

高等学校試用教科書



# 热工理論基础

REGONG LILUN JICHU

哈尔滨工业大学热工教研組編

人民教育出版社

本书原是哈尔滨工业大学热工教研组编写的“普通热工学”上册(1960年10月由人民教育出版社出版),在1961年3月间,经过哈尔滨工业大学、西安交通大学、同济大学、华中工学院、清华大学、天津大学、吉林工业大学等校热工教研组的有关教师略加修改和订正后再版。书名改为“热工理论基础”。本书可作为高等工业学校非动力类专业“热工学”课程的试用教科书。

本书共二篇。第一篇是工程热力学。在本篇中讲授热力学的基本概念和基本定律,气体过程和气体循环,水蒸汽和蒸汽动力循环。本篇着重从工程技术应用的角度阐明热物理现象的各主要规律,并且用它们来指导和解决热能动力工程中的原则问题。考虑到本书的通用性,对湿空气也作了介绍,因此以附录的形式补充了这一节。

第二篇是传热学。在这篇中讲授基本传热方式的物理过程以及它们的分析和计算,并介绍了传热学的基本研究方法——因次分析法。在对流换热部分中,很多学校习惯上都采用相似理论来讲授,因此本书也把它作为附录来介绍。

本书也可供中等技术学校及工程技术人员学习热能动力设备时参考。

## 热 工 理 论 基 础

哈尔滨工业大学热工教研组编

北京市书刊出版业营业许可证出字第2号  
人民教育出版社出版(北京景山东街)  
上海市印刷四厂印装  
新华书店上海发行所发行  
各地新华书店经售

统一书号:15010·1007 开本:850×1168 1/32 印张:7 15/16 插页:1  
字数:191,000 印数:26,001—32,500 定价(7) 0.95

1961年6月第1版 1963年4月上海第5次印刷

# 目 录

緒論	1
----	---

## 第一篇 工程热力学

第一章 基本概念	8
1-1. 工程热力学的任务和对象	8
1-2. 气体的状态、过程和循环	9
1-3. 理想气体	16
第二章 热力学第一定律	27
2-1. 热力学第一定律的实质	27
2-2. 功和热量	28
2-3. 气体的比热	31
2-4. 可逆过程和不可逆过程	38
2-5. 基本热力过程	41
2-6. 多变过程	55
第三章 热力学第二定律	63
3-1. 热力学第二定律的任务	63
3-2. 热力学第二定律的实质	64
3-3. 热机循环的一般分析	68
3-4. 卡诺循环	71
第四章 水蒸汽	76
4-1. 概說	76
4-2. 水蒸汽的饱和状态	77
4-3. 水蒸汽的发生过程	78
4-4. 水蒸汽的 $pv$ 、 $Ts$ 、 $ip$ 和 $is$ 图綫	85
4-5. 水蒸汽各基本热力过程的一般計算方法	89
第五章 气体和水蒸汽的流动	91
5-1. 稳定流动的基本方程式	92
5-2. 噴管中气流的一般特性和噴管剖面的变化情况	96

5-3. 气流通过喷管的流速和流量 .....	100
5-4. 绝热节流 .....	107
<b>第六章 气体循环</b> .....	<b>109</b>
<b>第一部分 压气机的压气过程</b> .....	<b>110</b>
6-1. 单级活塞式压气机的压气过程 .....	110
6-2. 多级活塞式压气机的压气过程 .....	113
6-3. 叶轮式压气机的压气过程 .....	118
<b>第二部分 活塞式内燃机的循环</b> .....	<b>119</b>
6-4. 活塞式内燃机的循环 .....	119
<b>第三部分 燃气轮设备的循环</b> .....	<b>126</b>
6-5. 燃气轮机功的计算 .....	128
6-6. 燃气轮设备的等压加热循环 .....	127
6-7. 燃气轮设备的等容加热循环 .....	129
<b>第七章 蒸汽动力循环</b> .....	<b>131</b>
7-1. 朗肯循环 .....	131
7-2. 再热循环 .....	137
7-3. 回热循环 .....	138

## 第二篇 传热学

<b>第八章 热传导</b> .....	<b>143</b>
8-1. 傅立叶定律 .....	143
8-2. 通过平壁的稳态热传导 .....	146
8-3. 通过圆筒壁的稳态热传导 .....	149
<b>第九章 对流放热</b> .....	<b>151</b>
9-1. 影响对流放热的因素 .....	151
9-2. 因次分析和准则方程式 .....	154
9-3. 自然对流放热 .....	157
9-4. 流体在管内受迫流动时的放热 .....	162
9-5. 流体受迫从管外流过时的放热 .....	166
9-6. 液体沸腾时的放热 .....	172
9-7. 蒸汽凝结时的放热 .....	176
<b>第十章 辐射换热</b> .....	<b>179</b>
10-1. 基本定律 .....	179
10-2. 特殊排列的两物体之间的辐射换热 .....	181
10-3. 任意排列的两物体之间的辐射换热 .....	187

10-4. 气体辐射 .....	189
<b>第十一章 传热和换热器 .....</b>	<b>192</b>
11-1. 复杂换热 .....	192
11-2. 传热 .....	193
11-3. 换热器的种类 .....	195
11-4. 换热器的热力计算原理 .....	196
11-5. 平均温压 .....	198
<b>附录 .....</b>	<b>1</b>
I. 湿空气 .....	1
I-1. 基本定义 .....	1
I-2. 湿空气的绝对湿度和相对湿度 .....	3
I-3. 湿空气的湿量和焓 .....	5
I-4. 湿空气的焓-湿量图( $I-d$ 图)和它在工程上的应用 .....	7
II. 相似理论 .....	10
II-1. 相似理论的基本原理 .....	11
II-2. 实验的布置和实验结果的整理 .....	16
III. 附表 .....	19
表 1. 饱和水蒸汽	
表 2. 过热水蒸汽和水	
表 3. 各种热传导材料的系数	
表 4. 压力为 760 毫米汞柱时干空气的物理参数	
表 5. 饱和水蒸汽的物理参数	
表 6. 饱和水的物理参数	
表 7. 各种不同材料的全辐射黑度	

## 緒 論

在現代工業中，任何部門的生產過程都是由許多基本過程組織起來的，這個生產過程的生產水平也就決定於這些基本過程的生產水平。在這些基本過程中，動力工業占有極重要的地位，它供應生產所必需的原動力。因此，它是工業中任何生產過程所必備的基本過程之一。沒有動力，就不能進行任何生產；要提高生產力，就必須有大量的和經濟性很高的動力做保證。馬克思在分析現代工業的特點時說：“以機器建造機器的最必要的生產條件是：有一種發動機，可供給動力至任何程度，同時又完全受人控制”（馬克思“資本論”，人民出版社1953年版，卷一，463頁），他又說：“一切發展了的機器，都由三個在本質上不同的部分——發動機、配力機與工具機（即工作機）——構成。發動機，是全機構的動力。那或是象蒸汽機、熱力機、電磁機等等一樣，生出它自己的原動力；或是象水車（利用水流的力）風磨（利用風力）等等一樣，由現存的外部的自然力受到沖動。”（同書，卷一，448—449頁）。馬克思精辟地指出了動力工業在推動生產力向前發展中所起的作用，說明動力工業的生產水平是各部門生產水平的決定因素之一。

從遠古以來，人力、畜力、水力、風力就是人類進行生產勞動的動力來源。十七至十八世紀，在歐洲，水車已成為主要的原動機，它是生產方式由手工業作坊走向資本主義大工業的一個物質基礎。由於工業各部門的發展，要求有新的原動機，它應當能滿足各部門的各種需要，在任何企業中都能使用，不受自然條件的限制，用熱力原動機（即熱機）使熱能轉換為機械能是當時唯一的方法。十七

世紀末，英國人塞維利在汽缸中實現了蒸汽的熱力循環，並利用它從礦井中抽水（熱效率為 0.6%）。但是當時出現的用蒸汽工作的機器由於不能連續動作，也沒有將活塞的往復運動變為軸的旋轉運動，因而只能帶動間歇工作的機器，如活塞式水泵等。直至十八世紀末葉，俄國的偉大發明家波爾祖諾夫在 1765 年發明了蒸汽機，它可以連續動作，因而具備了帶動各種機器的通用性能。在英國，到 1786 年，瓦特才製成了蒸汽機，並且把活塞的往復運動變成了軸的旋轉運動，因而可以帶動任何機器。它的出現促進了產業革命，並與以後資本主義的發展有密切的聯繫。當時它得到了迅速的發展，1766 年第一台蒸汽機的容量僅為 32 馬力，在二十世紀時，固定式蒸汽機容量已達 6,500 千瓦以上，效率也由十九世紀中葉的 4—5% 變為二十世紀的 18—22%。

然而，蒸汽機還不能滿足工業的全部要求。十九世紀末葉以後，蒸汽機在容量和轉數方面已經不能滿足大工業集中的要求了，一些工業部門，尤其是電力工業，要求有大容量和高轉速的原動機。1844 年和 1890 年分別出現了反動式和沖動式汽輪機，它們的容量僅為 5—6 馬力，而且轉速極高（沖動式的達 30,000 轉/分），很難應用。以後，製造技術不斷改進，而且由於熱力學和空氣動力學的發展，對汽輪機的設計起了很大的指導作用，它的效率日益提高，終於在固定式動力機械方面幾乎完全代替了蒸汽機。在 1913 年出產的一台汽輪機的容量已經可以達 208,000 千瓦。現在蘇聯設計容量達 60 萬千瓦的汽輪機，蒸汽初壓力也已由最初的 7 氣壓提高到現在的最高紀錄 315 氣壓。

在蒸汽機發展了以後，內燃機也得到發展的條件。由於蒸汽機設備昂貴，中小企業無力置備，它們要求有簡便的熱機，當時，內燃機是最符合這種要求的。由於已經積累了豐富的設計和製造蒸汽機的經驗，1860 年用煤氣作燃料的內燃機已經可以在工業中實

际应用,但是效率仅为4—5%。只是在出现了等容燃烧和等压燃烧的四冲程内燃机以后,问题才基本解决(1877至1892年)。现在,大型内燃机的容量已达7,000馬力以上,效率也在35%以上。

在近代的动力工业中已经开始采用燃气轮机。1897年已经有第一台用煤油的等压燃烧的燃气轮机,但只是在有了耐高温的合金鋼和高效率的压气机后,特别是由于航空燃气轮机的迅速发展,在动力工业中才开始采用燃气轮机。

从上述可知,热机的发展归根到底是社会生产力发展的结果,而热机的发展又反过来推动了生产力的发展。今天,在这些热机的基础上,人类創造了飞向宇宙空間的飞行器械,开辟了星际航行的新紀元,又把核子中的能量解放出来,用到动力工业中,这一切都說明了动力工业的水平在整个生产力中所占的重要地位。

随着热动力工程的发展,热工理論的研究也就显得非常需要。人們要求不断提高各种热机的效率,这就必然引起进一步去研究热机中热能传递情况的兴趣,以寻求一条从减少热能損失这一方面去尽可能提高热能效率的途徑。又如随着各种热机所用的工质温度的提高,怎样有效地冷却热机的某些部件,使之能正常运行就成为一个重要的問題,如燃气轮机叶片和轉子的冷却。

另一方面,随着生产的发展,各种技术領域中也广泛地存在傳热問題,如建筑、冶金、机械制造、电工及化工都和傳热学有着密切的关系。建筑物及电站中热力管道的保温等也存在着傳热問題。随着大型工件和高速切削的出现,如何更有效地使切削热迅速散失,就显得愈来愈重要。又如鑄件的冷却,电机和变压器的冷却等,都是傳热学的課題。另外,很多工业部門中,常用到水蒸汽作为加热介质,也常应用空气、湿空气等介质,因此了解这些工质的热力性质和計算方法也很重要。



和其他工程技术的理論部分一样，热工理論也是由生产实践中产生、而又为解决生产实践中的問題服务的。只是当生产发展到一定阶段，提出了为进一步推动生产力发展所必須解决的实际問題时，相应的理論工作才真正受到人們的注意。正确的理論出現后，就会成为指导实践的有力武器，同时也經受着实践的考驗。正是在这种反复的过程中，理論不断地得到丰富和提高，逐步形成了一套比較完整的系統，以至成为一門独立的科学。

我国的热工事业在解放后获得了很大的发展，这是和我国生产力在社会主义制度下的飞跃增长分不开的。解放前，我国的大工业几乎全为帝国主义壟断，这些大工业都带有濃厚的半殖民地色彩，动力工业也不可能例外。我国在1949年，全国生产的鍋炉只不过200台左右，总蒸量不过250吨/小时。当时我国还没有汽輪机制造业，甚至汽輪机的重要机件也无法修配。內燃机工业也主要是修配性质的，仅能生产小型的固定式和船用內燃机。也没有我国自己的汽車工业和飞机工业。

中华人民共和国建立以来，我国进行了偉大的社会主义革命和社会主义建設，生产力飞跃发展。建国以来，党和国家一直非常重视电力工业和动力机械制造业（包括发电设备制造业）的发展。

建国以来，在国民經济的三年恢复阶段中，恢复了老旧设备的名牌性能，发挥了它們的潜力，在当时經济困难，尚不能大力增添发电设备的条件下，满足了工农业对电力的要求。同时由于发电设备制造业是建立我国强大的、独立的电力工业的必要条件，因此1952年国家就在旧厂的基础上建立了上海鍋炉厂，开始制造蒸发量为18吨/小时以下的鍋炉。1953年又在上海建立起了我国第一个汽輪机厂——上海汽輪机厂。与此同时又积极准备兴建近代化的鍋炉制造厂和汽輪机制造厂——哈尔滨鍋炉厂和哈尔滨汽輪

机厂。

在第一个五年计划建设时期，电力工业开始了大规模的基本建设。1958年底，我国已有发电设备600余万千瓦，年发电量为275亿度。总计在建国十年以来，我国年发电量的增长将近十倍；而资本主义国家的平均增长率为十年一倍。在这时期中，我国发电设备制造工业也有了极大的进展；1955年4月，上海锅炉厂生产出了我国第一台蒸发量为40吨/小时的中压链条炉。在同一个月內，上海汽轮机厂制成了6,000千瓦的中压汽轮机。1956年，建立起的哈尔滨锅炉厂制成了蒸发量为35吨/小时的中压煤粉炉。此后产品的种类不断地增加，单位容量也不断提高。在1958年中，我国已试制成功蒸发量为230吨/小时的高压锅炉，而1956年才开始兴建的哈尔滨汽轮机厂，在1958年9月就制造出25,000千瓦的高压汽轮机。

1958年，党提出了社会主义建设总路线和一整套两条腿走路的方针，我国的社会主义建设事业进入了一个空前未有的新时期，在各个方面都有了很大的提高。工农业的大跃进需要大量的电力，因此，对动力工业提出艰巨的任务。由于坚决贯彻了党的社会主义建设总路线和一整套的方针；由于充分发挥了全体工人及技术人员干劲，使我国的动力工业能以极快的速度飞跃前进。从1958年到1959年先后又有几个新的汽轮机厂和锅炉厂分别投入生产或进行施工。这些厂都以极快的速度施工，并边施工边试制产品。另一方面我国的一些机械制造厂也开始生产中小型发电设备，以武装自己和支援地方工业。而且一些工厂也生产了许多小型动力设备，以支援地方工业和公社工业，这些动力设备包括柴油机、内燃机及小型锅炉汽轮机等。由于党的正确领导和全国人民的努力，我国在小型动力设备方面有不少创造。

这样,我国的动力工业就既有生产大型近代化动力机械的基地作为骨干,又有生产中小型动力机械的工厂企业作为配合。我們不仅在产量上满足了国民經济的需要,而且在产品质量上也有了迅速的提高。

我国的动力机械制造工业在产量和品种方面也得到了空前的发展,1949年全国的动力机械生产量仅为1万馬力,而在第一个五年計划期間我国动力机械的产量以每年增长81.5%的高速度上升,到1957年产量已达69万馬力。从大跃进的1958年开始,发展速度更高;为了满足运输业、排灌机械工业,以及农业机械化的要求,动力机械制造工业也采取大中小相結合的方針。全国不少中小企业都在生产动力机械。我国在解放前沒有汽車厂和拖拉机厂,解放后我們建立了长春第一汽車制造厂和洛阳拖拉机厂。而由于大跃进,又誕生了一些汽車厂和拖拉机厂。产品种类也从低速的发展到高速的、从单缸的发展到多缸的、从仿制发展到自行設計、从低性能提高到高性能。在很多重要指标上达到了前所未有的水平。1958年我国制成了单位容量为2,000馬力的柴油机,可用于內燃机車及发电厂,它标志着我国动力机械工业已經有了較高的水平。

解放后,随着生产的发展,我国热工理論的研究也有了很大的发展。許多研究部門和高等学校,都設立了傳热学實驗室,进行了許多实验研究和理論研究工作。有些高等学校还設立了工程热力学實驗室,着手研究有关工质性质、新型热力循环等問題。我国已有了由各研究所和各高等工业学校有关专业的师生組成的动力机械科学研究队伍,在提高动力工业的科学技术水平上起了巨大作用。

十年以来,我国的动力工业经历了从无到有、从仿造到自行設

---

計、从試制小型产品到生产高大精尖新的世界先进水平产品的过程，这是偉大的跃进，是党的偉大胜利，毛澤东思想的偉大胜利。这一切說明了規模宏大的社会主义建設是推动一切科学技术前进的偉大动力。

# 第一篇 工程热力学

## 第一章 基本概念

### 1-1. 工程热力学的任务和对象

热力学是研究伴有热效应的物理及化学现象的规律的科学。它的基本根据是热力学第一定律和热力学第二定律。这两条定律是概括了无数经验而得出的。热力学是热学的宏观理论，热学的微观理论是统计物理学<sup>①</sup>。这两种理论是相互补充的。

工程热力学特别着重热力学在热力工程中的应用，它所涉及的，主要是热物理现象，但是近年来它的研究范围已经扩大到热化学现象（例如燃烧及溶解等）。

作为热机学的理论基础，工程热力学所讨论的中心是热能和机械能的转换；从理论上阐明使热能以更大的百分率转变为机械能的途径正是工程热力学的主要任务。

热能转变为机械能，必须借助一套设备和某种媒介物质。这设备就是通常所谓的热机，而媒介物质便是工质。因此，对工质的热性质进行分析也是工程热力学的任务之一。

热机对外作功时，要求工质有良好的膨胀性，这样才能有效地作功；而要热机不断地作功，则必须不断地将新鲜工质引入气缸，并将工作完了的工质排出，这就要求工质有良好的流动性。同

<sup>①</sup> 统计物理学应用几率理论和统计平均的方法来研究大量微观粒子（分子、原子等）的运动规律。它揭示了热现象的微观机理和物理实质。

时具备良好的膨胀性和流动性的，不是固体，也不是液体，而是气体（如空气、水蒸汽等）。因此，以后我們所讨论的工质，一般都是气态物质，只在讨论水蒸汽时涉及到水。

### 1-2. 气体的状态、过程和循环

物体的状态可以用状态参数来描写。凡能从任何一方面说明物体所处状况的数量都是状态参数。对应于物体的每一个状态，各状态参数都有一定的数值，只要知道一个状态参数的值有了改变，就可以断定物体的状态发生了变化。

在热力学中常常用到平衡状态的概念。所谓平衡状态，就是指在沒有外界作用的情况下可以长久保持的状态。气体在平衡状态下，各部分的状态都均匀一致，每个状态参数只有一个数值。

在工程热力学中，常用的状态参数有六个：

压力  $p$ ； 比容  $v$ ； 温度  $T$ ；  
熵  $s$ ； 内能  $u$ ； 焓  $i$ 。

我們来逐个地对这些状态参数作简单的介绍。

(一)压力 气体的压力就是气体的大量分子在紊乱的运动中对容器壁频繁撞击的总结果。

压力用垂直作用在单位面积上的力来衡量：

$$p = \frac{F}{\Omega}, \quad (1-1)$$

式中：

$F$ —总作用力；

$\Omega$ —总面积。

在热力工程中，压力的单位常采用工程气压，简称气压。它和

其他压力单位的换算关系如下:

$$1 \text{ 气压} = 1 \text{ 公斤/厘米}^2 = 10000 \text{ 公斤/米}^2 = 10 \text{ 米水柱} \textcircled{1} = \\ = 735.6 \text{ 毫米汞柱} \textcircled{2} = 0.986 \text{ 物理气压}; \quad (1-2)$$

$$1 \text{ 物理气压} = 1.0332 \text{ 公斤/厘米}^2 = 10332 \text{ 公斤/米}^2 = \\ = 10.332 \text{ 米水柱} = 760 \text{ 毫米汞柱} = 1.0332 \text{ 气压}. \quad (1-3)$$

通常的压力计或真空计所指示的压力不是气体的真正压力(即绝对压力),而是绝对压力和当时、当地的大气压力(即气压计所示压力)的差(图 1-1 及 1-2)。

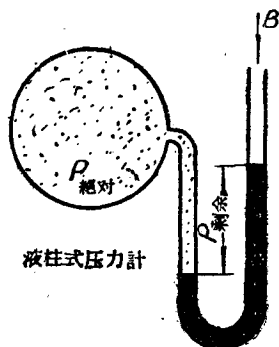


图 1-1.

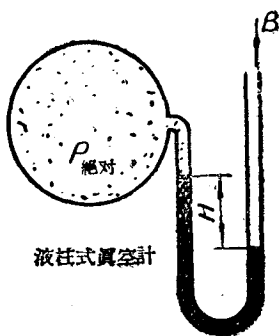


图 1-2.

当气体的绝对压力  $p_{\text{绝对}}$  高于大气压力  $B$  时,压力计所指示的压力  $p_{\text{剩余}}$ (称为剩余压力或表压力)为绝对压力超出大气压力的部分:

$$p_{\text{剩余}} = p_{\text{绝对}} - B; \quad (1-4)$$

当气体的绝对压力  $p_{\text{绝对}}$  低于大气压力  $B$  时,真空计所指示的压力  $H$ (称为真空度)为绝对压力比大气压力不足的部分:

$$H = B - p_{\text{绝对}}. \quad (1-5)$$

① 这里指的是  $4^{\circ}\text{C}$  的水。

② 这里指的是  $0^{\circ}\text{C}$  的汞。

因此,如果需要知道气体的绝对压力,仅仅知道压力计或真空计的读数是不足的,还必须知道当时、当地气压计的读数,然后通过下式将绝对压力计算出来:

$$p_{\text{绝对}} = B + p_{\text{剩余}}; \quad (1-6)$$

$$p_{\text{绝对}} = B - H。 \quad (1-7)$$

显然,如果大气压力发生变化,即使气体的绝对压力保持不变,压力计和真空计的读数也是会发生变化的。

(二)比容 比容就是单位重量的物质所占有的容积:

$$v = \frac{V}{G}, \quad (1-8)$$

式中:  $V$ —总容积;

$G$ —总重量。

比容的倒数称为重度( $\gamma$ ),重度就是单位容积的物质所具有的重量:

$$\gamma = \frac{1}{v}; \quad (1-9)$$

$$\gamma = \frac{G}{V}。 \quad (1-10)$$

常用的比容单位为:米<sup>3</sup>/公斤;

重度单位为:公斤/米<sup>3</sup>或克/厘米<sup>3</sup>,

$$1 \text{ 公斤/米}^3 = 0.001 \text{ 克/厘米}^3。 \quad (1-11)$$

(三)温度 温度表示物体的冷热程度,也就是分子热运动的强弱程度。对于气体,温度可以用分子平均移动能的大小来表示:

$$\frac{mw^2}{2} = BT, \quad (1-12)$$

式中:  $m$ —分子的平均质量;

$w$ —分子的均方根移动速度<sup>①</sup>;

$$\textcircled{1} w = \sqrt{\frac{w_1^2 + w_2^2 + \dots + w_N^2}{N}} \text{ 或 } w^2 = \frac{w_1^2 + w_2^2 + \dots + w_N^2}{N}。$$



$\frac{mw^2}{2}$ —分子平均移动能；

$T$ —绝对温度；

$B$ —比例常数, 对任何气体都是同一数值。

在热力工程中, 绝对温标( $^{\circ}\text{K}$ )和摄氏温标( $^{\circ}\text{C}$ )都采用, 它们之间的关系如下:

$$T = t + 273.16, \quad (1-13)$$

式中:  $T$ —绝对温度;

$t$ —摄氏温度。

显然, 摄氏温标和绝对温标的每一度的间隔是相同的, 只是摄氏温标的零点比绝对温标的零点高出 273.16 度。只有绝对温度才是状态参数。

(四) 熵 熵是一个导出的状态参数, 它通过其他可以直接测量的数量间接计算出来。熵和热量及温度的关系如下:

$$ds = \frac{dq}{T} \quad (1-14)$$

或

$$s = \int \frac{dq}{T} + \text{常数}, \quad (1-15)$$

式中:  $s$ —熵, 单位为大卡/公斤 $\cdot^{\circ}\text{K}$ ;

$q$ —1 公斤物质所获得的热量, 单位为大卡/公斤;

$T$ —物体在获得热量时的绝对温度, 单位为 $^{\circ}\text{K}$ 。

熵  $s$  是对单位重量 (1 公斤) 物质而言的。如果要知道均匀系统<sup>②</sup>的总熵  $S$ , 只需乘以系统的总重量  $G$ :

$$S = Gs. \quad (1-16)$$

① 本书采纳苏联 A. A. 古赫曼教授的意見, 熵可直接引入热力学, 而不需要任何論証。古赫曼认为: 热量的度量完全和其他运动形式的度量一样, 可以通过原始的状态参数——温度和熵——表示出来。

② 所谓系统就是指我們所研究的物体 (一个或多个); 系统以外的物体 (一个或多个) 则称为周围媒质。所谓均匀系统就是說系统各部分状态都均匀一致。例如处于平衡状态的气体便是均匀系统的一例。