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 （2022 年第 2 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，内容涵盖地热能潜力分析、地热系统能量损失原因分析、地热能开发潜在地区分析等。



目 录

北海南部基底断裂带地热潜力分析 1

日本 HATCHBARU 地热田气体地球化学特征 2

日本东北部 SENGAN 地热田超临界地热系统的 3D 电阻率成像 3

火山-地热系统释放的热能和扩散的 ^{4}He 和 ^{3}He 脱气 4

炎热干旱地区冷暖温室的地热能潜力 5

解决导致地热系统能量损失的方解石沉淀的根本原因 6

欧盟 H2020 热力钻井项目——岩石力学对利用地热能的贡献 7

MARSILI 海底山近海地热储层:能源转换模式的一大挑战 8

根据地理信息系统分析，LA RÉUNION 岛地热能源开发的潜在地区 9

利用 MONTSERRAT 地热井的岩芯反演地热温度和渗透率 10

获取更多地学文献信息，请关注“中国地质图书馆公众号”

本刊由“地学文献信息采集与智能化服务”项目支持

专辑主编：孙君一　　联系电话：(010)66554986

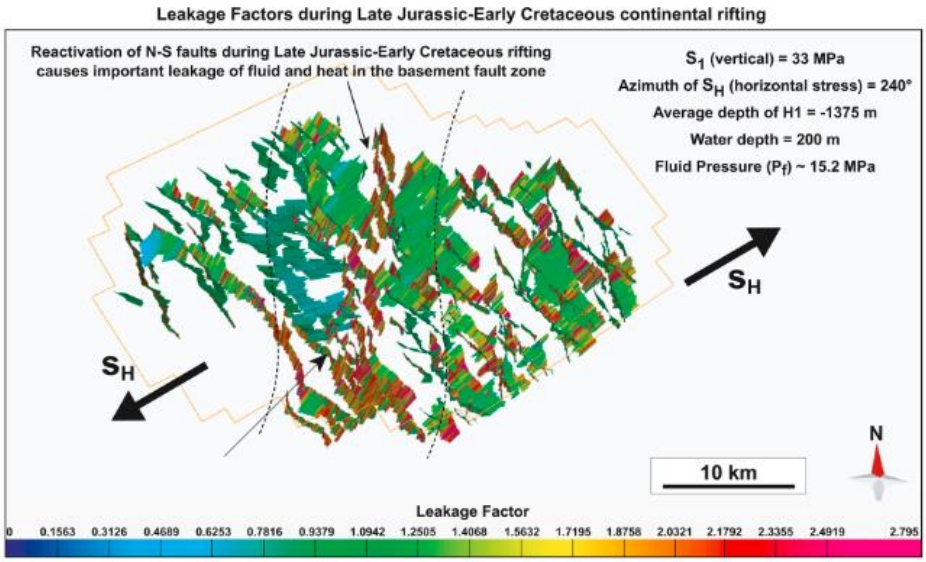
审　　核：陈　晶　　电子信箱：476015552@qq.com

北海南部基底断裂带地热潜力分析

Analysis of a basement fault zone with geothermal potential in the Southern North Sea

■ 摘要译文

中央海上平台（北海南部）的异常 3D 地震数据，加上 38 个钻孔的信息，指示该处存在一个 10 km 宽的基底断裂带，在该断裂带上方，流体异常从碱式盐储层发出，终止于白垩统纪地层。流体喷涌、烟囱和低振幅轨迹主要来自北西向裂陷断裂与北向基底断层带相交的区域。因此，73%的流体流动异常（129 个异常中的 94 个）发生在相关基底断层带内，或沿其脊部沿南北向发育。盆地模型证实，流体和热量主要产生于白垩纪，因此我们假设基底断裂带对过去的流体和热流有强烈的控制。目前，研究区井底温度为 140 ℃，显示出该区域的地热潜力。然而，这些温度与基底断裂带周围相对恒定的温度梯度（~ 32 ℃/km）形成对比。这表明，基底断裂带上过去的流体和热流不一定与目前较强的热液系统存在相关性。然而，由于井底温度在整个欧洲基准值范围内，它仍旧强调了基底断裂带作为寻找和评估潜在地热点关键结构的重要性。



中生代伸展期基底断裂渗漏因子计算

■ 作者信息

Tiago M.Alves, Nathalia H.Mattos, SarahNewnes 等
3D Seismic Laboratory – School of Earth and Environmental Sciences, Cardiff University, United Kingdom

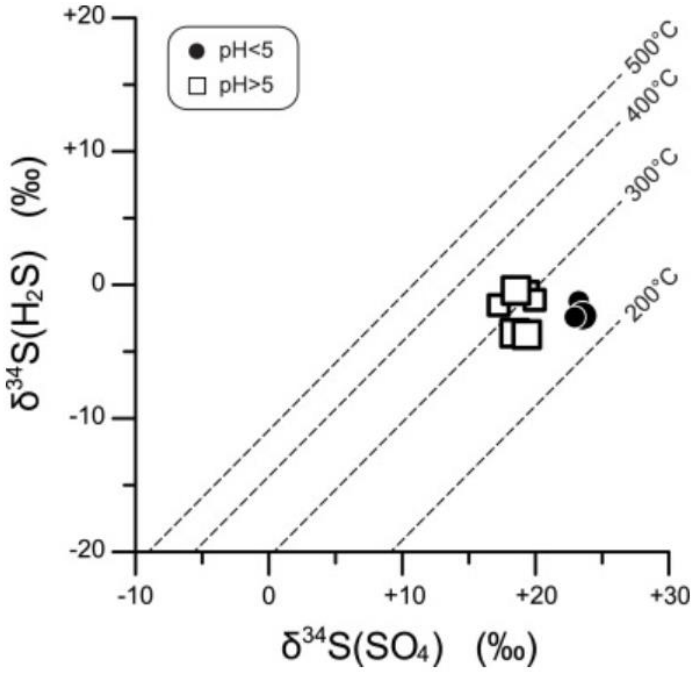
本文发表于：Geothermics 2022 年第 102 卷 102398
全文链接：http://377.rm.cglhub.com/10.1016/j.geothermics.2022.102398

日本 Hatchbaru 地热田气体地球化学特征

Gas geochemistry of geothermal fluids from the Hatchobaru geothermal field, Japan

■ 摘要译文

我们分析了日本九州岛 Hatchobaru 地热田流体的地球化学和同位素组成。流体地球化学与早期研究报道中的相似。通过地热系统的化学特征估算储层温度在 250－300°C 之间。蒸汽的氦和碳同位素比率可能反映了岩浆热源的特征。CO_2 和 CH_4 之间碳同位素交换的平衡温度为 375－430°C。硫同位素数据表明酸性 Cl-SO_4 型流体由中性 Cl 型流体改造而来。



Hatchbaru 地热流体中 δ ^{34}S（H_2S）与 δ ^{34}S（SO_4）的关系

■ 作者信息

Jun-ichiro Ishibashi[a,b], Kei Yamashita[a], Keigo Kitamura[c] 等

[a] Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, Japan
[b] Ocean-Bottom Exploration Center, Kobe University, Japan
[c] Present address: Kajima Technical Research Institute, Japan

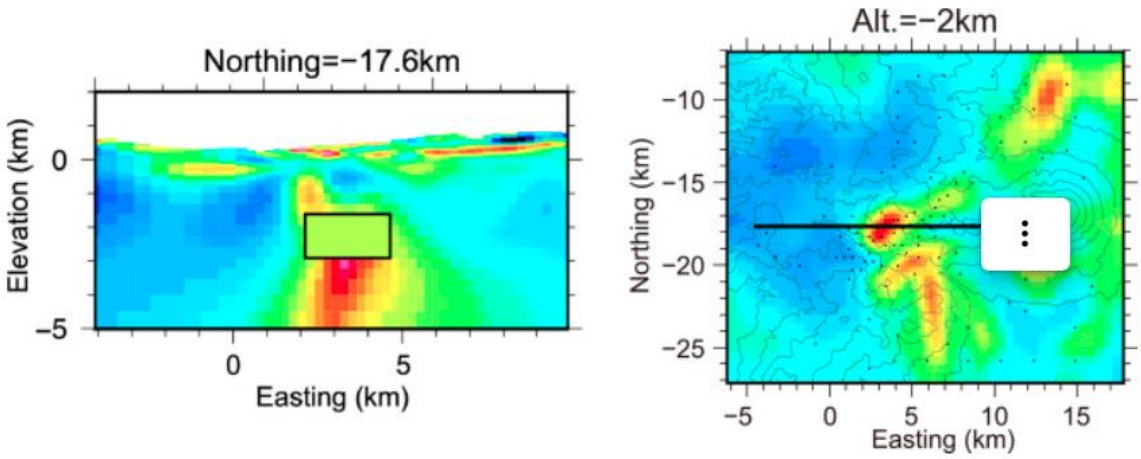
本文发表于： Geothermics 2022 第 102 卷 102379
全文链接： http://377.rm.cglhub.com/10.1016/j.geothermics.2022.102379

日本东北部 Sengan 地热田超临界地热系统的 3D 电阻率成像

3-D resistivity imaging of the supercritical geothermal system in the Sengan geothermal region, NE Japan

■ 摘要译文

在日本东北部的 Sengan 地热区进行了宽频大地电磁测量。在第四纪 Kakkonda 花岗岩地下 1.8 km 深度处发现了电阻率小于 30Ωm 的导体。导体中未观察到微震活动，表明存在温度超过 370° C 的韧性带。在这些条件下，H_2O-NaCl 流体可以以两相或单相类型存在。储层表面渗透率介于 3.0E-17 和 5.0E-15 m^2 之间，表明存在可开采的超临界地热储层。我们的研究结果认为，这是由岩浆的热量和流体供应系统引起的。



在灵敏度测试中固定电阻率区域(左)。黑线表示配置文件在左侧面板中的位置(右)

■ 作者信息

Yusuke Yamaya, Yota Suzuki, Yasuaki Murata 等

Renewable Energy Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology ,Japan

本文发表于： Geothermics 2022 年第 103 卷 102412

全文链接：http://377.rm.cglhub.com/10.1016/j.geothermics.2022.102412

火山-地热系统释放的热能和扩散的 ^{4}He 和 ^{3}He 脱气

Thermal energy and diffuse ^{4}He and ^{3}He degassing released in volcanic-geothermal systems

■ 摘要译文

活火山活动表明深部存在高焓资源，但有时地表没有任何内源流体的迹象，来证实活跃地热系统的存在。在本研究中，我们对来自 15 个火山系统的已发表和新发表的弥散氦发射和热能释放数据进行了广泛的研究，证实了弥散氦发射和与地幔流体上升有关的热能释放之间的直接关系。对于地表无明显地热表现，但有 ^{4}He 和 ^{3}He 异常释放的地区，该结果有助于推断深部和隐伏地热资源的存在，并可粗略估计其潜力。在火山系统地表环境中追踪弥散型 He 发射异常，为在隐伏或深埋地区勘探发现地热资源提供了非常重要的信息。

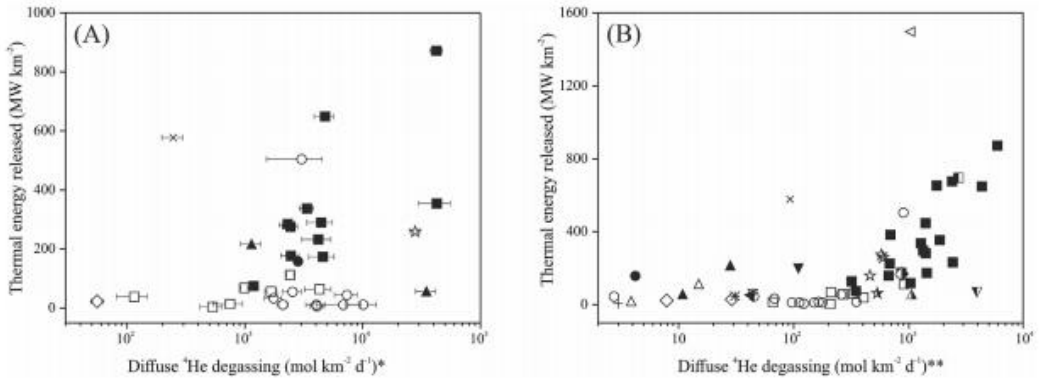


图 A．通过扩散和平流 He 通量与释放的热能计算出的扩散 ^{4}He 脱气

图 B．通过 CO_2 排放计算出的扩散 ^{4}He 脱气，以及在喷气孔中测量的 $CO_2/^{4}He$ 和 $^{3}He/^{4}He$ 比与释放的热能

■ 作者信息

Mar Alonso [a, b], Nemesio M. Perez[a, b, c], Pedro A. Hernandez[a, b, c] 等

[a] Instituto Volcanologico de Canarias （INVOLCAN）, San Crist obal de La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain
[b] Instituto Tecnologico y de Energ ías Renovables （ITER）, Granadilla de Abona, Tenerife, Canary Islands, Spain
[c] Agencia Insular de La Energ á de Tenerife （AIET）, Granadilla de Abona, Tenerife, Canary Islands, Spain

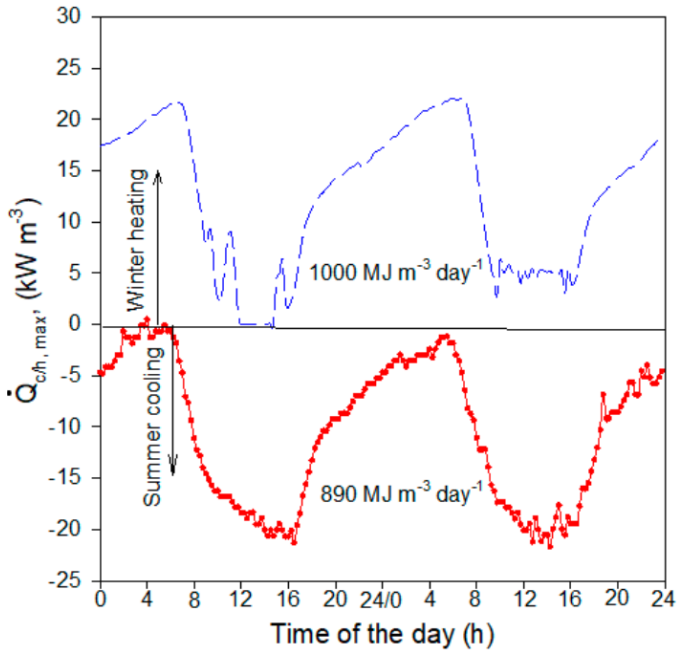
本文发表于：Renewable Energy 2022 年第 182 卷 17-31 页
全文链接：https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.016

炎热干旱地区冷暖温室的地热能潜力

Geothermal Energy Potential for Cooling/Heating Greenhouses in Hot Arid Regions

■ 摘要译文

在干旱地区，气候参数的剧烈季节变化常见；因此，地热效应在供暖/制冷应用方面的潜力很大。然而，由于缺乏有关地表和浅层地下温度剖面的资料，在这些地区的这种应用非常有限。因此，本研究的目的是：（i）通过测量一年的地下温度剖面，确定 EAHE 管的最佳埋深；（ii）如果进入管道的空气是潮湿的，研究在该管道内出现水汽凝结的可能性；（iii）如果实施了 EAHE 技术，量化最大的供暖/制冷容量。结果表明：夏季地温为 32℃，冬季为 29℃的地区， EAHE 管道的最佳埋深为 3m。在这些温度下，温室每排出 1 m^3 的潮湿空气，可提供 1000/890 MJ/天的最大制冷/制热能力。如果 EAHE 与温室在一个封闭的回路中运行，那么在冷却过程中，EAHE 管道中的水汽将不可能凝结。研究结果可为设计人员利用地热效应对干旱区室内空间进行制冷和供热提供参考。



EAHE 可提供的最大制冷/供暖能力（Qc/h，max）的日变化，以及每天的最大制冷/供暖潜力

■ 作者信息

Ibrahim Al-Helal[a] , Abdullah Alsadon[b] , Samy Marey[c] 等

[a]Department of Agricultural Engineering, College of Food and Agriculture Sciences, King Saud University,Riyadh
[b] Department of Plant Production, College of Food and Agriculture Sciences, King Saud University,Riyadh
[c] Sciences, Technology and Innovation Unit, King Saud University, Saudi Arabia

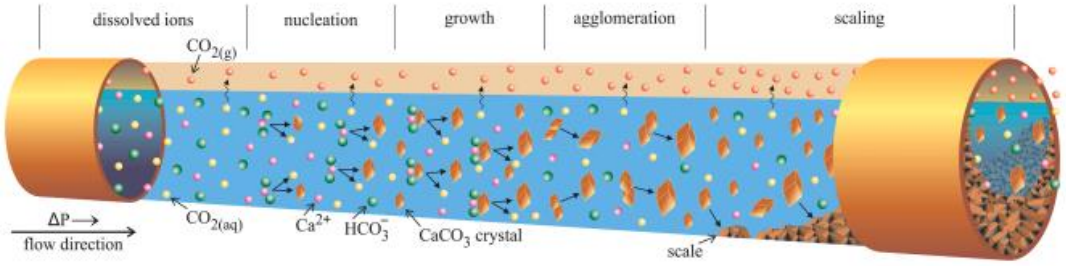
本文发表于：Atmosphere　　2022 年第 13 卷 1-15 页
全文链接：　https://doi.org/10.3390/atmos13010105

解决导致地热系统能量损失的方解石沉淀的根本原因

Addressing the root cause of calcite precipitation that leads to energy loss in geothermal systems

■ 摘要译文

地热能是世界上许多城市的重要能源，其中深部热水层有两个能量基础：热和水力。使用这种能量可以产生电力和热量。地热井是能量从储层流向地表的一种方式。一个已知的运行问题可以直接消耗水力能量，也可以间接消耗热能。碳酸钙（$CaCO_3$）的沉淀和结垢会减少甚至堵塞地热井的流动面积，延缓、降低甚至关闭水、蒸汽、热量和电力的生产。二氧化碳的脱气是深水系统固有的特性，通常是造成这个问题的原因。这种关系在化学平衡中很明显：Ca^{2+}（aq）+ $2HCO_3^-$（aq）⇆ H_2O + $CaCO_3$（s）+ CO_2（aq）。 随着水流的水头损失，CO_2（aq）变为气态（CO_2（aq）→CO_2（g）），这不利于 $CaCO_3$ 的溶解，意味着其矿化。CO_2（aq）将上述两种化学反应紧密联系在一起，使它们相互依赖。因此，有利于 $CaCO_3$ 析出的原因有两个：一是热力学条件（压力和温度）的变化，二是 CO_2 析出。即使热水没有沸腾或闪烁，它也会发生。本文旨在通过应用我们的技术在世界不同地区的地热田中量化这两个因素。在所调查的所有情景中，CO_2 的释放占 $CaCO_3$ 沉淀的 66.1%至 92.6%。这些结果可以引导工程师更好的解决问题，合理的设计和运行整个地热系统。



管道内多相流 $CaCO_3$ 结垢的主要现象，重点研究了 CO_2 在成核阶段的作用

■ 作者信息

Rafael de Paula Cosmo [a], Fabio de Assis Ressel Pereira [b], Edson Jos ́e Soares [a] 等

[a] Department of Mechanical Engineering, Federal University of Esp ́ito Santo, Vit ́oria, ES, Brazil
[b] Department of Industrial Technology, Federal University of Esp ́ito Santo, Vit ́oria, ES, Brazil

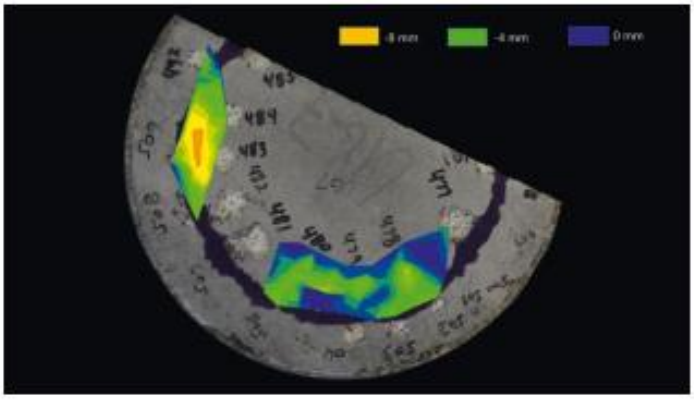
本文发表于：Geothermics 2022 年第 98 卷 1-13 页
全文链接：https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2021.102272

欧盟 H2020 热力钻井项目——岩石力学对利用地热能的贡献

Results of the EU H2020 project ThermoDrill – Contribution of rock mechanics to the utilization of geothermal energy

■ 摘要译文

我们迫切需要加快减少二氧化碳排放的进程，以及刺激可再生能源的生产和使用，而实现这些目标就需要先进的技术。通过开发先进的钻井技术，欧盟 H2020 热力钻井项目将自己的目标设定为：使地热能的利用更加经济。新的钻井技术是基于旋转钻井和高压流体喷射的结合。岩石力学在很大程度上有助于实现工程。特别是水力和机械联合冲击引起的岩石破坏过程的研究起着重要的作用。研究结果基于各种不同条件下岩石断裂的实验。此外，还应用了各种裂纹检测方法来识别钻井技术的基本机制。因此，所开发的原型规格在很大程度上基于岩石力学的发现。实验室测试和现场测试的结果论证了先进钻井技术的巨大潜力。



花岗岩样品与高压喷射缺口（充满深红色材料）和陨石坑的压痕测试

■ 作者信息

Thomas Stoxreiter[a] , Robert Galler[b] 等

[a] IGT Geotechnik und Tunnelbau Ziviltechniker Gesellschaft m.b.H. Mauracherstraße Salzburg ,Austria

[b] Leoben Lehrstuhl für Subsurface Engineering Erzherzog-Johann-Straße Leoben, Austria

本文发表于：Geomechanics and Tunnelling　　2022 年 15 卷 65-73 页

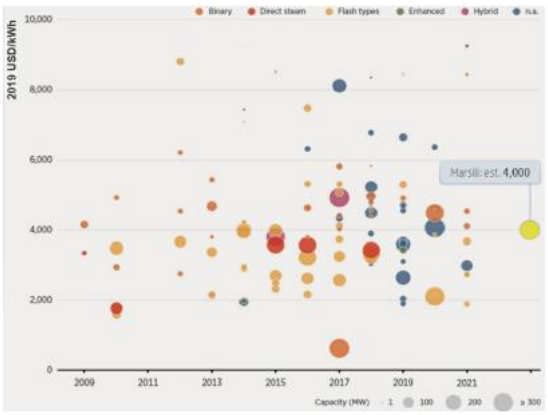
全文链接：https://doi.org/10.1002/geot.202100086

Marsili 海底山近海地热储层:能源转换模式的一大挑战

The Marsili Seamount Offshore Geothermal Reservoir: A Big Challenge for an Energy Transition Model

■ 摘要译文

可再生能源是唯一一种总装机容量出现明显增长的能源，2020 年新增装机容量创下了纪录。欧盟绿色协议代表了一种可持续经济模式的战略。在这个框架下，陆地上的地热发展非常有限；然而，在关于能源替代品的讨论中，海洋地热几乎完全没有出现，尽管它代表了能源转型的一个真正挑战，包括绿色氢的生产。本文讨论了世界范围内近海地热区的活动概况。我们重点研究了位于第勒尼安盆地的 bathial 平原上的 Marsili 海底火山的能量潜力，描述了自 2000 年以来对该海底山进行的详细的地质、地球化学和地球物理调查。所有资料表明，Marsili 海底山存在一个可开发的地热系统，该系统由一个约 100 km^3 的超临界地热流体储层组成。我们讨论和评估与潜在风险发生相关影响的实际一致性。我们还描述了下一步铺设试验井的必要性。在短期内，摆脱化石资源主导地位的一项重要突破可能来自开发海上高焓地热油田的能源生产，特别是在南第勒尼安海等地区。蓝色经济战略背景下的国际协议的目标是，利用蓝色经济与低生态足迹相结合，是一种自然而明确的倾向。



按项目、技术和容量计算的地热能总安装成本

■ 作者信息

Diego Paltrinieri[a], Paolo Favali[b], Francesco Italiano[c] 等

[a] Marine Geologist Business Developer, 40100 Bologna, Italy
[b] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, 00143 Rome, Italy
[c] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, 90100 Palermo, Italy

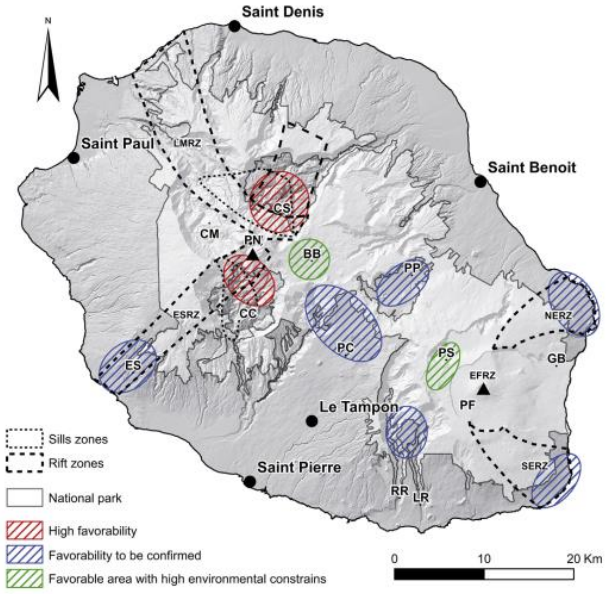
本文发表于： Energies 2022 年第 15 卷 15051900
全文链接： https://doi.org/10.3390/en15051900

根据地理信息系统分析，La Réunion 岛地热能源开发的潜在地区

Potential areas of interest for the development of geothermal energy in La Réunion Island based on GIS analysis

■ 摘要译文

La R é union 岛自 20 世纪 70 年代以来一直被认为是地热开发的一个有吸引力的目标。然而，到目前为止，岛上的地热资源还没有得到利用。本文首次使用地理信息系统（GIS）作为决策工具，以确定中高温地热资源最有利的开发区域。自 20 世纪 70 年代以来获得的所有数据（地质、地球物理、地球化学），以及最近被联合国教科文组织列为世界文化遗产的国家公园的保护等环境限制因素，均采用加权叠加法进行分析，以圈定当地地热勘探的有利地区。绘制了三张专题图：地质和构造指示图、热指示图和地球物理指示图。对这些地图的交叉分析突出了两个具有高地热潜力的地区；地热潜力未确定的 6 个以及位于国家公园保护区内的 2 个区域，因此受到严格的开发管理。可见，虽然在一些地区存在热异常，但地质构造的渗透性较低或不足，无法进行传统的地热利用。未来的勘探阶段应评估使用增强型地热系统（EGS）技术的可行性，以获得满意的经济效益回报。



La R é union 岛上的地热能源热点区域

■ 作者信息

Chrystel Dezayes 等

BRGM, 3, avenue Claude Guillemin, BP36009, 45060, Orl éans cedex, France

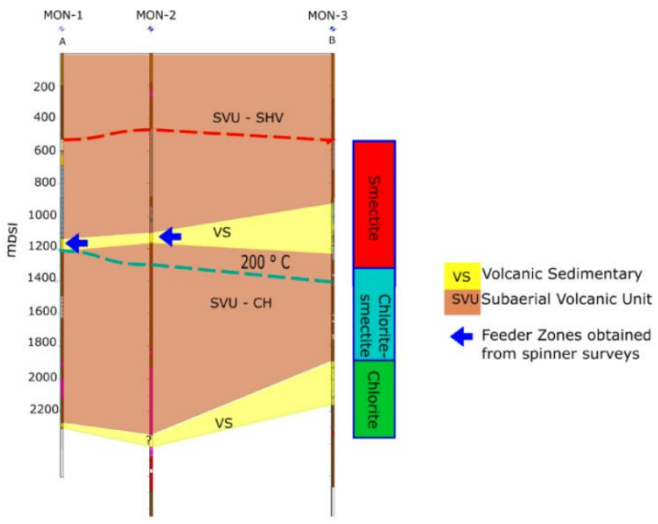
本文发表于：Journal of Volcanology and Geothermal Research 2022 年第 421 卷 107450
全文链接：https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2021.107450

利用 Montserrat 地热井的岩芯反演地热温度和渗透率

Utilizing cores for characterising the temperature and permeability regimes in a litho-stratigraphic model of the Montserrat geothermal system, Montserrat （Lesser Antilles arc, West Indies）

■ 摘要译文

岩芯样品对于描述火山地热环境至关重要。连续取芯有助于验证之前根据钻探岩屑确定的地质和地热分类。更重要的是，岩芯样本有助于提高我们对流体控制要素的理解，因为可以直接测量渗透率。在本研究中，我们对从 MON-3 井获得的三个岩芯（岩芯 1、岩芯 2 和岩芯 3）进行了岩石学和岩石物理分析，该井位于西印度群岛小安的列斯群岛蒙特塞拉特的热液系统中。我们提出了地热系统的岩石地层模型。依据岩芯 3（2109-2116.5 mbsl）的岩性（砂岩、石灰岩和互层硅化凝灰岩）和矿物（方解石与斜长石）有助于约束火山沉积单元，同时岩芯 1（1478-1482.6 mbsl）和岩芯 2（1700-1705.3 mbsl）的浮石纹理有助于对陆上火山单元进行分类（~1200-1900 mbsl）。结合模型中的分类蚀变组合和井下温度测井，我们认为，在深度小于 1200 bsl 的地方观察到的绿帘石和阳起石说明，热液系统的热状态比以前更热。最后，我们推断碳酸盐岩地层的原生渗透率或在较浅火山沉积（900-1200 mbsl）单元中的西南和西北西向断裂带控制的次生裂缝的渗透率可能会对井筒中的潜在进料层位置产生影响。这可以由在岩芯 3 的碳酸盐岩样品和岩芯 2 的裂缝样品中测得相对最高的渗透率来支持（10^{-18} - 10^{-17} m^2）。总的来说，岩石单元、蚀变组合和渗透带特征的改变，可能会对流体流动产生影响，可用于改进蒙特塞拉特地热系统之前的数值和地球物理模型。



圣乔治山地区 MON-1、MON-2、MON-3 岩性地层对比

■ 作者信息

Racine A.Basant 等

The Seismic Research Centre, University of the West Indies, St. Augustine Campus, Trinidad and Tobago, W.I,,

本文发表于： Geothermics 2022 年第 100 卷 102341

全文链接：http://377.rm.cglhub.com/10.1016/j.geothermics.2021.102341