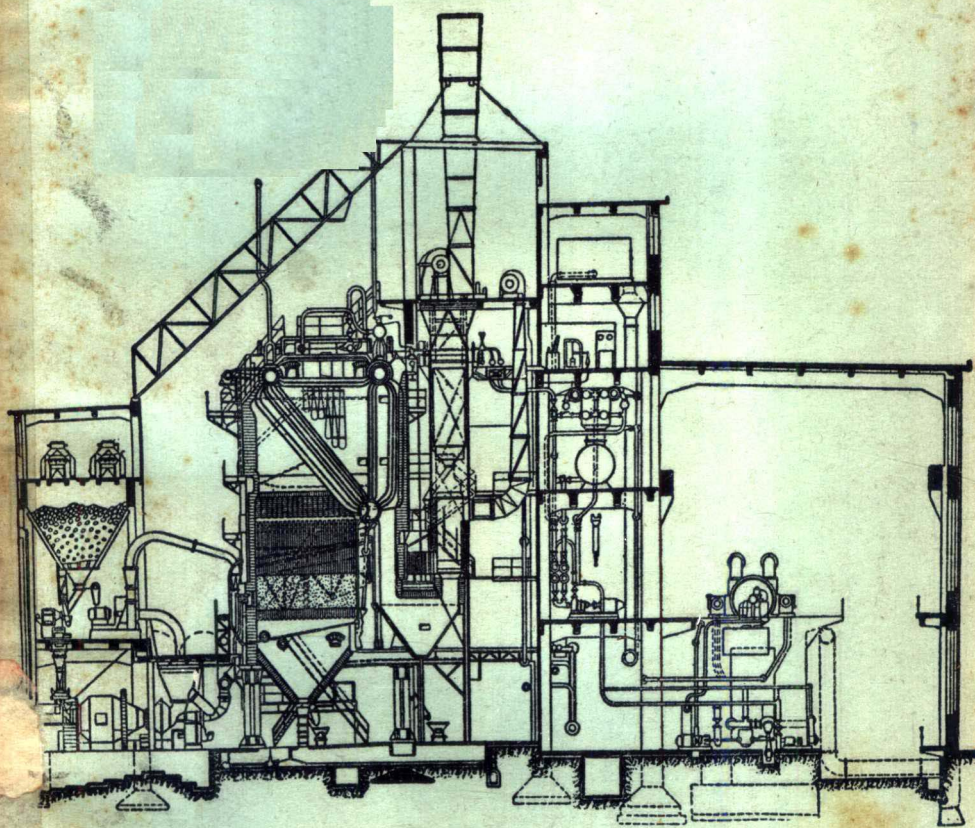


蒸汽锅炉司炉员

B. B. 别特罗夫斯基 著

黑色冶金设计院专家工作室 译



冶金工业出版社

冶金工厂 蒸汽鍋爐司爐員

B. B. 別特罗夫斯基 著

黑色冶金設計总院專家工作室 譯

本書敘述有關理論熱工學、物理學和化學的一般知識。
着重闡述了鍋爐設備各部的結構和運行的物理過程。對蒸
汽鍋爐的合理維護、提高其功率和經濟性的措施。一般的
事故及其消除措施等問題亦加以討論。此外，還列有鍋爐
房工作的安全技術基本規程和一些實際計算的示例。

本書可供冶金工業鍋爐設備的司爐員作教材用。

本書由黑色冶金設計總院專家工作室彭石之、劉潔
華、尚德鑑三同志翻譯，由萬家欣同志負責校對。

В.В.Петровский
КОЧЕГАР ПАРОВОГО КОТЛА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА
Металлургиядат (Свердловск 1933 Москва)

蒸汽鍋爐司爐員 黑色冶金設計總院專家工作室 譯

1937年2月第一版 1937年2月北京第一次印刷5,044冊

850×1168. 1/16. 166,000字•印張7 $\frac{4}{32}$ •定價(10) 1.20元

* 冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號 0533

冶金工業出版社出版 (地址：北京市燈市口甲45號)。

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

目 录

引 言	7
-----	---

第一章 物理和化学普通知識

1. 基本概念和数值	11
2. 基本單位	13
3. 复雜單位	13
4. 水	22
5. 空气和烟气	25
6. 水蒸汽	26
7. 热的傳播	29

第二章 鍋爐燃料

1. 燃料种类	32
2. 燃料的主要成分	38
3. 各种燃料的特性	35

第三章 燃料的燃燒

1. 燃料的燃燒	42
碳的完全燃燒	42
碳的不完全燃燒	43
氢的燃燒	44
硫的燃燒	44
2. 烟气	46
3. 鍋爐設備的热損失和效率	47

第四章 爐 子

1. 燃料的火床式燃燒	51
-------------	----

人工燒火的爐柵式爐子	51
人工燒火爐子的機械化	59
固定式斜爐柵爐子	65
ΠP 型傾斜推進式爐柵爐子	69
鍊條爐柵爐子	70
2. 粉煤燃燒	78
粉煤及其性質	79
筒式球磨機磨煤裝置	80
豎井式粉煤機裝置	83
風扇式磨煤機	85
粉煤燃燒爐子	85
3. 煤氣燃燒和煤氣粉煤混合物燃燒	102

第五章 汽鍋的構造

1. 汽鍋概述	107
2. 火管汽鍋	110
3. 烟管汽鍋	111
4. 臥式水管汽鍋	112
5. 立式水管汽鍋	118
6. 新型小功率汽鍋	123
7. 余熱汽鍋	127

第六章 鍋爐整體的輔助受熱面

1. 蒸汽過熱器	129
2. 省煤器	131
3. 空氣預熱器	132

第七章 鍋爐設備的輔助設備

1. 抽風送風裝置	136
2. 集灰和除灰	139

3. 鍋爐整體和管道的配件及附件·····	143
鍋爐配件 ·····	143
鍋爐附件 ·····	145
4. 改善給水，鍋爐水和蒸汽的質量的裝置·····	148
5. 鍋爐設備的自動調節和熱力控制用的儀表和設備·····	155
鍋爐給水自動調節器 ·····	158
燃燒過程的自動調節 ·····	161
粉煤製備過程的調節 ·····	167

第八章 蒸汽鍋爐設備的維護

1. 對司爐員的一般要求。司爐員工作地點的組織·····	172
2. 交班和接班·····	174
3. 鍋爐設備的起動·····	175
4. 鍋爐整體正常运行中的維護工作·····	182
5. 鍋爐運行中司爐員的職責·····	185
6. 停爐·····	189
短時間停爐 ·····	189
完全停爐 ·····	190
7. 輔助設備的維護·····	191
抽風送風裝置 ·····	191
給水泵 ·····	192

第九章 鍋爐整體的熱損失及其防止法

1. 機械不完全燃燒的熱損失·····	194
2. 化學不完全燃燒的熱損失·····	197
3. 煙帶走的熱損失·····	198
4. 因輻射而散失到四周環境的熱損失·····	200

第十章 提高鍋爐設備的蒸汽產量和節省燃料、電力的措施

1. 組織方面的措施·····	201
-----------------	-----

2. 技術方面的措施·····	202
-----------------	-----

第十一章 鍋爐房的故障和事故

1. 汽鍋爆炸、管子爆裂·····	210
2. 鍋爐房里烟气和粉煤的爆炸·····	214
3. 爐子和汽鍋管的結渣·····	215
4. 鍊条爐柵的损坏·····	215
5. 爐子砌体（爐壁和火拱）的毀坏·····	216
6. 違反蒸汽过热的标准·····	216
7. 鍋爐整体和管道內水力冲击現象·····	217
8. 抽風机和送風机的故障·····	217
9. 蒸汽管的爆裂·····	218

第十二章 鍋爐房的安全技术

附錄 近似計算示例·····	223
1. 燃用各种燃料时的換算·····	223
2. 燃料湿度發生变化时的燃料耗量換算·····	224
3. 燃燒1公斤燃料所需的空气量的計算·····	224
4. 燃燒1公斤燃料的烟气量的計算·····	225
5. 鍋爐整体效率的确定·····	226
6. 抽風机或送風机必需电容量的确定·····	227
参考文献·····	228

引 言

在斯大林五年計劃年代里，我們社会主义國家國民經濟的動力基地無限地茁長了起來，建成了數十座大型和巨型的火力發電站和水力發電站，在伏尔加河、阿姆河和德聶伯河上正在興建規模宏大的水力構築物。共產主义的物質技術基礎正在創立。

弗·伊·列寧的口號——“共產主义就是蘇維埃政權加上全國電氣化”——眼看着就要在生活中體現出來。

我國國民經濟的發展，服從於社会主义的基本經濟規律——“用在高度技術基礎上使社会主义生產不斷增長和不斷完善的辦法，來保證最大限度地滿足整個社會經常增長的物質和文化的需要”。

蘇聯動力基地的大力發展，使工業方面能夠採用現代化的技術操作過程，使技術操作過程得以自動化，使勞動得以機械化，並使勞動者的生活設備得以改善。

第十九次黨代表大會關於發展蘇聯的第五個五年計劃的指示，對高速度地增長發電站的發電能力作出了規定。1955年發電站的發電量比1950年增加約80%。同時，還計劃興建一些發電站，這些發電站無論是大型的或者是中、小型的，都配設有供城市用的和工業企業用的廣闊的熱力網，並且，這些發電站都廣泛採用自動化的生產過程。

在運用先進技術、改進勞動組織和提高勞動者的文化技術水平的基礎上，五年內勞動生產率應提高約50%，工業產品的成本應降低25%；同時，為了進一步改進技術、擴展生產，為了實行全面機械化，減輕並進一步改善勞動條件，為了認真地執行節約政策和提高各個企業的贏利性，應在工程師、技術員和工人中間發起創造發明和合理化建議的群眾性的運動。

在現代的冶金生產中，動力設施具有巨大的作用和意義。

斯大林同志在1946年2月9日所作的關於蘇聯國民經濟新

高漲、關於達到年產生鐵五千萬噸、鋼六千萬噸的具有歷史意義的發言中提出的任務，光榮地落在我國冶金工作者的肩上。

在我國冶金工業大力向前進展中，動力工作者起着巨大的作用。

在全國動力平衡中，使用當地廉價的燃料和各種附產物發出的電力和熱力，佔着很重要的地位。

火力發電站和熱電站是靠燃料的燃燒而產生熱力和電力的。

圖 1 為火力發電站的生產程序圖。燃料用運輸機 1 送入鍋爐房的煤斗 2。燃料自煤斗進入爐子里（例如：落到鏈式爐柵 3 上）燃燒。

這時產生的煙氣溫度很高（ 900°C 或者更高一些），在煙囪 11 和專用的設備——抽風機 10——的抽吸作用之下，煙氣沿汽鍋 5，蒸汽過熱器 6，省煤器 7 和空氣預熱器 8 的表面流過，而後通過集灰器 9。

汽鍋里的水因吸取煙氣里的熱而被加熱、蒸發。這時所產生的濕蒸汽（飽和蒸汽）進入蒸汽過熱器，在里面過熱。而後，蒸汽經蒸汽管道流向機器間的蒸汽透平機 17。水是用給水泵送入汽鍋的，在進入汽鍋以前，先通過省煤器，以通過汽鍋的煙氣將水預熱。空氣預熱器用來借廢氣預熱空氣。

送風機 12 從鍋爐房里吸取空氣，並把空氣壓過空氣預熱器，熱空氣便從這裡進入爐子。

集灰器 9 是為清除煙氣里的灰塵安裝的，這些灰塵將會磨損抽風機和污染大氣。

蒸汽的熱能在透平機 17 里變成機械能（轉動共軸的透平機和發電機），機械能在發電機 18 里再變成電能。電能通過昇壓變壓器 23 以後，循高壓線 24 輸往各用戶。

在熱電站里，從透平機里引出一部份蒸汽輸送給用戶。在透平機里利用過的其餘的蒸汽進入冷凝器 19，凝結成水（變成冷凝水）。水泵使冷凝水首先經過預熱器 16，然後再送入汽鍋使用。

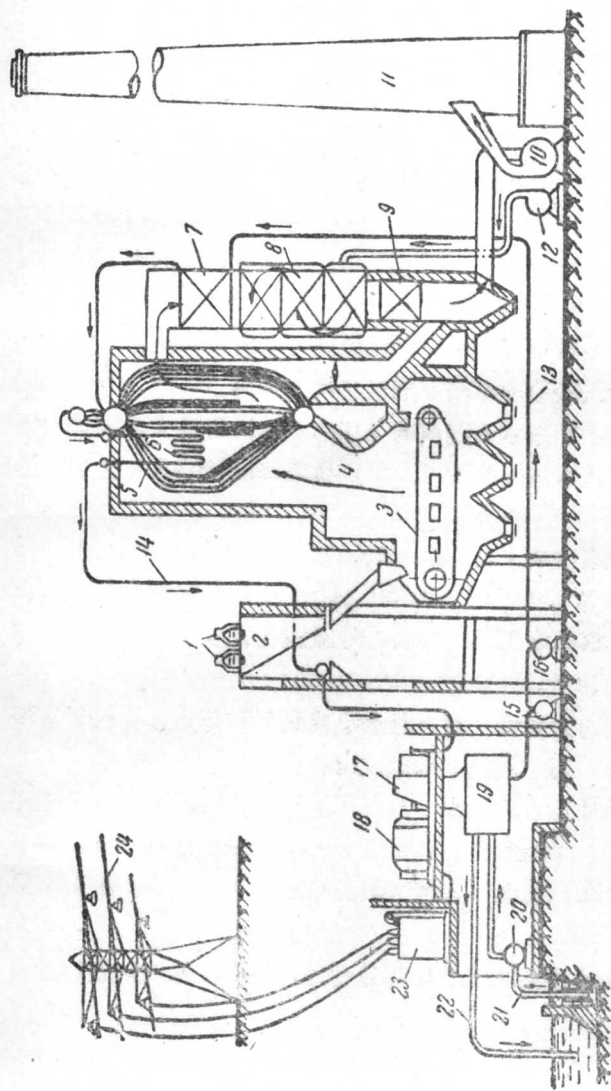


圖 1 火力發電站生產程序圖

1—運輸機；2—煤斗；3—鏈式爐；4—爐子；5—汽鍋；6—蒸汽過熱器；7—省煤器；8—空氣預熱器；9—集灰器；10—抽風機；11—煙囪；12—送風機；13—給水管；14—蒸汽管；15—給水泵；16—預熱器；17—蒸汽透平機；18—發電機；19—冷凝器；20—循環水泵；21—吸水器；22—排水器；23—昇壓變壓器；24—高壓線

這樣一來，在熱電站的鍋爐房和機器間之間形成了蒸汽和水的閉合回路。為了冷卻蒸汽，通常用循環水泵自江河、池沼或水池汲取冷水送入冷凝器。冷卻水經冷凝器用過以後，仍排入江河或水池中。

如果不從透平機那里引出蒸汽，而將蒸汽的全部有效能力僅用來發電，這種動力設施便叫做中央發電站。

中央發電站有的是當地的（城市的、工廠的），有的是區域的。在後一種情況下，這種發電站叫做國營地區發電站。

鍋爐設備是一個具有複雜過程和許多機械裝置的大型動力設施。

我國有許多科學家和發明家在鍋爐技術的發展上作了重大的貢獻。改進蒸汽鍋爐和第一台蒸汽機的發明者 И. И. 波爾宗諾夫，結構特殊的臥式水管鍋爐的發明者 В. Г. 舒霍夫，創造我國能力強大的高壓單流鍋爐的 Л. К. 拉姆津教授等人的名字，都是極著名的。

在鍋爐技術發展上，鍋爐製造廠的全體人員與曾經製出 ЛМЗ（列寧格勒金屬製造廠）、НЗЛ（以列寧命名的涅瓦工廠）、ТКЗ（塔干羅格鍋爐工廠）等新牌號鍋爐的科學研究機構一同起着特別重大的作用。

蒸汽鍋爐內的燃燒過程、蒸汽形成過程和傳熱過程都要求深入地懂得技術，要求能完全掌握技術。

在發電站的動力設施中，蒸汽鍋爐司爐員的職業是一項重要的職業。司爐員必需懂得各種裝備和燃料燃燒的過程，要完全精通操作鍋爐設備的技藝，並經常改進自己的工作，提高設備的節約能力。

要改進鍋爐設備的裝置和各種過程，只有在特別精通熱工原理和鍋爐工程原理以後才有可能。

第一章 物理和化学普通知識

蒸汽鍋爐司爐員必須知道一些物理化学变化过程，如燃料的燃燒，热的傳播（从烟氣傳給水、傳給蒸汽、傳給空氣），蒸發，过热和冷却等。

物理——是一門研究物体的構造和性質、物体运动和变化的科学。在一切物理現象中，發生变化的僅僅是物体的形狀和它的某些性質。

化学——是一門研究物質的性質与物質变化的科学；同时也研究在变化过程中所產生的新物質以及在这一过程中所產生的或失去的能量。

物理和化学之間是密切連系着的。

司爐員必須掌握這兩門科学的基本知識。

1. 基本概念和數值

世界上一切东西，只要有重量和有一定的体積，都叫做物体。物体由分子構成，这种分子就是物質最細小的顆粒。分子由各种元素（如碳、氧、鉄等）的原子組成，而構成原子的則是电子、質子和中子。

分子永远不停地而又变換無常地运动着。如果分子运动困难，分子之間的內聚力很大，也就是說，分子之間的距离比較小，並且距离也很少变化时，分子就構成了固体（如煤、鋼、橡皮等）。

人們認為固体里的分子只能在自己中心位置的極小範圍內作往复的振动。

如果分子之間的距离較小，但內聚力不够大，分子的位置也經常变換，那么分子就構成了液体（如水、水銀等）。液体無一定形狀。它的形狀随注入的容器而定。

假如分子之間的內聚力很小，距离很大，而且分子不断地、

無規則地運動着，那麼分子便構成了氣體（如空氣、二氧化碳等）。氣體與液體不同，它總是儘量想佔有最大的體積。

由於溫度和壓力的不同，物體有三種狀態——固態、液態和氣態；例如：水可以變成冰，可以呈液體狀態，也可以變成蒸汽。

從一種物質變成另一種完全不同的新物質，這種變化叫做化學反應。化學反應有兩種：一種物質經化學反應而變成兩種或兩種以上的其他新物質，這種化學反應叫做分解反應（如焙燒石灰石而產生石灰和氣體）；兩種或兩種以上的物質經化學反應而生成一種新物質，這種反應便叫做化合反應（例如用水處理生石灰而變成熟石灰）。經化合反應後，能生成複雜的物質。複雜的物質是由若干簡單的物質或元素構成。

自然界有 96 種元素。一切化學反應都符合物質不滅定律（M.B. 羅蒙諾索夫定律）。

表 1 為幾種化學元素和化合物的資料。

表 1

幾種化學元素和化合物

名 稱	符 號	原 子 量	分 子 量	比 重
碳	C	12	12	—
氫	H ₂	1	2	0.09 公斤/ 標準立方公尺
氧	O ₂	16	32	1.43 "
氮	N ₂	14	28	1.25 "
硫	S	32	32	2000 公斤/立方公尺
水分（燃料的）	W	—	18	1000 "
灰分（燃料的）	A	—	—	900 公斤/立方公尺 （堆比重）
水 蒸 汽	H ₂ O	—	18	0.804 公斤/ 標準立方公尺
一氧化碳	CO	—	28	1.25 "
二氧化碳	CO ₂	—	44	1.98 "
二氧化硫	SO ₂	—	64.1	2.93 "
甲烷	CH ₄	—	16	0.72 "
空氣（干燥）	—	—	28.9	1.29 "
鐵	Fe	56	—	7800 公斤/立方公尺
銅	Cu	64	—	8900 "
鋁	Al	27	—	2700 "

2. 基本單位 (見表 2)

(1) 實用單位制採用公尺、公斤、秒作為度量之基本單位，也就是說，以公尺為長度、寬度、高度之單位，以公斤為重量之單位，以秒為時間之單位。大家都知道，這些單位可以化大，也可以化小。

$$1 \text{ 公尺} = 10 \text{ 公分} = 100 \text{ 公分} (10^2 \text{ 公分}) = 1000 \text{ 公厘} (10^3 \text{ 公厘})$$

$$= \frac{1}{1000} \text{ 公里}$$

$$1 \text{ 公斤} = 1000 \text{ 克} = \frac{1}{1000} \text{ 噸}$$

$$1 \text{ 秒} = \frac{1}{60} \text{ 分} = \frac{1}{3600} \text{ 時}$$

這些數值的讀法為： 10^2 —10 的平方， (10×10) ， 10^3 —10 的立方 $(10 \times 10 \times 10)$ 。

(2) 面積、表面和截面用平方單位——平方公尺，平方公分。例如：鍋爐房地面面積 1500 平方公尺，汽鍋受熱面 450 平方公尺，蒸汽管截面 75.4 平方公分。

(3) 體積或容積用立方單位或公升。例如：鍋爐房體積 12000 立方公尺，水箱內裝水 75 公升。

$$1 \text{ 公升} = 1 \text{ 立方公分} = 10^3 \text{ 立方公分}$$

1 公升純水在攝氏 4 度 (4°C) 時重 1 公斤，而其他液體的重量則決定於本身的比重 (見下頁)。

3. 複雜單位 (見表 2)

(1) 比重為 1 立方公尺物質的重量 (公斤)。例如水的比重為 1000 公斤/立方公尺，也就是說，1 立方公尺的水重 1000 公斤。

(2) 比容為比重的反值，表示 1 公斤重的物質所佔有的體積，1 公斤空氣的體積是 0.77 立方公尺。

物 質	比 重
煤	900—1000公斤/立方公尺
木	600公斤/立方公尺
鉄	7800公斤/立方公尺或 7.8 噸/立方公尺
水銀	13600公斤/立方公尺或 13.6 噸/立方公尺

表 2

度量單位綜合表

名 稱	符 号	單 位
長度.....	<i>l</i>	公尺、公分、公厘、公里
重量.....	<i>G</i>	公斤、噸、克
時間.....	<i>τ</i>	秒、分、小时
面積、表面、截面	<i>f</i>	平方公尺、平方公分
體積、容積.....	<i>V</i>	立方公尺、公升
比重.....	<i>γ</i>	公斤/立方公尺
比容.....	<i>v</i>	立方公尺/公斤
速度.....	<i>W</i>	公尺/秒
加速度.....	<i>g</i>	公尺/秒 ²
力.....	<i>S</i>	公斤
功和能.....	<i>A</i>	千克米, 瓩小时, 仟卡, 馬力小时
功率.....	<i>N</i>	瓩, 馬力
压力.....	<i>P</i>	絕對大气压, 計示大气压, 公斤/平方公分, 公斤/平方公尺, 公厘水銀柱, 公厘水柱, 公尺水柱
溫度.....	<i>t</i>	度°C
热量.....	<i>Q</i>	仟卡
效率 К.П.Д	<i>η</i>	百分数%
过量空气系数.....	<i>α</i>	無名数
热損失.....	<i>q</i>	百分数%

由於物体體積的值与溫度、压力有关（見下），故須在标准状态下來計算體積。所謂标准状态，就是溫度为 0°（零度），压力为一个物理大气压。所求得之體積以标准立方公尺表示。

(3) **原子量和分子量** 一种元素的原子量，是以一个氢原子的重量为1而比較得來的該原子的相对重量。氧的原子量为16，碳为12，氮为14，这就是說，氧、碳、氮的原子量是氢原子重量的16，12，14倍。

分子量是構成分子的所有原子之重量。例如：由一个碳原子和一个氧原子構成的一氧化碳气体分子，它的重量为 $12 + 16 = 28$ ；由两个氢原子和一个氧原子構成的水蒸汽分子，它的重量是 $2 + 16 = 18$ 。

表1内列有几种化合物的原子量和分子量。

(4) **速度和加速度** 速度，就是运动的物体在單位時間(秒)內經過的距离(公尺)。例如：烟气順鍋爐烟道流动的速度通常为每秒8—12公尺，可寫成：8公尺/秒，12公尺/秒。

物体运动中，速度可能慢慢变大，也可能慢慢变小，在这种情况下，物体便运动得快或运动得慢。

加速度可理解成單位時間(秒)內所增加的速度(公尺/秒)；加速度的單位是公尺/秒²。在地心吸引力作用下，物体自由落下的重力加速度为9.81公尺/秒²，也就是說，自由落下的物体，每秒增加的速度为9.81公尺/秒。

(5) **力，能，功和功率** 物体之所以能够从靜止状态开始运动，改变运动的速度或方向，產生加速度，都是因为受了外力作用的緣故。換句話說，力是物体开始运动和改变运动的原因。物体因受重力或地心吸力作用，向地面自由落下。重力就是物体的重量。

物体轉动时產生的离心力，在技術上具有很大的意义。

所有轉动部分的一切机器(抽風机、送風机、电动机等)，都应当有足够的强度，能經得起离心力的作用。

在外力的作用下而运动的物体都在做功。功的大小，可就物体重量的公斤数(仟克)向上昇高若干公尺(米)來計算。例如一个人將5仟克重的物品向上举起2米高，那末他所做的功是10仟克米。因此，物体的重量乘上物体所昇高的距离，就得出功的值。

做 20 仟克米的功，有各种不同的方法：20 公斤重的物体向上升高 1 公尺；1 公斤重的物体向上升高 20 公尺；10 公斤重的物体向上升高 2 公尺；或者 5 公斤重的物体向上升高 4 公尺等。

所有物体都具有做功的能力。物体做功的能力，叫做物体的能。物体的能有两种：机械能（上面所说的，是因物体运动的缘故）和热能（因摩擦、燃烧而产生）。

一种能可以变换成另外一种能，例如：热能可以变成机械能；机械能可以变成电能；电能又可以变成另一种能。能的变换有一定的严格比例，并且总能量保持不变（罗蒙诺索夫定律——1760年）。

能还可分为位能和动能。位能包含在物体的内部而不表现出来；动能则表现在运动中。汽锅里的蒸汽具有做功的位能。蒸汽在蒸汽透平机里由位能变成动能时，使透平机转动而做了机械功。功是能的变化过程的数量表现。能和功所用的单位是一样的。

如果像上面说的那样，仅仅按物体重量和该物体移动的距离来估计人、牲畜或机械所做的功，那是不对的。例如 20 仟克米的功，我们假定说需要 10 分钟做成，马作起来可能要快得多，而机器可能花时间更短。由此可见，做功的快慢是很重要的，应当把时间计算在内。单位时间（秒）内所做的功（仟克米），叫做功率。

功既然用仟克米做单位，那么功率就用仟克米/秒做单位了。计算机器的功率，是用马力做单位，实际上常用瓩做单位。

这些单位之间的关系如下：

$$1 \text{ 马力} = 75 \text{ 仟克米/秒} = 0.736 \text{ 瓩}$$

$$1 \text{ 瓩} = 102 \text{ 仟克米/秒} = 1.36 \text{ 马力}$$

功的单位常用瓩小时及马力小时。

（6）温度及其测量 表示物体冷暖的程度，叫做温度。温度和物体分子的运动有关。分子的运动速度快，物体的温度就