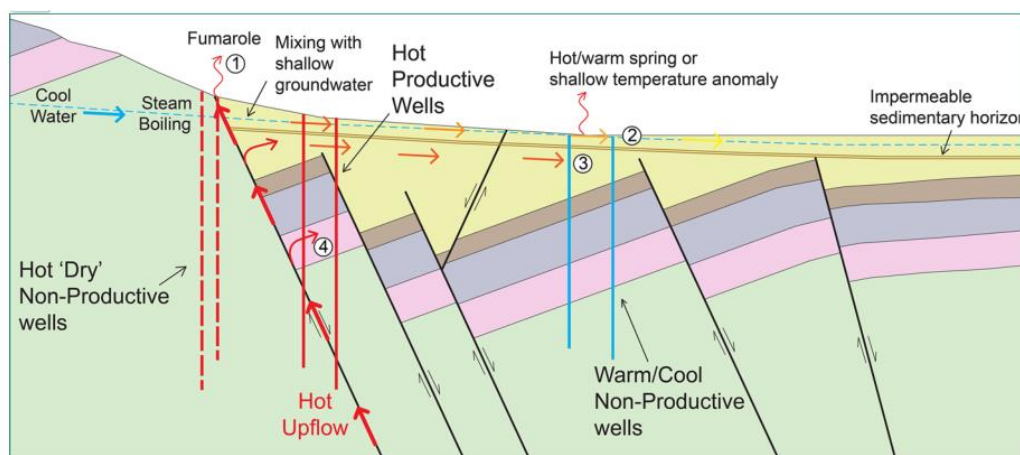
全文链接: <https://doi.org/10.1186/s40517-019-0128-5>

三维地质填图评估地热潜力：示例来自于内华达州和俄勒冈州

Three-dimensional geologic mapping to assess geothermal potential: examples from Nevada and Oregon

■ 摘要译文

地质构造对地热系统的流体流动起着重要的控制作用。特别是在非常复杂的构造背景下，如由许多紧密间隔的断层相交的位置，蕴藏着许多地热系统。为了阐明关键地质因素如何影响断层并控制地热循环，本文介绍了两种在美国盆地和山脉系统中的地热三维地质分析方法和分析结果。这种方法是定量的，并在未来地热增长需要提高勘探精度以及效率的时候，可用于精确描述地热区。在构建详细的地热区三维地质图时，综合了地表和地下地质和地球物理数据。基于这些三维地质图，我们研究了控制沿断层发育和地热流体流动渗透性的几个地质属性。我们利用断层的应力状态以及结构不连续性的分布确定这些地热系统中沿断层向上流动的流体位置。这些研究的结论和方法直接适用于全世界范围内的由构造控制的盆地和山脉里产出的地热田。在未来将继续加大隐藏地热勘探开发力度时，更加精确的地下结构信息表征将变得越来越重要。



■ 作者信息

Drew L. Siler, James E. Faulds , Nicholas H. Hinz , Gregory M. Dering, Joel H. Edwards and Brett Mayhew

U.S. Geological Survey, 345 Middlefield Rd MS 989, Menlo Park, CA 94025, USA

本文发表于：Geothermal Energy

2019 年第 7 卷 1-32 页

全文链接：<https://doi.org/10.1186/s40517-018-0117-0>

用三维地震勘探研究位于柏林北部的深部地热研究平台 Groß Schönebeck

3-D seismic exploration across the deep geothermal research platform Groß Schönebeck north of Berlin/Germany

■ 摘要译文

德国北部盆地是德国三大深部地热能产出地区之一。相比于断裂地区（莱茵地堑）和岩溶地区（磨拉石盆地），这里的孔隙空间参数是主要决定因素。为了进一步开发位于德国 Groß Schönebeck 研究平台中东北部盆地的一个子区域地热资源。我们调查了德国北部盆地的地质构造和存在于地下可能的断层系统。为此，我们采用了高分辨率三维反射地震勘探的方法以克服二维地震剖面技术上的限制，例如空间聚焦效应和断层成像。勘测区地表范围 8 km×8 km 和地下 4 公里的深度。以四个振动器为震源（12 - 96 赫兹扫描，持续 12 秒），我们使用了 700 米的震源线间距和一个接收器线路间距为 400 m，震源和检波器间距均为 50 m。数据处理包含 CRS（共反射面）叠加，叠加后时间偏移与深度转换。我们观察到，在 Rotliegend 组顶部上方 0.6 至 1 km 厚大约 4 公里深部的地方，主要为连续反射，地表起伏平缓，偶尔出现正断层。我们决定研究区域的地层序列，这使我们能够看清东北部的其他地区绘制的一套几乎完整的地层序列。然而，在深于 4 公里的地方，遇到了低分辨率、低频率的图像。进一步开发该地区有两个重要因素，一是我们没有观察到地壳规模的断层的明显影响，这和该区域概念模型预测到的不一致，二是在当前工作情况下，储热区的没有显示出以断裂为主导的特征。

■ 作者信息

Charlotte M. Krawczyk, Manfred Stiller, Klaus Bauer, Ben Norden, Jan Henningses, Alexandra Ivanova and Ernst Huenges
GFZ German Research Centre for Geosciences, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany

本文发表于：Geothermal Energy

2019 年第 7 卷 1-18 页

全文链接：<https://doi.org/10.1186/s40517-019-0131-x>