

中国读本



中国的火山、温泉和地热能

廖志杰 著

什么是火山，中国何处有火山，中国温泉有多少，温度有多高，哪里最常见，什么是地热能，我们是否很好地利用了？本书将提供丰富的关于火山、温泉和地热方面的知识。

中国国际广播出版社

中国读本

中国的火山、温泉和地热能

廖志杰 著

中国国际广播出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国的火山、温泉和地热能 / 廖志杰著. —北京: 中国国际广播出版社, 2012.7

(中国读本)

ISBN 978-7-5078-3400-0

I. ①中… II. ①廖… III. ①火山—中国—普及读物
②温泉—中国—普及读物③地热能—中国—普及读物
IV. ①P317-49②P314.1-49③TK521-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2012) 第023026号

中国的火山、温泉和地热能

著 者	廖志杰
责任编辑	张 婧
版式设计	国广设计室
责任校对	徐秀英
出版发行 社 址	中国国际广播出版社 (83139469 83139489[传真]) 北京复兴门外大街2号 (国家广电总局内) 邮编: 100866
网 址	www.chirp.com.cn
经 销	新华书店
印 刷	北京广内印刷厂
开 本	640×940 1/16
字 数	110 千字
印 张	12
版 次	2012 年 7 月 北京第一版
印 次	2012 年 7 月 第一次印刷
书 号	ISBN 978-7-5078-3400-0/P·2
定 价	22.00 元

国际广播版图书 版权所有 盗版必究
(如果发现印装质量问题, 本社负责调换)

再版前言

我的小册子《中国的火山、温泉和地热资源》（中级科普读物）写于 20 世纪 80 年代末期，1990 年由科普出版社出版。当时我国地热资源的开发还处于方兴未艾之际，羊八井地热电站的建成成为了照耀青藏高原的一颗明珠；地热能的直接利用主要还是在医疗洗浴方面，耗能稍大的城市采暖和工业利用规模尚小。2010 年末，中国国际广播出版社决定再版它，然而 20 年已经过去了！自上一世纪 90 年代以来，中国发生了有目共睹的大变化，在市场经济的推动下，这 20 年是中国飞跃发展的 20 年，也是中国地热资源的开发利用得到进一步发展的 20 年，地热的开发对促进当地经济的发展起到了显著作用。那么，这 20 年来我国地热发展的态势有什么特点呢？可以用一句话来概括：直接利用飞速发展，地热发电裹足不前。具体表现在：

1. 20 年来地热直接利用的装机容量和年用热量平均增长了 4.5 倍。1990 年它们分别为 1 919MWt（兆瓦热功率）和 16 981TJ/a（ 10^{12} 焦耳/年），到 2010 年增长到 8 898MWt（世界第二）和 75 348.3TJ/a（世界第一）。
2. 20 年来地热直接利用变化比较大的是传统的地热采暖，1990 年采暖面积只有 190 万平方米，到 2009 年曾达 3 020 万平方米，差不多增长了 16 倍。
3. 20 年来地热直接利用变化最大的是地源热泵的利用。200 米以上的浅层地热能，过去不属于传统地热能（ $>25^{\circ}\text{C}$ ），进入 21 世纪以后受到了各界的青睐，也得到了地热界的认可，有了飞速的发展。在中国采用地源热泵的建筑面积从 2006 年的 738 万平方米到 2008 年增至 6 200 万平方米。
4. 如果说 1971 年 2 月 28 日在北京氧气厂钻成的热水井是我国在沉积盆地第一眼直接利

用的热水井，到 2010 年全国就有了 2 239 口，它们都成了一口口“人造温泉”，以满足人们随着经济的发展对提高生活水平的要求。

5. 如果说 1993 年中国 12 个地热电站的地热发电的总装机容量是 32.466MWe（兆瓦电功率）（含台湾两个地热电站的 3.3MWe），到 2010 年则下降到仅剩羊八井的 24.18MWe。不增反降，羊八井成了一个老当益壮的地热电站。鉴于这些变化，在接到再版的信息时，我既感到高兴，也备感压力，我必须去搜集新的资料，以反映我国地热能利用的新水平，同时有可能修正 1990 年版中的错误（如当时就误将广东阳江横岗仔当作沸泉）。因此，第九、第十、第十一等章是根据最新的资料完全重写的。鉴于此，书名改了一字。现在书稿修改的任务总算完成，它将呈现在国人面前，敬请批评指正。

作 者

辛卯年春节于北京大学燕北园

目 录

小 引	1
第一章 中国稀有的火山记录	3
第二章 截头圆锥状的山形	9
一 从石龙岩和粟雨说起——火山的喷出物	10
二 熔岩洞穴	15
三 奇特的山形	17
第三章 从地下喷出的岩石	23
第四章 中国的火山	31
一 新生代以前的火山	32
二 地球上火山的分布	35
三 烽火连天的中国	38
四 不平静的年月	45
五 并非偶然的安排	54
第五章 火山览胜	59
一 带水龙湾的龙岗火山群	60
二 沿着徐霞客的足迹探腾冲火山	63
第六章 火山与人	69
第七章 温泉奇观	77
一 什么是温泉	78
二 沸泉集锦	81
三 水热爆炸	85
四 间歇喷泉	91
五 泉华花拾	95

第八章 温泉探秘	101
一 酸甜苦辣，无所不有	102
二 温泉的形成	106
第九章 中国的温泉	111
第十章 地热能	123
一 庞大的热库	124
二 形形色色的地热系统	127
三 巨型的高压锅	134
四 巨大的热水盆地	139
五 热储流体的特性	143
第十一章 地热能的利用	149
一 地热利用的春秋	150
二 地热发电的光辉	153
三 非电利用显神通	159
四 地热能的利用在中国	164
后 记	175
附 录	177
附录一 中国火山活动的历史记录	178
附录二 中国史前的活火山	178
附录三 中国火山喷发的 ¹⁴ C定年结果	179
附录四 中国温泉（温度≥80℃）一览	180

小 引

中国很少见到正在喷发的火山，也没有像美国黄石公园那样壮观的天然温泉公园。其实，在中国，火山并不少；温泉的数目更是多。如果你想知道什么是火山？中国何处有火山？中国温泉有多少？温度有多高？哪里最常见？什么是地热能？我国是否很好地利用了？那么，就请你读一读这本小册子吧！当你合上书页之时，如果你感到增添了一些有趣的、必要的知识，这就算笔者没有白费心血了。

那么，从哪里开始呢？

就从中国稀有的火山记录开始吧！

第一章

中国稀有的火山记录

火山，是一种普通的自然现象。在太阳系中，不仅地球有火山，月球有，其他行星有，其他行星的卫星也有。我们的东邻日本、菲律宾以及南面的印度尼西亚都可称为“火山之国”。近几年，地球上到处在闹火山，一会儿是美国圣海伦斯火山的喷发；一会儿是菲律宾马荣火山的复苏；而位于“中美洲火山走廊”的尼加拉瓜的马萨亚火山不流岩浆而只冒烟，且百多年来，持续不断。在中国，火山却异常平静。被茫茫林海包围的白头山，巍峨矗立，风光秀丽，天池像一块碧玉镶嵌于山巅，平静如镜。莽莽昆仑之中的火山，则任凭风沙年复一年的掩埋，而无动于衷。难道中国的活火山就如此之少？的确，在我们祖先留下的浩瀚文海中，有关火山的报道实在稀有。

在2000多年前的《山经》之中，曾有“南望昆仑，其光熊熊，其气魂魂”的记述。宋朝时，因山西河曲、偏关等地有“火山”，因而建立了“火山军”的行政区域。上述记录是不是有关火山的报道？值得研究。后来经过许多人的研究，认为大同西部一带的“火山”并不是真正的火山，只不过是地下的煤自燃所引起的现象。

我国的古代文献中，有关火山的报道仅有两次，都是关于我国黑龙江省德都县五大连池区两座火山喷发的情况。

据清朝的《黑龙江外记》记载：“墨尔根（今嫩江县）东南，一旦地中忽出烟火，石块飞腾，声震四野，越数日火熄，其地遂成池沼，此康熙五十八年事（公元1719年）。 ”

另据康熙六十年（公元1721年）江苏吴江县人吴振臣所著的《宁古塔纪略》一文的附录《边徼纪闻》中所记：“城外东北五十里有水荡，周围三十里，于康熙五十九年（公元1720年）六、七月间，忽然烟火冲天，其声如雷，昼夜不绝，声闻五六十里；其飞出者皆黑石、硫磺之类，经年不断，竟成一山，直至城廓。热气逼人三十余里，只可登山而望；今热气渐衰，然数里之中，人仍不能近。天使到彼查看，亦只能远望而已，嗅之惟硫磺气。至今如此，无有识之者。”

五大连池火山原名乌云和尔冬吉火山（金代女真语），意即九座火山。目前五大连池共有 14 座火山，以北东向和北西向呈井字形排列，其中以老黑山和火烧山的火山岩保存最为新鲜，基本未受风化，因此上述报道可推断为是这两座火山在康熙五十九年和康熙六十年喷发的情况。是否在金朝至康熙五十八年间还有三座火山喷发过则未见任何报道。

在东北的众多火山中，另一个最著名的是长白山中的白头山。关于白头山火山喷发的情况，在我国历史文献中虽无记载，却见于朝鲜的历史文献中，当时朝鲜的封建王朝叫李朝，在 1392 ~ 1863 年的 450 年间记载了三次火山喷发。

第一次喷发是在明万历二十五年（公元 1597 年）八月二十六日，据记载“有放炮之声；仰见则烟气张天，大如数搂之石，随烟折去，飞过火山后，不知去处”。同时，天池附近发生地震，泉水变红，冒出大量红色泥水。

第二次是在康熙七年（公元 1668 年）四月，白头山附近下了一场“雨灰”。

又过了 34 年，即公元 1702 年 4 月 14 日（相当于清康熙 41 年），白头山火山又发生了一次新的喷发，据记载：“午时，天地忽然晦暝，时或黄赤，有同烟焰，腥臭满室，若在烘炉中。人不堪熏热。四更后消止。而至朝视之，则遍野雨灰，恰似焚蛤壳者……同月同日，稍晚后，烟雾之气，忽自西北，天昏地暗，腥膻之臭袭人之衣裙……”（见图 1—1）

1998 年刘若新等根据白头山的浮岩所夹的炭化木的¹⁴C 年龄测定，认为：“天池火山最近一次大喷发的年代为公元 1215 ± 15 年。而此前另一次大喷发可能发生于距今 4150 ± 80 年，即公元前 2155 年左右。在公元 1215 ± 15 年大喷发之后，于公元 1668 ~ 1702 年曾发生多次中、小规模喷发”。而本文提到的 1597 年的喷发，却认为不能肯定是火山喷发，而可能与地震活动有关。

长白山的火山喷发均早于五大连池在康熙五十九年（公元 1720 年）的喷发。自 1720 年之后，在中国 960 万平方公里土地上又经过了

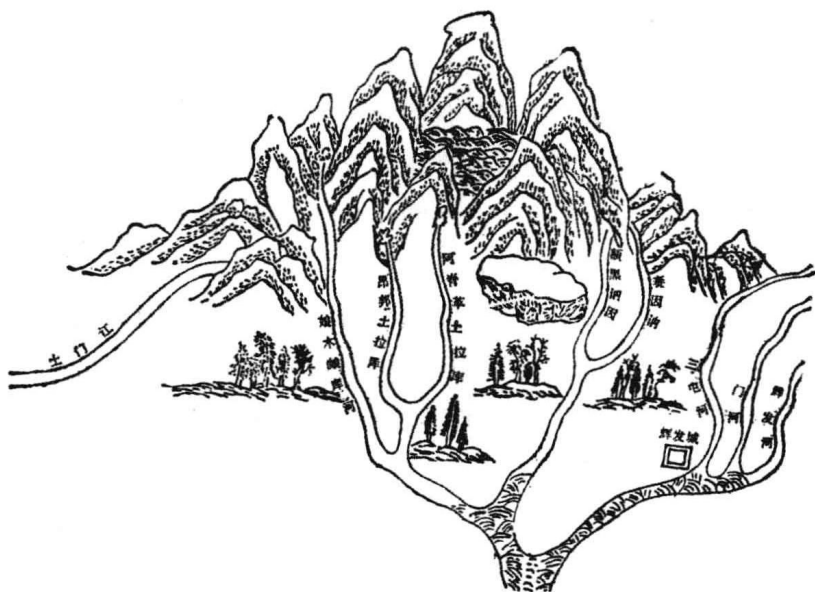


图 1—1 康熙皇帝钦定《盛京通志》中的长白山图

230 年的沉寂，到 1951 年再一次被打破了。在渺无人迹的茫茫昆仑，大批军民沿着由新疆于田首次进军阿里的道路，企图修筑一条新藏公路，正是酣战昆仑的战士亲身远眺了这一次火山的喷发，否则，在那只有藏羚羊出没的罕无人迹的荒原，那次喷发也绝不会为人所知。

该处火山位于昆仑山区的一个山间盆地内，那里有两个湖泊，分别叫做阿奇克库勒和乌鲁克库勒，附近有四座截头圆锥状火山锥，称为“乌鲁克库勒火山群”。在 20 世纪初叶，许多西方的探险家们踏上了青藏高原，较早的一份关于阿奇克库勒附近的火山的记录是德国动物学家促格迈尔搞的，他描述了火山锥的形态和巨大的熔岩流。1942 年中国地形测量员杨某也到过那里，取回岩石标本，送到苏联，由加贝耶娃分析研究，其结果发表在《亚洲地质》论文集中。

1950 年夏天，我国地质学家王恒生随进藏部队到达了阿奇克库勒，对火山口和熔岩流进行了观察，认为喷出的是安山岩。1951 年 5 月 27 日，参加修筑新藏公路的解放军某部三团二营的战士，曾经目睹了其中一座火山喷发的情景。随后，该营干部、战士多人再次到火山口查看。战士们反映，爆发时发出巨响，伴有烟灰呈圆柱状自山顶喷出，

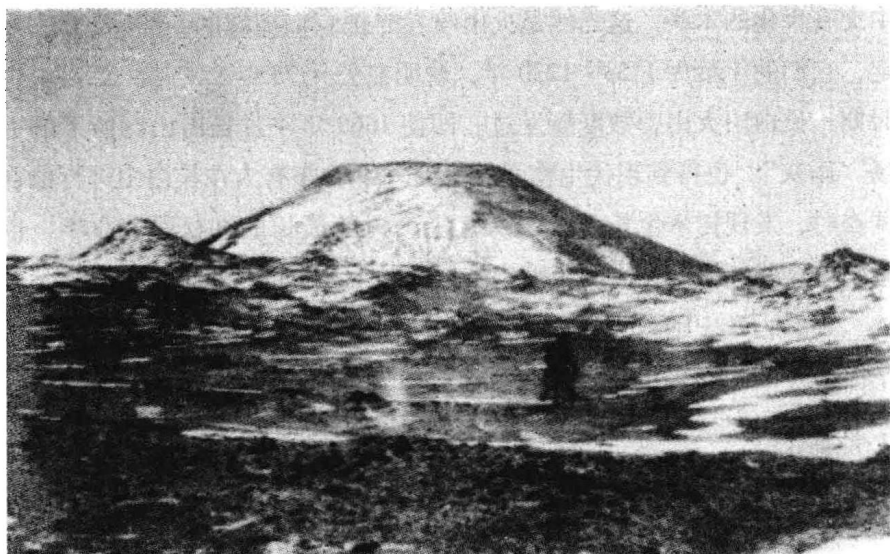


图1—2 新疆昆仑山脉之中乌鲁木齐库勒火山群中的卡尔达西（阿什）火山，1951年5月27日曾一度喷发（章铭陶摄）

继而飞出石块。至于是否有熔岩流溢出，说法不一。1976年10月，中国科学院青藏高原科学考察队地热专题组曾到火山区考察，并千方百计希望找到火山喷发时的目击者，但未能如愿。据当时担任营教导员的秦志坚同志说，因为听到战士们反映有座山冒烟，大约在半个月之后他带领几名干部去看了一下，见到一片像是烧过的红黑色石头。

1976年的考察详情已见于《西藏地热》一书中。这里所引用的一张照片就是1951年曾经再度喷发的那座火山锥。从照片（图1—2）可知，火山锥位于一个已破坏的火山锥之内，可见这里曾发生过多次数喷发。而上面提到的两个湖泊，完全是由火山喷发出的熔岩堵塞河道形成的壅塞湖。

无论是新疆昆仑山脉中的火山，还是东北长白山火山和五大连池火山，以及其他许许多多火山，它们大规模喷发时都发生在人口稀少的边远之地，火山的喷发似乎都与辽阔中原的戎马倥偬、军阀混战和改朝换代没有什么关系。因此，边远地区这些火山的喷发，在历史的记录中都没有或难得保留下来，但是大自然却为我们留下了难得的记载。如长白山火山顶部覆盖有一层灰黄色的40米厚的粗面质浮岩，其

中夹有炭化的木头，这当然是火山喷发时把它们掩埋的，经 ^{14}C 方法测定，它们的年龄为 1153 ~ 1230 年，说明在公元 752 ~ 829 年，即在中唐时期，长白山火山曾数度喷发过。即使 1668 年 4 月长白山区所下的一场“雨灰”，也得到现代生物学的旁证。1916 年有人在长白山进行植物调查时，发现树木生长于火山灰之上，树龄最长的红松是 250 年，也就是说这些红松是在火山灰喷出不久就马上在上面生长的。

当然，在中国数千年的文明史中，大陆本土上火山的喷发，与太平洋火环诸国的火山活动比较起来，特别是与东邻日本相比较，的确要少得多。但是否就是上面所述寥寥数次，目前就难下结论了。特别是自人类出现以来，在史前的数百万年的历史长河中，我们的祖先，是否在熊熊烈焰的火山之前感到无比的惊吓？在下面适当的时候，将回答这一问题。

第二章

截头圆锥状的山形

一 从石龙岩和栗雨说起——火山的喷出物

地下的岩浆沿地壳中的裂隙喷出地表，形成火山。在火山喷发之时，各个火山都有不同的特点。有的火山，只见到团团浓烟从那圆锥形的山顶滚滚涌出；有的喷发非常频繁，但异常温和，无爆炸之势，只见熔岩宁静如泉涌；有的则相反，爆炸猛烈，一次喷发会把高耸入云的锥状山体炸得不翼而飞；有的火山只喷出浓烈令人窒息的气体；有的却喷出厚厚的雨灰，覆盖了山峦、村庄、道路与溪流；有的只见滚滚赤热的熔岩流沿着斜坡，蜿蜒曲折一泻数十里；有的只见高热岩浆从火山口喷出后，熔浆中夹杂有大量的气体，以极高的速度沿着山坡往下倾泻，由于岩浆细粉和上升气体的混合，形成漩涡，犹似云霞从天而降，这是最险的“发光云”，如同大炮发射一样猛烈，荡涤着大地的一切。此外，在火山旁边还常常伴有高温的喷气孔、硫质气孔和高温沸泉等。

关于火山喷出的雨灰，或称雨豆，或称雨粟，我们祖先则记载不少。自公元前192年（汉惠帝三年）以来，至1883年（清光绪九年），共有66次。其中自1371年以来，明朝记载了15次，清朝34次，明清以前只记载了15次。历史愈久，记载愈少，因此这些记载肯定是不完全的，特别是当雨粟落在穷乡僻壤，就更加没有记载的可能。从记载中看出，雨粟颗粒大小，变化很大，大如豆粒，小似芝麻，最大如掌。颜色各不相同，以红、黑为主，五色相间。有的坚如铁，通心皆黑，有的有孔中通，有的呈黄泥丸子，中有硫磺气。从雨粟记载的特性看，它们很可能是火山喷出的细粒碎屑物。

在火山喷出的过程中，所抛出的火山碎屑物的数量十分惊人。有的不具固定的形态，有的呈现一定的形状。不具固定形态的碎屑喷出物，可以根据其大小粗细分为三类：大于鸡蛋（或 >32 毫米）的可称作火山岩块，它们因为颗粒粗，抛不远，一般只留在火山附近；小于鸡蛋并大于黄豆（ $4\sim32$ 毫米）的，叫做火山砾；如果小于黄豆（即小于4毫米）就是火山灰，俗称雨粟或雨豆。因为它们颗粒小，重量