

# 关于热的本性的争论与能量转换和守恒定律的发现

贾泽昊

(山东省青岛西海岸新区第一高级中学 山东 青岛 266555)

(收稿日期:2018-08-13)

**摘要:**关于热的本性的两种假设,热质说和运动说进行过长期争论.量热学、传热学的建立和应用使热质说很长时间占统治地位.摩擦生热、热功当量的发现和测量使热质说衰败,运动说最终得到确立,并导致能量转化和守恒定律的建立.

**关键词:**热的本性 热质说 运动说 热功当量 能量转化和守恒定律

## 1 运动说和热质说

和关于光的本性的争论一样,关于热的本性历史上也进行过很长时间的争论.关于热的本性,人们提出过各种假设,但最终可归纳为两种基本假设<sup>[1]</sup>.一种是运动说:热的本性就是构成物体的原子或构成物体的微粒的看不到的一种运动.17世纪英国哲学家培根,科学家笛卡尔,俄国的科学家罗蒙诺索夫等持有这种观点.另一种是热质说:热是一种热素,热素是一种特殊形式的、没有重量的物质微粒,热素可以像液体那样由一个物体流向其他物体,得到热素的物质会变热.在流动过程中,热素的总量守恒.17世纪的科学家伽利略和哲学家伽桑迪等持有这种观点.在热质说的基础上,规定了热量的单位卡,建立了量热学和传热学,并在生产和科研中成功应用.但由于量热学和传热学不实际涉及热功转换,在19世纪初以前,热质说一直占统治地位.

## 2 运动说的兴起

18世纪末,英国物理学家伦福德伯爵做了大量摩擦生热的实验,反对热质说.1798年1月25日在英国皇家学会宣读他的论文中说<sup>[2]</sup>:“最近我应约去慕尼黑兵工厂领导钻制大炮的工作.我发现,铜炮在钻了很短的一段时间后,就会产生大量的热;而被钻头从大炮上钻下来的铜屑更热(像我在实验中所证实的,发现它们比沸水还要热).”“由摩擦所产生热

的来源似乎是无穷无尽的.”英国化学家戴维曾在1799年发表了《论热、光及光的复合》的论文,介绍了他所做的冰块摩擦实验,这个功转变为热的实验热质说无法解释,但由于缺乏定量数据,加上认识上的惯性,戴维的实验并没有改变学者们对热的本性的看法.

17世纪末,英国人塞维制成了用于矿井抽水的蒸汽水泵.1782年英国发明家詹姆斯·瓦特建造了可以连续工作的蒸汽机,并很快在纺织、轮船、火车等方面得到广泛应用.蒸汽机是把热转变为功的机械.

蒸汽机的广泛应用,促使对蒸汽机的工作原理、热功转换的过程理论和如何提高其效率的研究.法国年轻的工程师沙地·卡诺(1796—1832)给自己提出了上述任务.卡诺提出了热机循环的理想模型——卡诺循环;提出并证明了卡诺定理,为热力学第二定律的建立提供了重要基础.1827年,31岁的卡诺写成了一篇题为《论火的动力》的著作.但是,卡诺在书中是使用热质说的观点论述热转变为功的理论的<sup>[3]</sup>.早期的运动说,甚至热机广泛应用的事实并没有撼动热质说的地位.

## 3 能量转化和守恒定律的发现

在很多对能量转化和守恒定律的发现做出了贡献的科学家中,要首推三位科学家.他们是德国医生罗伯特·迈耶(Robert Mayer,1814—1878),赫尔曼·赫姆霍兹(Hermann von Helmholtz,1821—

作者简介:贾泽昊(2000—),男,在读高中生.

指导教师:闫向宏(1966—),男,教授,主要从事物理教学及功率超声换能器方面的科研工作.

1894)和英国的实验物理学家詹姆斯·普列斯科特·焦耳(1818—1889)。

### 3.1 迈耶的贡献

迈耶是一位医生,1842年发表题为《热的力学的几点说明》,论述了热和机械能的相当性和可转化性。他的结论是“因此,力<sup>①</sup>(即能量)是不灭的、可转化的、不可称量的客体。”这是能量转化和守恒定律的最早完整表达。

迈耶在1845年发表第二篇论文《有机运动及其与新陈代谢的联系》,系统地阐述了能量转化和守恒的思想,他指出:“无不能生有,有不能变无”。他主张:“热是一种力(即能量),它可以转化为机械效应。”论文还具体地论述了热和功的联系,推导出了气体定压比热 $C_p$ 和定容比热 $C_v$ 的关系: $C_p - C_v = R$ ,此公式现在称为迈耶公式。

迈耶首先提出热和功的相当性,根据狄拉洛希等科学家的实验数据,第一个计算出热功当量的数值为 $367 \text{ kg} \cdot \text{m/kCal}$ ,换算成国际单位制为 $3.597 \text{ J/Cal}$ 。这个数值与现代的精确数值 $4.187 \text{ J/Cal}$ 虽有较大差别,但迈耶的推导过程是正确的,因为狄拉洛希等科学家的实验数据不准确而导致的。

迈耶还考察了“机械效应和电的转化。”他认为“下落的力(即重力势能)可以用重量和(下落)高度的乘积来量度。”“与下落的力转化为运动或者运动转化为下落的力无关,这个力或机械效应始终是不变的常量。”

迈耶还证明了生命过程中氧和食物转化为热,陨石的发光是由于在大气中损失了动能。他还用能量守恒原理解释了潮汐的涨落。

### 3.2 赫姆霍兹的工作

赫姆霍兹是德国医生,曾在著名生理学家缪勒的实验室工作多年,研究过动物热,深信所有生命现象都必须遵守物理和化学规律。他有良好的数学训练,熟悉牛顿、达朗贝尔、拉格朗日等科学家的著作。他是康德哲学的信徒,把自然界大统一作为自己的信条。他认为如果自然界的“力”(即能量)是守恒的,则所有的“力”都应和机械“力”有同样的量纲,并可还原成机械“力”。1847年,26岁的赫姆霍兹写成了论文《力的守恒》,充分论述了这一命题,把能量从机械运动推广到所有变化过程,并论述了普遍的能量转化和守恒定律。

赫姆霍兹在结束语中写道:“通过上面的论述已

经证明了我们所讨论的定律没有和任何迄今所知的自然科学事实相矛盾,反而却引人注目地为大多数事实所证实……这定律的完全验证,也许必须看成是物理学最近和将来的主要课题之一。”

### 3.3 焦耳的实验研究

焦耳是酿酒厂主的儿子,家庭富有。从小由家庭教师教授学业,16岁起与兄弟一起到化学家道尔顿那里学习。道尔顿的指导对他起了关键性的作用,使他对科学产生了浓厚兴趣。20岁时,焦耳已具有很好的实验条件,后来焦耳就在家里做起了各种实验,逐渐成为著名的实验物理学家。

## 4 热运动说的确立

1845年,焦耳在分析了他的大量实验结果后得出结论:热素是不存在的,热就是运动。他认识到,热和运动等价性的最有力证据,莫过于热功当量的直接实验数据。从1843年到1878年,焦耳采用不同实验原理和实验方法,先后做实验四百余次,以日益精确的数据,为热和功的相当性提供了可靠的实验证据,使能量转化和守恒定律确立在牢固的实验基础上。1849年6月,焦耳作了《热功当量》总结报告,给出的热功当量数值,换算成国际单位制为 $4.145 \text{ J/Cal}$ ,与现代公认的数值 $4.1868 \text{ J/Cal}$ 非常接近。

能量转化和守恒定律的确立、热功当量的精确测定,使热的运动说可定量处理量热学和传热学有关物理问题,这样一来,热质说的优势消失了,而困难(功热转化现象的解释)更为突出。从此热质说逐渐退出历史舞台,热的运动说得以确立。

**致谢:**感谢中国石油大学(华东)理学院应用物理系2015级刘杰(2018年7月已被北京大学免试录取为硕博连读研究生)师兄,帮助我选书、借书,一起讨论问题,交流观点,并提出修改建议。

### 参考文献

- 1 杨基芳,黄高年. 物理学发展简史. 北京:知识出版社,1983.72
- 2 郭奕玲,沈慧君. 物理学史. 北京:清华大学出版社,1993.51
- 3 赵凯华,罗蔚茵. 新概念物理热学. 北京:高等教育出版社,1998.180

<sup>①</sup>在迈耶那个时代,还没有“能量”这个词。“力”有两个不同的含义。一是现在的力;二是“物体做功的本领”,即能量。作者注。