



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 (2021年第4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。

国外地学文献速递（地热能专辑）是中国地质调查局地学文献中心为切实服务地质调查中心工作而推出的《国外地学文献速递》系列专辑之一。通过对国外主要文献数据库中涉及地热能勘查开发的最新文献进行筛选、摘要编译形成专辑。

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能利用及相关技术发展、地热田地质构造、地热系统水文过程的化学和同位素约束等。



目 录

城市规划中的地热能	1
日本地热能利用及其相关技术发展	2
地质因素对地热发电资源的控制.....	3
利用地热测量数据，结合地质、地球化学和重力分析对马哈拉特地热区进行评价	4
云仙火山地热系统水文过程的化学和同位素约束.....	5
印度尼西亚 DARAJAT 地热田地质构造和地层学的更新.....	6
基于地球物理勘探-地热地质建模的地热场三维模拟探索.....	7
石化地热系统与活动地热系统:揭示地热流体流动与深部地质构造关系的野外和实验室方法	8
地质真实构造模型的重力、磁场、示踪剂、岩性和断层数据的随机反演:巴图亚地热田实例研究.....	9
FLORES 岛 MATALOKO 地热田地热井定位的地质构造考量.....	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：孙君一
审 校：王学评
审 核：陈晶

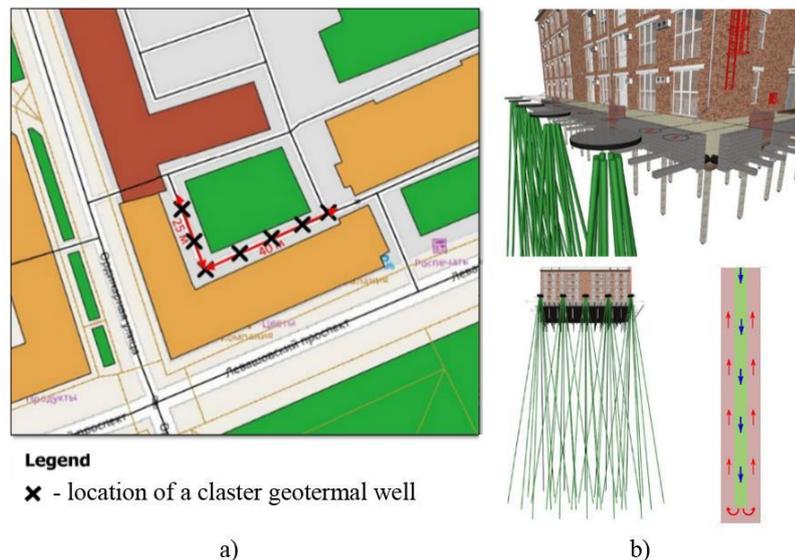
联系电话：(010)66554986
联系人：孙君一
电子信箱：476015552@qq.com

城市规划中的地热能

Geothermal energy in urban planning

■ 摘要译文

地热交换或浅地热能已越来越多地用于房地产行业来维持舒适的室温。增加对地热能的利用，特别是在城市地区，急需纳入城市规划进程。地下规划、地下空间与土地利用规划的整合和三维立体规划，已经成为近十年来一个新兴的研究课题。本文将重点讨论城市土地利用规划中地热能利用的相关问题。其中包括（1）地下空间资源的整体展望；（2）利用空间的地热能技术；（3）多用户和热泵装置及其相互作用；（4）与其他地下用户和功能潜在的冲突和干扰；（5）住宅地热利用的需求和适宜性；（6）城市密度和地热能的合理利用；（7）城市地热土地利用规划的一般原则。本文给出了俄罗斯圣彼得堡市彼得格勒斯基地区的一座典型的多户住宅建筑使用热泵供暖的可行性案例分析。



彼得罗格拉斯基地区案例研究

a) 钻井井位区域示例;b)同轴地热探头的操作方案

■ 作者信息

Anvar Akhmetzhanov^a, Nikolai Bobylev^{a,b}, Wolfgang Wende^c

^a Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, 7-9, Universitetskaya nab., Saint Petersburg, 199034, Russia

^b corresponding author's e-mail address: n.bobylev@spbu.ru

^c Leibniz Institute of Ecological and Regional Development, Weberplatz 1, D-01217 Dresden, Germany

本文发表于: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2021 年第 703 卷 012036

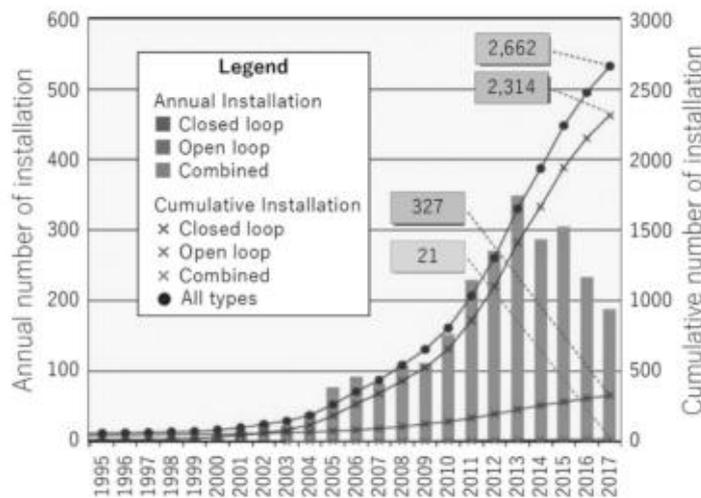
全文链接: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/703/1/012036>

日本地热能利用及其相关技术发展

Geothermal Energy Use and Its Related Technology Development in Japan

■ 摘要译文

日本有增强地热发电的国家目标，日本政府通过经济、贸易和工业部 (METI) 为地热开发和研发提供了多项财政激励措施。目前日本有2030年的短期目标和2050年的长期目标。其短期目标是通过改进技术有效开发常规热液系统，长期目标是在火山岩区深部开发超临界地热资源。后者涵盖了从基础科学研究到高新技术创新的方方面面。相比之下，地源热泵 (GSHP) 主要是由环境部 (MOE) 支持的私营部门所推广。日本地源热泵的一项专题研究工作是，基于对地下水流动的研究，对闭环和开环系统进行适宜性测绘。本文将对地热发电和地源热泵的具体情况和研究活动进行讨论。



地源热泵累计安装次数及年安装次数

■ 作者信息

Kasumi Yasukawa

Japan Oil, Gas and Metals National Corporation, 2-10-1 Toranomon, Minato-ku, Tokyo 105-0001, Japan

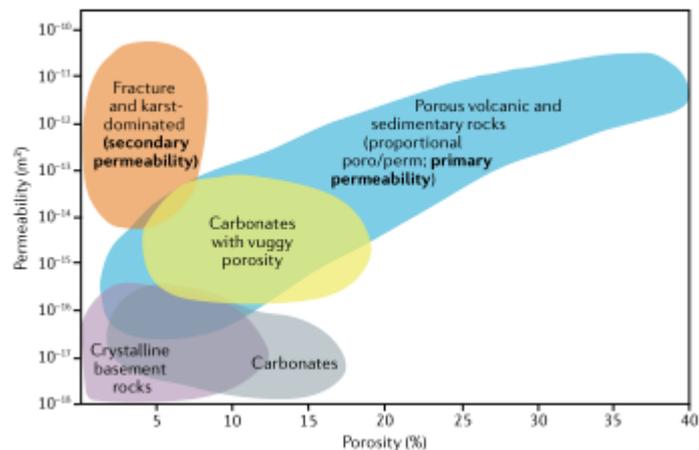
本文发表于: Journal of Energy Resources Technology 2021 第 143 卷 100904
 全文链接: <https://doi.org/10.1115/1.4050384>

地质因素对地热发电资源的控制

Geological controls on geothermal resources for power generation

■ 摘要译文

气候危机带来的威胁使人们迫切需要可持续的绿色能源。到 2050 年，地热资源有潜力提供高达 150GWe 的可持续能源。然而，成功定位和钻探地热井的关键是了解地下的非均质结构如何控制可开采储液层的存在。在这篇综述中，我们讨论了关键地质因素对利用中高温地热资源发电的积极作用。地热活动的主要驱动因素是地壳热流升高，这主要集中在岩浆活动活跃区/地壳变薄区。断层等渗透性构造对局部流体流动形式具有主要控制作用，并且大多数上升流区位于复杂的断层相互作用区。地热资源评估和运营的主要风险包括确保是否有足够的渗透性可用于抽取流体，以及储层压力的降低和可能诱发地震活动。先进的计算方法可以有效地集成多个数据集，从而降低潜在的风险。未来的创新之处在于工程地热系统以及超临界和近海地热资源开发，这可以扩大地热能源的全球应用，但前提是需要对该地区地质条件有详细的了解。



地热储层孔隙-渗透率关系研究

■ 作者信息

Egbert Jolie^a; Samuel Scott^{b,c} 等

^a GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany, Egbert Jolie, Simona Regenspurg & Moritz Ziegler

^b Iceland School of Energy, Reykjavik University, Reykjavik, Iceland, Samuel Scott

^c Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Reykjavik, Iceland, Samuel Scott

本文发表于: Nature Reviews Earth & Environment 2021 年第 2 卷 1-16 页

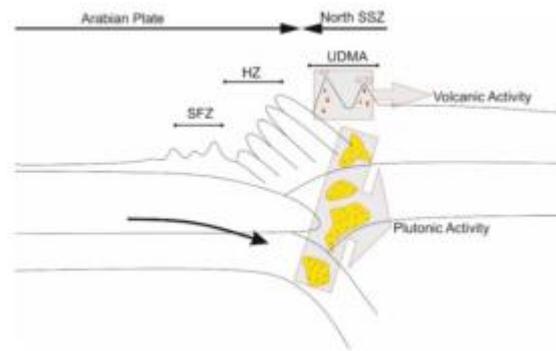
全文链接: <https://www.researchgate.net/publication/350656952>

利用地热测量数据，结合地质、地球化学和重力分析对马哈拉特地热区进行评价

Appraising Mahallat Geothermal Region using thermal surveying data accompanied by the geological, geochemical and gravity analyses

■ 摘要译文

马哈拉特地热区位于伊朗中部，是世界上最大的低温地热田之一。本文综合地质、地球化学和地球物理分析方法，对马哈拉特地热资源进行了评价。重力资料显示有三个主要的负异常带。根据地球化学分析，石英地温计比其他地温计更可靠，并确定该储层温度在 90°C 左右。侏罗系地层的岩性特征和高硫酸盐含量表明在热流体上存在富煤层的痕迹。在深度为 50-100 米的 7 个钻孔中测量的温度表明，预计的地温梯度约为 81.5° C/km。在所有钻孔中，只有一个钻孔的数据得出了这种几乎可靠的梯度。其他钻孔显然太浅，或受到沿现有断层向上或向下流动的水的影响。地质、地球化学、重力和钻孔测量数据表明，存在一个温度约为 90° C 的浅层储层。重力数据和已观测到的断层显示，地热储层的延伸方向平行于一条沿 NE-SW 走向的主断层。



中始新世北 sanandaje - sirjan 带(NSSZ)的构造演化(采自 38)
HZ 和 SFZ 分别代表 High Zagros 和 Simply Folded Zagros

■ 作者信息

Javad Nouraliee^a, Davar Ebrahimi^a, Ali Dashti^b 等

^a Renewable Energy Department, Energy and Environmental Research Center, Niroo Research Institute, Tehran, Iran.

^b Institute of Applied Geosciences, Karlsruhe Institute of Technology, Adenauerring 20b, 76131 Karlsruhe, Germany.

本文发表于: Scientific reports 2021年第11卷 12190

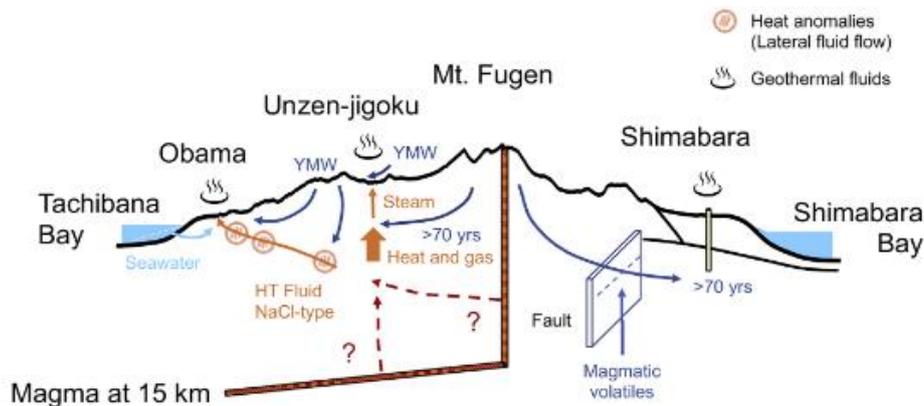
全文链接: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90866-4>

云仙火山地热系统水文过程的化学和同位素约束

Chemical and isotopic constraints on hydrological processes in Unzen volcanic geothermal system

■ 摘要译文

在火山地区成熟的地热系统释放出的岩浆挥发物可以预测火山爆发。因此，这些流体的地下流动动力学对于解释它们的化学和同位素组成至关重要。此外，由于地热流体（温泉）在全球被用作能源资源，这些信息对于其可持续管理也很重要。在此背景下，我们研究了岛原半岛（云仙，岛原和奥巴马）三个地热地区流体的地下停留时间，测量了它们的氡和 ^{36}Cl 的活性，以及它们的化学和稳定同位素组成。在岛原，地热流体的微量氡活动表明，岩浆挥发物是由核前（停留时间 >60 年）地下水运输的。氡和 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 资料表明，云仙地热田的蒸汽也来源于核前大气降水，约占地热田总水量的四分之一。奥巴马地区地热流体的 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比值超过海水，表明在长时间的水-岩相互作用过程中，加入了核源的氯化物。



云仙地堑地热系统示意图，改编自 Ohta(2005)和 Ohsawa(2006)

蓝线表示冷水的流动，“YMW”代表“年轻的大气水”

■ 作者信息

Reika Yokochi^a, Roland Purtschert^b 等

^a The University of Chicago, 5734 S. Ellis Avenue, Chicago, IL 60637, USA,

^b Climate and Environmental Physics and Oeschger Center for Climate Change Research, University of Bern, Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern, Switzerland,

本文发表于: Journal of Volcanology and Geothermal Research 2021 年第 419 卷
107353

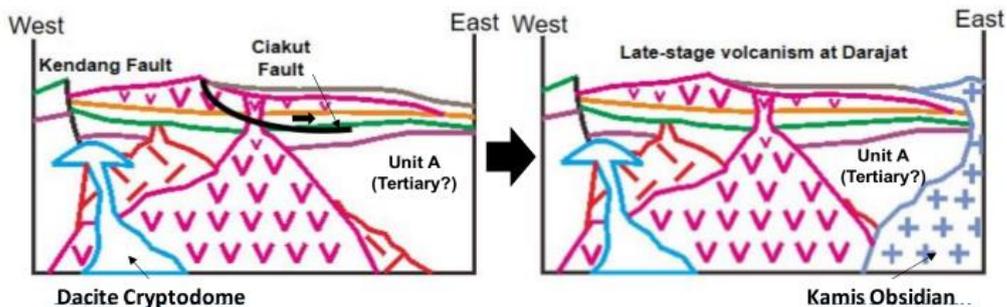
全文链接: <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2021.10735353>

印度尼西亚 Darajat 地热田地质构造和地层学的更新

Updated Geologic Structures and Stratigraphy of the Darajat Geothermal Field in Indonesia

■ 摘要译文

Darajat 地热田地质构造和地层评价的主要目的是完善和更新其概念模型和地质模型。对钻孔图像日志进行重新解释，对岩屑和岩心进行额外的岩石学分析，整合 2009-2011 年钻井的井下数据，以及最近的资源勘察，可以根据主要的岩石类型定义至少 7 个岩性单元。将更新后的储层地层学与表层岩石进行对比，建立了 Darajat 地热系统的火山地层学和地质年代学。由 Darajat 地热储层和早期液态地热系统假想的次火山部分组成的安山岩-侵入杂岩属于 Kendang 火山岩，由 A 和 B 两个地下单元组成。通过分析 2014 年获得的激光雷达 (LIDAR) 数据/图像，对 Darajat 的主要火山构造特征和结构进行了解释。激光雷达数字高程模型 (DEM) 的山影地图显示了 punak Cae、Gagak 和 Kiamis 几个明显的火山口。突出的 Kendang 断裂延伸到东北部的 Kamojang 地块，可能是较早的一个火山环构造的一部分，此处称为 Kendang。几口钻井的钻孔图像日志的井眼图像数据表明，Kendang 断层可能向东倾斜 70°。虽然尚需进一步证实，但我们推测目前蒸汽为主的地热储层开发前的减压事件可能与 Kendang 火山喷发有关。加勒断层是另一个突出的地表构造，认为是在旧的 Kendang 火山喷发后加勒火山复活时形成的。



Darajat 地热田火山地层概念

■ 作者信息

Rindu Grahabhakti Intani^a, Satrio Wicaksono^b 等

^a Geothermal Engineering Master's Program, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10, Bandung 40132, Indonesia

^b Star Energy Geothermal Salak Ltd, Sentral Senayan 2 Building 26th floor, Central Jakarta

本文发表于: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2021 年第 732 卷 012012

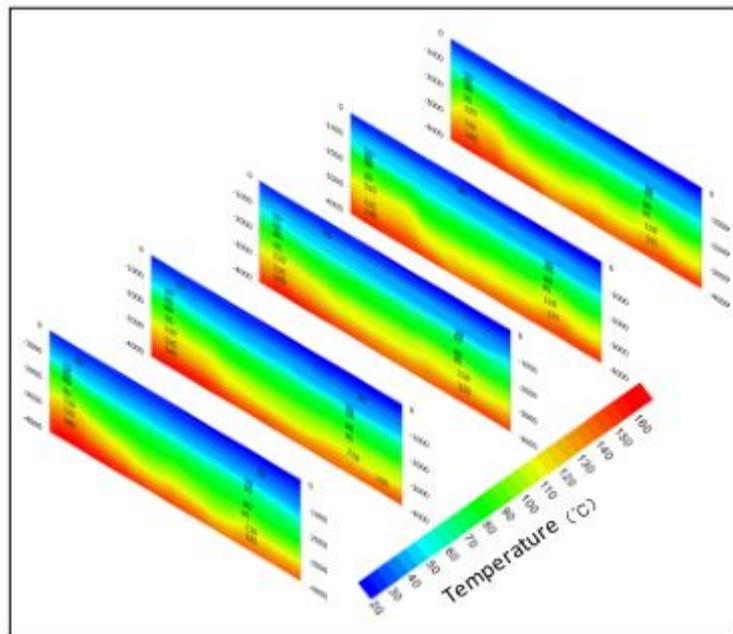
全文链接: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/732/1/012012>

基于地球物理勘探-地热地质建模的地热场三维模拟探索

Exploration of 3D Simulation of Geothermal Field Based on Geophysics Exploration-Geothermal Geological Modeling

■ 摘要译文

本文介绍了一种基于地球物理勘探建立地热地质模型后，利用有限元法对研究区地热场进行三维模拟的方法。首先，通过地球物理勘探，建立研究区三维地质模型，对地质模型中不同地层和岩性的导热系数进行赋值，然后建立三维地热地质模型；第二步，对地热地质模型设置地温、热源等初始条件，利用网格自适应技术进行网格自动划分；最后在三维模拟空间中通过并行计算得到三维地热场。该方法已应用于辽河油田曙光地区地热研究，模拟效果良好。



曙光兴隆台地区地热田二维剖面

■ 作者信息

Yongshan Zhu^a, Ning Zhao^b

^a Comprehensive geophysical and geochemical exploration Office of Dongfang geophysical company, Zhuozhou, Hebei,

^b School of physics and electronic information, Henan Polytechnic University, 454000, Jiaozuo Henan

本文发表于： IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

2021年 660卷 012087

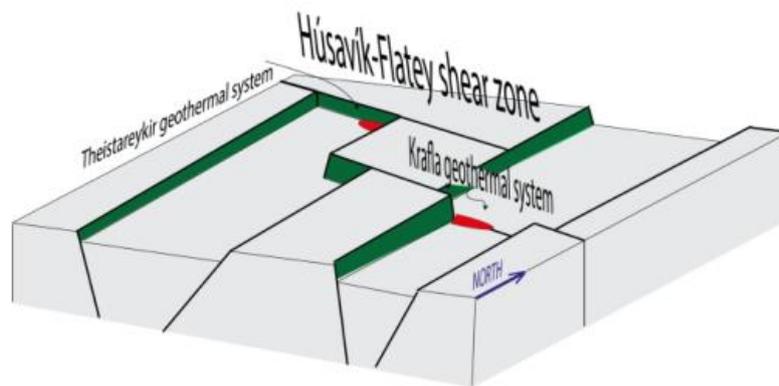
全文链接：<https://doi.org/10.1088/1755-1315/660/1/012087>

石化地热系统与活动地热系统:揭示地热流体流动与深部地质构造关系的野外和实验室方法

Fossil vs. Active Geothermal Systems: A Field and Laboratory Method to Disclose the Relationships between Geothermal Fluid Flow and Geological Structures at Depth

■ 摘要译文

通过比较石化地热系统和模拟活动地热系统,可以获得确定勘探区域概念模型的关键参数。该方法基于结构、运动学和流体包裹体分析。通过对石化地热系统的研究,描述了热液成矿的分布,作为流体通过地质构造和地质体在深部流动的证明。结构和运动学数据(以确定流体流动的优先方向)在构造位置处由关键露头上的扫描线和扫描盒收集。裂隙的分布、长度、宽度和热液静压可评估石化系统中的渗透性,通过类比,也有助于评价活性系统深部的渗透性。流体包裹体分析揭示了液体的密度、粘度和温度。数据集成提供了水力传导性。在活跃的地热系统中,野外工作将利用近期断层(<2 Ma)的数据进行应力分析,并与局部震源机制进行比较。由此,给出了当前流体路径的指示。该方法的主要优点在于常规钻井后可以获得其参数,有助于改进勘探策略,降低未成功钻孔的风险。



克拉弗拉地区地质构造与地热资源关系的概念结构模型(非标比例尺)

■ 作者信息

Domenico Liotta^{a,b}, Andrea Brogi^{a,b} 等

^a Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi Bari Aldo Moro, Via Orabona 4, 70125 Bari, Italy; andrea.brogi@uniba.it (A.B.); martina.zucchi@uniba.it (M.Z.)

^b CNR-IGG, Istituto di Geoscienze e Georisorse, Via Moruzzi 1, 56124 Pisa, Italy

本文发表于: Energies 2021年第14卷933

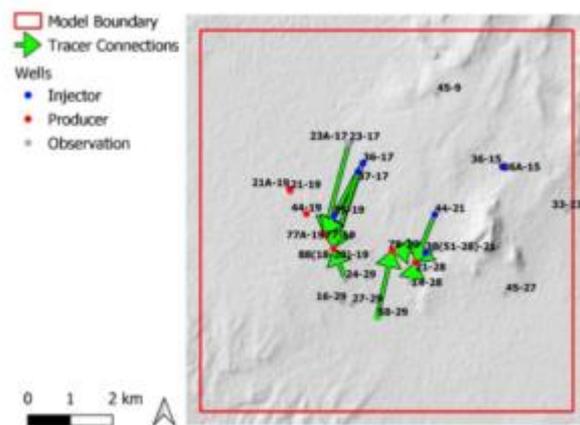
全文链接: <https://doi.org/10.3390/en14040933>

地质真实构造模型的重力、磁场、示踪剂、岩性和断层数据的随机反演:巴图亚地热田实例研究

Stochastic inversion of gravity, magnetic, tracer, lithology, and fault data for geologically realistic structural models: Patua Geothermal Field case study

■ 摘要译文

地质不确定性带来的经济风险是地热开发的主要障碍。地热井的产量取决于未知的地下地质构造位置,例如含有热液流体的断层。传统上,地质学家们收集许多不同的数据集,人工解译数据集,并创建一个单一的模型来估计断层的位置。然而,这种方法不能提供关于断层位置的不确定性信息,而且往往不能充分考虑所有观测数据集。先前的研究人员使用随机反演的方案来解决地质不确定性,但往往以牺牲地质事实为代价。在本文中,我们提出了算法和开源代码来随机反演五个典型数据集,以创建地质真实构造模型。利用来自帕图亚地热场的真实数据的案例研究,我们证明这些反演算法在寻找构造模型组方面是成功的,这些模型组在地质上是真实的,并且与观测到的数据充分匹配。在构造不确定的情况下,地质学家们可以利用这些模型组来优化储层管理决策。



Patua 井眼图和井眼测试之间的连通性

■ 作者信息

Pollack Ahinoam^a, Cladouhos Trenton T.^b

^a Stanford University, 367 Panama St, Stanford, CA 94305, USA,

^b Cyrq Energy Inc., 4010 Stone Way, Suite 400, Seattle, WA 98115, USA,

本文发表于: Geothermics

2021 年第 95 卷 102129

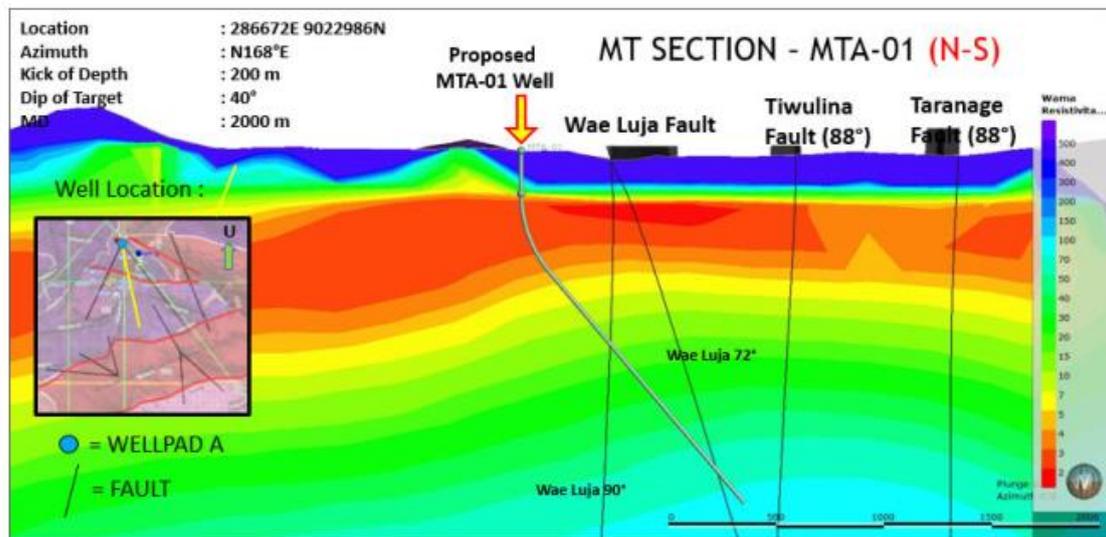
全文链接: <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2021.102129>

Flores 岛 Mataloko 地热田地热井定位的地质构造考量

Geothermal Well Targeting in Consideration To Geological Structures of Mataloko Field, Flores

■ 摘要译文

Mataloko 是 East Nusa Tenggara Flores 岛上的地热田之一，这是一个勘探、生产的地区，预计可以用于发电。在地质上，Mataloko 地区受断层和裂隙地质构造的影响较大。由于 Nusa Tenggara 群岛特别是 Flores 地区构造活动比较活跃，因此应慎重考虑钻探地热井。定向钻井应在地质构造对钻井方向影响较小的地区进行。Wae Luja - Ratogesa 地区是一个需要精确考虑地质构造的典型地区。地质填图结果对地质构造具有重要意义，而地下地质构造分析应重视地球物理资料分析。钻探的浅井深达 756.47 米，温度超过 185°C。利用地质和地球物理资料分析，认为盖层基底大致位于 +855masl ~ +20masl 高程。结合分析结果，可以对定向钻井进行详细的规划。



MTA-01 井方向的地质剖面建议作为穿越 Wae - Luja 断层的定向钻井

■ 作者信息

Untung Sumotarto^a, Yudistian Yunis^b 等

^a Universitas Trisakti, Indonesia

^b PT PLN Gas & Geothermal, Indonesia

本文发表于: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2021 年第 819 卷 012019

全文链接: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/819/1/012019>