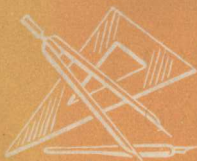


新 知 識 介 紹

地下热能

DIXIA RENENG



地 質 出 版 社

这个小册子选载了两篇通俗文章——“地热”和“地下热能”、“地热”一文介绍地热是怎样生成的，以及存在着那些利用这种热的办法。文章讲到意大利已经把地热用于工业上，在冰岛日本和其他国家也已加以利用。“地下热能”一文阐述了实际利用苏联境内地下热量的巨大资源问题。这两篇文章写得都很生动。

地 下 热 能

著 者 B. 斯 特 鲁 耶 夫 等

译 者 石 岩 山

出 版 者 地 质 出 版 社

北京宣武门外永光寺西街3号

北京市书刊出版业营业许可证出字第050号

发 行 者 新 华 书 店

印 刷 者 崇 文 印 刷 厂

北京崇文门外揽杆市15号

印数(京)1—10,000册

1958年8月北京第1版

开本 31"×43"1/32

1958年8月第1次印刷

字数 20,000字

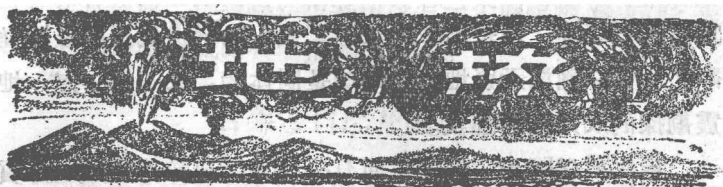
印张 $\frac{15}{16}$

定价(8)0.11元

统一书号 T15038·426

目 录

地 热	B. 斯特魯耶夫(1)
地下热能	B. B. 依凡諾夫 B. Γ. 高尔潘科夫等(18)



苏联B.斯特鲁耶夫

H.彼得洛夫 繪图

在地下儲藏着无窮无尽的热量，这些热量被火山活动无益地消耗着。許多国家的科学家正致力于解决利用地球内部热能的任务。在这方面是有成就的。有不少地方已經利用地热來点电灯，并开动机器。

弗·斯特鲁耶夫的这篇文章，就是介绍这些成就和科学家在这方面的工作及计划。

“火 窖”

几百年以来，教堂用魔鬼的地下王国——“火窖”这类恐怖的謊言来吓唬人民。他們說不知悔改的罪人底灵魂将到那里去受罪。他們說那里有永不熄灭的火焰在猛烈地燃烧，誰要是胆敢破坏了教堂的清規，就注定要遭受万劫不复的灾难。

但是不仅宗教是这样說，就是科学界在很长时期内也信奉这样的假說：地球中心部分的一切物質都是处于“火”的状态。当然，科学界并未承認有什么地下魔鬼之类的东西存在，科学家們只不过認為地球内部的温度太高了，以致一切物質都应当处于熔融状态；甚至变成气体。

以下种种事实似乎不能不使我們相信这个假說：火山爆发时从地球内部流溢出来的熔融的熔岩，地底下冒上来的温泉，以及几乎到处都可以証明的、地壳下面愈深的地方，温

度愈高，等等。但是地球中部是“火”的學說現在已經被推翻了。可以确凿无疑地說，地球是固体的。关于这一点，地震勘探的成果已經証实。

現代科学認為，地壳下面有一块块的比較薄的矽酸質层。这个层既不是气体状态，甚至也不是液体状态，而是致密的、热的玻璃状态。它是由百分之四十至七十的氧化矽組成的。其余的物質是：鋁、鉄、鎂、鈣、鈉、鉀、鈦、磷和氢的氧化物。其他一切化学元素差不多都有，但数量极少。

至于这一层下面的地球中心部分的物質究竟处于何种状态，是很难說的。但無論如何，地震波通过它的时候，不象是通过气态或液态的物質，而象通过固体物質。

地下的热是从哪里来的？

关于这个問題現在还没有最后的答案。

自从人們对地球是一个緩慢冷却的火球这一概念表示怀疑以后，科学家們便提出了解释地热成因的好几种假說。

其中有一个假說是从压力增大温度便随之升高的这个事实出发的。在很深很深的地下，压力非常巨大，那里的岩石（玄武岩和花崗岩）就应当熔化。另一方面，这样的压力又不能使岩石变为液态，于是保持着我們所說过的玻璃質的熔融状态。

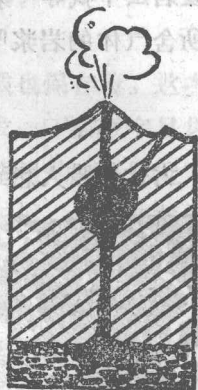
另一些学者認為岩石的熔化是由造山运动时变动着的地层所产生的机械能轉变而成的热引起的。还有一些学者則認為地球深处所进行的放射性元素的分解作用是地热的来源。

还有其他一些假說，但其中沒有一个假說被最后証实过。它們並沒有脫出科学推测的范围。

岩浆为自己开闢出路

地球在几十万万年前就开始了自己的建設，到如今还没有結束。地壳在不断地运动着：整个大陆在上升和下降，形成新的山脉和山谷。有时候这个运动进行得非常緩慢，几乎不可能察觉，有时候却完全可以观察出来，而在某种情况下地层又会突然发生剧烈的变动，引起破坏性的地震。

这种运动的结果，使地壳产生裂縫。如果这个裂縫产生在玻璃状的层上，那么那里的压力便大大减小。玻璃状物質就会变成熔融的液体状态，形成岩浆。岩浆受到各方面的挤压，便从这个裂縫中冲上来。



边缘岩浆庫

地壳是个很厚的层，大部分是由坚硬岩石組成的。这个层的厚度达50—70公里，甚至比这个数字还要大。很难設想，裂縫能够貫穿地壳的整个岩层。但是裂縫局部地穿过地壳是非常可能的。岩浆冲到一定高度以后，重新又封閉在岩层之中，在那里形成所謂边缘岩浆庫。岩浆在这个庫里慢慢冷却，并局部結晶。火山就常常分布在这个岩浆源的上面。

岩浆从岩浆源往外冲出时可以有各种方式：或者通过地壳中的新裂縫，或者經由它自己溶解出来的通道，通往地

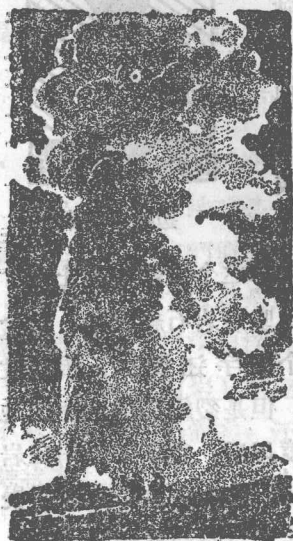
表。这条通道是岩浆原来的热加上在岩浆中或在岩浆所饱和的各种气体之間进行的化学反应所产生的热而熔解成功的。

液态岩浆在結晶过程中，它所饱和的水蒸汽和瓦斯愈来愈多，这些气体終于会从岩浆中猛烈地分离出来。这时岩浆就好象沸騰了起来，岩浆庫的压力大为增加，于是岩浆便在上复岩层中找寻“弱点”，往外冲出。在噴出时丧失了大部分所含气体的岩浆叫做熔岩。

“燃燒着的山”

古代希腊人想到火山噴发时山是在燃燒的，因而認為

“燃燒着的山”是进入冥府——“火窖”的大門。羅馬人幻想神話中的火神和火山鉄厂——烏尔干就設在那里，因此后来就把噴火的山叫做烏尔干，烏尔干在中文里的意思是火山。



1943年巴利庫亭火山
(墨西哥)爆發

历史上保存了不少关于火山爆发时所造成的破坏現象的記載。古代羅馬作家小普尼耶关于可怕的灾变的記述是众所周知的，那次灾变发生在紀元年79年，毁灭了意大利城市斯塔比尤、赫尔庫兰努姆和蓬培。

十八世紀末堪察加第一个調查者弗拉其米尔·阿特拉索夫

关于勘察加火山现象的记述也保存着。阿特拉索夫这次旅行以后四十年，著名的俄罗斯旅行家科学院院士斯傑潘·克拉舍宁尼科夫观察了克留契夫火山的喷发，他写道：“这次骇人听闻的火灾，如此凶猛地持续了一星期之久，附近渔场上的居民，每小时都受着死亡的威胁，末日在期待他们。整个山岗象烧红了的石头。火焰从山上的裂缝喷出来，有时宛若火红的河流奔泻而来……”

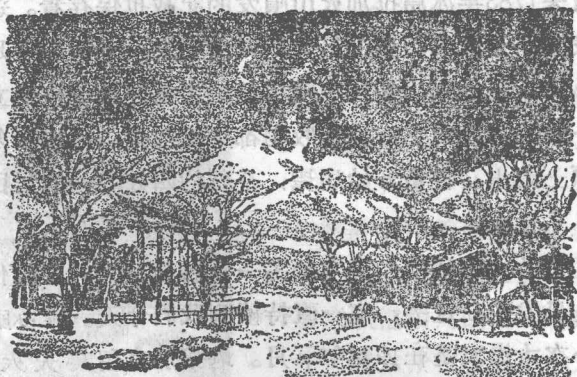
有关1783年冰島拉加火山喷发的记载也保存着。这次火山喷发几乎是人类历史上最大的火山喷发，下面数字足以说明，从扩大了火山裂缝中喷出的熔岩竟超过120亿立方公尺——12立方分里！农场和牧场都烧成灰烬，火山灰复盖在广大领土之上。牲畜开始病毙，全島約四分之一的居民遭受飢餓。

猛烈的火山活动，或它的另一个名称“大的火山作用”绝不是只发生在过去，它一直持续到我們今天。維苏威火山最近一次大爆发是在1944年三月。堪察加克留契夫火山在1945年也重新“活动”过，而冰島格克拉火山于1947年3月29日开始喷发，一直持续了十三个月！

整个地球现在已知有552个活火山，其中有68个在水底下。在我国堪察加有60—22个，在千島群島有38个。火山通常是成群出现的，它们平行于年青山脉或沿着地壳大的破裂带延伸数百或数千公里。在目前的地質时代，火山群集中在太平洋两岸和島屿上，形成“太平洋火山环”。

当然，“活火山”并不是正在“喷发的”火山。它可以好几十年地处在平静状态中。

只有那些火山口和它的通道被破坏或冲刷得很深的火山，也就是說，岩浆以及含在岩浆里的气体所借以往外通行的道路被阻塞了的火山，才可以算是完全不再噴发的、熄灭了的火山。这种古老的、过去某个时期曾經噴发过而現在已完全熄灭的火山在克里米亚、匈牙利、法兰西、德意志、大不列顛的丛山中都有。那里大的火山作用現象早在生物界出現以前已經終止了。外高加索的火山是在比較“不久”以前的



1945年阿瓦琴火山（堪察加）爆發

时代，即地球上人类出現前的时代停止活动的。

噴 泉 的 谿 谷

地球的火山活动不仅表现为火山爆发。緩慢冷却的边緣岩浆源还引起各种可怖的，或“小的”火山作用。

我們已經說过，冲向地球表面的熔融液态熔岩中会分离出热的蒸汽和瓦斯。其中大部分是水蒸汽，以及氯的化合物、含硫气体、硫化氢、碳酸气、氢、氮和其他气体。当猛

烈的噴发期結束以后，从岩浆中分出的各种气体物質就沿着微小裂隙和通道噴到地面上来。这种热气流叫做噴气、硫質噴气和碳酸噴气。

“噴气”这个名詞是从意大利文来的，原字的意思是烟。噴气的温度很高，达180度，甚至更高，它的成分主要是水蒸汽和水同氟、氯、溴、碘的化合物。

硫質噴气除了噴出水蒸汽以外，还分离出含硫气体和硫化氢。所以这种噴气便叫做硫質噴气。硫質噴气的温度从 100° 至 180° 不等。

碳酸噴气是从西班牙文来的，原字的意思是“矿气”。这种气体的温度較低，不超过100度，主要产生碳酸气。

岩浆源一般分布在地下深处。从岩浆源中分离出来的蒸汽和瓦斯要經過长而复杂的途径。在途中它們漸漸冷却，把自己的热传给周围的土壤层，并且和地下水局部地掺和起来，冷凝以后就形成热溶液。間歇泉和温泉便是这样造成的，这是火山活动的末期。

特別有趣的是間歇泉，它是一种特殊的周期活动的水蒸



黃石公園(美国)的間歇泉噴發

汽火山，冰島、新西兰和海拔2500公尺的国家禁閤区——美

国黄石公园有許多这样的間歇泉。它們的美丽的景色是全世界聞名的。

不久以前在苏联南堪察加曾經发现了两个不大的間歇泉。1941年苏联地貌学家 Т. И. 烏斯亨諾夫在堪察加中部发现了一个重要而有趣的事实。他领导的考察队胜利地通过了堪察加半島未經过調查的难以通行的腹地。在他們面前出現一幅美丽动人的图画：在穿过巉岩峡谷的蜿蜒曲折的河岸上，忽而这里，忽而在那里向天空升起一个个高大的蒸汽柱和水柱，而在这些汽柱和水柱之間，有小噴泉一会儿湧出，一会儿消失。科学家在这里发现了二十个以上的大間歇泉和約一百个小間歇泉。无怪这条河就被叫做間歇泉河。这些間歇泉中間有一个間歇泉叫做維利干，它的景色最为美丽。差不多每隔三小时，便抛出一个高达30—40公尺的水柱，而从噴火口冒出来的蒸汽流，竟高达300公尺。

Т. И. 烏斯亨諾夫所发现的各种間歇泉的活动旋律是各不相同的。有些間歇泉，从第一次噴发开始到下一次噴发开始的时间总共不过三分鐘，而另一些間歇泉則两次噴发相隔的时间达五个半小时。每一次噴发持續的时间也很不相同，从一分鐘到十二分鐘。这些間歇泉噴出的水的温度接近沸点。

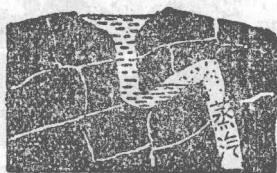
間歇泉噴发的周期性的原因，还没有完全搞清楚。有一种解释是这样的：蒸汽往外噴出时所經過的通道的形状是不規則的，在它的深处是弯曲的。蒸汽經過通道时，逐漸冷却，并在上部冷凝成水。地下水也向这里流来。这种水象塞子似的阻塞了出口。蒸汽泡通过水柱时，把热量传給水柱，逐漸使它达到沸点。当一部分水沸騰起来从噴火口湧出时，

压力便减小下来，过热的水轉瞬之間便变成蒸汽，猛烈地往外冲出。

雪地中的花朵

試想这样的一幅图画：你在密密的树林里行走着。三月初，但是周围一切却仍然是冬天的景色。厚雪层复盖着树木的枝叶，曙光照耀在前面。你在林中草地上行走，同时又因为惊奇而停止下来；一股暖气象从臥室的大門里迎面袭来。草地前端烏云密布。从那里传来了潺潺的流水声。走近一看，多么奇怪的景色啊！在撒滿白雪的草地中間有一个小的温泉，两岸生长着碧綠的野草，野花盛开，春天的踪迹距离雪盖的树林只有一箭之地。

这种景色在堪察加并不是稀有的，斯傑潘·克拉舍宁尼科夫在他的著作“堪察加記述”一書中就描写过这样的温泉——冬天中間的温暖的綠洲。在堪察加半島上



經過通道的蒸汽冷
凝成水的“塞子”

有許多被地熱烤熱了的溫泉。這種溫泉的水的化學成分和溫度都是各不相同的。溫度有時高達90—100度。

誰要是有機會到梯比里斯去，當然他一定不會不到普希金所描寫過的著名的硫池那里去。這些溫泉就以格魯吉亞的首都梯比里斯來命名，因為梯比里斯這個詞譯成俄文就是“熱水”的意思。

高加索的皮亞蒂戈爾斯克溫泉和塔吉克斯坦的霍札-奧

比-加尔姆斯克温泉都是很著名的。欧洲，美洲以及这些大陆附近的岛屿也有许多温泉。



复盖着白雪的林間草地中出現了小的热水湖！

托斯卡納的汽鍋

我們这个世紀可以称为探索新的能量底来源的世紀。木柴、泥炭、煤和石油的热能，水和风的机械能，太阳光的热，以及原子核的能量，人們都蓄意要予以征服，并使之为自己服务。上面列举的能量的来源还没有包括地球内部的热，

确切地说，地球内部的热几乎没有加以利用。

可是，还有什么能比利用地球内部热能的这种幻想更加动人呢！征服活火山，使它变成威力无比的大火室，把火山喷发时抛出来的那种浪费掉的，而且危险的热量用来为人民服务。

而喷气和硫质喷气中冒出来的热气、间歇泉和温泉里涌出来的水，难道不能使它们发热和发电，用来供应各工厂、城市和地区的需要吗？国立矿泉医疗研究所的同人曾经作过统计，他们认为皮亚蒂戈尔斯克城内四个温泉每年所产生的热量等于3285吨煤燃烧时所发生的热量。法国科学家戴·罗奈认为法国温泉所放出的热相当于100,000吨煤的能量。

如果说开发活火山，以利用它的取之不尽的热能的这种幻想，从今天的技术水平来看，还是一种无稽之谈，那么实际利用“小的火山作用”在今天是一件完全合理的事情。

大约二百年前，在1777年，在意大利托斯卡纳某公爵家里工作的化学家古别尔特·希费尔研究过伏尔捷尔城以南10—20英里的地方。这个地方不久以前因在广大面积（约100平方英里）上“起雾”而著名的。它是一种特别的硫质喷气的出口，那里涌出天然蒸汽和瓦斯，这种喷气当地人称之为“索菲奥尼”。希费尔分析了这种天然蒸汽的成分，发现里面含有大量的硼。

五十年后，一位富于进取心 法国侨民拉尔德列尔（从那时起，人们便把他的名字来称呼那个地方），设计了一个简单的装置，利用这个装置中引出来的天然蒸汽的热来从水溶液里制取硼酸。当然，利用托斯卡纳地下汽锅开采硼酸的

問題根本沒有解決。看來，這個躺在地下不深的地方的汽鍋在不斷地白白消耗自己的熱量。

又過了大約八十年，1904年意大利人治諾里·康齊第一次將天然蒸汽流引入機器——和發電機相連的小發動機。這個裝置證明是有效的。第二年，1905年這個裝置被改建得功率更大了。到1912年，已經發展成為直立水管式蒸汽鍋和與發電機相連的200瓩的蒸汽渦輪機了。於是，索菲奧尼便第一次開始真正為人民服務了。

托斯卡納汽鍋的蒸汽獲得了愈來愈廣大的用途。在拉爾德列洛打了几百個深度從250公尺到900公尺的鑽眼。差不多有一百鑽眼是成功的。鑽眼中噴出的蒸汽的壓力為二個大氣壓到五個大氣壓，在個別地方甚至達十四個大氣壓！1916年在拉爾德列洛區已經有三部機器在工作，每部是2500瓩。後來它們的總功率已達12000瓩。

1931年決定在此地打深鑽。當打到360公尺水平時，從鑽眼里噴出的蒸汽柱高達300公尺，發生震耳欲聾的聲響，並且還有泥土和石頭從鑽眼里同蒸汽一起拋出來，真可以說是人造的火山爆發！人們盡了很大的努力才成功地制服了這個噴泉，並把它的蒸汽通過導管引入發電機。鑽眼每小時供應了溫高156度的蒸汽達260,000公斤，成為一個供應15,000瓩電力的發電站。

到1941年，利用托斯卡納區天然蒸汽來工作的裝置的總功率達135,000瓩。這些能量供應了托斯卡納區附近的城市，並使利沃諾（里窩那）——羅馬段的鐵路電氣化了。

另外一個大功率的裝置建立在拉各·馬支奧列區。在意

大利还在进行試驗工作，以利用那波里（那不勒斯）附近的波楚奥里区和爱特納区的維苏威火山的热量。在第二次世界大战期間这些装置大部分都被破坏了。近年来这些装置已經修复，并且已在1952年供应了180,000万瓩时的能量，而在1954年則供应了200,000万瓩时的能量！

那么到底怎样建立“地热”发电站呢？

从鑽眼里噴出的蒸汽，通过聚集导管引到鍋爐装置。因为蒸汽里含有許多杂质，必須在蒸发器內清除。在蒸发器內部分蒸汽凝縮成水，其余的蒸汽便汇同蒸汽中所含的杂质导向专门装置。这种专门装置中可以取得碳酸气和氮，而这些气体是“索菲奥尼”富有的。冷凝而成的清水輸入水管式蒸汽鍋，一般在这种结构的蒸汽鍋內，水是盛在一系列平行的导管里，导管間的空間要用燃料烧成的热气来燻。而在地热装置中天然蒸汽起着这种热气的作用。这样，从天然蒸汽中获得的清水又被天然蒸汽烤热，以至达到沸点。在导管中形成已經除掉杂质的后生的蒸汽，这种蒸汽进入渦輪机，就可以带动发电机。以上便是一个地热装置的大概輪廓。

除意大利外，在新西兰和日本也正进行着利用地下蒸汽来作电力来源的实际工作。

在冰島和在美国的内华达，地下蒸汽和温泉暂时只用来作暖气设备。

在印度尼西亚曾經做过利用蒸汽的試驗，但还没有什么特别的成就。在薩尔瓦多、尼加拉瓜、智利、小安的列斯群島和烏干达还仅仅在解决調查工作上的問題，看来，这些国家正在准备利用“热的矿产”。

地热装置是十分經濟的，它所供給的每一瓩的热能的成本只有水力发电站所供給的五分之一到四分之一。

溫度計插到地下去

在我們苏联还没有意大利那种装置。这方面的落后，部分是由于主要的火山中心分布在距我国大工业中心很远的边区。

但是不是能够在别的地方找到地热的来源呢？在我国各地方所进行的地热調查可以回答这一問題。我們已經說过，地下愈深的地方，溫度愈高。但溫度提高的程度是各地不同的。例如，在克里沃罗格溫度提高一度所需要的深度是八十公尺，甚至一百公尺。当然，在这些地方是談不到所謂地热装置了。但我們国家还有一些地区，那里的土壤的溫度是很高的。例如格罗茲內依和新格罗茲內依石油区，在实践上很容易达到溫高 120 度的地层。这些地方完全可能建立发热装置，甚至完全可能使工厂、住宅和公共建筑电气化。

在苏联的其他地方也有适宜于建立这种装置的自然条件。在里海东岸有一个契列克島，这个地区的土壤具有非常高的溫度。距地面不过几公分的地下，溫度就高达 100 度。据費尔斯曼院士的推断，这里的岩浆源不过分布在地面以下几百公尺。誠然，里海东海岸并不是一个工业化地区，但是土庫曼社会主义共和国大中心地区——克拉斯諾沃德斯克城不过距契列克 70—80 公里，这个城市是可以利用地热来装置暖气設備和电气化的。