

面向 21 世纪全国高职高专汽车类规划教材

发动机与汽车原理

于洪水 主编

高 寒 郭 玲 参编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本教材是根据全国汽车运用工程专业高职高专教学大纲的要求编写的。

全书分为两部分，第一部分“发动机原理”主要内容有发动机的工作过程、燃料与燃烧、发动机的换气过程、发动机的性能指标、汽油机混合气的形成与燃烧、柴油机混合气的形成与燃烧、发动机排气污染与净化、发动机的特性、发动机试验。第二部分“汽车原理”主要内容有作用于汽车的各种外力、汽车的动力性、汽车的燃料经济性、汽车的制动性、汽车的操纵稳定性、汽车的通过性、汽车的舒适性。

本书为高职高专汽车类专业“发动机与汽车理论(原理)”课程教材，还适用于中专、技校汽车类专业使用，也可供汽车运输、汽车检测、职业技能培训的人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

发动机与汽车原理/于洪水主编. —北京:北京大学出版社, 2005.9

(面向 21 世纪全国高职高专汽车类规划教材)

ISBN 7-301-08945-7

I. 发… II. 于… III. 汽车 - 发动机 - 理论 - 专业学校 - 教材 汽车 - 理论 - 专业学校 - 教材 IV. U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 031820 号

书 名: 发动机与汽车原理

著作责任者: 于洪水 主编

责任编辑: 韩玲玲 桂春

标准书号: ISBN 7-301-08945-7/U·0002

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765126

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印 刷 者:

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 21.5 印张 450 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 34.00 元

前 言

《发动机与汽车原理》是根据全国汽车运用工程专业高职高专教学大纲编写的。全书分为两部分，即“发动机原理”和“汽车原理”，这样有利于学校根据不同情况开展选择性教学，既可以单独上“发动机原理”或“汽车原理”部分，也可以全书都上。

第一部分“发动机原理”，包括第1章—第9章，主要内容有发动机的工作过程、燃料与燃烧、发动机的换气、发动机的性能指标、汽油机混合气的形成与燃烧、柴油机混合气的形成与燃烧、发动机的排气污染与净化、发动机的特性、发动机试验。

第二部分“汽车原理”，包括第10章—第16章，主要内容有作用于汽车的各种外力、汽车的动力性、汽车的燃料经济性、汽车的制动性、汽车的操纵稳定性、汽车的通过性、汽车的舒适性。

本书以培养从事第一线工作的高级应用型专门人才为目标，内容简单适用，涵盖面广，定义明确，并且适当反映了当前科技发展水平与高新技术，供日后深入学习之用。

本书适合作高职高专汽车类各专业“发动机与汽车理论”课程教材，还适用于中专、技校汽车类各专业使用，也可供汽车运输、汽车检测、职业技能培训的人员使用。

本书由吉林交通职业技术学院于洪水任主编，并负责全书的绘图及统稿。“发动机原理”第1、2、3、4、5章由于洪水编写，第6、7、8、9章由高寒编写。“汽车原理”第10、11、12、14章由于洪水编写，第13、15、16章由郭玲编写。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中难免有错漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2005年3月

目 录

第一部分 发动机原理	1
第 1 章 发动机的工作过程	1
1.1 热功转换的基本概念	1
1.1.1 基本概念	1
1.1.2 基本状态参数	2
1.1.3 理想气体状态方程	4
1.1.4 基本热力过程	12
1.2 发动机的工作循环	20
1.2.1 发动机的理想循环	20
1.2.2 发动机的实际循环	26
1.3 发动机的工作过程	27
1.3.1 换气过程	27
1.3.2 压缩过程	28
1.3.3 燃烧过程的特点	30
1.3.4 膨胀过程	32
1.4 复习思考题	33
第 2 章 燃料与燃烧	35
2.1 燃料的一般知识	35
2.1.1 发动机所用燃料介绍	35
2.1.2 汽油的使用性能	38
2.1.3 柴油的使用性能	42
2.1.4 气体燃料的使用性能	44
2.2 燃料的燃烧	49
2.2.1 理论空气量	49
2.2.2 过量空气系数与空燃比	52

2.2.3 燃料与可燃混合气的热值	53
2.2.4 燃料燃烧原理	54
2.3 复习思考题	56
第3章 发动机的换气过程	57
3.1 换气过程与充气系数	57
3.1.1 换气过程	57
3.1.2 换气损失	60
3.1.3 充气系数	61
3.1.4 充气系数与发动机功率、扭矩的关系	62
3.2 影响充气系数的主要因素	63
3.3 提高充气系数的措施	66
3.3.1 提高进气压力	66
3.3.2 减小进气系统的阻力	67
3.3.3 合理选择配气定时	68
3.3.4 采用增压技术	70
3.4 复习思考题	72
第4章 发动机的性能指标	73
4.1 指示性能指标	73
4.2 有效性能指标	75
4.3 影响性能指标的主要因素	78
4.3.1 机械损失与机械效率	78
4.3.2 热量损失与热平衡	82
4.4 复习与思考题	84
第5章 汽油机混合气的形成与燃烧	85
5.1 汽油机混合气的形成	85
5.1.1 燃料的雾化与蒸发	85
5.1.2 化油器特征	86
5.1.3 电控喷射供油系统	90
5.2 汽油机的燃烧过程	95
5.2.1 汽油机的燃烧过程分析	95

5.2.2 对燃烧过程的基本要求	98
5.2.3 汽油机的不正常燃烧	98
5.3 影响汽油机燃烧的主要因素	102
5.3.1 使用因素的影响	102
5.3.2 结构因素对燃烧过程的影响	106
5.4 复习思考题	109
第 6 章 柴油机混合气的形成与燃烧	110
6.1 柴油机混合气的形成	110
6.1.1 柴油机混合气形成特点	110
6.1.2 影响混合气形成的主要因素	111
6.2 柴油机的燃烧过程	113
6.2.1 柴油机燃烧过程分析	113
6.2.2 影响燃烧过程的主要因素	116
6.3 柴油机电控喷油技术	119
6.3.1 电控喷射系统的类型	120
6.3.2 电子控制分配泵	122
6.3.3 电控共轨系统	125
6.4 复习思考题	127
第 7 章 发动机排气污染与净化	129
7.1 发动机排放物的种类及危害	129
7.2 排放物的检测	131
7.2.1 不分光红外线分析法	131
7.2.2 柴油机烟度检测	135
7.3 排放标准	138
7.3.1 轻型车用内燃机污染物排放标准	139
7.3.2 车用发动机排放标准	140
7.3.3 发动机污染物的净化措施	142
7.4 复习思考题	145
第 8 章 发动机的特性	146
8.1 汽油机特性	146

8.1.1 点火调整特性	146
8.1.2 燃料调整特性	148
8.1.3 速度特性	148
8.1.4 负荷特性	150
8.1.5 万有特性	151
8.2 柴油机的特性	152
8.2.1 喷油提前角调整特性	152
8.2.2 柴油机调速特性	153
8.2.3 速度特性	155
8.2.4 负荷特性	157
8.3 复习思考题	158
第9章 发动机试验	160
9.1 发动机试验设备及仪表	160
9.1.1 发动机试验台架	160
9.1.2 测功器类型	161
9.1.3 发动机综合性能分析仪	164
9.1.4 主要仪器和仪表	168
9.2 发动机试验项目	174
9.2.1 功率测定	174
9.2.2 燃油消耗率的测定	176
9.3 复习思考题	178
第二部分 汽车原理	179
第10章 作用于汽车的各种外力	179
10.1 汽车的驱动力	179
10.1.1 车轮的工作半径	179
10.1.2 动轮的驱动力	181
10.1.3 传动效率	183
10.2 汽车的行驶阻力	185
10.2.1 滚动阻力	185
10.2.2 空气阻力	189

10.2.3	上坡阻力	193
10.2.4	加速阻力	194
10.3	驱动力与附着力	195
10.3.1	汽车的驱动力平衡方程	195
10.3.2	汽车的驱动与附着条件	195
10.3.3	影响附着系数的主要因素	197
10.4	复习思考题	203
第 11 章	汽车的动力性	204
11.1	动力性的评价指标	204
11.2	汽车的牵引平衡图	205
11.3	汽车的动力特性图	211
11.4	汽车的功率平衡图	215
11.5	影响汽车动力性的主要因素	219
11.5.1	结构因素的影响	219
11.5.2	使用因素的影响	224
11.6	装有液力变矩器汽车的动力性	225
11.6.1	液力变矩器的性能	227
11.6.2	装有液力变矩器汽车的驱动力图	232
11.6.3	自动换挡规律	233
11.7	汽车的动力性试验	235
11.7.1	汽车道路试验方法	236
11.7.2	汽车台架试验方法	239
11.8	复习思考题	241
第 12 章	汽车的燃料经济性	242
12.1	汽车燃料经济性的评价指标及计算	242
12.1.1	燃料经济性评价指标	242
12.1.2	汽车燃料经济性的计算	242
12.2	影响汽车燃料经济性的主要因素	246
12.2.1	汽车结构因素的影响	246
12.2.2	汽车使用因素的影响	248
12.3	汽车燃料经济性的试验	250

12.3.1	汽车燃料经济性的道路试验	251
12.3.2	汽车燃料经济性的台架试验	255
12.4	复习思考题	257
第 13 章	汽车的制动性	258
13.1	制动性的评价指标	258
13.1.1	制动减速度	259
13.1.2	制动时间	260
13.1.3	制动距离	260
13.2	制动过程分析	261
13.2.1	作用于车轮的制动力	261
13.2.2	影响制动性的主要因素	263
13.3	理想的制动性能	264
13.3.1	制动力与同步附着系数	264
13.3.2	制动防抱死系统 ABS	268
13.3.3	制动防侧滑系统 ASR	272
13.4	汽车制动性实验	274
13.4.1	制动性能的台架实验	274
13.4.2	制动性能的道路试验	275
13.5	复习思考题	276
第 14 章	汽车的操纵稳定性	277
14.1	概述	277
14.1.1	汽车操纵稳定性包括的内容	277
14.1.2	车辆坐标系与转向盘阶跃输入下的时域响应	279
14.1.3	人-汽车闭路系统	282
14.2	轮胎的侧偏特性	283
14.2.1	轮胎的坐标系	283
14.2.2	轮胎的侧偏现象和侧偏力-侧偏角曲线	284
14.2.3	轮胎的结构对侧偏特性的影响	287
14.3	汽车的转向特性	289
14.3.1	刚性车轮转向的几何关系	289

14.3.2	弹性车轮转向的几何关系	290
14.3.3	汽车的稳态转向特性	290
14.3.4	几个表征稳态响应的参数	292
14.3.5	影响转向特性的因素	295
14.4	转向轮的摆振与稳定	298
14.4.1	转向轮的摆振	299
14.4.2	转向轮的稳定效应	301
14.5	汽车的纵翻和侧翻	303
14.5.1	汽车不发生纵向倾覆的条件	303
14.5.2	汽车的侧翻	305
14.6	操纵稳定性试验	306
14.6.1	蛇行实验简介	306
14.6.2	稳态转向特性试验简介	307
14.6.3	转向瞬间响应试验	309
14.6.4	转向轻便性试验	312
14.6.5	转向回正性能试验	313
14.7	复习思考题	313
第 15 章	汽车的通过性	314
15.1	通过性的评价指标	314
15.1.1	汽车支承通过性评价指标	314
15.1.2	汽车几何通过性评价指标	315
15.2	影响通过性的主要因素	316
15.3	通过性实验	318
15.3.1	最小转弯直径测定方法	318
15.3.2	汽车地形通过性试验	319
15.4	复习思考题	320
第 16 章	汽车的舒适性	321
16.1	舒适性的评价指标	321
16.1.1	汽车行驶平顺性	321
16.1.2	设施完善性	322

16.2 影响舒适性的主要因素.....	323
16.3 舒适性实验.....	326
16.3.1 汽车平顺性随机输入行驶试验.....	326
16.3.2 汽车平顺性脉冲输入行驶试验.....	327
16.4 复习思考题.....	328
附录.....	329
附录 A.....	329
附录 B.....	330
附录 C.....	331
参考文献.....	332

第一部分 发动机原理

第 1 章 发动机的工作过程

1.1 热功转换的基本概念

在研究热功转换的基本规律之前，要建立一些必要的基本概念。本节从气体的状态出发，讨论气体的状态参数、气体状态方程式、内能和功的基本知识。

1.1.1 基本概念

1. 工质

发动机在工作过程中，将热能转变为机械能的工作物质称为工质。

发动机气体吸收燃料燃烧产生的热量，在膨胀过程中将部分热量转换为机械功，这种工作物质是燃料与空气的混合气。为便于分析问题，我们主要研究气体的热力性质，这是因为气体具有良好的流动性和膨胀性，能够有效地做功，同时其热力性质也最简单，在发动机中被广泛应用。

2. 热力系统

在热力学中，把某一宏观尺寸范围内的工质作为研究对象，称为热力系统。

发动机中，将汽缸内的气体作为热力系统来进行研究，而将热力系统外面和热功转换过程有关的其他物体称为外界，如汽缸。对于外界一般只考察它们和热力系统间传递的热量和机械功。

3. 热力状态

工质所处的某种宏观状况称为热力状态。

在热机依靠工质将热能转换为机械能的过程中，工质本身也在不断地变化。在宏观上表现为气体的物理特性，如压力、温度等在不断变化。工质的状态常用一些物理量来描述。用于描述工质状态的物理量称为状态参数。例如比容、压力和温度三个可测的状态参数，称为基本状态参数。每一个状态参数都从某一方面描述气体的状态。

4. 平衡状态

工质在不受外界影响的条件下，宏观性质不随时间变化的状态叫做平衡状态。

许多物理现象表明，处在没有外界影响条件下的热力系统，经过一定时间后，将达到一个确定的状态，而不再有任何宏观变化。这里所说没有外界影响，是指外界对系统既不做功也不传热。处于平衡状态的气体各部分均匀一致，每一个状态参数只有一个数值。气体的一个平衡状态对应有一组状态参数（如比容、压力和温度）。只要有一个状态参数发生了变化，就足以说明气体的状态发生了变化。今后我们所讲的状态都是指平衡状态。

实际上完全不受外界影响、宏观性质绝对保持不变的系统是不存在的，平衡状态只是一个理想的概念。在许多实际问题中，可以把实际状态近似地当作平衡状态处理。

5. 热力过程

热力系统的状态随时间而变化的过程称为热力过程。

当热力系统的状态随时间而变化时，我们就说系统经历了一个热力过程。热力学所研究的主要是准静态过程，在这种过程进行中的每一时刻，系统都处于平衡状态，即工质变化经过的所有状态都是平衡状态。准静态过程是一种无限缓慢进行的理想过程，在过程中系统和外界的温度与压力总保持着无限接近并且无摩擦阻力的影响。通常都把实际过程当作准静态过程来处理，要求精度较高时，再对所得结果作一修正，以消除误差的影响。

1.1.2 基本状态参数

如前所述，系统处于平衡状态时，可以选用几个物理量来描述工质的状态，称这些物理量为工质的状态参数。比容、压力和温度可以直接测得，称为基本状态参数。下面对它们逐个进行介绍。

1. 比容

单位质量的工质所占有的容积称为比容，用符号 v 表示，单位为 m^3/kg 。按定义有公式

$$v = \frac{V}{m} \quad (1-1)$$

式中： V ——工质的容积， m^3 ；

m ——工质的质量， kg 。

反之，单位容积物质的质量称为密度，用符号 ρ 表示，单位为 kg/m^3 。按定义可得

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{v} \quad (1-2)$$

即密度的数值就是比容数值的倒数。

显然，物质的比容 v 与密度 ρ 互为倒数。

2. 压力（压强）

单位面积上所受到的垂直作用力称为压力。气体的压力就是气体在单位面积容器壁上的垂直作用力。按气体分子运动学说，气体压力的实质是大量分子对容器内壁碰撞的平均结果。因为分子热运动是无规则的，所以当容器内气体没有宏观运动时，气体本身的重量又略去不计时，则在容器内任何位置任何方向上气体的压力都相同。压力的符号用 p 表示，压力的单位是帕斯卡，中文符号为帕，国际符号为 Pa (N/m^2)。因为帕的单位很小，所以工程中常用千帕 (kPa) 或兆帕 MPa 作单位。

$$1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$$

气体的压力也称为气体的绝对压力。如图 1-1 所示，测量压力的仪表并不是直接测得气体的绝对压力，而是测得气体的绝对压力和当时的大气压力 P_0 的差值。当气体的绝对压力高于大气压力时，压力表指示的数值称为表压力，用 P_g 表示，则

$$P = P_0 + P_g$$

当气体的压力低于大气压力时，用真空表测得的数值称为真空度，它是绝对压力低于大气压力的数值，用 P_v 表示，则

$$P = P_0 - P_v$$

绝对压力与表压力和真空度的关系如图 1-2 所示。

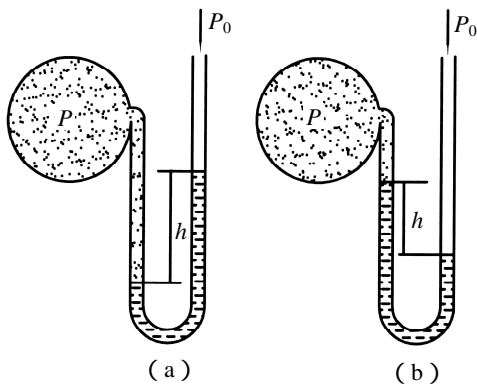


图 1-1 液柱压力表和真空表

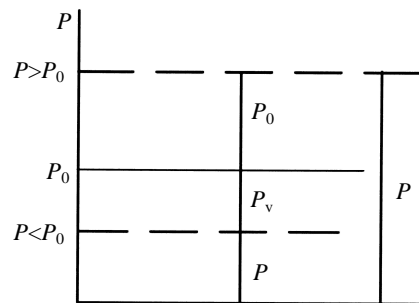


图 1-2 绝对压力、表压力及真空度的关系

显然大气压力是经常变化的，所以即使绝对压力不变时，随着大气压力的变化，表压力和真空度也要发生变化。注意，只有绝对压力才能作为工质的状态参数，这表示工质的真实状态。

3. 温度

在生活中，通常用温度表示物体的冷热程度。热的物体温度高，冷的物体温度低。冷热程度不同的两物体相互接触后，甲物体由热变冷，而乙物体由冷变热，这说明甲物体原来的温度较高，而乙物体原来的温度较低。经过一段时间后，两物体的状态都不再发生变化，这就表明两物体具有相同的温度。此种状态就叫做热平衡。对于两系统也是一样。因为处于热平衡的系统都具有相同的温度，所以温度是决定一系统与其他系统是否处于热平衡的宏观性质。

按分子运动学说，温度反映了组成系统的大量分子的无规则运动的剧烈程度，是分子运动能量的代表。气体分子运动的速度高，动能大，气体的温度就高。

为了表示温度的数值，需要有量度温度的标尺即温标。热力学温标，也叫开尔文温标，是国际单位制（SI）的基本单位。由热力学温标所确定的温度称为热力学温度，用符号 T 表示，单位为开尔文，简称开，国际符号为 K。国际单位制规定，采用水的三相点温度，即水的固相（冰）、液相（水）和气相（水蒸气）三相平衡共存的温度，作为定义热力学温标的单一固定点。并严格规定水的三相点温度为 273.16 K，而热力学温度单位“K”为三相点温度的 $1/273.16$ 。

摄氏温标，由热力学温标导出。摄氏温标所确定的温度用 t 表示，摄氏温度与热力学温度的关系为：

$$t = T - 273.15 \quad (1-3)$$

这就是说，规定热力学温度 273.15 K 为摄氏温标的零点（ $t = 0$ ）。摄氏温度的单位为摄氏度，写成 $^{\circ}\text{C}$ ；用摄氏度表示的温差也可以用开（K）表示。值得注意的是，摄氏温标的零点与冰点并不严格相等。即 273.16 K 相当于 0.01°C ，0 K 相当于 -273.15°C 。

在工程上为了简化计算，常把式（1-3）近似写为

$$t = T - 273 \quad (1-4)$$

要注意，只有热力学温度才是状态参数。

1.1.3 理想气体状态方程

1. 理想气体

在热力学计算中，通常把实际气体近似看作理想气体，其结果极其相似。所谓理想气体，就是分子本身不占有体积，分子间又没有吸引力的气体。理想气体仅是一种理想的模型。但实验证明，当压力较低或温度较高时，一般气体的比容较大，分子间的距离比分子

的直径大得多，因此，其分子间吸引力和分子本身的体积就可忽略不计，它的性质就比较接近理想气体。在发动机热力分析中，常把空气、燃气等都近似地看作理想气体。气体压力越低，越接近于理想气体。

2. 理想气体状态方程

在平衡状态下，理想气体的压力、温度和比容三者之间的关系式称为理想气体状态方程式。它是在实验的基础上，根据分子运动学说导出的。

对于 1 kg 下理想气体，状态方程式为

$$p\nu = RT \quad (1-5)$$

对于 m kg 理想气体则为

$$pV = mRT \quad (1-6)$$

式中： $V=m\nu$ —— m kg 气体的总容积。

R 为气体常数，它的数值决定于气体的性质，单位为 $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。数值可在表 1-1 或有关手册中查得。

表 1-1 常用气体的热力性质

气体	摩尔质量 M kg/kmol	气体常数 R kJ/(kg·K)	密度 ρ_0 kg/m ³ (0, 101325Pa)	定压比热 c_p kJ/(kg·K)	定容比热 c_v kJ/(kg·K)	比热比 k_0
He	4.003	2.077	0.179	5.234	3.153	1.667
Ar	39.94	0.2081	1.784	0.524	0.316	1.667
H ₂	2.016	4.1244	0.090	14.36	10.22	1.404
O ₂	32.000	0.2598	1.429	0.917	0.657	1.395
N ₂	28.016	0.2968	1.250	1.038	0.741	1.400
空气	28.97	0.2871	1.293	1.004	0.716	1.400
CO	28.011	0.2968	1.25	1.042	0.745	1.399
CO ₂	44.010	0.1889	1.977	0.850	0.661	1.285
H ₂ O	18.016	0.4615	0.804	1.863	1.402	1.329
CH ₄	16.04	0.5183	0.717	2.227	1.687	1.32
C ₂ H ₄	28.054	0.2964	1.260	1.721	1.427	1.208

理想气体状态方程式给出了在某一状态下三个基本状态参数的关系，如果任意两个状态参数的数值一定，则第三个参数亦一定，即气体的状态可以确定。

3. 摩尔、通用气体常数、摩尔气体状态方程

(1) 摩尔、摩尔质量

在热力学计算中，常用摩尔作单位计量气体的量。它是国际单位制的物质质量的单位，

国际符号 mol。按规定，如果气体中所包含的分子数与 0.012kg 碳-12 的原子数目相等时，该气体的量称为 1mol。在工程热力学中常采用千摩尔 (kmol) 为单位。1kmol 气体的质量称为千摩质量，其符号为 M ，单位为 kg/kmol。按定义可知千摩质量的数值等于分子量。例如氧气的分子量为 32，则其千摩质量 $M=32$ kg/kmol。

1kmol 气体所具有的容积称为千摩容积，用 V_m 表示。它的数值等于千摩质量乘以比容。根据阿佛加德罗定律：同温同压下，相同容积的任何气体都有相同数目的分子。因此，在同温同压下任何气体的千摩容积都相等。在物理标准状况，即 $P_0=101.325$ kPa、 $t_0=0$ 的条件下，各种气体的千摩容积均为

$$V_m=22.4 \text{ 标准 m}^3/\text{kmol}$$

(2) 通用气体常数、摩尔气体状态方程

试看引入千摩尔的概念以后，状态方程式的变化。按式 (1-5) 可得出 1kmol 理想气体的状态方程式为

$$\begin{aligned} pMv &= MRT \\ pV_m &= R_m T \end{aligned} \quad (1-7)$$

由上式可得

$$R_m = MR = \frac{pV_m}{T}$$

因为在相同的压力和温度下，任何理想气体 V_m 的数值都相同，故对于任何理想气体， R_m 的数值都相同，并称为通用气体常数。 R_m 的数值，可利用物理标准时的数值，即 $P_0=101.325$ kPa、 $T_0=273.15$ K、 $V_m=22.4$ m³，代入上式求得，

$$R_m = 8.314 \text{ J}/(\text{kmol} \cdot \text{K}) \quad (1-8)$$

显然，某种气体的气体常数 R 可按正式求得：

$$R = \frac{8.314}{M} \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \quad (1-9)$$

按照公式 (1-7) 可以得到 1kmol 理想气体的状态方程式

$$pV_m = 8.314T \quad (1-10)$$

及 n kmol 理想气体的状态方程式

$$pV = 8.314nT \quad (1-11)$$

由于以上两式中不包含任何与气体性质有关的量，因而可用于各种理想气体的计算及分析。

理想气体状态方程式反映出了气体各状态参数之间的基本关系。在温度不太低，压力不太高时，按它计算得到的结果，误差不大。加之公式简单，便于计算，所以它经常用于气体工质各状态参数的计算。

4. 工质的比热

工质的比热就是单位量的物质温度升高 (或降低) 1K 时所吸收 (或放出) 的热量。用