

机 器 学

符拉歇夫、列特尼克、希弗陵著



机械工业出版社

机 器 学

符拉歇夫、列特尼克、希弗陵著

王希季、李渤仲、沈维道译



机械工业出版社

出版者的話

在本書內講述了力學、工程熱力學與傳熱原理；敘述了泵、蒸汽鍋爐、爐膛、蒸汽機、汽輪機及內燃機的工作和裝置。

本書是中等專業學校教學參考書。可作為中等專業學校「機器學」課程教學時的參考用書。

NO. 1991

1960年2月第一版 1960年2月第一版第一次印刷

850×1168 $\frac{1}{32}$ 字數 416 千字 印張 16 $\frac{2}{16}$ 0,001—6,200 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

北京新華印刷廠印刷

新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號 定價 (10) 2 30 元

原 序

本教科書是按照中等技术学校“机器学”課程的教学大綱編写的，内容包括水力工程学和热力学的基本原理。

在“机器学”課程中，研究水力发动机、泵、蒸汽鍋爐以及热力发动机（蒸汽机、蒸汽透平、內燃机等）的构造和工作原理。

本書是集体著作。在最初的稿本中，第三篇的“緒論”和第五篇的第三章由符拉歇夫执笔，第一、四、五和六篇由列特尼克执笔，第二篇則由希弗陵执笔。

除第一篇外，本書的編輯工作由塔列耶夫教授(В. М. Тареев)担任，第一篇的編輯工作則由聶尔松-斯柯尔尼雅柯夫(Ф. В. Нельсон-Скорняков)教授担任。

在編輯过程中，进行了相当大的精簡，並由塔列耶夫教授改写了以下各章节：第三篇第三章第三节，第四章第四~六节，第四篇第一章第二、七、八节，第三章第二节（一部分），第五篇第一、二章，第四篇第一章第一、三、四、六、七节（一部分），第二章第一、五节以及第三、四节中的一部分。

目 录

原 序

第一篇 水力学, 泵和水力发动机

第一章 基本概念 1

1 水力学的对象和意义 1

2 液体的物理性 2

第二章 水静力学 3

1 水静压力 3

2 水静力学的基本方程式 3

3 巴斯格定律 10

4 绝对压力与计示压力 11

5 液体对平壁的压力 14

6 液体对曲面壁的压力 15

7 物体的浮沉 16

习题 17

第三章 水动力学 18

1 基本概念和术语 18

2 液流的水力学连续方程式 20

3 液体流动的两种状态 21

4 流束和液流的能量 23

5 液流的柏努利方程式 24

6 柏努利方程式的实际应用 27

7 液体在管道中的流动 31

8 液体经过孔口的流出 39

9 液体经过喷管的流出 42

习题 44

第四章 泵 44

1 活塞泵的构造和作用原理	45
2 活塞泵的基本类型及其理论排量	49
3 活塞泵的实际排量	52
4 空气室	52
5 泵所需要的功率及其效率	53
6 活塞泵构造举例	54
7 离心泵的构造和作用原理	55
8 离心泵的基本方程式	58
9 转速对离心泵的工作及其性能的影响	60
10 离心泵和活塞泵的比较	62
11 浆叶泵和螺旋泵	62
12 喷射泵、齿轮泵和翼式泵	63

第五章 水力发动机 65

1 水力发动机的作用原理	65
2 水轮机的构造	68
3 水力工程建筑	72

第二篇 工程热力学与传热原理

工程热力学 77

1 热能	77
2 工程热力学	78
3 工质的基本状态参数	78

第一章 气体定律 83

1 理想气体	83
2 阿佛加德罗定律	84
3 气体状态方程式	86
4 气体定律在真实气体中的应用	87
习题	90

第二章 混合气体	91
1 混合气体的概念	91
2 道尔顿定律	92
3 混合气体的重量成分与容积成分	92
4 混合气体的比重和比容	94
5 混合气体的气体常数	95
6 折合分子量	96
7 容积成分与重量成分之间的关系	98
习题	99
第三章 热力学第一定律	100
1 热力学过程、平衡过程与实际过程	100
2 过程在 vp —坐标图上的表示	102
3 气体膨胀与压缩的绝对功	104
4 热量的测量单位	106
5 气体的内能	107
6 热功当量原理	107
7 热力学第一定律	109
第四章 比热	111
1 基本定义	111
2 重量比热, 莫尔比热及容积比热之间的关系	112
3 定容与定压比热	112
4 真实比热与平均比热	115
5 气体比热的参考公式	118
6 混合气体的比热	120
7 气体加热所需要的热量	120
习题	124
第五章 热力学过程	124
1 基本的热力学过程	124
2 定容过程	125

3	定压过程	127
4	等温过程	130
5	绝热过程	134
6	多变过程	140
	习题	144
第六章 热力学第二定律		146
1	封闭过程或循环	148
2	理想气体的卡诺循环	148
3	热力学第二定律	150
4	sT -图。熵的数学表示	151
5	1 公斤理想气体的基本热力学过程在 sT -图上的图示	152
6	在 sT -坐标上的卡诺循环	154
7	孤立系统中熵的变化	155
第七章 理论压气机		157
1	活塞式压气机的工作原理	157
2	理论压气机所消耗的功	158
3	多级压气机	160
第八章 水蒸汽		161
1	汽化过程	161
2	汽化过程在 vp -坐标上的图示	163
3	水和蒸汽的比容	165
4	焓(含热量)的概念	166
5	水和蒸汽的焓(含热量)	167
6	水蒸汽表及其应用	171
7	si -图	175
	习题	177
第九章 气体及蒸汽的流出与节流		180
1	流出的基本公式	180
2	临界压力比和临界速度	184

3	根据 si 图进行喷嘴的计算	187
4	蒸汽的节流	191
	习题	193

第十章 蒸汽动力装置的理想循环（朗肯循环） 194

1	朗肯循环	194
2	朗肯循环的效率	196
3	朗肯循环的单位蒸汽消耗量	197
4	提高蒸汽循环经济性的方法	198
5	高初始参数的蒸汽	200
6	供热系统	201
	习题	202

传热原理 203

第十一章 通过导热、对流和辐射来传热 203

1	热传播的基本情况	203
2	平壁的导热传热	204
3	对流热交换	205
4	辐射热交换	208
5	经过平壁的传热	210

第十二章 热交换器 216

第三篇 燃料及锅炉装置

第一章 燃料及其特性 219

1	燃料的种类及其起源	219
2	燃料的成分	219
3	燃料的热值	222

第二章 苏联燃料的主要种类 224

1	苏联的燃料资源	224
2	主要燃料种类的特性的简述	224

第三章	燃料的燃烧过程	230
1	燃料的燃烧过程	230
2	燃料燃烧的气体产物的成分	232
3	过量空气系数的计算	234
4	燃烧的气体产物的容积计算	235
5	燃烧产物和空气的焓	237
第四章	鍋爐装置及其工作	240
1	鍋爐装置的功用及其型式	240
2	鍋爐装置的主要部分	241
3	鍋爐机組的主要特性	243
4	鍋爐机組的效率	246
5	机械不完全燃烧和化学不完全燃烧的热损失和散失于 周围介質的热损失。爐膛效率	247
6	排烟热损失和鍋爐机組的热平衡	249
7	理論燃烧温度和爐膛的水冷壁	252
第五章	蒸汽鍋爐设备	255
1	最简单的蒸汽鍋爐设备	255
2	烟管鍋爐和联合鍋爐	260
3	水箱式或分部式水管鍋爐	262
4	无水箱式水管鍋爐	268
5	单流鍋爐	277
6	高压鍋爐	279
第六章	爐膛	282
1	火床固定不动的爐膛	282
2	火床移动的爐膛	287
3	燃烧固体燃料的火室式爐膛	295
4	燃烧液体和气体燃料的火室式爐膛	302
第七章	蒸汽过热器經濟器空气預热器和鍋爐的輔助设备	304

1	蒸汽过热器	304
2	經濟器	306
3	空气預热器	308
4	鼓风及通风設備	309
5	蒸汽管路	309
6	給水設備和給水处理	311
7	燃料的貯存, 燃料供給和除灰的設備	313
8	鍋爐机組受熱面的計算	314

第八章 鍋爐裝置的運轉 317

1	鍋爐裝置運轉的規則	317
2	鍋爐裝置工作的技術—經濟指標	318
3	提高鍋爐裝置的蒸汽產量和經濟性的方法	319

第四篇 蒸 汽 机

第一章 蒸汽机的工作过程 321

1	蒸汽机的作用原理及其主要部件	321
2	蒸汽机发展历史的介紹	323
3	蒸汽在蒸汽机中的理論功圖和实际功圖	324
4	示功器, 平均指示压力	327
5	指示功率与有效功率	328
6	蒸汽机中的損失以及减小这些損失的方法	331
7	蒸汽机和蒸汽动力裝置的效率	334
8	負荷变动时蒸汽机的耗汽量	336
9	乏汽的凝結	337
10	乏汽的利用	339

第二章 蒸汽机的配汽和調节 339

1	滑閥式配汽	340
2	提閥式配汽	344
3	曲柄連桿机构与飞輪	346
4	蒸汽机功率的調节	349

第三章 蒸汽机的构造 351

- 1 蒸汽机的分类 351
- 2 蒸汽机实例 352

第五篇 汽 轮 机

第一章 基本概念和工作过程 361

- 1 汽轮机的概念 361
- 2 汽轮机的冲动作用原理 362
- 3 速度级 364
- 4 汽轮机的反动作用原理 366
- 5 组合式汽轮机 368
- 6 汽轮机喷嘴中的工作过程 370
- 7 蒸汽在叶片上所作的功 373
- 8 压力级叶片上的效率 376
- 9 汽轮机的内部过程, 损失和效率 380
- 10 汽轮机的耗汽量及其随汽轮机负荷的变化 382
- 11 汽轮机功率的调节方法 385

第二章 汽轮机设备 390

- 1 汽轮机的分类 390
- 2 苏联汽轮机制造业的发展 393
- 3 单转轮冲动式速度级汽轮机 (背压式) 395
- 4 中等功率的多级冲动凝汽式汽轮机 398
- 5 功率为50000千瓦, 3000转/分的单缸凝汽式冲动汽轮机 401
- 6 功率为50000千瓦的中間抽汽式双缸汽轮机 403
- 7 功率为100000千瓦的高压双缸汽轮机 403
- 8 汽轮机装置的凝汽设备 404

第三章 汽轮机电站 409

- 1 热能动力装置概述 409
- 2 汽轮机电站的设备 410

3	电站工作的技术—经济指标	418
4	苏联热力工程的发展	414

第六篇 內 燃 机

第一章	內燃机的工作过程	417
-----	----------	-----

1	內燃机发展史简述	417
2	內燃机的理論循环	418
3	四冲程发动机工作原理	423
4	二冲程发动机工作原理	425
5	混合气的形成及点火	428
6	內燃机的指示功率及有效功率	430
7	热平衡、效率、发动机的燃料消耗量	432

第二章	內燃机的构造	436
-----	--------	-----

1	內燃机的分类	436
2	发动机的主要部件	437
3	混合气机內形成的发动机的构造	440
4	混合气机外形成的发动机的构造	450
5	液体燃料发动机改用气体燃料	459
6	內燃机的应用	460

第七篇 燃气輪机及噴气式发动机

第一章	燃气輪机的工作过程及其发展的最初阶段	468
-----	--------------------	-----

第二章	燃气輪机的构造简述	466
-----	-----------	-----

第三章	噴气式发动机	468
-----	--------	-----

附 录		471
-----	--	-----

第一篇 水力学，泵和水力发动机

第一章 基本概念

1 水力学的对象和意义

水力学是研究液体平衡和运动的规律的科学，是探讨将这些规律付诸实际应用的方法的科学。

在水力学中，研究液体的平衡以及研究完全或部分沉没在液体中的固体的平衡的那一部分，叫做水静力学，另一部分，研究液体的运动以及研究完全或部分沉没在液体中的固体在外力作用下的运动，叫做水动力学。

水力学的意义极为重大。水力学的规律，在所有的国民经济部门中（例如，在水能的利用中，在供水，水利工程建筑，造船，机器制造，以及在各种工业设备中）都获得了应用。

水利工程建筑（运河，堤坝）的历史，如同简单的水力发动机（水轮）的历史一样，开始于纪元前3000~4000年。在俄国，甚至在遥远的古代，就已经开始了水能的利用，在极为古远的以俄国文字书写的纪念碑中，曾发现有这样的一些名词，如“磨坊主”、“磨坊”，在十三和十四世纪的文件中，曾常常提到水力磨坊建筑（例如，见1389年德米特利，顿斯克侯爵的遗嘱）。

在十八世纪，广泛地展开了我国水利资源的利用。在一些古老的旱路的地方，彼得一世开始了运河的建筑，他是很多水力建设的发起人。现存的委施聶沃洛茨克水利系统和刺多牙斯克运河系统都是按照他的指令建造的。为了建设把伏尔加河与刺多牙湖联结起来的委施聶沃洛茨克水利系统，彼得大帝起初聘请了一些外国专家，但是他们对这项工作做得很不完善。结果，委施聶沃

洛茨克系統的建設是由謝爾迪尤柯夫 (М. И. Сердюков) 在 1719~1722 年勝利完成的。

弗羅洛夫 (Е. Л. Фролов) 是俄國著名的建築師之一，他于 1763~1765 年在茲密依諾伏爾斯克的礦坑中(阿爾泰山)建造了地下的水力裝置，在這裝置中，設有世界上第一台水輪式發動機。

在水力學這一領域中，繼承這些先驅者們的有：薩福諾夫 (И. Сафонов)、拉赫馬尼諾夫 (И. Рахманинов)、以及其他的俄國設計師和發明家。

在水力工程科學的發展上，俄國總是置身于當時的先進國家之列。在最早的一些工程書籍中，就有一冊是關於水力學的手冊^①。

自從十八世紀以來，在俄國出版了一系列關於水力工程的著作，專門闡明國內、外所進行的實驗。

在 1738 年，俄國科學院院士柏努利 (Д. Бернуль) 表述了液體運動的基本定律，這定律叫做柏努利方程式，是水力學的基本定律之一；在 1755 年，俄國科學院院士雷翁拿特·尤拉 (Леонард Эйлер)^② 導出了作為水動力學基礎的液體平衡和運動的微分方程式。在以後的年代中，產生了茹科夫斯基 (Н. Е. Жуковский)，巴符洛夫斯基 (Н. Н. Павловский)，舒霍夫 (В. Г. Шухов) 等等學者，他們都大大地補充了我們關於水力學及其應用的知識，並使之日臻完善。

對我國水力資源有系統的調查研究，只是在 1917 年以後才開始。在蘇維埃政權的年代中，經過調查研究，證明我國的水力資源大大地超過一些最發達的資本主義國家。

從革命以前的著作中估計我國的水力資源為二千萬馬力（約一千五百萬千瓦）。如今，蘇聯最大的 1500 條河流的水力資源都已經查清楚。在這些河流上可以建築功率為三億千瓦的水動力裝置，這相當於二萬七千億千瓦時的電力年產量。這些能量，相

① “關於建造流通水的明渠河流的方法的書”，莫斯科，1708 年。

② 尤拉 (Л. Эйлер) 在彼得堡科學院工作，歷時 30 年。

当于 1950 年关于第五个五年计划的指令中所规定的全苏联的电力年产量 30 倍以上，而相当于第二次世界大战以前这几年来中全世界的电力年产量 5 倍。

在水力资源方面，苏联佔全世界的第一位，苏联差不多拥有全世界水能储藏量的 15%，而对全欧洲而言，则大大地超过了这个比值。

对俄国的这些巨大的水力资源的充分利用，只是在伟大的十月社会主义革命以后才开展起来的。只有在十月革命以后，才在我国建立了为大力发展人民创造力所必需的条件，同时，科学和技术的力量才能转而用于改善广大的人民羣众的生活上。由于五年计划出色完成的结果，我国拥有了一系列巨大的水工建筑，例如以斯大林命名的别洛莫尔斯柯-巴耳季伊斯基运河，莫斯科运河，以斯大林命名的费尔岡斯基大运河，以列宁命名的伏尔加-顿河运河，第聶伯水电站，札河水电站，法尔哈斯卡雅水电站，明盖恰烏尔斯卡雅水电站以及其他许多水电站，这里尚未谈到分布于广大的苏维埃国家中的几千个小型农村水电站。

现在，苏联人民在共产党的领导下，正在实现地球上从未有过的水利建设。

2 液体的物理性

可滴性液体和气体的最特殊的性质就是流动性。这就是说，即使外力很小，也可以使液体和气体发生很大的变形（形状的变化），它们可以具有随便什么形状，这是因为作用于它们的质点之间的内聚力不大的缘故。

液体基本的物理性质是：密度，比重，压缩性和黏性。

单位容积的液体的质量叫做液体的密度 ρ

$$\rho = \frac{M}{V}, \quad (1)$$

式中 M ——质量；

V ——物体的容积。

如果考虑到質量 M 等于以公斤表示的物体重量 G 与以公尺/秒² 表示的重力加速度 g 的比值, 即 $M = \frac{G}{g}$, 那末,

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{G}{gV} \text{ 公斤} \cdot \text{秒}^2 / \text{公尺}^4.$$

单位容积的液体的重量叫做比重 γ

$$\gamma = \frac{G}{V} \text{ 公斤/公尺}^3 \text{ 或 克/公分}^3 \text{ 或 公斤/公分}^3. \quad (2)$$

单位重量的容积叫做比容 v

$$v = \frac{V}{G} \text{ 公尺}^3 / \text{公斤} (\text{公分}^3 / \text{克}). \quad (3)$$

在 v 和 γ 之間可以建立下列的关系式

$$v = \frac{V}{G} = \frac{V}{\gamma V} = \frac{1}{\gamma}. \quad (4)$$

当压力或温度变化时, 液体本身的密度发生变化的性質称为压缩性。液体的压缩性由体积压缩系数确定。体积压缩系数是当压力变化 1 绝对大气压 $\ominus$ 时, 液体体积的减小率 (即, 自原来体积减小百分之几)。

与气体所不同的, 是液体的压缩性极为微小。以温度为 0°C 的水为例, 当压力增大 1 绝对大气压时, 容积仅减小 $\frac{1}{20000}$ 。

当液体运动时, 在它内部产生使各质点在相对运动中发生阻力的摩擦力, 液体的这种性質称为黏性。

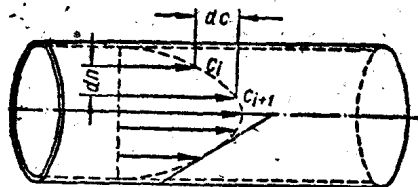


图 1 圆管内液流的速度分布

$\ominus$ 参看本書第二章第 4 节“绝对压力与計示压力”。