

探索地球的能量——干热岩专题

一	地球的起源
二	地球的年龄
三	地球的形状和大小
四	地球的结构
五	地球的能量
六	清洁热源地热能
七	最具潜力的地热资源——干热岩型地热

卷首语

能源是人类社会存在于发展的基础，人类的任何生产与生存活动都离不开能源。

长期以来，化石燃料对世界经济的高速发展有着深远的影响，给人类带来前所未有的繁荣与幸福。但是，直到

最近我们才开始完全认识到为此所付出的代价，人类所面临的挑战已经很清晰。我们必须减少或者改变能源的获取与使用方式。没有人可以轻视这种挑战，从现在做起，相信我们可以找到对地球更佳的、可持续的，无污染的能源利用方案。

一、地球的起源

地球形成于几十亿年以前，初期的痕迹在地面上已很难找到了，以后的历史面貌也极为残缺不全。若想从地球面貌往前一步一步地推出它的原始情况，困难极大。

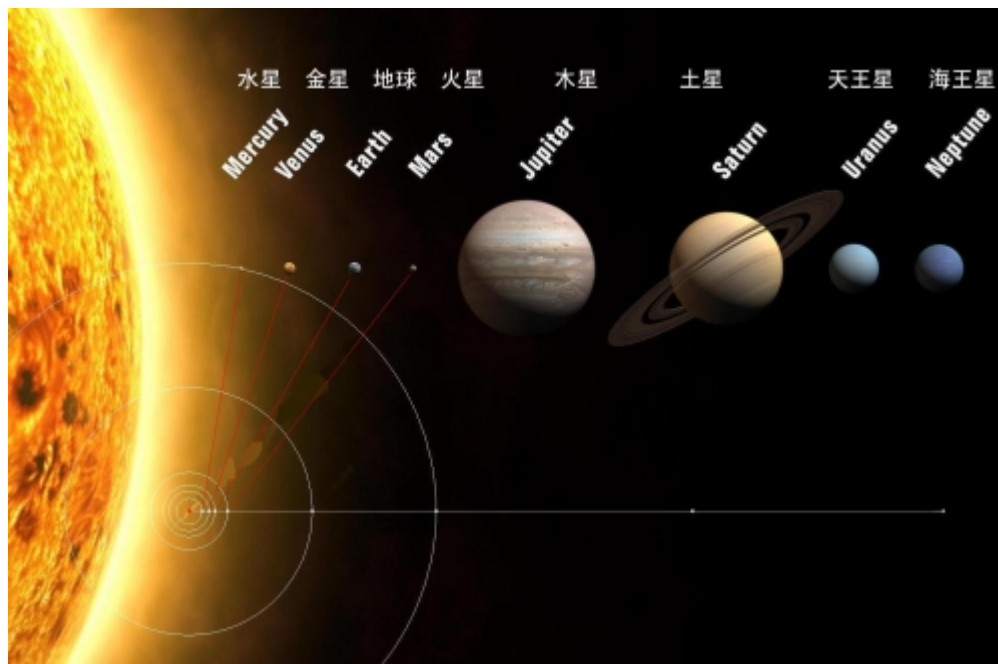
自1543年，波兰天文学家哥白尼提出了日心说之后，天体演化的讨论才开始步入科学范畴，逐渐形成了诸如“星云说”、“遭遇说”、“星子说”、“灾变说”、“潮汐说”、“大爆炸宇宙说”等学说。而其中“星云学说”在科学界

是被目前人们普遍接受的学说之一，至此，我们可以对形成原始地球的物质和方式给出如下可能的结论：

大约五十亿年前，一个由尘埃与气体形成的星团，在太空中缓慢地旋转着。由于本身引力的缘故，这些物质渐渐凝聚，愈缩愈小，旋转速度愈来愈快，中心部分的温度愈来愈高。在温度极高的核心，形成了一个炽热的星球——太阳。而在核心的外围，尘埃和气体聚集成岩块和各种石头，这些岩块和石头与太空中剩余的气体结合，逐渐演变成太阳系中的各颗行星。地球，就是其中之一。

初生的地球，在旋转以及尘埃和气体星云凝聚收缩的过程中，内部放射性物质元素（如铀、钍等）蜕变生热，使地球温度不断升高，形成一个熔融的热火球。熔融火球经历了1000万至2000万年尘埃吸积，地表不断增厚，炙热物质被包裹于地表以内，地表温度不断下降，当地表温度降低至沸点以下时，存在于原始大气中的水蒸气开始大量液化，倾盆大雨降落到地球表面低凹之处，形成了江河、湖

泊和海洋。大量水的存在使地球表面温度持续下降至适宜生命的存在，地球初具今天的模样：地表以下是巨大的热库，地表以上是生命的家园。

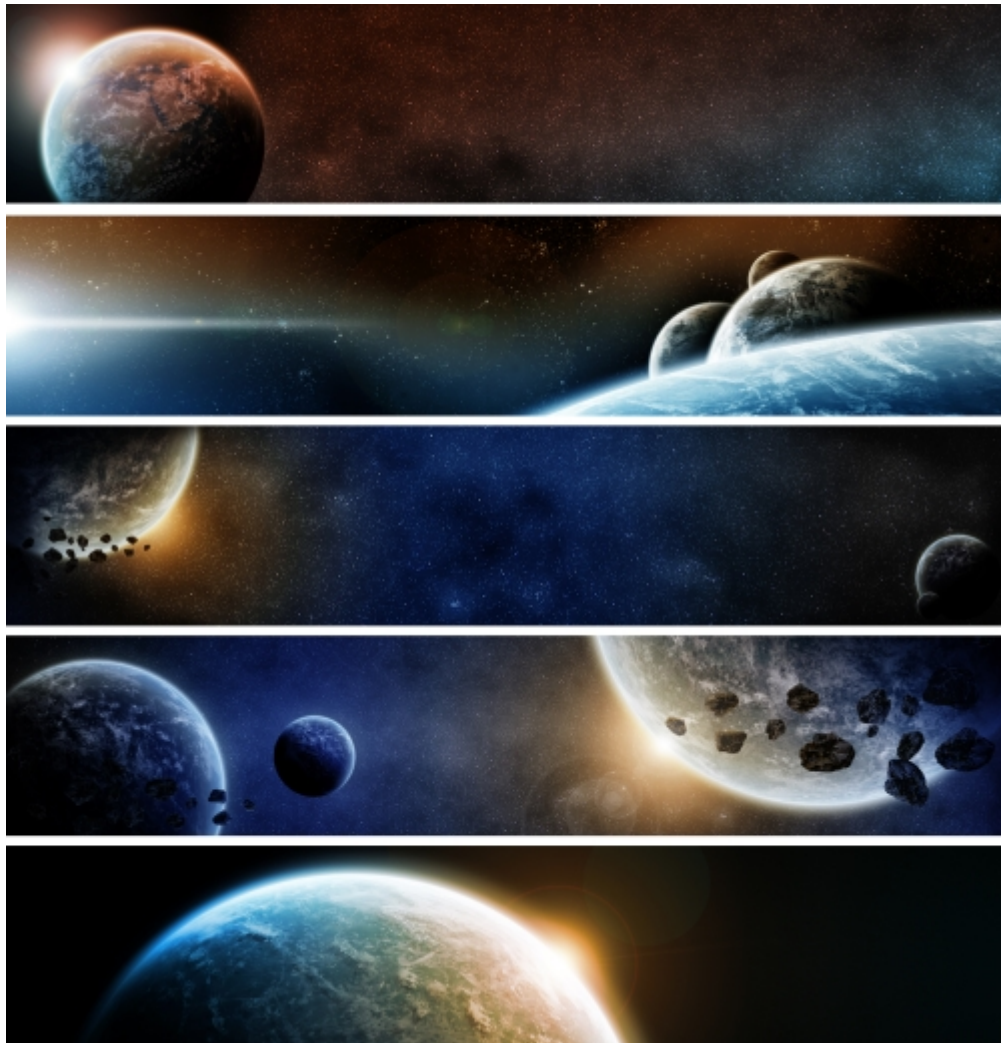


二、地球的年龄

科学家已测定太阳系中碎屑的年龄都在45亿年至47亿年之间。19世纪60年代，在月球上发现的岩石经测定吻合了这一时间，而包括地球在内的太阳系成员大都在同一时期形成，因此，科学家推测地球大约已经存在了46亿年左右。

在加拿大的东北方向冰雪覆盖的格陵兰岛西部，发现了迄今地球上最古老的岩石-----阿米佐克片麻岩，距今大约38亿年，这也大致验证了科学家们的研究，更早的岩石证据还有待发现。

按照对地球寿命100岁的推算，现在的它正处于中年。



三、地球的形状和大小

人类对地球形状的认识经过了漫长的过程，从最开始认为的“天圆地方”，到“球形”，最后科学家经过长期的精密测量，发现地球并不是一个规则球体，而是一个两极部位略扁赤道稍鼓的不规则椭圆球体。

若将地球比作一个“鸭梨”，“梨身”是鼓起的赤道部分；“梨蒂”是放尖的北极点；而凹进的南极点，是它的“梨脐”。

地球赤道的平均半径为6738公里，极半径为6357公里，地球北极地区约高出18.9米，南极地区则低24至30米。

地球子午线方向周长约为3.99万公里，赤道周长约为4万公里，如果一个人每天走55公里，大约要2年才能绕地球一周。

地球的表面积大概有5.1亿平方公里，陆地面积占29%，海洋面积占71%，可谓“三分陆地，七分海洋”。

太阳可以轻松装下100万个地球。



四、地球的结构

地球分为地球内部圈层和地球外部圈层两大部分。

地球内部圈层结构

地球内部存在地壳、地幔和地核三个圈层，好比是一个煮熟的鸡蛋，蛋壳相当于地壳，蛋白相当于地幔，蛋黄相当于地核。

地壳是地球的最表层，由于地球表面有陆地和海洋，因此，又有大陆地壳和大洋地壳之分。大洋壳的厚度很小，平均仅为6-8公里。大陆地壳一般厚度为33-35公里，最厚地区大约为50-70公里。中国青藏高原地区，地壳平均厚度可以达到70公里，是世界上地壳厚度最大的地区之一。大陆地壳由三种不同成分的岩石组成，最上面是沉积岩层，向下依次是花岗岩层和玄武岩层。地球内部的温度和压力随深度加深而增加，经检测，地壳岩石的年龄绝大多数小于20多亿年，而地球生成到现在大约已有46亿年，这说明构成地壳的岩石不是地球的原始壳层，是地壳内部的物质通过火山活动和造山活动形成的。

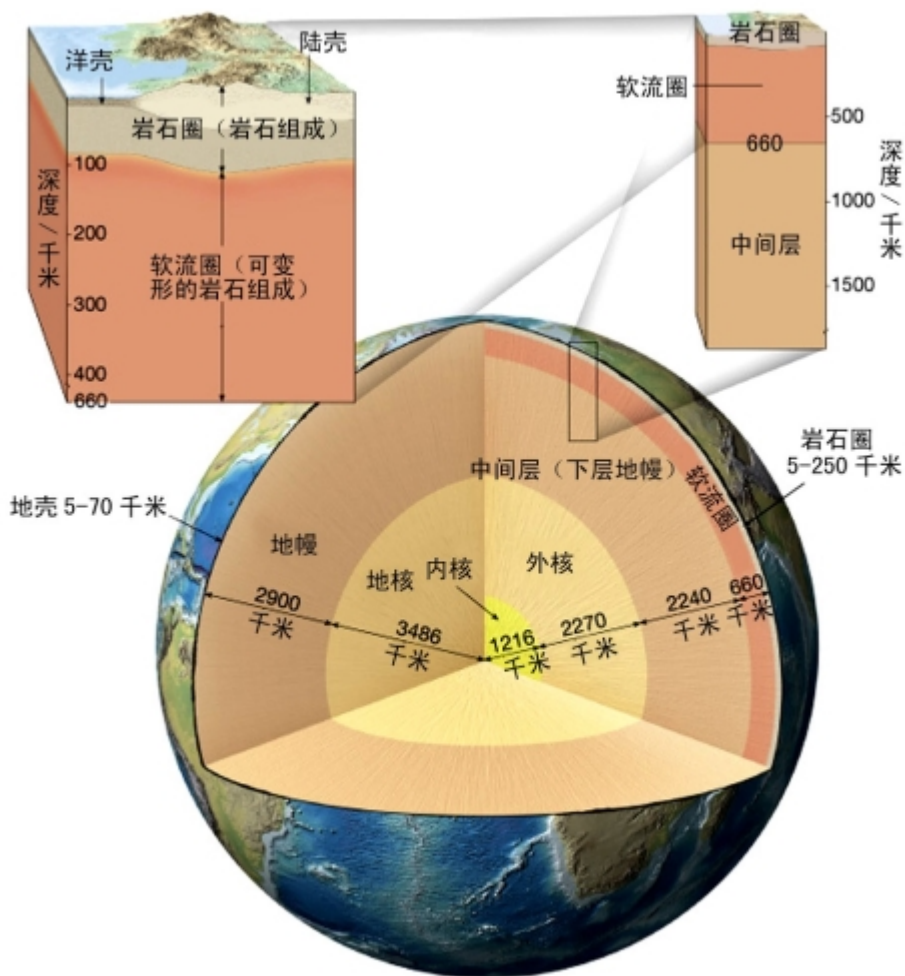
地幔厚度约2900千米，上地幔主要是橄榄石，下地幔是具有一定塑性的固体物质。上地幔上部存在一个地震波传播速度减慢的层，一般又称为软流层，推测是由于放射性元素量集中，蜕变放热，使岩石高温软化，并局部熔融造成的，很可能是岩浆的发源地。

地核的平均厚度约3400千米，外核是液态的，由铁、镍、硅等物质构成的熔融态或近于液态的物质组成，液态外核会缓慢流动，故有人推测地球磁场的形成可能与它有关。内核是固态的，从源自其他行星核心的铁陨石来推测，主要由铁、镍等金属元素构成。

地核占地球总体积的16%，地幔占83%，与人们关系最密切的地壳，仅占地球总体积的1%。

地球外部圈层

地球还包括大气圈、水圈和生物圈。这三个圈层之间没有明显的界线，它们彼此渗透，相互影响，在太阳和人类生活的参与下，使整个地球生机盎然。



五、地球的能量

地球并不是一个封闭的体系
她每时每刻都在宇宙中运动着
同时也在宇宙中进行着能量与物质的交换
而且能量与物质总是紧密的联系在一起的
伴随着物质的获得或丧失
地球系统也同时获得或丧失了能量

能量的产生

地球的内能（热能、动力能、重力能）

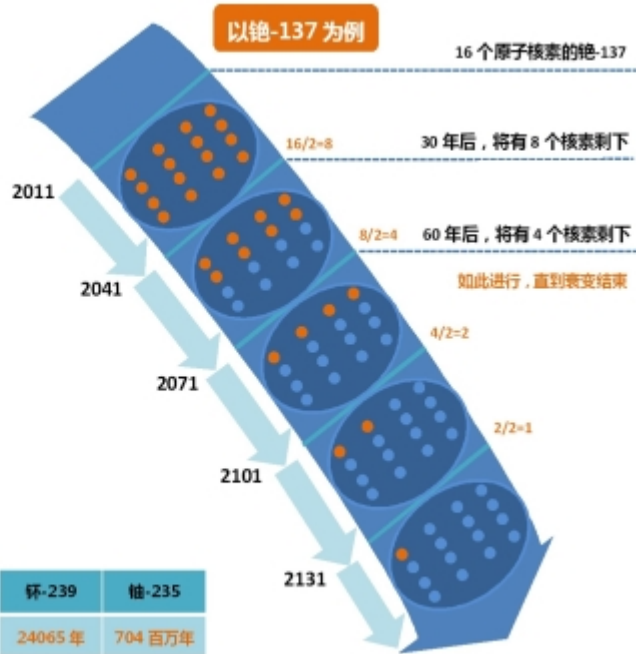
热能

地球内部是个庞大的热库，放射性元素的衰变是地球热能的主要来源。

放射性衰变

- 放射性物质是由不稳定的原子核素组成；
- 放射性元素能够自发的从原子核内放出粒子或射线，这一过程叫放射性衰变；
- 放射性衰变过程持续到一个新的稳定核子产生；
- 半衰期：是放射性核素因放射性衰变而使其活度降低到原来的一半时所经过的时间。通常表示用 $T_{1/2}$ 。

同位素	铯-137	铀-235	铀-238	钚-239
半衰期	4.9 秒	30 年	24065 年	704 百万年



联合国有关新能源报告显示：全球地热能资源总量，相当于全球资源总消耗量的45万倍。

地球从地面至地心，随着深度的增加，温度也在不断地提高。据地球物理资料及数据推断，整个地球的平均温度约为 2000°C ，地核的温度约为 6000°C ，其炙热程度可与太阳表面相媲美。

动力能

地球是太阳系的九大行星之一，它除了围绕太阳进行公转外，本身还在不停地自转，地球自转产生的惯性离心

力，能够给予地球体巨大的能量，这种能量就称为旋转能，或叫动力能，有人计算这种能为 2.1×10^{29} 焦耳，如果换算成电能它相当于全球发电总量的数亿倍。

重力能

地心引力给予地球体本身的能量，是重力能，它可以转换为热能或动力能，也叫策略能。

不同方面的能量也在互相转换，如重力能可转换成热能，热能又可转换成动能等。

地球的外能（太阳辐射能、引力、人类活动、其他）

太阳辐射能是地球表面最主要的能源，也是地表水和大气运动的主要动力，它能使地球表面发生风化，剥蚀而改变原来的外貌。

日、月的吸引力对地球产生作用力，这个作用力本身也可转化为能量。

另外，地球上数以万计的不停地奔腾流淌的河流，将流域内的大量泥沙，冲向异处；人类大规模开采矿藏，每年有数亿立方米的矿物被搬动，这些同样可改变区域性地壳平衡，并与之相伴产生一定的能量。



能量的传递

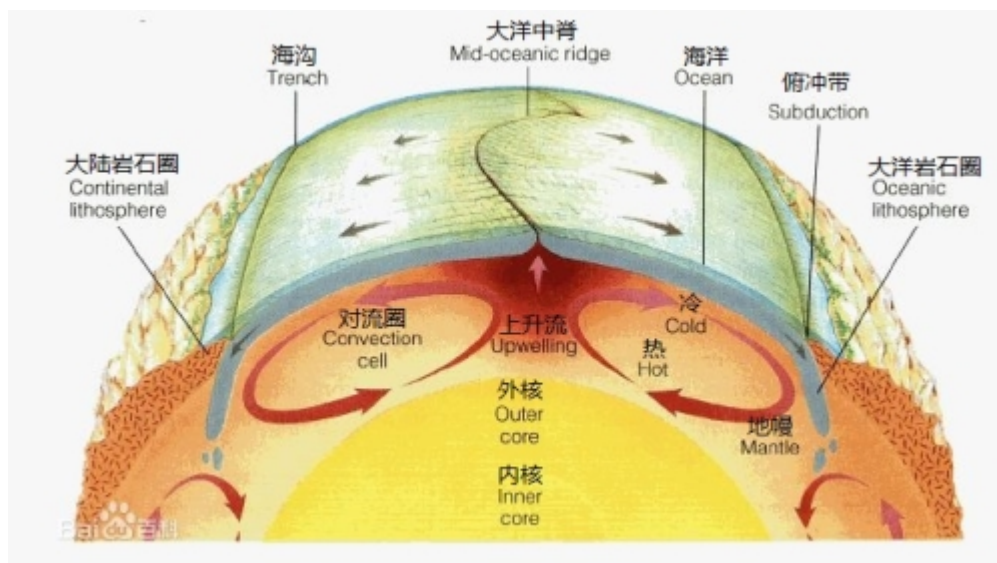
地热能传递的方式有传导、对流、辐射。

地幔对流是热量由地心向地表传输的主要途径。

地球内部高温熔融的地核，使其周围的地幔被加热融化，产生上升热流，遇到地壳降温后，向四周分流，密度增大，又向地幔下部沉降，在地核附近再遇热上升，如此往复，形成地幔对流。

地幔对流，带动了其上方的地壳大陆板块或海洋板块的上升、下沉与平移，形成山脉、海洋、大陆，形成大洋中脊裂谷和大陆裂谷，同时也是地表热点的分布、地震和火山活动，以及某些矿物生成的重要因素。

地幔的热对流就像运动的传送带，被认为是地球演化变迁最可能的原始驱动力。



能量的释放

在46亿年长河中，运动的地球不断的蓄积和释放着能量。

地球释放能量的形式多样，其中主要有以下四种：

热传导

大地通过岩石向外传导热能，是地球热能释放的主要渠道，称为大地热流。地球每年通过热传导从地球表面散失的热量约为 1.399×10^{21} 焦耳。

火山喷发

地下的岩浆循着地壳的薄弱带攀援上升，喷出地表形成火山爆发，使地球内部积聚的热能得到释放，之后再形成新的平衡。地球每年通过火山喷发释放的热量大约为 3.3×10^{19} 焦耳。

地震

地震是地壳快速释放能量过程中造成振动，期间会产生地震波的一种自然现象。据不完全统计，地球上每年发生大大小小五百万次地震，其中能对一个地区造成巨大灾难的大地震约十来次。地球每年通过地震活动释放的热量大约为 5×10^{17} 焦耳。

温泉

地球每年通过地热带温泉释放的热量估计约为 2×10^{18} 焦耳。



六、清洁热源地热能

地热资源是一种无污染的清洁能源，随着石油、煤炭等传统能源逐渐枯竭，地热资源将成为未来能源的一个重要组成部分。

目前，国际上有一百多个国家在开发利用地热资源，并以每年12%的速度递增。预计到2100年，地热利用将在世界能源总值中占30%到80%。

中国属于地热资源丰富国家，开发潜力巨大。

早在1970年，地质部部长李四光先生高瞻远瞩地提出“地下是一个大热库，是人类开辟自然能源的一个新来源，就像人类发现煤炭、石油可以燃烧一样”。



地热能的几种表现型式

水热型地热，即地球浅处（地下100~4500m）所见的热水或水热蒸气，例如温泉、间歇泉。这些地下热水和蒸汽，其实是大气降水在地下深处被热岩体加热的结果。

干热岩型地热，即埋深至地下数千米，内部不存在流体或仅有少量地下流体的高温岩体。

地压型地热，某些大型沉积盆地（或含油气）深处（3000~6000m）存有大量高温高压流体。

熔岩地热，即储存在高温（700 ~ 1200℃）熔融岩体中的巨大热能，例如火山岩浆。



地热能的应用

人类利用地热能历史悠久，从温泉沐浴、医疗、取暖、到建造农作物温室、水产养殖及烘干谷物等。目前，人类开始建立地热资源的现代概念，着手开发利用。

地热能发电

地热发电是地热利用的工业用途。地热发电和火力发电的原理相同，都是利用蒸汽的热能在汽轮机中转变为机

械能，带动发电机发电。在地热发电中，大地就是锅炉，它所用的地热能源，从大地出来时，就是蒸腾高温蒸气，直接可做机械能转换，带动发电。



地热能供暖

地热能可直接用于采暖、供热和供热水。



温室种植和水产养殖

反季节新鲜蔬菜、高档花卉和鲜活水产品大量进入现代人生活。中低温地热资源可以直接用于温室供暖（包括土壤加温）和温水养殖，供暖稳定且产值高。



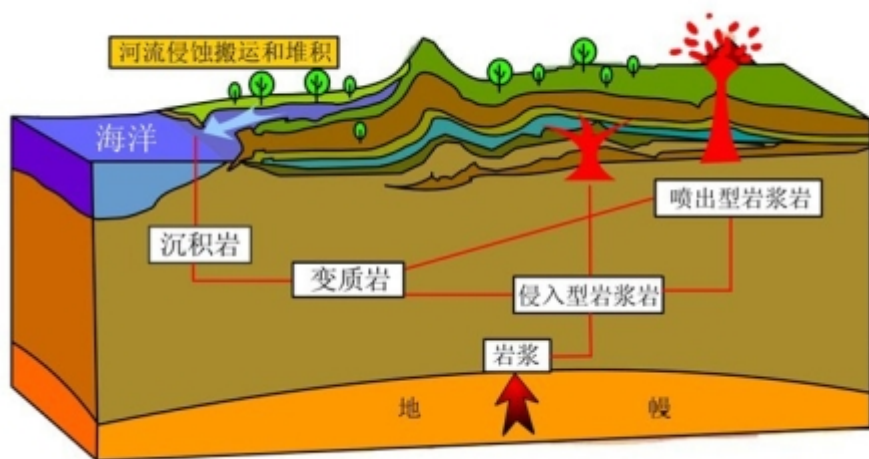
温泉洗浴和医疗

温泉水自古以来就用于洗浴和医疗，矿水成分有普通热水所不具备的洗浴功效。地下热水在地下深部较高温度、压力的条件下，能溶解丰富的矿物质，如偏硅酸、偏硼酸、硫化氢、氡、镭、氟等成分，形成医疗矿水，并在一些地热区形成矿泥，具有医疗价值。



七、最具潜力的地热资源——干热岩型地热

干热岩是埋藏于地面以下1000米至10000米，内部不存在流体或仅有少量地下流体的高温岩体。它的温度在50°C至650°C之间，是一种可用于采暖、发电的清洁可再生热源。干热岩的热能赋存于各种变质岩或结晶岩类岩体中，较常见的岩石有黑云母片麻岩、花岗岩、花岗闪长岩等。



干热岩地热能储量

国际范围储量：目前保守估计，在3000~10000米深处的地壳中，干热岩所蕴含的能量相当于全球所有石油、天然气和煤炭所蕴藏能量的300倍以上。

我国储量：中国地质科学院水文地质环境地质研究所国家

“863”计划项目“干热岩地热地质资源评价与开发技术研究”对我国陆区干热岩资源潜力进行了估算，结果显示，在中国，干热岩地热能（3000~10000米）理论资源量相当于860万亿吨标准煤，如开采2%，则相当于2013年中国能源消费总量的5200倍。



干热岩地热能的意义

干热岩地热能是无处不在，取之不尽的新能源。

“有深度，就有热度。”可以说，站在地球的每一个角落，脚下几千米深处的岩石，都是热源。

与传统化石能源相比，干热岩地热能是一种清洁可再生能源。

干热岩清洁无污染，是友好型、亲环境的可再生能源。石油、煤炭燃烧的排放物会造成雾霾、促进酸雨的形成，增加大气二氧化碳的浓度，排放物中的汞还会污染水源。和火电、水电相比，干热岩发电几乎是零排放，开发安全，持续性好。

与其他清洁能源相比，干热岩能够实现稳定、可靠且安全的能源供应。

风能不稳定；太阳能占地面积大，受夜晚及季节的局限；水能受季节影响，还可能造成流域生态破坏；核电虽清

洁，但其危害程度重、范围大，有安全隐患，2011年日本大地震造成的核泄露事故，至今令世界心有余悸。



我司深井地热监测产品系列介绍：

1.0-1000 米单点温度检测（普通表和存储表）

2.0-500 米浅层地温能监测（采集器采用低功耗、携带方便；物联网 GPRS 无线传输至 WEB 端网络；单总线结构，可扩展 128 个点；进口 18B20 高精度传感器，在 10-40 度范围内，精度在 0.1-0.2 度）

3.0-3000 米单点温度检测（普通显示，只能显示温度，没有存储分析软件功能）

4.0-10000 米分布式多点深层地温监测（采用分布式光纤测温系统）

分布式光纤温度监测系统细分两大类：1.井筒测试 2.井壁测试

有此类深井地温项目，欢迎新老客户朋友垂询！

关键词：地热井分布式光纤测温监测系统 / 分布式光纤测温系统 / 深井测温仪 / 深水测温仪 / 地温监测系统 / 深井地温监测系统 / 地热井井壁分布式光纤测温方案 / 光纤测温系统 / 深孔分布式光纤温度监测系统/干热岩 / 干热岩发电 / 干热岩地温监测

产品咨询请北京鸿鸥仪器（bjhoyq），

产品搜索：地源热泵测温，地埋管测温

关键词：地源热泵地埋管温度测量系统实现实时温度在线监测/地源热泵换热井实时温度电脑监测系统/GPRS 式竖直地埋管地源热泵温度监控系统/地源热泵温度场测控系统/地埋管测温/地源热泵温度监控/地源热泵测温

远程全自动地温监测系统/铁路冻土地温监测系统/地温监测系统/城市地温监测自动化系统/矿井深部地温/地源热泵监测研究/地源热泵温度测量系统/浅层地热测温/深水测温仪/深井测温仪/深水专用测温仪/深井专用测温仪

推荐产品如下：

地源热泵温度监控系统/地源热泵测温