



自然科学史话

科学普及出版社

探索热的本质

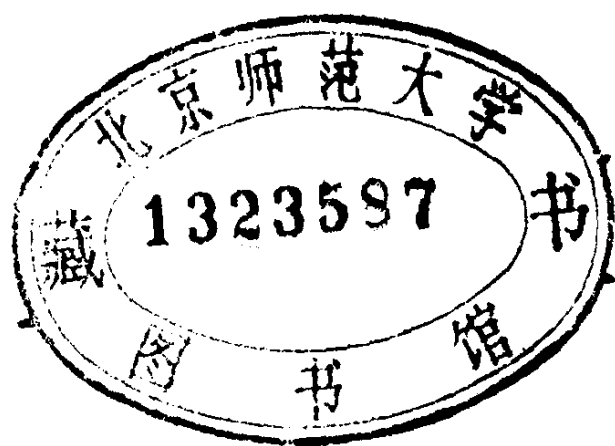


北京出版社

自然科学史话

探索热的本质

申先甲



北京出版社

编辑说明

《自然科学史话》，是按数学、物理、化学、生物、地学、天文等分学科编写的。这套《史话》较系统地介绍上述学科的发展历史和某些科学原理或定律的渊源，以及人们对自然界由浅入深、由表及里的认识过程。编写上力求深入浅出，通俗易懂，做到科学性、知识性和思想性的统一，以帮助广大中学教师扩大知识面，更好地做好教学工作。这套书也可供从事科技工作的同志和一般读者阅读。

自然科学史话

探索热的本质

Tansuo Re de Benzhi

申先甲

*

北京出版社出版

(北京崇文门外东兴隆街51号)

新华书店北京发行所发行

广益印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 7.5印张 154,000字

1985年10月第1版 1985年10月第1次印刷

印数 1—3,250

书号: 13071·163 定价: 1.20元

前 言

冷热变化是最早引起人类注意的自然现象之一。中国古代和古希腊的思想家们，已经提出过关于热的本质的各种猜测。随着计温学和量热学的建立，热学才走上精确实验研究的道路，为解释热现象的实验结果而发展起来的热的物质说和热的运动说才具有了严格意义上的科学假说的性质。不过，热的物质说在整个十八世纪和十九世纪初一直占据着统治地位，以它为指导，热学的理论研究也取得了一些重要成就。到了十九世纪四十年代之后，由于能量原理的确立，热的运动说才得到普遍承认，这是人类对热的本质的认识的一个重要进展。不过，随后建立起来的热力学理论，还只是从宏观角度总结出了关于能的转化过程的一般规律，而并不追问热到底是一种什么样的运动的表现。

在此以前，不少人已经提出了热现象是物体内部大量微小粒子运动的表现的看法。但是直到能量原理确立之后，分子运动的理论才得到飞跃的发展，并且相继引进了统计和几率的概念，导致了统计物理学理论的产生。这些研究深入到了物质的内部结构，把人们的认识从宏观领域推进到微观领域，不仅加深和丰富了人们对热的本质的认识，并且成为本世纪初以来迅速发展起来的微观物理学的先驱。

本世纪的前半叶，热学领域主要是进行了关于平衡态附近的线性非平衡过程的研究，这些过程都受到趋向平衡这一总的倾向的制约。近十多年来，有了很大发展的耗散结构理论，把热力学和统计物理学的研究推进到了远离平衡态的非线性区域，揭示了一个开放系统从无序到有序的转变，这一研究成果正在有效地向化学、生物化学、生物学以及社会、经济等研究领域推进。

历史表明，人类认识热的本质是经历了很长一段探索过程的，这个过程远没有结束，还要不断地向前发展。

然而，在我们通常的教学过程和一些物理教材中，却常常忽视了关于这些科学理论的发现和发展的叙述。忽视历史的考察的结果，是给初学者造成这样一个印象：似乎这些理论一开始就是以书本上叙述的那种完善的形式被发现的。这不仅增强了对这些知识的来源的神秘感，而且极易形成“终极真理”的绝对真理观。

改变这种状况需要作多方面的努力，加强科学发展史的教育，是有效的手段之一。我们不能给学生灌输一大堆僵死、呆滞的知识，而应该把科学中的发现、推理和知识的演化过程作为教学过程的重点之一，在学生面前展示出人类进行科学探索和推进科学理论发展的曲折而艰难的历程。

学习科学史不仅能够帮助我们理解科学的基本概念、定律和理论的实质，而且还会提供科学的思考和研究方法，培养人们的洞察力和创造力，有利于培养学生的研究能力，激发学生在科学发展的道路上不断创新的信心和顽强探索的精神。

这本书是北京出版社计划出版的“自然科学史话”中的

一本。我希望在这本书中能够用有限的篇幅，对人类追索热的本质的历程作一个粗略的回顾，从历史的考察帮助读者了解热学理论为什么和如何成为目前这个样子的；同时也希望能够揭示出热学的发展与生产技术发展之间的相互关系，揭示出热学的发展与哲学思想以及各门自然科学发展之间的关系。所以，历史线索的叙述是本书的主要内容，而没有追求对热学基本概念、定律和理论的叙述的完整性和严密性。另外，也没有局限于教学大纲的范围，对一些较新的发展也作了必要的阐述。

由于作者水平有限，完全满足读者的要求是困难的。如果这本书能够使读者增加一点热学发展史的知识，并提高一点对科学史研究的重视和兴趣，我就甚感欣慰了。

作 者

1984年8月

目 录

一、计温学的诞生和发展.....	(3)
(一) 人类支配自然力的开端——火的利用.....	(3)
(二) 古代人对冷热的认识.....	(10)
(三) 温度和热力学第零定律.....	(16)
(四) 迈向实验热学的第一步.....	(19)
(五) 气体定律的建立.....	(29)
(六) 理想气体温标和热力学温标.....	(35)
二、热的传播和量热学的发展.....	(43)
(一) 热的传递.....	(43)
(二) 混合量热的疑难.....	(47)
(三) 布莱克的贡献.....	(51)
(四) 捕捉到“潜热”.....	(53)
(五) 冰筒量热的成就.....	(56)
三、热动说和热质说之争.....	(61)
(一) 古代对热之本性的朴素认识.....	(61)
(二) 近代热动说的发展.....	(69)
(三) 热质说的鼎盛时代.....	(74)
(四) 对热质说的挑战.....	(81)
四、热力学第一定律的确立.....	(95)

(一) 蒸汽技术的诞生·····	(95)
(二) 永动机梦想的破灭·····	(100)
(三) “活力守恒”思想的发展·····	(104)
(四) 联系和转化的“网络”·····	(110)
(五) 迈尔的思考·····	(114)
(六) 焦耳测定热功当量·····	(116)
(七) 伟大的运动基本规律·····	(122)
五、自然界变化过程的方向性·····	(135)
(一) 卡诺关于热机效率的研究·····	(135)
(二) 第二类永动机也是不可能的·····	(144)
(三) 自然过程的不可逆性·····	(154)
(四) 宇宙会“热寂”吗? ·····	(163)
(五) 通往绝对零度的征途·····	(168)
六、热现象的微观本质·····	(183)
(一) 早期的分子运动论思想·····	(183)
(二) 分子运动论的蓬勃发展·····	(192)
(三) 概率性规律·····	(207)
(四) 探索有序之源·····	(226)

一、计温学的诞生和发展

- (一) 人类支配自然力的开端
——火的利用
 - (二) 古代人对冷热的认识
 - (三) 温度和热力学第零定律
 - (四) 迈向实验热学的第一步
 - (五) 气体定律的建立
 - (六) 理想气体温标和热力学温标
-

热学这一门科学起源于人类对于热与冷现象的本质的追求。由于在有史以前人类已经发明了火，我们可以想象到，追求热与冷现象的本质的企图可能是人类最初对自然界法则的追求之一。

——王竹溪：《热力学》

一、计温学的诞生和发展

(一) 人类支配自然力的开端

——火的利用

在美国首都华盛顿的一个大建筑物前面，刻着下面几行字：

火：一切发现中的最伟大的发现使人类能够生存于不同的气候之中造出很多的食物并迫使自然的力量为他们工作

的确，火的使用使人类获得了新的手段，把自己从自然界中解放了出来。这是人类对自然斗争的一个伟大胜利，在人类历史上是一个非常重大的事件。火在生活和生产实践中的广泛应用，使人们观察到有关火烧、火烤以及物体受热而发生的物性变化等热现象，并积累起了这方面的知识。所以，整个热学理论发展的历史应该追溯到火的利用。

原始人发明用火是经历了长期的实践和认识过程的。人类和火的关系，大体上经历了“无火时期”、“用〔天然〕火时期”和“造火时期”。在许多民族的传说中，都说到他们的远祖曾经长期处于无火时期，吃着生冷的食物，忍受着寒

冷的侵袭,在没有月光和星光的黑夜里,被恐怖的黑幕包围。

最早的火是怎么来的呢?世界上各个民族都有不少古老的神话传说。在古希腊的神话中说:原来只在天上有火,并为天神所把持,后来普罗米修斯从天上盗取了火种,才把火送到人间。但是,他也因此而触怒了主神宙斯,被锁于高加索山崖间,每日遭受神鹰啄食肝脏的折磨。但普罗米修斯坚毅不屈,后来为另一个英雄赫丘利所救。在欧洲的文艺作品中,普罗米修斯一直是被歌颂的一个敢于抗拒强暴,不惜为人类幸福牺牲一切的英雄,受到人们的敬仰。

这个神话反映了火的最早来源,即“天火”。天然火的发生有种种不同的原因:火山地区有火山爆发引起的森林大火;干燥的森林或草地,有石油或天然气渗出的地区,受闪电的作用而引起大火;森林堆积的枯草朽叶,干枯的草堆,外露的某些煤层,也会由于闷热氧化而自燃,等等。

自然界的火是有破坏性的,常常引起灾难和死亡,使原始人感到惊讶和恐惧。但是在大火燃烧之后,常有一些被烧死的野兽肉又香又软,一些植物的果实和块根也变得很好吃,在尚未熄灭的灰烬旁又使人身体感到温暖,在漆黑的夜色中火光照亮了周围的环境……,这些经验使人们逐渐知道了火的用处。在他们逐渐熟悉了火的特性之后,就尝试着去引取和保存火种,用火来改善自己的生活。

根据古人类遗址中发现的被烧过的灰烬和兽骨,可以判明亚洲、欧洲和非洲的古人类很早就学会了用火。在我国云南省发现元谋猿人化石的相应地层中,发现有灰烬或炭屑。元谋猿人的绝对年代距今有一百七十万年,如果这些发现确

实是古人类用火的遗迹，那末我们的祖先在一百七十万年前就已经学会利用火

了。北京周口店北京猿人洞中发现的灰烬，则是确凿无疑的人类用火的最早遗迹之一。在这里发现有的石块因烧灼而变成黑色并有很多不规则的裂纹；兽骨因烧灼而



图1.1 猿人引火图

呈黄、棕、蓝、白、灰、绿、黑等不同颜色，也有不规则的裂纹；在洞里还发现过一块木炭。猿人洞里有几层灰烬，其中一层最厚的地方有六米之深，最上一层的灰烬还分为两大堆，这是篝火长时间燃烧的证据。同时也说明在五十万年前的北京人时期，用火已经有了很大的发展。灰烬成堆，说明当时虽然还只是使用天然火，但已经知道把火引到洞里，并能够隔离和控制火的蔓延，保持火种延续不断。现在世界上一些原始民族，保存火种的方法主要还是篝火，即不断往燃着的火堆里投放木柴，不用火时用灰土盖上使其阴燃，使用火时扒开灰土，添上草木引燃。

近年，在非洲肯尼亚的切萨瓦尼亚发掘出的原始人村落遗址上，找到了一些被烧过的粘土小碎块。考古工作者对这些土块进行研究后推断，它们很可能是一些小篝火所致。如果这个结论是可靠的，那就表明在一百四十万年前非洲原始

人已能使用并控制火了。

北京猿人是被考古学界普遍肯定的最早用火者，但还不会造火，只能保存天然火。当人们从利用自然火到能够人工取火之后，才算是真正控制了这种自然力。至于人类究竟是在什么时候和用什么方法实现人工取火的，从考古发掘中尚难作出确切的判断。在旧石器时代中期的尼安德特人的大多数遗址中，发现有大量的火灰堆，这表明他们可能已会造火了。

在一些神话中，有着人工造火的传说。我国古代有“钻木取火”的有趣神话。《路史》注引的《拾遗记》中写道：

“遂明国不识四时昼夜，有火树名遂木，屈盘万顷。有鸟名鹇，啄树则灿然火出，圣人感焉，因取其枝以钻火，号燧人。”在《庄子·外物篇》中也有“燧人氏钻木出火，造火者燧人也，因以为名”的说法。这个神话说，在太阳和月亮都照不到的西方荒远之地，有一个遂明国，不见天日，不识昼夜。那里有一棵根干枝叶屈盘万顷的大树名叫“遂木”。一个圣人来到这里，看到一些名叫鹇的鸟，用它们短而硬的尖嘴去啄那树干，引发出灿烂的火光。圣人受这种景象的启示，领悟到取火的方法，就从遂木上折枝去钻，从而引出火光。这位圣人就被后人称为“燧人氏”，燧人就是“取火者”的意思。

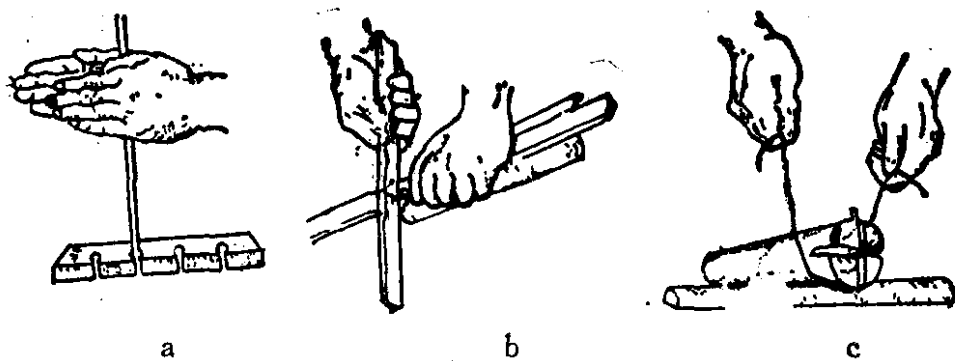
人工取火的发明，可能是在制造工具与武器时对石块和木头进行加工而发现的。在燧石与燧石撞击时会迸出火花；在钻木、锯木和刮木时木头会发热，甚至产生烟火。此类经验的积累和进一步的摸索，人们终于发明了人工取火的方法。

用燧石撞击而产生的火花，由于热量很少，引燃的可能性不大。但用黄铁矿（ FeS_2 ）同燧石或石英撞击而迸出的火花在空气中燃烧，则能发生较大的热量，使干的菌类或茅草燃起火焰。

摩擦生火的方法，可能是在旧石器时代末期随着钻孔技术而发明，在新石器时代随着磨制工具而逐渐普及开来的。原始的摩擦生火方法，大体上有火钻法、火锯法和火犁法三类。其中以火钻法的应用最广，在传说中也最常见。钻木取火的操作方法大体上是这样的：用一根木头（如山麻木）弄成扁平形，在上面挖一小的凹穴，把它放在地上固定好（如用双脚压住）；再用一根一端稍尖的木棒，插在小穴上，手掌用力把木棒来回搓摩，棒端与凹穴接触处就会由于剧烈摩擦而生热，并在周围产生一些木屑粉末。在不断摩擦的作用下，最后就会因热而产生烟火，点燃了木屑粉末。把冒烟的木屑粉末放到事先备好的干茅草等引火物里，并用嘴吹气，就会燃起火焰。这种方法不断改进，就可用绳索或皮条缠绕木棒，绳索的两端系在弓的两端，把弓往返拉动来转动木棒。这种方法，在我国海南岛和西南的少数民族中，一直沿用到解放前；在非洲和美洲的一些土著民族中也常被使用。

火锯法是用一片木头或竹子，在另一木块或竹子上象拉锯一样迅速地来回摩擦，直到起火。特别是竹子的表面有一硅质层，摩擦后更易起火。另一种火锯法则是用一柔软的藤条来锯木块或竹子，让锯屑落在引火物上起火。这些方法，在印度、马来半岛、菲律宾群岛以及欧洲一些地区都曾采用过。

火犁法则是用木棒的尖端在另一块木头的沟槽内滑动摩



a. 钻木取火 b. 锯竹取火 c. 摩木取火

图1.2 原始人摩擦取火

擦，生热起火。这种方法在太平洋岛屿和美洲、非洲一些居民中被采用。

当然，钻、锯、摩、压这类取火方法都是有一定技巧的。在我国古籍——《庄子·外物篇》中已有“木与木相摩则燃”，《韩非子·五蠹》中说“钻燧取火，以化腥臊”的记载。看来至迟在春秋时代以前，我们的祖先已发明了钻木

取火的方法。



图1.3 猿人烤食鱼类

火的使用，使人类由“茹毛饮血”过渡到吃熟的食物。这既扩大了食物的范围——使鱼、虾等水产动物和其他一些动植物成为可食用的（图

1.3），而且熟食减少

了疾病的发生，缩短了咀嚼和消化的过程，使食物易于分解为氨基酸和糖，容易吸收，从而促进了人的大脑和体质的发展。

火给人以光亮和温暖，并可以保护人类防止野兽的侵袭，使人能探明深洞野穴，烘干洞穴以供居住，并使人类的活动范围向寒冷地区扩大。

火也是狩猎的武器。原始人不仅用洞口的火堆防御剑齿虎、穴居熊等猛兽侵入洞穴，用篝火保护在林间空地过夜的人；而且还用火炬来围猎驱赶猛兽，把它们赶到陷坑或围栏里去。

火可以用来制造工具。大石块用火烧后再让它骤然冷却，可以裂为小块；木材经火烤烧，会变得柔软，便于制成所需的形式；用火烧木矛不仅易把矛头弄尖，而且经火烧冷却后又可变硬；用火烧空一根大木料可以造出独木舟。到几千年前，火开始用于烧制陶器和熔炼矿石，加工金属，导致了人类文明的产生。

火的利用，为人类改变地球面貌提供了一个强有力的手段。无人管理的篝火很可能会引起火灾，焚毁一个地区的植被。丛林被焚后会变成草原，使食草类动物得以繁殖；放火烧荒后的灰烬成为肥料，非常适于农业种植，等等。总之，火的利用增强了人类控制和改造自然的能力，对于人类和社会的发展有极为重大的作用。

恩格斯指出：就世界性的解放作用而言，发明用火超过了蒸汽机，摩擦生火第一次使人支配了一种自然力，从而最终把人同动物界分开。^①

正因为如此，世界许多民族中都流传着关于人类掌握火

^① 《马克思恩格斯选集》，第三卷，人民出版社（1972）。