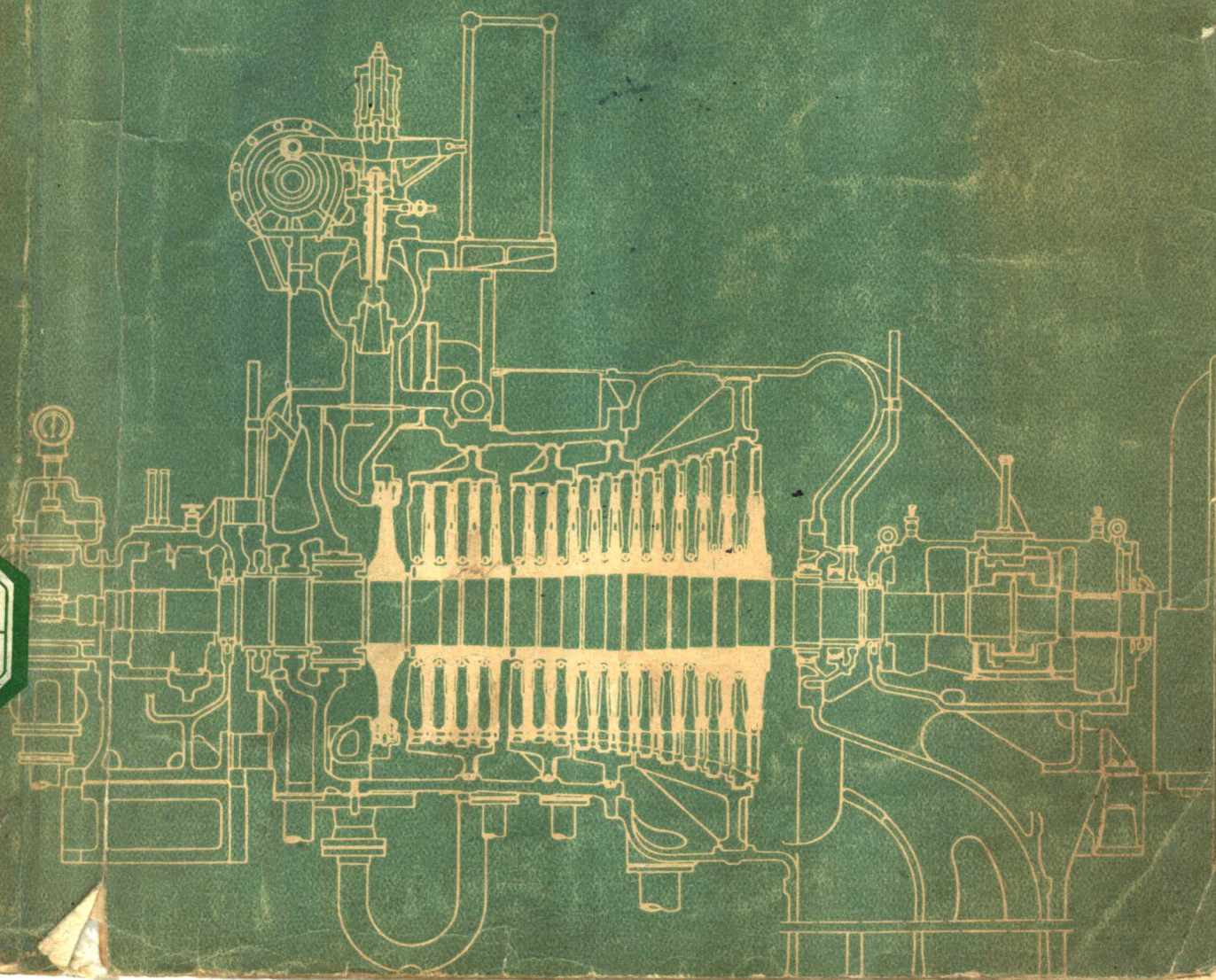


# 汽轮机与凝汽设备

苏联C. M. 洛謝夫著



### 內 容 提 要

本書敘述了汽輪机、凝汽器和發电厂汽輪机裝置輔助机械的原理、構造和运行。

書中着重討論了苏联工厂制造的或在苏联發电厂中已普遍采用的汽輪机。

本書可作为培养和提高汽輪机裝置运行人員業務水平的課本；同时也可作为中等动力技术学校汽輪机專業的参考教材。

С. М. ЛОСЕВ

ПАРОВЫЕ ТУРБИНЫ И КОНДЕНСАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ      МОСКВА      1954

### 汽輪机与凝汽設備

根据苏联国立动力出版社1954年莫斯科增訂第8版翻譯

陈运銑 洪建吉 朱天复 張仲方譯

\*

700R183

电力工業出版社出版 北京宣武門外月坛南路(教余路)

北京市書刊出版登記證許可證出字第082号

电力工業出版社印刷厂印刷      新华書店發行

\*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 开本 \* 24 $\frac{1}{4}$ 印張 \* 496千字 \* 定价(第10类)3.80元

1957年11月北京第1版

1957年11月北京第1次印刷(0001—4,100册)

1957

## 序

在战后五年计划期间，苏联的汽轮机制造事业取得了辉煌的成就。这些成就既表现在汽轮机厂产品数量的增长上，也表现在制造结构上最先进和最完善的汽轮机的质量提高上。

国产汽轮机在苏联发电厂中已佔着首要的地位。所以在编著本书的第八版时，我是把重点放在国产汽轮机上的。

在我国发电厂中，要掌握和运用先进技术，就要求特别注意运行资料。因为即使在设计效率很高的精制的设备中，如果由没有能力的人来管理，那也会得到不良的结果。

出版此书时，著者希望能对运行干部的培养工作有所帮助。

本书可作为培养与提高管理固定式汽轮机装置人员业务水平的教本。因此著者在著述本书时尽量做到这样，即使读者不具备必要的数学与物理知识，但对所讨论现象的物理本质也能获得明确的概念。本书内容的编排是由浅入深，以便读者在了解汽轮机的基本原理与构造后再学习更复杂的章节，如工况变化时汽轮机的工作过程，事故的分析等等。

著者谨对本书以往各版提供意见的读者致以深切的谢意，并恳请未来的读者把自己的意见和建议寄到：莫斯科水闸河岸街十号，苏联国立动力出版社。

最后著者谨向对于本书新版的准备工作上给予巨大帮助的H.Г.莫洛索夫讲师表示感谢。

著 者

# 目 录

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| 本文所用的标准符号和縮写字                                                | 5   |
| <b>第一篇 热力过程与構造原理</b>                                         |     |
| <b>第一章 通論</b>                                                |     |
| 基本的物理定律                                                      | 6   |
| 慣性定律(6) 力(6) 压力。真空(7) 机械功(9) 功率(9) 迴动力矩(9) 能                 |     |
| (11) 温度。热量(11) 能量守恒定律(12) 热与功的当量(13)                         |     |
| 热力装置的概念                                                      | 13  |
| 热力装置的型式(13) 汽輪机发电厂的工作过程(14) 热力装置系統(18) 汽輪机发电厂的热              |     |
| 平衡能的損耗(18) 装置的經濟效率(21) 考查問題(21)                              |     |
| 水蒸汽及其特性                                                      | 22  |
| 蒸汽参数(22) 飽和蒸汽(22) 过热蒸汽(25) 水蒸汽的状态变化(27) $i-s$ 圖及其应用(28)      |     |
| 考查問題与習題(32)                                                  |     |
| <b>第二章 汽輪机的作用原理</b>                                          |     |
| 热能轉变为动能(32) 临界压力与临界速度(34) 汽輪机的功率与效率(35) 蒸汽在汽輪机中              |     |
| 的两种工作原理(37) 冲击原理(38) 冲击式汽輪机的工作过程(39) 汽輪机叶輪的必要的圓周             |     |
| 速度(40) 压力多級(42) 速度多級(45) 反击的原理(47) 反击度(51) 汽輪机內的損耗(52) 表     |     |
| 示在 $i-s$ 圖上的热力过程圖(55) 在噴管中的过程(58) 叶片中的过程(61) 汽輪机的分类(65) 汽輪   |     |
| 机的極限容量(70) 考查問題与習題(71)                                       |     |
| <b>第三章 汽輪机的構造</b>                                            |     |
| 汽輪机的主要另件                                                     | 72  |
| 基座(72) 汽輪机的机壳(73) 隔板(77) 軸封(79) 軸承(86) 擋汽环和擋油环(95) 轉子        |     |
| (96) 叶片(102) 靠背輪(108) 盤車設備(110) 汽輪机的保溫(111) 考查問題(113)        |     |
| 汽輪机的調速                                                       | 113 |
| 离心式調速器(114) 油伺服馬达(116) 調速方法与配汽裝置(118) 危急保安器(122) 液力          |     |
| 調速(125) 保安裝置(126) 考查問題(127)                                  |     |
| 潤滑系統的機構                                                      | 129 |
| 汽輪发电机的潤滑(129) 油箱(129) 主油泵(131) 輔助油泵(132) 冷油器(133) 汽动油        |     |
| 泵替續器(136) 考查問題(137)                                          |     |
| <b>第四章 純凝汽式汽輪机</b>                                           |     |
| 苏联汽輪机的制造                                                     | 137 |
| 本国生产的汽輪机                                                     | 139 |
| 符号、容量和参数(139) AK-3.5型汽輪机(140) 沒有地下室的 AK-4 型汽輪机(CH-26)        |     |
| (146) 涅夫斯克列宁工厂出品的AK-4及AK-6 型汽輪机(152) AK-12 型(TH-65型)汽輪机(154) |     |

列宁格勒大林金属工厂出品的 AK-24-1(TH-165)型汽轮机(156) 列宁格勒 斯大林金属工厂出品的 AK-25-2型汽轮机(161) 列宁格勒大林金属工厂出品的 AK-50-1(TH-250) 型汽轮机(164)

列宁格勒大林金属工厂出品的 AK-50-2 型汽轮机(166) 哈尔科夫基洛夫汽轮机发电厂制造的 AK-50-1 型汽轮机(166) 列宁格勒大林金属工厂出品的 BK-50-1型汽轮机(171) 哈尔科夫基洛夫汽轮机发电厂出品的(XTT3)BK-50型汽轮机(173) 列宁格勒大林金属工厂出品的 AK-100-1型汽轮机(175) 哈尔科夫基洛夫汽轮机发电厂出品的 AK-100-1型汽轮机(177) 列宁格勒大林金属工厂出品的 BK-100-2 型汽轮机(177) 哈尔科夫基洛夫汽轮机发电厂出品的 BK-100型汽轮机(179) CBK-150型汽轮机(179)

外国公司的汽轮机 ..... 180

勃郎-鲍利汽轮机(BBC)(180) 葛益吉(AЭГ)汽轮机(193) 西门子汽轮机(193) 永克斯特(Юхрстрэм)汽轮机(202)

## 第五章 冷凝设备

一般概念 ..... 212

水蒸汽的冷凝(212) 凝汽设备的作用(213) 凝汽器的类型(214) 循环水的冷却(217)

表面式凝汽器 ..... 219

影响凝汽器工作的因素(219) 凝汽器和汽轮机的连接(224) 表面式凝汽器的部件(224) 大气阀(227) 表面式凝汽器的构造(228)

水泵和抽气器 ..... 232

循环水泵和凝结水泵(232) 空气泵(抽气器)(237)

回热系统 ..... 242

热交换器 ..... 242

汽轮机装置的基础与布置 ..... 245

考查的问题和习题 ..... 249

## 第六章 特殊用途的汽轮机

背压式汽轮机 ..... 249

背压式汽轮机的使用条件(249) 背压式汽轮机的结构(252) 背压式汽轮机的调整(259)

中间抽汽的汽轮机 ..... 262

抽汽式汽轮机的使用情况和型式(262) 带有一级抽汽的汽轮机构造(263) 抽汽式汽轮机的调整(277) 中间抽汽式同时又是背压式汽轮机(287) 两段中间抽汽式汽轮机(288)

乏汽汽轮机和双压力汽轮机 ..... 293

乏汽汽轮机和双汽压汽轮机的应用情况(293) 乏汽汽轮机(294) 双汽压汽轮机(296) 双汽压汽轮机的调整(297)

## 第二篇 汽轮机设备运行的基础

### 第七章 汽轮机设备的维护

一般性的指示 ..... 299

汽轮机的起动 ..... 300

一般起动规则(300) 冷状态汽轮机的起动(302) 短时间停用后的起动(304) 新装的或大修后的汽轮机的第一次起动(305) 热化式汽轮机起动的特点(306) 升速通过临界转速(307) 同期与载荷(308)

汽轮机运行时的维护 ..... 313

总论(313) 蒸汽管(314) 蒸汽的品质(314) 轴封(315) 调速机构(315) 油系统(318)

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 运行中的汽轮机状况的监督(324)                                                                             |     |
| 停机 .....                                                                                      | 328 |
| 一般的停机规则(328) 汽轮机发电机的惰走(329) 对于已经停下的汽轮机的维护(331)                                                |     |
| 汽轮机在工况变动下的工作情况 .....                                                                          | 332 |
| 负荷变动对于蒸汽流量的影响(332) 蒸汽参数的变动对于汽轮机运行经济性的影响(334)                                                  |     |
| 超过额定功率的汽轮机过负荷(336)                                                                            |     |
| 第八章 汽轮机的故障和防止这些故障的措施                                                                          |     |
| 汽轮机设备的事故 .....                                                                                | 338 |
| 汽轮机的振动和振动的原因 .....                                                                            | 339 |
| 概论(339) 叶轮的振动(339) 叶片和复环的振动(343) 汽轮机的一般性振动(345) 确定振动的原因(347)                                  |     |
| 水冲击 .....                                                                                     | 348 |
| 隔板的弯曲 .....                                                                                   | 353 |
| 推力轴承和主轴承的事故及故障 .....                                                                          | 355 |
| 轴的弯曲和裂断 .....                                                                                 | 359 |
| 蜗桿与齿轮传动装置的损坏 .....                                                                            | 362 |
| 叶片机构的故障 .....                                                                                 | 366 |
| 材料和制造方面的缺点(367) 叶片结构方面的缺陷(368) 腐蚀、结垢和刷蚀(369) 水冲击及外界硬物体的影响(377) 叶片与静止机件的摩擦(378) 确定叶片机构的损伤(378) |     |
| 第九章 凝汽设备的故障和防止这些故障的方法                                                                         |     |
| 真空恶化的原因 .....                                                                                 | 380 |
| 凝汽设备不严密 .....                                                                                 | 381 |
| 检查空气严密性(381) 测定凝汽器水侧的严密性及冷却水漏入凝汽器蒸汽侧的数量(383)                                                  |     |
| 凝汽器管的腐蚀 .....                                                                                 | 385 |
| 凝汽器管上的裂缝 .....                                                                                | 388 |
| 凝汽器管的振动 .....                                                                                 | 388 |
| 凝汽器的情况 .....                                                                                  | 389 |
| 确定清洗的周期(389) 清洗凝汽器管的方法(389) 冷却水的加氯(392)                                                       |     |

## 本文所用的标准符号与缩写字

|                                       |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|
| $\kappa em$ ——珥                       | $^{\circ}C$ ——摄氏温度一度       |
| $л.с.$ ——馬力                           | $D$ ——汽輪机小时耗汽量             |
| $i_0$ ——蒸汽的初焓                         | $d$ ——汽輪机耗汽率               |
| $i_1, i_2$ ——蒸汽的終焓                    | $N_e$ ——汽輪机有效功率            |
| $P_0$ ——蒸汽的初压                         | $N_g$ ——發电机輸出功率            |
| $P_1$ ——噴管后的汽压                        | $c_0$ ——蒸汽初速度              |
| $P_1, P_2$ ——蒸汽終压                     | $c_1$ ——蒸汽离噴管的絕對速度         |
| $\eta_i$ ——發电机的效率                     | $v$ ——蒸汽的临界压力比             |
| $\eta_{oe}$ ——汽輪机相对有效效率               | $\alpha$ ——絕對速度角           |
| $\eta_{oi}$ ——汽輪机相对內效率                | $\beta$ ——相对速度角            |
| $\eta_{os}$ ——汽輪發电机相对电效率              | $w_1$ ——蒸汽进工作叶片的相对速度，公尺/秒  |
| $\eta_{\partial\kappa}$ ——汽輪机發电厂的經濟效率 | $w_2$ ——蒸汽离开工作叶片的相对速度，公尺/秒 |
| $\eta_{\mu}$ ——汽輪机机械效率                | $u$ ——圓周速度                 |
| $t$ ——温度， $^{\circ}C$                 | $f$ ——断面面积                 |
| $z$ ——級数                              | $G$ ——汽輪机耗汽量，公斤/秒          |
| $\rho$ ——反击度                          | $\equiv$ ——相当的符号(当量)       |
| $x$ ——蒸汽的干度                           | $\approx$ ——差不多相等的符号       |
| $s$ ——熵                               |                            |
| $\varphi$ ——噴管的速度系数                   |                            |
| $\psi$ ——工作叶片的速度系数                    |                            |

## 第一篇 热力过程与構造原理

### 第一章 通 論

#### 基本的物理定律

在开始研究汽輪机装置及其运行規則之前，必須把以后我們要用到的一系列術語与概念加以闡明，并准确地給出定义。这种概念，如力、功、功率以及其他許多概念，常常在实际生活中使用，而并不是經常能正确地得到理解的，我們設法从力学观点来确定它們的意义。

#### 慣性定律

約在二百年以前，科学家制定了一个全世界所有物体都要服从的定律，用文字来表示就是：任何物体均將保持靜止的或等速直綫运动的状态，当沒有任何外力迫使它改变这种状态时。

这一定律称为慣性定律。最初看来，慣性定律似乎不十分符合实际。但它不难从以下的情况得到証实，一个处在靜止状态的物体，例如一塊靜止不动的石塊，当沒有任何外力作用在它上面，沒有推动它时，它將一直保持这种状态，也就是說將一直靜止不动。同时我們知道，正在运动中的物体，例如抛到空中的石塊或自鎗中放出的子彈，將逐漸減慢自己的运动而落至地上，进入靜止的状态；可是，按照慣性定律，运动中的物体似乎應該永远依等速而运动。在本質上，这里并沒有任何矛盾；飞行着的物体的运动速度，受到在物体上的力：地心吸力、空气摩擦力和空气阻力的作用而降低。假設我們把一个沒有重量的物体抛在沒有空气的空間，則开始运动后，这个物体將永远运动着。

#### 力

由慣性定律我們可以明确力学中力的这个名詞所指的是什么意义。

任何改变物体运动的或靜止的状态的原因(作用)，均称为力。

力可以引起运动或終止运动，引起減速或加速，或者改变运动的方向，并且在所有这些情况下，运动可以是移动或轉动，或同时是移动又是轉动。

力不但可以改变物体运动的或靜止的状态，而且可以使物体变形，例如压縮、伸長、弯曲或用其它方法破坏它的原始形状。

力的作用可能是短時間的(冲击、振动)，或者是長時間的而且是不变的(地心吸力)。在同一物体上可以有几个力同时作用着，它們在大小与方向上可能彼此相同或不相同。假使作用在物体上的几个力大小相等、方向相反，并作用在物体的一点，或者作

用在与这些力的作用方向一致的直线上的若干点，则物体将处在平衡状态。作用在物体上的力通常假定以矢量来表示，它的方向表示力的作用方向，而它的长度按已知的比例尺相当于力的大小。

在各种公式中，普通均用拉丁字母  $P$  作为力的代表符号。

为了测量作用力的大小，通常都用重力单位，即重量单位(公斤)作为力的单位。选用这一单位的可由下面的例子来说明：用手把一端固定的弹簧拉长，必须加以某种肌肉的作用，即某种力；但用一定重量的砝码挂在弹簧的自由端时，亦可得到同样的结果(图 1-1)。显然，用这个方法可以准确地测量上述力的大小。在弹簧称上挂上任何物体，可以测定使它变位所需的外加力。

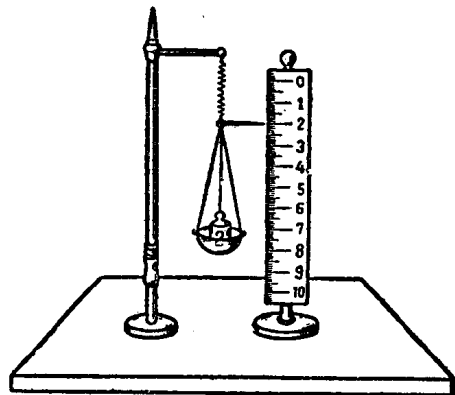


图 1-1 最简单的弹簧称

### 压力.真空

在热工中常常讨论到的力，并不是作用在物体任意一点的力，而是均匀地分布在某个面上的力；在这种情况下，力的作用不但和它们的大小有关，而且和此面的大小及形状有关。沿垂直方向作用在单位面积上的力，称为压力，并规定用拉丁字母  $p$  表示。

例如图 1-2 所示，一长方形的透明石块的重(即力)为 2.5 公斤，平均分分布在石块下桌子上等于 25 平方公分的全部面积上，于是这个表面上每一平方公分受到的压力仅等于 0.1 公斤。显然，如果同样重量的石块，而桌子的接触面减小到二分之一，则这个表面上每平方公分就要承受多一倍的压力。

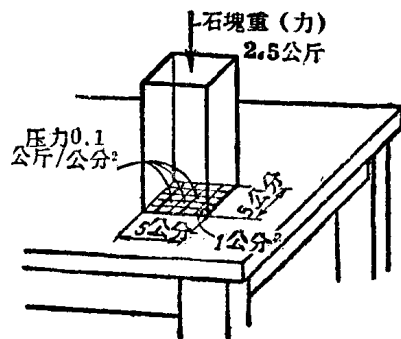


图 1-2 力与压力的关系

成滴的液体、蒸汽与气体的特点是：它们所处的容器内，总是以同样的压力传到容器壁的各个地方，而与这个容器的形状无关。

在工程中常用 1 公斤/公分<sup>2</sup> 的压力作为压力的单位，即作用在 1 平方公分的表面上的力为 1 公斤；这个数值约相当于环绕我们的大气压力，故称为工程大气压或简称为大气压(俄文简写为  $at$ )。

大气的压力不是不变的，而是在某一范围内随气象的情况而变化的。为了测量大气的压力，应当用气压表，它是用公厘水银柱来表示压力的。

通常以 760 公厘水银柱高的压力作为标准大气压。当天气变化时，气压表上的指数可能在 710 至 780 公厘水银柱的范围内变动。

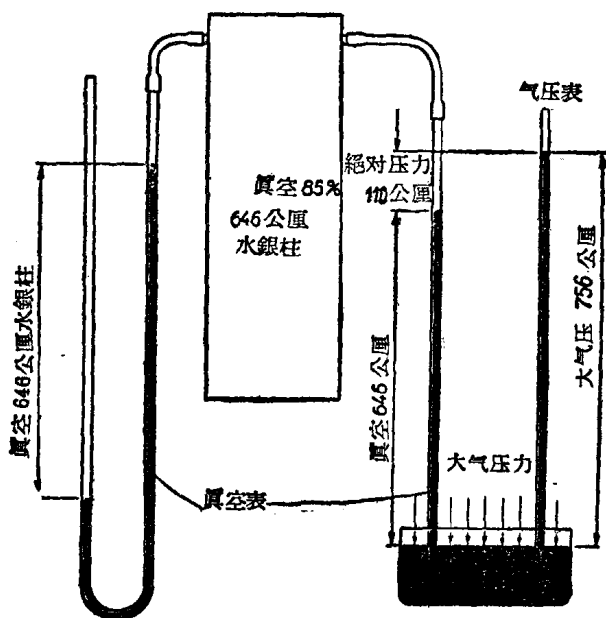
一个工程大气压，相当于 735.6 公厘水银柱<sup>①</sup>。

① 截面为 1 平方公分、高为 735.6 公厘的纯水银柱，在 0°C 时重 1 公斤。

蒸汽或气体在它所处的封闭的容器内，对容器壁的压力，可能高于或低于环绕容器的大气压力。在前一种情形下，容器内的压力对于容器外的大气压力的超过量，称为剩余压力或表压力；例如，通常所用的弹簧压力表，在大气压力下它的指针指在零处，所指的数值就是表压力。

表面上所承受的真正的压力，称为绝对压力。它是表压力与大气压力的总和，这总和超过大气压力的数值。

如果压力表指示出锅炉中的蒸汽压力等于 10 个大气压，则在锅炉中的绝对压力就等于 10 个大气压加上大气的压力，也就是说约为 11 绝对大气压。



用抽气机自容器(例如凝汽器)内抽出一部分空气，仅研究容器内的绝对压力，因容器内的表压力是负的(压力表上低于零值)。

如果此压力低于大气压力，则大气压力(气压表的)与绝对压力的差数称为真空。真空可由水银的或弹簧的真空表测得。

在以后的叙述中，绝对压力的大小将用公斤/公分<sup>2</sup>表示，或特别地以 *ata* (绝对大气压) 标明。但是，如果用 *atu* 的某数值表示压力，则应当知道所指的就是表压力。

在凝汽器内的绝对压力，等于气压表与真空表上水银柱高度的差数。

图 1-3 真空度、绝对压力与大气压之间的关系  
假定真空表上指出真空  $H = 646$  公厘水银柱，而气压表上指示的压力  $B = 756$  公厘水银柱，则绝对压力等于

$$B - H = 756 - 646 = 110 \text{ 公厘水银柱.}$$

假如绝对压力不用公厘水银柱表示，而用公斤/公分<sup>2</sup>表示，则必须用 735.6 数值来除它。

在上例中

$$p_k^* = \frac{110}{735.6} = 0.149 \text{ 公斤/公分}^2.$$

为了用气压表上一定气压的百分数来表示真空度，则必须应用下式：

$$V = \frac{H}{B} \times 100\%$$

或换说为，

$$\text{真空度}(\%) = \frac{\text{真空表上的指数}}{\text{气压表上的指数}} \times 100.$$

\*  $p_k$ ——凝汽器内的压力。——译者

上例中凝汽器的真空度等于：

$$V = \frac{646}{756} \times 100 = 85\%.$$

以上所述表明，如果没有表明与上述数字有关的气压表压力值的话，那么电厂中普遍的说法“真空度百分之几”，这时仅能近似地确定凝汽器中的绝对压力。如仅说“多少公厘水银柱真空”，而未表示当时气压表的压力，则是更不明确的说法。所以为了避免误会，总是应该标出在凝汽器中以公厘水银柱，或公斤/公分<sup>2</sup>，或标准大气压(760公厘水银柱)的百分数所表示的绝对压力。

### 机 械 功

为了使力作出功，必须使此力所作用的物体，在力的作用下沿着力的作用方向移动某一定距离。所完成的功的大小，与力的大小和距离的长短有关，并等于它们的乘积。

功 = 力 × 距离(在力的作用方向)。

通常把重量为1公斤的重物举至离原位置1公尺高的地方所必须做的工，作为功的单位。这一单位称为公斤公尺，俄文简写为 *кжм*。

因此，把2公斤重的砵碼举至3公尺高时，则所做的功等于

$$2 \times 3 = 6 \text{ 公斤公尺.}$$

### 功 率

假定我们把一个放在地上的重20公斤的沙袋举至高1公尺的桌子上，那么就是完成20公斤公尺的功；这个工既可由人来完成，也可以由蚂蚁来完成，但是，由一个人来做大约只要两秒钟，而由一个蚂蚁来一粒粒地搬运，则需要很长的时间。因此，蚂蚁与人的工作能力是不相同的。

机器的工作能力或功率，决定于单位时间内所完成的功的数量；换句话说，即

$$\text{功率} = \frac{\text{工的数量}}{\text{作工所用的时间}}.$$

1秒钟内完成75公斤公尺功的功率，被用作功的单位；这种单位称为马力，俄文简写为 *л. с.*

所以，功率为100马力的机器可以完成：

$$75 \times 100 = 7500 \text{ 公斤公尺/秒的工作.}$$

汽轮发电机的功率通常不用马力来表示，而是用电功率——瓩(俄文简写为 *квт*)来表示；1瓩等于102公斤公尺/秒，或1.36马力。因此，如果汽轮发电机的功率为5000瓩，则此功率用马力表示时为

$$5000 \times 1.36 = 6800 \text{ 马力.}$$

### 迴 动 力 距

到现在为止，我们已经讨论过重物的升高和降低。力的作用点是按直线路径而移动

的，測量這個距離和確定所完成的工作並無困難。測量汽輪機或其他具有迴轉軸的原動

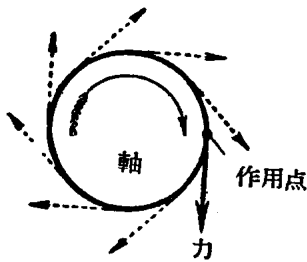


圖 1-4 力對於轉動的軸的作用

機所作的工時，與沿圓周運動的力的作用點有關係。我們應該設想，迴轉軸的力作用在這根軸的表面上某一點；軸每一轉，此點經過的路綫就等於軸的圓周，但是力的作用方向在全部時間內和作用點運動的方向相重合（圖 1-4）。在這種情況下，按軸的轉數（或每分鐘的轉數）計算比按力的作用點所經過的距離更為方便。

用下例來說明距離、轉數與所完成的工之間的關係。如圖 1-5 所示，設重物在本身重量的作用下自位置 I 降至位置 II，使繞着吊着重塊的繩子的軸迴轉。此時重物所作的工，等於它的重量（力）乘它所經過的距離。

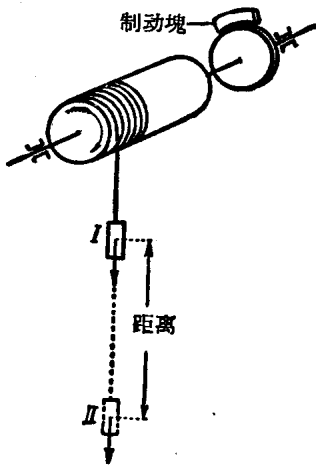


圖 1-5 轉數與所完成的工作之間的關係

顯然，在軸的每一轉中重塊都經過一段等於軸的圓周長度的距離，圓周的長度與它的直徑有一定的關係；圓周的長度總是等於乘積  $\pi d$  或

$$3.14 \times \text{圓周的直徑}.$$

因此，每一轉時重塊所作的工將等於下列乘積：

$$\text{力} \times \text{距離} = \text{重塊重量} \times 3.14 \times \text{直徑}.$$

同樣，公式

$$3.14 \times \text{直徑} \times \text{重塊重量} \times \text{迴轉數}$$

為重塊在軸的一定轉數下所作的功。

必須說明，力不一定作用在軸上；例如，在汽輪機中，力（汽流作用）就作用在裝在軸上的葉輪圓周上。也可能根本沒有任何軸；例如，用扳手轉動螺帽，我們同樣是做了工，但此時力的作用點（扳手端）就是沿圓周而移動的。所以，由轉數決定原動機（與一般迴轉物體）的功時，我們用一個新的概念——轉動力矩，來代替現在我們所應用的重塊重量  $\times$  軸的直徑  $\times 3.14$  的乘積，這一個概念，可以

理解為力與它的作用點至迴轉中心間的距離的乘積，這個距離稱為力臂。

顯然，力臂就是力作用點所循的圓周的半徑（直徑的一半），故可寫成：

$$\text{轉動力矩} = \text{力} \times \text{半徑}.$$

例如，在圖 1-6 上所表示的轉動力矩等於：

$$4 \times 0.5 = 2 \text{ 公斤公尺}.$$

在汽輪機上，轉動力矩等於汽流作用在葉片上的力與自葉片中點至軸心的距離的乘積。

在某一轉速下的功用轉動力矩表示如下：

$$\text{功} = \text{轉動力矩} \times \text{轉數} \times 3.14 \times 2,$$

此處新的乘數——2——是因為不用直徑來決定轉動力矩，而是用力作

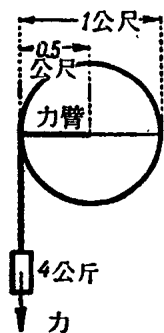


圖 1-6 轉動力矩與力臂間的關係

用点所作出的圓周半徑來決定的。

如果在上例(圖 1-6)中軸轉 10 轉，則所作的功等于

$$2 \times 10 \times 6.28 = 125.6 \text{ 公斤公尺.}$$

實用上需要決定的多半不是功而是機械的功率。為了求得功率，應該把上式中軸的轉數代以單位時間的轉數，例如，在一秒鐘內：

$$\text{功率} = \text{轉動力矩} \times \text{一秒鐘內的轉數} \times 6.28.$$

假設在上例中軸以 120 轉/分的速度(即 2 轉/秒)迴轉，則功率將等于：

$$2 \text{ (公斤公尺)} \times 2 \text{ (轉/秒)} \times 6.28 = 25.12 \text{ 公斤公尺/秒,}$$

即約為  $\frac{1}{3}$  馬力。

## 能

任何物體——固體、液體或氣體——的做功的能力統稱為能。功之所以能夠完成，或者是依靠在物體內所儲有的能的消耗，或者是由於自外界加給它的能。如果沒有自外界加給它的能，或加入的能少於消耗的能，則隨着功的完成物體的能即減少。如果加給物體的能大於消耗於作功上的能，則物體本身將有能量儲藏起來。

能的形式有：機械能，熱能，電能，化學能，輻射能(光能)等。

機械能有兩種形式：位能(勢的)與動能(動的)。升高的石塊、壓緊的彈簧、鍋爐中的蒸汽都有位能，隨時都有能力做某些工作。下落的石塊、飛躍的球、流着的水都是具有動能的物體的例子。

位能可以轉變為動能，動能也可以轉變為位能，例如，假使將蒸汽以高速度自鍋爐放洩至大氣，則在鍋爐中的壓縮蒸汽的位能將轉變為動能。

物體的能可由它轉變成的功來測量。將 2 公斤的重塊，舉至 4 公尺高，落下時可以完成 8 公尺公斤的功，我們說：這重塊具有等於 8 公尺公斤的位能。

## 溫度.熱量

任何物體，由於加熱，都有某種能被儲藏起來。近代的科學已經證明，所有物體均由最小的運動着的微粒——分子所組成。物體受熱時分子的運動加速，它們的動能增加；物體變熱的程度，或物體中分子直行運動的平均動能，可由物體的溫度來決定。溫度的單位，在蘇聯及大多數其他國家(除英國與美國外)都採用攝氏 1 度( $1^{\circ}\text{C}$ )，用字母  $t$  或  $T$  作為溫度的代表符號。

加熱於兩個重量相同的不同物體，例如 1 公斤鐵與 1 公斤水，使升高同樣的度數，則所需的熱量不同。

加給物體的熱量，是由物體的質量、溫度升高的數值、物體的物理特性及加熱過程所處的条件來決定的。

使 1 公斤物體的溫度升高  $1^{\circ}\text{C}$  時所需的熱量，稱為此物體的比熱，物體的比熱同它的特性與加熱時的狀況有關，即由物體的溫度與物體的壓力來決定，但對於氣體和蒸汽，則與加熱時能否膨脹有關。

热量可以用一定的單位——卡来測量。

1 卡是 1 克重的、溫度約为  $14^{\circ}\text{C}$  的水加热  $1^{\circ}\text{C}$  所需的热量，或者为这 1 克水冷却  $1^{\circ}\text{C}$  所放出的热量。 $0^{\circ}\text{C}$  是冰的融解溫度。在热工中常用較大的單位——大卡来計算，它等于 1000 卡。

由此可見，將 10 公斤的水自  $25^{\circ}\text{C}$  加热至  $50^{\circ}\text{C}$  时，需要  $10 \times (50 - 25) = 250$  大卡的热量。

当燃料燃燒时就發出一定的热量。1 公斤燃料完全燃燒时可能發出的热量，称为燃料的發热量。

### 能量守恒定律

大家都知道，能的任何一种形式均可轉变为其他的形式；例如，机械能轉变为热能，或与此相反，热能轉变为机械能。汽輪机就是热力原动机的实例，換句話說，也就是把热能轉变为机械功的机器。燃气輪机、內燃机、蒸汽机同样都是热力原动机。

能量守恒定律是偉大的俄罗斯学者 M. B. 罗蒙諾索夫(1711—1765 年)，第一个在研究自然现象时發現并确定的重要定律。

根据这一定律世界上的能量永为常值：無論在任何时候，能量都不生不灭，只能由一种形式轉变为另一种形式。这一定律大大地簡化了热能轉变为动能和机械功的概念。

讓我們来討論下述的例子：煤塊儲有某种潛在形式的化学能，它在鍋爐的爐膛中燃燒时，我們可以把这种能解放出来，使它轉变为热能，傳給鍋爐中的蒸汽。蒸汽由鍋爐出来后进入汽輪机的噴管，并且以很大的速度从噴管中流出，作用在轉輪的叶片上，迫使它轉动；或者说：蒸汽的势能(热能)轉变为动能，而蒸汽流动的动能又轉变为汽輪机

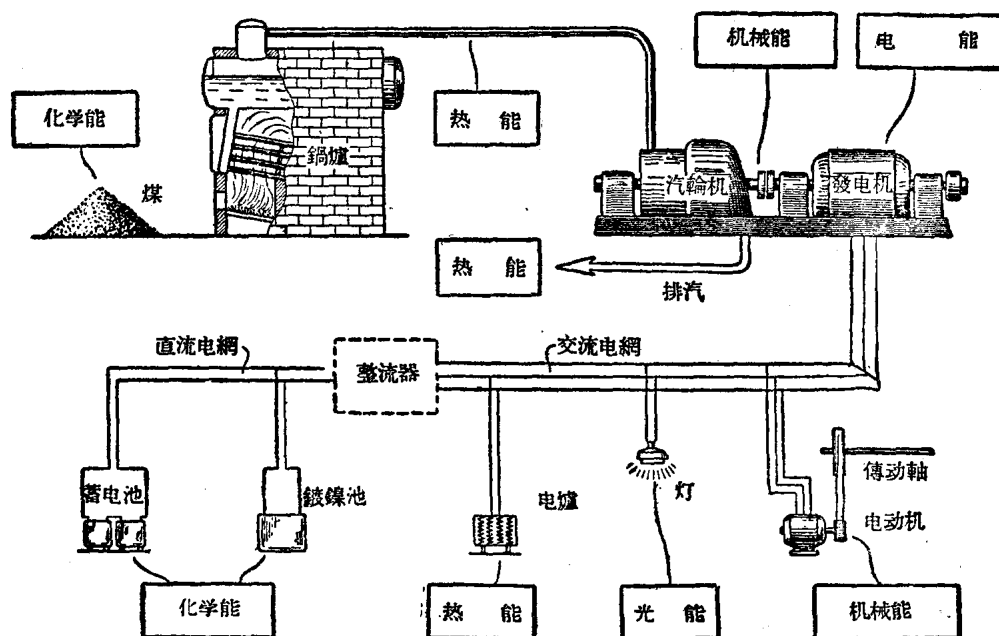


圖 1-7 蒸汽动力裝置中能的轉变

軸的迴轉能(機械能)。

汽輪機軸與發電機軸相連接，當發電機的轉子在綫卷中轉動時感應產生電流，機械能即轉變為電能。將發電機的綫路接至電燈，我們可轉變電能為光，接至電爐，我們可得熱能，如果用以使蓄電池充電，則得化學能(圖 1-7)。

準確的測量表明：從發電機母綫上獲得的能量與從鍋爐、汽輪機及發電機的生產過程中散失在周圍介質中的熱量之和，恰好等於煤的能量。但是，電能的量總是遠少於煤的能量，也就是說煤的能量只有一部分能夠轉變為電能；另一部分能量必將以熱的形式散失到周圍介質中去(主要在汽輪機裝置中)，因而不能轉變為機械能或電能。實際上，更妥當地說，就是燃料的一部分能量未被有效地加以利用而被損失了；事實上，它僅僅是沒有轉變成所需要的能量形式(機械能或電能)，而從設備中以熱的形式散失到周圍介質中了。

熱能不可能完全轉變為機械能的原理，我們將在下章中介紹熱力設備的工作過程及其裝置之後討論。

### 熱與功的當量

因為同一能量可以採取熱的形式或機械功的形式，所以很重要的是確定相當於(等於)單位功的熱量。

由實際測量求得 1 大卡的熱量可轉變為相當於 427 公斤公尺的機械功。因此，

$$1 \text{ 大卡} = 427 \text{ 公斤公尺}$$

或

$$1 \text{ 公斤公尺} = \frac{1}{427} \text{ 大卡}.$$

數值  $\frac{1}{427}$  稱為功的熱當量，並用字母  $A$  來表示。在所有的情況下，對於任意熱量，

下列等式總是正確的：

$$Q = AW,$$

式中  $Q$ ——熱量，以大卡表示；

$W$ ——功量，以公斤公尺表示。

對於任意功量，準確的等式是

$$W = 427Q.$$

數值 427 稱為熱功當量。

在熱能與電能的測量單位中，當然也有一定的嚴格的量的關係，如：為了獲得 1 瓩時的電能，需要 860 大卡的熱量轉變為電能，即 1 瓩時 = 860 大卡。

### 熱力裝置的概念

#### 熱力裝置的型式

將燃料的能轉變為機械能的工業設備，稱為熱力裝置。在大多數情況下，機械能不是熱力裝置的最後產物，而是借發電機和許多熱力裝置的附屬機械再將其轉變為電能，

然后輸送給用戶。这种由热力与电力兩部分組成的裝置，称为热力发电厂。

热力发电厂可分为三种类型：

1. 地区发电厂，它的特点是：功率大；处在开采燃料地点的附近，原因是这种燃料（泥煤、低質煤）含有大量杂质，不宜作远距离輸送。

几个地域发电厂，通常在一个包括一个或几个工业地区的电力系統中联合运行，以电能供应这些地区的一个或数个用戶。

2. 城市的或市政公用的发电厂，它的主要任务是以电能供应集中在一定城市或部分市区的用戶。

3. 工厂发电厂，它的主要任务是以电能供应一定的工业企業。

当电厂不仅供应电能，而且还供应生活上或工业上所需要的热能（蒸汽或热水）时，这种发电厂称为中心热电厂（俄文簡写为ТЭЦ）。

汽輪机是所有地区发电厂，以及較大的新型城市和工厂发电厂中的热力原动机（即轉变热能为机械能的机器）。在后两种功率較小的发电厂中，也常用內燃机或活塞式蒸汽机工作。

### 汽輪机发电厂的工作过程

在圖 1-8 中所示，为一燃用塊状固体燃料（烟煤、泥煤）的汽輪机发电厂設備簡圖，此設備由帶有輔助机械的鍋爐設備、帶有凝汽裝置的汽輪发电机与升压的变压器所組成。

燃料借輸送燃料的机械由煤倉或煤場送至电厂厂房上部的煤斗。圖上画了纜式燃料运输設備（吊纜）；为了达到輸送燃料到煤斗这一目的，也可以采用帶式运输机、斗式升降机、有齿軌啮合的电車、小車等，随燃料的等級和地方条件而定。

煤斗是金屬的或鋼骨水泥的容器，用以儲藏燃料。它的儲量足够維持裝置运行 4—8 小时。燃料借本身重量的作用，自煤斗沿輸煤管进入鍋爐設備的爐膛中。燃料的輸入量按照鍋爐的負荷用輸煤管末端的閘門来調节（圖上未表示出來）。

为了簡單起見，圖中所繪的是固定爐篦式爐子，它仅适用于小型的鍋爐設備中。在近代电厂的大型鍋爐中，根据燃料的种类采用不同类型的層燃式爐（机动爐篦式爐，具有傾斜爐篦的豎井式爐，豎井式鍊条爐等），或將燃料在悬浮状态下燃燒的室燃式爐（煤粉爐，重油爐，燃用鑊采泥煤的豎井式煤粉爐）。

燃料燃燒时产生高温（約  $1000^{\circ}\text{C}$ ）的烟氣（在圖中用点表示），这种烟氣，借特殊的隔烟牆的引导，通过弯曲的途徑，依次接触若干排充滿着水的蒸汽鍋爐的管子，放出它們所含有的大部分热量。部分气流被分开来加热蒸汽过热器，使蒸汽鍋爐中得到的蒸汽在过热器中进行額外的加热。

圖中所表示的鍋爐是立式兩汽鼓水管式鍋爐的截面。这种型式的鍋爐，是由兩個或更多的（3—4）汽鼓，用垂直的或傾斜的沸水管系統相連接而構成的，它們在汽輪发电厂中是最普遍的。

烟氣离开鍋爐的烟道时，它的温度約为  $400^{\circ}\text{C}$ ，也就是說帶走了相当多的从燃料燃燒时所获得的热能。为了尽可能有效地利用燃料的較大部分的热量，在烟氣的途徑中安

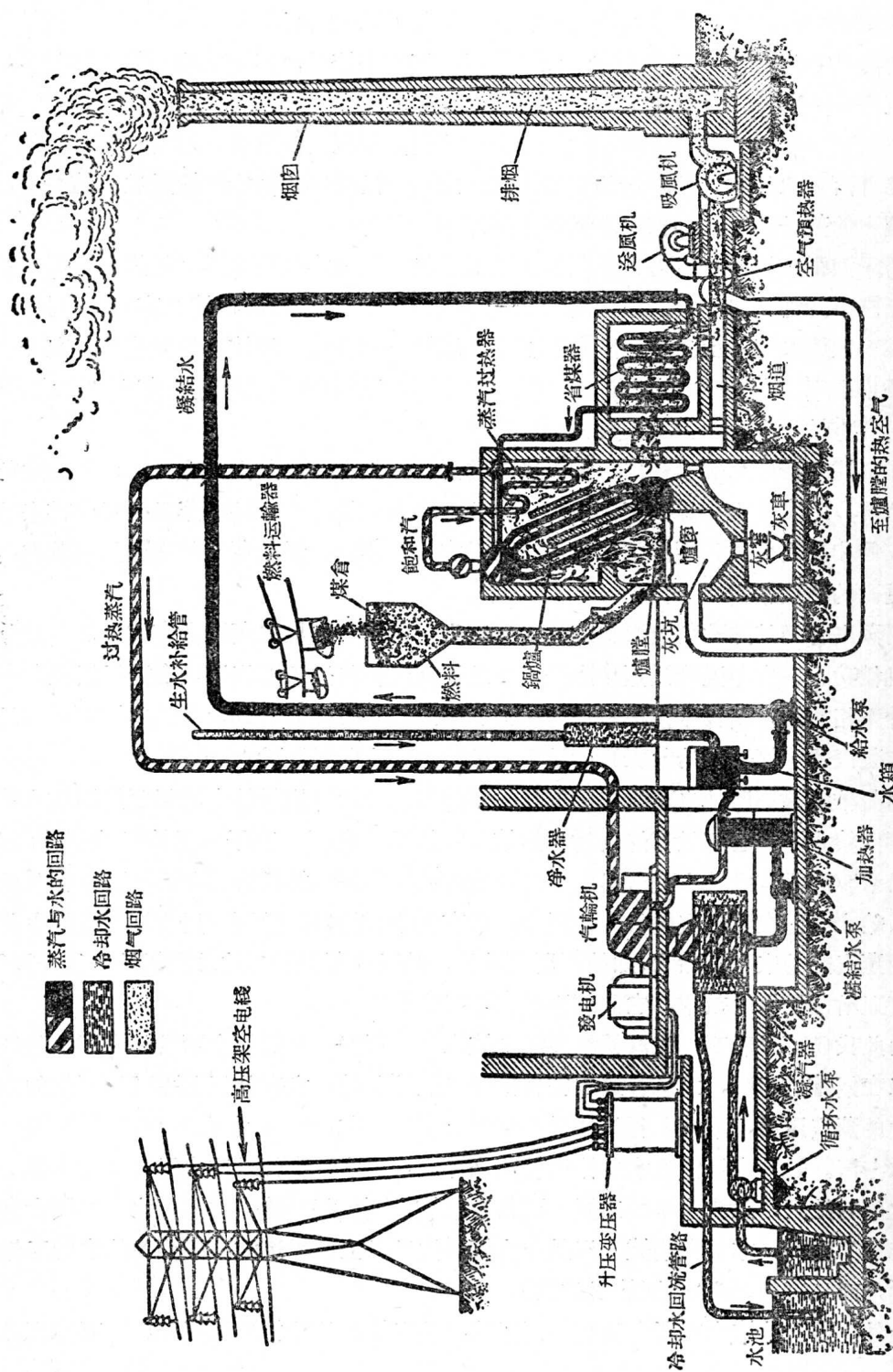


圖 1-8 汽輪機發電廠簡圖