拥抱“双碳”共赢未来

我国首个地热科普展在中国科技馆开幕

地热能是来自地球内部的一种可再生能源，具有储量丰富、分布广泛、稳定性强等特点，可用于发电、供暖、农业利用和工业利用等多个领域，开发利用地热能对调整能源结构、节能减排、改善环境具有重要意义。多年来，地热供暖在我国北方地区得到广泛应用，截至2020年末，我国地热供暖规模已达到13.9亿平方米。

在探寻地热能开发利用的道路上，一代代科学家、工程师付出了艰辛的努力。当前，地热能高效开发利用还有许多需要突破的技术关口，了解并利用好地热能任重道远。

7月4日，由中国科学技术协会和中国石化共同举办的“拥抱‘双碳’共赢未来”地热科普公益展在中国科技馆二层临展厅开幕。作为我国首个地热科普展，此次展览旨在引导公众了解“低碳”发展、践行“低碳”生活，助力我国实现“双碳”目标。此次科普展成了学生暑期的打卡地。

此次展览按照地热能介绍、产业概况、低碳未来的展示脉络，分为地心热涌、产业热浪、低碳热潮3个展区，综合运用视觉技术、多媒体技术、机电一体化技术及图文、沙盘、模型等多种展示方式，为观众呈现出一个精彩的科普大讲堂。 本版文图由孙 锦 姜俊花 贺宇慧 曹海峰提供

地心热涌

地球是宇宙中所有已知生命的家园，它的年龄约为宇宙的1/3。地球是个微扁形球体，有着重金属地心和较轻的表层地壳，地壳四周有层稀薄的空气供我们呼吸，还有广阔的大洋、肥沃的平原、巍峨的山峦……

地球结构

地球起源于46亿年前的原始太阳星云。地球形成时，在很高的热力条件下原始物质发生熔融。这些物质因比重不同而逐渐发生分异，形成了地球内部的同心圈层构造，从人类生活的地表向内到地心，依次分为地壳、地幔和地核3部分，由莫霍面和古登堡面分隔。

地壳是由岩石组成的固体外壳，地球固体圈层的最外层，岩石圈的重要组成部分。地壳平均厚度，大陆地区为35千米，大洋地区为5～10千米。地壳自形成以来，无时无刻都在运动。地壳运动造就了地表千变万化的地貌形态，主宰着海陆的变迁。

莫霍面全称为莫霍霍洛维奇间断面，是地壳与地幔的分界面。因地震波的波速在经过此界面时发生明显的变化而被发现。

地幔主要由固态物质组成，分为上地幔和下地幔，整体厚度在2800千米以上，约占地球体积的82.26%，在很大程度上影响了地球物质的总组成。

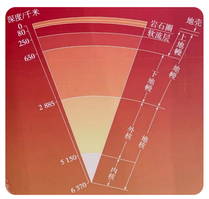
古登堡面是指地幔与地核的分界面。因地震波的横波在经过此界面时突然消失而被发现。

地核是地球的核心部分，位于地球的最内部，有外核和内核之别。地核的体积占整个地球体积的16.2%。因地震波的横波无法穿过外核，一般推测外核是由熔融态或近于液态的物质组成、内核由固态物质组成。

地热成因

当前研究认为，地球内部热量有两种主要来源：一种是地球形成早期残留下来的热量；另一种是地球内部铀、钍、钾等放射性元素衰变释放出的热量。这些热量通过热传导和热对流两种主要形式源源不断地向地表传递，就形成了可以供人类利用的地热能。

其中，热传导是地球内部的热量主要通过岩石传导的方式到达地表的热量传递形式；热对流是地热流体受热后密度降低，在“浮力”驱动下沿着高渗透岩体向上运动，而引起的热量传递过程。



地球结构示意图

地热览胜

●间歇泉

间歇泉是间断喷发的温泉，间歇喷泉这一术语源自冰岛，意思是“喷射”。它多发生于火山运动活跃、地下裂隙发育的地区，有人把它比做“地下的天然锅炉”，高温高压的地热水沿裂隙上升，当温度、压力下降到气化点以下时，形成水蒸气，水蒸气体积逐渐膨胀，压力增大积攒能量，带动地热水一起，每隔一段时间喷发一次，就形成了间歇泉。

●火山

火山是岩浆运移穿过地壳到达地面形成的具有特殊结构及形态的地质体。地球内部的软流圈里蕴藏了大量炙热的岩浆。当岩浆沿着通道上升至靠近地表，其中容易气化的组分急剧释放。在一些地质条件比较脆弱的地方，岩浆就可能冲出地壳。火山喷发可以说是地热能在地表最激烈的表现形式，地球上主要的火山带也往往是高温地热资源集中分布的地区。火山活动时常喷出大量高热的气体、固体碎屑物质和熔岩流。喷出物在喷口周围堆积成的山丘，被称为火山锥。

●泉华

九寨沟黄龙自然景区著名的“人间瑶池”其实就是一种泉华现象。泉华是高温地热水中溶解的各种矿物质在地表沉淀的产物。在我国多地都存在色彩斑斓、形态各异的泉华景观。按成分，泉华可分为钙华、硅华、盐华、硫华；按形态，泉华可分为泉华台地、泉华锥、泉华柱等。

产业热浪

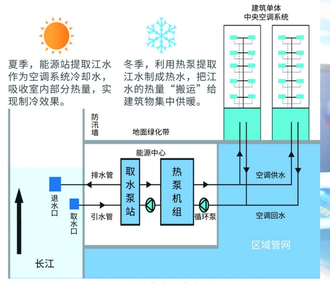
中国

地热能的应用方式主要受到地热资源的影响，板块的运动促使地球内部的热能聚集和释放，并使板块边缘地带和板块内部地热资源类型产生巨大差异。

中国大部分地区处于板块内部，地热资源以中、低温地热资源为主，应用方式主要为直接利用，供暖、农业种植与养殖、温泉康养、工业应用、融雪、制冷等都属于直接利用。目前，直接利用（地源热泵）装机容量排名前五名的国家分别为：中国、美国、瑞典、德国和土耳其，占世界总装机容量的71.1%。

温度较高的地热水可以用来地热发电，它无须其他燃料、非常低碳环保。地热发电与风电、光伏等发电方式相比，发电时长更长、稳定性更好，设备的利用系数也更有优势。

中低温的地热水，则主要用来地热供暖。首先，是浅层地热能供暖制冷。浅层地热资源指地表至地下200米深度范围内，岩土体、地下水中所包含的热能，也包括地表水所包含的热能，温度通常低于25摄氏度，采用热泵技术可提取用于建筑物供暖或制冷的地热能。2020年，我国地热能供热制冷面积累计达到13.92亿平方米，其中浅层地热能供暖制冷8.1亿平方米。其次，是中深层地热能供暖。中深层地热能赋存于天然地下水及其蒸汽中，是目前地热勘探开发利用的主要类型。2020年，我国中深层地热能供暖面积达5.82亿平方米。



江水源热泵工艺流程

世界其他国家

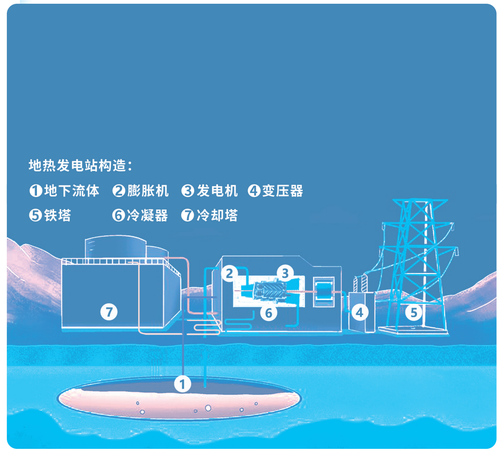
人们所熟知的冰岛、印尼、新西兰等地热资源丰富地区，均处于板块交接的高温地热带。这些地区地热资源以高温地热资源为主，对应的应用方式为间接利用，也就是地热发电。目前，地热发电装机容量排名前五的国家分别为：美国、印度尼西亚、菲律宾、土耳其、肯尼亚。

中国石化新星公司

经过多年的探索实践，新星公司创建应用了“取热不耗水”“同层回灌”的关键技术。地热水开采上来后，通过板式换热器与用户侧的软化水进行热交换，交换过的软化水还可以通过这台热泵进行再次加热，换热加热完成的软化水就通向了用户家中，而地热水经过除砂等处理，被重新注回开采的地层，完成换热。

新星公司已使用这套技术在全国建成了约8000万平方米的地热供暖能力，在河北雄县打造了全国首座清洁供暖“地热城”，并形成了“雄县模式”在全国推广。

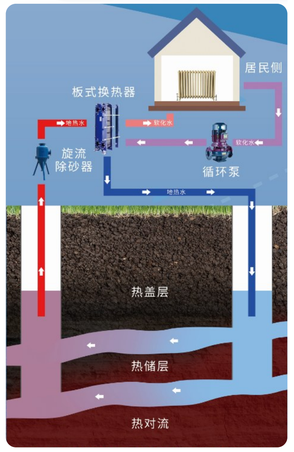
除此之外，地热能还在融雪、矿物提取、使用江河水供暖制冷、温泉康养等方面应用，而地热增强系统、地热绿氢等也是国际关注的地热能利用热点话题。



中国最大的地热电站——西藏羊八井热电站示意图

中国最大的地热电站——西藏羊八井地热电站

新星公司大力发展地热能清洁供暖业务，助力雄安新区建设水城共融的环保生态城



“同层回灌”技术图解

低碳热潮

我国地热资源丰富，市场潜力巨大，发展前景广阔，具有储量巨大、洁净环保、稳定可靠、科学循环、用途广泛和安全高效的特点。

与传统的燃煤供暖相比，地热能利用过程中不排放二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物和粉尘等污染物，为大气污染治理提供了一条重要路径。

目前储存于地球内部的热量巨大，其中可利用量折合标准煤近5000万亿吨，并且分布广泛，主要分布在环太平洋、地中海—喜马拉雅、大西洋、红海—亚丁湾—东非裂谷4个地热带。

平均利用系数由可再生能源总装机容量与其年生产电力计算得出。地热能平均利用系数高达67%，在多种清洁能源中具有绝对优势，水电平均利用系数为38%，生物质能为42%，风电为25%，太阳能仅为13%。

与风能、太阳能等相比，地热能不受季节、气候、昼夜变化等外界因素影响。地热发电具有相对稳定的发电量与可靠性，地热电站既可作为电网的基础载荷，又可作为调峰载荷以适应季节变化需求。

地热能采用完全回灌、井下换热等科学开发利用方式实现“取热不耗水”，是一种取之不竭、用之不尽的清洁能源。

可用于发电、供热、制冷、温泉医疗、大棚种植、养殖等领域。

李四光与地热

作为新中国地质事业奠基人和主要领导者，李四光在中国首先倡导研究、开发、利用地热能源，对地热研究十分重视并指导开展了诸多地热工作。

百年前，李四光就在《现代繁华与碳》的演讲中首次提出利用“地热资源”，他倡导开发利用地热能，认为地下热能的开发与利用，就像人类发现煤炭、石油可以燃烧一样，是人类历史上开辟的新能源，也是地质工作的新领域。他认为地球是个庞大的热库，可以把“地热”引出来发电，既可以节省宝贵的煤炭资源，又可以净化环境，让地热的巨大能量为人类的生活和生产服务。

20世纪70年代，在时任地质部部长李四光的推动下，天津开展了地热会战，倡导大力开发地热资源。今天，中国地热能直接利用已连续多年位居世界第一。

即使在晚年，他依旧以巨大的热情和精力投入到地热资源的研究中，致力于推动我国地热能事业发展。

李四光对寻找开发地热给予了很大关注，多次听取一线同志工作汇报，作出了许多重要的指示，在50多年后的今天，依旧鼓舞着当代地热工作者奋发图强、创新开拓，为开创地热能发展作出新的更大贡献。

“地下是一个大热库，是人类开辟的一个新的自然能源，就像人类发现煤炭、石油可以燃烧一样重要。”

——1970年10月15日，李四光听取地质科学研究院地热组汇报江汉地热情况后的讲话

“要是把地热充分利用起来，我们可以节省多少燃料，可以给人民生活创造很大的福利。”

——李四光80岁高龄时，亲临天津现场考察指导，回到北京后，对女儿李林说的话

“现在搞地热才到门外，到4000米甚至10000米以上热是到处都有的。到深处水量不大，怎样把热拿出来利用呢？这种可能性是存在的，那时就不必靠水了。到那时才算打开了地热大门。”

——李四光对未来地热工作的展望