



道·傅里叶逝世，时年
 三月二十一日（1830年3月21日）
 法国数学家、物理学家、热力学
 学产生了位大数学家。在物理学
 第一大步，而自由能、熵、热力学
 面，他的理论和方法对热力学、统计
 門，支配了热力学、热力学、统计
 一八一四—一九〇〇年，他
 備了他在热力学、热力学、统计
 對於热力学、热力学、统计

(除非) (法) 约瑟夫·傅立叶
 他也是大师级数学家、物理学家、
 大师) 然而，关于热力学、统计
 盡一致，所以，热力学、统计

● 桂质亮

译 著

科学名著文库

热的解析理论



科学名著文库

热的解析理论

[法] 约瑟夫·傅立叶 著

桂质亮 译

武 汉 出 版 社

1993·武汉

Joseph Fourier
ANALYTICAL THEORY OF HEAT
Translated from French by Alexander Freeman
Cambridge, 1878

(根据剑桥 1878 年亚历山大·弗里曼英译本译出)

科学名著文库
热的解析理论
约瑟夫·傅立叶 著
桂质亮 译

*

武汉出版社出版发行

(武汉市江岸区北京路 20 号 邮政编码 430014)

新华书店经销 湖北省新华印刷厂印刷

*

850×1168毫米 开本 32 印张 14.75 插页 4 字数 380千字

1993年10月第1版 1993年10月第1次印刷

印数 1—3000册 定价：18.00元

*

ISBN 7-5430-0643-X/N·12

科学名著文库

弁 言

在近现代学者移译西学典籍的过程中,一些科学经典名著也被介绍到国内来。为使前辈学者的工作承续不辍,我们在武汉出版社的支持下,创办《科学名著文库》,选择成书时间在16至19世纪,其学术价值经历史检验得到公认的科学大师的代表作,约请国内学者加以翻译,陆续出版。其中,有些著作以前曾出过节译本或文言文译本,但绝大多数是第一次译成中文。凡已有语体文全译本者,文库中不再收入。因文库所选,皆系经典,翻译中将尽量保持原著风貌。

科学名著文库编委会

1991年12月

国家教育委员会
“八五”人文、社会科学研究规划项目

汉译者 前 言

琼·博普蒂斯特·约瑟夫·傅立叶(Jean Baptiste Joseph Fourier, 1768年3月21日—1830年5月16日)是19世纪法国数学家和数学物理学家。他的工作对数学和物理学产生了很大影响。在数学上,他迈出了19世纪第一大步,而且是真正极为重要的一步;在物理学方面,他的理论和方法几乎渗透到近代物理学的所有部门,支配了整个数学物理学。开尔文勋爵威廉·汤姆森(William Thomson, 1824—1907)自称傅立叶关于热的工作影响了他在数学物理学方面的全部经历。

对于这样的大师级科学家,后人本无权妄加评论(除非他也是大师或更高级的大师),然而,鉴于人们长期对傅立叶的成就看法不尽一致,所以,我们转述数学史家拉维茨(J. R. Ravets)和格拉顿-吉尼斯(I. Grattan-Guinness)的一段话,也许于读者不无裨益:“由于人们仅仅只注意傅立叶级数和傅立叶积分这两个结果,并在评价它们的推导时使用了不合时代的严格性标准,所以长期把傅立叶的主要成就史给搞混了。我们最好把傅立叶的主要成就理解为这样两个方面:第一,把物理问题的公式化表示当作线性偏微分方程的边值问题来处理,这种处理(连同他在单位和量纲方面的工作)使理论力学扩展到牛顿《原理》所规定的范围以外的领域;第二,他为这些方程的解所发明的强有力的数学工具,这些工具产生

了一系列派生物,并且提出了数学分析中那些激发了19世纪及其以后的许多第一流工作的问题”。拉维茨和格拉顿-吉尼斯撰写的傅立叶传记可在吉利斯皮(Charles Coulston Gillispie)主编的《科学传记辞典》(*Dictionary of Scientific Biography*, Charles Scribner's Sons, 1970)第5卷第93—99页找到。对傅立叶更详尽的研究,见他们二人合作的成果《约瑟夫·傅立叶:1768—1830》(*Joseph Fourier 1768—1830*, Cambridge University Press, 1972)。

本书是傅立叶的代表作,集中反映了他在数学和物理学方面所作的重要贡献,被公认为数学经典文献之一。麦克斯韦(Clerk Maxwell, 1831—1979)称赞这本书是“一首伟大的数学诗”。原书以 *Théorie Analytique de la chaleur* 为书名于1822年以法文出版。汉译本根据亚历山大·弗里曼(Alexander Freeman)的英译本译出。弗里曼在英译本中加了一些脚注和章节末注,并以脚注形式收入了英国学者罗伯特·莱斯利·埃利斯(Robert Leslie Ellis)在研读这部著作时所作的页边注。这些我们都仍按英译本形式译出,并以注者姓名的首字母区别。汉译者所加的少量说明性注释以“译者”标出。附在书末的人名索引是译者为方便读者使用而加的。

傅立叶的这部著作距今近二个世纪,英译本也离现在有一百多年了。一些今天已经严格确定的数学术语在当时却用得比较随便,其间语言变化也很大,如书中分号的使用就与现在颇为不同,傅立叶本人亦有很高的文学素养,这些都给翻译带来一定的困难。我们力图保持原书风格,但限于译者水平,不妥之处在所难免,恳祈读者批评指正。

本书的翻译得到不少学者和朋友的帮助。英国米德尔塞克斯综合工艺大学数学史家I. 格拉顿-吉尼斯教授帮我解决了几个难题,并且为汉译本提出了建设性的意见,尽管由于条件所限我无法实施这些意见。书中的拉丁文得到天主教中南神哲学院陈定国先生的帮助。中国人民大学哲学博士崔延强先生帮我译出了一段希

腊文。在数学方面,华中师范大学的赵东方、江胶宁和何穗三位先生以及武汉大学博士蹇明先生等给予了不少帮助。注文中的法文得到了李登福先生的帮助。没有这些慷慨帮助,我是很难顺利了却这桩译事的,谨在此一并致谢。

最后,我要感谢我的妻子叶先桃,她使我得以全身心地投于译事,并为译稿提出了不少有益的建议。我顺便向我的女儿桂玉涛致以谢意,因为在我要她做作业时她常常坚持我也得“做作业”。

桂质亮

1992年12月

于武昌桂子山

序

在准备傅立叶论热的这部著名论著的英译本时，译者忠实地以法文原版为依据。不过他还是加了一些简短的脚注，其中可以找到傅立叶和现代作者在这一论题上的其他文献：这些脚注以译者姓名词首字母 F. A. 标出。以 R. L. E. 标出的注释取自已故的三一学院研究员罗伯特·莱斯利·埃利斯(Robert Leslie Ellis)以前所拥有的这部著作页边上的铅笔笔记，现在这本书为圣约翰学院所有。译者原来希望能在这部论著之前加一个有关傅立叶生平的传记，对他的著作作些说明；但是意外情况使这个愿望未能得以实现，拟议中的传记最终未能随现在这部著作同时问世。

补遗 威廉·汤姆森(W. Thomson)爵士所撰写的一篇署名为 N. N 的论文“论线性热运动,第二部分”(On the linear motion of heat, Part II)可以在《剑桥数学学报》(Cambridge Mathematical Journal)第3卷第206--211页中和在作者文集的第一卷中找到。它考查在一个平面所界定的无穷固体中一种任意的热分布可以由某种以前的分布通过一段时间的传导而产生所服从的条件。——A. F.

目 录^①

绪论 1

第一章 导 言

第一节 本著作目的的表述

1. 本理论研究的目的 15

2—10. 各种例子, 环, 立方体, 球, 无穷棱柱; 任一点的变化温度都是坐标和时间的一个函数。单位时间内过固体内一已知面的热量也是历经时间和确定这个面的形状和位置的那些量的一个函数。本理论的目的就是要发现这些函数 16

11. 必须观察的三个特殊要素是热容量, 自热导率或渗透率, 外热导率或穿透率。表示它们的系数最初可看作是与温度无关的常数 19

12. 地球温度问题的首次表述 20

13—15. 理论应用的必要条件。实验目的 21

16—21. 从一个面的同一点所逃逸的热辐射线没有相同的强度。每一条辐射线的强度与这条射线的方向和这个面的法线所成夹角的余弦成正比。关于热学问题的对象和范围以及关于一般分

① 在本目录中, 左边的序号表示每一段的目数, 每一段提示这些目所处理的问题。右边的数字表示每段第一目的起始页码。

析与自然研究之关系的若干注记和考虑	22
-------------------------	----

第二节 一般概念和初始定义

22—24. 永恒温度, 温度计。0 所表示的温度是溶冰温度。在已知压力 下一已知容器中的沸水温度用 1 来表示	26
25. 用来测量热量的单位是溶解一定质量的冰所需要的热	27
26. 比热	27
27—29. 由体积增量或由附加热量所测量的温度。此处只考察体积 增量与热量增量成正比的情况。这个条件在液体中一般不成 立; 对于其温度与引起状态变化的温度大不相同的固体, 它显 然成立	27
30. 外热导率的概念	28
31. 我们开始可以把失掉的热量看作是与温度成正比的。这个命题 只在一定的温度界限内成立	28
32—35. 耗散到介质中去的热由几部分组成。这种作用是复合和可 变的。光热	29
36. 外热导率的量度	30
37. 自热导率的概念。这个性质也可以在液体中观察到。	30
38, 39. 温度平衡。这个作用与接触无关	30
40—49. 辐射热和在真空中所建立的平衡的初始概念; 热辐射线的 反射原因或它们在物体中保持的初始概念; 内分子间传递方式 的初始概念; 规定所发射的辐射线强度的规律的初始概念。这 个规律不为热的反射所干扰	31
50, 51. 反射热的作用的初始概念	35
52—56. 关于热的静态性质和动态性质的注记。它是弹性原理。气流 体的弹力精确指示它们的温度	37

第三节 热传导原理

57—59. 当同一固体的两个分子挨得极近且温度不等时, 较热分子	
-----------------------------------	--

- 就传给次热分子一定的热量,这个量严格由时刻的长度、极小温差和这两个分子距离的某个函数的积来表示 39
60. 当一个受热物体被放到较低温度的气态介质中时,它在第一时刻失去一定的热量,在开始的研究中,这个量可以看作是与表面温度超过介质温度的超出量成正比的 41
- 61—64. 前面两目所阐明的命题以若干观察为基础。该理论的主要目的就是要发现这些命题的所有精确结论。这样,通过把计算结果和很精确的实验进行比较,我们就可以测量系数的变化 41

第四节 均匀热运动和线性热运动

65. 包含在两个保持固定温度的平行平面之间的无穷固体的永恒温度由方程 $(v-a)e = (b-a)z$ 来表示; a 和 b 是这两个极平面的温度, e 是它们的距离, v 是与下平面的距离为 z 的截面的温度 43
- 66, 67. 热流量的概念和量度 46
- 68, 69. 自热导率的量度 48
70. 关于热的直接作用延伸一段明显距离的情况的注记
71. 上平面受空气作用时同一固体的状态 49
72. 线性热运动的一般条件 51

第五节 细棱柱中永恒温度的规律

- 73—80. 棱柱中的线性热运动方程。这个方程的各种推论 52

第六节 闭空间的加热

- 81—84. 包围由一个保持温度 α 的面所加热的空间的固体边界的终极温度由下述方程

$$m-n = (\alpha-n) \frac{P}{1+P}$$

- 来表示。 P 的值是 $\frac{\sigma}{s} \left(\frac{g}{h} + \frac{g'e}{K} + \frac{g}{H} \right)$, m 是内部空气的温度, n 是外部空气的温度, g, h, H 分别测量受热面 σ 、边界 s 的内表面和外表面 s' 等的穿透率; e 是边界的厚度, K 是它的自热导率 58
- 85, 86. 上述方程的几个值得注意的推论 60
- 87—91. 使一个以几个连续壳层来避免其表面与外部空气接触的物体保持不变温度的必要热量的量度。这些面的分离的一些值得注意的作用。这些结果适用于许多不同的问题 62

第七节 三维的均匀热运动

- 92, 93. 包围在六直角平面中的固体的永恒温度由方程
- $$v = A + ax + by + cz$$
- 来表示。 x, y, z 是温度为 v 的任一点的坐标; A, a, b, c 是常数。如果极平面由任一原因保持满足上述方程的固定温度, 那么所有内部温度的终极系统就由这同一个方程表示 68
- 94, 95. 这种棱柱中的热流量的量度 70

第八节 在已知固体的一个已知点的热运动的量度

- 96—99. 假定固体温度的变化系统由方程 $v = F(x, y, z, t)$ 来表示, 这里 v 表示我们在历经时间 t 之后在坐标为 x, y, z 的点所观察到的变化温度。在固体内一个已知方向上热流量的解析表达式的构成 72
100. 上述定理对函数 F 是 $e^{-gt} \cos x \cos y \cos z$ 的情况的应用 76

第二章 热运动方程

第一节 环中变化的热运动方程

- 101—105. 环中的变化热运动方程由方程

$$\frac{dv}{dt} = \frac{K}{CD} \frac{d^2v}{dx^2} - \frac{hl}{CDS},$$

来表示。弧 x 测定一个截面与原点 O 的距离； v 是该截面在历经时间 t 之后所得到的温度； K, C, D, h 是特定的系数； S 是该截面的面积，环由它的旋转所产生； l 是该截面的周长 79

106—110. 处于等距离的各点的温度由一个循环级数的各个项来表示。

对三个相邻点的温度 v_1, v_2, v_3 的观察给出比值 $\frac{h}{K}$ 的大小：

我们有 $\frac{v_1 + v_3}{v_2} = q, \omega^2 - q\omega + 1 = 0$, 和 $\frac{h}{K} = \frac{S}{l} \left(\frac{\log \omega}{\lambda \log e} \right)^2$ 。 λ 是两个相邻点之间的距离, $\log \omega$ 是 ω 的两个值中某一个的以 10 为底的对数。 81

第二节 实心球中变化的热运动方程

111—113. x 表示任一壳层的半径时球中的热运动方程由方程

$$\frac{dv}{dt} = \frac{K}{CD} \left(\frac{d^2v}{dx^2} + \frac{2}{x} \frac{dv}{dx} \right)$$

来表示 84

114—117. 与表面状态有关的条件和与固体初始状态有关的条件 85

第三节 实圆柱中变化的热运动方程

118—120. 固体的温度由三个方程确定；第一个与内部温度有关，第二个表示表面的连续状态，第三个表示固体的初始状态 88

第四节 无穷长实棱柱中变化的热运动方程

121—123. 固定温度系统满足方程

$$\frac{d^2v}{dx^2} + \frac{d^2v}{dy^2} + \frac{d^2v}{dz^2} = 0;$$

v 是坐标为 x, y, z 的点的温度 90

124, 125. 与表面状态有关且与第一个截面状态有关的方程 92

第五节 实立方体中变化的热运动方程

126—131. 变化的温度系统由三个方程确定; 第一个表示内部状态, 第二个与表面状态有关, 第三个表示初始状态 93

第六节 固体内热传导的一般方程

132—139. 不变温度由线性方程

$$v = A - ax - by - cz$$

来表示时包围在六直角平面之间的固体的均匀热运动性质的初步证明。这些温度不可能变化, 因为固体每一点所得到的热和它放出的热一样多。在单位时间内过与 z 轴成直角的一个平面的热量在该平面所经过的这个轴的任一点上都是相同的。

这个共同热流量的值就是系数 a 和 b 为 0 时所出现的值 96

140, 141. 任一固体内这个热流量的解析表达式。由于温度方程是 $v = f(x, y, z)$, 所以函数 $-K\omega \frac{dv}{dz}$ 表示在时刻 dt 之内, 在坐标为 x, y, z , 且在历经时间 t 之后其温度为 v 的点上经过一个与 z 轴垂直的无穷小面积 ω 的热量 100

142—145. 不难从前述定理导出热运动的一般方程, 即

$$\frac{dv}{dt} = \frac{K}{CD} \left(\frac{d^2v}{dx^2} + \frac{d^2v}{dy^2} + \frac{d^2v}{dz^2} \right) \dots (A) \dots 103$$

第七节 与表面有关的一般方程

146—154. 证明在空气中冷却的一个物体表面上点的变化温度满足方程

$$m \frac{dv}{dx} + n \frac{dv}{dy} + p \frac{dv}{dz} + \frac{h}{K} vq = 0; \quad m dx + n dy + p dz = 0$$

是形成这个固体边界表面的微分方程, q 等于 $(m^2 + n^2 + p^2)^{\frac{1}{2}}$ 。为了发现这个方程, 我们考虑形成这个固体边界外壳的一个分子, 我们表示这个基元的温度在一个无穷小时刻内不发生一个有限量的变化这样一个事实。这个条件成立, 并在介质的正常作用在很短时刻内产生后仍然成立。可以对外壳的这个基元给定任意一种形式。分子由矩形截面组成的情况提供几个值得注意的性质。在基底与切面平行这种最简单的情况下这个方程显然成立 105

第八节 一般方程的应用

155, 156. 在把一般方程(A)应用到圆柱和球的情况中去时, 我们得到和本章第3节和第2节一样的方程 113

第九节 一般注记

157—162. 对进入热理论的所有解析表达式的量 x, t, v, K, h, C, D 的性质的基本考虑。每一个这样的量都有一个或与长度, 或与时间, 或与温度有关的量纲指数。这些指数通过使测量单位发生变化而得到 116

第三章 无穷矩形固体中的热传导

第一节 问题的表述

163—166. 包含在温度保持 0 度的两个平行的无穷边之间的一块矩形薄片的恒定温度由方程 $\frac{d^2v}{dx^2} + \frac{d^2v}{dy^2} = 0$ 来表示 120

167—170. 如果我们考虑与横截边缘距离很远的薄片的状态, 那么坐标为 x_1, y 和 x_2, y 的两点的温度比随 y 值的增加而变化; 同